

RADIOTELESCOPIOS

Programa-guía



Actividades de presentación o introducción

A1.1 Lectura de documentos

Artículos de prensa donde se aparecen noticias sobre radiotelescopios.

En esta actividad, los alumnos hacen resúmenes o esquemas de la información aparecida en artículos de prensa para delimitar y definir, en una primera aproximación, los conceptos que se van a ver en este tema. Es muy conveniente pedirles que apunten en una lista tanto las palabras que no conozcan, para buscar información sobre ellas, como las que consideren clave, ya que les servirán para situarse en el tema. Como ayuda, los alumnos pueden usar enciclopedias, diccionarios enciclopédicos o Internet para buscar información sobre los distintos términos que aparecen en dicha lista.

También se pueden usar los datos que aparecen en los distintos artículos, con especial atención a los datos numéricos, para comprobar que la información es correcta o para afianzar conceptos.

Es interesante pedir a los alumnos que sean críticos con la información que aparece en las diferentes noticias, hasta el punto de animarles a que busquen errores, tanto en la terminología usada, como en los datos numéricos que aparecen. A modo de ejemplo, es curiosa la confusión producida en uno de los artículos con el telescopio de rayos X Chandra, que en algún pasaje del artículo se dice que es un radiotelescopio. Es bastante llamativo el escaso rigor con el que se usa, por regla general, la terminología científica en los artículos de prensa, como también lo es el poco cuidado que se dedica a la exactitud de los datos numéricos presentados. Por todo ello es muy probable que en los artículos de prensa que lean los alumnos sobre este tema aparezcan algunos errores. En el caso de no hallar errores, se produce igualmente un refuerzo de los conceptos al realizar el esfuerzo de comprobar todo lo leído.

A1.2 Actividad multimedia

Telescopios y radiotelescopios. Similitudes y diferencias.

Búsqueda de información en Internet usando como criterio de búsqueda términos relacionados.

A raíz de la actividad anterior surge de manera natural una pregunta ¿qué diferencias y qué similitudes hay entre un telescopio y un radiotelescopio? ¿Son lo mismo, casi lo mismo o muy diferentes? Es posible que algunos alumnos, si no la mayoría, sepa reconocer lo que es un telescopio y decir para qué sirve. Incluso es posible que sean capaces de hacer un esquema de su funcionamiento. Esto, como hemos visto, nos permite partir de las ideas que tienen los alumnos para desarrollar las diferentes actividades de aprendizaje.

Los alumnos pueden diseñar una plantilla para recoger las similitudes y diferencias que encuentren. Pueden ayudarse de esquemas o dibujos explicativos, así como recopilar imágenes.

Para ayudarles en esta búsqueda es interesante usar diferentes categorías que sirvan para guiarles:

- Construcción, montura, dimensiones.
- Sensibilidad. poder resolutivo.
- Disposición de elementos, funcionamiento.

Usando estas palabras clave, los alumnos deben buscar en Internet información sobre el tema. Es importante hacer hincapié en que no se limiten sólo a páginas en castellano. También es mejor que comiencen por los telescopios ópticos, más conocidos.

A1.3 Actividad de lápiz y papel

Cuestionario sobre monturas de telescopios ópticos.

En esta actividad presentamos un cuestionario a los alumnos para que indiquen las monturas de un conjunto de dibujos e imágenes reales de telescopios ópticos, para afianzar los tipos de monturas.

A2 Actividad de lápiz y papel

Cuestionario inicial sobre ideas previas o concepciones alternativas.

Puede ser interesante pasar un cuestionario sobre concepciones alternativas a los alumnos para hacernos una idea de su estado general de conocimientos, aunque la mayoría de ellos no habrá tenido ningún tipo de información previa sobre radiotelescopios, excepto, en todo caso, la información obtenida en la actividad anterior. El motivo por el que planteamos esta actividad en segundo lugar es que pretendemos activar previamente las concepciones alternativas de los alumnos a través de la búsqueda de información realizada anteriormente. Así, los alumnos se ven obligados a *buscar acomodo* a la información que recogen dentro de su estructura cognitiva, lo que les lleva a relacionar dicha información con conceptos preexistentes, o incluso a construir nuevas concepciones. De ahí la pertinencia de plantearles ahora preguntas, preferentemente de tipo abierto, que permitan *activar* estas concepciones alternativas. Para este tema en particular de los radiotelescopios, las preguntas tienen que ver con los conocimientos que los alumnos pueden tener acerca de las ondas de radiofrecuencia, sus rangos y su captación.

Actividades de desarrollo

A3 Actividad de lápiz y papel y/o multimedia

¿Qué es un radiotelescopio?

Un radiotelescopio es un aparato que capta las ondas de radiofrecuencia procedentes del espacio. Esto permite determinar la posición de las radiofuentes en la bóveda celeste y estudiar dichos objetos en la frecuencia en la que está sintonizado el radiotelescopio. Los radiotelescopios actuales constan de un colector de ondas, denominado normalmente antena, y de un receptor.

El colector de ondas o antena

Para las ondas de longitud inferior a un metro se emplean como colectores las antenas parabólicas; para mayores longitudes de onda se usan las redes de antenas. La ganancia de potencia de un radiotelescopio se mide en términos de la mejora frente a una simple antena dipolar (una antena de radio o de TV común) y depende directamente del área de la antena e inversamente del cuadrado de la longitud de onda a la que opera el radiotelescopio. En una antena de alta ganancia, la radiación es captada por un estrecho haz, cuyo ancho depende de la relación entre la longitud de onda y el diámetro de la antena. En el caso de las antenas parabólicas, su poder resolutivo, análogamente a los telescopios ópticos, viene dado por la relación entre la longitud de onda y el diámetro de la parábola; pero así como en los telescopios ópticos se captan las ondas de longitud de onda inferior a la micra ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$), los radiotelescopios trabajan con ondas con longitud de onda millones de veces mayor y, por tanto, su poder resolutivo es mucho menor. Para que un radiotelescopio que observa a una longitud de onda de 6 cm tenga la misma resolución que un telescopio óptico de 5 m, su diámetro debería ser de unos 500 km. Para alcanzar una mayor resolución en radio, muy superior en algunos casos a la de los telescopios ópticos, se usan interferómetros.

Montura

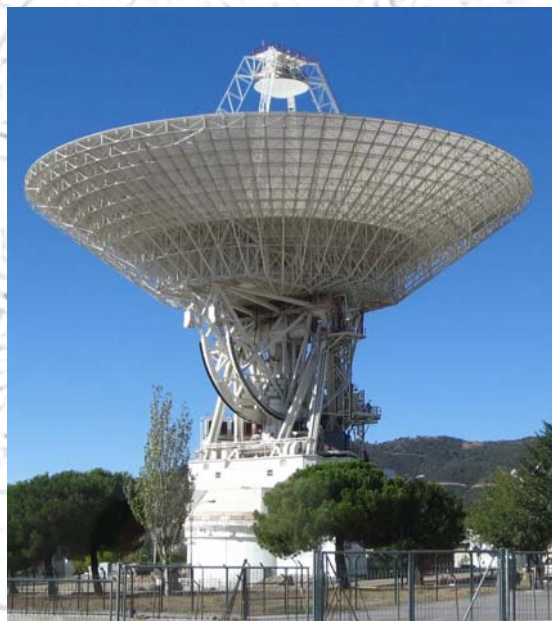
En algunos radiotelescopios, la antena está situada sobre una montura ecuatorial, a lo largo de dos ejes perpendiculares, ascensión recta y declinación, con uno de ellos, el de declinación, alineado con el eje de giro de la Tierra. Esta alineación, denominada polar, depende de la localización del radiotelescopio y coincide con la latitud del lugar. El uso de monturas ecuatoriales facilita la labor del seguimiento de las radiofuentes, pues basta girar la antena alrededor de un solo eje, el de ascensión recta, para tener la radiofuente permanentemente enfocada. Sin embargo, son monturas caras y difíciles de construir, sobre todo, en los radiotelescopios de antenas muy grandes.

La antena de PARTNeR tiene una montura ecuatorial:



PARTNeR

La montura más sencilla es la montura altitud-azimut o altazimutal. Un eje, vertical, gira en azimut (en el plano horizontal), y otro eje, horizontal, permite el giro del radiotelescopio para cambiar la altitud (en el plano vertical). Los grandes telescopios modernos usan monturas altazimutales controladas por ordenador para hacer el seguimiento de la radiofuente. La antena de 70 metros de diámetro que se encuentra en el Complejo Espacial de Comunicaciones de la NASA (MDSCC, Madrid Deep Space Communications Complex) en Robledo de Chavela (Madrid) tiene una montura altazimutal:



Celso Frade

En esta imagen aparecen ambas antenas y pueden apreciarse las diferencias entre ambas monturas:



MDSCC

Rendimiento

El rendimiento de un radiotelescopio está limitado por varios factores:

- La exactitud de la superficie reflectora, que puede desviarse de su forma ideal.
- Las diferencias térmicas, que producen expansiones y contracciones que deforman la estructura.
- Las deflexiones debidas a los cambios en las cargas gravitatorias que se producen cuando se mueve la antena durante el seguimiento.

Las desviaciones de la superficie parabólica son importantes cuando alcanzan el 10% de la longitud de onda a la que operan. Los radiotelescopios diseñados para operar en longitudes de onda milimétrica o submilimétrica necesitan una superficie reflectora muy precisa (el 10% de 1 mm es 0,1 mm o 100 μm –micras-), que parece a veces prácticamente la de un espejo. Debido a que las superficies pequeñas pueden ser construidas con más precisión que las grandes, los radiotelescopios diseñados para operar en el rango milimétrico o submilimétrico (microondas) son más pequeños que los diseñados para observar las ondas de radio largas. Tradicionalmente, el problema de la deformación gravitatoria ha sido minimizado mediante el empleo de estructuras móviles lo más tensas posible. Una técnica más efectiva, basada en el principio de homología, permite a la estructura deformarse bajo la acción de la gravedad, pues la sección transversal y el peso de cada miembro de la estructura móvil son elegidos con el propósito de que las fuerzas de gravedad deformen la superficie reflectora en un nuevo paraboloides con un foco ligeramente diferente. Entonces, sólo es necesario desplazar el alimentador o el subreflector a la posición del nuevo foco para mantener las prestaciones óptimas del radiotelescopio. Los diseños homológicos sólo han sido posibles con la ayuda del diseño asistido por ordenador.

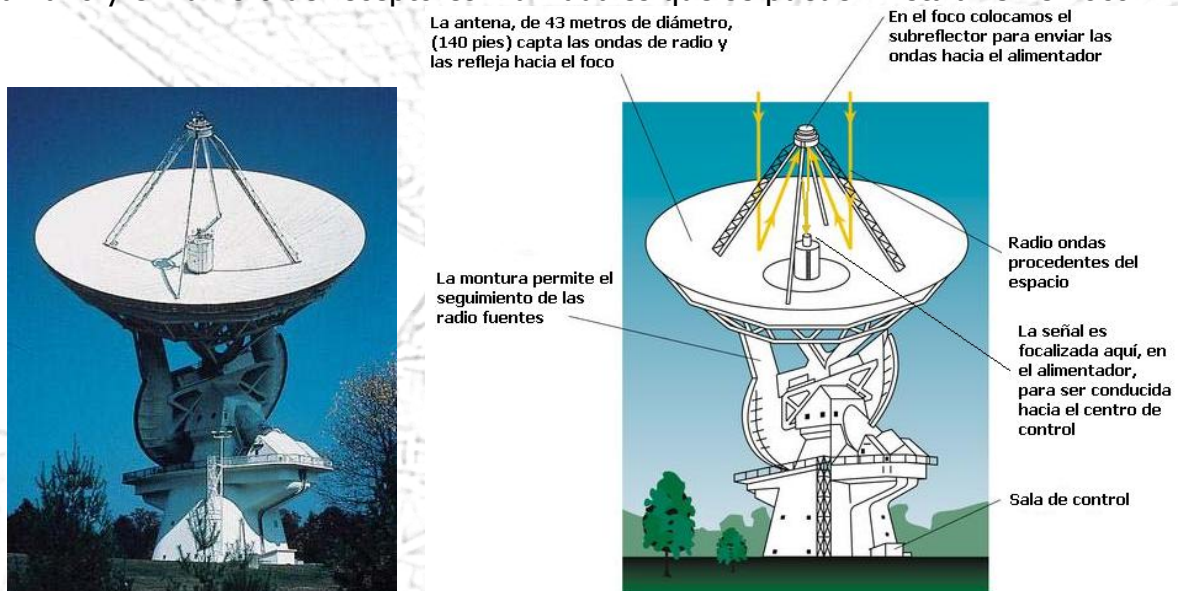
Algunos radiotelescopios, particularmente aquellos diseñados para operar en el rango milimétrico y submilimétrico, se colocan dentro de cúpulas protectoras, que anulan los efectos del viento y de las diferencias térmicas. Esto no puede hacerse en los grandes radiotelescopios.

El coste de construcción de una gran antena puede ser reducido fijando la estructura al suelo y moviendo el alimentador o el subreflector para dirigir el haz de recepción, aunque sólo con unos pocos grados de amplitud para evitar introducir aberraciones en la señal.

Para el caso de longitudes de onda relativamente largas, donde la superficie reflectora tiene un margen de precisión de unos pocos centímetros, resulta práctico construir grandes estructuras en las cuales la superficie reflectora puede ser una simple estructura formada por varillas metálicas en lugar de ser una superficie continua, reduciendo de esta manera el peso total de la antena, y permitiendo aumentar su tamaño.

Disposición de elementos

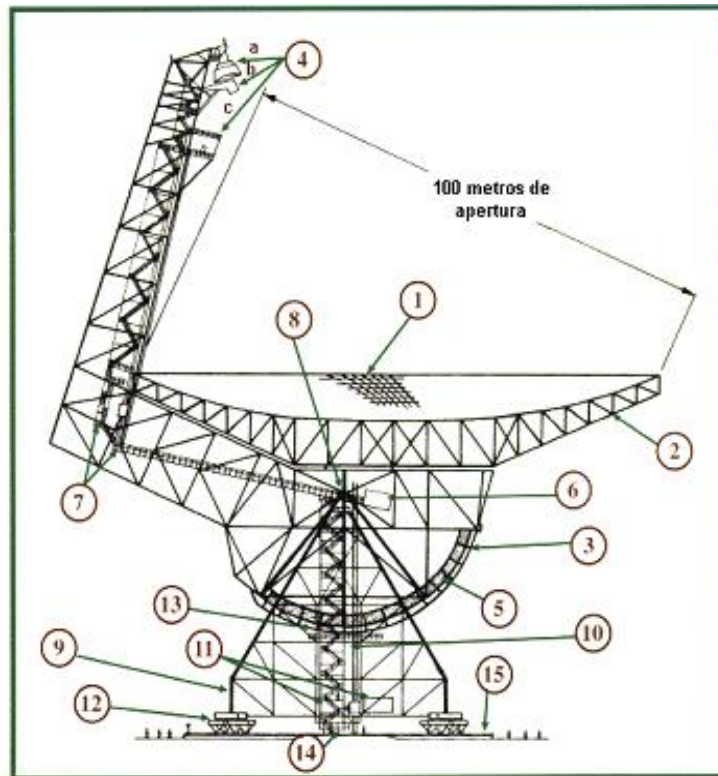
En los radiotelescopios más simples, el receptor se coloca directamente en el foco de la antena parabólica y la señal detectada se lleva por cable hasta un registrador en donde se puede analizar. Sin embargo, en este tipo de configuración es difícil acceder a la instrumentación para su mantenimiento y reparación, y razones de peso limitan el tamaño y el número de receptores individuales que se pueden instalar en el foco.



