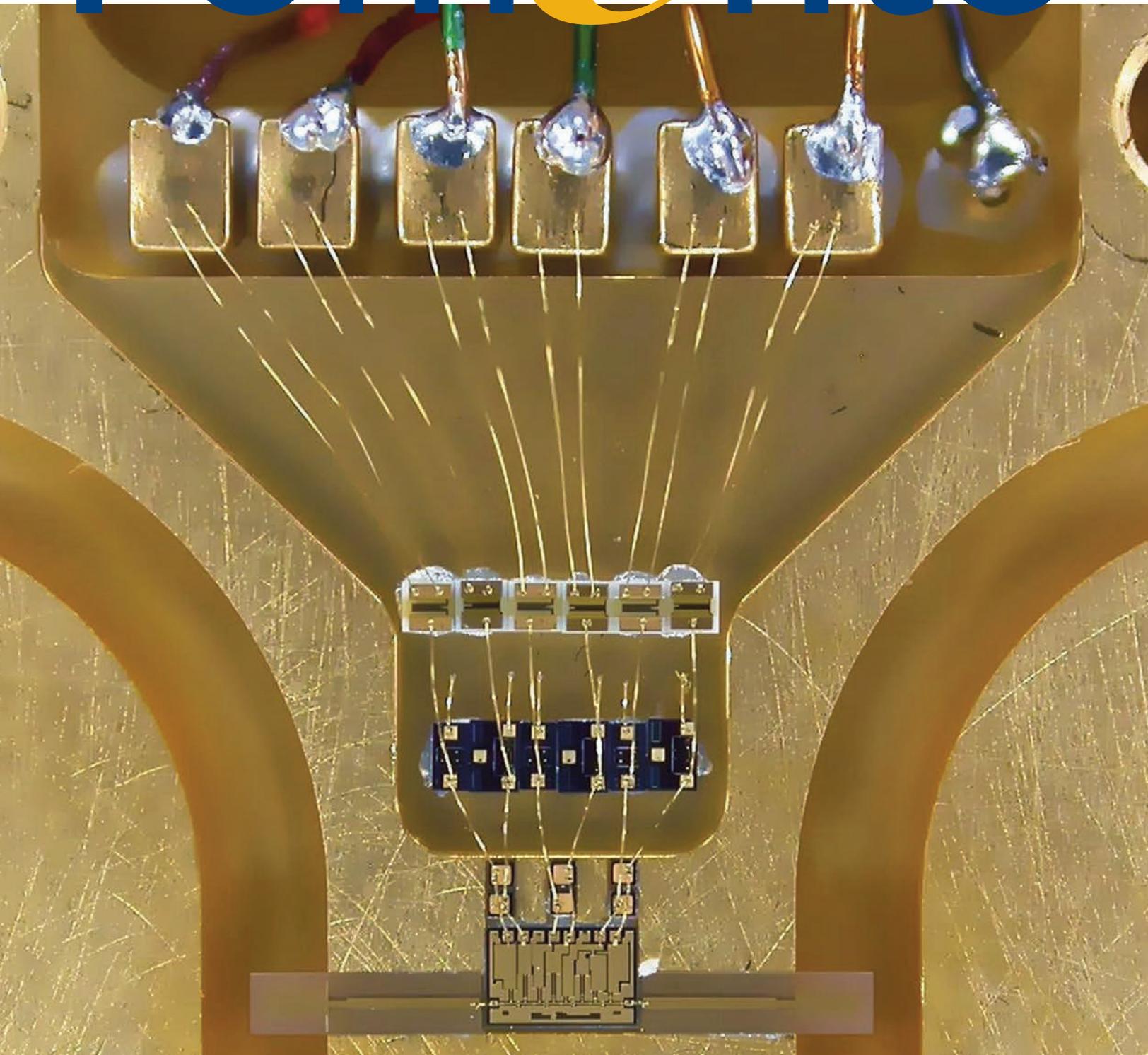


Fomento



► Observatorio de Yebes: I+D+i para la radioastronomía

► Sistema de Información Urbana: ¿Cómo se transformarán nuestras ciudades?

► El viaje de Magallanes y la nueva visión de la Tierra

► Vía Verde Guadix-Almendricos

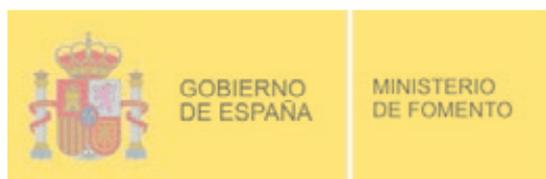


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid **Centro de Publicaciones** <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones **Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid** Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 **Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00** Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid **Centro de Publicaciones** <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones **Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid** Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 **Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00** Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza



Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid **Centro de Publicaciones** <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones **Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid** Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 **Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00** Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones

Sumario

taff

Edición y coordinación de contenidos:
Centro de Publicaciones.

Página web:
www.fomento.gob.es/publicaciones.

Colaboran en este número:
Miguel Beiget, María Ángeles Fernández,
Sonsoles González, J.A. López Fernández, Juan
Luis Quesada, Marcos Pavo, Julia Sola y Pablo
de Vicente Abad.

Comité de redacción:
Presidencia:
Jesús M. Gómez García.
(Subsecretario de Fomento).

Vicepresidencia:
Angélica Martínez Ortega
(Secretaría General Técnica).

Vocales:
Alfredo Rodríguez Flores
(Director de Comunicación),
Francisco Ferrer Moreno
(Director del Gabinete de la Secretaría
de Estado de Infraestructuras,
Transporte y Vivienda),
Belén Villar Sánchez
(Jefa del Gabinete de la Subsecretaría),
Mónica Marín Díaz
(Directora del Gabinete Técnico de la
Secretaría General de Infraestructuras),
Roberto Angulo Revilla
(Jefe del Gabinete Técnico de la Secretaría
General de Transportes)
y María Isabel Badía Gamarra
(Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría
General de Vivienda).

Dirección:
Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67.
28071 Madrid.
Teléf.: 915 970 000. Fax: 915 978 470.

Suscripciones:
91 597 72 61
Esmeralda Rojo.
E-mail: cpublic@fomento.es

Dep. Legal: M-666-1958.
ISSN: 1577-4589.
NIPO: 161-15-005-0

Esta publicación no se hace
necesariamente solidaria con las
opiniones expresadas en las
colaboraciones firmadas.

Esta revista se imprime
en papel 100% reciclado a partir
de pasta FSC libre de cloro.

2

Entre el cielo y la Tierra

El Observatorio de Yeves cuenta con un centro puntero
de desarrollo tecnológico



12

¿Cómo será la transformación de nuestras ciudades?

El Sistema de Información Urbana, una herramienta
para conocer la evolución de la ciudad



20

El extenso legado del pionero

Emilio Herrera (1879-1967), fundador de la aeronáutica
y la astronáutica en nuestro país



32

La Tierra, esférica en 1522... y muchos siglos antes

La primera vuelta al mundo: la empresa española que
cambió nuestra visión del planeta



42

El arquitecto de las dos dimensiones

Giovanni Battista Piranesi en la Biblioteca Nacional



52

Memoria de un tren centenario

Vía Verde del ferrocarril Guadix-Almendricos



Entre el cielo



El Observatorio de Yebes cuenta con un centro puntero de desarrollo tecnológico



y la Tierra

El Observatorio de Yebes es una de las seis Infraestructuras Científico-Técnicas Singulares (ICTS) españolas de astronomía, la única que pertenece al Ministerio de Fomento y también la única en Castilla-La Mancha. Adscrito al Instituto Geográfico Nacional (IGN), es un observatorio de renombre internacional que aloja un centro puntero de desarrollos tecnológicos en el campo de la radioastronomía, dos radiotelescopios de primer nivel mundial, intensa actividad en geodesia espacial y geofísica y mucho futuro por delante.



► Imagen del interferómetro del Plateau de Bure del Instituto de Radioastronomía Milimétrica, IRAM.

Yebes es un pueblo de la provincia de Guadalajara situado en la Alcarria, una meseta surcada por valles donde crece vegetación típica del clima mediterráneo seco. A principios de los años 70, a una altitud de 1.000 metros, en el lugar más alto de un término municipal que por aquel entonces no albergaba más de 100 habitantes, lejos de poluciones lumínicas y radio y ocupando una parcela de 25 hectáreas, se estableció el Observatorio.

Cuarenta y cinco años después, el nombre de Yebes ha pasado a ser habitual y familiar en los foros y congresos internacionales de radioastronomía y geodesia espacial, gracias especialmente a los desarrollos tecnológicos que se realizan en su Observatorio, a sus dos radiotelescopios en activo de 40 metros y de 13,2 metros de diámetro y a sus actividades de divulgación, estas últimas en colaboración con el Ayuntamiento de una localidad que



45 años después ha pasado a tener más de 3.000 habitantes, convirtiéndose en una de las ciudades con más futuro de la provincia de Guadalajara.

Los primeros pasos

En 1974, el Instituto Geográfico Nacional abrió una nueva línea de investigación en astronomía

para dinamizar la actividad del Observatorio Astronómico Nacional, situado en el centro de Madrid al lado del parque del Retiro, y apostó por la creación de un Observatorio en el municipio de Yebes, equipado con tres instrumentos de observación astronómica: un astrógrafo doble para la observación de asteroides, una torre solar y un radiotelescopio de 14 m de diámetro. Este último instrumento es el más singular y relevante de todos los anteriores porque en torno a él se formó el primer grupo de radioastronomía español. La observación astronómica a longitudes de onda radio, descubierta por el ingeniero Karl Jansky tan solo 40 años antes, permite obtener información valiosa sobre el Universo que no puede conseguirse mediante observaciones en el óptico. Desde sus inicios hasta hoy, la radioastronomía ha contribuido a esclarecer procesos físicos como la formación de estrellas o fenómenos como la detección de agujeros negros.

Dado que en España no existía ni tradición ni experiencia previa, los astrónomos que se incorporaron al Observatorio se desplazaron a los principales centros de radioastronomía extranjeros, localizados en Francia, Alemania, Estados Unidos y Suecia, para formarse en las técnicas de observación, la operación de los radiotelescopios, la explotación científica de las observaciones radioastronómicas y la construcción de receptores de microondas. Este periodo de formación que comenzó a principios de los años 80 se extendió hasta mediados de la década de los 90.

Paralelamente a la puesta en marcha del Observatorio de Yebes, el Instituto Geográfico Nacional se convirtió en los años 80 en el socio español del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), un instituto actualmente hispano-franco-alemán que opera un radiotelescopio milimétrico en el Pico del Veleta, Granada, y un interferómetro hoy formado por diez antenas en los Alpes franceses. IRAM era y es una referencia tecnológica internacional en observaciones radioastronómicas de ondas milimétricas y submilimétricas.

Desde los primeros momentos, y a imagen del IRAM, resultó evidente que era necesario dotar al Observatorio de Yebes de astrónomos e ingenieros siguiendo los mismos criterios que los principales observatorios radioastronómicos del mundo. Por otra parte, la variedad de instrumentación que es necesaria manejar en un radiotelescopio exigió la especialización de los miembros del Observatorio. La incorporación de personal se hizo a través del

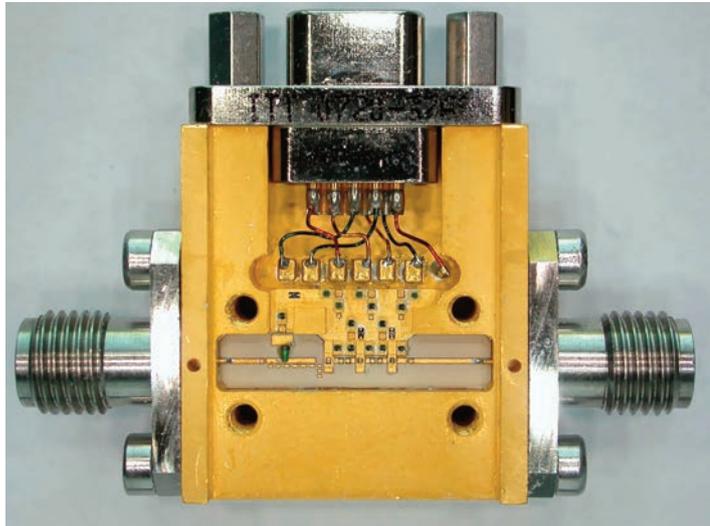
acceso al Cuerpo de Astrónomos, de becarios con cargo a proyectos de investigación y de la contratación de personal laboral con cualificaciones técnicas. De este modo, el Observatorio quedó configurado desde el comienzo con una doble faceta: científica e instrumental.

La primera observación manual con el radiotelescopio de 14 m se realizó sobre la Luna en 1979 con un receptor a longitudes de onda radio, prestado por colegas franceses. En 1988, y tras años de trabajo, se instaló en el radiotelescopio de 14 m el primer receptor enfriado a temperatura criogénica (-250 °C) que fue diseñado y fabricado íntegramente en el Observatorio con el apoyo de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid.

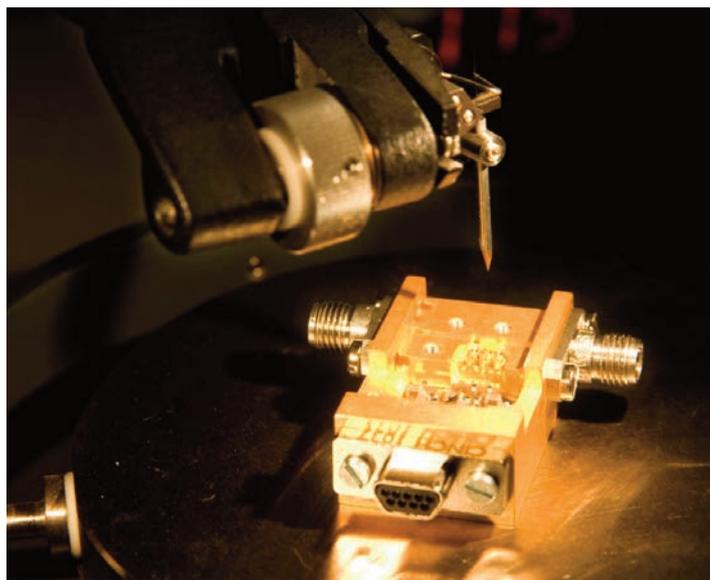
Las señales que se pretende detectar, provenientes de objetos celestes muy lejanos como galaxias, estrellas o cuásares son miles de billones de veces más débiles que las que pueda generar un teléfono móvil. Para poder detectarlas se construyen radiotelescopios constituidos por grandes superficies parabólicas que concentran, en un punto donde se sitúa el receptor, toda la energía captada en la precisa dirección del Universo a la que apuntan. En los receptores la señal encuentra primero al alimentador, la verdadera antena que recibe la señal, y tras ser captada por este es conducida al amplificador de bajo ruido. Este último, diseñado para generar el mínimo ruido interno, amplifica miles de veces la débil señal recibida, fijando así nuestro límite de sensibilidad. Tanto el alimentador como el amplificador generan su propia señal interna, el ruido, que enmascara la señal a recibir. Al tratarse de un «ruido» de origen térmico, reducir la temperatura de funcionamiento de estos dispositivos aumenta de manera extraordinaria la sensibilidad del receptor, esto es la mínima señal detectable.

Los amplificadores criogénicos de muy bajo ruido

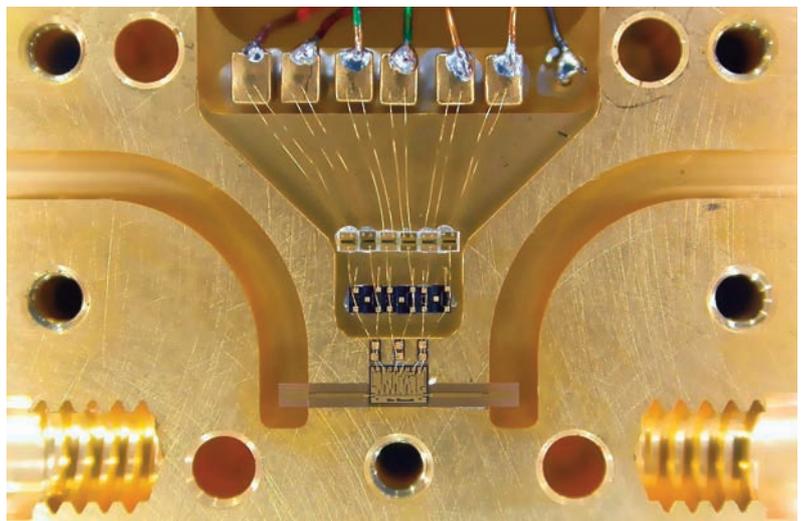
Sin duda, uno de los elementos clave de los receptores de un radiotelescopio son los amplificadores criogénicos de muy bajo ruido. El Observatorio de Yebes se especializó muy pronto en su diseño y fabricación. Esta actividad de alta tecnología que comenzó hace más de 30 años se mantiene activa a un altísimo nivel competitivo en la actualidad. El amplificador exige un diseño singular para que la pieza clave, el transistor HEMT, se rodee de las condiciones idóneas para



► Amplificador criogénico.

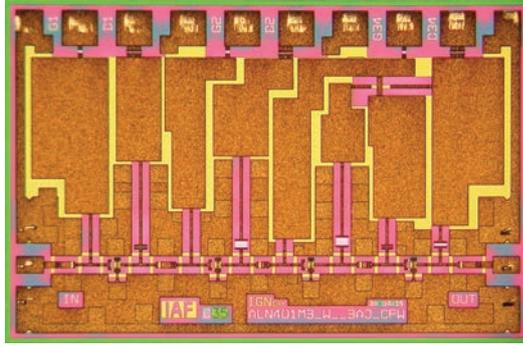


► Montaje de un amplificador.

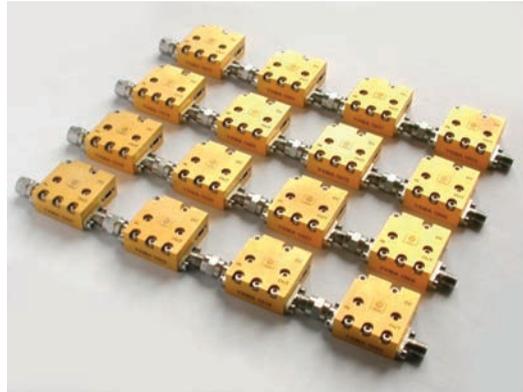


► Detalle del amplificador criogénico

► Circuito MMIC y amplificador.



► Amplificadores criogénicos fabricados en el Observatorio de Yebes



ofrecer el mínimo ruido posible. Un circuito de microondas, la línea microstrip diseñada al efecto, componentes electrónicos chip y una caja metálica con fresados de precisión micrométrica recubierta de una fina capa de oro de unas pocas micras de grosor se encargan de ofrecer el entorno adecuado. Y para culminar, unos finos hilos de oro también de unas pocas micras de diámetro (el tamaño de un cabello humano) realizan las conexiones necesarias con el transistor. Y todo a unos doscientos cincuenta grados bajo cero, para que no se escape ninguna señal, por lejana que provenga.

La constitución de esta tecnología «made in Yebes» ha conllevado necesariamente una inversión considerable en personal e instrumentación durante estos 40 años. Hoy en día, sus laboratorios y talleres ocupan una superficie de más de 1.000 metros cuadrados y se encuentran equipados con moderna tecnología, comenzando por fresadoras de control numérico, diferentes procesos de soldadura como las máquinas de «bonding», que «cosen» con hilo de oro el transistor, un laboratorio de química para dorar los circuitos y controlar los grosores de las capas de oro y terminando por los analizadores de redes que miden su funcionamiento. Todo lo necesario para la construcción de un dispositivo que, dada la destreza alcanzada por nuestros técnicos, necesita aproximadamente una semana para pasar

del diseño a la realidad y en el que participa un equipo de varios técnicos especializados.

Los amplificadores producidos en el Observatorio de Yebes, que suman el millar, se han instalado en numerosos receptores de radiotelescopios distribuidos por todo el mundo, como son, por ejemplo, los de IRAM, los receptores de la misión espacial HERSCHEL de la Agencia Espacial Europea y los receptores de varias bandas de frecuencia del Atacama Large Millimeter Array (ALMA), el interferómetro milimétrico más sensible del mundo en este momento. Las prestaciones de estos dispositivos son tan altas que se han empleado también en comunicaciones con sondas espaciales muy lejanas (del espacio profundo), así como en el reciente campo de la computación cuántica. Asimismo, la tecnología de su fabricación ha sido también transferida a empresas tecnológicas españolas. Al menos 500 de estos amplificadores han sido fabricados por empresas españolas. Un último paso al frente hacia el estado del arte ha sido el diseño de amplificadores monolíticos MMIC con excelentes resultados. Los amplificadores diseñados y construidos en Yebes forman ya parte de la evolución científico-técnica en radioastronomía, habiendo sido decisivos en descubrimientos tan trascendentes y mediáticos como la imagen más nítida del entorno del agujero negro de la Vía Láctea: Sgr A*.

El radiotelescopio de 40 metros, un nuevo impulso para el desarrollo de nuestros receptores criogénicos

A finales de los años 90 y ante el envejecimiento del radiotelescopio de 14 m y sus posibilidades limitadas, se comenzó a estudiar la posibilidad de dotar al Observatorio de un gran radiotelescopio moderno, que además permitiera el estudio del medio interestelar con gran sensibilidad. Tras años de intensos trabajos tecnológicos y de gestión, en el año 2005 se inauguró un radiotelescopio de 40 m de diámetro, actualmente el instrumento más importante del Observatorio de Yebes y el que confiere la naturaleza de ICTS al Observatorio desde el año 2012. El radiotelescopio de 40 m vio su primera luz en 2007 observando, otra vez, la Luna, y se incorporó inmediatamente a la red Europea de VLBI (EVN), siendo uno de los principales elementos de esta red por su alta sensibilidad y fiabilidad. Desde hace más de 10 años este radiotelescopio es también parte de la red geodésica del Servicio Internacional de VLBI (IVS), que determina los parámetros de la orientación de la Tierra en el espacio.



▶ Radiotelescopio de 40 m de Yebes.

