



# **GRAN TELESCOPIO CANARIAS**

---

## **(GTC)**

# **EEUU y México, socios del Gran Telescopio Canarias**

El Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM), el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), todos ellos por parte de México, y la Universidad de Florida, por parte de Estados Unidos, han formalizado sendos preacuerdos para participar como socios del Gran Telescopio Canarias (GTC).



## El GTC se abre a la participación internacional

# EEUU Y MÉXICO SERÁN SOCIOS DEL GRAN TELESCOPIO CANARIAS

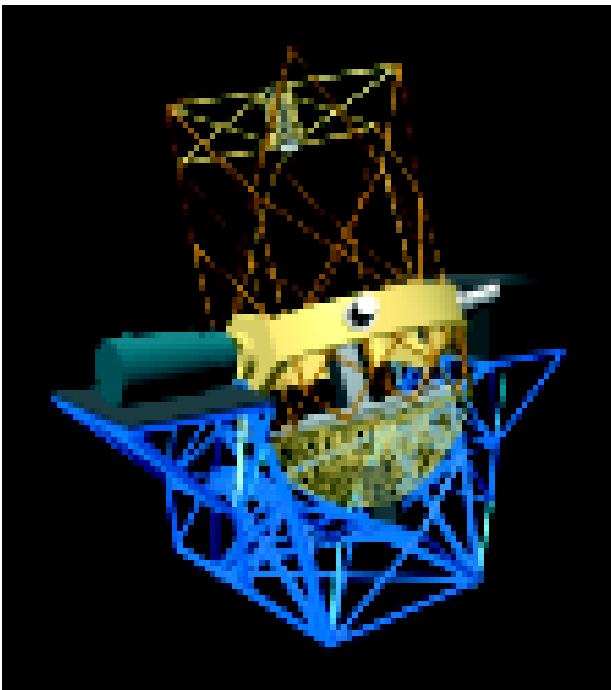
El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), por parte de España, ha suscrito sendos preacuerdos con la Universidad de Florida (UF) y, conjuntamente, con el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM), el Instituto de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), por los que estas instituciones participarán en la construcción y operación del Gran Telescopio Canarias (GTC). Los acuerdos también prevén fortalecer la cooperación con España a través de programas tecnológicos, de becas y de desarrollo de instrumentación astronómica. Con sus 10,4 metros de espejo primario, el GTC será el mayor y más avanzado telescopio del mundo una vez quede instalado, a principios del año 2004, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma.

La Universidad de Florida aportará un 5% del presupuesto del telescopio -cuya construcción gestiona la sociedad GRANTECAN-, equivalente a 5,4 millones de euros, y tiene la intención de aumentar a un 10% su aportación final al proyecto. Como contrapartida, obtendrá un 5% del tiempo de observación y contribuirá, también

con un 5%, a los gastos de operación del GTC. La UNAM, el INAOE y el CONACYT aportan conjuntamente otro 5% del presupuesto y se comprometen a contribuir a los gastos de operación en la misma cuantía.

Los documentos de participación de estas instituciones en el GTC son acuerdos amplios de colaboración en los que se ha logrado un programa que incluye becas para estudiantes de doctorado en la Universidad de Florida, contratos postdoctorales en esta universidad así como en la UNAM y el INAOE, y colaboración en proyectos instrumentales, además del intercambio de personal técnico, añadiendo algunas noches complementarias a las que tenían derecho por su 5% de contribución. La colaboración con México incluye también el intercambio de tiempo del GTC por tiempo del GTM (Gran Telescopio Milimétrico), de 50 metros, antena que podrá observar en longitudes de onda de hasta un milímetro con una excelente sensibilidad y que el INAOE construye con la Universidad de Massachusetts.

Líder en el diseño y construcción de instrumentación infrarroja para grandes telescopios, la Universidad de Florida ya participa en la construcción de CANARI-CAM, una cámara-espectrógrafo en el infrarrojo térmico que será instalada en 'día uno' en el GTC.



Modelo 3D de la estructura mecánica del GTC.



De izquierda a derecha: Prof. David Colburn, "Provost" de la Universidad de Florida (UF), Prof. Francisco Sánchez, Director del IAC, Dr. José Miguel Rodríguez Espinosa, Director científico del GTC, Prof. Stanley F. Dermott, Director del Departamento de Astrofísica de la UF, y Prof. Neil Sullivan, Decano de la Facultad de Artes y Ciencias de la UF. © University of Florida (News & Public Affairs)



De izquierda a derecha: Dr. Pedro Álvarez, Director de GRANTECAN, Dr. José Miguel Rodríguez Espinosa, Director científico del GTC, Prof. Francisco Sánchez, Director del IAC, Dra. Elsa Recillas Pishmish, Directora General en funciones del INAOE en el momento de la foto, Dres. Peter Schloerb y James Lowenthal, de la Universidad de Massachusetts (EEUU), y Dr. Luis Carrasco, del INAOE y Director científico del GTM, en el acto de la firma del acuerdo de colaboración previo firmado el 5 de mayo de 1998 entre el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), de México, y el IAC.

También será de 'día uno' el instrumento OSIRIS (*Optical System for Imaging and low Resolution Integrated Spectroscopy*). En el consorcio para su diseño y construcción, liderado por el IAC, participa el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Con estos acuerdos, el Gran Telescopio Canarias formaliza su apertura a la participación de otros países. Como gran proyecto científico internacional liderado por España, los responsables de la política científica consideraron necesario, desde el principio del proyecto, limitar la participación extranjera a un máximo de un 30%.