Disposición de elementos en el radiotelescopio de 43 m (140 ft), en Green Bank (EEUU)

En los radiotelescopios más grandes, en los que hay receptores para varias bandas, la disposición más usada es la denominada Cassegrain. En esta disposición, en el lugar del foco primario se sitúa el reflector secundario o subreflector, que tiene forma de hiperboloide de revolución. Este subreflector vuelve a reflejar las ondas enviándolas hacia el alimentador o cono receptor, situado en la base de la superficie reflectora parabólica. De este modo se facilita el acceso a la instrumentación del receptor para su mantenimiento, y se permite un tamaño y peso mayores por estar en un punto más estable. Los radiotelescopios con subreflector tienen la ventaja de permitir reconfigurar el conjunto con el fin de mejorar la ganancia total.

1. Superficie del reflector primario
2. Estructura de soporte del reflector
3. Rueda de elevación
4. Reflector secundario
(a) subreflector
(b) foco primario
(c) sala receptora
5. Contrapeso
6. Sala de control de superficie activa
7. Vía de acceso al punto focal
8. Punto de elevación (Elevation bearing)
9. Soportes (Alidada)
10. Ascensor
11. Sala de material
12. Vagones y raíles de azimut
13. Raíles de elevación
14. Punto de giro o pivotaje (Pintle bearing)
15. Vía de azimut



Disposición de elementos en el radiotelescopio GBT, en Green Bank (EEUU)

Sensibilidad

La sensibilidad del radiotelescopio, esto es, la habilidad para detectar radiofuentes débiles depende:

- Del área y la eficiencia de la antena.
- De la sensibilidad del receptor empleado para amplificar y detectar la señal.
- De la duración de la observación.

La superficie colectora de un radiotelescopio suele tener forma de paraboloide de revolución. Esta superficie actúa como un espejo, de forma que las ondas planas que le llegan de la radiofuente se reflejan en ella y son enviadas hacia el denominado foco primario. La forma paraboloide de la superficie colectora permite filtrar interferencias procedentes de otras fuentes a las que no se está apuntando, ya que las ondas que no incidan frontalmente contra dicha superficie no serán reflejadas hacia el foco primario. En el foco primario se coloca el receptor, denominado alimentador. En un radiotelescopio, el alimentador es una guía de ondas en forma de trompeta (feed horn) que está conectado a un receptor de radio muy sensible. El receptor de radio, denominado radiómetro, tiene una importancia capital pues determina la relación señal-ruido. Se usan receptores con amplificadores de bajo ruido enfriados criogénicamente para minimizar el ruido.

Debido a que algunas fuentes astronómicas son extremadamente débiles, los radiotelescopios tienen antenas muy grandes y emplean receptores muy sensibles.

Las débiles fuentes astronómicas son fácilmente enmascaradas por las interferencias terrestres, por lo que los radiotelescopios deben protegerse de las interferencias producidas por el hombre. Para hacernos una idea de lo increíblemente débiles que son las señales recibidas basta señalar que la energía recogida por todos los radiotelescopios del mundo, más de 80, a lo largo de los últimos 50 años es menor que la energía liberada por una gota de lluvia al chocar contra el suelo.

Las observaciones suelen durar varias horas y se emplean sofisticadas técnicas de procesamiento de señales para detectar sólo las astronómicas, que son un millón de veces más débiles que el propio ruido generado en el receptor. Los cálculos necesarios para reducir los datos a información científicamente útil se realizan con potentes ordenadores.

En esta actividad presentamos a los alumnos dos cuestionarios:

- Uno con imágenes de radiotelescopios para que indiquen la montura de cada uno y la disposición de los elementos (simple o cassegrain).
- Otro con un diagrama de un radiotelescopio para que señalen todos los elementos que conozcan, y para que expliquen su funcionamiento.

A4 Actividad multimedia

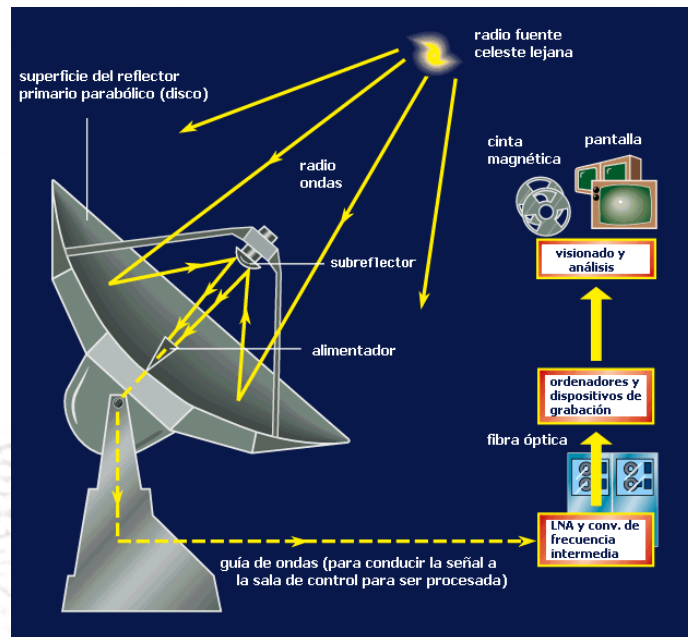
¿Cómo funciona un telescopio?

Visionado de una presentación PowerPoint sobre el tratamiento de la señal recibida por un radiotelescopio.

La radiación es recogida por la parábola de la antena y enviada hacia el subreflector. Desde ahí, se refleja hacia un punto en la parábola de la antena, donde se encuentra el alimentador (feed horn, en inglés). Allí la frecuencia se selecciona mediante filtros, y se envía la señal resultante, a través de una guía de ondas y, previo paso por el amplificador de bajo ruido (LNA Low Noise Amplifier, en inglés), hacia un convertidor de frecuencia intermedia. Desde allí, la señal es conducida por medio de fibra óptica hacia el centro de procesamiento de datos.

Las señales de alta frecuencia, como las que se reciben en un radiotelescopio, se atenúan muy rápidamente al transmitir las por un cable, por lo que si se trabajase a estas frecuencias todo el sistema receptor sufriría grandes inestabilidades. Para transmitir una señal con una pérdida mínima, es conveniente bajarle la frecuencia. Esto se hace utilizando un conversor de frecuencia intermedia, que en realidad es un mezclador que combina la señal original recibida en la antena con otra señal artificial y monocromática, es decir de frecuencia fija, proporcionada por un oscilador local. Esta mezcla tiene como consecuencia el cambio en la frecuencia de la emisión recibida del cielo que nos interesa, y la obtención de dos señales: una cuya frecuencia es la suma de la original más la del oscilador local y otra cuya frecuencia es la resta (en valor absoluto) de las mismas. Esta última señal, llamada de frecuencia intermedia es la que se utiliza para ser propagada por los cables con las mínimas pérdidas, ya que proporciona exactamente la misma información que la señal inicial y es más fácil de transmitir.

Lo habitual es bajar la señal recibida (inicialmente de más de 1 GHz de frecuencia) a varias decenas de MHz.



Traducido de abyss.uoregon.edu/~js/images/radio_telescope.gif

Veamos un ejemplo de esto con números. Supongamos que queremos estudiar la emisión en radio de una galaxia en 2 GHz y que nuestro sistema está preparado para procesar señales de 300 MHz después del convertidor de frecuencia intermedia. En este caso, para que la señal astronómica que nos interesa baje a 300 MHz, tendremos que usar un oscilador local que nos proporcione una señal de 2300 o de 1700 MHz. En ambos casos, la frecuencia intermedia (original - oscilador local) será de 300 MHz. Supongamos entonces que elegimos un oscilador local de 1700 MHz. La señal de 2 GHz que nos interesa también saldrá del convertidor a 3700 MHz (original + oscilador local), pero al ser una frecuencia superior a la original, sufrirá aún más problemas de pérdidas, así que no nos resultará muy útil. También hay que tener en cuenta que usando un oscilador local a 1700 MHz, no sólo bajamos a 300 MHz la radiación que la galaxia observada emite en 2 GHz, sino también la que emite en 1,4 GHz (la diferencia 1700 MHz - 1400 MHz es también de 300 MHz). A menos que filtremos la señal de 1,4 GHz antes de llegar al convertidor de frecuencia, las señales originales de 1,4 y de 2 GHz las tendremos superpuestas tras el convertidor. Si hacemos este filtrado previo tendremos un sistema receptor de banda simple, que es lo más habitual. Si no filtramos, tendremos un sistema receptor de banda doble, y estaremos procesando simultáneamente la emisión de dos frecuencias diferentes. La señal obtenida con la nueva frecuencia intermedia es amplificada de nuevo y enviada a un medidor de potencias o a un espectrómetro para su análisis. Un medidor de potencia simplemente cuantifica la energía recibida por unidad de tiempo en el intervalo de frecuencias determinado por nuestros filtros. Es el tipo de sistema de medida que utilizaríamos para medir radiación continua, ya que esta emisión no cambia mucho en una anchura de banda (intervalo de frecuencias) relativamente estrecha. Cuanto mayor sea la anchura de banda, más cantidad de energía estaremos recibiendo y, por tanto, la señal recibida será de más calidad, es decir, menos ruidosa.

Pero si ampliamos demasiado la anchura de banda (por ejemplo, más allá de 1 GHz), puede que las variaciones de emisión de nuestra fuente dentro de la banda observada empiecen a ser importantes. En PARTNeR utilizamos medidores de potencia. Un espectrómetro puede realizar un análisis de cómo varía la emisión en función de la frecuencia dentro del intervalo de frecuencias que estemos observando. Este tipo de equipos es útil para observar líneas de emisión, que sólo emiten en una zona de frecuencias muy estrecha. En PARTNeR no disponemos de espectrómetros.

Los radiotelescopios son usados para medir tanto el continuo de ancho de banda como características espectroscópicas debido a líneas atómicas y moleculares encontradas en la parte radio del espectro electromagnético.

En los primeros radiotelescopios, las observaciones espectroscópicas eran hechas sintonizando un receptor a lo largo de un rango de frecuencias. Este procedimiento consumía mucho tiempo y restringía las observaciones. Los radiotelescopios modernos funcionan en un gran número de frecuencias simultáneamente, gracias a dividir las señales en miles de canales de frecuencias separadas, que cubren un ancho de banda de decenas o centenas de Mhz.

El tipo más sencillo de radio espectrómetro emplea un gran número de filtros (cada uno de ellos sintonizado a una frecuencia y seguido por un detector separado), para producir un receptor multifrecuencia. Si el receptor es de banda ancha y se pretende detectar señales débiles, la salida del receptor es promediada sobre períodos de varias horas, para así reducir el efecto del ruido generado por el propio receptor.

Todo esto se muestra en una presentación Power Point que muestra el tratamiento que se da a la señal desde que es recibida por un radiotelescopio hasta que ésta es enviada mediante fibra óptica al centro de procesado de datos.

A5 Actividad de lápiz y papel

Creación de un mapa conceptual.

Ya hemos comentado anteriormente lo que son los mapas o diagramas conceptuales. Por ello, en este momento simplemente recordamos algunos aspectos importantes, como que, desde el punto de vista descriptivo, un mapa conceptual está formado por una serie de conceptos escritos en un papel, unidos mediante líneas. Cada una de estas líneas representa una relación entre los conceptos situados en sus extremos.

Asimismo, la característica más significativa de un mapa conceptual como técnica gráfica es la importancia que en ellos tienen las líneas de unión entre los conceptos. En otras técnicas diagramáticas las líneas de unión son un nexo entre bloques de información sin un significado especial, tan sólo indican el paso de un bloque de información a otro. En el caso de los mapas conceptuales la línea de unión tiene un significado preciso, y constituye una proposición con los conceptos extremos.

La distribución espacial de los conceptos que forman el diagrama debe corresponderse con la relación de significado entre los mismos. Así, los conceptos más relevantes deben ocupar posiciones preferentes y deben ser resaltados convenientemente.

Recordar también que existen dos tendencias para construir los mapas, una denominada piramidal y la otra central.

En la primera el concepto que se considera más importante se sitúa en la parte superior y, a partir de él, se van colocando los demás en niveles cada vez más bajos. A medida que descendemos por el diagrama los conceptos son menos importantes. La otra tendencia concede una posición central al concepto más relevante y a partir de él se ramifica en todas direcciones, dando al conjunto un aspecto estrellado.

En una primera aproximación, los conceptos pueden encerrarse en recuadros unidos mediante líneas, pero en ese caso una línea que une dos conceptos puede significar cosas distintas para personas distintas, por lo que el mapa pierde su utilidad como técnica para representar la estructura cognitiva.

Es recomendable etiquetar las líneas de unión entre conceptos para conseguir así un mayor poder explicativo del mapa. Lo más usual es que la etiqueta sea un verbo con un significado claro (tiene, da lugar a, se compone de, etc.).

Además de la etiqueta, es necesario añadir una flecha a cada una de las líneas del diagrama para indicar el sentido en que se establece la relación. Si el mapa es lo suficientemente complejo, se pueden añadir comentarios breves al pie de los conceptos y relaciones más relevantes.

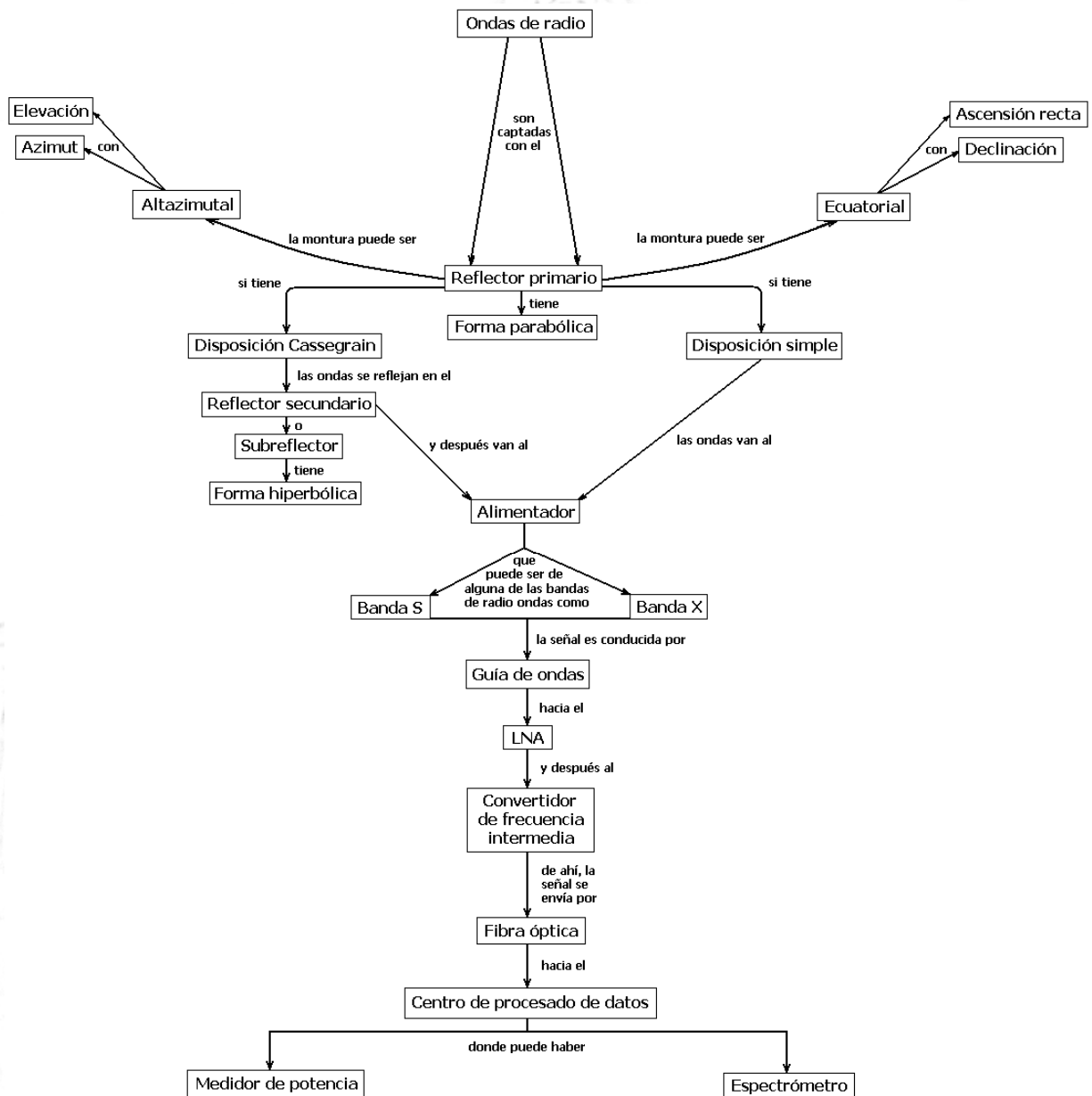
Las pautas para crear un mapa conceptual son:

- Partiendo del material disponible, seleccionamos los conceptos más importantes, es decir, aquellos conceptos necesarios para entender el significado del texto. Hacemos una lista con estos conceptos.
- Identificamos cuál de ellos es el concepto más importante, o sea, cuál es la idea más general del texto.
- Colocamos el concepto más importante al principio de una lista ordenada de conceptos y vamos disponiendo en ella los restantes conceptos de la lista inicial hasta que todos los conceptos queden ordenados de mayor a menor generalidad.
- Una vez que se ha llegado a este punto, se puede empezar a elaborar un mapa conceptual empleando la lista ordenada como guía para construir la jerarquía conceptual.
- Buscamos a continuación relaciones cruzadas entre los conceptos de una sección del mapa y los de otra parte de la *pirámide* o *estrella* conceptual.
- La mayor parte de las veces, en los primeros intentos, los mapas tienen una mala simetría o presentan grupos de conceptos con una localización deficiente con respecto a otros conceptos o grupos de conceptos con los que están estrechamente relacionados. Muchas veces hay que rehacer los mapas para clarificar los conceptos y sus relaciones.

