

MITMA CONSTRUIRÁ
UN RECEPTOR DE
RADIOASTRONOMÍA
PARA SUDÁFRICA



Tecnología española en Sudáfrica

■ **Texto:** José Antonio López
Pérez, Félix Tercero Martínez.
(Observatorio de Yebes)
Fotografía: Daniel Ramo

El *Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory* (HartRAO) es una importante estación de radioastronomía y geodesia espacial ubicada al oeste de Johannesburgo (Sudáfrica). Dicha instalación científica es operada por la Fundación Nacional de Investigación (*National Research Foundation, NRF*) de Sudáfrica, y cuenta con varias infraestructuras de geodesia espacial, a saber: radiotelescopios para VLBI geodésico de 15 y 26 metros de diámetro, receptores geodésicos de GNSS y un sistema *Satellite Laser Ranging (SLR)* del tipo MOBLAS-6 de la NASA. Estos radiotelescopios forman parte de las redes europeas y mundiales de VLBI, al igual que los radiotelescopios del Observatorio de Yebes, ya que esta técnica requiere de la participación simultánea de varios radiotelescopios en diferentes puntos del planeta, observando coordinadamente.

Los sistemas de observación de geodesia espacial por interferometría de larga línea de base (en inglés *Very Long Baseline Interferometry*, o VLBI) proporcionan una valiosísima información para el cálculo de los parámetros de rotación y orientación de la Tierra, a partir de la recepción de la señal emitida por quásares. Algunos de estos parámetros geodésicos, como el valor preciso del periodo de rotación del planeta, no se pueden obtener con otras técnicas geodésicas, y todos ellos son de crucial importancia para la actividad científica de la geodesia, pero también para los operadores de satélites y las agencias espaciales, en el seguimiento y corrección de trayectorias de satélites y de sondas de espacio profundo, algunos de los cuales

son de enorme utilidad para las aplicaciones de observación de la Tierra y para las tecnologías de la información en la sociedad actual.

La técnica de observación VLBI ha cambiado poco desde sus inicios en los años 70, salvo la mejora de la sensibilidad de los receptores. Ha sido a partir del año 2.000, cuando la comunidad científica del VLBI geodésico propone una profunda actualización en el modo de observación, para mejorar, en un factor 10, la precisión de las medidas y pasar de 10 mm a 1 mm en la determinación de la posición de los radiotelescopios alrededor de todo el mundo. Este cambio ha supuesto un reto en la construcción de nuevos radiotelescopios más rápidos y en el

desarrollo de nuevos receptores, cuyo reto fundamental ha sido lograr una sensibilidad excepcional en bandas de frecuencia extremadamente anchas, nunca antes usadas en este tipo de receptores. Este proyecto, que es de alcance global, requiere la participación de todas las instituciones responsables de la geodesia espacial en cada país y se denomina VGOS (*VLBI Global Observing System*).

A través del Instituto Geográfico Nacional, España ha participado muy activamente desde el inicio de VGOS con la creación de su propia red de radiotelescopios que cumplen con los requisitos del nuevo VLBI geodésico, VGOS. Esta red, denominada *Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales*

Vista del Observatorio HartRAO (Sudáfrica), con radiotelescopio VGOS en primer plano.



© Philip Mey (HartRAO)



Localización de los receptores desarrollados (rojo) o a desarrollar (azul) por el Observatorio de Yebes.

(RAEGE), tiene proyectados 4 radiotelescopios repartidos entre la España continental, las islas Canarias y las islas Azores en Portugal (fruto de un acuerdo entre ambos países). Dos de los radiotelescopios ("Jorge Juan" en Yebes-Guadalajara y "Cristóbal Colón" en Santa María-Azores) se encuentran ya operativos e integrados en las redes internacionales de observación, siendo España uno de los primeros países en tener un sistema VGOS completo. Este éxito no ha sido casual, y ha sido posible gracias al intenso trabajo de desarrollo realizado durante los últimos ocho años en el Observatorio de Yebes, para tener un receptor altamente competitivo para VGOS.

El Observatorio HartRAO, inicia ahora el camino para unirse a la nueva red de VGOS, que inició el Observatorio de Yebes hace años, con la construcción de un nuevo radiotelescopio de 13.2 me-

tros de diámetro (Fig. 1) de las mismas características que los radiotelescopios RAEGE. Como parte del proceso de construcción de este nuevo instrumento, HartRAO ha contratado al Observatorio de Yebes, a través del *Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)*, para la construcción del receptor de banda ancha necesario para equipar su nuevo radiotelescopio. Este receptor contará con los últimos desarrollos instrumentales del Observatorio de Yebes, fruto de la gran experiencia acumulada por este centro en la fabricación de receptores para radioastronomía y geodesia espacial.