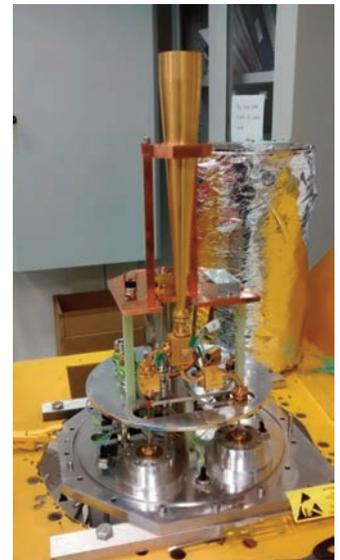
Estas redes internacionales de radiotelescopios, EVN e IVS, utilizan la denominada técnica «Interferometría de Muy Larga Base» o VLBI, acrónimo del término en inglés «Very Long Baseline Interferometry». Es una técnica de observación en la que varios radiotelescopios repartidos por todo el mundo observan simultáneamente una misma fuente astronómica. Las señales captadas por los distintos radiotelescopios se envían a un centro que las procesa y genera una imagen con una nitidez y resolución sin precedentes, millones de veces mayor que la de la imagen captada por cada telescopio por separado. La técnica de VLBI permite además determinar con una precisión altísima la distancia entre parejas de radiotelescopios, y por lo tanto también la posición de estos en la Tierra, ofreciendo información geodésica de alta calidad y pudiendo determinar los parámetros de la orientación de la Tierra en el espacio.

El uso del radiotelescopio está abierto a astrónomos de todo el mundo a través de un acceso abierto y competitivo con un comité de evaluación de propuestas. Para su puesta en marcha fue imprescindible desarrollar un sistema de control y monitorización tanto del radiotelescopio como de los instrumentos instalados en él. Asimismo, la astronomía siempre ha sido puntera en el desarrollo de programación, en la utilización de sistemas operativos alternativos y en la transferencia a gran velocidad de grandes volúmenes de datos, tanto de los instrumentos a los discos duros como entre distintos centros empleando Internet. En este sentido, el Observatorio de Yebes fue pionero en Redirís, la Red Científica Española, siendo uno de sus miembros fundadores y una de las primeras

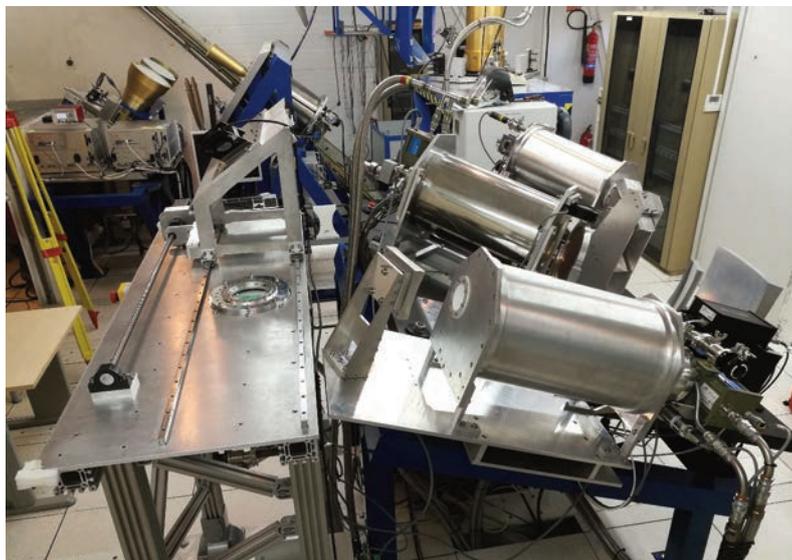
instituciones que tuvo correo electrónico en España y acceso a Internet en su forma más primitiva. También fue pionero en la utilización de Linux, un sistema operativo libre recién creado que permitía el intercambio y distribución del *software* sin trabas legales. Entre las observaciones más recientes que se han realizado con el radiotelescopio de 40 m de Yebes se cuenta con la detección de la contrapartida electromagnética de las ondas gravitacionales producidas por la fusión de dos estrellas de neutrones y detectadas en agosto de 2017 o la imagen del agujero negro mencionada con anterioridad.

La puesta en marcha del radiotelescopio de 40 m marcó el comienzo de una nueva etapa de desarrollos tecnológicos en el Observatorio de Yebes. Para explotar todas las capacidades del nuevo radiotelescopio fue necesario construir nuevos receptores criogénicos de bajo ruido. Un receptor radioastronómico es un cilindro de acero donde, con la ayuda de un alto vacío y un pistón que bombea continuamente gas helio de gran pureza, se consiguen las temperaturas criogénicas necesarias. Dentro del receptor encontraremos las antenas alimentadoras, cuando sus dimensiones lo permitan, y los amplificadores de bajo ruido. Una larga lista de equipos electrónicos los acompañan, filtros, coaxiales, guías de onda, mezcladores, osciladores locales, constituyendo lo que conocemos como un receptor de radioastronomía.

Su fabricación es un trabajo muy específico en el que participan ingenieros, técnicos electrónicos y mecánicos, todos ellos altamente especializados. Una actividad que se inicia en la mesa de trabajo de los ingenieros con los diseños del alimentador, el criostato, los amplificadores y los convertidores. Posteriormente pasa a los laboratorios y talleres donde técnicos con una alta cualificación llevan a cabo su construcción, y después son probados durante semanas en los laboratorios de medida para finalmente ser instalados en los radiotelescopios. Un proceso que dura meses, donde se ven involucrados decenas de trabajadores y que requiere una vez más un gran despliegue de recursos tanto de personal como de inversión económica. En la actualidad se han construido hasta 20 receptores criogénicos de bajo ruido para otros institutos y observatorios del mundo que lo han solicitado. Los receptores desarrollados cubren todo el espectro electromagnético para el que el radiotelescopio de



▶ Imagen del interior de un receptor criogénico de un radiotelescopio

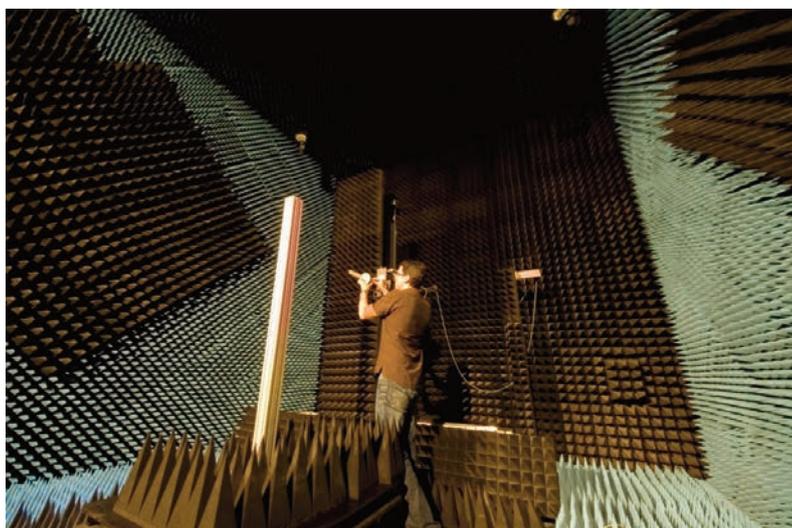


► Cabina de receptores del radiotelescopio de 40 metros

40 metros tiene capacidad de recibir señal, desde 2 GHz a 118 GHz. Esto lo ha convertido en uno de los radiotelescopios más completos del mundo y en especial de las redes de VLBI. La experiencia ganada desde la construcción del primer receptor ha permitido situar al Observatorio de manera singular entre los pocos centros (no más de cinco) con tal capacidad en todo el mundo.

Un laboratorio que hace aún más singular al Observatorio de Yebes es la cámara anecoica para la caracterización de antenas alimentadoras. Estas son las responsables de captar de forma eficiente la señal recibida por la parábola y para ello es determinante conocer de forma precisa las direcciones de recepción de la señal. De esta característica depende de forma crítica el funcionamiento del radiotelescopio y la capacidad de captar la señal más débil posible. La cámara anecoica del Obser-

► Foto de la cámara anecoica del Observatorio de Yebes.



vatorio de Yebes es un laboratorio de grandes dimensiones que permite la medida de antenas y reflectores hasta 140 GHz, lo que la convierte en única en España.

RAEGE y la Geodesia Espacial, el impulso definitivo

En 2012, para potenciar el área de observaciones de radioastronomía con fines geodésicos, el IGN y el Gobierno Regional de Azores firmaron un convenio para la creación de una Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales (RAEGE), formada por cuatro radiotelescopios de 13,2 m de diámetro, situados en lugares estratégicos de España y Portugal: en el municipio de Yebes (en la placa tectónica euroasiática), en las islas de Gran Canaria y Santa María en Azores (en la placa africana) y la isla de Flores en Azores (en la placa tectónica americana). Esta red permitirá determinar con gran precisión el movimiento relativo de las tres placas tectónicas donde se asentarán los radiotelescopios. En 2013 se inauguró el primero de los elementos de la red RAEGE, el radiotelescopio de 13,2 m en el Observatorio de Yebes. En 2014 se construyó el radiotelescopio en la isla de Santa María y para los próximos años está previsto el comienzo de la construcción de los radiotelescopios en las islas de Gran Canaria y Flores.

Estos radiotelescopios, además de realizar estudios regionales, se integrarán en el proyecto global VGOS (VLBI Geodetic Observing System), el siguiente gran proyecto de la IVS, cuyo objetivo es establecer un sistema de referencia sobre la superficie terrestre con precisiones inferiores a 1 mm. Este sistema será utilizado para determinar la orientación relativa de la Tierra en el espacio con la máxima precisión posible y para proporcionar una referencia en tierra a los satélites que orbitan en torno a nuestro planeta.

RAEGE además ha significado un impulso a las posibilidades de negocio de la empresa española en el mundo. Aunque diseñados por una empresa alemana, los radiotelescopios de RAEGE han sido fabricados por una empresa asturiana. A los cuatro radiotelescopios de la red hay que sumar otros tres idénticos que también han sido fabricados por la misma empresa, dos en Noruega y uno en Japón. La ampliación de la red VGOS a más países puede suponer, pues, un gran volumen de negocio para los intereses de las empresas españolas del sector.



El impulso del proyecto RAEGE ha servido para seguir aumentando las capacidades tecnológicas del Observatorio de Yebes. Dado que el proyecto VGOS precisa para su implementación que los radiotelescopios que forman su red estén equipados con nuevos receptores denominados de banda ancha que trabajan entre 2 y 14 GHz. En 2013 comenzó el diseño del primer receptor de banda ancha en los laboratorios de Yebes. Tan solo existía en el mundo otro similar en el Observatorio de Haystack en Estados Unidos. Su construcción finalizó a principios de 2016 y se instaló unos meses después en el radiotelescopio de 13,2 m del Observatorio, reemplazando el anterior receptor denominado tribanda, también fabricado en Yebes al igual que dos idénticos que ahora funcionan en Noruega y Japón, porque recibía señal a tres bandas de frecuencias diferentes (S a 2 GHz, X a 8 GHz y Ka a 32 GHz). Su instalación fue un éxito y permitió que la antena de 13,2 m de Yebes entrara a formar parte del selecto grupo de 5 telescopios en todo el mundo a la vanguardia del proyecto VGOS (en la actualidad, este grupo se ha ampliado a 7: en Estados Unidos, Suecia, Alemania y España). Posteriormente, se han fabricado receptores para el radiotelescopio de

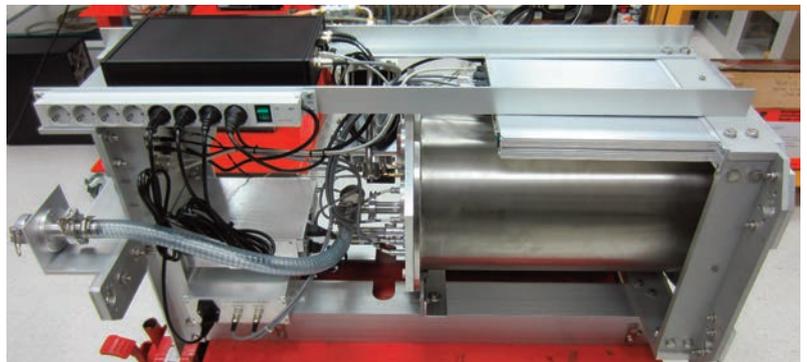
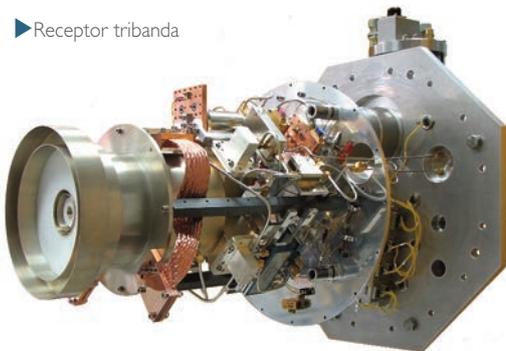
RAEGE en la isla de Santa María en Azores y un radiotelescopio VGOS de Ishioka en Japón. Como resultado de estos desarrollos, se fabricaron también dos receptores más para un radiotelescopio VLBI de geodesia instalado en la Antártida, estación Ohiggins, y gestionada por el instituto alemán BKG, la Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia.

Además, el Observatorio de Yebes ha recibido el encargo de fabricar tres receptores en banda ancha para los radiotelescopios VGOS de Noruega y Finlandia. Dos de ellos están ya finalizados y se entregarán en breve. Estos trabajos se enmarcan dentro de dos convenios de colaboración firmados por el IGN con la Autoridad Cartográfica Noruega, NMA, y el Instituto Finlandés de Investigación Geoespacial, FGI, respectivamente. Por otra parte, se esperan dos encargos más para fabricar sendos receptores para observatorios de Italia y Sudáfrica. Además se han fabricado sistemas de calibración de fase para los telescopios del BKG en Wetzell (Alemania) y en La Plata (Argentina). A la vista de los excelentes resultados obtenidos por el receptor de banda ancha de Yebes y de los equipos auxiliares y subsistemas que este utiliza, el Observatorio de

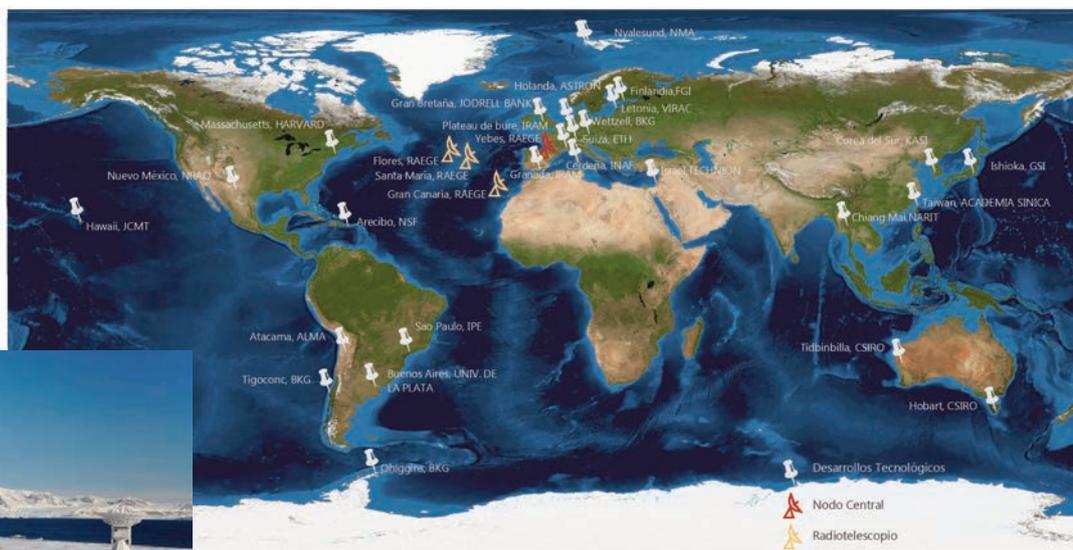
► Radiotelescopio de 13,2 m del Observatorio de Yebes. Al fondo se observa el radiotelescopio de 40 m.

► Receptor de banda ancha de un radiotelescopio.

► Receptor tribanda



► Mapa de desarrollos tecnológicos de Yebes y su distribución mundial. En el mapa se muestra la posición de los 4 radiotelescopios de RAEGE



► Ingenieros del Observatorio de Yebes en el Observatorio de Ny Alesund, en Noruega, que cuenta con dos radiotelescopios de 13,2 m y dos receptores desarrollados en Yebes.

Yebes ha sido calificado como Centro de Desarrollos Tecnológicos para el IVS. Un privilegio del que solo forman parte siete institutos como el MIT, la NASA y los respectivos en Rusia, Canadá, Japón y Suecia. La presencia de la tecnología «made in Yebes» en el mundo de la geodesia espacial y por lo tanto en la radioastronomía es ya incontestable.

El futuro

Las actividades de observación radioastronómica, geodésica y geofísica junto a la singular capacidad de desarrollar tecnología aplicada propia le han valido al Observatorio de Yebes su calificación como ICTS. Ello permite al Observatorio de Yebes el acceso a recursos económicos y de *software* gestionados por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Entre dichas ayudas se encuentran los fondos FEDER, financiados por la Unión Europea, que han permitido mantener y actualizar sus recursos tecnológicos y humanos, recibiendo cofinanciaciones del orden de 15 millones de euros.

Actualmente, se ha concedido al Observatorio de Yebes el proyecto FEDER YDALGO (Infraestructuras de Desarrollo y Actividades de Laboratorio y Geodesia espacial para el Observatorio de Yebes) por valor de 9,5 millones de euros para su ejecución entre 2018-2022. El proyecto YDALGO contempla dos objetivos: la construcción y equipamiento adicional de un edificio de laboratorios y

talleres para el desarrollo de tecnología de microondas junto a la instrumentación y máquinas necesarias, y la construcción, instalación y puesta en marcha de un nuevo sistema de geodesia espacial, un telescopio óptico de láser pulsado para la observación de satélites con retroreflectores, que permitirá integrar al Observatorio de Yebes en otra red internacional. Todo ello constituye un nuevo paso para continuar hacia la mejora y excelencia del Observatorio de Yebes como centro de desarrollo de tecnología y de estudios astronómicos y geodésicos.

Hoy, 45 años después de sus inicios, el Observatorio de Yebes se ha convertido en un centro internacional de renombre en Radioastronomía, siendo referencia para otros institutos, que emplean nuestra tecnología o inician sus actividades, como es el caso de NARIT (el Instituto de Astronomía de Tailandia) que hoy construye un radiotelescopio de 40 metros idéntico al de Yebes. Ello ha sido posible gracias a una decidida apuesta del Ministerio de Fomento, a través del IGN, para dotar al centro de personal altamente cualificado e instrumental especializado. En los próximos años se abordarán nuevos retos tecnológicos en Radioastronomía y Geodesia Espacial en colaboración con instituciones europeas y del resto del mundo. Una inversión tecnológica que debe seguir dando nuevos frutos para ayudar a situar a España en un lugar relevante en el panorama internacional y beneficiar a la industria nacional y a la sociedad en general.

Texto: José Antonio López Fernández (Subdirector General de Astronomía) y Pablo de Vicente Abad (Director del Centro de Desarrollos Tecnológicos del Observatorio de Yebes). IGN

¿Cómo será la *transformación* de nuestras **CIUDADES?**

El Sistema de Información Urbana,
una herramienta para conocer la evolución de la ciudad



► Madrid Río.

Conocer cómo van a evolucionar las ciudades es uno de los grandes retos del planeta, y ello no solo desde un punto estrictamente urbanístico sino también desde un punto de vista social, económico y ambiental, teniendo en cuenta que los principales organismos internacionales advierten de que nos dirigimos hacia un mundo eminentemente urbano, en el que la mayoría de la población habitará en grandes metrópolis o en ciudades y pueblos de menor tamaño. En este contexto, es fundamental disponer de instrumentos que permitan aproximarse a esta evolución, desde una perspectiva global, con objeto de poder diseñar unas políticas públicas que respondan a las necesidades presentes y futuras de nuestras ciudades y del territorio, y apostar por un desarrollo más sostenible, equilibrado y cohesionado.

Uno de estos instrumentos es el **Sistema de Información Urbana (SIU)** del Ministerio de Fomento, definido en la Ley del Suelo estatal de 2007 y, actualmente, recogido en la Disposición adicional primera del Texto Refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, aprobado por Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre. Sobre la base de este marco legal, el SIU está concebido como un sistema cooperativo cuyos principales objetivos son:

- ✓ Incorporar transparencia en suelo y urbanismo, como herramienta de gestión pública y privada y vehículo de información ciudadana.
- ✓ Conocer el planeamiento urbanístico en vigor.
- ✓ Conocer la disponibilidad de suelo y la evolución en su ocupación.
- ✓ Incorporar información complementaria, especialmente, en materia de vivienda.
- ✓ Asegurar la compatibilidad con otros sistemas nacionales y europeos.

Básicamente, se trata de un sistema que permite aproximarnos, de una forma sencilla, a lo que los planes urbanísticos prevén en los distintos municipios y áreas urbanas españolas.

En los últimos años, el SIU se ha consolidado como un instrumento fundamental para aproximarse al potencial del recurso suelo y su disponibilidad efectiva, que facilita el conocimiento de la realidad urbanística y de las previsiones de los instrumentos de planeamiento, permitiendo una lectura homogénea y comparable en toda España, de acuerdo con un modelo de datos que ha sido el resultado de la actividad del Grupo de Trabajo del Sistema de Información Urbana.

Un modelo de datos diseñado con las comunidades autónomas

La citada Disposición Adicional primera del Texto Refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana señala que la formación y actualización permanente del SIU debe hacerse desde *«la coordinación y complementación con las administraciones competentes en la materia»*.

Para ello, el 26 de junio de 2008 fue creado el **Grupo de Trabajo del SIU**, en el que participan todas las Comunidades Autónomas, además de agentes clave relacionados con la información territorial como la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), la Dirección General del Catastro del Ministerio de Hacienda o el Instituto Geográfico Nacional (IGN), entre otros. Su misión es facilitar la cooperación y coordinación entre todos sus integrantes, consensuar unos contenidos temáticos comunes mínimos accesibles a través de tecnología estandarizada siguiendo las recomendaciones de este grupo y la incorporación al sistema de la citada información.