En esta actividad, presentamos a los alumnos una lista desordenada de conceptos y les pedimos que la usen para crear el esquema conceptual del tema, en esta caso radiotelescopios:

disposición cassegrain	medidor de potencia	reflector primario	forma parabólica
LNA	subreflector	declinación	azimut
guía de ondas	elevación	disposición simple	espectrómetro
alimentador	ecuatorial	banda S	ascensión recta
altazimutal	forma hiperbólica	convertidor de frecuencia intermedia	reflector secundario
fibra óptica	ondas de radio	centro de procesado de datos	banda X

Después de que los alumnos hayan realizado sus esquemas, se presenta a los alumnos un esquema realizado por nosotros para que puedan comparar las diferentes relaciones entre conceptos y así clarificar los conceptos que hayan quedado poco claros. Es posible que haya más de un esquema correcto desde el punto de vista conceptual, aunque las relaciones sean ligeramente diferentes. La cuestión importante que debe quedar clara a los alumnos es que *existen muchas posibilidades de realización del esquema y no hay una estructura obligatoria*. A continuación se muestra un posible esquema conceptual:



Actividades de refuerzo

A6 Construcción de aparatos sencillos

Construcción de una maqueta, a escala, de un radiotelescopio.

En esta actividad se propone a los alumnos la construcción a escala de un radiotelescopio.

El primer paso es buscar toda la información necesaria para hacerse una idea de cómo son las antenas, su forma, dimensiones y movimientos.

A continuación, se debe elegir la escala a la que se va a realizar la construcción y los materiales que se van a usar. Esta elección debe hacerse en función del grado de implicación y de pericia de los alumnos. Es aconsejable recurrir a materiales sencillos y también a material de reciclado: papel, cartón, cartulina, tapones de todo tipo, envases de plástico y cosas por el estilo; para que la actividad se pueda desarrollar sin problemas en el aula. Si se puede disponer del aula-taller de Tecnología, entonces se pueden realizar las antenas con otros materiales, como cartón-pluma, madera o alambre.

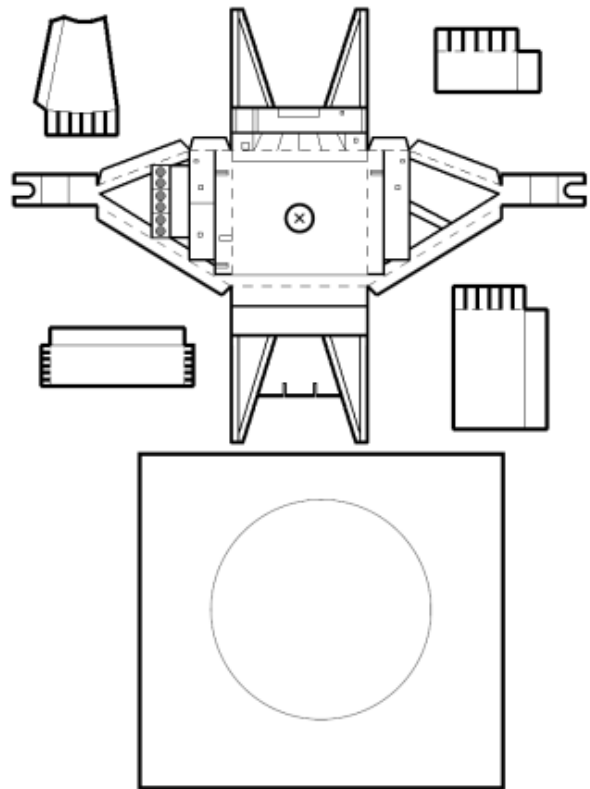
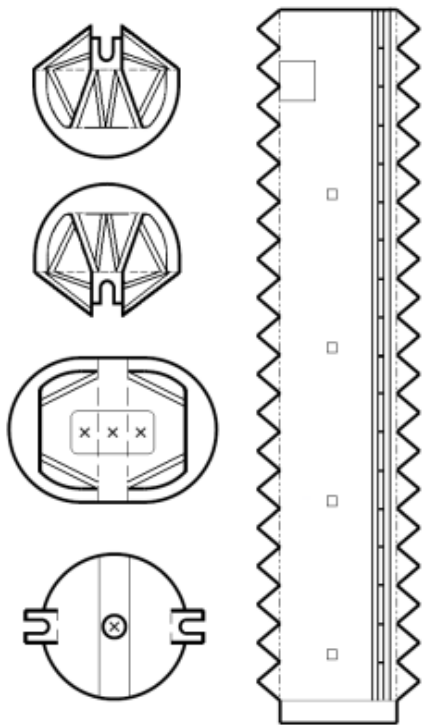
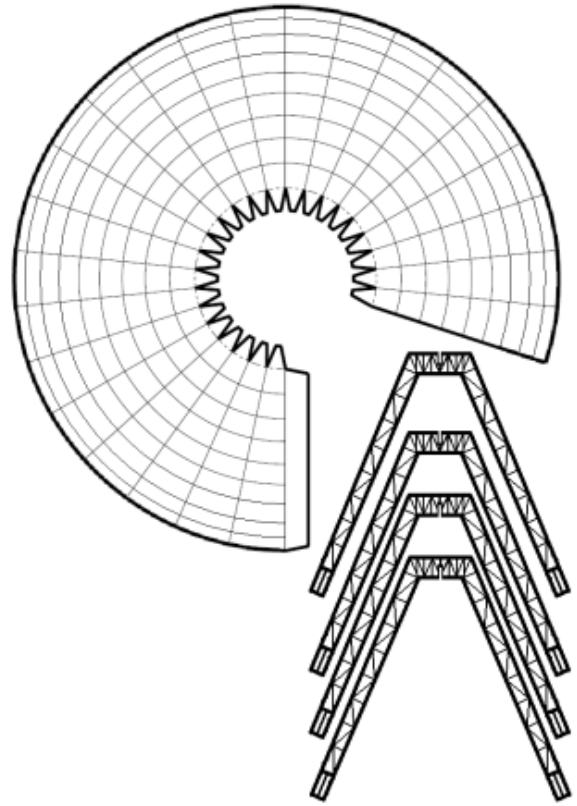
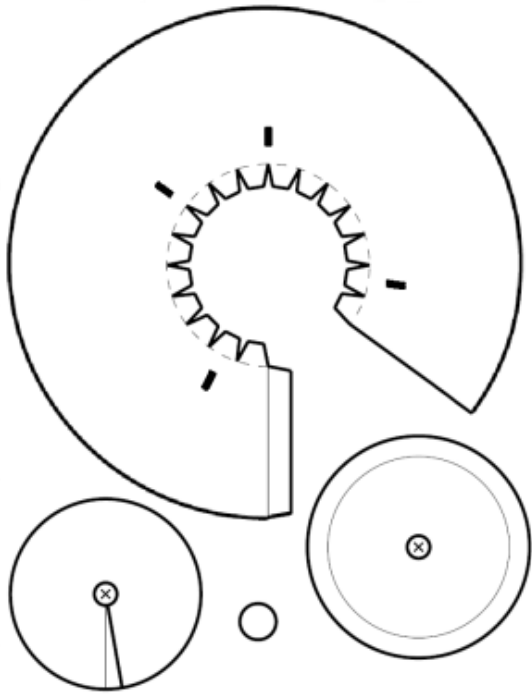
En este caso, presentamos un par de posibilidades, ambas a realizar en papel o cartulina: una de las maquetas corresponde a la antena de 70 metros de diámetro que se encuentra en el Complejo Espacial de Comunicaciones de la NASA (MDSCC, Madrid Deep Space Communications Complex) en Robledo de Chavela (Madrid) y la segunda corresponde a otra de las antenas del mismo complejo, la DSS55, de 34 metros de diámetro, que puede obtenerse en la página web:

<http://deepspace.jpl.nasa.gov/dsn/educ/model.html>

Es interesante recalcar a los alumnos las dificultades tecnológicas que aparecen en la construcción de estos aparatos y los estudios estructurales que deben realizarse para asegurar su plena operatividad.

Las piezas que forman la maqueta de la antena de 70 metros de diámetro se muestran en la siguiente figura:





A7 Actividad experimental sencilla

Usar una montura de horquilla para pasar de altazimutal a ecuatorial.

Esta actividad sirve para mostrar la diferencia entre los dos tipos de montura, ecuatorial y altazimutal, usando para ello una sencilla horquilla. Basta orientar convenientemente la horquilla para tener rápidamente una montura altazimutal (si apoyamos la horquilla en un plano horizontal) o una ecuatorial (si la apoyamos sobre un plano que forma un ángulo igual a la latitud del lugar).

El mayor atractivo consiste en pedir a los alumnos que construyan, preferentemente con material de reciclado, una pequeña réplica a escala de una horquilla como las de las monturas que han visto en actividades anteriores, y que luego construyan dos plataformas sobre las que colocar la horquilla para conseguir ambos tipos de monturas.

A8 Actividad experimental sencilla

Captar ondas de radiofrecuencia procedentes de Júpiter.

Júpiter emite ondas de radio en varias frecuencias. No está clara su procedencia, pero parece ser que tienen que ver con su campo magnético y también con su luna Io. Una emisión es en la banda de frecuencias de 18 a 22 Mhz, con un máximo en 21 Mhz. Estos valores están dentro de la capacidad de bastantes receptores de radio caseros. Dichos aparatos deben tener onda corta (SW) y su dial debe llegar a esos valores.

Las emisiones de Júpiter no son continuas. Tiene tres chorros más o menos equidistantes que giran con el planeta cada diez horas. Además, esos chorros a veces están activos y a veces no, por lo que es posible que en un primer intento no consigamos captar nada. Al igual que en otros aspectos de la vida, también en Astronomía la paciencia es una virtud.

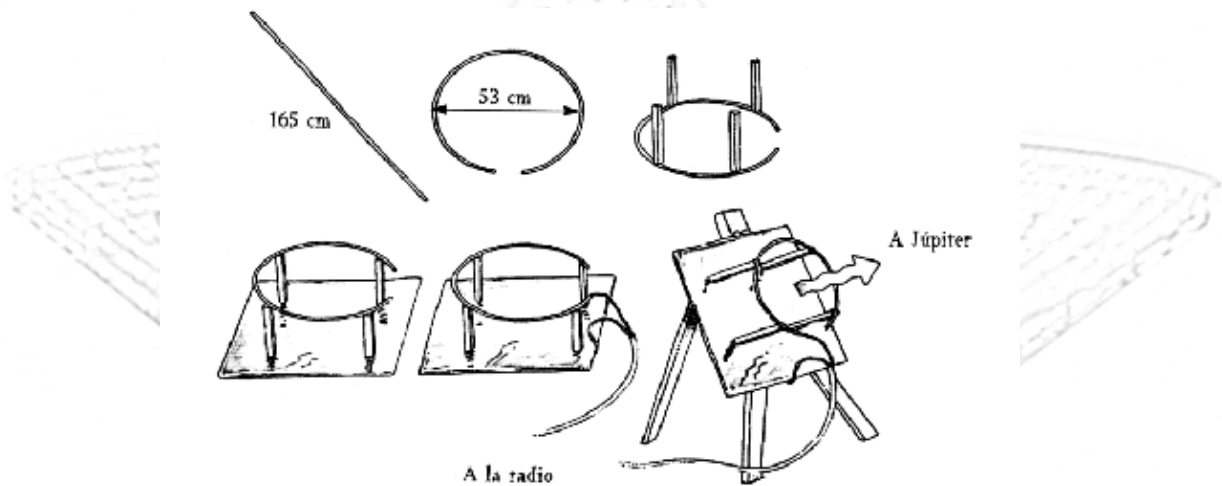
Sintoniza la radio en algún punto de esa banda en que no haya mucho ruido de fondo, y espera. Las emisiones suenan como olas de mar en una playa, que llegaran con una frecuencia de unas tres por segundo aproximadamente. Su intensidad crece hasta un máximo que dura algunos minutos (o segundos a veces), y después decae. La experiencia dice que si estás 20 minutos a la escucha, tienes 1 probabilidad entre 6 de oírlas. Como es lógico, Júpiter debe estar en el cielo, aunque no le interfieren las nubes.

La propia antena de la radio es adecuada, aunque es omnidireccional y captará ondas que procedan de todas las direcciones. Si se quiere mejorar la escucha, y además asegurar que procede de Júpiter, hay que construirse una antena direccional que sustituya a la normal. Necesitas los siguientes materiales:

- radio doméstica que tenga onda corta (SW), con dial que llegue hasta 18-22 Mhz.
- 165 cm de alambre de cobre rígido.
- cuatro palos de madera de unos 30 cm de longitud.

- una plancha de madera de 60 x 60 cm.
- papel de aluminio.
- cable coaxial (como el que se usa en las antenas de TV).

Se hace de la siguiente forma: con los 165 cm de alambre de cobre, haz una circunferencia de 53 cm de radio, sin cerrarla. Sujétala a cuatro palos de 30 cm de longitud. Forra una madera de 60 x 60 cm con papel de aluminio, sólo por una cara. Clava en ella la circunferencia de cobre. Coge un cable coaxial de antena y conecta el cable interior a la circunferencia de cobre, y la malla exterior al aluminio. El otro extremo conéctalo a la antena de la radio. Por último, dirige la antena hacia Júpiter.



Fuente: Ricardo Moreno en la sección Taller de Astronomía en <http://www.apea.es>.

Actividades de ampliación

A9 Actividad multimedia

Censo mundial de radiotelescopios.