Actualmente, en el Observatorio de Yebes se encuentran en proceso de fabricación y de pruebas otros tres receptores VGOS: uno para el Observatorio Geodésico *de Ny-Ålesund*, en Svalbard (Noruega), otro para el radiotelescopio RAEGE "Cristóbal

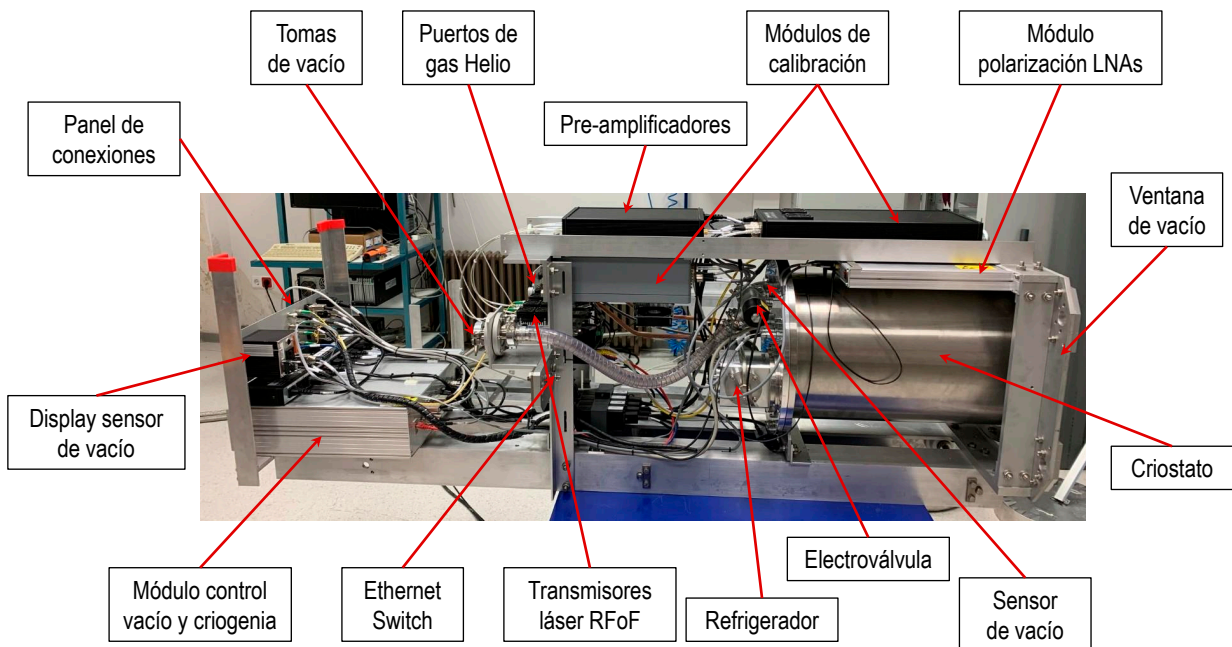
Colón" de la isla de Santa María (Azores, Portugal) y el receptor del radiotelescopio RAEGE "Jorge Juan" del Observatorio de Yebes, que está siendo actualizado con nuevos componentes para mejorar sus prestaciones.

Estos no son los únicos desarrollos que el Observatorio ha venido realizando para otras instituciones en el ámbito de la geodesia espacial. Antes del comienzo de VGOS, se realizaron trabajos para modernizar y suministrar receptores geodésicos para países como Japón o Alemania, que hoy en día siguen funcionando en sitios tan remotos como la Antártida. A modo de ejemplo, el mapa situado a la izquierda muestra la localización de los receptores de VLBI geodésico desarrollados hasta la fecha por el Observatorio de Yebes (en rojo los ya terminados y en azul los que están en proceso de desarrollo).

¿Qué es un receptor VGOS?

Las señales que capta el conjunto formado por el radiotelescopio más el receptor asociado, son señales de radio, de alta frecuencia y extremadamente débiles, pues proceden de objetos celestes situados a muchos miles de años luz de la Tierra. Por ello, para la detección de estas señales se necesita una instrumentación muy particular y específica.

A las frecuencias a las que se trabaja, existen muy pocos componentes electrónicos comerciales que satisfagan estas necesidades, ya que la radioastronomía no es un mercado que pueda suponer un elevado volumen de negocio para las empresas involucradas en este tipo de tecnologías. Por lo tanto, el desarrollo de esta instrumentación recae



Aspecto de un receptor VGOS construido y listo para su instalación en el radiotelescopio.

sobre instituciones como el Observatorio de Yebes, que tienen que desarrollarla *ad-hoc* para cada aplicación científica, invirtiendo muchos recursos y largos períodos de tiempo de diseño y desarrollo. Desde el punto de vista tecnológico, la potencia de la señal detectada es tan baja, que la emisión a temperatura ambiente de cualquier material que rodee el receptor, es millones de veces más intensa. Esto obliga a trabajar a temperaturas cercanas al cero absoluto en recipientes herméticos, donde se alcanzan temperaturas del orden de los $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$, pues así se consigue reducir el ruido que el instrumento añade a la detección.