#### **MÁS INFORMACIÓN:**

Página web de GRANTECAN: <http://www.gtc.iac.es>

Página web del IAC sobre el Gran Telescopio Canarias (GTC): <http://www.iac.es/gabinete/grante/gtc.html>

#### **INSTITUCIONES:**

Universidad de Florida: <http://www.ufl.edu/>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT): <http://www.conacyt.mx/>

Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM): <http://www.astroscu.unam.mx/>

Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE): <http://www.inaoep.mx>

Gran Telescopio Milimétrico (GTM): <http://www.lmtgtn.org/>



## LA CÚPULA DEL GTC, EN CONSTRUCCIÓN

Imágenes de la construcción de la cúpula del GTC en las instalaciones de la empresa URSSA, en Vitoria.





## A GRANDES PROBLEMAS, SOLUCIONES INTELIGENTES

SILBIA LÓPEZ DE LACALLE RAMOS

**Imagínense 350 toneladas de masa móvil distribuidas en acero, motores, espejos, codificadores e instrumentación científica... que se deslizan sin apenas rozamiento y con una precisión microscópica. Todo un reto que el equipo de Mecánica del Gran Telescopio Canarias (GTC) ha superado de modo impecable con el diseño del que será, cuando entre en funcionamiento a principios del 2004, el telescopio mayor y más avanzado del mundo.**

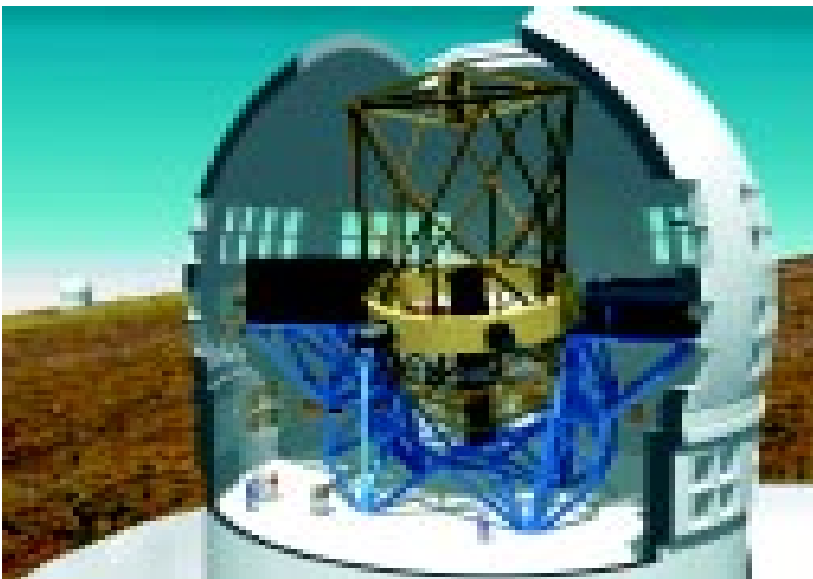
El tamaño del telescopio (27 metros de altura y 13 de anchura) y la segmentación de su espejo principal en 36 piezas hexagonales han determinado en buena medida el diseño de su estructura, que permite tres grados de libertad independientes, es decir, movimientos en tres ejes.

El movimiento de acimut (paralelo al horizonte) combinado con el de elevación (en altura) se encarga de localizar los objetos a observar. Su funcionamiento se asemeja al de los cañones de los barcos que vemos en las películas de guerra; el cañón primero rota sobre su base y luego busca el avión en altura. El telescopio funciona igual, pero su objetivo son las estrellas.

El tercer grado de libertad viene fijado por la necesidad de que el telescopio se adecue a la rotación de la Tierra. Como nuestro planeta rota con respecto a su eje, desde nuestro punto de vista todas las estrellas rotan con respecto a la

Tierra. Si se apuntara a una estrella fija, todas las demás se moverían a su alrededor, un cambio de posición que no interesa en la observación astronómica.

Ya tenemos la estrella localizada en su posición. El siguiente paso consiste en mejorar la calidad de visión, ámbito en el que también interviene la mecánica. Jorge Pan, ingeniero del Grupo de Mecánica de GRANTECAN, lo ilustra así: "Hay multitud de problemas que degradan la calidad final de la imagen que llega a los instrumentos científicos y por tanto al observador. Pero podemos dividirlos en los que tienen como fuente el propio telescopio y los externos a éste. Los originados por el propio telescopio se pueden analizar y controlar con mayor o menor precisión. Podemos paliar incluso los efectos perjudiciales que tienen como origen fuentes externas al telescopio, pero en ningún caso podemos controlar o modificar estas fuentes".



Composición del GTC en su cúpula.

Entre estos problemas se encuentra la deformación de la superficie del espejo primario, que debido a la gravedad y a cambios de temperatura deja de ser un hiperboloide perfecto. La solución está en el sistema de óptica activa, que consiste principalmente en mover y deformar ligeramente cada segmento para recuperar la forma inicial. También podemos citar el movimiento de imagen producido por vibraciones inducidas en la estructura, cuyo efecto es un movimiento de imagen en el plano focal. En este caso, la solución pasa por mover el espejo secundario de forma que corrija este movimiento.

# I. Sistemas y subsistemas

"Nuestro grupo -indica Consuelo Asenjo, responsable del Grupo de Mecánica de GRANTECAN- se encarga tanto de la estructura del telescopio, integrada por el tubo, la montura y el anillo de acimut, como de los mecanismos que se utilizan para mover y controlar esa estructura: motores, codificadores, cojinetes, etcétera".

