

HACIA UN NUEVO TELESCOPIO

La astronomía es una ciencia eminentemente observacional y en fechas recientes ha sufrido cambios extraordinarios. Cada vez hay más instrumentos disponibles de mayor tamaño y de mejor calidad que han llevado a una verdadera revolución en nuestro conocimiento del Universo. Se han abierto nuevas fronteras para el estudio del espectro electromagnético en todas las longitudes de onda: rayos gama, rayos x, luz ultravioleta, luz visible, infrarroja y ondas de radio. Es tal la variedad de técnicas que ha sido necesario que los centros astronómicos se especialicen en unas cuantas de ellas y que compartan su información con centros que adquieren datos complementarios. También se han creado bases de datos internacionales a las que los investigadores profesionales tienen acceso.

En el Instituto de Astronomía de la UNAM está concentrado el mayor número de astrofísicos del país. Todos ellos han seguido los pasos de los pioneros en el campo y se reconoce mundialmente que en el IAUNAM existe un conjunto muy importante de astrónomos observacionales y teóricos.

Entre las técnicas que utilizan los investigadores del IAUNAM predominan las técnicas ópticas (en luz visible), por ser éste el campo donde tenemos nuestros instrumentos principales y una mayor tradición. También hay un grupo muy distinguido de colegas que realiza su investigación con observaciones de ondas de radio obtenidas mediante colaboraciones internacionales muy provechosas. Otro conjunto de astrónomos realiza parte de sus investigaciones mediante observaciones por medio de satélites, fundamentalmente el International Ultraviolet Explorer y ahora el Telescopio Espacial Hubble. Los astrofísicos teóricos hacen simulaciones numéricas de problemas muy complejos, además de otras actividades.

SAN PEDRO MÁRTIR EN BAJA CALIFORNIA, UN SITIO PRIVILEGIADO

Para realizar observaciones astronómicas en el intervalo óptico y en el infrarrojo se requiere un sitio geográfico:

1) que esté a gran altura sobre el nivel del mar, 2) donde haya pocos nublados, 3) que no reciba luces artificiales 4) con turbulencia atmosférica mínima y 5) que tenga un contenido de vapor de agua reducido.

El Instituto de Astronomía encontró en 1966 un sitio privilegiado para las observaciones ópticas e infrarrojas, que reúne las condiciones anteriores. Este sitio está localizado en la Sierra de San Pedro Mártir en la península de Baja California. Desde 1968 el IAUNAM estableció el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) en el Parque Nacional de San Pedro Mártir y ha tenido bajo su custodia este sitio para preservarlo y mantenerlo en condiciones óptimas para su uso astronómico.

En el mundo existen tres lugares privilegiados para instalar telescopios óptico-infrarrojos: Hawaii, Chile y la región de California y Baja California. Estos tres lugares presentan poca nubosidad y una reducida turbulencia atmosférica. San Pedro Mártir posee la ventaja de tener una menor contaminación atmosférica debida a la luz artificial y a partículas producidas por desechos industriales. Estas consideraciones hacen único en el mundo nuestro sitio en Baja California, lo cual nos lleva a asumir la responsabilidad, no sólo nacional sino mundial, de desarrollar a su máxima potencialidad el observatorio de San Pedro Mártir.

PROYECTO DE UN GRAN TELESCOPIO

Desde hace varios años el Instituto de Astronomía se ha percatado de la necesidad de construir un telescopio de mayores dimensiones en el OAN para aplicaciones ópticas e infrarrojas que incorpore los avances tecnológicos recientes. En esta certeza coincidimos con los astrónomos norteamericanos, europeos y japoneses, quienes han establecido que la prioridad principal para el desarrollo de la astrofísica, en los próximos veinte años, es la construcción de grandes telescopios optimizados para las regiones ópticas e infrarrojas.

El diseño y construcción de telescopios ópticos ha experimentado grandes innovaciones, lo que ha permi-

tido construir telescopios mayores, mucho mejores y menos costosos que en el pasado. Entre los avances que han ocurrido podemos citar algunos desarrollos muy importantes: 1) técnicas muy precisas de pulido de espejos con herramientas activas que logran mayor nitidez en las imágenes; 2) diseños de los espejos con alta concavidad o menor distancia focal del espejo primario, lo que permite telescopios más cortos y ligeros y cúpulas más pequeñas; 3) construcción de espejos parcialmente huecos para aligerar su peso; 4) construcción de cúpulas muy ventiladas para disminuir la turbulencia local del aire; 5) construcción de cúpulas integradas al telescopio que giran con él; 6) diseños mecánicos de las monturas con movimientos alrededor de un eje vertical o monturas *altazimuth*, y no con movimientos alrededor de un eje inclinado, paralelo al eje de rotación de la Tierra; 7) nuevos materiales de construcción, muy rígidos y más ligeros; 8) diseño de sistemas de flotación de los espejos para soportar espejos más ligeros y deformables, y 9) control por computadora de cada uno de los *servomecanismos* que regulan los movimientos, las flexiones y los instrumentos.