Teniendo en cuenta estas condiciones, el receptor VGOS se instala en el radiotelescopio para recibir una señal muy débil y de alta frecuencia, que se va amplificando a una señal más intensa y convirtiendo a una

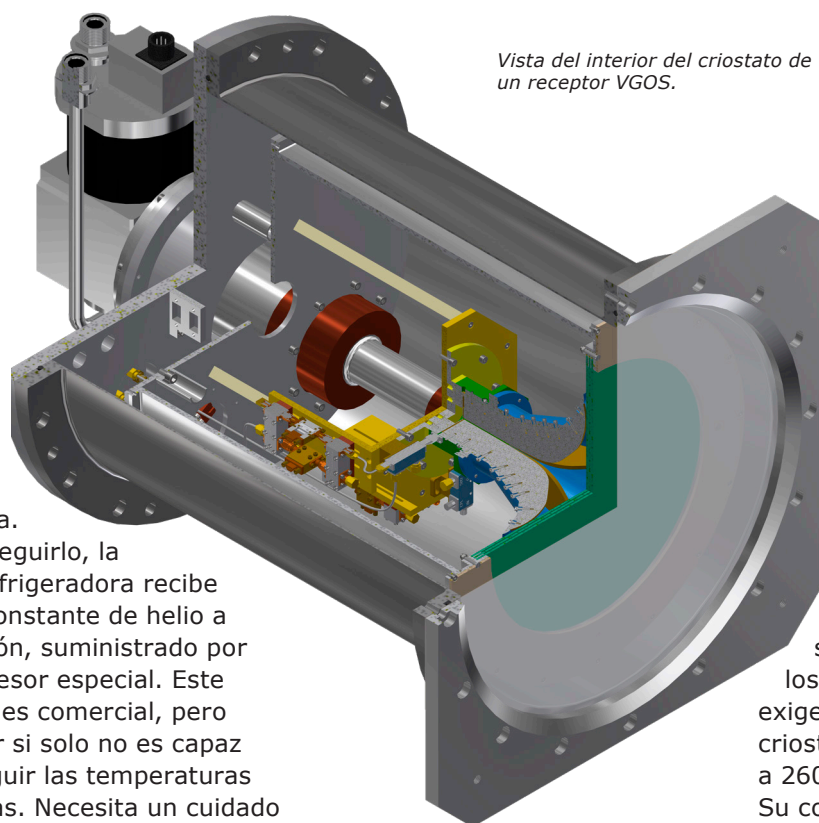
menor frecuencia, que es más sencilla de detectar y analizar para, finalmente, obtener las medidas geodésicas. El receptor tiene, por lo tanto, varias partes especializadas en realizar estas funciones de amplificación de señales débiles, transformación de frecuencia y posterior detección.

La fotografía situada arriba muestra un receptor VGOS completo, con indicación de los módulos y subsistemas que lo forman. El receptor completo es diseñado en el laboratorio de receptores del Observatorio de Yebes, donde se diseñan y fabrican la mayoría de sus componentes críticos como se detalla más adelante. Otros componentes se encuentran en la industria con suficiente calidad técnica para ser integrados en el receptor y son adquiridos a través de contrataciones. Posteriormente, se procede con la integración y la caracterización completa antes de ser instalado.

En los apartados siguientes se describen con más detalle los elementos críticos de un receptor VGOS.

El criostato. Es un recipiente hermético donde se alcanzan temperaturas criogénicas del orden de 10 K (o 263 grados bajo cero en la escala Celsius). Para ello se usan cabezas refrigeradoras que consisten en un par de cilindros concéntricos donde, tras bombeo de helio gas de alta pureza, se alcanzan temperaturas tan bajas de hasta 10 K en la parte más fría (denominada etapa fría) y de 50 K en la parte menos fría (denominada etapa intermedia). Físicamente ambas etapas permanecen aisladas térmicamente para minimizar las pérdidas por radiación y conducción. La potencia refrigeradora en la etapa fría es un orden de magnitud inferior a la que se consigue en la etapa

Vista del interior del criostato de un receptor VGOS.



intermedia.

Para conseguirlo, la cabeza refrigeradora recibe un flujo constante de helio a alta presión, suministrado por un compresor especial. Este elemento es comercial, pero caro y por sí solo no es capaz de conseguir las temperaturas criogénicas. Necesita un cuidadoso diseño del recipiente hermético, actividad que se lleva a cabo en los laboratorios del Observatorio de Yebes, donde la adecuada elección de los materiales, su tratamiento superficial, consideraciones acerca de las cargas térmicas que reciben del exterior y consecución de un alto grado de vacío, son algunas de las claves para minimizar la temperatura de la etapa fría donde se instalan los primeros componentes del receptor, siendo el objetivo fundamental que alcancen la temperatura más baja posible. En el caso del receptor VGOS, la bocina (o antena alimentadora del radiotelescopio de 13,2 m) y los amplificadores de bajo ruido son componentes clave para lograr un receptor lo más sensible posible, y son en ellos donde se prioriza y maximiza su enfriamiento.