El diseño de la estructura engloba dos objetivos básicos: dilatación reducida y fuerte sujeción. El 90% del telescopio está afectado por alguno de los movimientos y todas sus piezas se hallan interconectadas; la más mínima deformación reduciría la calidad de visión y convertiría el telescopio en un instrumento inútil, de modo que cada elemento deber ser revisado con gran detenimiento.

El tubo es el componente que soporta los espejos, el foco Cassegrain y los Cassegrain doblados. Está constituido, principalmente, por la celda del espejo primario, la torre del terciario, el anillo de elevación y el conjunto del secundario (anillo, araña y estructura de soporte). La celda del primario, formada por un intrincado conjunto de barras, a la vez que sujeta cada segmento del espejo debe mantener todos alineados y modificar su posición para equilibrar los efectos de posibles dilataciones. Sostiene, además, la torre del terciario y el foco Cassegrain, lo que suma un total de 40 toneladas que, según las previsiones, provocarán una deformación máxima de un milímetro.

La torre del espejo terciario tiene la misión de sujetar el espejo que distribuye el haz de luz entre los focos. Para ello, tiene que girar en torno a su eje. "El problema -explica Jorge Pan- estriba en que el foco Cassegrain tiene que recibir la luz desde arriba, para lo que habría que quitar la torre o quitar el espejo, ambas opciones muy aparatosas, además de arriesgadas. La solución que se nos ocurrió fue un espejo de quita y pon, que se desliza automáticamente por unas guías y se aparca". Se le estima una deformación máxima de 500 micras (medio milímetro).



El anillo de elevación es una viga circular de sección cuadrada de 40 toneladas, con dos estructuras radiales a los lados que enganchan los motores y permiten que el tubo gire. El anillo, para el que se prevé una deformación de 1,5 milímetros, soporta todo el peso de la parte superior del tubo y lo transmite a la montura, en cuyas bases se concentra el mayor porcentaje de carga del telescopio.

La araña, una estructura de seis pares de barras, soporta el peso del conjunto del secundario (espejo y anillo): unos 6.500 kilos que sujetan una masa de 2.500 a 20 metros de altura y cuya máxima deformación se reduce a 300 micras. Para reducir la sombra que la araña produce sobre el espejo primario se ha estrechado la sección que cruza el camino de la luz, intentando que coincida con las brechas que quedan entre los segmentos.

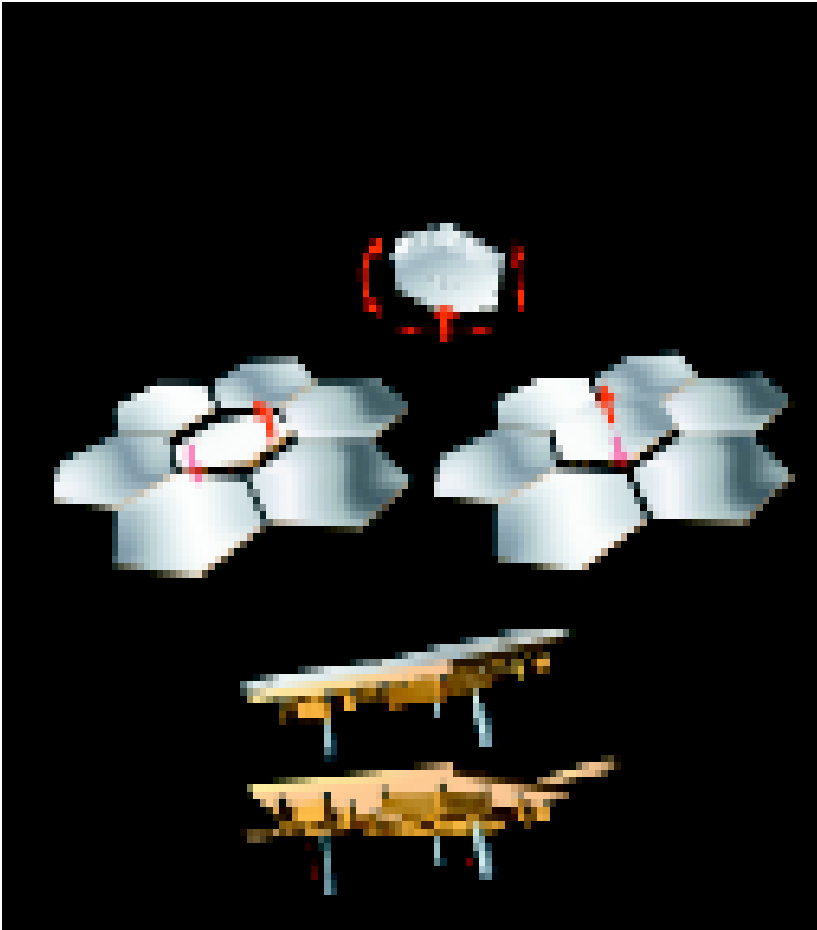
Todo el conjunto del tubo descarga su peso sobre la montura, una unidad estructural formada por un conjunto de barras unidas que evitan que en el movimiento de vibración el tubo pierda el apuntado. Además de soportar el tubo, sostiene las dos plataformas Nasmyth, que albergarán los instrumentos, y transmite las cargas al anillo de acimut, que a su vez las dirige al pilar del telescopio.