Para establecer los contenidos mínimos del Sistema de Información Urbana, se consideraron los principales sistemas de información urbanística implementados o que estaban en fase de desarrollo por parte de las distintas administraciones territoriales, y en particular, se analizaron los procesos de sistematización y normalización imprescindibles para incorporar la información urbanística de los sistemas autonómicos al SIU. Además, fue establecido como criterio de base que el modelo de datos del SIU debía tener una estructura que permitiese realizar consultas de información agregada y generar información grá-

fica homogénea, acciones que son básicas a la hora de utilizar la información urbanística como soporte para el diseño de las políticas públicas y para la toma de decisiones a nivel local y supralocal.

Estos esfuerzos por la normalización y siste-

matización han facilitado en buena medida esta necesaria compatibilidad y coordinación de los sistemas urbanísticos autonómicos y locales con el Sistema de Información Urbana, a través del establecimiento de los oportunos sistemas o pasarelas de conversión e intercambio de información.

De esta forma, desde el inicio del SIU, se ha contado con la máxima implicación de las Comunidades Autónomas, y se ha materializado mediante la firma de diferentes **convenios para el desarrollo del SIU** cuyo objetivo general es fortalecer la colaboración institucional para el intercambio de información relacionada con el planeamiento urbanístico, pero sin implicar ningún compromiso de gasto. Estos convenios constituyen una de las herramientas para

El SIU permite una aproximación al contenido de los complejos instrumentos urbanísticos, facilitando una lectura homogénea y comparable del territorio

asegurar la disponibilidad de la información urbanística en el SIU y garantizar su mantenimiento y actualización, siendo, por lo tanto, piezas clave en su estructura organizativa y, en definitiva, en la calidad del dato publicado.

Cooperación e intercambio de información basado en las nuevas tecnologías

El objetivo fundamental de esta cooperación e intercambio de información es el de **evitar duplicidades tanto en recursos económicos como materiales de las distintas administraciones públicas**, pero siempre salvaguardando la posibilidad de orientar cada uno de los sistemas al cumplimiento de sus propios fines y a su respectiva escala territorial.

Desde un punto de vista tecnológico, el SIU se caracteriza por ser un instrumento abierto, de fácil acceso a través de un **visor cartográfico libre y gratuito** que permite visualizar todos los datos gráficos y alfanuméricos del sistema de forma sencilla e intuitiva a través de Internet (ver recuadro adjunto con las direcciones de Internet relativas al SIU).

Además, ofrece la posibilidad de acceso a todos sus datos mediante el uso de los estándares internacionales que aseguran la máxima interoperabilidad y la reutilización de la información de manera libre, WMS (*Web Map Service*) y WFS (*Web Feature Service*), que permiten al usuario tanto la descarga de toda la información geográfica, estructurada de acuerdo con el modelo de datos del SIU, como el acceso a su información para su consulta individualizada o descarga masiva. Todo ello de acuerdo con los objetivos de la Directiva europea INSPIRE, que apuesta por conseguir compatibilidad e interoperabilidad entre datos territoriales provenientes de distintas fuentes.

Asimismo, la información alfanumérica asociada a la información geográfica del SIU se encuentra disponible para su libre descarga a través del portal de Internet del Ministerio de Fomento y se recoge de forma sintética y sistemática en los informes que se publican anualmente también disponibles en la web ministerial.

El uso de las nuevas tecnologías y de los estándares europeos de intercambio de información aseguran el fácil acceso a los datos.

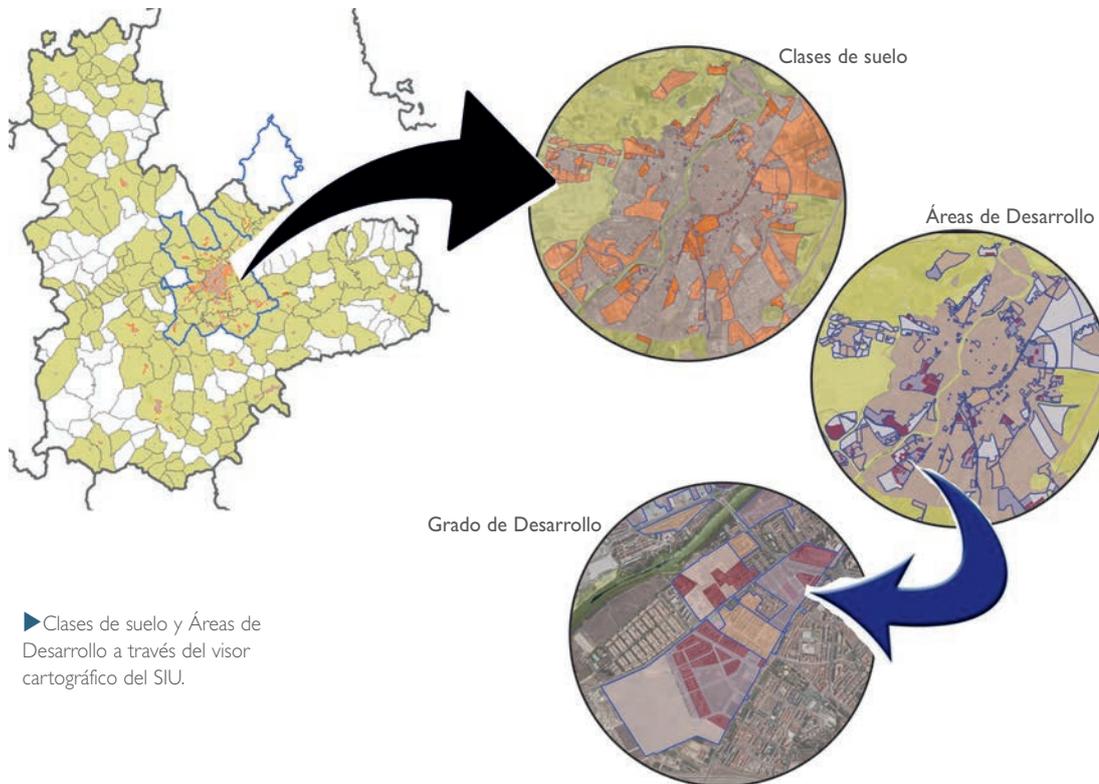
Aproximación a los datos clave del planeamiento urbanístico

La información urbanística en el SIU se estructura en un modelo de datos dividido en dos grandes bloques de información: Clases de Suelo y Áreas de Desarrollo.

En primer lugar, el planeamiento urbanístico divide el territorio en clases y categorías de suelo en torno a las cuales se configurará el modelo territorial propuesto. Las legislaciones urbanísticas de las comunidades autónomas difieren en la definición de las distintas clases de suelo y, en algunos casos, establecen distintas categorías, sin embargo, a pesar de estas diferencias existen unos conceptos o contenidos comunes en torno a los cuales se han establecido, con el consenso del Grupo de Trabajo del SIU, las **clases de suelo a efectos del SIU**. Es decir, para cada una de las comunidades autónomas se utiliza una tabla de equivalencias, de forma que con independencia de cómo se denomine la clase y categoría de suelo en su legislación urbanística, a efectos del SIU, tendrá una misma denominación, lo que permite poder **ofrecer una información homogénea y comparable en todo el territorio nacional**.

Enlaces de interés

- ✓ Ministerio de Fomento. SIU. <https://www.fomento.gob.es/SIU>
- ✓ Visor SIU <http://mapas.fomento.gob.es/visorsiu/>
- ✓ Publicaciones SIU. <https://www.fomento.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/estudios-y-publicaciones>
- ✓ Agenda Urbana Española. Ministerio de Fomento <https://www.fomento.gob.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/urbanismo-y-sostenibilidad-urbana/agenda-urbana-espanola>
- ✓ Web Agenda Urbana Española <http://www.aue.gob.es/>
- ✓ Agenda Urbana Española. Datos descriptivos http://www.aue.gob.es/implementacion#Datos_descriptivos
- ✓ Agenda Urbana Española. Indicadores de seguimiento y evaluación http://www.aue.gob.es/agenda-urbana-espanola#Indicadores_de_seguimiento_y_evaluacion



► Clases de suelo y Áreas de Desarrollo a través del visor cartográfico del SIU.

De esta forma, a los efectos del Sistema de Información Urbana, se establecen las siguientes **clases/categorías de suelo**:

- ✓ Suelo urbano consolidado.
- ✓ Suelo urbano no consolidado.
- ✓ Suelo urbanizable delimitado o sectorizado.
- ✓ Suelo urbanizable no delimitado o sectorizado.
- ✓ Suelo no urbanizable.
- ✓ Sistemas generales y otros.

En segundo lugar, en el SIU se definen las denominadas **Áreas de Desarrollo**, que son aquellas zonas en las que el planeamiento prevé transformaciones urbanas y tienen, por tanto, especial importancia para el presente y futuro de nuestras ciudades y del territorio. La consideración y análisis pormenorizado de estas zonas en el SIU, debidamente definidas y delimitadas, es necesaria para aportar la perspectiva temporal que permite realizar **previsiones de crecimiento y transformación de las ciudades y del territorio**.

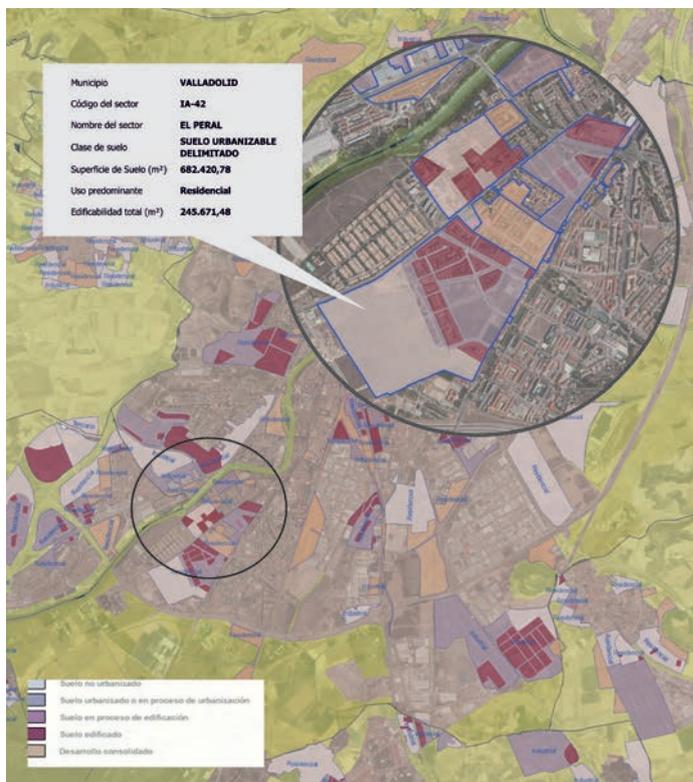
Para ello, de cada uno de estos ámbitos o sectores de suelo que conforman las Áreas de Desarrollo,

por un lado, el SIU ofrece datos básicos contenidos en el planeamiento urbanístico que permiten cuantificar su potencialidad edificatoria y, por otro lado, se incorpora información acerca de su situación actual, que tiene por objeto conocer en qué medida se han materializado las transformaciones previstas en el planeamiento. Esta doble información resulta fundamental para poder conocer el suelo clasificado y urbanizado disponible y compararlo con las necesidades y previsiones de crecimiento de la población y de la actividad de una determinada ciudad o ámbito territorial.

La clasificación urbanística del suelo y las áreas de desarrollo, sujetas a transformación, constituyen los ejes sobre los que se estructura el SIU

De esta forma, el SIU recoge para cada una de las Áreas de Desarrollo información de dos tipos: por un lado, sus **determinaciones básicas** y, por otro lado, los datos relativos a su situación actual y

grado de desarrollo (urbanización y edificación).
 ✓ **Determinaciones básicas:** El planeamiento general define en cada uno de los ámbitos o sectores de planeamiento –para cada una de las Áreas de Desarrollo en terminología SIU– unas determinaciones básicas entre las que se encuentran los usos a los que puede destinarse el suelo (residencial, actividades económicas, in-



► Las Áreas de Desarrollo a través del visor cartográfico del SIU.

dustrial y terciario), las densidades y edificabilidades globales y, en su caso, el número de viviendas.

✓ **Grado de desarrollo:**

Además, para mostrar adecuadamente cómo se están cumpliendo las previsiones del plan urbanístico, el SIU ofrece una aproximación a la situación actual de cada Área de Desarrollo, en términos de urbanización y edificación. Para ello, se realizan diferentes trabajos técnicos de fotointerpretación de imágenes satelitales u ortofotografías aéreas, para determinar la fase en la que se encuentran: desde el suelo en el que aún no se ha iniciado la urbanización hasta el suelo en el que ya ha culminado la urbanización y la edificación según lo establecido en el documento urbanístico.

El SIU permite analizar las previsiones del plan urbanístico a la luz de los principales retos: consumo de suelo, espacios protegidos o zonas inundables

Información complementaria del SIU

Con el objeto de ofrecer un adecuado contexto a la información de planeamiento urbanístico, el SIU ofrece una serie de datos estadísticos generales

de diferente carácter, como superficie, población, densidad, hogares, viviendas, etc., que describen a grandes rasgos los aspectos más significativos de cada una de las entidades territoriales y de su evolución reciente.

Además, en el visor cartográfico del SIU se muestran como complemento imprescindible de la información urbanística determinadas capas de información que resultan de gran interés tanto para conocer e interpretar el contenido de los planes como para garantizar la idoneidad del diseño y planificación urbana, ya sea en ámbitos de reforma de la urbanización existente o en nuevos desarrollos urbanísticos.

En primer lugar, el SIU ofrece los principales resultados de los proyectos nacionales y europeos que estudian la **ocupación del suelo a partir de análisis ortofotogramétricos y satelitales: el CORINE Land Cover** (Coordination of Information on the Environment) y el proyecto **SIOSE** (Sistema de Información de la Ocupación de Suelo en España), subrayando especialmente aquellas características que definen los procesos de urbanización o «artificialización» del suelo. Esta información se muestra tanto a nivel municipal como de forma agregada

a los distintos niveles administrativos que analiza el SIU (área urbana, provincia, comunidad autónoma y ámbito nacional).

Ello permite evaluar el crecimiento y transformación real

de los usos del suelo, urbanos y rurales, y su grado de coherencia con el uso de suelo planificado establecido por el correspondiente plan urbanístico.

Finalmente, también ofrece la posibilidad de mostrar de manera integrada a través del mismo visor la cartografía catastral, la cobertura de la Red Natura 2000, con sus delimitaciones de los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), la Cobertura de Dominio Público Hidráulico deslindado, así como las zonas de riesgo sísmico o de inundación. Con ello, se facilita la interpretación de los contenidos del planeamiento urbanístico y su interrelación con los espacios de interés ambiental o con los principales ámbitos que puedan estar sujetos a riesgos de diferente naturaleza.

OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Instrumento para la mejora de las ciudades y del territorio

Como se señalaba al inicio, el SIU se ha consolidado como un **instrumento fundamental para conocer la realidad urbanística de nuestras ciudades y las previsiones de crecimiento y disponibilidad del recurso suelo**. En este sentido, el SIU constituye una de las principales fuentes de información de iniciativas nacionales e internacionales como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas o la Agenda Urbana Española (AUE).

De hecho, en el contexto de la elaboración e implementación de la **Agenda Urbana Española (AUE)**, se trabaja específicamente para ofrecer un soporte de datos e información descriptiva de la situación de las ciudades de acuerdo con lo previsto en los documentos de la Agenda, que define un total de 39 datos descriptivos de apoyo a las Administraciones territoriales que se adhieran o establezca compromisos en el ámbito de los objetivos de la Agenda Urbana. Este **sistema de datos descriptivos** se apoya fundamentalmente en el Sistema de Información Urbana y en el Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas, además de otras fuentes de información como el Observatorio de la Vulnera-

bilidad Urbana y facilitan una aproximación a la situación actual de cada municipio español, configurándose como una herramienta de utilidad para la toma de decisiones y el establecimiento de los objetivos concretos que se pretendan alcanzar.

Por otro lado, la AUE propone también una serie de **indicadores de seguimiento y evaluación** que permiten establecer el alcance de las acciones recogidas en sus planes de acción, en los que el SIU es también una fuente de información de referencia. Constituyen un conjunto de indicadores comparables y agregables, por lo que además de servir de base para dar respuesta a los requerimientos de información de las Agendas internacionales por parte de España, permitirán un análisis y evaluación a nivel supramunicipal. Así mismo, permitirán definir de manera clara los resultados que se alcanzarán con la aplicación de la Agenda Urbana Española en términos de mejora de la calidad de vida y de la sostenibilidad urbana, y de la preparación de las ciudades para afrontar los retos del futuro.

Estos indicadores de seguimiento y evaluación se han adaptado y vinculado al conjunto de indicadores establecidos por Naciones Unidas, en la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible,

► El ODS 11 entre los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030.



► El puerto de Bilbao antes y después de la reforma de este entorno de la ciudad.



para evaluar el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 11: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

Todo ello, pone de manifiesto la importancia del Sistema de Información Urbana del Ministerio de Fomento como instrumento que ofrece información relevante tanto para realizar un diagnóstico de nuestras ciudades como para servir de soporte en la toma de decisiones y el diseño de las políticas públicas con incidencia urbana, con el fin de

mejorar la calidad de vida de nuestras ciudades, ya que, como decía el famoso físico y matemático británico William Thomson Kelvin (1824-1907), «lo que no se mide, no se puede mejorar».

Miguel Baiget Llompart,
Subdirector general de Suelo, Información y Evaluación.

María Ángeles Fernández Hernando,
Consejera técnica de la SGSIE.

Juan Luis Quesada Peñas,
Consejero técnico de la SGSIE.

Sonsoles González Fernández-Mellado,
Jefa de servicio de la SGSIE.

El extenso legado del pionero



► Título de piloto emitido por el Real Aero-Club.

**Emilio Herrera
(1879-1967),
fundador de la
aeronáutica y la
astronáutica en
nuestro país**



Cuando se cumplen 140 años de su nacimiento, la recuperación y recuerdo de la figura de Emilio Herrera empiezan poco a poco a hacerse realidad. Su trayectoria personal, sacudida como pocas por las turbulencias políticas y sociales del agitado siglo XX, encierra también algunos de los momentos más brillantes de la ciencia española en ese siglo. Intrépido aerostero y piloto de zepelines y aviones en su juventud, científico brillante en su madurez, militar leal a la República, exiliado en París bajo la ocupación nazi, a medida que se conoce el caudal de sus aportaciones a la ingeniería aeronáutica española más decisivo se antoja su papel en la definitiva modernización de la misma.

Nacido en Granada en 1879, en el seno de una familia con antepasados tan ilustres como Juan de Herrera, arquitecto de El Escorial, y también con una larga tradición militar, a la que siempre caracterizó un gran interés por la ciencia y la cultura, el joven Emilio Herrera ingresó con 17 años en la Academia de Ingenieros de Guadalajara. Allí se graduó como teniente en 1901 y, durante sus últimos años de estudios, asistió al desarrollo del Servicio de Aerostación del Ejército y a la creación de las primeras escuelas prácticas de aerostación, por entonces más una práctica de navegación aérea con escaso acervo técnico y mucho de riesgo y aventura, pero que le cautivaría para siempre desde que de niño asistiera de la mano de su padre a las primeras exhibiciones en su ciudad natal.

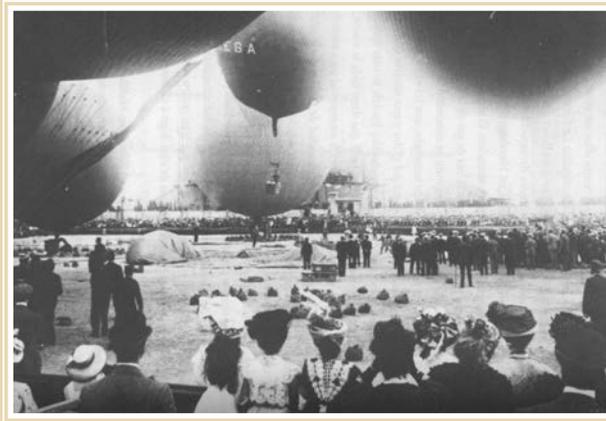
Destinado primero en Sevilla y posteriormente en Melilla, Herrera pudo regresar a Guadalajara en 1903 para satisfacer la que ya comenzaba a ser su auténtica vocación y matricularse en la Escuela de Aerostación, donde finalmente obtuvo el título de piloto de globos aerostáticos en junio de 1905. Esta circunstancia le permitió enrolarse muy pocos días después entre las tripulaciones de los tres globos que participaron en la observación del eclipse solar del 30 de agosto, un proyecto de la Comisión Científica Internacional de Aerostación, en el que España participaba a través del Servicio de Aerostación Militar. En la ascensión, que tuvo lugar en Burgos y a la que asistió el rey Alfonso XIII, intervinieron, además de dos aerostatos militares pilotados por el coronel Vives y el capitán Kindelán,

otro civil, al mando del aerostero asturiano Jesús Fernández Duro, con Herrera a bordo como copiloto y también en calidad de observador científico, con la misión de analizar los aspectos espectrográficos y espectroscópicos de la corona solar y el fenómeno de las sombras volantes. De todo ello tomaría fotografías y dibujos que apoyaron luego su informe final, presentado y elogiado después en la Comisión Científica Internacional de Aerostación.

Curtido aerostero

Esa ascensión le permitió fraguar una sólida amistad con Fernández Duro, quien le animó a inscribirse junto a él en el Grand Prix Aerostático de París, organizado por el Aeroclub de Francia en octubre de 1905. Su increíble vuelo, jalonado de toda suerte de percances e incidentes de los que escaparon milagrosamente con vida, realizado en unas muy adversas condiciones meteorológicas, tuvo una gran repercusión en la prensa de la época y les valió a ambos el reconocimiento de Caballeros de la Legión de Honor por parte de las autoridades francesas. El éxito animó también a ambos aerosteros a intentar batir al año siguiente el récord mundial de distancia. Aunque no lo consiguieron, tras un vuelo que los llevó de Barcelona a las cercanías de Perpiñán después de unas quince horas y casi 380 kilómetros a través del aire, la mayor parte de ellos sobre el mar, su gesta suscitó de nuevo una gran oleada de admiración internacional.