La bocina. La bocina (o antena alimentadora) recibe su nombre debido a la forma abocinada que tiene y cuyo objetivo es coleccionar y concentrar la señal que es enfocada por el radiotelescopio, y transmitirla al circuito

electrónico que más adelante amplificará, transformará y detectará la señal. Tiene un papel de transductor o transformador de las ondas propagadas en el espacio libre al espacio guiado. Su diseño es un problema tecnológico único para resolver en cada receptor y para cada radiotelescopio. Se realiza en el Observatorio de Yebes, debido a la escasez de empresas que puedan efectuar estos diseños fuera del ámbito académico. Universidades y Centros de Investigación, que en alguna ocasión han prestado colaboración al Observatorio, carecen en ocasiones de los recursos con los que cuenta el Observatorio de Yebes para el diseño y medida de los prototipos, cuyas frecuencias especiales de operación, generalmente alejadas del espectro de frecuencias usado en dispositivos más comerciales, hace que la inversión en equipos de medida sea costosa para el desarrollo de unos pocos prototipos.

Su forma y tamaño no son aleatorias y determinan de forma singular sus características de

recepción, su diseño exige simulaciones electromagnéticas con alta carga de cálculo numérico en estaciones de trabajo dedicadas durante horas a su cálculo. El diseño final no es sólo electromagnético, hay que tener en cuenta que la bocina tiene que ser fabricable y cumplir con

los requisitos mecánicos que exige su integración dentro del criostato con su funcionamiento a 260° C por debajo de cero. Su construcción es poco interesante para la industria, dado el corto número de ejemplares de producción que se requieren y las exigencias de precisión en el mecanizado y ensamblaje, que les obliga a revisar sus métodos de producción para llegar a cumplir con nuestros requisitos. Para las empresas que aceptan el reto, el resultado es un enriquecedor intercambio de experiencia y conocimiento entre el mundo industrial y el científico.

En los albores del diseño de la nueva red global de VLBI geodésico, que finalmente acabó siendo VGOS, las especificaciones sobre el sistema receptor rozaban la ciencia ficción. En concreto, la banda de frecuencias que se quería observar de forma simultánea, multiplicaba por un factor 5 la tecnología que estaba disponible en ese momento. Otro inconveniente que se vislumbraba era la ingente cantidad de información que habría que procesar de estos receptores. Sin embargo, se sabía que se aprovecharían las tecnologías útiles para la sociedad de la información, y que paralelo al desarrollo de chips más rápidos

y redes de comunicación de más capacidad, el proyecto VGOS podría usar toda esa tecnología desarrollada para la industria, con mínimos cambios. No sucedía lo mismo con ciertos componentes del criostato, entre ellos la bocina, que tendría que ser desarrollada para cumplir unas especificaciones prácticamente imposibles en los momentos en los que VGOS comenzaba. La comunidad científica aceptó el reto y se desarrollaron hasta 4 tipos de alimentadores que podían cubrir esa banda de frecuencias tan excepcional, sin degradar en exceso el sistema receptor. El propio Observatorio desarrolló, en colaboración con la *Universidad Carlos III*, la antena DYQSA, cuyo diseño eléctrico promotor se topó con problemas en su fabricación y estabilidad mecánica en criogenia difíciles de resolver con la tecnología de fabricación actual. Finalmente, el Observatorio apostó por desarrollar el alimentador tipo *Quad Ridged Flared Horn (QRFH)*, cuya fabricación era más sencilla que los otros alimentadores y, sobre todo, simplificaba la transmisión de la señal a las siguientes etapas del receptor.

El Observatorio desarrolló su propio prototipo de esta antena para los radiotelescopios de VGOS donde ha fabricado e integrado hasta 5 bocinas en sendos receptores. En la actualidad, y para este proyecto con HartRAO, se dispone de la 3ª generación de este alimentador que mejora sus características de adaptación con el resto de los componentes del criostato. A este diseño no se llega de forma causal y es fruto de cientos de horas

de diseño y simulación. Finalmente, se procedió a su diseño mecánico, construcción y medida de los prototipos, no exenta de dificultades por las precisiones requeridas tanto en el mecanizado, como en el ensamblaje que forman las distintas piezas de la antena.