Finalmente, la base se compone de un pilar de hormigón y el llamado anillo de acimut, que sirve de elemento de unión entre la montura y el pilar. El anillo de acimut está formado por una viga anular de acero de unos 16 metros de diámetro y sirve de pista al movimiento de acimut.

*El espejo terciario dirigirá la luz de manera automática hacia los distintos instrumentos situados en sus focos, para aprovechar el tiempo de observación al máximo.*

## II. Mecanismos de movimiento y control

"Los motores y codificadores -señala Jorge Pan- van integrados en el mismo sistema. Tenemos la estructura del telescopio; ahora se trata de hacerla apuntar hacia donde queremos y con la precisión requerida. El funcionamiento de este sistema es similar al que sigue cualquier persona para moverse: saber dónde estas, a dónde quieres llegar y activar los mecanismos de movimiento. En el caso del telescopio, la información de posición es ofrecida por los codificadores y el movimiento es provisto por los motores, conjunto que constituye el servosistema del telescopio".



*Cada espejo hexagonal se moverá individualmente para conseguir una calidad óptima de imagen en todo momento.*

Los codificadores, o sistemas de posición del telescopio, se componen de cabezas lectoras colocadas sobre cintas metálicas grabadas. Se encuentran en los anillos de acimut y de elevación, y son capaces de registrar movimientos de centésimas de micra. La información que suministran sirve para dirigir el movimiento de los motores. A diferencia de otros telescopios, accionados mediante fricción, el GTC empleará motores directos. Este tipo de motor, que funciona con imanes y requiere poco mantenimiento, elimina las posibles imprecisiones debidas a la existencia de varios componentes mecánicos; además, la falta de rozamiento disminuye la cantidad de calor producida y permite prescindir de sistemas de enfriamiento.

Para hacer que los movimientos sean suaves se emplean cojinetes hidrostáticos. A diferencia de los tradicionales cojinetes de rodamientos (o bolas), éstos funcionan mediante un bombeo constante de aceite a alta presión; de este modo se logra un movimiento suave y preciso con un esfuerzo mínimo. Los cojinetes de elevación soportan el tubo y fijan la posición del eje de elevación con respecto a la montura; por su parte, los cojinetes de acimut soportan el peso del tubo y la montura y establecen la posición del eje de acimut con respecto al pilar. Es decir, los primeros permiten el movimiento en altura y los segundos en paralelo al horizonte (acimut).

## III. Conexiones

El telescopio contiene gran cantidad de canalizadores y cables que tienen que comunicar elementos con movimiento relativo entre sí, lo que genera el problema de que los cables se entrecrucen, desordenen o retuerzan. Los rotadores de cables compensan el movimiento, mantienen su correcta disposición y atenúan las posibles tensiones. Existía el mismo problema en relación con los instrumentos de las plataformas Nasmyth, que debían compensar de algún modo la rotación de campo producida por los movimientos del telescopio y la rotación de la Tierra. Para ello se han diseñado rotadores de instrumentos, que adecuan la posición de los focos al movimiento continuo del telescopio.

La mecánica del GTC, hace poco sometida a examen en congresos internacionales, atrajo la atención de los expertos por el empleo de la más avanzada tecnología que, como afirma Jorge Pan, "al fin y al cabo es de lo que se trata, valorando en todo momento su coste y riesgo tecnológico".



# OSIRIS, "EL OJO DEL CIELO"

**El Consejo de Administración de GRANTECAN ratifica la propuesta de contratación con el IAC para el diseño y la construcción del instrumento OSIRIS**

**El Gran Telescopio Canarias incorporará, entre otros, este potente instrumento de observación que permitirá contemplar el Universo desde sus primeros instantes**

JOSÉ MANUEL ABAD LIÑÁN

**El Gran Telescopio Canarias (GTC), que comenzará su operación a principios del 2004, contará con instrumentos de observación para contemplar la formación y evolución de las galaxias en la infancia del Universo y aclarar dudas sobre los cuásares lejanos, las enanas marrones, los planetas fuera del Sistema Solar o la composición del medio interestelar, que ocupa la mayor parte del espacio. Del primero de ellos, OSIRIS, acaba de ratificarse la propuesta de contratación del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) para su construcción y diseño. El instrumento estará instalado en el GTC para el 'Día Uno', el comienzo de la operación científica.**

Un telescopio no sería nada sin sus instrumentos de observación. Es más, la fabricación de estos instrumentos se justifica en satisfacer programas científicos que sin ellos serían irrealizables. Por eso, el GTC ha tenido en cuenta desde el principio de su diseño los objetivos científicos que pretende culminar. Y los instrumentos para alcanzarlos.

No hablamos del dios del Más Allá, aunque quizá se convierta en un ídolo de la visión ultraterrena. El instrumento OSIRIS (*Optical System for Imaging and low Resolution Integrated Spectroscopy* o sistema óptico para imagen y espectroscopía integrada de resolución baja e intermedia) obtendrá una imagen directa del cielo, podrá realizar espectroscopía de varios objetos a la vez y trabajará en el rango visible, el que es capaz de percibir el ojo humano.

Entre otros resultados, proporcionará nuevos datos a los científicos en áreas de conocimiento punteras de la Astrofísica, como las atmósferas de los planetas del Sistema Solar, los objetos compactos emisores de rayos X -posibles agujeros negros-, las supernovas muy lejanas -que sirven de referente para conocer la edad del Universo-, las llamadas *explosiones de rayos gamma*, unas tremendas emisiones de energía cuyo origen se desconoce y que es preciso identificar, o asuntos astronómicos tan candentes como la formación y evolución de las galaxias y los cúmulos de galaxias.