En los años siguientes Herrera protagonizaría una nueva hazaña, consiguiendo el récord nacional de altura al ascender hasta los 6.000 metros en Barcelona, en 1906. Y apenas un año después sufriría también un aparatoso accidente al que sobrevivió de milagro junto a su compañero, el capitán Balbás. Ocurrió en agosto de 1907, cuando ambos intentaban atravesar por primera vez los Pirineos rumbo sur-norte –todas las anteriores travesías habían sido desde Francia hacia España– y, tras remontar las primeras cumbres pirenaicas, un repentino viento del norte empujó de nuevo su globo *Urano* hacia Monte Perdido. Consiguieron conducirlo a duras penas y a baja altura a través del valle del Cinca, pero los súbitos cambios en las rachas de viento hicieron que la barca se golpeará más de una vez contra paredes de roca, provocando que todo el globo comenzara a girar sobre sí mismo como una peonza, lo que finalmente obligó a sus tripulantes a tomar la decisión de desgarrarlo para poder aterrizar. Con mucha fortuna quedaron prendidos en



► Certamen aerostático hacia 1906.



► Dirigible en el Parque de Aerostación de Guadalajara.



► Prototipo de uno de los primeros dirigibles diseñados por Torres Quevedo.

un escarpe rocoso y, ayudados por algunos lugareños, sorprendidos testigos del accidente, lograron recuperar el globo y emprender camino de Barbastro. Herrera, que compaginaba deporte y ciencia en sus ascensiones y que comenzaba a poseer conocimientos cada vez más avanzados de meteorología, dedujo como causa principal del accidente el efecto rotor de algunas masas de aire al cambiar bruscamente la temperatura por efecto de las corrientes «foehn», con vientos dominantes del norte en las laderas a sotavento. Esos bruscos cambios, que pueden empujar violentamente contra tierra cualquier objeto volante que no cobre suficiente altura y que Herrera fue pionero en calcular, son tenidos muy en cuenta hoy por los pilotos.



► Irene Aguilera aprende a pilotar junto a su marido, Emilio Herrera.

Testigo de excepción

Apenas un año después, en 1908, Herrera, ya ascendido a capitán, tuvo la oportunidad de asistir en Alemania, junto a Kindelán, a un acontecimiento extraordinario: una de las primeras demostraciones en Europa del aeroplano pilotado por los hermanos Wright. Ambos estaban comisionados para informar de las posibilidades militares de semejante aparato. Presenciaron sus maniobras «mudos de asombro», según referiría Kindelán en sus memorias y, sin duda, su informe posterior convenció al coronel Vives para que España comenzara a situarse cuanto antes en la vanguardia del desarrollo aeronáutico.

En 1909, con motivo de la primera campaña en el norte de Marruecos, Herrera sería uno de los pilotos escogidos para comprobar sobre el terreno las posibilidades de apoyo del Servicio de Aerostación a los movimientos de tropas en tierra. Su

historial de servicios fue allí, una vez más, excelente. A bordo de globos cautivos o en ascenso libre, el capitán Herrera realizó informes y dibujos de enorme exactitud y utilidad que ayudaron a precisar el fuego artillero o evitar emboscadas a las unidades desplegadas en un territorio hostil e intrincado.

El Servicio de Aerostación, dirigido por el coronel Vives, estuvo siempre atento a cuantas novedades y progresos técnicos se producían en el campo del vuelo y la navegación aérea, por entonces en plena efervescencia, y Emilio Herrera desempeñó un papel capital en el ad-

venimiento de las dos más importantes en esos años: el uso de dirigibles y el de aviones. El primer dirigible, el *España*, aunque comprado en Francia en 1910, tenía en realidad patente de Leonardo Torres Quevedo, y Herrera fue uno de los primeros oficiales escogidos tanto para su pilotaje como para su perfeccionamiento técnico, pues ofrecía aún numerosos problemas en el control de la dirección y en los de la regulación del gas. Asimismo, en 1910, el Servicio de Aerostación, adscrito al Ministerio de la Guerra, compró los tres primeros aviones Farman con



► Carnet de piloto de aeroplano de la federación Aeronáutica Internacional.



► Herrera en las pruebas de uno de sus primeros trajes espaciales en Cuatro Vientos.



► Herrera, Kindelán y el coronel Vives en el dirigible España.

los que la aviación militar española iniciaba su despegue. El proyecto era poner en marcha con ellos la primera escuela de pilotos, lo que llevó también pareja la creación de la primera base aérea, para la que se adquirieron unos terrenos en Cuatro Vientos, próximos a los cuarteles madrileños de Campamento. Para el primer vuelo de prueba de los nuevos aviones se eligió a Benito Loygorri, ingeniero industrial y primer español con título oficial de piloto por la Federación Aeronáutica Internacional (FAI), muy familiarizado con los Farman. El vuelo inicial tuvo lugar el 13 de marzo de 1911 y Loygorri tuvo como copiloto a Emilio Herrera. Ambos consiguieron remontar el biplano hasta unos 200 metros de altura, manteniéndolo en el aire algo más de 15 minutos en un recorrido circular sobre el pueblo de Alcorcón, durante el que consiguieron una velocidad máxima de 80 km/h.

Pocos días después de ese vuelo comenzaba en Cuatro Vientos el primer curso para pilotos militares y, en agosto, Herrera se convertiría en el cuarto titulado de esa primera promoción, junto a Kindelán, Barrón y Ortiz Echagüe, tras una larga serie de prácticas de vuelo con frecuencia accidentadas a causa de la gran inestabilidad de los Farman. Fue la inseguridad de esos aviones lo que llevó a la escuela a adquirir también para entrenamiento unos monoplanos Niépport, por lo que se encomendó a Emilio Herrera la labor de ins-



► Benito Loygorri y Herrera durante las pruebas de uno de los primeros Farman.

truirse en su manejo, asistiendo durante un mes a prácticas en la escuela de la fábrica, en la localidad francesa de Pau. A su regreso, el coronel Vives le nombró instructor de la segunda promoción de pilotos. En los años siguientes compatibilizaría esas tareas junto con las de perfeccionamiento del dirigible *España*, estando casi siempre acompañado por el capitán Alfredo Kindelán en ambas.

Vuelo Tetuán-Sevilla

En 1914, destinado de nuevo en África con motivo de la segunda campaña militar, Herrera sería otra vez protagonista de una gesta con notable repercusión en su momento: la primera travesía aérea del Estrecho a cargo de la aviación española, en un vuelo desde Tetuán a Sevilla en el que llevó también como copiloto a Ortiz-Echagüe.

Durante los casi dos años que duró esa campaña, a Herrera se le confió el mando de la escuadrilla aérea allí destinada, participando en numerosas operaciones y, sobre todo, en la construcción y equipamiento de los aeródromos de Tetuán y Melilla. Su buen hacer durante la campaña le supuso el ascenso a comandante, que rehusó inicialmente fiel a su principio de no aceptar grados contraídos por méritos de guerra, pero que hubo de asumir finalmente para no desairar las peticiones directas interpuestas a su favor por el rey Alfonso XIII.

A raíz del estallido de la I Guerra Mundial, el Servicio Aéreo se encontró con serios problemas de abastecimiento de aviones y recambios en los mercados de Europa, por lo que Herrera fue comisio-



► Primera promoción de pilotos militares. Herrera, de uniforme blanco, junto a Kindelán.

nado a Estados Unidos para estudiar la posible compra de biplanos Curtiss, de los que se contaba con buenas referencias. También, en 1916, se le encomendaría asistir en calidad de observador neutral al frente del Somme, junto a las tropas inglesas, en uno de los escenarios más sangrientos de ese conflicto, para informar de la utilización de aviones y el desarrollo de las operaciones aéreas, una experiencia que le marcaría profundamente y le reafirmaría para siempre en la convicción de la necesidad de restringir y limitar el uso de la aviación como arma.

Aunque apenas permaneció treinta días en aquella línea de frente, fue a menudo testigo de los crueles daños de los bombardeos infligidos por la aviación alemana. Impresionado por el potencial destructor de la aviación, pero también por el gran desarrollo industrial y tecnológico exhibido por las potencias contendientes, en los años siguientes Emilio Herrera se concentra en una intensa actividad científica y divulgadora, persuadido de que el desarrollo del país pasaba necesariamente también por el despegue de una industria aérea moderna y competitiva. Con la mentalidad práctica que siempre le caracterizó, previó también que uno de

los pilares esenciales que debía propiciar ese desarrollo era la creación de un centro de experimentación, y en 1918 presentó un proyecto que pronto daría lugar al Laboratorio Aerodinámico de Cuatro Vientos, en el que se alojaría, además de diversos talleres y salas de estudios, uno de los primeros y más innovadores túneles de ensayos aerodinámicos, a la altura del más avanzado en esos años: el impulsado por el gobierno federal norteamericano.

En torno al laboratorio, que pronto aglutinó el trabajo de un amplio plantel de ingenieros, se llevaron a cabo todo tipo de ensayos y experiencias, entre otros los del autogiro diseñado por Juan de la Cierva, cuyo perfecto acabado final no hubiera sido posible sin las múltiples rectificaciones deducidas de las pruebas a las que allí fue sometido. En el laboratorio se probaron también todo tipo de materiales para hacer más ligeros y resistentes tanto hélices y motores como otros elementos de la estructura de los aviones, por lo que jugó un papel decisivo en el despegue de una industria que tuvo en las fábricas Hispano Suiza de Guadalajara, Elizalde y Hereter en Barcelona, o Construcciones Aeronáuticas S.A. en Santander algunos de sus cimientos más sólidos.

Experto internacional

Herrera, desde sus primeras experiencias como aerostero y piloto de dirigibles, compaginó su interés por los más diversos aspectos de la ciencia y la ingeniería aeronáutica

con los de la navegación aérea. Y fue su prestigio en todos esos campos lo que motivó que, con frecuencia, tanto el gobierno como los incipientes organismos internacio-

nales creados para regular el tráfico aéreo, recurrieran a él como experto a la hora de establecer marcos y convenios orientados a fijar unas pautas comunes para el uso del espacio aéreo. Así, en 1919, participa como representante del Ministerio de la Guerra en la comisión interministerial que, presidida por Leonardo Torres Quevedo, elaborará el primer reglamento español de navegación aérea civil, adelantado a su época y referente durante muchos años de la regulación jurídica en la materia. En él se contemplan ya conceptos como la soberanía nacional sobre el espacio aéreo y la delimitación de zonas prohibidas al vuelo; se fijan

Emilio Herrera participó junto a Torres Quevedo en la elaboración del primer Reglamento de Navegación Aérea de 1919

también los requisitos y autorizaciones necesarias para el personal de vuelo —pilotos, observadores y mecánicos— que, en aras de unas condiciones de seguridad permanentes deben estar sujetos a revisiones y actualizaciones periódicas, al igual que las aeronaves, obligadas a pasar las revisiones y acreditar las certificaciones de seguridad en plazo; además, para reforzar la eficiencia de esos controles, se creó también la inspección de escala, previa al vuelo, por personal competente distinto de los propios pilotos. Durante ese año y al siguiente, convertido en el principal apoyo del general Echagüe en la modernización de la aeronáutica militar, Herrera impulsó una puesta al día de los estudios y pruebas necesarias para la obtención de los títulos de piloto y observador de aeronaves.

La profunda implicación de Herrera en todos esos aspectos estrechamente ligados con la seguridad aérea y su plasmación eficaz en códigos y normas de fácil aplicación, hizo pronto de él un apreciado experto jurídico, de modo que su presencia en las delegaciones españolas resultó casi siempre imprescindible en los sucesivos congresos que la Federación Aeronáutica Internacional celebró a lo largo de la década, formando parte desde 1925 del Comité Jurídico Internacional de Aviación. Su buen hacer y el crédito alcanzado en todos ellos le hicieron enseguida merecedor del reconocimiento de la Sociedad de Naciones, que en 1931 le nombró experto y consultor para los temas de aviación.

Su actividad a lo largo de esa década no acabó, sin embargo, ahí y se extendió hacia otros muchos frentes: desde el Laboratorio de Cuatro Vientos impulsó y coordinó estudios y ensayos de aerodinámica; en 1919 ingresó en la Sociedad Matemática, de la que fue nombrado vicepresidente y desde la que participaría en la visita a España de Einstein, con quien luego mantendría una larga correspondencia; también, en 1927, es nombrado vocal de la Sociedad Geográfica y, en los años siguientes, desempeñaría un papel muy activo en la creación y desarrollo del Consejo Superior de Aeronáutica y de la Escuela Superior de Aerotecnia, precursora de la Escuela de Ingeniería Aeronáutica.

La travesía del Atlántico

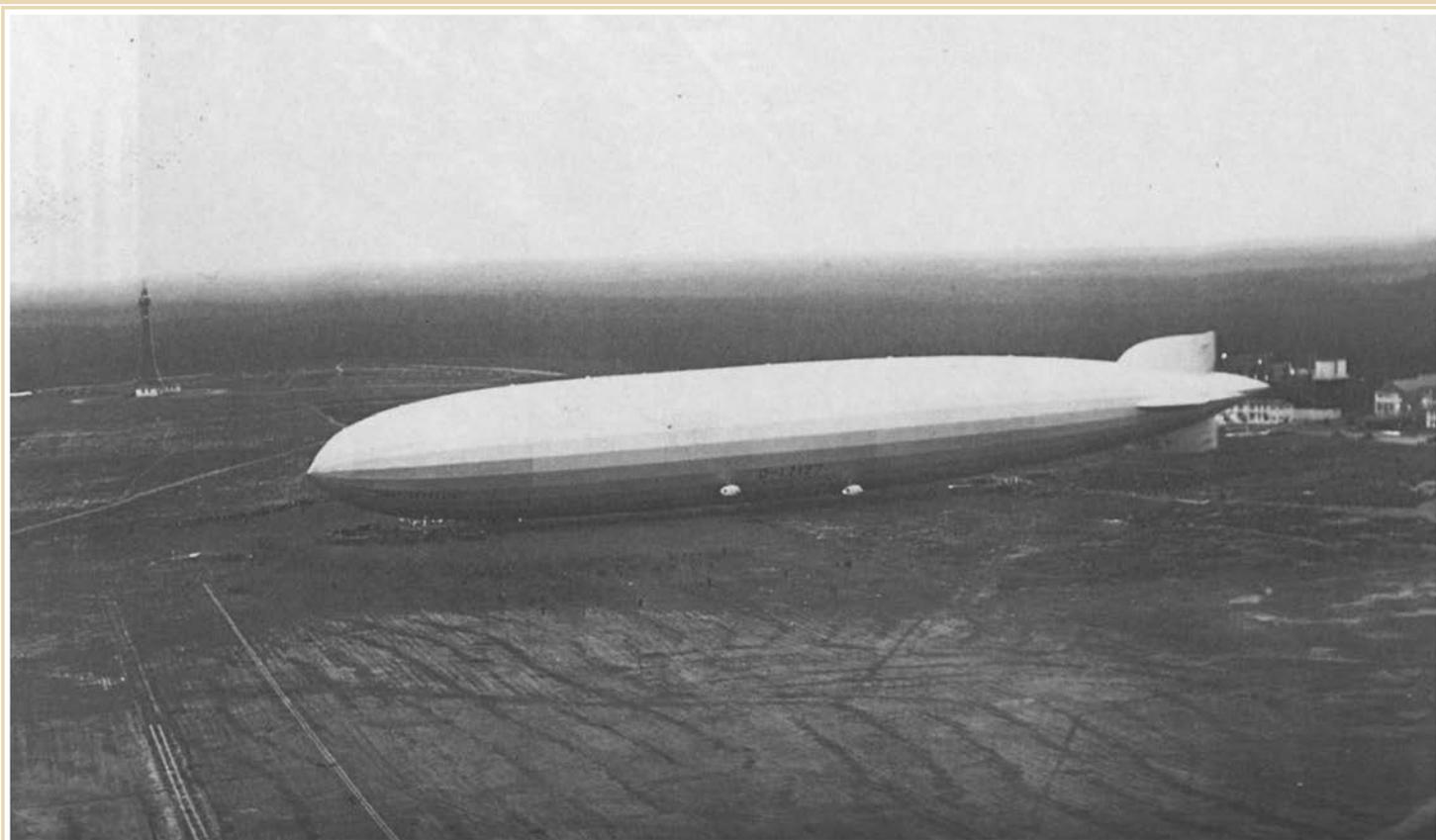
No renunciaría tampoco a su faceta más emprendedora. Como piloto y también ingeniero, buen conocedor de las posibilidades de los dirigibles y maravillado por las proezas de los *zeplines* alemanes durante la I Guerra Mundial,



► Recibimiento en 1928, en Nueva York, a la tripulación del Graf Zeppelin, entre la que se encontraba Herrera.

cree que el futuro de esos colosos del aire en el nuevo escenario mundial pasa por su adaptación como aeronaves de pasaje y carga para grandes travesías atlánticas. Está convencido igualmente de que la privilegiada situación geográfica de España la convierte en el nudo estratégico ideal para aglutinar los enlaces continentales Europa-América. Así, en los momentos que le dejan libre sus muchas otras actividades, profundiza en el estudio de materiales y sistemas de propulsión que hagan a esas aeronaves más seguras y fiables; estudia también las mejores rutas de navegación para cruzar el Atlántico, e incluso emprende estudios sobre las necesidades de pasaje y carga para hacer rentable las operaciones de una futura línea comercial. Fruto de todo ello nació en 1920 la sociedad Colón, presidida por Antonio Goicochea y con un comité técnico cuya dirección fue confiada a Herrera y en la que también estaban algunos representantes alemanes, entre ellos Hugo Eckener, ingeniero y ya por entonces gerente de la factoría Zeppelin.

Ese comité avanzó en un proyecto que tenía en Sevilla y Buenos Aires las bases de partida de los dirigibles a uno y otro lado del océano. Trabajó también en el diseño de los aerostatos, con cabida para



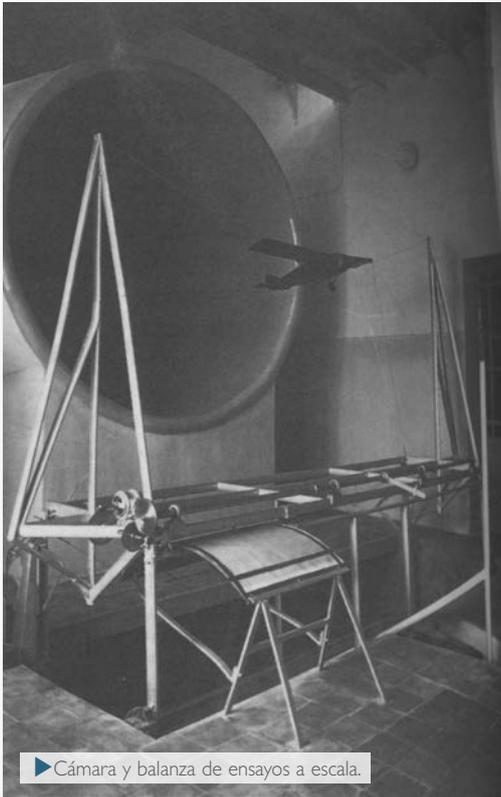
► Uno de los Graf Zeppelin que protagonizaron las primeras travesías aéreas del Atlántico.

unos 40 pasajeros y unas 11 toneladas de carga, capaces de cubrir la distancia entre ambas ciudades —unos 10.000 kilómetros— en un plazo de tres días a una velocidad media de 120 km/h. Pese a todo, el proyecto no logró la financiación suficiente por parte española. No obstante, la empresa Zeppelin siguió adelante, tomando buena parte de las ideas de Herrera, si bien ya con Alemania como punto de partida de la ruta en Europa y Nueva York y los Estados Unidos como destino al otro lado del Atlántico. Tras numerosos vuelos de prueba, la Luftschiffbau Zeppelin, en octubre de 1928, ya tenía a punto el Graf Zeppelin, uno de los dirigibles más grandes jamás construido, listo para despegar desde sus hangares en Friedrichshafe, en el primer intento de cruzar el océano con 43 personas a bordo, la gran mayoría autoridades del gobierno alemán, un escogido grupo de corresponsales y científicos y algún que otro excéntrico millonario que logró reservar billete previo pago de una notable suma. Atendiendo a la invitación de Eckener y del cuerpo técnico de la empresa, entre el escogido grupo de tripulantes se encontraba también Emilio Herrera, en quien confiaban por su experiencia y la larga colaboración de años atrás. De hecho, al segundo día de travesía y al cruzar sobre la península, cerca de Barcelona, Eckener, en un exquisito detalle de cortesía, le confió los

mandos del dirigible. Pese a que dos aparatosas tormentas en mitad del océano estuvieron a punto de malograr su éxito, al quinto día el Graf Zeppelin alcanzó la costa este de los Estados Unidos, para sobrevolar finalmente, pasadas las dos de la tarde, la ciudad de Nueva York, desde cuyas calles lo saludaba una eufórica multitud.

Aunque el éxito del Graf Zeppelin alimentó las esperanzas de los responsables de la sociedad Colón de conseguir capitales a ambos lados del Atlántico, lo cierto es que la crisis económica ya en ciernes hizo finalmente inviable la empresa. Herrera se concentró entonces en sus dos grandes proyectos científicos: el desarrollo del Laboratorio Aerodinámico de Cuatro Vientos y la Escuela Superior de Aerotecnia. Tras participar, junto a De la Cierva, León Trejo y Jorge Loring, entre otros, en el reglamento que daba lugar a la creación de esta última, Emilio Herrera se implicó en todos aquellos otros aspectos que la hicieron finalmente realidad, desde el diseño del edificio junto al arquitecto Antonio Flórez, hasta la selección de los programas de asignaturas y el claustro de profesores. En febrero de 1929 la Escuela quedó finalmente abierta y la primera promoción de ingenieros aeronáuticos comenzaba en ella sus clases.

El túnel aerodinámico de Cuatro Vientos



► Cámara y balanza de ensayos a escala.

Convencido de que el progreso de la ciencia y la industria aeronáutica nacionales pasaban necesaria y previamente por un gran centro de ensayos y experimentación, el túnel aerodinámico de Cuatro Vientos fue la pieza maestra del laboratorio proyectado por Herrera, que comenzó a hacerse realidad en 1918 a partir del encargo del general Rodríguez Mourelo. Emilio Herrera había estudiado otros laboratorios y túneles de viento puestos ya en marcha en otras partes del mundo, como el proyectado por Eiffel cerca de París, o los de Alemania, decantándose finalmente por un túnel de circuito cerrado, en el que el aire vuelve a ser recogido por la hélice para evitar pérdidas de energía. La hélice, accionada por un motor de 700 caballos y diseñada también por Herrera, poseía igualmente características únicas, pues mediante un ingenioso dispositivo de piñones se podía conocer casi al instante su par de giro. Así sucedía también con el anemómetro y la balanza aerodinámica destinada a medir la magnitud y dirección de la fuerza del viento sobre el objeto sometido a prueba, para los que Herrera introdujo diversos dispositivos innovadores diseñados a propósito para facilitar los cálculos finales.