En esta actividad los alumnos deben usar Internet. La idea es realizar el censo de todos los radiotelescopios que hay en el mundo. La información que deben recopilar es:

- Lugar donde se encuentra el radiotelescopio.
- Diámetro de la antena.
- Frecuencia y longitud de onda de trabajo.
- Imagen, si es posible.

Puede ser interesante que busquen la información en los sitios web de los observatorios donde se hallan los radiotelescopios. Como ayuda, pueden buscar sitios web que presentan censos parciales, como los siguientes:

http://www.nas.edu/bpa1/NonUS_Radio_Astronomy_Observatories.htm
http://www.nas.edu/bpa1/US_Radio_Astronomy_Observatories.htm

En ellos aparece un listado bastante amplio de radiotelescopios, tanto fuera como dentro de los EE.UU. Se puede proponer a los alumnos que rellenen una plantilla por escrito con los datos pedidos, o también que realicen una presentación PowerPoint donde organicen toda la información de una manera mucho más atractiva, sobre todo visualmente.

A10 Uso de programas que permitan desarrollar experiencias sencillas

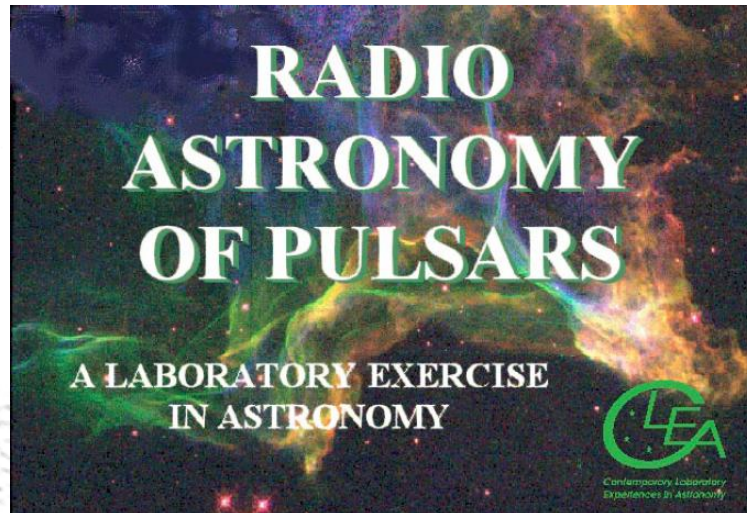
Programa de radioastronomía con púlsares de CLEA.

Este interesante software plantea el uso virtual de un radiotelescopio para la observación de púlsares y la medición de su periodo de rotación. El programa se denomina PlsrLab.exe y pertenece a una familia de programas que componen un completo laboratorio astrofísico virtual. Es muy interesante aunque bastante avanzado. Se puede encontrar una traducción de las instrucciones en:

<http://mural.uv.es/papediaz/math/Pr%E1ctica%201.doc>

La práctica planteada en este documento es de nivel universitario y en ella se estudia, además, uno de los modos que existen para calcular las distancias a las que se encuentran los púlsares y también sus edades relativas.

Como ampliación a la práctica se propone también investigar un poco el propio funcionamiento del radiotelescopio, calculando la anchura del haz y si éste actúa dentro de los límites de difracción.



A11 Construcción de aparatos sencillos

Robótica: implementar un programa de control de antena que permita apuntarla para observación y seguimiento de radiofuentes.

Esta actividad se plantea como un proyecto a desarrollar dentro del campo de la robótica. El objetivo es programar un conjunto de mecanismos que actúen del mismo modo que lo haría un control de antena, permitiendo moverla para apuntar a una fuente y para realizar un seguimiento de la misma. La montura ecuatorial es más sencilla de programar en lo que respecta al seguimiento de las fuentes ya que, una vez fijada la declinación, sólo se debe hacer variar la ascensión recta a un ritmo constante de $0,004^\circ$ por segundo (es decir, $360^\circ/86400$ s); pero es más compleja de construir, al tener que colocarla siguiendo el eje polar. La montura altazimutal es más sencilla de construir, ya que hay que disponerla simplemente siguiendo dos ejes, uno vertical y otro horizontal; mientras que la programación para realizar el seguimiento de las fuentes es bastante más compleja que en el caso anterior, ya que durante el mismo la antena debe moverse a la vez a lo largo de ambos ejes, elevación y azimut, para mantener enfocada la fuente.

Este proyecto puede adquirir una gran envergadura con la construcción final de un mecanismo a escala que incluya los engranajes para los ejes móviles y sus motores asociados (con velocidades de giro controladas por reductoras), y con el desarrollo de un completo programa de control que permita la operatividad total del modelo construido, como si fuera un radiotelescopio de verdad.

En este caso, además, la construcción debe hacerse con materiales más robustos que el papel, cartón y cartulina, debiendo recurrir al uso de madera, plástico y metal, lo que hace indispensable el uso del aula-taller de Tecnología y de las herramientas que allí se encuentran para la construcción del dispositivo.

FICHAS DE TRABAJO

Radiotelescopios



El universo, a cualquier hora del día con una parabólica

La Universitat es la primera en ofrecer a investigadores y alumnos el estudio del cosmos a través de ondas de radio

NEUS CABALLER, Valencia
La dificultad de estudiar un objeto emisor tan lejano como los cuerpos celestes se compensa por la rápida evolución actual de las técnicas de observación astronómica, lo que facilita la reconstrucción de mapas tridimensionales a gran escala de las estructuras cósmicas: el viejo *sueño de Hubble*. Siguiendo la obstinación que llevó al astrónomo americano a estimar la distancia a las galaxias a partir de la *constante de proporcionalidad* y de su velocidad de recesión a principios del siglo pasado, la Universitat de València ha adquirido una antena de radioastronomía de tres metros de diámetro que permitirá explorar el cielo a cualquier hora del día.

Se trata de una potente para-

Colaborará en el proyecto SETI (Nasa) que trata de detectar señales extraterrestres

bólica anclada sobre dos ejes de movimiento, y dotada de un receptor capaz de sintonizar una frecuencia de 1.400 MHz, correspondientes a una longitud de onda de 21 centímetros. Una frecuencia considerada "óptima" para poder analizar la estructura espiral del sistema solar, y poder hacer el seguimiento de cualquier astro en cualquier condición atmosférica, "haga frío o calor, a cualquier hora del día", precisó ayer el profesor José Carlos Guirado.

Roto pues el cliché de "cazadores de estrellas de noche y nebulosas de día", la adquisición de este equipo de observación sensible a las ondas de radio procedentes de cualquier cuerpo celeste o galaxia (sean nebulosas, estrellas supernovas, planetas o cuásares), convierte a la institución en la primera universidad española que "ofrece a sus investigadores y estudiantes un equipo astronómico multifrecuencia", dijo el rector Francisco Tomás, al recordar que la antena se suma al telescopio óptico del Centro Astronómico del Alto Turia (CAAT) inaugurado en 1998.

De hecho, la "formación práctica" trasciende a la investigación puntera del Departamento de Astronomía y Astrofísica que dirige José María Ibáñez y del que forma parte el internacional Jon Marcaide, y se abre a las licenciaturas de Física, Matemáticas y Periodismo (área de divulgación científica), de las que proceden los 200 alumnos que ya han pasado por este laboratorio.

Entre los proyectos de investigación estrella que podrán activarse con este equipamiento destaca, sin duda, "el estudio de la estructura tridimensional de la Vía Láctea para determinar su curva de rotación, y con ello, la existencia de materia oscura en la galaxia". Lo cual, según explicó Guirado, permitirá además "establecer comparaciones entre resultados, debido a que la observación mediante ondas de radio es muy diferente a la observación óptica [mediante telescopio]". Otro proyecto que se activa, añadió, es "la colaboración en el pro-



Un técnico del departamento controla la antena instalada. / JOSÉ JORDÁN

yecto SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence), orientado a la búsqueda de señales inteligentes fuera de la Tierra". Aunque, si bien reconoció que las posibilidades de éxito con una antena de 3 metros son más bien "bajas", trabajar con un receptor de 21 centímetros permite a los alumnos formarse en unas técnicas de observación claves a corto plazo.

Como anticipo está la reciente implicación del grupo de radioastronomía —que integran Guirado, Eduardo Ros y el joven becario predoctoral Iván Martí-Vidal— en el estudio de "la futura producción científica de nuevos

instrumentos que funcionarán también dentro del rango de longitud de ondas de radio, como el programa ALMA (Atacama Large Millimeter Array) y SKA (Square Kilometer Array)" que, según Guirado, "son instrumentos que revolucionarán el mundo de la astronomía, y que la Universitat habrá construido". Hace unos años, el grupo de radioastronomía participó, recordaron ayer Ibáñez y Guirado, en el descubrimiento de la radioestructura de la supernova SN1993J, y realizó una película de la historia de la expansión de la supernova más joven y misteriosa.

El Consell amplía el capital social de Ciegsa en 60 millones de euros

EFE, Valencia

La Generalitat ha aprobado ampliar el capital social de la empresa pública Construcciones e Infraestructuras Educativas de la Generalitat (Ciegsa) en más de 60 millones de euros, mediante la emisión de 19.962 nuevas acciones nominativas de 3.006 euros de valor nominal cada una. El *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana* (DOGV) publicó ayer el acuerdo adoptado por la Junta General de Accionistas el pasado día 21 y que también contempla la modificación de los Estatutos sociales de Ciegsa para recoger esta ampliación de capital.

Este aumento de capital, según el DOGV, será suscrito "íntegramente" por el único socio de la sociedad —la Generalitat— y se desembolsará mediante aportaciones dinerarias en efectivo. Así, en función de lo aprobado, el 25% de la ampliación de capital, que supone algo más de 15 millones de euros, se desembolsará inmediatamente después de aprobada la ampliación en acciones de nueva emisión, con un valor nominal de 751,50 euros cada una. El resto se desembolsará igualmente por partes del 25%, la primera de las cuales se hará efectiva antes del próximo 30 de junio, la segunda antes del 30 de septiembre y la tercera y última antes del 30 de noviembre. Esta ampliación eleva el capital social de Ciegsa a 183,1 millones de euros, dividido en 60.935 acciones nominativas de 3.006 euros cada una.

Educación recurre el plazo de consulta del decreto que paraliza la LOCE

EP, Valencia

La Generalitat Valenciana presentará un recurso contencioso administrativo ante la Audiencia Nacional contra el Consejo de Estado por el plazo de consulta del proyecto de decreto que paralizará la Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE), según anunció ayer el secretario autonómico de Educación, Máximo Caturla, quien explicó: "Ante la obligatoriedad de poner a nuestra disposición el expediente del borrador de paralización de la LOCE, sólo se nos ha concedido un plazo de poco más de tres horas para que nos desplazemos a Madrid y lo analicemos". Caturla explicó que debido a que en la Conferencia Sectorial de Educación celebrada el pasado día 17 de mayo no hubo oportunidad de debatir y expresar las opiniones de la Generalitat Valenciana sobre el borrador de paralización de la LOCE, la consejería solicitó al Consejo de Estado una audiencia para poder estudiarlo y pronunciarse.

El Consejo de Estado está pendiente de dictaminar el proyecto de Real Decreto por el que se modifica el Real Decreto 827/2003 que establece el calendario de aplicación de la LOCE. Ante la negativa del presidente del Consejo de Estado a ampliar el plazo de consulta, Caturla declaró: "Nos sentimos no sólo indefensos sino dolidos por el tratamiento que hemos recibido".

Los profesores en precario de Alicante protestan ante el rectorado

E. M., Alicante

La Plataforma de Profesores en precario de la Universidad de Alicante protagonizó ayer una concentración ante el rectorado para exigir al Gobierno y al equipo rectoral que mejoren sus condiciones laborales. Según los organizadores en el campus existen 1.800 profesores que no tienen una estabilidad laboral.

El colectivo lamenta la "incertidumbre" en la que se encuentran y explican que el plan de estabilidad de la Universidad "no supone ninguna garantía de continuidad para el personal contratado". Estos profesores, que asumen una parte importante de las clases, exigen que no se aplique la LOU y que se amplie el plazo de diciembre de 2005 para que tengan aprobada la tesis doctoral y sean evaluados en Madrid.



Participantes, ayer en Alicante, en la concentración del profesorado en precario. / OLIVARES NAVARRO

FUTURO



Panorámica del llano de Chajnantor (en los Andes chilenos), donde se está construyendo el radiotelescopio internacional Alma. / A. R.

Un radiotelescopio en los Andes

Europa, EE UU y Japón construyen en Chile, a 5.100 metros de altura, el observatorio 'Alma'

En la cordillera de los Andes chilenos, en un amplio llano desolado, a 5.100 metros de altura, se desarrolla una actividad constructora muy poco corriente. Medio centenar de obreros completan la estructura de un edificio. Dentro de poco empezarán a preparar las 175 bases cimentadas de hormigón sobre las que podrán colocarse las 66 antenas —de 110 toneladas y 12 metros de diámetro cada una— del futuro radiotelescopio *Alma*, explica Claus Dierksmeier, responsable de las operaciones. Es un gran proyecto científico del Observatorio Europeo Austral (ESO), junto con EE UU y Japón, que apunta hacia la nueva frontera de la astronomía internacional. El lugar, el llano de Chajnantor, en el desierto de Atacama, fue elegido por sus condiciones inigualables de sequedad y estabilidad de la atmósfera, que favorecen las observaciones del cielo en las longitudes de onda radio.

Alma (siglas en inglés de conjunto de radiotelescopio milimétrico de Atacama) está diseñado para



Los expertos ajustan la antena del telescopio Apex, en Chajnantor (Chile), que es el prototipo del futuro Alma. / A. R.

El observatorio se podrá manejar como si fuera un gran 'zoom' de alta tecnología

ra responder a algunas de las más fundamentales incógnitas de la astronomía y la cosmología, sobre todo para intentar comprender cómo y cuándo se formaron las primeras galaxias y cómo evolucionaron a medida que el universo se expandía. El radiotelescopio también debe dar a los astrónomos las primeras imágenes de gran detalle de sistemas planetarios extrasolares y de los procesos de formación estelar.

La construcción de *Alma* se desarrolla a gran escala, como se observó en una reciente visita al lugar. El conjunto estará acabado y listo para hacer ciencia en 2012.

Para subir a Chajnantor, justo en la frontera de Chile con Argentina y Bolivia, es obligatorio pasar por el consultorio para que el médico te compruebe, como mínimo, la tensión y la oxigenación en sangre. Cada uno debe llevar una pequeña bombona de oxígeno por si acaso y una ambulancia acompaña diariamente a las cuadrillas de obreros que van a trabajar allí. La baja concentración de oxígeno en la atmósfera a 5.100 metros se nota, puede aturdir, uno pierde con-

En el llano de Chajnantor funciona ya un radiotelescopio, una antena de 12 metros de diámetro, muy similar a las 64 que formarán el conjunto *Alma*. Es *Apex*, un programa del ESO con el Instituto Max Planck (Alemania) y la Universidad de Unswala (Suecia), concebido con un doble objetivo: hacer ciencia y cumplir ensayos y pruebas necesarias para *Alma*.

Unos contenedores metálicos junto a la antena de *Apex* dan cobijo a media docena de técnicos y astrónomos encargados de completar su puesta a punto. Vivir y trabajar a 5.100 metros de altura es difícil, dada la baja concentración de oxígeno, así que alguno de ellos lleva dos tubitos introdu-

centración y el trabajo se hace más difícil. Por ello, el grueso de los trabajos de *Alma*, tanto durante su montaje como cuando esté en plena operación, con astrónomos de todo el mundo utilizándolo, se localizan en el centro de operaciones, a 2.900 metros de altura, cerca de San Pedro de Atacama.