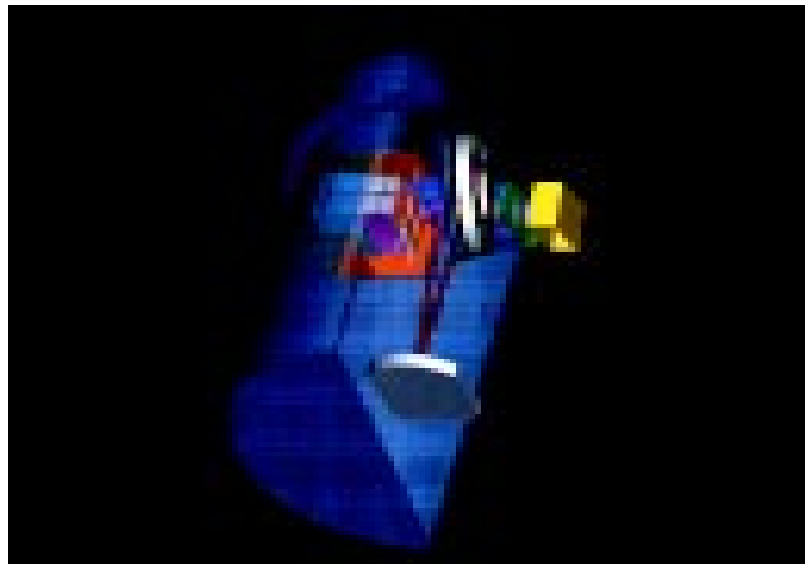
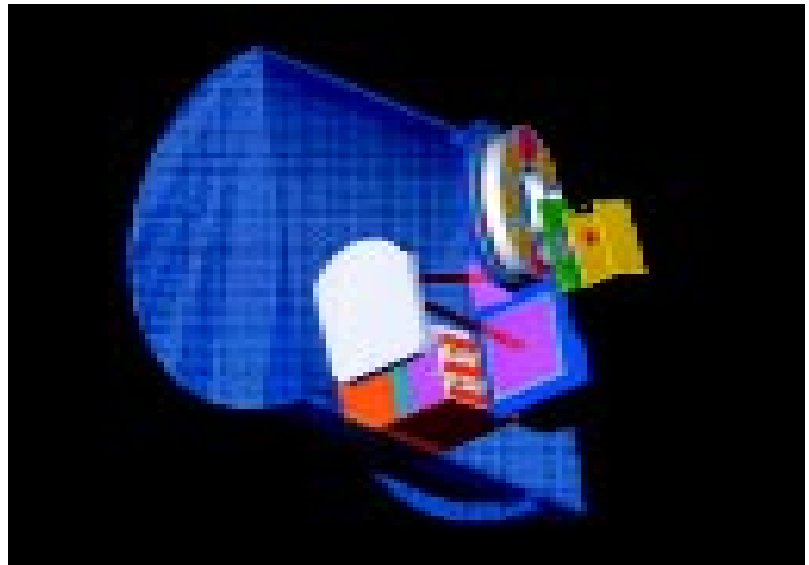
"OSIRIS incorpora varias características interesantes –señala José Miguel Rodríguez Espinosa, Director científico del GTC–, como el uso de filtros variables". Estos filtros permiten observar de manera muy precisa una línea determinada del espectro de luz, situada en cualquier posición dentro del rango visible. "Así sorteamos fenómenos como el desplazamiento al rojo del espectro, que afecta a objetos muy lejanos", añade el científico. Tan lejanos, que vemos ahora cómo eran en la infancia del Universo, cuando tenía sólo entre 1.200 y 1.500 millones de años, un 10% de su edad actual.

Si hubiera que destacar sólo dos de las características de este instrumento, Rodríguez Espinosa subrayaría la gran resolución de imagen y la elevada magnitud límite, es decir, su capacidad de alcanzar a ver estos débiles objetos. OSIRIS, cuya propuesta de contratación con el IAC para su diseño y construcción ratificó en noviembre el Consejo de Administración de GRANTECAN, incorporará unos detectores de muy alta calidad, con la que se reduce a la mitad el 'ruido' asociado a la observación. De esta manera podrán verse más nítidamente fuentes más lejanas. Además, con este *ojo* se observarán varios objetos a la vez, en un campo de visión mayor y con una eficacia entre un 80% y un 90%.

Si hubiera que destacar sólo dos de las características de este instrumento, Rodríguez Espinosa subrayaría la gran resolución de imagen y la elevada magnitud límite, es decir, su capacidad de alcanzar a ver estos débiles objetos. OSIRIS, cuya propuesta de contratación con el IAC para su diseño y construcción ratificó en noviembre el Consejo de Administración de GRANTECAN, incorporará unos detectores de muy alta calidad, con la que se reduce a la mitad el 'ruido' asociado a la observación. De esta manera podrán verse más nítidamente fuentes más lejanas. Además, con este *ojo* se observarán varios objetos a la vez, en un campo de visión mayor y con una eficacia entre un 80% y un 90%.

Si hubiera que destacar sólo dos de las características de este instrumento, Rodríguez Espinosa subrayaría la gran resolución de imagen y la elevada magnitud límite, es decir, su capacidad de alcanzar a ver estos débiles objetos. OSIRIS, cuya propuesta de contratación con el IAC para su diseño y construcción ratificó en noviembre el Consejo de Administración de GRANTECAN, incorporará unos detectores de muy alta calidad, con la que se reduce a la mitad el 'ruido' asociado a la observación. De esta manera podrán verse más nítidamente fuentes más lejanas. Además, con este *ojo* se observarán varios objetos a la vez, en un campo de visión mayor y con una eficacia entre un 80% y un 90%.