► Taller para el estudio del rendimiento de hélices.

La aventura espacial

Pronto, la Escuela Superior y el Laboratorio Aerodinámico hicieron de Cuatro Vientos uno de los complejos aeronáuticos más avanzados del momento. No satisfecho aún con ello, Herrera quiso impulsar también desde ambos la conquista del espacio exterior más allá de la atmósfera. Sus estudios de cohetes y aeronaves capaces de alcanzar las

capas más altas se pueden considerar los pilares de la moderna astronáutica. Todos esos estudios cristalizaron hacia 1931 en un proyecto de ascenso a la estratosfera mediante globo libre, con el objetivo de estudiar las radiaciones cósmicas a 24.000 metros de altura. De entonces es también la creación de uno de sus proyectos más famosos: el traje diseñado para esa aventura, que inspiraría a la NASA los utilizados años más tarde por sus astronautas.

En ese año, la instauración de la República puso a Herrera en un grave dilema ético. Habiendo jurado lealtad al rey al ser nombrado caballero gentilhomme de la cámara real, convencido al tiempo de que el ejército debía supeditarse a la soberanía popular y el poder civil, aprovechó una visita a París para pedir a Alfonso XIII que lo liberara del juramento, a lo que el monarca accedió. En los años siguientes prosiguió sus estudios y su labor docente en la Escuela, como profesor de Aerotecnia, y en 1932 integró como asesor la delegación española en la Conferencia de Desarme de Ginebra, abruptamente saldada con el abandono de Alemania ordenado por Hitler.

La sublevación militar

y el estallido de la guerra en 1936 sorprendieron a Herrera en la Universidad de La Magdalena, en Santander, en un seminario en el que también exponía sus cálculos para la ascensión a la estratosfera junto a otros profesores europeos. Con buena parte de las comunicaciones cortadas, profesores y alumnos emprendieron un accidentado viaje por carretera hasta San Sebastián y luego en barco a Francia, a San Juan de Luz, desde donde Herrera partió en tren hacia Barcelona y regresó a Madrid para incorporarse a su destino en Cuatro Vientos. Una vez allí sería nombrado jefe superior de los servicios de instrucción, con la misión de poner en marcha las escuelas de pilotos y observadores de la aviación republicana. En 1937 se le confiaría también la dirección de los servicios técnicos, organizando las escuelas y talleres de reparación en los aeródromos bajo control republicano. Desplegó entonces una actividad incesante, de un aeródromo a otro, en vuelos casi siempre nocturnos para evitar los ataques de la aviación nacional, y cuenta en sus memorias que, para aprovechar esas horas a oscuras en los trayectos, aprendió braille para poder leer en cabina. Fue ascendido a coronel y al año siguiente a general. Ese mismo año recibió la amarga noticia de la muerte del más pequeño de sus dos hijos, Emilio Herrera Aguilera, piloto también en la aviación republicana, abatido cuando participaba en la defensa aérea de Valencia.

Hacia el final de la guerra, relegado de sus principales cometidos, fue nombrado integrante junto a Indalecio Prieto de la delegación española que debía asistir a la toma de posesión del nuevo presidente de Chile, Pedro Aguirre. Ambos tenían también la misión de sondear y recabar apoyos

para la causa republicana entre los representantes de otras potencias allí presentes. Tras los actos, emprendieron un largo viaje de regreso con una primera escala en Buenos Aires, donde ya fueron informados del inminente desenlace de la guerra. Herrera solicitó permiso a Indalecio Prieto, jefe de la delegación, para regresar a España cuanto antes. Fue advertido de la temeridad suicida que suponía, por la ya probada falta de generosidad de los militares nacionales con los republicanos, pero no obstante Herrera decidió partir vía Nueva York,

donde encontró pasaje en un trasatlántico con destino a Francia. En febrero, ya en París, el embajador de la República le informó que las fronteras estaban cerradas y que el

Gobierno, con Negrín a la cabeza, había abandonado España.

El estallido de la Guerra Civil truncó el intento de Herrera de ascender a la estratosfera en globo libre

Exilio en París

En esos primeros meses, la reagrupación familiar, primero de su nuera, a punto de dar a luz, y de su hijo mayor, que ha conseguido cruzar la frontera y se encuentra en un campo de refugiados en el sur de Francia, concentra buena parte de sus esfuerzos. No le preocupa tanto la situación de su mujer, pues su familia cuenta con buenas relaciones dentro de los vencedores y confía en que podrá unirse a ellos más tarde. Busca también trabajo; sus principios le hacen rechazar las ayudas del exilio republicano, ya que considera que hay compatriotas en mayor estado de necesidad. Su buen prestigio, labrado desde los lejanos tiempos en que comenzó a participar en los certámenes de aerostación, le abre la puerta del sector aeronáutico francés. Comienza a publicar artículos en revistas especializadas al tiempo que trabaja en el desarrollo de varias patentes para instrumentos de ayuda a la navegación que interesan al ejército francés, así como en estudios de aleaciones y metales más ligeros y de mayor dureza que reduzcan el peso de los aviones. Sus buenas amistades en Estados Unidos, e Indalecio Prieto, en México, efectúan también gestiones para conseguirle trabajo y residencia en esos países. Pero la toma de París por las tropas nazis desbarata definitivamente esas nuevas esperanzas. Durante los cuatro largos años que duró la ocupación alemana, subsiste a duras penas de esos trabajos, pero no es importunado seriamente excepto en un par de ocasiones por la Gestapo, que le censura algunos artículos

El traje y la escafandra espaciales

Incluidos en su ambicioso proyecto para el ascenso a las más altas capas de la atmósfera, el traje y la escafandra espaciales ideadas por Emilio Herrera han pasado a la posteridad por su singular concepción pionera, tan avanzada en casi tres décadas a los que luego serían los primeros trajes de astronauta. Desde edad muy temprana, prácticamente desde que los vuelos en avión comenzaron a hacerse realidad, se había interesado por los distintos modos de propulsión que hicieran posible la conquista del espacio exterior, intuyendo que el siguiente gran salto en la evolución de la aeronáutica sería el de la astronáutica y que solo un gran desarrollo tecnológico de los motores a reacción podría hacer posible algún día ese salto. Era también muy consciente de que no sólo había que resolver el problema de la propulsión, sino también los de despegue y aterrizaje o los de adaptación del organismo a la navegación extraterrestre. En tanto, espoleado por los intentos que tienen lugar a finales de la década de los veinte de lograr nuevos récords de altitud en ascenso libre, idea un proyecto de ascensión a la estratosfera, que finalmente empieza a dar a conocer en 1931. Por entonces, el récord homologado de altura correspondía al norteamericano Settle, que había alcanzado 18.665 metros. El proyecto de Herrera, que contemplaba alcanzar o incluso superar los 24.000 metros y estudiar las radiaciones cósmicas a esa altitud, recibió enseguida el apoyo de la Sociedad Geográfica y de la Academia de Ciencias y suscitó también una expectación y adhesión popular enormes por el eco alcanzado en la prensa.

A diferencia de las otras ascensiones de récord, efectuadas con barquillas herméticas, el proyecto de Herrera contemplaba llevarla a cabo en barquilla abierta y lograr así mayor autonomía de movimientos del tripulante para realizar las observaciones. Y para ello trabajó largo tiempo en el diseño de un traje especial que resolvía los grandes problemas de supervivencia física a esa altitud: soportar temperaturas inferiores a los 50 grados bajo cero, la resistencia a las muy bajas presiones y la falta de oxígeno. El traje, que pesaba algo más de 130 kilos y se probó en las cámaras térmicas del Laboratorio de Cuatro Vientos, constaba de varias capas (lana, caucho, lona reforzada con cables de acero y una más superficial de aleación reflectante para evitar la radiación solar). El casco, de chapa de acero y aluminio pulimentado, iba forrado en fieltro y tenía una capa de cristal irrompible y otras dos más con filtros para proteger la vista de las radiaciones ultrarrojas y ultravioletas. Contaba también con un micrófono para comunicaciones radiotelefónicas y con un sistema antivaho y, para facilitar la respiración, además de las bombas de oxígeno para más de dos horas de duración, Herrera ideó un ingenioso dispositivo que eliminaba el anhídrido carbónico. Tras una larga fase de pruebas, la ascensión estaba prevista para llevarse a cabo en julio de 1936, pero el estallido de la Guerra Civil la truncó definitivamente.

Su traje espacial no cayó, sin embargo, en el olvido y la NASA lo tuvo muy presente en sus campañas de conquista de la Luna. De hecho, cuando Neil Armstrong regresó de allí en 1969 se acordó de Emilio Herrera e hizo entrega de una piedra lunar a Manuel Casajust, empleado entonces en la NASA y uno de los estrechos colaboradores de Herrera, diciéndole: «en memoria de tu maestro, pues sin él no hubiera sido posible nuestro viaje».



► Escafandra y traje espacial diseñados por Herrera para su proyecto de ascensión a la estratosfera.



► Herrera expone a la Sociedad Científica de Argentina su proyecto de enlace Sevilla-Buenos Aires mediante dirigibles.

que consideran de corte pacifista. Nuevamente su fama entre la élite militar germana obra como el mejor de los salvoconductos y no sufre una persecución sistemática como otros tantos exiliados. Incluso llega a recibir una discreta oferta de trabajo en un laboratorio aeronáutico en Berlín que la obligada e imposible burocracia con el gobierno de Franco le hizo fácil de rehusar. Por el contrario, en España, una orden de 1941 dictó su expulsión de la Academia de Ciencias y se le instruyó procedimiento sumarísimo en ausencia bajo acusación de rebelión militar.

Tras la liberación de París, Emilio Herrera reanuda otra vez con toda intensidad sus trabajos científicos y es contratado por la Oficina Nacional de Estudios e Investigaciones Aeronáuticas francesa, en la que permanecerá apenas tres años por sus graves diferencias con Maurice Roy. La enemistad manifiesta de este, derivada al parecer de algunas refutaciones que Herrera realizó con anterioridad a algunos de sus cálculos, se traslada incluso al ámbito internacional, obstaculizando su ingreso como consultor en la UNESCO. Cuando finalmente, en 1955, los avales de Albert Einstein y otros prestigiosos científicos lograron que Herrera fuera contratado como asesor científico de ese organismo para el uso de la energía nuclear, el ingreso de la España de Franco en Naciones Unidas y el serio compromiso ético y político de Herrera le obligaron a renunciar a ese puesto que apenas llegó a ocupar dos meses.

Sus medios de subsistencia se verán a partir de entonces cada vez más limitados, reducidos casi tan solo a colaboraciones en revistas científicas, en las que aborda sobre todo sus nuevos temas de interés: la física y la energía nuclear, la astronáutica y el di-



► Diploma de Caballero de la Legión de Honor concedido por Francia.

seño de cohetes y satélites. Desde 1944, en que crea junto a Picasso y Victoria Kent la Unión de Intelectuales Españoles, frecuenta los círculos de políticos e intelectuales en el exilio y milita en una abierta oposición al régimen de Franco. Su compromiso le lleva a asumir, en 1951, el Ministerio de Asuntos Militares del gobierno republicano en el exilio, y en 1960, a propuesta de Diego Martínez Barrio, la presidencia del VI Gobierno de la República en el exilio hasta 1962. En los últimos años de su vida aún seguiría ocupando diversos cargos y tareas para ese Gobierno, hasta su fallecimiento en Ginebra, donde vivía su hijo José, en 1967. En 1993 sus restos volverían finalmente a Granada, donde se le tributó un multitudinario homenaje presidido por el rey Juan Carlos, y en enero de este año el gobierno le restituyó el diploma de la Real Academia de Ciencias Exactas del que fue desposeído en 1941.

Bibliografía

- Atienza Rivero, Emilio: *El general Herrera. Aeronáutica, milicia y política en la España Contemporánea*. Aena, Madrid, 1994.
- Atienza Rivero, Emilio: *Emilio Herrera*. Aena, Madrid, 2012.
- Herrera, Emilio: *Del aire al más allá*. Universidad de Granada. Granada, 2018.

Texto: Antonio Recuero /
Imágenes:
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica /
Archivo Emilio Herrera

LA PRIMERA VUELTA AL MUNDO: LA EMPRESA ESPAÑOLA QUE CAMBIÓ NUESTRA VISIÓN DEL PLANETA

La Tierra, esférica en 1522... y muchos siglos antes

Cuando la nao *Victoria* regresó a Sanlúcar de Barrameda en 1522, casi tres años después de una penosa singladura, se confirmó empíricamente algo conocido desde hacía siglos: la «redondeza del mundo», en palabras del propio Elcano. El marino de Guetaria, que añadió esta apreciación al final de su carta al rey, parecía querer ratificar con ello que se cumplía así el otro objetivo principal del viaje, junto con el de alcanzar las islas de la Especiería navegando por la ruta del Oeste.

Una leyenda urbana fuertemente implantada desde principios del siglo XX ha propagado que se pensaba que la Tierra era plana hasta que Cristóbal Colón acudió a los Reyes Católicos para descubrirles que en realidad era esférica y que, por tanto, se podían alcanzar las Indias partiendo de España y navegando siempre hacia el Oeste. Aunque la idea defendida por el Almirante era correcta en cuanto a la forma de nuestro planeta, no era ni mucho menos una teoría novedosa. De hecho, el proyecto co-

lombino fue rechazado primero en Portugal y posteriormente en España –donde no fue admitido hasta varios años después–, pero no porque la esfericidad del planeta fuera considerada una majadería, sino porque, como veremos más adelante, el tamaño del mundo propuesto por Colón era excesivamente pequeño y la extensión en longitud del continente euroasiático era demasiado grande, lo cual acortaba notablemente la distancia teórica de navegación por el Oeste desde Europa hasta Asia.

Aunque podríamos remontarnos a filósofos griegos aún más antiguos, de Aristóteles (384-322 a. C.) es el más antiguo testimonio escrito que propone evidencias físicas —y no metafísicas, como la perfección de la forma esférica en el universo— sobre la esfericidad del planeta como, por ejemplo, la diferencia de altura de un astro sobre el horizonte dependiendo de la latitud del lugar. Por otra parte, también fue Aristóteles el primero en sugerir la posibilidad de alcanzar la India navegando hacia el Oeste desde las columnas de Hércules (el estrecho de Gibraltar actual). Según esto, cuando la nao *Victoria* llegó a Sanlúcar de Barrameda en 1522 se confirmó empíricamente algo conocido desde hacía siglos: la «redondeza del mundo», en palabras del propio Elcano. Resulta curioso constatar que el marino de Guetaria añadió esta apreciación al final de su carta al rey, como si fuera la guinda de un pastel realmente conformado por el objetivo principal del viaje, que no era otro que alcanzar las islas de la Especiería navegando por la ruta del Oeste.

Sin embargo, lo que sí había a principios del siglo XVI eran serias dudas sobre el tamaño de la Tierra, heredadas de los antiguos geógrafos griegos.

A pesar de que en torno al 250 a. C. Eratóstenes midió de manera increíblemente precisa la circunferencia terrestre —unos 39.600 km, frente a los aproximadamente 40.000 km reales—, el tamaño adoptado por geógrafos posteriores fue sensiblemente más pequeño —aproximadamente una cuarta parte menor—. Así, el geógrafo greco-egipcio Claudio Ptolomeo (siglo II), la figura más influyente de la historia de la cartografía, aceptó como tamaño de la Tierra el determinado por Posidonio sobre el año 100 a. C., y esos 180.000 estadios de circunferencia llegaron hasta la Europa del siglo XV como dogma de fe en la autoridad científica del sabio de Alejandría (fig. 1).

El descubrimiento de América. ¿Cómo encajar un nuevo continente en los mapamundis?

Cuando Colón llegó a América en 1492 estaba firmemente convencido de haber alcanzado la costa oriental de Asia. Esto se debía principalmente a que, como hemos visto, consideraba un disminuido tamaño de la Tierra y una exagerada longitud del



► Figura 1. Mapa de la ecúmene o mundo conocido según Ptolomeo incluido en un manuscrito florentino ca. 1470. Estos códices de lujo proliferaron en Italia durante la segunda mitad del siglo XV, convirtiendo a la *Geographia* en un artículo de prestigio para su poseedor. Códice Urbinas Latinus 274. Biblioteca Apostólica Vaticana.



► Figura 2. Carta de Juan de la Cosa (1500). Juan de la Cosa acompañó a Colón en sus primeros viajes y como resultado de ellos realizó este mapamundi en pergamino. Su importancia radica en que es el primer mapa de la historia que representa América. Museo Naval de Madrid.

continente euroasiático, cuyo efecto combinado provocaba que los extremos de Europa y Asia se acercaran entre sí al abrazar la circunferencia terrestre. La lógica de sus cálculos le llevó a creer que en la longitud oeste en la que tocó tierra se encontraba un archipiélago próximo al reino del Gran Khan descrito por Marco Polo. La realidad es que, de no haber existido América, la expedición habría encontrado la muerte por hambre y sed en la inmensidad del océano (fig. 2).

La primera consecuencia política de la llegada española a las supuestas Indias fue la firma del tratado de Tordesillas entre las dos potencias ibéricas en 1494. A efectos de no interferir mutuamente en sus exploraciones e intereses comerciales de ultramar, España y Portugal acordaron dividir el mundo en dos mitades separadas por un meridiano –conocido como la raya– que discurría de Norte a Sur 370 leguas al oeste de las islas portu-

guesas de Cabo Verde. Todo lo que quedara al Oeste de ese meridiano sería para España a efectos de exploración y comercio, y todo lo situado al Este, para Portugal (fig. 3). En el momento de la firma nadie se preocupó de una cuestión que sería trascendental antes de la primera vuelta al mundo: dónde quedaba exactamente el antimeridiano, es decir, dónde se encontrarían ambas mitades en la otra parte del globo. Aún faltaban años para que las exploraciones de ambos países llegaran a entrar en conflicto al alcanzarse por la parte opuesta del mundo.

El interés que tanto Colón como su presunta llegada a las Indias por occidente despertaron en Europa, quedó totalmente ensombrecido años después por otro «descubrimiento» que sacudió las conciencias renacentistas: la constatación de que aquellas tierras a las que habían llegado españoles y posteriormente portugueses, eran realmente un

► Figura 3. Carta de Cantino (1502). El planisferio de Cantino es el primer mapa conocido en representar el meridiano del tratado de Tordesillas (en azul, a la izquierda), que dividía el mundo en dos áreas de influencia para España y Portugal. Biblioteca Estense Universitaria de Módena (Italia).



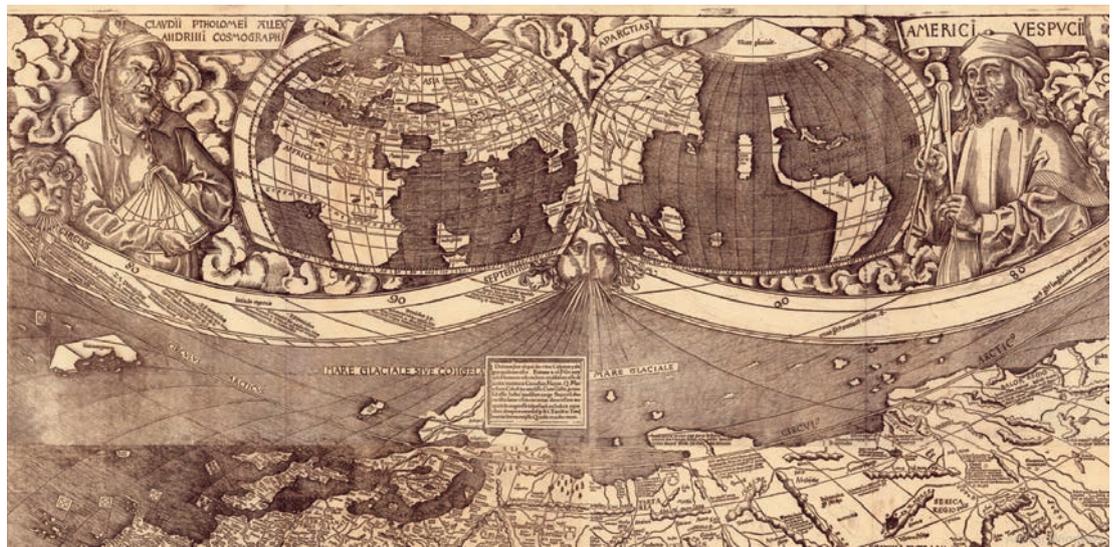
► Figura 4. *Universalis Cosmographia* (1507). El planisferio de Waldseemüller fue el primer mapa en mostrar América como un continente claramente separado de Asia por un océano, además de ser el mapa que le dio el nombre de América. El único original conocido se conserva en la Biblioteca del Congreso (EE. UU).



nuevo continente. El navegante y cosmógrafo italiano Américo Vespucio participó en varios viajes enviados por España y Portugal y, como resultado de ellos y de la exploración de la costa del Brasil, llegó a la razonable conclusión de que las dimensiones de esa costa cuyo límite sur nunca encontraba, indicaban que toda aquella masa de tierra continua era un mundo nuevo, y así tituló la carta publicada en 1503 en la que lo narraba: *Mundus Novus*. Esa carta llegó a manos del cartógrafo alemán Martin Waldseemüller quien, en 1507, publicó el primer mapa de la historia que incluía un nuevo continente americano separado de Asia por una masa oceánica, el aún desconocido océano Pacífico (fig. 4). No solo eso. Waldseemüller fue quien acuñó la palabra «América» para bautizar

a ese continente en honor a Américo Vespucio, a quien erróneamente atribuyó su descubrimiento a raíz de la lectura de su epístola *Mundus Novus*. La gran tirada impresa (1.000 ejemplares) fue decisiva en la consolidación de este nombre. La consecuencia cartográfica de la inesperada aparición de «la cuarta parte del mundo» fue que ya no era posible representar el mundo dentro de una única circunferencia al estilo de los mapamundis medievales porque literalmente no cabía. Con el planisferio de Waldseemüller aparece también la primera representación de un mapa en doble hemisferio, uno para el mundo antiguo según Ptolomeo –con alguna actualización– y otro para el nuevo mundo erróneamente atribuido a Vespucio como descubridor (fig. 5). Este mapa simboliza el paso del me-

► Figura 5. Detalle del mapa *Universalis Cosmographia*. Ptolomeo y Vespucio aparecen junto a los hemisferios asociados a sus figuras: el mundo antiguo y el nuevo mundo.