Lo primero ha sido construir la carretera, una nueva vía de 45 kiló-

La química de las estrellas

cidos en la nariz conectados a una botella de oxígeno colgada a la espalda para respirar mejor. También los ordenadores sufren su particular mal de altura y sólo se usan allí equipos que cumplen determinadas especificaciones, como tener el disco duro presurizado con nitrógeno gaseoso.

La situación es tan incómoda que uno de los contenedores de *Apex* es un habitáculo con alta concentración de oxígeno creada artificialmente. Allí dentro pueden trabajar y dormir (si no tiene que ha-

cer operaciones en el exterior) los expertos que se ocupan de los últimos ajustes de la antena y de los instrumentos. Cuando el radiotelescopio funcione rutinariamente no tendría que haber nadie en Chajnantor.

El centro del control de *Apex* está en San Pedro de Atacama, a 2.420 metros de altura. Desde allí, los astrónomos manejan el observatorio a través de un enlace de comunicaciones por radio. Y los científicos llevan ya unos meses trabajando. "Estamos haciendo,

por ejemplo, observaciones de formación estelar, midiendo la composición química de nubes moleculares, donde se forman estrellas", explican Per Bergman, astrónomo del ESO y Heiko Hafok, del Max Planck.

También se está cumpliendo un programa de estudio de galaxias muy lejanas cuya radiación llega ya muy fría a la Tierra, por lo que el rango de frecuencias que abarca este telescopio (entre el infrarrojo y el radio) resulta óptimo para estudiarlas.

"*Alma* tendrá mucha más resolución que *Apex*, verá muchos más detalles en el cielo", comenta Bergman, "pero con esta antena se puede hacer ciencia de primera línea".

"Aquí, en tres talleres diferentes, se montarán las 25 antenas estadounidenses de *Alma*, las 25 europeas y las 16 japonesas, y se irán subiendo de una en una ya listas a Chajnantor", explica Dierksmeier, junto al terreno ya desbrozado del futuro taller estadounidense. Todos los equipos llegarán en piezas y se ensamblarán en esta zona de operaciones. "La primera antena

estará lista en enero de 2007 y a partir de esa fecha, durante casi tres años, se irán montando y subiendo a Chajnantor una cada mes. La primera europea se subirá en septiembre de 2008".

De momento, todo el personal vive y trabaja en unos contenedores metálicos acondicionados en el centro de operaciones. Pero en el futuro, un conjunto de edificios en ese lugar, diseñado por Dierksmeier, alojará desde los talleres de *Alma* hasta el centro de control del telescopio, los almacenes y las dependencias de trabajo de los astrónomos. El objetivo, explica este arquitecto alemán, es que sólo un reducido número de personas trabajen en Chajnantor, en el edificio técnico ahora en construcción.

Alma está diseñado para escudriñar el cielo en la zona denominada milimétrica y submilimétrica del espectro electromagnético y la razón de situar las antenas en este lugar de los Andes es que las moléculas de agua de la atmósfera absorben en gran medida la radiación de dicha longitud de onda, debilitando la señal que

España canalizará su participación en Alma a través del observatorio europeo

llega de las fuentes astronómicas a la superficie terrestre. Chajnantor es uno de los lugares más secos del planeta.

Los astrónomos podrán disponer el radiotelescopio *Alma* en varias configuraciones y, combinando las señales recibidas por las antenas, recomponer espléndidas observaciones de objetos celestes. Cuando las antenas estén más separadas unas de otras, repartidas en un área de 14 kilómetros de diámetro, el conjunto tendrá una resolución diez veces superior a la del telescopio Hubble. En la configuración compacta, con todas las antenas en un área de 160 metros de diámetro, *Alma* será óptimo para observar campos amplios en el cielo, como galaxias extendidas o grandes nubes de polvo. El radiotelescopio será como un *zoom* de alta tecnología.

Además de los tres socios principales, participan en el proyecto otros países, como España que entró en *Alma* a título individual pero que este año, tras su ingreso en el ESO como país miembro, canalizará su participación a través de esa organización.

Futuro El radiotelescopio de Arecibo, construido en una hondonada entre montañas de Puerto Rico, es el mayor observatorio fijo de este tipo en el mundo. De su nuevo detector Alfa, que se acaba de estrenar, y de las ventanas al cielo que con él se abren, habla en este artículo Daniel Altschuler, científico del observatorio de Arecibo y ex director del mismo.



La antena de 305 metros de diámetro del radiotelescopio de Arecibo (Puerto Rico) está montada entre montañas (izquierda). A la derecha, detalle del nuevo instrumento de observación ALFA. / ASSOCIATE PRESS

Rastreo del cielo en busca de lo desconocido

El radiotelescopio de Arecibo estrena un detector con el que completará el mapa de la Vía Láctea

SDANIEL R. ALTSCHULER seguramente tiene algún amigo que recientemente le ha mostrado su nueva cámara digital, un modelo mejor que el anterior ya que tiene una capacidad de cinco megapíxeles en vez de cuatro. Es una maravilla de la tecnología, resultado del desarrollo de los CCD (Charge Coupled Device), una memoria electrónica sensible a la luz, inventada en 1969 por Willard Boyle y George Smith en los laboratorios Bell.

En el Observatorio de Arecibo, en la verde isla de Puerto Rico, después de varios años de diseño y fabricación, se acaba de instalar en el plano focal del radiotelescopio más grande del mundo lo que equivale a una cámara digital con una capacidad de siete. No, no siete megapíxeles, siete a secas. No parece gran cosa comparado con las cámaras digitales, pero hasta ahora el instrumento tenía la capacidad de un solitario píxel, es decir, que era sensible a un punto del cielo solamente. Para hacer un mapa de una región pequeña del cielo era necesario apuntar a cientos de puntos adyacentes para obtener la información, y si se deseaba rastrear de forma completa una región amplia del cielo se hubieran necesitado años.

Con este nuevo instrumento, llamado ALFA (Arecibo L-band Feed Array) y construido en Australia por Ingenieros del ATNF (Australia Telescope National Facility), ahora es posible observar siete puntos adyacentes del cielo de forma simultánea lo cual es una mejora significativa. Se hace así hace factible escudriñar grandes áreas del cielo en un tiempo razonable.

Algunos de los descubrimien-

tos más importantes de la astronomía han ocurrido al azar, es decir al observar el cielo con algún instrumento y detectar algo que era inesperado y desconocido. Así fue el descubrimiento de los púlsares por Anthony Hewish y su estudiante Jocelyn Bell en 1967. Estos objetos muy densos, estrellas de neutrones formadas en una explosión supernova, tienen una masa de una vez y media la del Sol y un diámetro de unos 30 kilómetros. Una cucharadita de este material pesaría 10 millones de toneladas. Emiten dos haces de radiación electromagnética en frecuencias de radio, que, debido a la rápida rotación del púlsar (como si fuera un faro cósmico) generan en un radiotelescopio que los observe pulsos periódicos de muy alta regularidad. En realidad los púlsares no pulsan. Hewish recibió el premio Nobel de Física del año 1974.

En 1964, Arno Penzias y Robert Wilson descubrieron con un

pequeño radiotelescopio la radiación de fondo de microondas, uno de los pilares experimentales de la cosmología moderna. Otra vez fue la fortuna la que les ayudó, ya que el descubrimiento se produjo como consecuencia de su cuidadosa calibración de la antena que preparaban para realizar estudios astronómicos. Penzias y Wilson recibieron el Premio Nobel de Física del año 1978 por este descubrimiento.

Con el radiotelescopio de Arecibo, operado por la Universidad de Cornell para la NSF (National Science Foundation) de Estados Unidos, también se han descubierto cosas interesantes rastreando el cielo en busca de lo desconocido. Así en 1974, un profesor de la Universidad de Massachusetts y su estudiante propusieron realizar un trabajo de muchas horas de observación en una región del cielo en búsqueda de nuevos púlsares. Tuviron suerte. Encontraron el primer púlsar binario, denominado

PSR 1913+16 por sus coordenadas en el cielo, con un periodo de 59 milisegundos. El púlsar se encuentra acompañado de otro objeto, en este caso otra estrella de neutrones. Los dos objetos se encuentran separados por una distancia pocas veces mayor que la de la Tierra a la Luna. El periodo orbital es de solamente 7,75 horas y las velocidades son del orden de 100 kilómetros por segundo. El sistema constituye un laboratorio cósmico para estudiar efectos gravitatorios.

La órbita de este sistema binario se encoge lentamente (tres milímetros por órbita) al perder energía por la emisión de radiación gravitatoria. Esto concuerda con una predicción de la teoría gravitatoria (relatividad general) de Einstein que, de esta manera, se confirmó con gran exactitud. Es la única prueba experimental de la emisión de ondas gravitatorias. En 1993 se otorgó el premio Nobel de Física a Joseph Taylor y Russel

Hulse por este trabajo. Más recientemente, en 1991, durante un periodo de reparaciones del telescopio, un rastreo en búsqueda de púlsares realizado por Alex Wolszczan y Dale Frail también tuvo éxito, al descubrir el púlsar PSR B1257+12, el primer sistema planetario extrasolar.

ALFA opera en la banda de frecuencias de 1.225 a 1.525 megahercios, la cual incluye la famosa línea de 21 centímetros (1.420 megahercios), la radiación producida por átomos de hidrógeno. El 24 de abril pasado ALFA detectó los primeros fotones y luego de un periodo de calibración comenzarán los diversos estudios que se han propuesto.

Varios grupos de investigación se han formado para trabajar con ALFA y escudriñar el cielo en los próximos años. Unos se dedicarán a estudiar nuestra galaxia, la Vía Láctea, completando un mapa con una resolución y sensibilidad sin precedentes. Otro grupo estudiará el cielo extragaláctico en busca de regiones oscuras que contengan hidrógeno y de nuevas galaxias que se esconden detrás del plano de la Vía Láctea. Los expertos en púlsares buscarán nuevos púlsares por todo el cielo.

Ahora se conocen algo más de mil púlsares, y se espera que con ALFA se descubran otros mil. No sorprendería entonces encontrar unos cuantos objetos muy interesantes y si existe, encontrar un púlsar orbitando un agujero negro y estudiar así con gran detalle las propiedades del más exótico de todos los objetos astrofísicos.

Daniel R. Altschuler pertenece al Observatorio de Arecibo, del que fue director durante 12 años, y es autor de *Hijos de las estrellas* (editorial Akal).

Nueva cámara en los VLT

Una nueva cámara, muy avanzada, se acaba de instalar en el conjunto de cuatro telescopios gigantes VLT, del Observatorio Europeo Austral (ESO), en Paranal (Chile). Se trata de Visir, un instrumento para captar imágenes y hacer espectros de luz en infrarrojo medio. Diez años de trabajo ha costado a los

expertos del consorcio franco-holandés y del ESO, desarrollar este detector que funciona enfriado hasta casi 250 grados centígrados bajo cero. Llegó a Paranal el pasado 27 de abril y poco después produjo sus primeras imágenes.

Visir, que con todos sus equipos asociados pesa unas ocho toneladas, no sólo aporta genealogías de última generación, sino

que aprovecha las magníficas capacidades de los VLT, cada uno con un espejo principal de 8,2 metros de diámetro. Ha sido instalado en la tercera unidad del complejo, el telescopio Melipal. Con esta nueva cámara los astrónomos harán en 20 minutos observaciones que exigen toda una noche en los telescopios de tres o cuatro metros, ha

dicho Pierre-Olivier Lagage, corresponsable del desarrollo de Visir junto con el astrónomo Jan Willem Pel, quien ha destacado la alta resolución en espectroscopía de Visir.

Su especialidad es ver a través del polvo que oscurece muchas regiones del universo y esconde fenómenos de gran interés, desde colas cometarias hasta centros galácticos, incluidos procesos de formación estelar y los últimos estadios de la vida de muchos astros.

La definición propuesta de planeta divide a los astrónomos en Praga

AFP, Praga

Los astrónomos reunidos en Praga (más de 2.000) se mostraron ayer divididos sobre la primera definición oficial de planeta, propuesta por la comisión ejecutiva de la Unión Astronómica Internacional (UAI), que aumentaría de 9 a 12 el número de planetas del Sistema Solar. Al término de la discusión, los participantes en la vigésimo sexta reunión trienal de la UAI no alcanzaron el consenso esperado, aunque se aproximaron las posturas de los partidarios y los opositores de la definición, que debe votarse como resolución mañana.

El texto había sido rechazado por la mañana en sesión plenaria y fue modificado, de forma que la definición de planeta sería la de un cuerpo celeste redondo que es el mayor de su entorno y que orbita el Sol, lo que añade la condición de ser el mayor de su entorno. Otros intentos de aclarar puntos muy importantes en la propuesta original, como el estatus de Plutón y la existencia de planetas dobles, fracasaron.

La UAI provocó un intenso interés la pasada semana al proponer añadir tres pequeños planetas —el asteroide Ceres, la luna Caronte de Plutón y el nuevo cuerpo 2003UB₃₁₃ (bautizado provisionalmente como Xena)— a los nueve planetas clásicos.

Posible fracaso

“Los intentos de encontrar una definición física de lo que es un planeta están destinados al fracaso. Lo que la gente quiere saber es simplemente cuáles son los planetas”, ha criticado Günter Hasinger.

Una parte de los astrónomos presentes en Praga desea reservar el nombre de planeta a los ocho primeros descubiertos, expulsando de esta clase a Plutón, que es demasiado pequeño y tiene las características de los objetos del cinturón de Kuiper, situado mucho más allá de Neptuno.

Muchos de los astrónomos que intervinieron ayer piensan que este debate podría muy bien esperar otros tres años hasta el próximo congreso. “Es no solamente prematuro sino incluso peligroso para la ciencia cambiar la nomenclatura ahora”, dijo Jean-Claude Pecker, del College de France, que fue muy aplaudido. Otros astrónomos lamentaron que la discusión sobre lo que es un planeta se esté limitando al Sistema Solar cuando se han descubierto más de 200 cuerpos celestes alrededor de otras estrellas.

Una consecuencia inesperada de los esfuerzos de la UAI para llegar a un consenso podría ser reducir los planetas de 9 a 8 en vez de aumentarlos a 9 a 12. Tal como está la discusión, Ceres, Plutón y Xena serían planetas enanos y Caronte seguiría siendo una luna de Plutón.

“Seguimos discutiendo y es prematuro especular sobre el resultado final”, comentó ayer Lars Lindberg Christesen, portavoz de la UAI.

Un telescopio espacial de la NASA captura una imagen de la materia oscura

El ‘Chandra’ detecta el enigmático fenómeno por la colisión de dos cúmulos de galaxias

JAVIER SAMPEDRO, Madrid
Todo lo que nos parece que existe es sólo el 5% de lo que existe, según la mejor física disponible. Otro 20% es la materia oscura, que se puede inferir del comporta-

miento gravitatorio de las galaxias, pero que no consiste en gas caliente y estrellas (como casi toda la materia común), pues de ser así las galaxias tendrían que brillar varias veces más. Las observaciones del

radiotelescopio espacial de la NASA *Chandra*, que aprovechó la colisión de dos cúmulos de galaxias, no aclaran qué es la materia oscura, pero son casi su primera fotografía.

El 75% restante de lo existente es la aún más misteriosa energía oscura, similar a una fuerza que se opone a la gravedad a grandes escalas de distancia. Es la explicación favorecida por los físicos para explicar que el universo se esté expandiendo de forma acelerada.

El radiotelescopio de la NASA observó la explosión más violenta del universo después del Big Bang: el choque de dos cúmulos de galaxias en el llamado *bullet cluster*, o cúmulo de la bala. Un equipo de astrofísicos coordinado por Doug Clowe, de la Universidad de Arizona, ha utilizado el observatorio *Chandra* de rayos-X, en combinación con en telescopio espacial *Hubble* y varios observatorios terrestres para concentrarse en el *bullet cluster*, una agrupación de galaxias situada a más de 3.000 millones de años luz, y surgida a partir de los restos de una inmensa catástrofe cósmica: la colisión de dos cúmulos de galaxias preexistentes y, naturalmente, menores que el observable actualmente.