Más allá de su descripción técnica exhaustiva, su funcionamiento de forma general es fácil de entender, imaginando que la señal del objeto astronómico observado viaja hacia el interior de la bocina, confinada por la estructura cónica circular y entre ambas paredes enfrentadas (denominadas *ridges*, en inglés), propagándose hasta la zona donde los *ridges* llegan a estar a menos de 1 mm de distancia y presentan un grosor inferior a 1 milímetro. En ese momento, la señal es captada por unos hilos metálicos conductores de 0,5

mm de diámetro, que extraen la señal al exterior mediante cables coaxiales específicos para transmitir estas señales de alta frecuencia con muy pocas pérdidas. Obviamente, además del diseño eléctrico, la precisión de fabricación y ensamblaje con dimensiones tan pequeñas suponen un cuidado trabajo necesario para garantizar su funcionamiento incluso a temperaturas criogénicas.

El amplificador de bajo ruido.

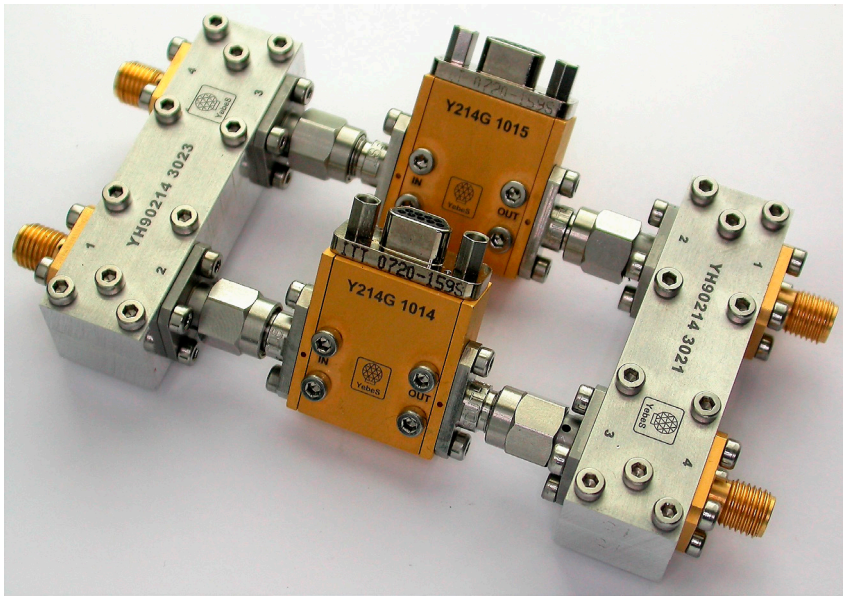
El Observatorio de Yebes desarrolla también el primer dispositivo activo (denominado activo porque amplifica la señal captada para realzar su nivel) de los receptores de radioastronomía, a saber: el amplificador criogénico de bajo nivel de ruido. Para ello cuenta con un laboratorio con larga experiencia en estos trabajos y que ha suministrado amplificadores en diferentes bandas de frecuencia a

instituciones tan importantes como la *Agencia Europea del Espacio (ESA)*, el *Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM)*, el *Observatorio Europeo Austral (ESO)* o el *interferómetro ALMA*, entre otros.

Estos dispositivos, que también funcionan enfriados a $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$, amplifican el nivel de la señal cósmica para que su detección sea más fácil. El motivo de funcionar a temperaturas tan bajas es para que el propio dispositivo genere el menor ruido interno posible, aumentando así la sensibilidad del receptor. El amplificador se diseña con una ganancia normalmente superior a un factor 1.000, para que la contribución al ruido del resto



Fotografía de una bocina QRFH desarrollada en el Observatorio de Yebes para receptores VGOS.



Fotografía de un amplificador criogénico de bajo nivel de ruido en configuración balanceada para receptores VGOS de geodesia espacial.

de dispositivos del receptor sea ínfima.

En la fabricación de los amplificadores intervienen transistores de materiales como el arseniuro de galio (AsGa) o el fosfuro de indio (InP), en chips de 1 x 1 mm de sección, típicamente, que son conectados al circuito mediante hilos de oro de 0,02 mm de diámetro utilizando maquinaria específica operada por los técnicos del Observatorio de Yebes.

En concreto, para los receptores VGOS, el Observatorio de Yebes ha diseñado una novedosa configuración de amplificador, denominada balanceada (ver fotografía situada arriba a la izquierda), que, frente a la configuración clásica de un sólo amplificador (o no balanceada o *single-ended* en inglés), mejora en gran medida el nivel de adaptación con la bocina, lo cual reduce las posibles reflexiones de la señal a su entrada y mejora la planicidad de su respuesta en frecuencia. Para ello se tuvo que diseñar y construir también en el observatorio, un circuito híbrido criogé-

nico que permita implementar dicha configuración balanceada.

Las generaciones iniciales de los receptores VGOS cuentan con amplificadores no balanceados, pero los desarrollos en curso cuentan ya con la ventajosa configuración balanceada, que es única y específica de los receptores desarrollados en el Observatorio de Yebes.

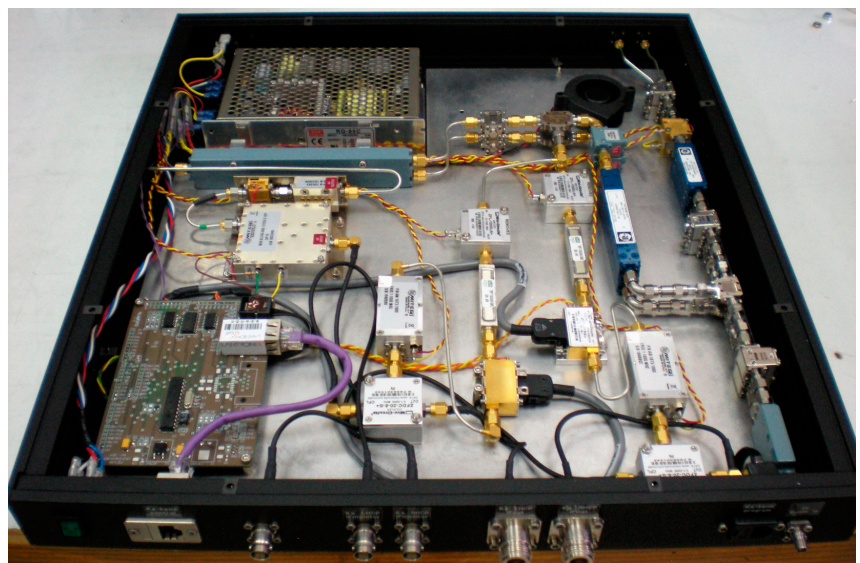
El convertor de frecuencia.

La señal captada por el receptor enfriado es posteriormente acondicionada, mediante filtrado y amplificación, para ser transportada mediante enlaces de radiofrecuencia por fibra óptica hasta los equipos de registro y análisis. Al ser una señal de banda muy ancha (2 - 14 GHz), no puede utilizarse cable coaxial para este transporte, porque el cable tiene unas pérdidas de propagación muy grandes a alta frecuencia. Sin embargo, las pérdidas en la fibra óptica son muy pequeñas y casi constantes en toda la banda.

A la salida de los enlaces de fibra óptica, la señal es dividida en varios rangos y convertida a frecuencias más bajas para facilitar el registro y análisis de la misma. Esta función es realizada por convertidores de frecuencia, como los mostrados en la imagen situada en la parte inferior de esta página.

El Observatorio de Yebes diseña, construye y caracteriza

Ejemplo de convertidor de frecuencia desarrollado en el Observatorio de Yebes.

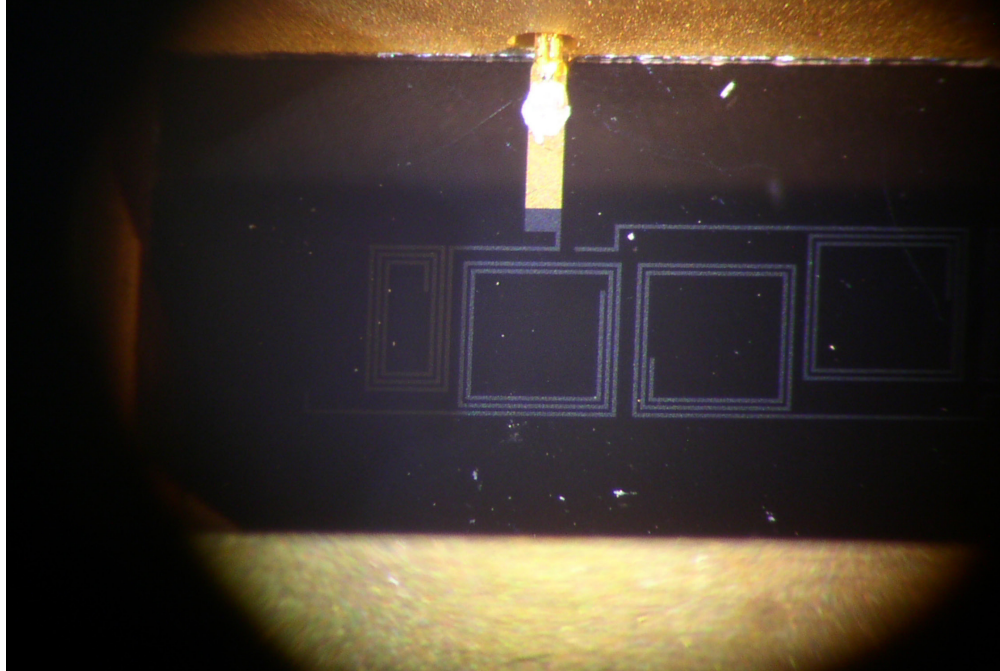


estos conversores para todos los receptores que desarrolla, tanto para radiotelescopios propios como ajenos.