► Figura 7. Reproducción facsímil del globo de Schöner de 1515 donde se aprecia un paso hacia el Pacífico por el sur de América. Esta u otras fuentes similares podrían haber inducido a Magallanes a creer erróneamente que conocía la situación del estrecho que llevaría su nombre. Instituto Geográfico Nacional.

dievalismo geográfico al Renacimiento, al convertirse en el puente entre la tradición antigua y la modernidad de un mundo que, en teoría, ya no crecería más.

El proyecto de Magallanes y sus misteriosas fuentes cartográficas

Magallanes había servido desde joven en la armada portuguesa, participando desde 1505 en la expansión de ese país cada vez más hacia el Este, cuya estrategia era asentarse en puertos comerciales clave en la ruta de las especias. Estuvo en la India y participó en 1511 en la conquista de Malaca, la joya de la corona portuguesa del Extremo Oriente, ya que dominaba el comercio de la nuez moscada, la canela y el clavo procedentes de Banda y las Molucas. A estos dos archipiélagos llegaron los portugueses en 1512, justo cuando Magallanes regresó a Portugal. Con la llegada a Banda y las Molucas se cumplió el objetivo estratégico final de nuestros vecinos ibéricos: alcanzar el origen de la especiería más cara del mundo —el clavo y la nuez moscada— y conseguir así el máximo beneficio al evitar intermediarios comerciales malayos, chinos o árabes. La experiencia de Magallanes en aquellas aguas le

llevó a la conclusión de que, en su penetración hacia el Este, los portugueses habían sobrepasado el antimeridiano establecido en Tordesillas, es decir, se habían internado en aguas españolas. De esa misma opinión, aunque no basada en la experiencia directa como la de Magallanes, era el cosmógrafo portugués Rui Faleiro, cuyos cálculos arrojaban el mismo resultado: las islas Molucas, verdadero origen de la disputa que provocaría la primera vuelta al mundo, pertenecían a España a efectos de exploración y comercio. Sin embargo, la longitud geográfica no se pudo medir con precisión hasta la invención del cronómetro marino en el siglo XVIII, con lo cual era imposible establecer con certidumbre si las Molucas se hallaban en el lado español o el portugués —el correcto—. Entre Magallanes y Faleiro dieron forma a un proyecto para alcanzar el Maluco por Occidente, presentado primero al rey de Portugal, que lo rechazó por falta de interés comercial y estratégico, puesto que los portugueses ya controlaban la aquilatada ruta oriental. Tras el rechazo del rey Manuel, Magallanes, que se sentía agraviado por este y otros hechos, solicitó permiso para servir a la corona española —lo que equivaldría actualmente a nacionalizarse español— y le fue concedido sin ninguna objeción —prueba palpable de desinterés—. Así, el recién nombrado rey de España, Carlos I, firmó en 1518 en Valladolid las capitulaciones o contrato con Magallanes y Faleiro «para el descubrimiento de la Especiería». En el plan que Magallanes presentó al rey Carlos se incluía cartografía del paso hacia el Pacífico, algo aparentemente inexplicable en 1518 puesto que no hay información oficial de ningún descubrimiento anterior. En otras palabras, Magallanes no iba a averiguar si existía un paso, sino a encontrar el paso «que él había visto figurado en un mapa que el rey de Portugal conservaba en su tesorería», según relata Antonio Pigafetta, superviviente y cronista de la primera vuelta al mundo. Por otra parte, Bartolomé de las Casas fue testigo presencial en Valladolid de cómo «traía el Magallanes un globo bien pintado, en que toda la tierra estaba, y allí señaló el camino que había de llevar, salvo que el estrecho dejó, de industria, en blanco, porque alguno no se lo saltease». Existe un globo terráqueo impreso en 1515 —cuatro años antes del comienzo del viaje— por el alemán Johannes Schöner que podría haber inspirado a Magallanes, ya que muestra un estrecho suramericano que comunica el Atlántico con el Pacífico. En la reproducción facsímil del Instituto Geográfico Nacional (fig. 7) se puede apreciar ese detalle,

aunque todo indica que el estrecho que aparece corresponde al estuario de la Plata, posiblemente alcanzado ya por navegantes portugueses en viajes clandestinos y que sería confundido con un paso oceánico debido a sus enormes dimensiones.

La realidad es que el mundo oficialmente conocido en 1519, año de la partida, era el representado en el planisferio de Jorge Reinel (fig. 6), que llegaba precisamente hasta el Río de la Plata o de Solís, como fue llamado durante años en honor a su descubridor oficial.

La búsqueda del paso hacia las Indias

Con el avistamiento del llamado mar del Sur por Vasco Núñez de Balboa en 1513, se confirmó lo que ya intuyeron Américo y Waldseemüller: existía un océano al oeste de América que la separaba de las riquezas del Extremo Oriente. En efecto, a principios del siglo XVI la expansión española en América aún no había producido los réditos económicos esperados y se percibía el nuevo mundo como un enorme obstáculo terrestre interpuesto entre España y el oro, la plata, las perlas, la seda o las especias de las Indias. Además, el tratado de Tordesillas impedía a España utilizar la ruta por Oriente rodeando el sur de África, cuya exclusividad era portuguesa. Una vez constatada empíricamente la continentalidad de América se desató entre las potencias de la época una carrera por encontrar el valioso paso hacia el mar del Sur. Portugueses, ingleses y franceses lo intentaron principalmente por el Norte y los españoles lo buscaron primero en Centroamérica y luego hacia el Sur. Una expedición comandada por Juan Díaz de Solís llegó en 1516 hasta el estuario del Río de la Plata en busca del paso, y ese fue el límite sur de la exploración oficial española (fig. 6).



► Figura 6. Detalle del planisferio de Jorge Reinel (1519) donde se refleja el mundo conocido oficialmente el año de la partida de la flota de Magallanes y Elcano. La costa suramericana se interrumpe al sur a la altura del estuario de la Plata, alcanzado por Juan Díaz de Solís en 1516. Biblioteca Nacional de Francia.

La primera etapa del viaje hasta el estrecho

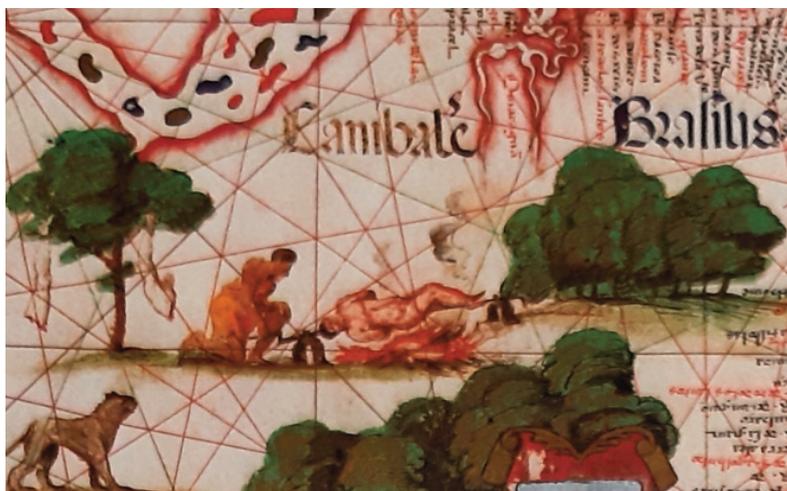
Tras un año de retraso en los preparativos, la flota de cinco naves y unos 250 tripulantes –la cifra concreta varía según las fuentes– partió de Sevilla un 10 de agosto, hizo escala en Sanlúcar de Barrameda y zarpó desde allí hacia América el 20 de septiembre. Tras una parada en Canarias (Tenerife), plataforma aventajada hacia el Atlántico donde hacían escala todas las flotas de la Carrera de Indias, las naves avistaron la costa suramericana el 29 de noviembre y tocaron tierra el 13 de diciembre a la altura de Río de Janeiro. En el Brasil, las relaciones con los indígenas fueron pacíficas, a pesar de los informes y relatos –ciertos– que hablaban de canibalismo en la zona (fig. 8).

Ni en las peores previsiones de Magallanes estaba emplear casi un año en encontrar el ansiado paso hacia el mar del Sur; ese que aseguraba haber visto en un mapa del rey de Portugal. En efecto, obligados a invernar durante cinco meses en el puerto de San Julián, donde Magallanes sofocó de manera sangrienta un motín, tuvieron tiempo para que surgiera otra leyenda, la de los gigantes patagones. Según el cronista Pigafetta, «un día en que menos lo esperábamos se nos presentó un hombre de estatura gigantesca. (...) Nuestro capitán dio a este pueblo el nombre de Patagones». Incluso llegaron a capturar a dos ellos para traerlos a España como prueba de su existencia, aunque no sobrevivieron a las penalidades del viaje. La creencia en la existencia de esa raza de gigantes perduró durante siglos en mapas, grabados y relatos de viajes antiguos (fig. 9).

Finalmente, la avanzadilla de la flota penetró en el estrecho de Magallanes el 21 de octubre de 1520, para desembarcar el 27 de noviembre en el océano al que bautizarían como «Pacífico». Para entonces la flota había quedado reducida a tres naves porque la *Santiago* naufragó cerca de San Julián –aunque la tripulación y gran parte de la carga pudieron salvarse– y la *San Antonio*, que para mayor desgracia transportaba la mayoría de víveres, desertó mientras cruzaban el estrecho de Magallanes, poniendo rumbo a España.

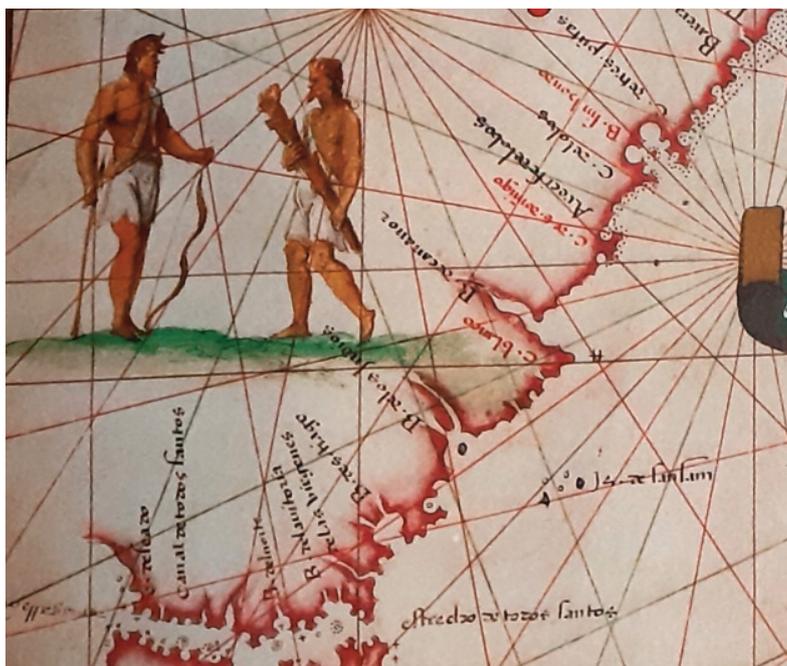
La travesía del Pacífico

Nos cuenta Pigafetta que «durante tres meses y veinte días, recorrimos más o menos cuatro mil leguas en este mar, que llamamos Pacífico porque

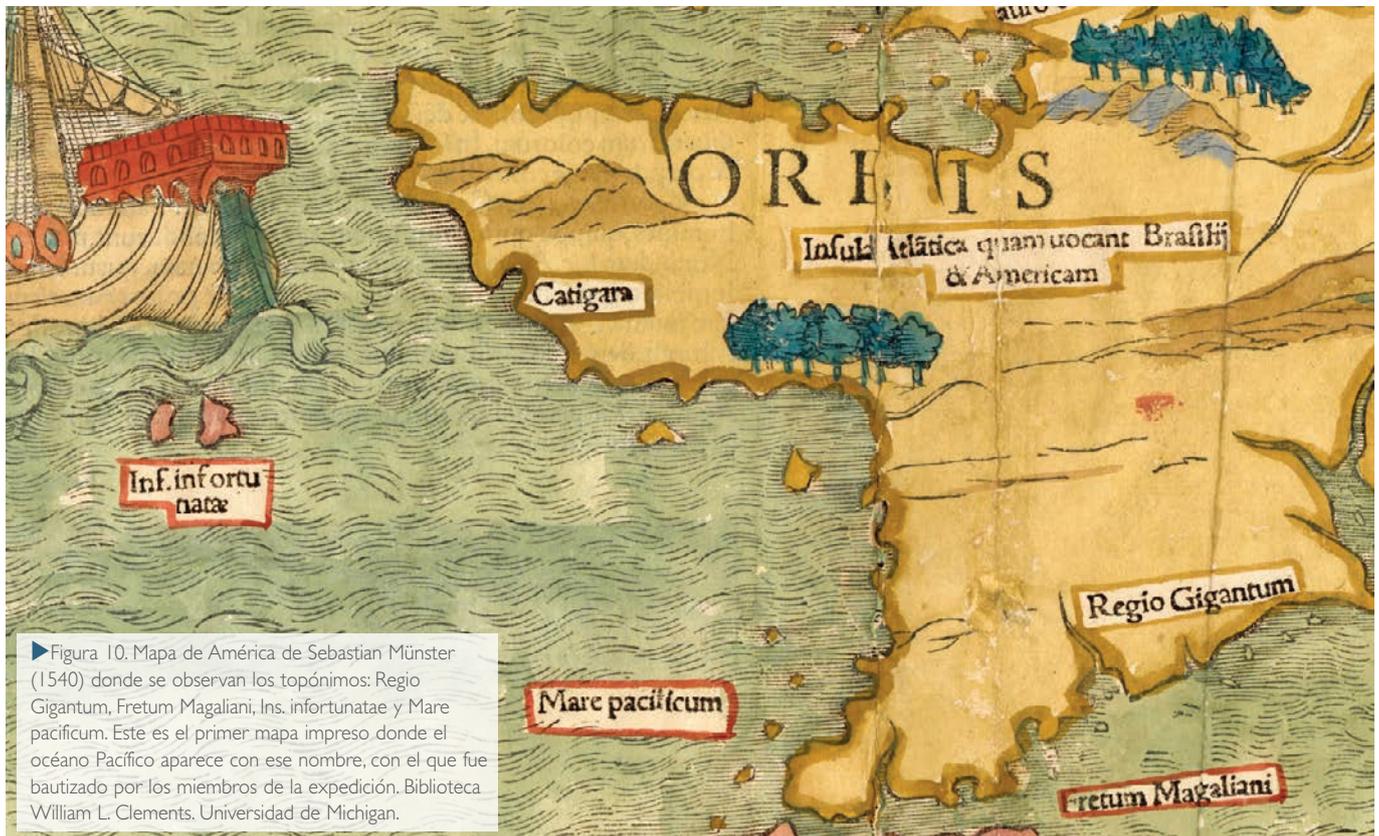


► Figura 8. Detalle del mapa de América del Sur del atlas de Diogo Homem (1565) a partir de una reproducción facsímil de los fondos del IGN. Entre las escenas «costumbristas» mostradas en este y otros mapas del Brasil de la época aparece la popular imagen de la «barbacoa humana» bajo el rótulo *Canibales Brasilis*. Biblioteca Nacional de Rusia (San Petersburgo).

durante todo el curso de nuestra travesía no experimentamos tormenta alguna». La desconocida amplitud de este océano –nada pacífico, por cierto– nunca antes explorado, provocó estragos en la tripulación, obligada a consumir alimentos y agua totalmente corrompidos, a comer el cuero que cubría los palos de la nave o pagar medio ducado por una rata que llevarse a la boca. En todo este tiempo



► Figura 9. Otro detalle del mapa de América del Sur de Diogo Homem (1565). Dos gigantes patagones ilustran la región al norte del estrecho de Magallanes, aquí llamado «estrecho de todos los santos». Biblioteca Nacional de Rusia (San Petersburgo).



► Figura 10. Mapa de América de Sebastian Münster (1540) donde se observan los topónimos: Regio Gigantum, Fretum Magaliani, Ins. infortunatae y Mare pacificum. Este es el primer mapa impreso donde el océano Pacífico aparece con ese nombre, con el que fue bautizado por los miembros de la expedición. Biblioteca William L. Clements. Universidad de Michigan.

solo avistaron dos islotes, inútiles para el avituallamiento, a los que por ese motivo llamaron islas Infortunadas, que quedarían registradas en los mapas de la época (fig. 10).

El 6 de marzo de 1521 llegaron a la isla de Guam, en el archipiélago de las Marianas, a las que bautizaron como «islas de los Ladrones» por la desmedida afición de sus habitantes por tomar de las naves sin permiso todo aquello que podían. El escaso respeto de los nativos de las Marianas por la propiedad ajena fue también relatado por expediciones posteriores, como la de Legazpi, primer gobernador de Filipinas y fundador de Manila.

Filipinas y la muerte de Magallanes

El 16 de marzo de 1521 las naves arribaron a Samar y fueron las primeras europeas en alcanzar las Filipinas, cristianadas como «islas de San Lázaro». Tras una serie de intentos por establecer alianzas con los jefes locales, Magallanes y ocho de sus hombres murieron el 27 de abril en un combate contra los indígenas de la isla de Mactán. Al parecer, el exceso de confianza del capitán en el efecto de la artillería, que causaba terror entre los

nativos, le hizo afrontar una lucha desigual entre 50 europeos y cientos de enemigos. Pero las desgracias no acabaron ahí, ya que pocos días después fueron asesinados a traición otros 27 tripulantes en un banquete trampa ofrecido por el rey de Cebú. A pesar de disponer aún de tres naves, los supervivientes no alcanzaban el número suficiente para tripularlas –los barcos a vela de la época necesitaban de una considerable fuerza manual para su gobierno– y decidieron sacrificar la *Concepción*, ya en bastante mal estado, que fue abandonada y quemada. Ya solo quedaban la *Trinidad* y la *Victoria*. Muertos Magallanes y sus sucesores Duarte Barbosa y Juan Serrano, el siguiente en asumir el mando fue Juan López Carvalho, destituido poco después por sus poco éticos negocios. Entonces llegó el momento que cambiaría la historia.

Elcano toma el mando. Llegada a las Molucas.

Depuesto Carvalho, el mando de la *Victoria* fue asumido por Elcano mientras que la *Trinidad* seguía bajo la capitania del alguacil Gómez de Espinosa. Al ser este último un hombre poco versado en cosas de mar, el liderazgo real de la expedición quedó

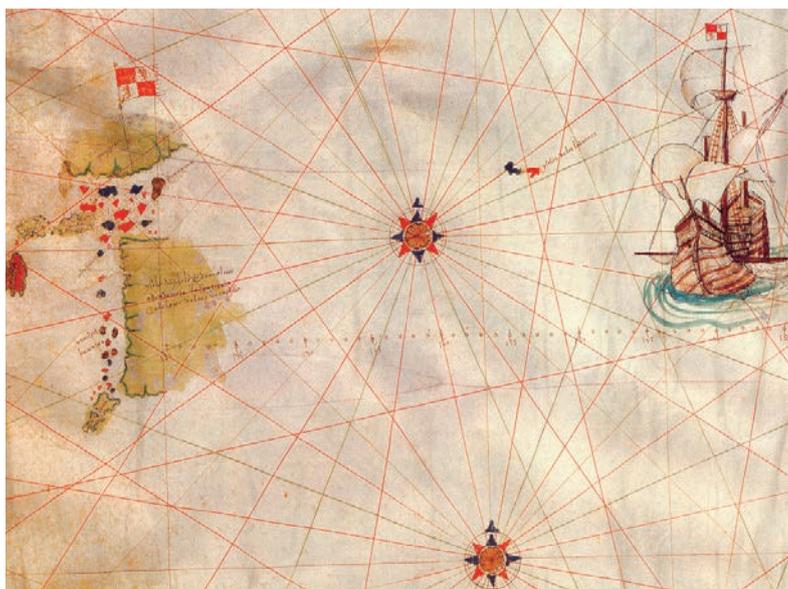
en manos del marino de Guetaria, quien coronó el objetivo principal de la expedición al alcanzar la recóndita isla moluqueña de Tidore el 8 de noviembre de 1521. El único lugar del mundo donde crecía el clavo eran cinco diminutas islas volcánicas en el otro extremo del mundo (fig. 11) —de ahí su valor— y pasarían más de dos siglos hasta que un botánico francés consiguió hacerse clandestinamente con semillas de clavo y nuez moscada y aclimatarlas en la isla Mauricio, burlando así el estrecho control que los holandeses ejercían sobre las plantaciones en el siglo XVIII y acabando con el riquísimo monopolio disputado por portugueses, españoles, ingleses y holandeses durante siglos.

Tras más de un mes comerciando con los nativos y llenando las bodegas de clavo, los españoles recibieron la noticia de que una flotilla portuguesa hostil estaba próxima a llegar a las Molucas al tener conocimiento de que naves castellanas están comerciando en la zona reclamada por ambos países. Ante esa situación, aceleran la partida y cuando se hacen a la mar descubren que la Trinidad tiene una importante vía de agua y debe permanecer en Tidore para ser reparada. En este momento se fragua la decisión que cambiaría la historia. Elcano, marino avezado, decide regresar a España por la ruta portuguesa, es decir, navegando hacia el Oeste, por varios motivos: es una ruta conocida y practicada por los portugueses, de entre los cuales hay varios en la tripulación. Además, en el momento de la partida, los vientos estacionales son aún favorables, pero esa situación cambiará en días. La Trinidad intentará el tornaviaje por el Pacífico, dando lugar a una apasionante búsqueda del camino de vuelta hacia América que no será resuelta hasta pasados casi cuarenta años y cinco intentos fallidos, pero esa es otra historia... La sobrecargada nao *Victoria* se despidió con lágrimas de sus compañeros de la *Trinidad* y llega hasta la isla de Timor.