“Éste es el segundo acontecimiento más violento del que tenemos noticia después del Big Bang”, explica en un comunicado de la NASA el miembro del equipo Maxim Markevitch, del Centro de Astrofísica Harvard-Smithsonian de Boston. La energía de la colisión fue tal que la materia normal y la oscura se disociaron, y sus trayectorias opuestas han impreso en los ojos del *Chandra* la imagen que predice la teoría.

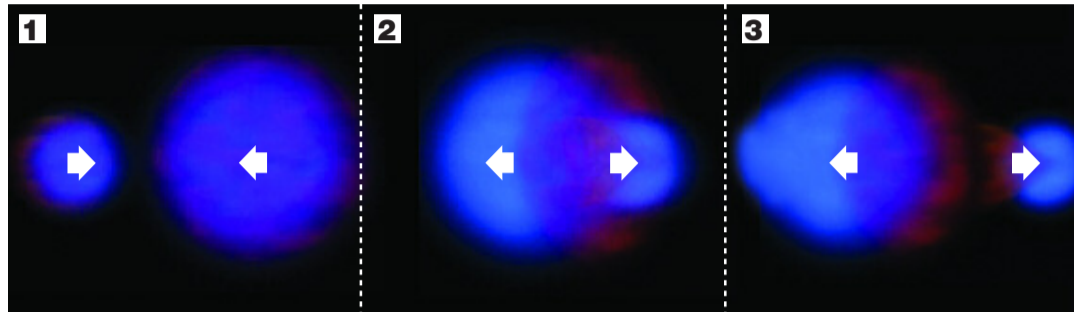
Los investigadores han identificado la materia oscura por la fuerte atracción gravitatoria que ejerce sobre la materia circundante. “Estas observaciones aportan la evidencia más fuerte hasta ahora de que a mayoría de la materia del universo es oscura”, afirma la NASA. “La única forma de explicar estas observaciones es la materia oscura”, aseguró ayer Sean Carroll, de la Universidad de Chicago, un cosmólogo no relacionado con la investigación.

Necesidad teórica

Los físicos no han llegado a la materia oscura por sadismo intelectual, sino por la presión de los datos. Casi toda la materia normal consiste en estrellas y —sobre todo— gas incandescente situado en su mayor parte entre las galaxias que forman cada cúmulo. Pero la suma de las galaxias y el gas no da la masa suficiente para mantener el cúmulo unido. De ahí la necesidad teórica de esa enorme cantidad de materia oscura. “Un universo dominado por materia oscura parece algo ridículo”, admite Clowe, “pero estos resultados son una prueba directa de ello”.

La demostración definitiva de la existencia de la materia oscura, y el esclarecimiento de su naturaleza, requerirán aislarla en

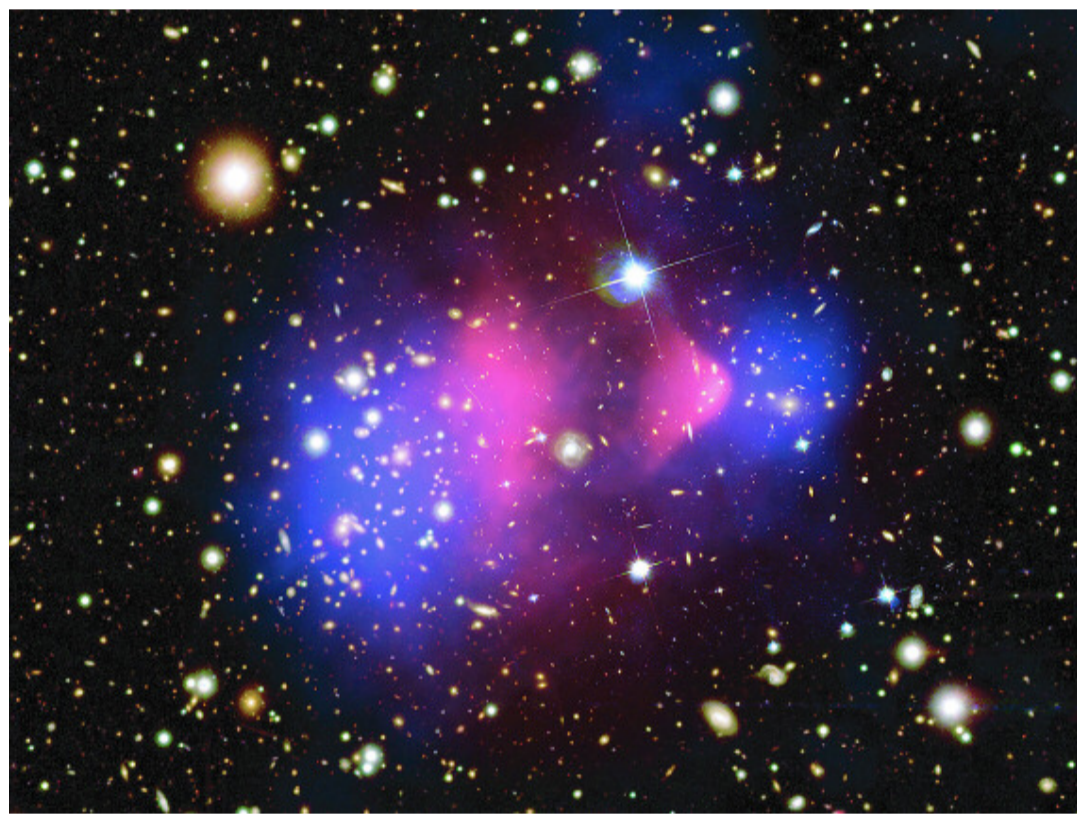
El choque que prueba la existencia de la materia oscura en el universo



1 Dos cúmulos galácticos se aproximan. Ambos contienen gas caliente (en rojo) y materia oscura (en azul).

2 Cuando los cúmulos colisionan, los gases calientes son frenados por una resistencia, similar a la que ejerce el aire, mientras la materia oscura continúa a la misma velocidad.

3 Tras la colisión, las dos galaxias se deforman y la materia oscura viaja por delante de los gases calientes.



Fuente: Agencias. NASA.

EL PAÍS

J. S., Madrid

El otro lado enigmático de la realidad, la energía oscura, tiene la más curiosa de las historias en la física teórica del siglo XX. Según la relatividad general —la teoría de Einstein descubrió en 1916, tras 10 años de lucha intelectual—, los objetos deforman el espacio y el tiempo (el espaciotiempo) de su entorno, como una bola de petanca deforma una cama elástica. Si hay otra bola de petanca rodando por las proximidades, la deformación hará que

un experimento de laboratorio. La dificultad está en detectar un fantasma que no interactúa con el resto del mundo salvo en una cosa: generar una atracción gravitatoria.

“Ésta es la clase de resultado que las futuras teorías tendrán

La pelota en el aro

caiga en espiral hacia la primera (y viceversa). Esas danzas geométricas de los objetos en caída libre por las curvaturas del espaciotiempo son la gravedad.

Pero la relatividad general tenía un problema grave: si los cúmulos de galaxias deforman la cama elástica del espaciotiempo, el universo debería colapsarse pendiente

abajo. Como en 1916 el Universo era estático, Einstein inventó una fuerza o presión repulsiva (imaginen un ventilador situado debajo de la cama elástica) que viniera a compensar las deformaciones causadas por las bolas. La llamó “constante cosmológica”, y eligió su magnitud de manera arbitraria y cuidadosa para que el universo

pudiera seguir siendo estático a gran escala. Pero, como ha explicado el físico Brian Greene, la trampa de Einstein equivale exactamente a pedir a una pelota que se quede parada sobre el aro de la canasta. Lo más fácil es que se acabe saliendo, y eso es lo que ha ocurrido: la energía oscura parece ser esa constante cosmológica inventada por Einstein, descartada después cuando se descubrió la expansión del universo, y recuperada aún más tarde al saberse que ésta era acelerada.

que tomar en cuenta”, opina Carroll. “A medida que progresamos en el entendimiento de la verdadera naturaleza de la materia oscura será imposible ignorar estos nuevos resultados del *Chandra*”. Los datos también respaldan que las leyes de la gravita-

ción (en particular la teoría general de la relatividad de Einstein) son uniformes en todo el universo, puesto que la principal interpretación alternativa a la existencia de la materia oscura es una leve modificación de esas leyes en ciertas escalas.

Futuro El Observatorio de Arecibo (Puerto Rico), popular como escenario de películas y de la búsqueda de señales extraterrestres, sigue siendo, a los 40 años de su construcción, además del mayor radiotelescopio del mundo, el mejor para las ondas centimétricas, gracias a una constante labor de renovación e innovación que le mantiene en la frontera de la astronomía.

El mayor radiotelescopio cumple 40 años

La renovación de los equipos mantiene al observatorio entre los más avanzados del mundo

Entre la exuberancia tropical de una zona montañosa en Puerto Rico se oculta una instalación única en el mundo, el radiotelescopio de Arecibo, un plato reflector de 305 metros de diámetro construido con planchas de aluminio en una hondonada, con el que se puede observar tanto la atmósfera de la Tierra como la de otros cuerpos celestes muy distantes, como Titán (esta enigmática luna de Saturno reveló hace poco a los observadores de Arecibo que posee lagos o mares de hidrocarburos). Dentro de unos días, el 1 de noviembre, el observatorio celebrará sus 40 años de existencia, sembrados de éxitos en los campos de la astronomía y el estudio de las capas superiores de la atmósfera, a pesar de su antena primaria fija.

Este cumpleaños, que será seguido por un congreso científico, coincide con la renovación de la cúpula directiva del observatorio. Daniel Altschuler, de origen uruguayo, que ha sido su director durante 12 años, ha dejado el centro en manos de Sixto Fernández, su primer director puertorriqueño. Mientras que Altschuler es astrónomo, González es especialista en física de la atmósfera, lo que indica la dualidad de la investigación, que se realiza en tres áreas: la radioastronomía (la detección de fuentes naturales de emisiones en frecuencias de radio, como galaxias y púlsares — estrellas de neutrones rotatorias—), la ciencia atmosférica (se emiten ondas de radio para estudiar su dispersión en la ionosfera y también existe instrumentación óptica) y la astronomía por radar (se emiten potentes señales

Ahora se pueden obtener imágenes de radar de asteroides con gran detalle

hacia planetas, lunas, asteroides y cometas y se recoge el débil eco generado cuando chocan con éstos). El observatorio puede también trabajar en red con otros, en interferometría de larga base.

Hace unos meses, cambió asimismo la dirección del Centro Nacional de Astronomía e Ionosfera, del que depende Arecibo, que gestiona desde 1971 la Universidad de Cornell (con sede principal en Nueva York) por encargo de la Fundación Nacional de Ciencia de EEUU (NSF). El nuevo director, Robert Brown, ha comentado: "La celebración no es sólo por la longevidad del telescopio de radio y radar, sino también para resaltar cómo se ha ido adaptando a la astronomía moderna". Y además, el observatorio se aproxima a una encrucijada porque el contrato de la Universidad de Cornell con la NSF expira el año que viene, y, por primera vez, la gestión del observatorio se otorgará tras un proceso competitivo que ya ha comenzado.

Con este panorama de cum-



Daniel Altschuler, con el radiotelescopio de Arecibo al fondo. A la izquierda, una de las torres de hormigón de las que cuelgan las antenas centrales. / M. R. E.

pleaños y cambios, Altschuler ve su larga etapa al frente del observatorio como la de director de un complejo equipo, según dijo en una reciente conversación con este periódico. "Lo que hemos logrado en la innovación de los equipos ha sido gracias a la comunicación con todos los científicos interesados. Esta institución es bastante democrática en este sentido", explicó. La excelencia científica se mantiene sometiendo a evaluadores externos los proyectos de los científicos propios y de los ajenos (éstos últimos suponen el 75% del trabajo con el instrumento). El observatorio es un centro abierto a toda la comunidad científica.

De su etapa como director, Altschuler recuerda el descubrimiento de que en algunos cráteres de Mercurio, tan cercano al Sol, hay evidencia de hielo. También el hallazgo de planetas alrededor de un pulsar, un sistema que se sigue estudiando. Al aumentar la capacidad del radar planetario en 1996, se pudieron empezar a estudiar los objetos pequeños, como los asteroides que se acercan a la Tierra. Algunos han resultado ser binarios y se han obtenido imágenes con gran detalle.

Más recientemente, destaca este astrónomo el estudio de pulsos gigantes de un púlsar de la nebulosa del Cangrejo. La instrumentación fue construida por científicos de la Universidad de Nuevo México, con una resolución temporal muy alta. "Pudieron ver que los pulsos son de nanosegundos, lo que equivale a decir que la región de la cual provienen no es más grande que una mesa, a 6.000 años luz de distancia. Es decir, estamos viendo regiones muy pequeñas a gran distancia".

También es preciso recordar, cómo no, la búsqueda de señales



M. R. E.

LOS DETECTORES. Forman el foco secundario del telescopio y cuelgan de cables sobre el plato de geometría esférica. A la izquierda, la cúpula gregoriana, nuevo reflector de gran sensibilidad.

inteligentes extraterrestres, sin resultados hasta ahora, cuyo proyecto actual termina dentro de unos meses, y la de satélites errantes, como el científico *Soho*, que Arecibo encontró en 1998. Y no se puede olvidar el rodaje de películas como la famosa *Contact* y *Goldeneye*, de la serie de James Bond.

Por otra parte, ha cambiado la forma de trabajar. Internet y a

la automatización de los instrumentos de control permite a los astrónomos no desplazarse al observatorio en ocasiones. Altschuler opina, sin embargo, que, salvo trabajos rutinarios, conviene estar junto a la antena, para afinar la instrumentación y para darse cuenta tanto de las dificultades como de las posibilidades del sistema.

Un gran esfuerzo de comunicación

Al tiempo que celebra su 40 aniversario, el Observatorio de Arecibo crea una Oficina para la Divulgación de la Ciencia, de la que se ha hecho cargo el ya ex director Daniel Altschuler, volcado ahora en la educación y divulgación de los conocimientos astronómicos y científicos. Esta oficina supone la formalización de los esfuerzos realizados en los últimos años por Altschuler y José L. Alonso, director del centro de visitantes que lleva el nombre de Ángel Ramos y que recibe 125.000 visitas al año, abriendo de esta forma el centro astronómico a la sociedad puertorriqueña. Parte de esta labor de información y divulgación se hace a través de cursos para profesores de ciencia en las escuelas. Recientemente se celebró también un encuentro más interdisciplinar, con asistencia de profesores, científicos y divulgadores, sobre la comunicación de la astronomía en Hispanoamérica. Los participantes coincidieron, en una declaración final, en que el conocimiento científico es una parte integrante de la cultura y como tal, merece ser reconocido. El saber astronómico, en particular, ofrece grandes oportunidades para la divulgación de las ciencias en general, recordaron los participantes, quienes pidieron más apoyo para las actividades de divulgación y popularización.

Futuro

DANIEL ALTSCHULER / Director del Observatorio de Arecibo

“Si seguimos así, la vida tecnológica no durará mucho”

MÓNICA SALOMONE, Madrid
Hace una década que Daniel Altschuler, nacido en Uruguay hace 59 años, dirige el Observatorio de Arecibo, en Puerto Rico, donde está la mayor antena de radiotelescopio del mundo, de más de 300 metros de diámetro. Esta antena fija excavada en roca ha sido escenario de películas como *Goldeneye* —de la serie de James Bond— y *Contact*. En esta última, basada en una novela homónima de Carl Sagan, Jodie Foster es una astrónoma que busca vida inteligente analizando señales de radio procedentes del cosmos. A eso mismo se dedica, en la realidad, una pequeña parte del tiempo de observación del gran radiotelescopio. Altschuler ha visitado España para presentar su libro de divulgación, *Hijos de las estrellas* (Cambridge University Press).