El IAUNAM propone construir un telescopio de 6.5 metros en su óptica principal, optimizado para aplicaciones ópticas e infrarrojas (de 350 a más de cincuenta mil nanómetros de longitud de onda). El espejo principal sería de una sola pieza. El diseño es un duplicado, con innovaciones, del telescopio Magallanes que la Institución Carnegie de los Estados Unidos planea instalar en el Cerro de las Campanas, en Chile.

El diseño óptico incorpora la óptica activa

El espejo principal sería construido con un material especial de borosilicato y tendría un peso total de 8.5 toneladas. Sus dimensiones son equivalentes al alto de un edificio de dos pisos y es delgadísimo pues tiene un espesor de tres a cuatro centímetros en sus paredes estructurales internas; el diámetro es de 6.9 m y su altura de 70 cm en las orillas y de 39 cm en el centro. Se obtiene la rigidez requerida con una estructura de *panal de abeja* en la parte interna con espacios hexagonales vacíos; el espejo tendría esta forma desde su fundición a partir del molde original. La fundición y el pulido del espejo se harían en el Mirror Laboratory de la Universidad de Arizona en Tucson. El pulido de los espejos sería interactivo con sensores de frente de onda interferométricos para alcanzar una calidad (nitidez) de las imágenes sin precedentes.

Adicionalmente se le instalaría una centena de *actuadores*, elementos mecánicos que corrigen continuamente la forma del espejo, cada uno con una precisión de 70 nm (nanómetros) para compensar las flexiones del mismo debido a su propio peso. De esta manera se logra que todo el espejo mantenga en todas las inclinaciones exactamente la misma forma (de parábola). Man-

tener esta forma al grado de precisión deseado requiere de un complejo sistema de control que corrige la posición de cada uno de los múltiples actuadores una vez por segundo.

En general para este tipo de telescopios se construyen varios espejos secundarios que se instalan de acuerdo con las especificaciones ópticas de la instrumentación requerida. En principio, nuestro telescopio necesita al menos dos espejos secundarios, uno "de gran campo" y otro con mayor detalle espacial. La ventaja de este esfuerzo para lograr una buena óptica es que se pueden obtener imágenes de objetos mucho más débiles con mucho más detalle.

El control mecánico: ¿un juego de niños?

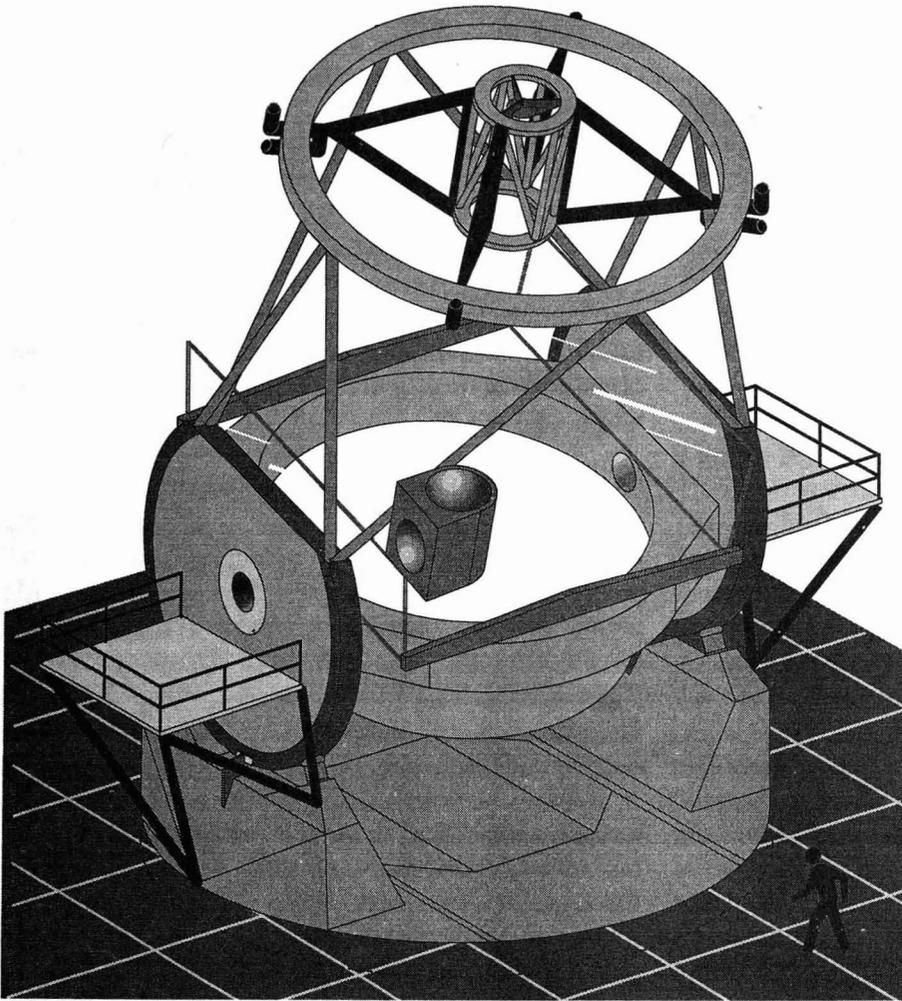
El peso del telescopio es de 140 toneladas, sin incluir el peso de la cúpula que también gira. Este gran instrumento debe apuntarse continuamente con una altísima precisión: 0.1 μm (micrómetros) en el extremo del telescopio. Esta orientación se corrige para compensar la rotación de la Tierra y otros efectos atmosféricos cada centésimo de segundo.

La construcción de la montura del telescopio también incorpora desarrollos tecnológicos importantes. Este aparato estará soportado por chumaceras hidrostáticas sin fricción; la transmisión de movimiento al telescopio será sin engranajes (y por lo tanto sin errores) por medio de acoplamientos directos por fricción. Estará dotado de codificadores de posición de sus ejes con resolución de 0.01 segundos de arco. Se está llevando a cabo un estudio por elementos finitos para analizar las mejores condiciones de diseño de las piezas que lo componen.

La instrumentación auxiliar

Un telescopio de estas características requiere instrumentación acoplada de gran calidad pues se trata de aprovechar al límite sus ventajas. Normalmente los observatorios obtienen su instrumentación en forma gradual: primero construyen los instrumentos básicos y poco a poco, dependiendo del proyecto científico emprendido, buscan instrumentos adicionales. Nuestro caso no es la excepción.

Así, deseamos construir equipo básico, como una cámara en el intervalo óptico (para luz visible) y otra en el infrarrojo, ambos de muy alta calidad. A estas cámaras se requiere acoplar detectores muy sensibles (que son de muy distinto tipo, si se trata de luz visible o infrarrojo) para tomar imágenes directas. También es necesario que estas cámaras estén provistas de filtros especiales para recibir imágenes de los objetos en longitudes de onda características de la emisión de un solo átomo. Por ejemplo, para obtener imágenes en la luz de la molécula de hidrógeno (H_2) y compararlas con las



Diseño del telescopio óptico infrarrojo de 6.5 metros de diámetro.

imágenes emitidas por gas de hidrógeno ionizado, en una región donde se están formando estrellas, es decir, para tener información de las distintas fases del gas.

También deseamos construir un espectrógrafo óptico de dispersión media y de alta resolución espacial para estudiar problemas de composición química del gas en nebulosas gaseosas y remanentes de supernovas en la Vía Láctea y otras galaxias.

¿Qué tecnología se requiere?

Un equipo de esta complejidad requiere del mayor avance tecnológico en todos los aspectos pues cada uno de los elementos del mismo demanda la mayor excelencia posible. Por dar un ejemplo, se requerirá construir una campana de vacío que albergue al enorme espejo para poderlo aluminizar periódicamente.

Esto significa que tendremos que desarrollar nuestros apoyos e instalaciones en una forma mucho más estricta que la actual. Deberá contarse con las mejores condiciones de laboratorios ópticos, los más avanzados laboratorios electrónicos de control y comunicaciones, los talleres mecánicos de mayor precisión y la mejor tecnología de vacío; además, deberá aprovecharse el desarrollo de *software* especializado de control, procesamiento

de señales, redes de cómputo para manejo masivo de datos, etcétera. Esto puede lograrse solamente mediante la incorporación inmediata de nuevos investigadores tecnológicos que participen en el proyecto.

El grado de complejidad del equipo requiere de la tecnología más refinada, con la ventaja de que, por ser un duplicado de otro telescopio, la tecnología que se empleará ya ha sido probada; esta circunstancia da mayor probabilidad de éxito en cuanto al funcionamiento y permitirá aprovechar más rápidamente este gran instrumento. Tal fue el caso de los telescopios gemelos de 4 metros de Kitt Peak y de Cerro Tololo del Observatorio Nacional de los Estados Unidos, donde el segundo resultó mucho más avanzado en su construcción y con menos problemas que el primero. Adicionalmente, en la medida en que el primer instrumento, el telescopio Magallanes, está en fase de diseño y construcción, se participará en el proceso de desarrollo tecnológico tan enriquecedor para los individuos involucrados.