La amenaza de las radio-interferencias

Como se ha mencionado anteriormente, las señales que captan los radiotelescopios son extremadamente débiles, pues proceden de objetos celestes situados a muchos miles de años luz de la Tierra. Para hacernos una idea de la extrema debilidad de estas señales podemos citar a Carl Sagan, según el cual "la cantidad total de energía del exterior del sistema solar recibida por todos los radiotelescopios del planeta Tierra es menor que la energía de un solo copo de nieve al caer al suelo". Por tanto, comparativamente, las señales de radio generadas por equipos de radiocomunicaciones son muchos órdenes de magnitud más potentes. La situación sería parecida a disparar un cañón al lado de un micrófono de alta sensibilidad.

Para un receptor de radioastronomía de tan alta sensibilidad, las señales de radio que no proceden de las estrellas son consideradas interferencias, porque producen una degradación de su funcionamiento y pueden conducir a interpretaciones erróneas de la señal de las estrellas. Si el nivel de potencia de la interferencia es muy alto, puede incluso destruir alguno o algunos de los componentes del receptor, haciéndolo inservible. Este caso extremo, más frecuente de lo que pueda parecer, conduce a pérdidas de tiempo de observación, pero también a importantes pérdidas económicas, pues la reparación de estos instrumentos, que están en el



Ejemplo de filtro superconductor de alta temperatura para rechazo de interferencias. El tamaño de las espiras cuadradas es 2 x 2 mm y el grosor de las líneas es 0,05 mm.

estado del arte, es costosa y necesita personal especializado. Como se puede deducir, esta situación supone un perjuicio a las inversiones del Estado y la Unión Europea en ciencia y tecnología realizadas en el Observatorio de Yebes.

Como ejemplo de estos efectos perniciosos, se puede mencionar que radioastrónomos austrianos estuvieron investigando durante 17 años el origen de una misteriosa señal recibida con el radiotelescopio de Parkes, para descubrir, finalmente, que estaba originada por el horno microondas del comedor.

Por mencionar otro ejemplo más cercano, el Observatorio de Yebes, en el marco de un acuerdo de cooperación, ha prestado un receptor tri-banda a la *Autoridad Cartográfica de Noruega (NMA)* para sus radiotelescopios VGOS en Svalbard, situados en la misma línea costera del fiordo. En varias ocasiones se observó que los amplificadores de bajo ruido dejaron súbitamente de funcionar. Personal del IGN tuvo que desplazarse a sustituir dos amplificadores criogénicos de bajo ruido en banda X que habían sido destruidos por el radar de

un ferry que pasaba por el fiordo en cuya costa se encuentra el observatorio. Con los amplificadores de vuelta en Yebes se vio como habían sido literalmente destruidos por una señal intensísima, claro está, para estos receptores.

Ambos ejemplos muestran el importante problema que suponen las interferencias para los sensibles equipos instalados en los radiotelescopios.

Con el fin de mitigar los efectos de las interferencias, el Observatorio de Yebes ha abierto una línea de desarrollo de filtros de material superconductor criogénicos de alta temperatura (-200 °C), para instalarlos delante de los amplificadores criogénicos y evitar su saturación, o destrucción. Son dispositivos complejos (ver fotografía de arriba), que necesitan una manipulación delicada, pero permiten proteger a los sensibles y caros amplificadores, a costa de una ligera degradación de la sensibilidad del receptor.

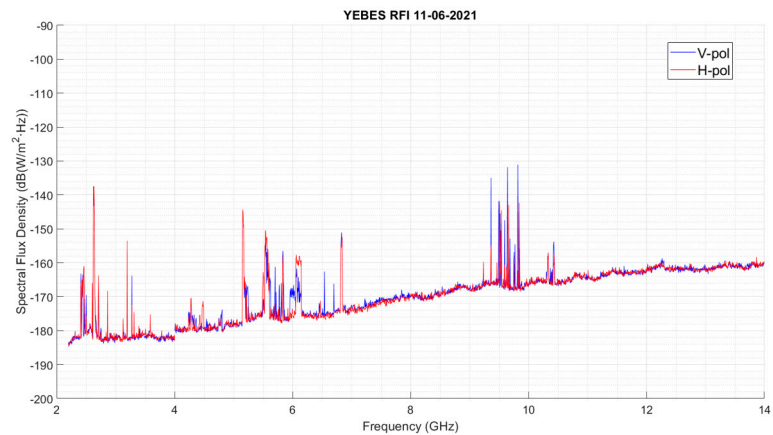
Para defender a los radio observatorios de estas amenazas con una voz de ámbito común europeo, existe el *Comité de Frecuen-*

cias de Radioastronomía (CRAF) de la *Fundación Europea de la Ciencia* (ESF), que está formado por expertos que pertenecen a instituciones de 22 países, entre los que cabe destacar el *Instituto Max Planck de Radioastronomía* (Alemania), el *Observatorio Espacial de Onsala* (Suecia), el *Instituto Nacional de Astrofísica* (Italia), el *Observatorio ASTRON* (Holanda), el *Centro Nacional de Investigación Científica* (Francia) o el *Instituto Geográfico Nacional* (España). También participan, como observadores, personal de la *Agencia Europea del Espacio* (ESA), del *Observatorio SKA*, del *Servicio Internacional de Geodesia y Astrometría* (IVS) y del *Instituto de Radioastronomía Milimétrica* (IRAM).

El IGN, como propietario y operador de varios importantes radiotelescopios europeos, y por el interés en proteger las frecuencias de radioastronomía y las inversiones económicas del Estado, participa muy activamente en este comité, por medio de un representante que es funcionario del IGN.

Actualmente, las amenazas con mayor potencial de perjuicio para la radioastronomía son las mega-constelaciones de satélites de baja órbita, que varias multinacionales están comenzando a poner en órbita (por ejemplo, Starlink o OneWeb) y el inminente despliegue de la red 5G.

La gráfica de arriba presenta el nivel de interferencias medidas por personal del IGN en el Observatorio de Yebes, donde se observan diferentes líneas correspondientes a transmisiones de los servicios de telecomunicación inalámbricos (teléfonos mó-



Espectro de interferencias de radio entre 2-14 GHz en el Observatorio de Yebes.

viles, WiFi, LTE/4G, radioenlaces, repetidores, radares, etc.).

Una mirada al futuro

El VLBI usado por la geodesia espacial ha ido, generalmente, por detrás en muchos de los desarrollos que se hacían para radioastronomía. Sin embargo, el proyecto VGOS ha estimulado la creación de un tipo de receptor que se presenta como innovador también para aplicaciones radioastronómicas y del cual se están haciendo versio-

nes adaptadas para su uso en astronomía. La implicación de España, a través del Observatorio de Yebes, ha sido decidida desde el inicio de VGOS. Este hecho, lejos de ser casual, se debe a que ha sido uno de los primeros países en contar con radiotelescopios exclusivos para VGOS, y a que sea el único país del mundo que lidera la creación de una red como RAEGE, formada por varios radiotelescopios, bajo la supervisión de una sola institución.

Los laboratorios del Observatorio de Yebes disponen de la instrumentación de medida de radiofrecuencia de precisión para el desarrollo de receptores de radioastronomía como el de Sudáfrica.





Desde la sala de control del radiotelescopio de 40 metros se lleva a cabo la coordinación de las observaciones de VLBI astronómicas y geodésicas.

El esfuerzo inversor en capital ha sido significativo, tanto en la construcción de los nuevos radiotelescopios como en la implementación de otras técnicas geodésicas espaciales en el Observatorio de Yebes. Sin embargo, cabe destacar, cómo se apostó decididamente en ser un referente mundial en la construcción de los receptores, actividad que no puede ser fácilmente realizada por la industria, dedicando una ingente cantidad de recursos de investigación y humanos que, hoy por hoy, se materializan en un modelo de receptor que está siendo instalado en varios países, entre ellos, Sudáfrica.

El receptor de banda ancha, que ha encargado HartRAO a España, es un ejemplo a modo de la punta del iceberg que representa las posibilidades de desarrollo de la ciencia y la investigación en España en general, y en el Observatorio de Yebes en particular. Los desarrollos tecnológicos en radioastronomía y geodesia espacial, los radiotelescopios haciendo descubrimientos científicos sensacionales, como la búsqueda de las moléculas precursoras de la vida o la determinación de parámetros geodésicos de nuestro planeta, han sido durante más de 40 años la base sólida en la que se apoya el receptor de VGOS que tene-

mos hoy y el resto de receptores desarrollados en el Observatorio de Yebes.

El observatorio seguirá trabajando en estas líneas de desarrollo, y en otras nuevas, para mejorar la instrumentación necesaria para estas observaciones astronómicas y geodésicas, con el fin de convertir al IGN en un centro de referencia en radioastronomía y geodesia espacial, y al Observatorio de Yebes en una de las pocas estaciones geodésicas fundamentales del mundo.

La fotografía de abajo muestra al equipo de ingenieros y técnicos del Observatorio de Yebes frente a un receptor VGOS que va a ser preparado para su envío a Svalbard (Noruega). Este equipo será el encargado de desarrollar también el receptor VGOS para HartRAO en Sudáfrica. ■

Ingenieros y técnicos del Observatorio de Yebes responsables del desarrollo de receptores de radioastronomía y geodesia espacial.