Pregunta. El telescopio de Arecibo se construyó en 1963. ¿Sigue hoy a pleno rendimiento?

Respuesta. Sí, tenemos dos centenares de usuarios al año. La mayoría son estadounidenses, pero en nuestras decisiones de quién usa el instrumento sólo cuenta el mérito científico de la propuesta, no de dónde venga la persona. Hemos tenido españoles en proyectos en colaboración.

P. ¿Se mantiene actualizado?

R. Ha sido mejorado dos veces, en 1974 y en 1997. La primera vez se instaló la actual cubierta metálica del reflector [la antena, el espejo principal], que antes era una red de alambre. En la última se instaló el domo [una cúpula suspendida sobre el reflector], que alberga espejos metálicos correctores. También hemos ajustado la precisión de la curvatura del reflector: ahora se desvía de la ideal en sólo dos milímetros, lo que en 300 metros de diámetro es un gran logro.

P. Arecibo se construyó inicialmente para estudiar la ionosfera. ¿Qué se quería saber?

R. Varias cosas. Entonces el *Sputnik* se acababa de lanzar, y se creía que la ionosfera era muy importante para las comunicaciones. El proyecto empezó con fondos del Departamento de Defensa, que quería ver si podía ser útil para comunicación: la reflexión en la ionosfera es lo que habría permitido ver más allá del horizonte. Con los años la radioastronomía cobró fuerza y hoy acapara el 75% del tiempo de Arecibo.

P. ¿Y qué se estudia allí?

R. Fuentes muy débiles, porque el tamaño da sensibilidad, por ejemplo los púlsares. Allí se descubrieron los púlsares de microsegundo. También se descubrió uno con un sistema planetario alrededor, en realidad el primer sistema planetario extrasolar descubierto. Y un púlsar binario, que confirmó la existencia de ondas gravitacionales. Ahora estamos construyendo otro instrumento, ALFA, con el que esperamos rastrear el cielo y duplicar el número de púlsares conocidos. Esperamos encontrar púlsares exóticos, por ejemplo, uno junto a un agujero negro.

P. ¿Compite Arecibo con otros grandes radiotelescopios,



El astrónomo Daniel Altschuler. / MIGUEL GENER

como el Very Large Array o el futuro ALMA?

R. Son instrumentos complementarios, pero sí, significan mayor competencia por fondos, que no aumentan con la celeridad que quisiéramos. Aunque la competencia está en función de lo que opinen los científicos que utilizan estos instrumentos.

P. ¿Y qué opinan?

R. Que aún hay un buen futuro para Arecibo, porque seguimos siendo el reflector más grande del mundo, lo que implica mayor sensibilidad, y no se vislumbra hasta dentro de 20 años ninguno que lo supere. Se habla de hacer un radiotelescopio de un kilómetro cuadrado de área, a ba-

“En los rodajes, para filmar diez minutos se tiran dos semanas, y es aburridísimo verlo”

se de muchos elementos que trabajan en modo interferométrico.

P. ¿Qué tal la experiencia de los rodajes de películas en Arecibo?

R. Para nosotros, penosa. Para filmar 10 minutos se tiran dos semanas, y es aburridísimo verlo. E interrumpe el trabajo. Hoy no creo que... A menos que el precio sea tan alto que nos convenga. Lo llamativo es que producir estas películas costó entre 50 y 100 millones de dólares, y yo cada año peleo para que me den un millón más. Haría maravillas con un millón. La desproporción entre ciertos aspectos de la sociedad es penosa.

P. ¿Qué le pareció *Contact*?

R. Mala, la novela es mejor. Son detalles técnicos, pero eso de escuchar con los auriculares como hace ella... eso no es así. No

le veo el valor adicional a estas cosas. Desinforman, en realidad.

P. A veces, la gente se aficiona a la ciencia por películas así.

R. El peligro es que quien se engancha por estas películas después se desilusiona porque la ciencia no es así. La ciencia requiere esfuerzo individual, sacrificio, quemarse las pestañas. A veces en la visión popular se pierde todo eso por querer hacer que la ciencia sea divertida, emocionante... Lo es, pero por algo más profundo. Hay gente que dice: “Me gusta la ciencia porque quiero buscar extraterrestres, pero no me gustan ni las matemáticas ni la física...”

P. Pero la gente del proyecto SETI, de búsqueda de vida inteligente, ¿trabaja como en la película?

R. Sí, pero sin los auriculares. El análisis de la señal que pudiera descubrirse requiere instrumentación muy sofisticada. En Arecibo se dedica a SETI alrededor del 3% del tiempo.

P. ¿Van a encontrar algo?

R. Buscar vale la pena. Por otro lado, no sabemos lo bastante como para decidir cuáles son los parámetros iniciales, sólo conocemos un ejemplo de vida, y extrapolar de un ejemplo es peligroso. Nadie dice que el desarrollo de vida en otros lados tiene que ser como en la Tierra. Y también es verdad que la vida inteligente ha surgido en la Tierra después de 4.000 millones de años sólo una vez. La segunda pregunta es cómo de longeva es la vida tecnológica justo por serlo. Por el único ejemplo que tenemos, me atrevo a decir que si seguimos así la vida tecnológica no durará mucho. ¡Aunque dure 10 millones de años! En un planeta de 4.000 millones de años, la vida tecnológica habría surgido y se habría extinguido en un instante. Y por sus propios medios, que es lo más trágico de la historia.

MOTOROLA
CONCIERTO
BÁSICO

DOVER

NO TE PIERDAS EL CONCIERTO
BÁSICO QUE “DOVER”
OFRECERÁ HOY
A LAS 20:00 HORAS
EN PACHÁ, Y QUE SERÁ
GRABADO POR
40 PRINCIPALES Y 40 TV
PARA SU POSTERIOR
EMISIÓN.

40
PRINCIPALES
www.los40.com

Enseñanza

COORDINA: MAITE DUCAJÚ FORTACÍN E-MAIL: levante.educacion@epi.es

■ La Universitat de València presentó ayer el primer radiotelescopio docente existente en un campus español. La antena permitirá adentrarse en importantes fenómenos estelares como la materia oscura, la radiación solar o la Vía Láctea.

CIENCIAS

Un radiotelescopio docente desvelará misterios del cosmos

La antena permitirá estudiar la galaxia

Levante-EMV, Valencia La antena, de tres metros de diámetro, ha sido instalada en la terraza del edificio de Investigación Jeroni Muñoz, en el campus de Burjassot, y su uso será eminentemente didáctico, según declaró ayer en rueda de prensa el director del Departamento de Astronomía, José María Ibáñez.

El director, al que acompañaba el astrónomo y profesor José Carlos Guirado, y el rector de la Universitat de València, Francisco Tomás, explicó que es el primero con que se dota una universidad española. «Se trata de un telescopio sensible a las ondas de radio procedentes de los objetos celestes tanto de la Vía Láctea como de otras galaxias, nebulosas, estrellas supernovas, planetas y quásares», señaló el astrónomo.

El rector Francisco Tomás destacó la importancia que la Universitat da al componente

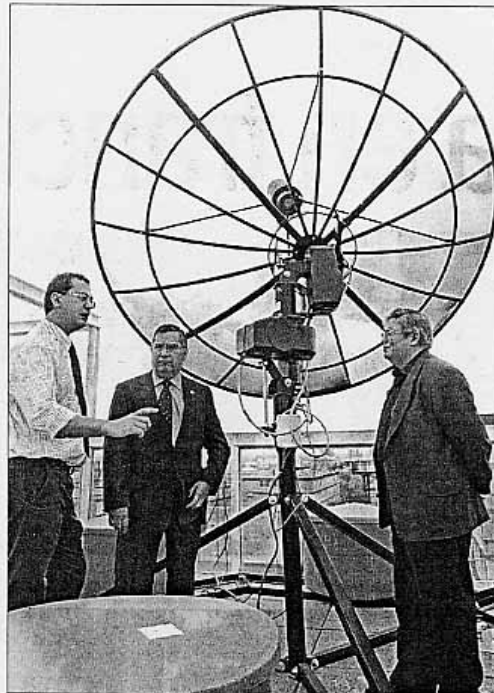
observacional como aspecto didáctico y de formación práctica en Astronomía.

«La antena, que se dedicará tanto a la investigación como a las prácticas de astronomía de alumnos de las licenciaturas de Físicas, Matemáticas y Periodismo, ya que las ondas de radio se transmiten libremente por la atmósfera sin sufrir variaciones. Con este nuevo equipamiento, que se suma al telescopio óptico del Aula de Astronomía, la Universitat de València es la primera en ofrecer a los estudiantes equipos astronómicos multifrecuencias», señaló el rector Tomás.

Este aparato de radio astronomía dispone de dos ejes de movimiento que le permiten hacer el seguimiento de cualquier astro. El receptor sintoniza una frecuencia de 1.400 MHZ, correspondiente a una longitud de onda de 21 centímetros. Es una frecuencia óptima para analizar la estructura espiral del sistema solar.

El equipo de Radioastronomía está formado por el catedrático Jon Marcaide, y los profesores José Carlos Guirado y Eduardo Ros, además del becario predoctoral Iván Martí-Vidal.

■ **El aparato mide tres metros de diámetro, y su receptor, 21 centímetros**



FERRAN MONTENEGRO

PRESENTACIÓN. El rector y los profesores Ibáñez y Guirado ante la antena.

■ Búsqueda de inteligencia artificial

La antena, con su receptor de 21 centímetros y tres metros de diámetro, permitirá a los astrónomos de la Universitat de València, además, colaborar de manera activa con el proyecto SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence) que se ocupa de captar señales de inteligencia fuera de la Tierra.

El SETI trata de encontrar emisiones de radio inteligentes procedentes del sistema solar. En la actualidad están en marcha dos proyectos de búsqueda de inteligencia extraterrestre que lo lle-

van a cabo equipos congregados en el Radiotelescopio de Arecibo (Puerto Rico), y en el Radiotelescopio de Goldstone (California).

Asimismo, el mayor radiotelescopio del mundo, con una antena parabólica de un diámetro de 50 metros, equivalente a más de la mitad de una cancha de fútbol, se encuentra en México, en un antiguo volcán apagado.

Los estudiantes que utilizarán el nuevo aparato de la Universitat son de Matemáticas, Física, Óptica así como los de Periodismo.

Tipos de monturas de los telescopios ópticos



**Ecuatorial
Alemana**

Utilizada en los primeros grandes telescopios.



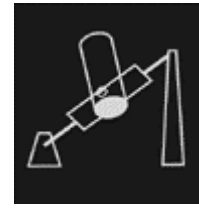
**Ecuatorial
Eje-Cruzado Inglés**

Variante de la Alemana. Es asimétrica, por lo que requiere grandes contrapesos.



**Ecuatorial
Horquilla**

Es simétrica. Muy utilizada en grandes y pequeños telescopios durante el siglo XX.



**Ecuatorial
Inglesa**

Más estable que la de Horquilla para grandes aparatos. No apunta al polo.



**Ecuatorial
Herradura**

Similar a la Inglesa. Si puede apuntar al polo.



**Ecuatorial
Anillo**

Similar a la Herradura. Se mide la declinación en la misma herradura.



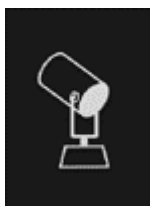
**Ecuatorial
Horquilla-Herradura**

Es una variante de la Inglesa y Anillo.



**Ecuatorial
Disco-Polar**

La herradura pasa a ser un disco polar con una forma similar a la Horquilla.



Altazimutal

Utilizada actualmente en grandes telescopios y en telescopios robotizados.



**Azimutal
solamente**

Se utilizan para ciertas mediciones. Varía solamente el Azimut.