Colaboraciones internacionales

La tendencia actual en astrofísica es que, dado el alto costo de los telescopios y lo complejo de la tecnología requerida, se establezcan frecuentemente grupos de universida-

des para construir y operar un instrumento. Así se han organizado prácticamente todos los telescopios grandes construidos en los últimos diez años. Nosotros no somos excepción, nuestro proyecto requiere de varios socios que contribuyan en los distintos aspectos señalados. Por lo pronto el proyecto ya contempla dos socios: la Institución Carnegie en Washington, que aportará los diseños y su experiencia en la construcción del primer telescopio Magallanes, y la Universidad de Arizona, que estará a cargo de construir y pulir el espejo principal.

¿Qué problemas científicos deseamos atacar?

Una de las enseñanzas que tenemos de la historia de las ciencias, y en particular de la astronomía, es que el conocimiento ha avanzado cuando se introduce un instrumento de frontera que permite realizar experimentos cualitativamente superiores a los anteriores. El telescopio que proponemos ciertamente estará dentro del conjunto de grandes telescopios del mundo que hará grandes aportaciones a esta ciencia. El tipo de problemas científicos que deseamos resolver es tan variado como las especialidades de los astrofísicos involucrados. Así, dado el perfil de los investigadores del IAUNAM deseamos ahondar en nuestro conocimiento de los problemas extragalácticos, de estructura galáctica, de propiedades estelares y de características de varias fases del medio interestelar.

A continuación listaremos unos cuantos ejemplos del tipo de problemas científicos que deseamos atacar; para llevar a cabo estos proyectos existen en estos momentos investigadores preparados.

Astronomía extragaláctica

1) La determinación de la estructura a gran escala del Universo incluye los estudios de las nubes intergalácticas de gas para establecer su presencia, campo de velocidades y composición química; con estos elementos se puede avanzar en nuestro conocimiento de las etapas iniciales del Universo.

2) Información de la estructura y naturaleza de los núcleos de las galaxias activas. Aunque se conocen muchas propiedades de las galaxias activas no se ha logrado penetrar en la verdadera naturaleza de todos los fenómenos que ahí se presentan. Esta área se desarrollará ampliamente por medio de las observaciones infrarrojas, que permiten avanzar en el conocimiento de algunas de las estructuras de polvo y moleculares de estas zonas. También las observaciones ópticas nos permitirán avanzar en el conocimiento de las regiones cercanas al núcleo.

3) El comportamiento de las galaxias en interacción. Éste ha sido un campo en el que hay muchas incógnitas y en el que se podrá profundizar.

4) El conocimiento de la proporción de las distintas estrellas que constituyen las galaxias lejanas. Esto se

puede realizar con estudios espectroscópicos de la luz de las mismas.

La estructura de la Galaxia

La determinación de la extensión de la Galaxia y contenido de estrellas en la misma. Se tiene información de las estrellas brillantes y de estrellas como el Sol pero nos falta mucha información acerca de la presencia de estrellas de menor masa que este astro (y por lo tanto menos brillantes); se cree que éstas son muy abundantes y que pueden representar una fracción importante de la masa total de la Galaxia. Las observaciones ópticas e infrarrojas darán aportaciones significativas en este campo.

La evolución de las estrellas

1) Mejor conocimiento de los procesos de formación estelar. Son muchos los detalles que pueden enriquecer el conocimiento del campo en términos de los discos que rodean las estrellas jóvenes y que son parte de su fase de formación, la presencia de estructuras en el gas que rodea las estrellas jóvenes, etcétera.

2) El estudio de las estrellas variables. Es de gran interés determinar espectroscópicamente las condiciones en la fotosfera de este tipo de cuerpos celestes.

Problemas de materia interestelar

1) Las propiedades de las nebulosas gaseosas en la Vía Láctea. Se podrá obtener información de nebulosas gaseosas muy débiles y conocer con mucho más detalle espacial sus características.

2) Las propiedades de los remanentes de supernovas. Se tendrá más información de los procesos hidrodinámicos y su interacción con el gas ambiente.

EL FUTURO

La construcción y puesta en operación del telescopio de 6.5 metros nos pondrá en la frontera de la investigación astrofísica durante los próximos veinte años. La descentralización de la investigación científica recibirá un impulso extraordinario. Nos permitirá desarrollar tecnología de punta en las áreas de óptica, electrónica, mecánica de precisión, control de procesos, etcétera. El desarrollo de la astrofísica como ciencia básica permitirá a su vez un mayor desarrollo de ciencias básicas afines y, como en el pasado, será un motor importante para el progreso de la ciencia aplicada y la tecnología nacionales.

Somos muy optimistas, pensamos que nuestros sueños se convertirán en realidad pues consideramos que este proyecto reúne todos los elementos para tener éxito. ■