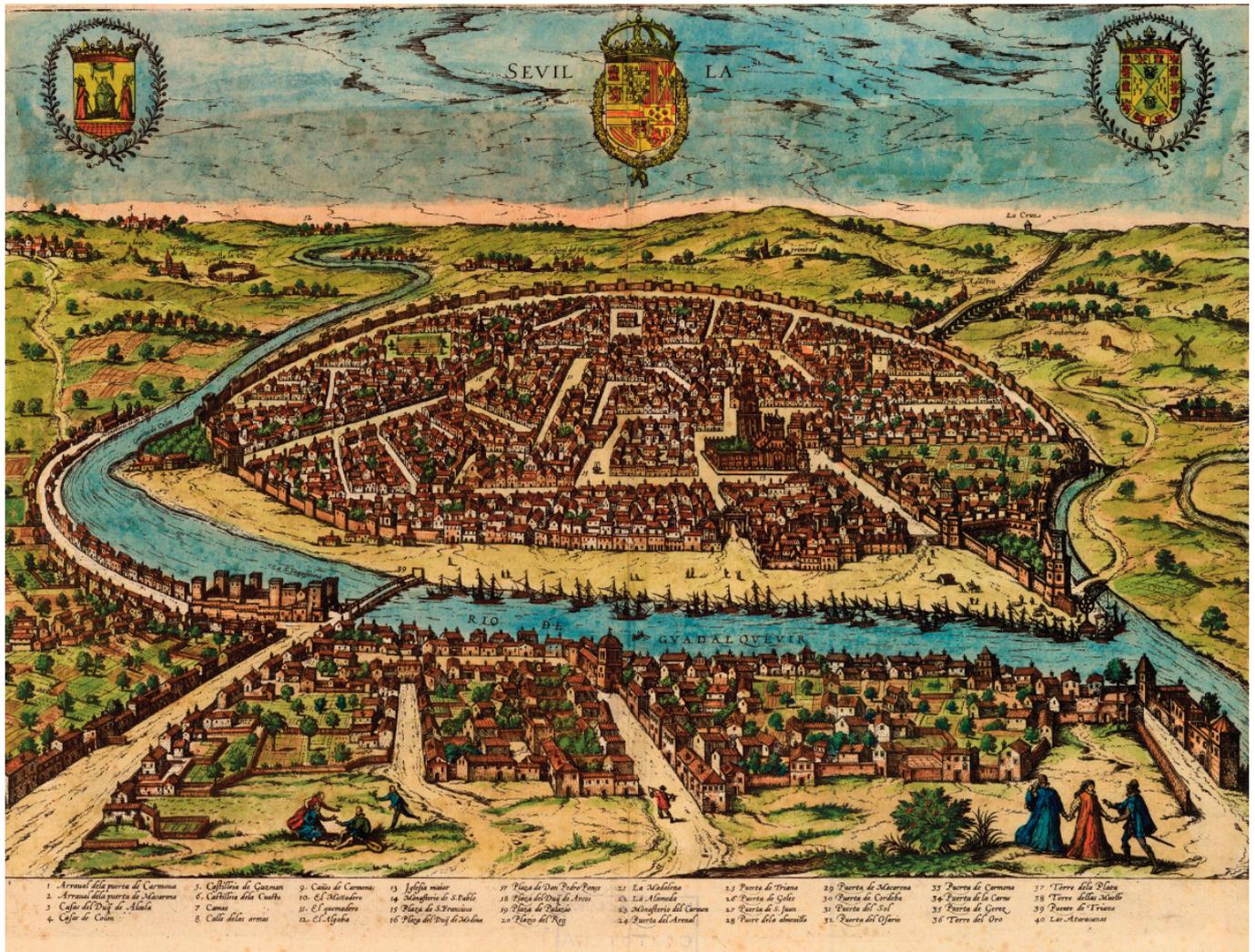
La vuelta a casa

En Timor comenzó una navegación épica de ocho meses evitando en todo momento acercarse a las costas africanas frecuentadas por navíos portugueses que, de interceptarlos, les capturarían y confiscarían la carga en el mejor de los casos. Una vez doblado el sur de África por el cabo de Buena Esperanza, también conocido por el mucho más apropiado nombre de «cabo de las Tormentas», enfilaron hacia el norte pasando por la conocida como «costa de los Esqueletos», de nombre muy evocador sobre los riesgos para la navegación. Desesperados por

las circunstancias en que se encontraban, los supervivientes acuerdan hacer escala en el archipiélago portugués de Cabo Verde para evitar la muerte por falta de víveres. Saben que la maniobra les puede costar la prisión e incluso la vida y, por ello, deciden engañar a los portugueses fingiendo haber llegado arrastrados por una tormenta que les había roto el palo trinquete. El lamentable estado de la nave y de la tripulación hace creíble la argucia y, gracias a eso, consiguen en dos ocasiones agua y provisiones a cambio de las mercaderías sobrantes para el intercambio en las Molucas. En un tercer pago cometen un error fatal: pagan con clavo, y los portugueses descubren inmediatamente que solo pueden venir del único lugar donde crece esta especia. Apresan a los 12 hombres que están en tierra y Elcano, consciente del peligro, zarpa a toda prisa escapando de un destino nada prometedor. Una de las primeras cosas que hace Elcano al regresar es rogar al rey Carlos que interceda por los 12 presos de Cabo Verde, que serán liberados semanas después en Lisboa. En Cabo Verde se produjo otra de las anécdotas del viaje: los hombres que habían desembarcado con la lancha para avituallarse aseguraban que en la isla era jueves, mientras que todos los datos de a bordo, minuciosamente registrados, indicaban que estaban en miércoles. Aunque al principio no dieron con la causa de este extraño fenó-



► Figura 11. Detalle del Padrón Real (mapa del mundo conocido) de Juan Vesputio (1526). Las Molucas aparecen a la izquierda reclamadas para el rey de España mediante una bandera de Castilla. A partir de 1522 todas las copias del Padrón Real ejercerían la función de herramienta de propaganda y reclamación territorial sobre las Molucas. Sobre una de las islas se puede leer: «Isla de Jilolo y de Maluco, donde nace la especiería y el clavo del rey de Castilla». Hispanic Society of America (Nueva York).



► Figura 12. Vista de Sevilla (1588), origen y llegada de la primera vuelta al mundo con el Arenal repleto de buques de la Carrera de Indias y el puerto de las Muelas situado junto a la torre del Oro. Instituto Geográfico Nacional.

menos, posteriormente recibieron la explicación científica, hasta entonces no planteada porque nadie había rodeado el mundo en su totalidad en un viaje. Como relata el cronista Pigafetta, «no hubo error, sino que, habiendo efectuado el viaje todo rumbo a occidente, y regresando al lugar de partida (como hace el sol con exactitud), nos llevaba el sol veinticuatro horas de adelanto». En su ruta siempre hacia el Oeste «huyendo» del Sol habían contemplado una puesta de sol menos que las gentes de Cabo Verde y contabilizado, por tanto, un día menos.

Finalmente, el 6 de septiembre de 1522 la Victoria fondeó en Sanlúcar de Barrameda con 18 de los tripulantes originales y, al menos, tres indios de las Molucas. Dos días más tarde la nao llegó al puerto de las Muelas en Sevilla, remolcada río arriba por el Guadalquivir (fig. 12). La carga de clavo que abarrotaba las bodegas del barco sirvió para

obtener beneficios a pesar de la pérdida de 4 naves y más de 200 hombres. Sin embargo, este viaje quedará en la historia no como una aventura comercial —que se demostró poco rentable en el futuro hasta el punto de abandonarse—, sino como la mayor gesta náutica de la historia, que cambió para siempre la imagen del mundo y puso en contacto los extremos de la Tierra.

Los mapas que ilustran esta historia y mucho más pueden contemplarse hasta abril de 2020 en la Sala de Exposiciones del Instituto Geográfico Nacional, en la exposición «Los mapas y la primera vuelta al mundo. La expedición de Magallanes y Elcano», un resumen con los antecedentes, preparativos, desarrollo y consecuencias del viaje, todo ello explicado a través de la cartografía y ambientado en la España del siglo XVI.

Marcos Pavo (IGN)

Giovanni Battista Piranesi en la Biblioteca Nacional

El arquitecto de las dos



dimensiones



► El Gran Canal y la iglesia de Santa María de la Salute.

Aunque Giovanni Battista Piranesi (1720-1779) recibió una sólida formación como arquitecto, tan sólo pudo ver uno de sus proyectos construido. Sin embargo, su obra como arqueólogo y, sobre todo como grabador, revolucionó para siempre la percepción del legado arquitectónico y también ingenieril de la Roma clásica, con una influencia que ha perdurado en casi todas las ramas del arte hasta nuestros días. La Biblioteca Nacional ha seleccionado cerca de 300 estampas representativas de la obra de Piranesi, de entre las más de 2.000 de que consta su rica colección, una de las más valiosas y completas de cuantas se han conservado.

La Biblioteca Nacional atesora uno de los más ricos legados de cuantos se conservan de Piranesi; son en total unas 2.400 estampas, algunas sueltas y otras encuadradas. Según Delfín Rodríguez, comisario de la exposición “Giovanni Battista en la Biblioteca Nacional”, “para esta ocasión se han seleccionado unas 300 estampas representativas de toda su obra, de las que una gran parte proceden de la Biblioteca Real, que contaba con un gran fondo de su creación, debido a que reyes como Carlos III, Carlos IV y Fernando VII encargaban a sus embajadores en Roma que trajesen sus obras”.

Pero ¿quién era realmente Giovanni Battista Piranesi y por qué sus grabados desataron tanta pasión en su época?. Delfín Rodríguez lo aclara: “Piranesi fue el gran notario de Roma, de la magnificencia de la antigua y la moderna. Sus grabados supusieron una revolución en la forma de representar, de una manera emocionada, y, a veces, trágica y dramática, la memoria del pasado, para que no se perdiese nunca el recuerdo de la grandeza de la arquitectura romana. En una línea, era un poeta de los sueños arquitectónicos”.

su círculo de amistades y ya por encargo de algunos de los librereros y comerciantes de la ciudad, comienza a poner a la venta sus primeros grabados, destinados al mercado de las conocidas como *vedute* o vistas de Roma, precursoras de las postales que son vendidas a turistas como recuerdo o bien sirven para ilustrar los libros que compraban como guías. Realiza también una serie de ellas que quedan recogidas en una colección de pequeño formato, publicadas en 1748 con el título *Prima Parte di Architetture e Prospettive*, en las que queda plasmado su virtuosismo en la técnica del aguafuerte.

Esas primeras series de estampas, reveladoras de su gran pasión por difundir y hacer patente la belleza del legado arquitectónico de la Roma clásica, serán al tiempo el testimonio de su auténtica vocación frustrada de arquitecto, profesión que apenas llegó a ejercer (sólo se erigió un diseño suyo, la reconstrucción y decoración de la pequeña iglesia de Santa María del Aventino, propiedad de la Orden de Malta).

Con la marcha de su protector de Roma, Piranesi decide también regresar a Venecia en el verano de 1744, después de hacer un breve viaje a Nápoles, que luego repetiría hacia el final de su vida para conocer y documentar las ruinas de Pompeya, Herculano y Pesto, descubiertas escasos años atrás, pero convertidas en una gran atracción turística, donde hacía muy poco que el futuro rey de España, Carlos III, había ordenado dieran comienzo las primeras excavaciones.

Tras una corta estancia en Venecia, vuelve a sentir la llamada de Roma, y trabaja allí unos pocos meses con Giambattista Nolli, topógrafo y arquitecto, en una edición a pequeña escala del mapa de los 14 distritos de la ciudad, una ambiciosa obra que aún hoy es todo un referente de la moderna planimetría urbana.

En los años siguientes, hasta 1747, Piranesi, que no encuentra oportunidades como arquitecto y atraviesa por serias dificultades económicas, vuelve

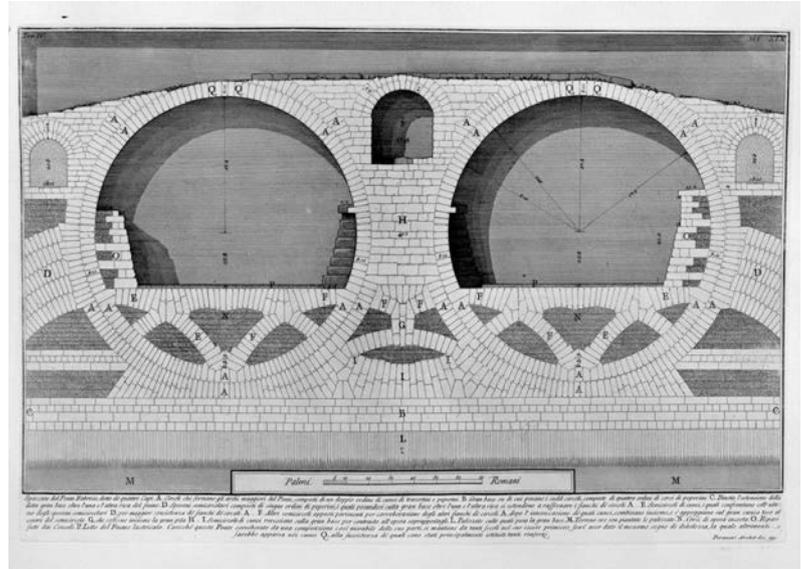
► Plaza y Fontana de Trevi.



de nuevo a Venecia en busca del apoyo familiar. Ingresa en el taller de Tiepolo, donde aprende de su gran libertad formal y de las técnicas casi impresionistas con que dota a sus *capricci*, una serie de grabados que el pintor venía produciendo desde 1740. Sigue también muy de cerca la producción pictórica de otro gran revolucionario de las vistas urbanas, Canaletto, que dejará igualmente una impronta decisiva en su obra. Una agria discusión familiar le devuelve ya definitivamente a Roma, resuelto a seguir profundizando en el conocimiento de su grandeza clásica y a ganarse la vida con lo que mejor sabe hacer: la plasmación en papel de sus ruinas, pero también de sus grandes plazas y avenidas, y del ambiente y los detalles cotidianos de la vida que le confieren sus gentes.

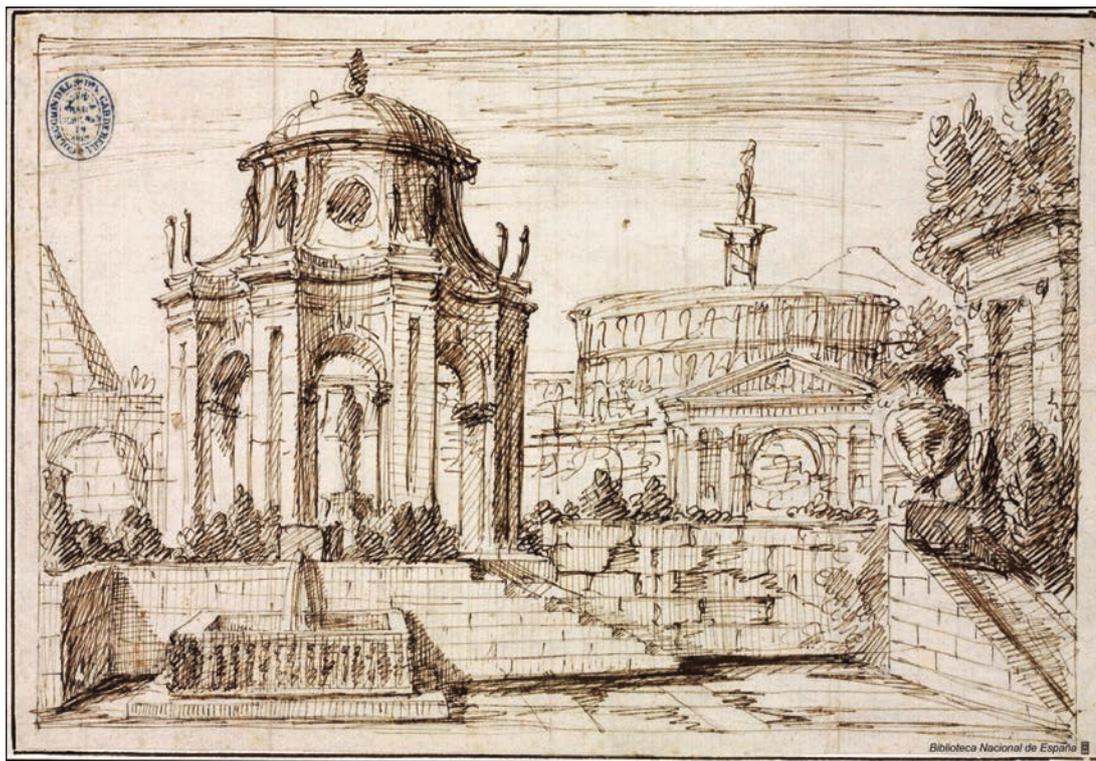
Sueños, visiones

Abre un pequeño taller de grabado en la Via del Corso y se asocia con el comerciante de estampas veneciano Giuseppe Wagner. Para completar sus ingresos empieza a trabajar también como anticuario. Aunque sin datar, en esos años, publica la obra que más influencia ejercerá en el arte de los siglos posteriores: las *Carceri d'invenzione*. Curiosamente esta colección de láminas, una serie inicial de 16 grabados, ampliada poco después a 18, de



► Detalle de las secciones a escala del puente Fabricio

la que solo se harían dos ediciones en vida del artista y que supuso sin duda su mayor fracaso comercial, sería también la que más atraería la atención de otros artistas con el paso del tiempo, desde Goya y sus caprichos y pinturas negras, a Escher o Picasso; en la literatura inspiraría por igual a Víctor Hugo, Kafka o los surrealistas, y más tarde también a cineastas como Eisenstein y Fritz Lang. Se dice que, pintados mientras convalecía enfermo del paludismo o la malaria contraídos como con-



► Fantasía arquitectónica.

La larga sombra de Piranesi

Los grabados de Piranesi, casi siempre de gran formato, comenzaron a circular rápidamente por las cortes y salones cultos de Europa. Su taller y otros libreros romanos los vendían como láminas sueltas o bien recopilados en volúmenes. Por entonces Roma y el Vaticano eran aún un gran centro de peregrinación y las bellísimas láminas dibujadas por Piranesi se convirtieron de ese modo en los más preciados *souvenirs* del llamado *Grand Tour*, una especie de circuito turístico-cultural al alcance de las clases más pudientes y que comprendía las grandes ciudades históricas de Francia e Italia (París, Aviñón, Lyon, Milán, Venecia, Turín, Florencia, Roma). Pero esas láminas extenderían su influjo más allá de su tiempo y darían pronto vigor a un nuevo gusto por el clasicismo, tanto en la arquitectura palaciega, especialmente en las casas campestres inglesas, como en el mobiliario, el llamado estilo imperio. Y más allá, hasta el romanticismo y la puesta en valor de las ruinas como epicentro de todo paisaje.

Incluso el modo en que Piranesi ve y descifra la arquitectura clásica ha seguido manteniendo hasta hoy su plena vigencia: "Influyó en las corrientes artísticas. La planta de Il Campo Marzio dell'Antica Roma (1762), que puede encontrarse en la exposición, se convirtió en la obsesión de teóricos del siglo XX, como los arquitectos del constructivismo soviético, sus cárceles sedujeron a Eisenstein por los encuadres insólitos. Llegan las vanguardias, la arquitectura posmoderna y múltiples figuras se inspiran en él: Peter Eisenman, Arata Isozaki o Rafael Moneo, un apasionado de su obra. Su influencia fue extraordinaria", explica Delfín Rodríguez, comisario de la exposición de la Biblioteca Nacional.



► Reproducción de un antiguo candelabro

secuencia de sus largas estancias en los espacios más umbríos y subterráneos de las ruinas que con tanta frecuencia estudiaba, los aguafuertes de las *Cárceles Imaginarias*, son fruto de aquel estado febril y también bosquejos o ejercicios con los que ahondaría en las técnicas y tonalidades que darían finalmente la personalidad más genuina a sus grabados.

Sucesión de galerías, pasadizos y escaleras que no se comunican, cámaras subterráneas en las que sorprende una escena de tortura, siniestros engranajes y poleas distribuidos al azar, los grabados de *Carceri d'invenzioni* parecen evocar el Infierno de Dante, pero se antojan también sugeridos por los espacios subterráneos que Piranesi debió recorrer con su tío inspeccionando las conducciones hidráulicas de Venecia o durante el estudio de los cimientos de tantos edificios de la Roma clásica.

A poco de su llegada a Roma comienza también la serie de estampas con las que lograría al fin dinero y también fama, sus célebres *Vedute di Roma*, una larga serie de vistas en gran formato de las calles, plazas y principales monumentos de la ciudad. Se trata de auténticas panorámicas en las que Piranesi distorsiona adrede la perspectiva para realzar la grandiosidad de esos escenarios urbanos.

Hacia 1752, con sus distintos negocios más o menos consolidados gracias en buena medida al gran tirón comercial de sus *Vedute di Roma*, Piranesi puede permitirse concentrarse aún con más dedicación si cabe al estudio y el dibujo de las antigüedades romanas. Lo hará, además, con la arrebatada vehemencia que, lejos de apagarse parece encenderse aún más en él con el paso de los años. Por esa época, las excavaciones arqueológicas han propagado por casi toda Europa el interés por los tesoros de la cultura clásica romana y proliferan cada vez más los estudiosos que comparan y oponen su belleza a la de la antigua Grecia, generalmente en favor de esta última, algo que para Piranesi no tiene más fundamento que la absoluta ignorancia y desconocimiento de cuantos difunden esas teorías.

Arquitectura sublimada

Se lanza así a explorar de nuevo las ruinas que ya le son tan familiares; inspecciona de cabo a rabo los foros y coliseos, los restos próximos de vías y acueductos, las ruinas de la cercana Tívoli y la Villa de Adriano, pero esta vez con un ánimo exhaustivamente analítico, buscando diseccionarlas y estudiar cada uno de sus componentes



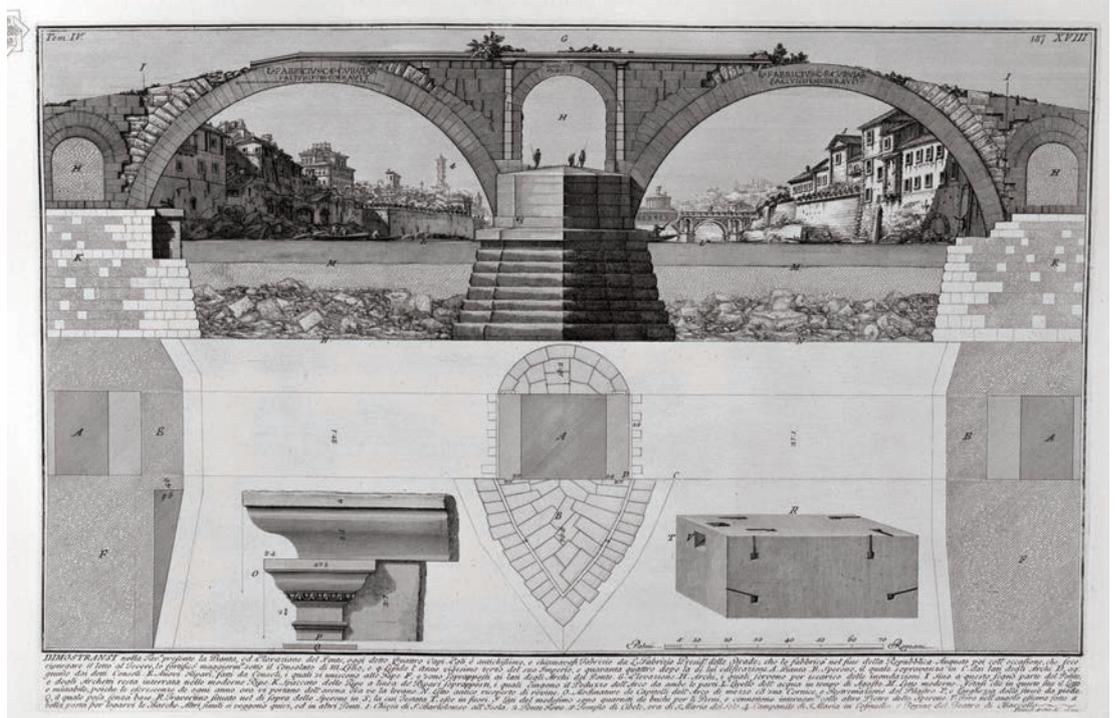
► Pirámide de Cestio.

por separado. Con precisión de anatomista traza los planos y alzados en grandes formatos y anota al pie descripciones precisas. En muchas de sus nuevas láminas dibuja el edificio como un todo reconstruido hasta donde su imaginación alcanza, pero queriendo hacer palpables con la precisión más obsesiva los detalles también de algunas o



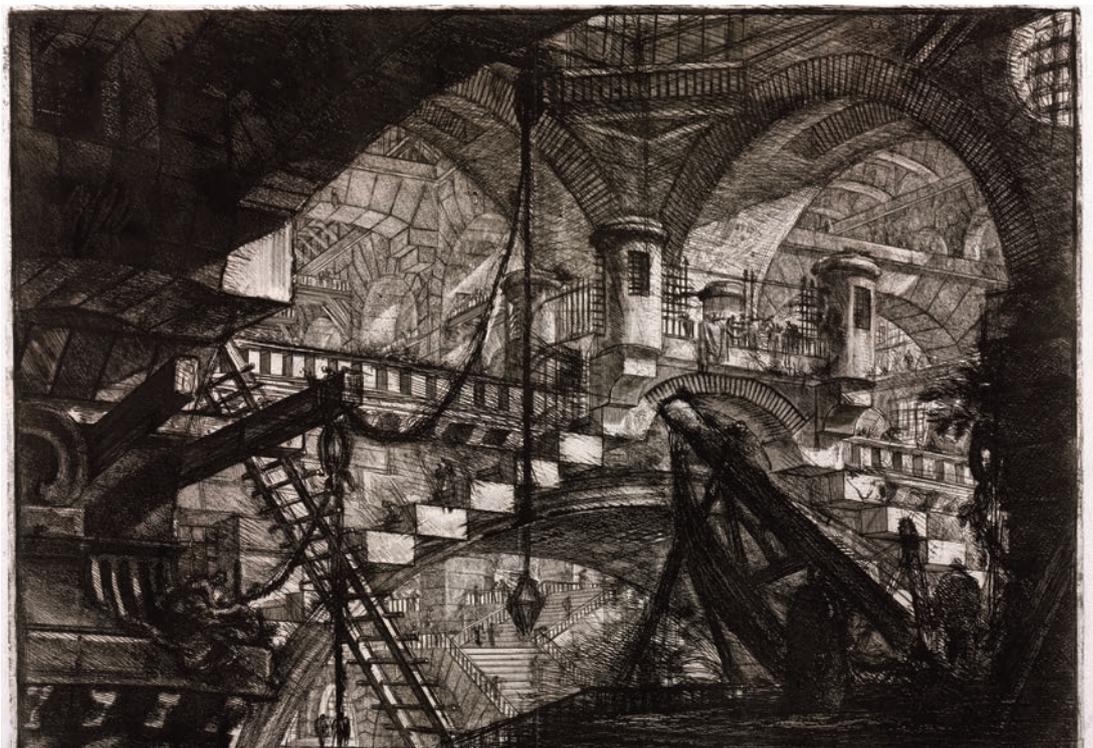
► Vista del Panteón de Agripa.

► Planta y secciones del puente Fabricio.



la más significativa de sus partes, como si buscara explicarlo todo bajo los métodos más didácticos de un manual de arquitectura inspirado en Vitruvio, o como si intuyera que solo a través de sus dibujos se pondrá definitivamente de manifiesto la superioridad del arte de construir y edificar en los dorados tiempos de la república ro-

mana. Al tiempo, también la naturaleza echando sus raíces y apoderándose de los restos, y la fragmentación y dispersión de estos, se antojan desproporcionados o exagerados en algunas de esas láminas, como si el Piranesi arqueólogo quisiera llamar la atención de lo frágil de su conservación y el inexorable avance del estado de ruina.



► Uno de los grabados de la serie Carceri d'invenzione.



► Vista de palacio en la colina del Quirinal y, debajo, recreación de la Vía Apia.

Fruto de toda esa actividad de plasmación sobre el papel y luego sobre planchas de cobre, que acompaña casi siempre de sus propios análisis y acopios documentales, ve al fin la luz su obra de restitución arqueológica más ambiciosa e importante: *Le Antichità Romane* (1756), en el fondo su gran apología del genio y la superioridad de los arquitectos clásicos romanos, cuya primacía había sido objeto de controversia e incluso despreciada por algunos teóricos europeos como Laugier. *Le Antichità Romane* es un auténtico tratado sobre arqueología romana en el que los grabados constituyen solamente una parte de la exposición e ilustran los eruditos y documentados textos escritos por el mismo Piranesi. A lo largo de las cuatro grandes series de estampas que la integran, parece que su autor se hubiera propuesto ofrecer una auténtica antología de lo mejor de la arquitectura romana, escogida y destinada a perdurar en los dibujos más allá de los estragos del tiempo, mostrando en sus elaboradas explicaciones los diferentes tipos constructivos con un enfoque casi enciclopédico. Convencido como estaba de la supremacía de la antigüedad romana sobre cualquier otra, en esos cuatro volúmenes estudia acueductos, termas, foros, tumbas y enterramientos, puentes, teatros y pórticos.

Para la gran mayoría de expertos, el gran mérito de los grabados de *Le Antichità Romane* y lo que marca su radiante modernidad es que el valor divulgativo, que antes era la razón de ser de las *vedute* o vistas, queda subordinado frente a las otras dos prioridades que les otorga Piranesi: descubrir y exponer la monumentalidad de lo construido como si de un yacimiento arqueológico se tratara y deducir luego de esa exhibición minuciosa los insuperables fundamentos del arte de





► Aguafuerte con la efigie de Piranesi para una de las portadas de su colección de estampas *Las Antigüedades de Roma*.

construir en la Roma clásica, sin cuya comprensión nunca será posible cualquier otra arquitectura.

Ese rigor y exhaustividad de la colección de láminas de *Le Antichità Romane* se hace especialmente evidente en muchos de los dibujos dedicados a obras de ingeniería como los acueductos levantados para abastecer las termas de Caracalla o los del Acqua Giulia, los detalles de la sección del pavimento de la Via Apia, los cimientos del Ponte Trionfale o las dovelas y arcos de descarga del Ponte d'Elío Adriano (en la actualidad de Sant'Angelo).

Aunque la fama que cobró Piranesi en vida se debió fundamentalmente a las *Vedute di Roma* –sus estampas, que pronto alcanzaron una enorme demanda en todos los círculos cultos de Europa y eran adquiridas incluso por el mismo Papa para obsequiar a los ilustres visitantes extranjeros que se acercaban hasta el Vaticano–, los estudiosos de su obra coinciden en señalar a la colección de estampas de *Le Antichità* como el gran punto de in-

flexión que marca el cénit de su carrera como grabador. El cultivo de los detalles, el acierto en la selección de las perspectivas y puntos de vista y el dominio de la técnica del aguafuerte estarán ya siempre presentes en el resto de su obra.

Los aguafuertes de las Antigüedades de Roma, obra cumbre de Piranesi, ejercieron una pronta influencia en la arquitectura europea y americana del XVIII.

En los últimos años, con la protección de los papas Clemente XIII y luego de su sucesor, Clemente XIV, Piranesi seguirá trabajando en sus vistas, convertidas en todo un floreciente negocio, de las que obtiene la mayor parte de sus ingresos económicos gracias a sus múltiples tiradas. Pero su espíritu, siempre inquieto, le hace empeñarse en nuevas empresas, probando fortuna, entre otros negocios, en el mercado de antigüedades romano, convirtiéndose en un exitoso restaurador distribuidor de antigüedades. También, aprovechando su reputación artística, amplía su taller con un salón donde expone buena parte de su obra, siendo muy visitado por los turistas acaudalados atraídos por el reclamo de sus codiciadas *vedute*. Por si todo ello fuera poco, también amplía sus actividades de anticuario diseñando muebles, candelabros o adornos en mármol para frontispicios de fachadas y mausoleos, inspirados en muchos casos en los detalles que ha entresacado de sus largos estudios de las ruinas de la ciudad. Hacia 1770 emprende su segundo viaje a Nápoles, para estudiar las ruinas de Pompeya y Herculano, de donde regresa con unos primorosos dibujos. Y en 1778 volverá de nuevo para visitar los yacimientos de Pestum. Otra vez en Roma y ya enfermo, fallecerá apenas unos meses después y será enterrado en la iglesia de Santa María del Priorato; el único edificio que pudo proyectar como arquitecto será también su mausoleo.

Bibliografía:

Marguerite Yourcenar. *A beneficio de inventario. El cerebro negro de Piranesi*. Alfaguara. Madrid, 1994.

Texto: Antonio Recuero.
Imágenes: Biblioteca Nacional de España



Memoria de un Tren Centenario



Vía Verde del FC. Guadix-Almendricos



▶ En el camino aparecen algunas construcciones abandonadas.



(Almendricos/Huércal-Overa)

Un nuevo tramo de 6,6 kilómetros de la Vía Verde del ferrocarril Guadix-Almendricos se adentra en tierras murcianas, siguiendo la huella del antiguo tren. El recorrido conecta la Región de Murcia y la provincia de Almería, y supone la prolongación de los más de 16 kilómetros de la senda ciclista y peatonal que llega hasta el municipio almeriense de Huércal-Overa.

La línea entre Guadix (Granada) y Almedricos (Lorca, Murcia), formaba parte del ferrocarril Granada-Murcia. Se trata de un tramo de 161 km que funcionó durante un siglo exacto: desde 1885 hasta su cierre el 1 de enero de 1985. En esos cien años, el tren desarrolló una intensa actividad, buena parte de la cual se centró en el transporte del mineral de hierro que se extraía en la sierra de Los Filabres (Almería). Cuando en la década de los sesenta del siglo XX los pozos mineros se fueron agotando y clausurando, comenzó la decadencia de la línea, que la llevaría a su cierre definitivo.

Fue una línea con una indudable importancia estratégica, que funcionó como una pieza maestra que enlazaba con otros ferrocarriles: conectaba Andalucía oriental y la costa mediterránea a través

de Guadix, donde el tren enlazaba con la línea Linares-Almería. A escasos kilómetros al norte de Guadix, estaba la estación de Moreda, desde donde se podía enlazar con el ferrocarril de Granada y, por tanto, con el resto de Andalucía. Y hacia el este, desde Almedricos, se podía seguir hacia Lorca y Alcantarilla, y conectar allí con el resto de la red litoral. Además, aquella línea tuvo una enorme importancia económica, sobre todo para los municipios de la sierra de Los Filabres, donde el tren fue un elemento clave en el desarrollo de la intensa actividad minera de la zona.

Fue en 1864 cuando se decidió construir el ferrocarril. Su concesión se otorgó en 1885 a la compañía británica The Great Southern of Spain Railway, que ejecutó dos tramos más de los previstos, uno desde Águilas y otro desde Lorca

hasta Almedricos. La línea, que llegaría hasta Granada, se inauguró tramo a tramo: Almedricos-Huércal-Overa, Huércal-Overa-Zurgena, Zurgena-Arboleas-Almanzora y Almanzora-Baza. El tramo Baza-Guadix

fue concluido por otra compañía británica, The Granada Railway, a la que la anterior cedió todos sus derechos. Pronto la cesión fue a parar a manos

Fue un ferrocarril con una indudable importancia estratégica, que funcionó como una pieza maestra que enlazaba con otros ferrocarriles

► La ruta es apta para todo tipo de vehículos sin motor.





▶ Las huertas conviven con la aridez del paisaje.



► Los cultivos de frutales bordean largas rectas del trayecto.

de una tercera compañía, Carde y Escoriaza, de Zaragoza, que fue la que, en 1907, terminó el tramo Guadix-Baza, lo que supuso la finalización de la línea 23 años después de su comienzo.

Durante su existencia, el tren transportó viajeros y mercancías. En el llamado Tramo del Hierro, el mineral que se extraía en los pozos de las comarcas de Bacares y Serón, en la sierra de Los Filabres, era acarreado a través de cables aéreos hasta los cargaderos ubicados en las estaciones de Serón, Los Canos y Tijola, para llegar desde allí en tren hasta el cargadero de El Hornillo, en la localidad murciana de Águilas, desde donde la mercancía se distribuía a los distintos destinos nacionales y extranjeros. Un embarcadero que el ayuntamiento de Águilas ha recuperado transformando las antiguas vías en un paseo de un kilómetro, con dos itinerarios, uno que lleva hacia el interior del primer túnel de carga, acondicionado como museo del Embarcadero del Hornillo; y otro que se eleva para convertirse en una pasarela sobre los depósitos de carga y que fi-

naliza en un balcón que asoma al muelle de embarque, la bahía del Hornillo y la isla del Fraile.

Vía Verde

Desde hace varios años la línea Guadix-Almendricos, titularidad de Adif, está siendo recuperada como Vía Verde en distintos tramos, mediante inversiones del Ministerio para la Transición Ecológica, la Región de Murcia y varios ayuntamientos de la zona. Este último tramo hasta Almendricos, puesto en servicio el año pasado, ha sido recuperado por la Consejería de Medio Ambiente de la Región de Murcia; y el de Huércal-Overa, por su ayuntamiento. Todo dentro del Programa de Vías Verdes coordinado por el Ministerio de Fomento a través de la Fundación de Ferrocarriles Españoles, que a nivel nacional se viene desarrollando con la colaboración entre el Ministerio para la Transición Ecológica, Renfe, Feve, diputaciones y mancomunidades.

La VV entre Almendricos y Huércal-Overa transcurre entre tierras anchas y áridas, donde alternan el matorral y las plantas aromáticas con el verdor de las huertas, y los campos agrícolas de olivos, naranjos, limoneros o almendros. En ambos extremos de la ruta se bordean dos sierras que ponen el contrapunto a la llanura: al este, la sierra de Enmedio (espacio protegido como Lugar de Importancia Comunitaria), con abundantes laderas de esparto y ramblizos terrosos; y al suroeste, a unos 4 km de la VV, está la sierra de Almagro y el paraje de la Sierrica, donde se adentra la ruta, y en la que prosperan los espartales, tomillares, retamas y pinos carrascos.

**La línea Guadix-Almendricos
funcionó durante un siglo exacto:
desde 1885 hasta su cierre,
el 1 de enero de 1985.**

Vocación de futuro

El tramo murciano de la VV, puesto en servicio en octubre de 2018, supone cabecera o final de la prevista ruta que unirá, en sucesivas fases, la Región de Murcia y la provincia de Granada y que completará la transformación total de la línea Guadix-Almendricos, cuya vocación es convertirse en un gran eje ciclista del sureste peninsular.

Comienza en las inmediaciones del apeadero de Almendricos, dado que en este existe actualmente un empalme de vía en uso, lo que obliga a que los primeros metros de la ruta discurren por una pista de 700 metros de longitud paralela a la vía en activo y a la antigua vía abandonada y que llega hasta el lugar en el que ambas vías se separan. Es allí donde la VV se encuentra con la plataforma del antiguo ferrocarril a Guadix. En ese punto, a la izquierda, la vía en activo gira en dirección a Águilas. A la derecha, una larga y profunda trinchera señala la huella del desaparecido ferrocarril, y da paso al viajero hacia una senda que discurre por una larga recta y que comienza sobre una espaciosa planicie entre naranjos.

Pronto, el viajero bordeará la sierra de Enmedio a través de más trincheras y elevados terraplenes por donde el tren se abría paso en un terreno en el que abundan los materiales volcánicos y calizos y se dejan ver las pizarras y cuarcitas. A lo lejos se divisarán los cerros de El Medro y de La Ermita, y los cabezos de Los Gabrieles y de La Paja. La vegetación presenta contrastes entre el amarillo de los espartizales y espinares y los verdes de los pinos,

► Un falso túnel
abría paso al tren.



Ficha técnica

✓ **Localización**

Entre el apeadero de Almendricos (pedanía de Lorca) y la autovía A-7 del Mediterráneo (pedanía de Huércal-Overa). Murcia y Almería.

✓ **Longitud:** 23,57 km.

✓ **Usuarios:** peatones y ciclistas.

✓ **Nivel de accesibilidad:** Accesible a sillas de ruedas. Con dificultades en la rambla de los Peregrinos (km 0,4). La falta de puente obliga a superar empinadas (pero cortas) rampas de bajada y subida.

El tramo entre la rambla Gibiley (km 15) y la rambla Guzmaina (km 20,6), en las inmediaciones del casco urbano de Huércal-Overa, está especialmente adaptado para silla de ruedas. Los 3 últimos km cuentan con indicaciones específicas para invidentes.

✓ **Tipo de firme:** Gravilla compactada.

✓ **Patrimonio cultural:**

Almendricos: Yacimiento arqueológico del poblado de la Edad de Bronce hallado en El Rincón de Almendricos (BIC). Situado a 1 km al norte de la vía verde.

Huércal-Overa: Torre vigía nazarí («El Castillo») con elemento decorativo denominado Hom o «árbol de la vida»; iglesia de la Asunción, edificio de las Cuatro Torres, museos Etnográfico y del Agua, pósito municipal, ayuntamiento y trincheras de la Guerra Civil.

✓ **Infraestructura ferroviaria:**

Falso túnel de Los Medrano, dos grandes puentes de estructura metálica (Almajalejo y Guzmaina), diez puentes, cuatro pasos inferiores de caminos, dos pasos superiores de caminos, paso superior de la N-340a, paso inferior de la AL-8103.

✓ **Áreas de descanso:**

Rambla de Peñas Blancas (km 3,3), Las Norias (km 6,5), Los Almendros (km 19,1), rambla Montacar (km 12,2), mirador La Morena (km 14,1), Los Sifones (km 14,64), rambla Gibaley (km 15), equipadas con bancos, mesas de picnic, aparcabici y paneles interpretativos. Las áreas de descanso de las estaciones de Almendricos (km 0) y Huércal-Overa (km 18,2) cuentan además con papeleras, accesos, juegos infantiles y aparcamiento.

Más información en www.viasverdes.com. Fundación de Ferrocarriles Españoles.



► Primera Área de Descanso de la Vía Verde.

acebuches, carrascas, enebros y tomillares. Entre su flora también se pueden encontrar especies protegidas a escala regional, como el azufaífo (pequeño fruto del jinjolero) o el cornical (matorral propio de terrenos volcánicos o calizos que solo se encuentra en Murcia, Almería y Canarias). Este hábitat es propicio para el águila perdicera y el halcón peregrino, que abundan en ese paraje. Más singular es la existencia de la tortuga mora, una especie en peligro de extinción incluida como tal en el Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas y como vulnerable en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Tal es la importancia de la especie en este lugar, que se hace presente en la toponimia, como en el denominado cerro de la Tortuga, en la sierra de Almagro.

Pasados los primeros tres kilómetros de la ruta y debido al carácter terroso de la sierra, donde abun-

dan laderas marcadas con cicatrices producidas por el viento y la lluvia, aparece un falso túnel que solventa un notable desnivel del terreno en una zona de tierras más blandas. Desde un área de descanso cercana a este punto, el trayecto continuará por este paisaje de contrastes donde conviven la aridez más agreste, con las huertas y frutales que ponen verdor al terreno.

Llegados al kilómetro 6,6, la senda abandona tierras murcianas y se adentra en la provincia de Almería, donde proseguirá en largas rectas, en medio de un paisaje similar, para finalizar, ya en el valle de Almanzora y pasado el casco urbano de Huércal-Overa, junto a la Autovía A-7 del Mediterráneo.

Julia Sola Landero / Fotos: FFE



V/CENTENARIO
1^a VUELTA AL
MUNDO

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid **Centro de Publicaciones** <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones **Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid** Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 **Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00** Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones

Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid **Centro de Publicaciones** <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones **Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid** Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 **Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00** Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza



Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid **Centro de Publicaciones** <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones **Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid** Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 **Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00** Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28003 Madrid Tel.: 915 97 53 96 / 915 97 00 00 <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web> Librería del Ministerio de Fomento Centro de Publicaciones

Mapa Oficial de Carreteras[©]

ESPAÑA

2019

Mapa Oficial de Carreteras[©] ESPAÑA

Incluye:

- Cartografía (E. 1:300.000 y 1:1.000.000)
- DVD interactivo actualizable vía web (windows 7 o superior)
- Caminos de Santiago en España 
- Alojamientos rurales 
- Guía de playas de España
- Puntos kilométricos
- Índice de 20.000 poblaciones
- Mapas de Portugal, Marruecos y Francia



También en el DVD:

- 1123 Espacios Naturales Protegidos
- 152 Rutas Turísticas
- 118 Vías Verdes