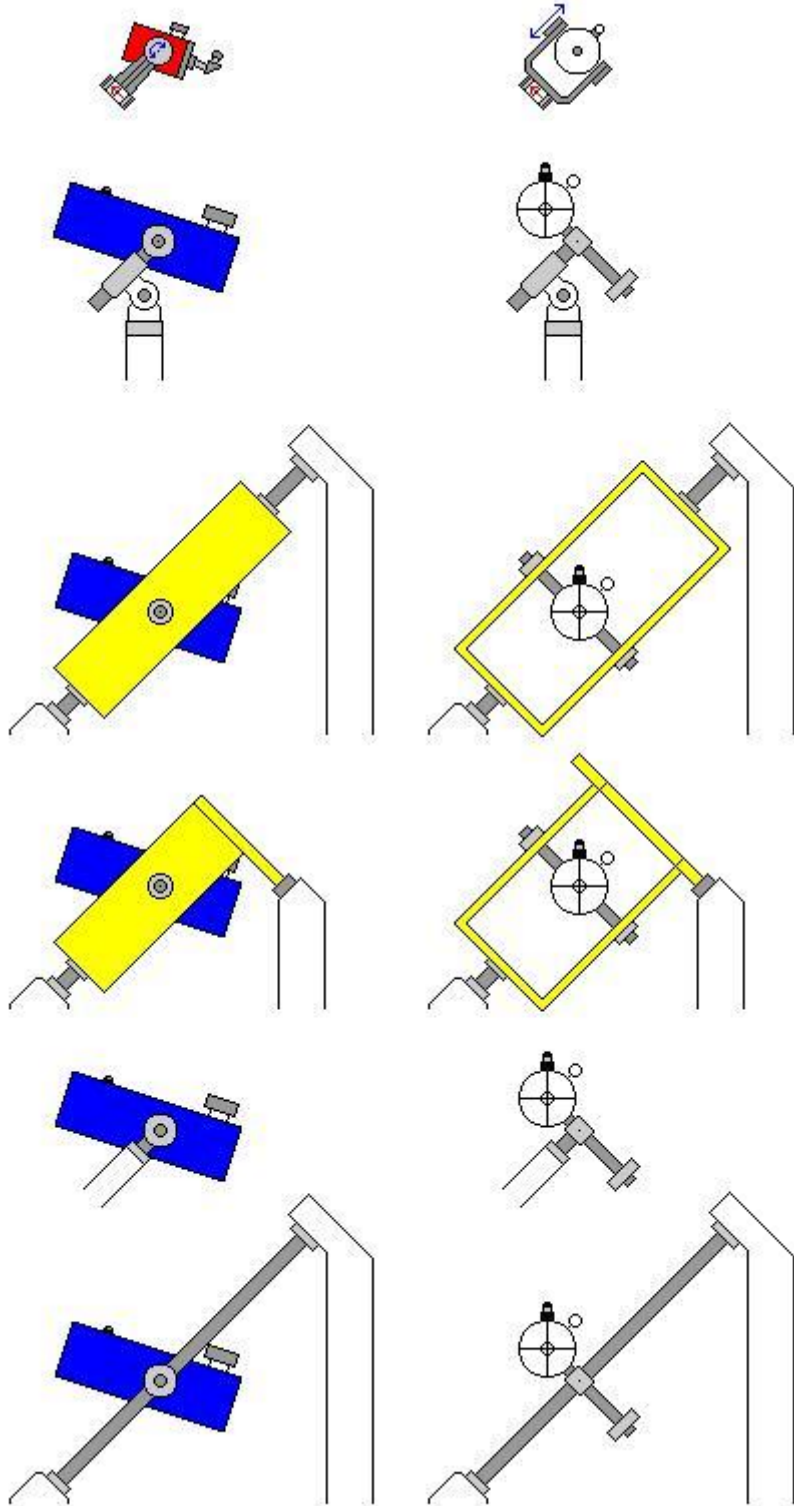


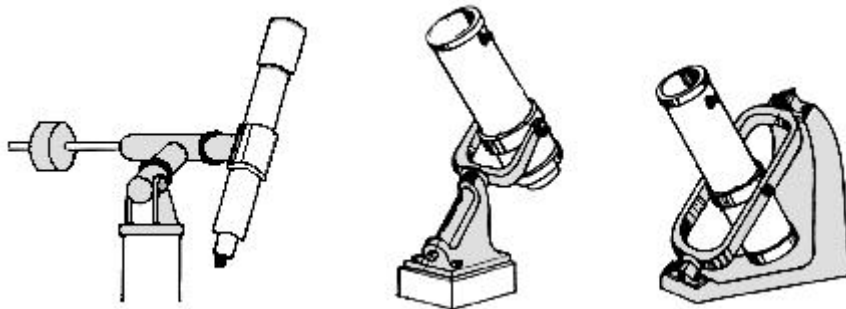
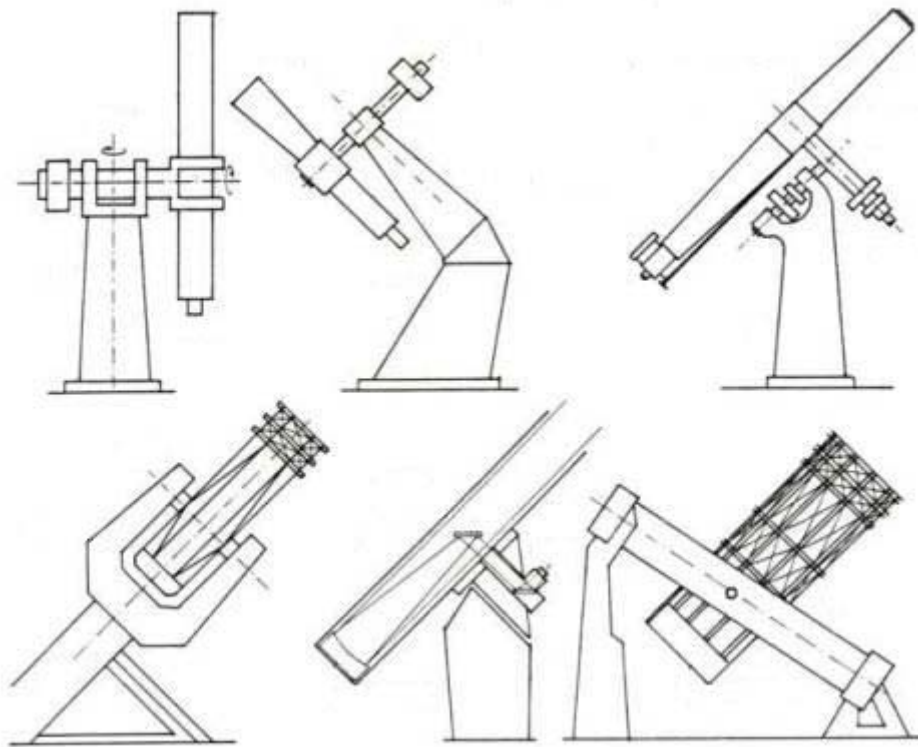
Fija

Utilizada en los telescopios con espejos líquidos de mercurio. Son de mayor diámetro y de menor costo.

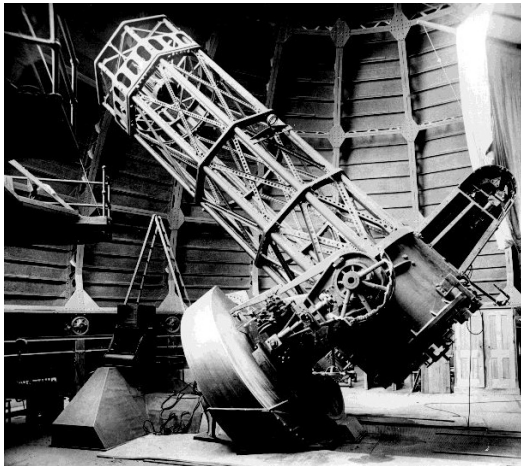
fuelle: www.astrodomi.com.ar

Indicar las monturas de los telescopios que aparecen en las figuras:

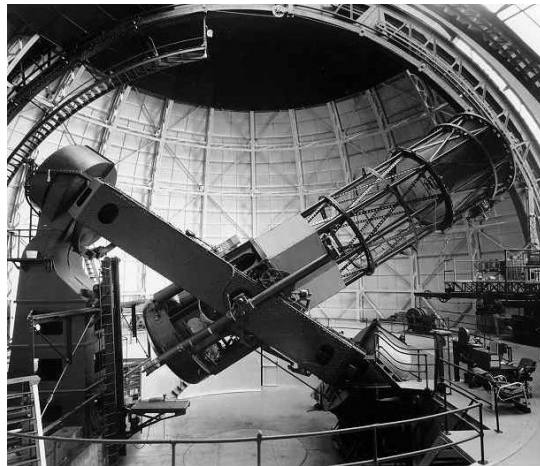




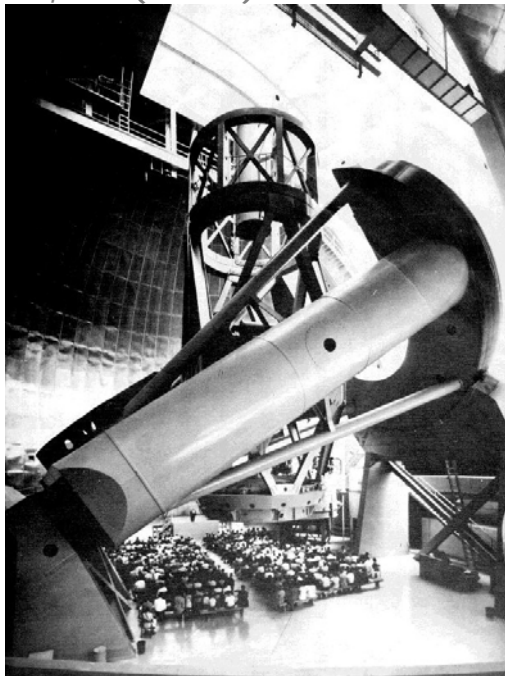
Indicar las monturas de los siguientes telescopios:



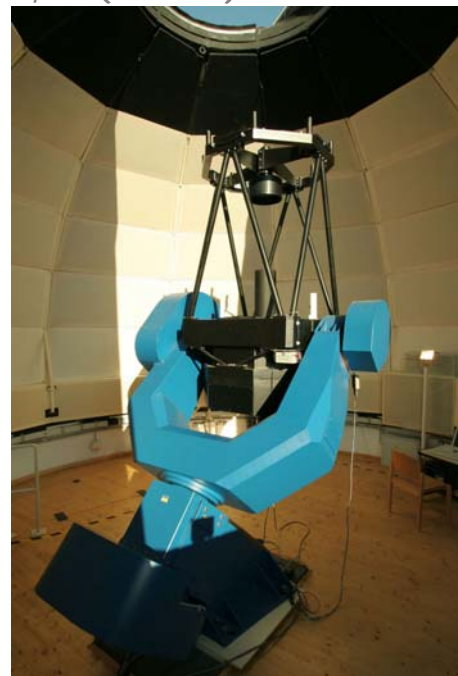
1,52 m (60 inch) Mt. Wilson 1908



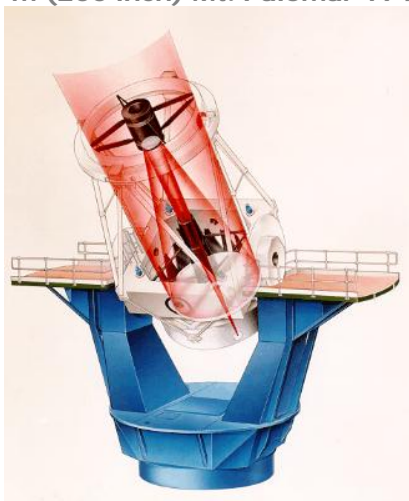
2,5 m (100 inch) Mt. Wilson 1917



5 m (200 inch) Mt. Palomar 1948



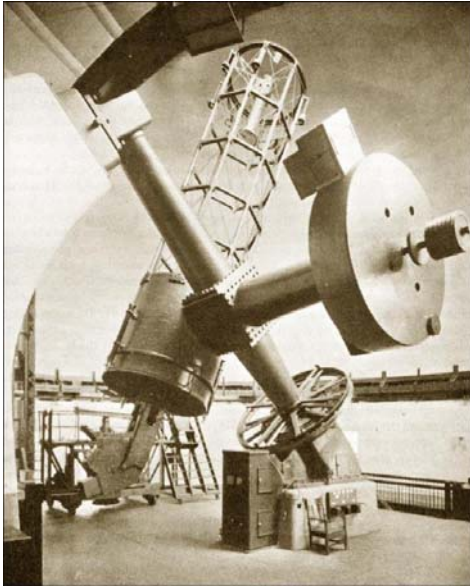
80 cm VLT Viena 2002



4,2 m WHT La Palma 1987



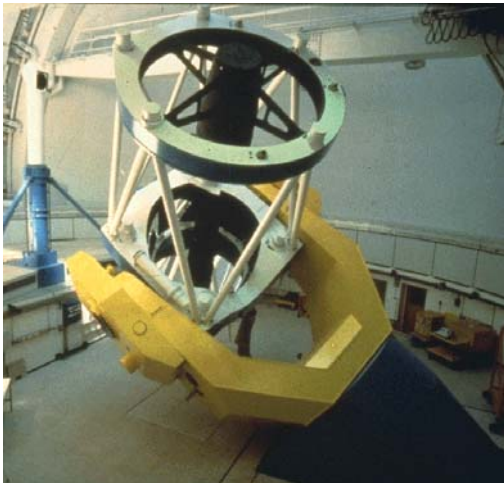
20,3 cm (8 inch) Celestron Ultima 2000



1,83 m (72 inch) Victoria 1917



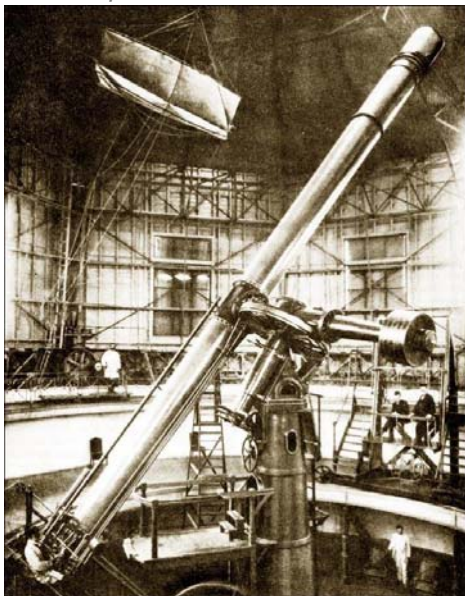
1,02 m (40 inch) Yerkes 1897



2,2 m Calar Alto 1979



1,23 m Calar Alto 1975



76 cm (30 inch) Pulkovo 1888



3,5 m Calar Alto 1984

Cuestionario de concepciones alternativas

Responde lo más detalladamente posible, a las siguientes preguntas:

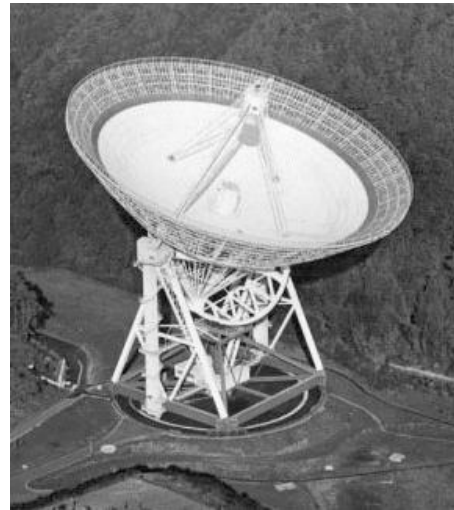
- ¿Se puede escuchar la radio usando como antena receptora una antena parabólica?
- Si la respuesta anterior fue afirmativa, ¿sería más fácil o más difícil que con una antena normal, como la de los coches?
- Una cuestión más, si la respuesta a la primera pregunta fue afirmativa: la señal captada, ¿será mejor o peor que la captada con una antena normal?
- ¿Qué diferencias crees que hay entre ver un canal de televisión con una antena normal, de las que se ven en los tejados de las viviendas, y ver otro canal (o incluso el mismo canal) con una antena parabólica?
- Algunas antenas parabólicas parecen lisas y sólidas, otras, en cambio, aparecen perforadas con multitud de agujeros; mientras que otras parecen formadas por una simple malla metálica. Por otro lado, unas son muy pequeñas y otras son tremendamente grandes. Explica con tus propias palabras cómo crees que afectan estas diferencias al funcionamiento de los diferentes tipos de antenas.

Tipos de monturas de radiotelescopios

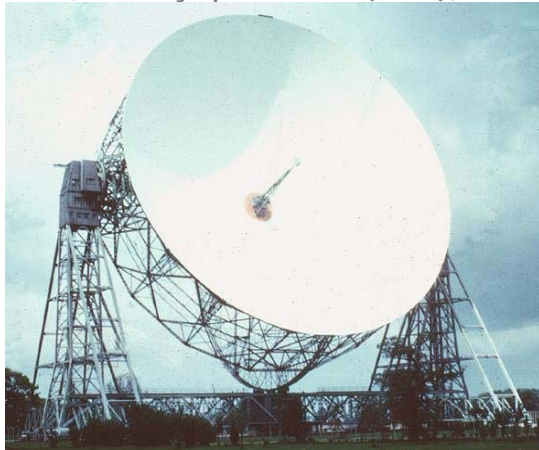
Indicar las monturas de los siguientes radiotelescopios:



KSC, Kennedy Space Center (EEUU), 15 m



Effelsberg (Alemania), 100 m



Jodrell Bank (Gran Bretaña), 76 m



Parkes (Australia), 64 m



Green Bank (EEUU), 43 m



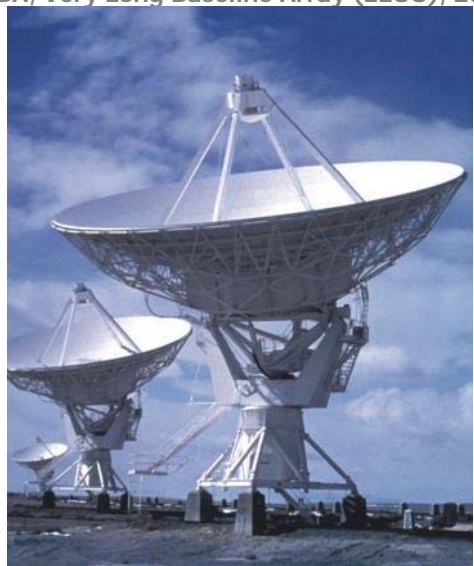
Cambridge (Gran Bretaña), 32 m



VLBA, Very Long Baseline Array (EEUU), 25 m



PARTNeR (España), 34 m



VLA, Very Large Array (EEUU), 25 m



APEX (Chile), 12 m



VIRAC, Irbene (Letonia), 32 m



Yebes (España), 40 m



GBT, Green Bank (EE.UU.), 100 m



WSRT, Westerbork (Holanda), 25 m



Simeiz (Ucrania), 22 m



IRAM Pico Veleta (España), 30 m



MDSCC (España), 70 m



GAVRT (EE.UU.), 34 m

Disposición de elementos en un radiotelescopio

Indica sobre la figura los diferentes elementos del radiotelescopio:

