

ARTÍCULO

MÉXICO EN EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS

M. en I. Beatriz Sánchez y Sánchez
Técnico Académico Titular C TC
beatriz@astroscu.unam.mx

México en el Gran Telescopio Canarias

Resumen

El Gran Telescopio Canarias (GTC) es un telescopio con un espejo primario segmentado de 10.4 m, compuesto por 36 segmentos hexagonales. Situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la Isla de la Palma, Canarias. El GTC es una iniciativa española liderada por el Instituto de Astrofísica de Canarias. El 90% del presupuesto para construcción y operación del GTC por diez años fue aportado por España, México y la Universidad de Florida, Estados Unidos aportaron cada uno el 5%. El Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM) ha participado en el diseño y construcción de varios instrumentos astronómicos para el GTC. En este artículo se describe esta participación, la cual ha sido realizada por un equipo multidisciplinario a lo largo de la última década. El primer instrumento totalmente desarrollado en México en el que se participó fue el Instrumento de Verificación. Después se participó en una cámara y espectrógrafo de baja resolución en el óptico llamado OSIRIS, que en este momento es el único instrumento científico funcionando en el GTC. Actualmente se está trabajando en una cámara y espectrógrafo integral de campo (FRIDA), que será un instrumento infrarrojo que operará conjuntamente con el sistema de óptica adaptativa el cual corrige las aberraciones producidas por la turbulencia atmosférica.

Palabras clave: Espejo primario segmentado; Instrumentos astronómicos; Instrumentación infrarroja; Infrarrojo cercano, Espectroscopia integral de campo; criogénico

The Mexican Participation in the Gran Telescopio Canarias

Abstract

The Gran Telescopio Canarias (GTC) is a 10.4 meter telescope with a primary mirror composed of 36 hexagonal segments. It is located in the Roque de los Muchachos Observatory, La Palma, Canary Islands. GTC is a Spanish initiative led by the Instituto de Astrofísica de Canarias. 90% of the GTC budget came from Spain; Mexico and the USA University of Florida provided 5% each to the construction and ten years operation. The Instituto de Astronomía of Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM) has participated in the design and construction of several astronomical GTC instruments. In this article we describe this participation which has been made by a multidisciplinary team over the past ten years. The first instrument was the GTC Commissioning Instrument developed completely in México. Then came an optical camera and low resolution spectrograph -called OSIRIS- which is the only operational science instrument currently in GTC; we are presently working on a near infrared camera and integral field spectrograph (FRIDA), which will operate with adaptive optics system to mitigate atmospheric turbulence aberrations.

Keywords: Segmented primary mirror, Astronomical Instrument, Infrared Instrumentation – Near Infrared; Integral Field Spectroscopy, Cryogenic

Introducción

El Gran Telescopio Canarias (GTC) situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos en la Isla de la Palma, España, es un telescopio cuyo espejo primario está constituido por 36 segmentos hexagonales cada uno de 1.9 m de diagonal. Se encuentra en operación científica desde principios del mes de marzo de 2009. El Instituto de Astronomía de la UNAM (IAUNAM), el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y

Electrónica (INAOE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) unieron sus esfuerzos para que México participara como socios en la construcción así como en la explotación científica de este importante telescopio. El acuerdo para formar parte del consorcio internacional del Grantecan que construyó y operará el GTC, fue firmando en julio de 2001. La participación mexicana corresponde al 5%, España tiene un 90 % y el restante 5% de la sociedad es de la Universidad de Florida, Estados Unidos. Esta participación le da a la comunidad astronómica nacional la oportunidad estratégica de observar en el telescopio de nueva tecnología más grande del mundo, así como la posibilidad de emprender nuevos proyectos científicos y tecnológicos conjuntamente con la Comunidad Española y con la Universidad de Florida.

Los grandes telescopios de la actualidad son proyectos con costos que llegan a varios cientos de millones de euros y utilizan tecnologías de frontera para maximizar la capacidad y la precisión que requiere el estudio de la débil luz de los objetos astronómicos. El telescopio en sí es un gran colector de luz la cual debe ser analizada por otros instrumentos que a su vez requieren una gran precisión en su construcción y deben alcanzar una alta eficiencia. Esto implica por lo tanto que dichos instrumentos sean también puntales tecnológicos y su diseño y construcción necesiten igualmente inversiones cuantiosas. Así que el proceso de definición, desarrollo y construcción de los nuevos instrumentos astronómicos demandan recursos humanos altamente especializados, con grupos multi-disciplinarios constituidos por astrónomos y por especialistas en diseño, fabricación y pruebas en las áreas de óptica, detectores, mecánica, electrónica, control, cómputo y gestión entre otras. También se debe contar con infraestructura adecuada de laboratorios, talleres y equipos de manufactura, medición, control de procesos, que solo se logra consolidar con la participación de varias instituciones.

En el IAUNAM se ha formado un equipo de trabajo que para resolver todos estos desafíos instrumentales se enfrentó a la necesidad de ampliar sus capacidades humanas, técnicas y de infraestructura. Esto se logró a través de convenios de colaboración o contratos con otras instituciones o compañías nacionales y extranjeras, vinculando así la ciencia y el desarrollo tecnológico para obtener beneficios y derrama tanto a nivel institucional como nacional.

Antes de describir las particularidades de cada proyecto desarrollado para el Gran Telescopio Canarias, es importante señalar que cada uno de estos instrumentos es un prototipo único y específico para dicho telescopio, que se desarrolla en su totalidad, desde el diseño hasta su entrega, de acuerdo a las especificaciones que demanda el consorcio del telescopio. Este consorcio se denomina GranTecan S.A., y es la empresa responsable de la construcción y puesta en operación del GTC y de que cada uno de sus instrumentos funcione adecuadamente, por lo que exige metas muy claras, con calendarios establecidos, revisiones por expertos en cada área y cumplir con estándares internacionales de calidad.

Contribución del Instituto de Astronomía al GTC

En el Instituto de Astronomía de la UNAM (IAUNAM) se ha conformado un equipo de científicos e ingenieros que han desarrollado una serie de instrumentos para el Gran Telescopio Canarias (GTC). Los instrumentos en los que ha participado son: el instrumento de verificación, entregado en el 2004, que es el elemento necesario para analizar y calificar la calidad de imagen formada por los múltiples espejos del telescopio; OSIRIS, cuya cámara se concluyó y entregó al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) en el 2006, es el instrumento científico de primera luz del GTC; FRIDA, actualmente en proceso de diseño detallado, operará criogénicamente en el intervalo espectral del infrarrojo cercano y será un instrumento de alta definición espacial y espectral de ese telescopio.

El Instrumento de Verificación

El GTC al ser un telescopio con el primario segmentado requiere de un instrumento que le permita diagnosticar la calidad de imagen para conjuntamente con otros subsistemas, realizar la alineación de los segmentos y

lograr que el telescopio alcance una gran resolución. Para cumplir su función el instrumento de verificación tiene cuatro modos de operación: el modo de imagen, el de análisis de pupila, el de medición del frente de onda por el método de Shack-Hartman de alta resolución y por el método de curvatura. La aplicación de este último hace que el instrumento de verificación sea el único instrumento de este tipo en grandes telescopios que cuenta con una doble metodología de verificación.

Es importante mencionar que el método de curvatura ha sido ampliamente estudiado y aplicado por el grupo de óptica del IAUNAM para medir y corregir el cofaseo de los segmentos.

El instrumento de verificación fue un proyecto ganado por licitación internacional conjuntamente con el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Querétaro el CIDESI, un centro CONACYT.

Fue un proyecto que representó grandes retos, e implicó abrir una nueva brecha en la UNAM, desde el momento mismo del aviso de asignación por parte de la oficina de proyecto GranTecan para su diseño y construcción. Como fue la primera licitación internacional ganada por la UNAM, implicó llevar a cabo una serie de acciones nunca antes realizadas por nuestra Universidad, desde lograr la firma del contrato, transferencias de recursos monetarios, hasta exportar el instrumento, resolver la transportación, desde México hasta la isla de La Palma, donde se realizó el proceso de aceptación definitiva cumpliendo todas las especificaciones impuestas al instrumento.

El Instrumento de Verificación fue entregado y probado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de la Palma en marzo de 2004.

Con este proyecto se inició la colaboración y sinergia con el CIDESI, la contratación de empresas del acero, generando derrama y vinculación entre los centros de investigación y empresas del ramo productivo de forma exitosa, ya que se hizo un esfuerzo para que siempre que fuese posible se contratara a compañías establecidas en México. Este proyecto tardó en desarrollarse 4 años, a lo largo de los cuales se presentaron cuatro revisiones de proyecto con entrega completa de documentos y planos de partes ópticas, mecánicas, diagramas electrónicos y de control, revisados y aprobados por la oficina de proyecto, lo que implicó un proceso de aprendizaje, amplió enormemente los conocimientos y la experiencia, hubo que implantar una nueva metodología de trabajo aplicando los estándares de calidad ISO, MIL entre otras, así como cumplir tiempos de entrega muy exigentes por parte del equipo conformado por Salvador Cuevas, Carlos Espejo, Rubén Flores, Gerardo Lara, Alejandro Farah y Beatriz Sánchez, del IAUNAM y Vicente Bringas, J.M. Montoya, Sadot Arciniega, entre otros del CIDESI.

OSIRIS

El proyecto OSIRIS (Optical System for Image and low Resolution Integrated Spectroscopy, por sus siglas en inglés) es el primer instrumento científico en el visible para el GTC. El IAUNAM colaboró con el Instituto de Astrofísica de Canarias que es la institución líder del proyecto, en tres aspectos: En el diseño óptico de OSIRIS; con la participación de uno de los co-investigadores del proyecto en la definición de requerimientos, objetivos y alcances científicos del instrumento; y en el diseño y construcción de la optomecánica de la cámara, que es una de las partes medulares de OSIRIS.

OSIRIS tiene dos modos principales de operación: la obtención de imagen directa de gran campo (8 x 8 minutos de arco) de excelente calidad y la espectroscopia de baja resolución, que permitirá realizar el análisis de la descomposición de la luz de los objetos astronómicos en longitudes de onda muy bien definidas.

La cámara de OSIRIS cuenta con una compensación térmica pasiva en todo el intervalo de operación de temperaturas del instrumento, con el fin de garantizar alta calidad de imagen. Cuenta también con un sistema de enfoque de alta precisión y repetibilidad. La Cámara de OSIRIS fue enviada al IAC en España en enero de 2006. La manufactura de la mecánica fue realizada por el CIDESI, la óptica fue parcialmente realizada por

personal del IAUNAM (6 de nueve lentes), el resto se subcontrató a la empresa suiza FISBA. Y bajo diseño y supervisión del IAUNAM, el Instituto de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE) fabricó la ventana plana puesta en la entrada de la luz al instrumento.

La participación en OSIRIS por parte del grupo del IAUNAM representó una cuarta parte del proyecto y permitió, además de ampliar su experiencia en diseño óptico y mecánico, obtener tiempo garantizado del telescopio, es decir, que los astrónomos del instituto podrán participar los tres primeros años del instrumento de las primicias que de él se obtengan en el campo de la investigación astronómica, conjuntamente con las del telescopio más grande del mundo.

A los participantes en el diseño óptico de todo el instrumento, planeación, gestión, así como en el diseño mecánico, fabricación integración y pruebas de la cámara de OSIRIS, les llevó poco más de 6 años de trabajo. Beatriz Sánchez, responsable del proyecto; Jesús González como co-investigador principal, Francisco Cobos, Carlos Tejada, Carlos Espejo, Alejandro Farah, Rubén Flores del IAUNAM y Vicente Bringas y Héctor Mendoza entre otros del CIDESI.

Gracias a la experiencia y desarrollos exitosos antes descritos el grupo de instrumentación del IAUNAM fue invitado a presentar una propuesta para el diseño, construcción y puesta en marcha del instrumento científico que operará conjuntamente con el sistema de óptica adaptativa del GTC. La propuesta fue sometida en noviembre de 2004 al Comité Científico Asesor del GTC, la cual fue aceptada seis meses más tarde dando inicio formal al proyecto FRIDA.

FRIDA (inFRared Imager and Disector for the Adaptive Optics system of the GTC)

FRIDA será el instrumento científico que aprovechará el haz corregido por el sistema de óptica adaptativa del Gran Telescopio Canarias, observará el Universo en longitudes de onda del infrarrojo cercano, entre 0.9 y 2.5 micras. Inspeccionará los procesos físicos del Universo de forma muy detallada mediante una técnica conocida como espectroscopia integral de campo, mediante la cual se crean cubos de datos que permiten analizar de forma precisa las regiones de emisión de energía de los objetos celestes estudiados. FRIDA está siendo diseñado para operar con el telescopio más grande del mundo lo que le dará ventajas en cuanto a su poder de captación de luz y la resolución espacial que puede alcanzar y ofrecerá opciones no disponibles en otros instrumentos similares, como la capacidad de hacer espectroscopia de baja, mediana y alta resolución espectral.

El proyecto se encuentra en etapa de diseño detallado y desarrollo de prototipos. FRIDA también es un proyecto de colaboración multinstitucional liderado por el IAUNAM, donde ya se concretaron los convenios con el CIDESI, la Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Florida y el Instituto de Astrofísica de Canarias.

FRIDA será un instrumento que operará a temperatura de nitrógeno líquido (aproximadamente -196 grados centígrados), estará contenido en un crióstato próximo a los 2 metros cúbicos. El IAUNAM y CIDESI han diseñado y construido dos crióstatos para probar componentes, prototipos y subsistemas que se utilizarán en FRIDA, así como validar las técnicas de manufactura de éstos y tener la confianza de que se podrá fabricar uno de gran tamaño como el que imponen las necesidades impuestas antes mencionadas. En México nunca antes se habían desarrollados crióstatos de estas dimensiones y el hecho de que se estén dominando los procesos y tecnologías de su manufactura es un reto importante para las instituciones mexicanas. Es importante hacer notar que la tecnología de instrumentos como FRIDA es análoga a la de los instrumentos espaciales, y para construirlos deben cumplirse los estándares y normas similares a los de la Agencia Espacial Estadounidense (NASA) y de la Agencia Espacial Europea (ESA).

FRIDA es un proyecto liderado por el Instituto de Astronomía de la UNAM. El investigador principal de FRIDA es el Dr. José Alberto López del IA-UNAM, la gestión del proyecto está a cargo de la M. en I. Beatriz Sánchez,

el diseño óptico del Dr. Salvador Cuevas, el Fís. Carlos Espejo está a cargo de los aspectos relacionados con integración y validación, el M. en I Rubén Flores es responsable del control de subsistemas, el Dr. Alan Watson en el grupo de ciencia y definición del instrumento, así como Oscar Chapa, Luis Carlos Álvarez y Gerardo Lara también forman parte del grupo de trabajo del IA-UNAM.

Conclusiones

Es muy claro que el trabajo realizado para el GTC ha permitido ampliar los conocimientos, la experiencia y obtener una nueva metodología elevando la calidad del trabajo de este grupo del IAUNAM.

Un beneficio directo ha sido que para llevar a cabo estos proyectos resultó necesario incrementar la infraestructura de nuestros laboratorios (instalaciones y equipo) para el diseño, manufactura, metrología y caracterización de los componentes y subsistemas de los instrumentos, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de especificaciones. Por consiguiente, fue necesario establecer los programas de mejoras a la infraestructura para el desarrollo de instrumentación astronómica y llevarlos a cabo. Actualmente contamos con laboratorios de óptica, electrónica, detectores, películas delgadas y ensamble mecánico, así como de áreas de pruebas y talleres de manufactura de óptica y mecánica.

El grupo de trabajo multidisciplinario se ve fuertemente enriquecido por la colaboración nacional e internacional, en los que participan astrónomos e ingenieros de diversas instituciones ubicadas primordialmente en los países socios del GTC. Así como también de las industrias nacionales y extranjeras que en todos los proyectos se ha tenido su participación.

Es importante mencionar que los tres proyectos son o han sido financiados por el GranTecan. Además de los beneficios que se han mencionado por la participación en estos desarrollos instrumentales para el IAUNAM, es necesario mencionar que con OSIRIS y con FRIDA se ha obtenido tiempo garantizado de observación en el GTC, lo que permitirá a los astrónomos de la UNAM acceder a las facilidades y a la astronomía que se puede desarrollar con instrumentos y un telescopios de gran tamaño, como lo es el GTC, además del 5% de tiempo de observación por pertenecer a la sociedad del GranTecan.

Estos proyectos le han dado al IAUNAM el nivel y la experiencia para construir instrumentos astronómicos para grandes telescopios. Se ha hecho patente la capacidad de la institución de vincular el trabajo científico, desarrollo tecnológico y derrama al sector productivo. Así como un reconocimiento internacional en este campo del conocimiento.

Bibliografía

http://www.astroscu.unam.mx/ia_cu/proyectos/frida/

<http://www.gtc.iac.es/>

<http://www.gtc.iac.es/pages/instrumentacion.php>

<http://www.iac.es/proyectos.php>

Cuevas S., Eikenberry S. S., Sánchez B., Chapa O.,
Espejo C, Flores-Meza R., Lara G., Álvarez L.C. and Keiman C.
Optical Design of FRIDA. “The Integral-field Spectrograph and
Imager for the AO System of the Gran Telescopio Canarias”.
Proceedings SPIE, Vol. 7014, 70146D, 2008.

López, J.A., Bringas V., Cuevas, S., Díaz, J.J.,
Eikenberry, S.S., Espejo, C., Flores-Meza, R., Fuentes, F. J.,
Gallego, J., Garzón, F., Hammersley, P.L, Pelló, R., Prieto, A.,
Sánchez, B. and Watson A. “FRIDA: The First Instrument for the
Adaptive Optics System of GTC.” To appear in First Light Science
with the GTC. Rev Mex AA, Conferences series, Vol 29, , pags. 18-20,
2007.

Cuevas, S., Sánchez, B., Bringas,V., Espejo, C., Flores,
R., Chapa, O., Lara, G., Chavoya, A., Anguiano, G., Arciniega, S.,
Dorantes, A., González, J.L., Montoya J.M., Toral, R.,
Hernández, H., Nava, R., Devaney, N., Castro, J., Cavaller, Ll.,
Farah, A., Godoy, J., Cobos, F., Tejada, C. and Garfias, F.
“Site Acceptation of the Commissioning Instrument for the Gran
Telescopio Canarias”. Proceedings SPIE, Vol 6267 Ground based and
Airborne telescopes (Larry Step Ed.) , (2006)

Espejo, C., Cuevas, S., Sánchez, B., Flores, R., Lara, G.,
Farah-Simon A., Godoy, J., Bringas, V., Chavoya, A., Dorantes, A.,
Gonzalez J.L., Montoya, J.M., Toral, R., Devaney, N., Castro, J.
and Cavaller, L., “Gran Telescopio Canarias Commissioning
Instrument Opto-mechanics”. SPIE Proc. Vol. 4837, 749-757 , “Large
Ground-Based Telescopes”, Jacoubs M. Oschmann, Larry Stepp Eds.
2003.

Cepa, J., Aguilar, M., Escalera, V., González-Serrano, I., Joven-Álvarez, E., Peraza, L., Rasilla, J.L., Rodríguez-Ramos Luis F., González J. Jesús, Cobos, F., Sánchez, B., Tejada, C., Bland-Hawthorn, J., Militello, C. and Rosas, F.. "OSIRIS tunable imager and spectrograph for the GTC-Instrument Status". Proc. SPIE Vol. 4841. Instrument Design and Performance for Optical/Infrared Ground-Based Telescopes, Masanori Iye; Alan F. Moorwood; Eds. 02/2003.