*Dos vistas de OSIRIS desde la parte posterior y muestra del carenado externo. Procediendo de los elementos más próximos a los más alejados en la imagen, el espejo colimador, el cargador de máscaras, las ruedas de filtros y de grismas, el obturador, la cámara y el termo que contiene el detector. (Se trata de imágenes 'idealizadas' que muestran dichos elementos «en el aire», cuando todos ellos estén debidamente anclados y afianzados a la estructura soporte. Los elementos de anclaje y la estructura soporte no se han representado a fin de que la imagen sea más clara.)*



El dispositivo que hace posibles estos logros es un cilindro de unos dos metros de diámetro por 1,70 de largo y dos toneladas de peso, pero muy delicado y al que, paradójicamente, hay que proteger de la luz. Para ello, OSIRIS se recubrirá con un carenado con puertas para mantener y cambiar los elementos internos. A pesar de la complicación, todas las operaciones se dirigirán por control remoto. “Y para efectuar una simple observación hay que mover hasta diez mecanismos distintos de manera sincronizada”, apunta el investigador principal del proyecto, Jordi Cepa, astrofísico del IAC y profesor titular del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna.

Para que los astrónomos disfruten de este instrumento, ha habido que reunir a científicos y tecnólogos de puntos muy distantes en el globo. El consorcio para su diseño y construcción se compone del IAC, con participación mayoritaria y responsable del desa-

rollo del instrumento, y del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM). El equipo de ingeniería se compone de unas 30 personas de ambas instituciones, a las que hay que añadir más de 40 científicos de 21 instituciones de ocho países que forman el equipo científico del proyecto.

No es tarea fácil coordinar a tantas personas en ‘reuniones’ semanales, por teléfono; en persona, cada dos o tres meses; reuniones de progreso del proyecto; y a través de cientos de correos electrónicos desde que el proyecto comenzó a gestarse en octubre de 1997, “cuando GRANTECAN organizó una reunión para que la comunidad nacional de astrónomos definiera sus intereses científicos”, recuerda Jordi Cepa. De ella surgieron dos grandes campos de interés en la observación: en el rango óptico y en el infrarrojo. Y distintos grupos que ofrecieron varias posibilidades de diseño que respondieran a las exi-

gencias de calidad del Gran Telescopio Canarias. Entre ellas, las recogidas en los requerimientos de mantenimiento, bajo la consigna "máxima duración de las piezas, mínimo tiempo de reparación".

Un instrumento, como cualquier otro elemento de los que conforman el GTC, desde su cúpula hasta el pulido de los espejos, ha de pasar varios exámenes y revalidar continuamente su calidad. OSIRIS no va a ser menos. El instrumento ya ha superado uno de estos tests, el *Conceptual Design Review* o Revisión del Diseño Conceptual, en el que un comité de expertos evaluó la marcha del instrumento y le dio su visto bueno.

En esencia una revisión es superada si se considera que se puede pasar a la siguiente fase sin mayores cambios. Las fases de desarrollo de un instrumento, cada una de ellas ligada a una revisión, pueden resumirse en: *Diseño Conceptual, Diseño Preliminar, Diseño Detallado, Fabricación y Pruebas* (en fábrica y en telescopio). La siguiente 'gran revisión' será la de Diseño Preliminar, prevista para el primer cuatrimestre del 2001.

¿Y a partir de ahora? La fabricación de la óptica comenzó el pasado verano. Parte de las lentes se fabrican en México, a través de la UNAM. ¿Por qué México? "Tiene mucha experiencia en el diseño óptico y la fabricación de lentes. Ha intervenido por ejemplo en el instrumento LRS [del *Hobby Eberly Telescope*, de la Universidad de Texas], conceptualmente parecido a OSIRIS", aclara Jordi Cepa.

La óptica es un elemento fundamental del instrumento. OSIRIS dispondrá de un espejo cuasi-parabólico de 70 centímetros de diámetro, que constituye casi un telescopio aparte. Jordi Cepa pone como ejemplo de la relevancia de estos 70 centímetros que "proporcionalmente, en un telescopio de 100 metros, este espejo supondría en sí un telescopio de ocho metros". Además, "el uso de los filtros sintonizables y las redes de difracción, ventajosas por tantas razones, complican sin embargo el diseño óptico", matis-

za el astrónomo. El peso comporta problemas: se trata de una carga pesada y, por tanto, con riesgo de flexiones mecánicas y de deformaciones que desvirtúen la calidad de la imagen.

De evitarlo se encargarán el IAC -que además de la mecánica también desarrollará la electrónica y el control- y la Universidad de La Laguna. "Y queda aún por adjudicar el diseño detallado y la fabricación de la mecánica, probablemente a una empresa española". Ya que los detectores del instrumento tienen que mantenerse a la friolera de 123 grados centígrados bajo cero, la criogenia se ha confiado de nuevo a empresas de prestigio, como lo son las estadounidenses *Infrared Labs* y *GL Scientific*. Ambas empresas han realizado multitud de trabajos relacionados con la criogenia de detectores para varios instrumentos en telescopios de gran tamaño.

Hablábamos de control remoto porque con OSIRIS, como con el resto del GTC, el astrónomo no necesitará estar en el telescopio. Gracias a un programa informático y al envío de datos por Internet, se generará una secuencia de operaciones, "y eso es lo que se manda al instrumento", explica Jordi Cepa. "Este instrumento -añade- funcionará *por colas*, es decir, se esperará a tener unas condiciones de observación apropiadas para que el telescopio ejecute la secuencia de operaciones y, después, un astrónomo de soporte corregirá posibles pequeños errores. Tras efectuar las observaciones, se enviarán al astrónomo los datos y así se logrará la máxima velocidad".

El recibimiento de este instrumento en la comunidad científica internacional ha sido excelente. Como señala el astrofísico, "en el simposio de 'Telescopios e Instrumentación Astronómica 2000' (SPIE), que se celebró el pasado marzo en Múnich para reunir a los representantes de los mayores telescopios del mundo, vimos que el instrumento es muy competitivo". Muchos instrumentos en proyecto para telescopios de 8 y 10 metros tomarán el modelo de OSIRIS, una nueva manera de abrir los ojos al Universo.

### El equipo que desarrolla OSIRIS:

#### Investigador Principal:

Jordi Cepa (IAC-Universidad de La Laguna)

#### Co-investigadores principales:

Jesús González (IA-UNAM)

Jonathan Bland-Hawthorn (Observatorio Anglo-Australiano)

#### Equipo de definición:

Ignacio González-Serrano (Instituto de Física de Cantabria)

Emilio Alfaro (IAA)

Héctor Castañeda (IA-UNAM)

Miguel Sánchez (VILSPA)

Jorge Casares(IAC)

#### Equipo técnico del IAC\*:

Ángeles Pérez (Project Manager)

Víctor G. Escalera (Ingeniero de Sistemas)

José Luis Rasilla (Óptica)

Ana B. Frago (Óptica)

Javier Fuentes (Mecánica)

Lorenzo Peraza (Mecánica)

Carmelo Militello (Mecánica)

José A. Ballester (Mecánica)

Jaime Pérez (Mecánica)

Santiago Correa (Mecánica)

Enrique Joven (Detectores)

Marta Aguiar (Control)

Antonio Cruz (Control)

José V. Gigante (Control)

#### Equipo técnico de la UNAM:

Beatriz Sánchez (Local Manager)

Francisco Cobos (Óptica)

Carlos Tejada (Óptica)

Jesús González (Óptica)

Salvador Cuevas (Óptica)

Fernando Garfias (Óptica)

Carlos Espejo (Recubrimientos)

Rosalía Langarica (Mecánica)

Silvio Tinoco (Mecánica)

Vicente Cajero (Taller de Mecánica)

Franco Pérez (Taller de Óptica)

Oscar Chapa (Taller de Óptica)

\* Con la colaboración del Área de Instrumentación.

# El GTC, día a día



Agosto 2000



Septiembre 2000



Octubre 2000



Noviembre 2000



Diciembre 2000

Imágenes del lugar de ubicación del GTC obtenidas en distintos meses con la cámara digital (*webcam*) que toma imágenes cada 5 minutos para que estén disponibles en la red inmediatamente después.

Las imágenes sucesivas muestran el progreso en la construcción del GTC. La cámara está situada en el edificio del Telescopio Nacional Galileo (TNG), a unos 400 m del sitio del GTC, y elevada sobre la cota de éste unos 90 m.

Fuente del texto y Webcam: Web del Proyecto GTC

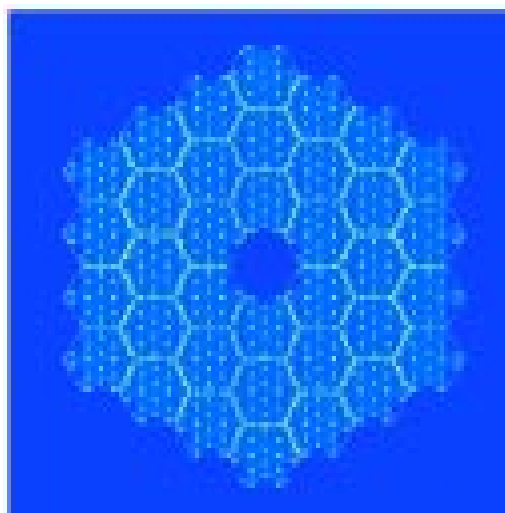
# TESIS DOCTORAL SOBRE TELESCOPIOS SEGMENTADOS

Los astrónomos requieren telescopios cada vez mayores para poder observar objetos más débiles. Los telescopios con espejos segmentados se han propuesto como una solución al problema de incrementar el diámetro del espejo primario. Esta solución es relativamente nueva, y sólo tres telescopios que hayan adoptado esta tecnología están ahora en operación (Keck I, Keck II y el telescopio Hobby Eberly). El Gran Telescopio Canarias (GTC), que será instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, será un telescopio con espejo primario segmentado. Uno de los requerimientos de este telescopio es que debe proporcionar una excelente calidad de imagen de forma que pueda aprovechar las excelentes condiciones atmosféricas de la Isla de La Palma. Existen ya planes para la próxima generación de telescopios extremadamente grandes, con espejos primarios de hasta 100 m de diámetro. Estos telescopios emplearán tecnología de espejos segmentados.

CARMEN DOLORES BELLO FIGUEROA presentó su tesis doctoral titulada "Mejora de la calidad de imagen de un telescopio grande segmentado", en el aula magna de la Facultad de Físicas de la Universidad de La Laguna, el 29 de noviembre de 2000, obteniendo la máxima calificación de Sobresaliente "cum laude".

Esta tesis fue dirigida por los doctores Nicholas Devaney (GTC) y José Miguel Rodríguez Espinosa (GTC/IAC). En esta tesis se ha estudiado el efecto de la segmentación en el rendimiento de sistemas de óptica adaptativa, y se ha demostrado que estos sistemas operando en telescopios segmentados no demandan una solución muy diferente de la de aquellos que lo hacen en telescopios monolíticos, y que el sistema de óptica adaptativa puede además corregir parte de los errores de "pistón" del espejo. La idea de construir telescopios extremadamente grandes basados en espejos primarios segmentados y utilizando óptica adaptativa parece por tanto factible.

Nacida en La Orotava (Tenerife), el 18 de diciembre de 1973, Carmen Dolores Bello Figueroa se licenció en Ciencias Físicas (especialidad de Óptica) por la Universidad de Zaragoza en junio de 1996. Fue becaria de verano de instrumentación en el Departamento de Óptica del IAC durante los veranos de 1995 y 1996. Durante el curso 1995-1996 disfrutó de una beca de colaboración en el Departamento de Óptica de la Universidad de Zaragoza. En octubre de 1996 obtuvo un contrato como astrofísico residente al IAC, donde ha permanecido hasta ahora. En enero de 2001 se incorporará como ingeniero post-doctoral a ONERA, en París.



*Una de las geometrías de lentes del sensor de frente de onda que se han estudiado para un posible sistema de óptica adaptativa operando en un telescopio segmentado tipo GTC. Dado que alguna de las lentes cruzan segmentos, el sistema formado por el sensor de frente de onda junto con el espejo deformable es capaz de medir y corregir en cierto grado los errores de "pistón" residuales en el espejo.*



*Espejo primario (mosaico de 36 espejos hehexagonales)*

# JUNTA GENERAL EXTRAORDINARIA DE GRANTECAN



Imágenes de la reunión de la Junta General Extraordinaria y del Consejo de Administración de GRANTECAN, el pasado 6 de octubre, en La Laguna.

El pasado 6 de octubre, se reunió en La Laguna (Tenerife) la Junta General Extraordinaria y el Consejo de Administración de GRANTECAN. En esta reunión, la Junta General Extraordinaria nombró al nuevo Presidente de la sociedad, Ramon Marimon Suñol, Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica, que sustituye en el cargo a Pascual Fernández Martínez, actual Secretario de Estado de Aguas y Costas. También se nombraron nuevos Consejeros (ver organigrama de GRANTECAN, en la última página). El Consejo de Administración ratificó en esta reunión la propuesta de contratación con el IAC para el diseño y la construcción del instrumento OSIRIS .

## NUEVOS CONTRATOS

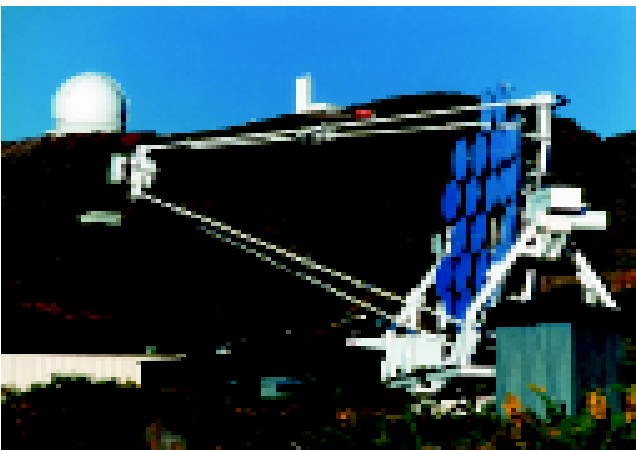
### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS ACTUADORES DEL ESPEJO PRIMARIO, LA PLANTA DE RECUBRIMIENTOS Y EL INSTRUMENTO DE PRUEBAS DEL GTC

El pasado 8 de noviembre, se reunió en la sede del Ministerio de Ciencia y Tecnología, en Madrid, el Consejo de Administración de GRANTECAN. En esta reunión, se adjudicaron el diseño y la fabricación de los sistemas de accionamiento del espejo primario del GTC a la empresa española "Construcciones Españolas de Sistemas Aeronáuticos" (CESA). Estos sistemas, también denominados actuadores, son una parte fundamental del sistema de óptica activa del telescopio, que permite corregir los efectos negativos en la calidad de la imagen producidos por defectos y perturbaciones sobre la óptica y la mecánica del telescopio. Actualmente, CESA construye los sistemas de soporte pasivo de los 36 segmentos. La empresa "ImasDé Canarias", de Las Palmas de Gran Canaria, participará en el desarrollo de la electrónica de estos sistemas.

El Consejo de Administración también adjudicó la planta de recubrimientos, una cámara de vacío en la que serán recubiertos de aluminio los segmentos del espejo para hacerlos reflectantes. La empresa adjudicataria es la alemana "Vakuumtechnik Dresden" (VTD), emplazada en la ciudad de Dresde, con cuarenta años de experiencia en tecnologías del vacío.

Asimismo, el instrumento de pruebas del GTC fue asignado a la Universidad Autónoma de México (UNAM). Este instrumento es un útil técnico que permite comprobar el correcto funcionamiento de los distintos sistemas que conforman el telescopio antes de la instalación de los instrumentos científicos. La UNAM participa en el desarrollo óptico de uno de ellos, OSIRIS (*Optical System for Imaging and low Resolution Integrated Spectroscopy*), de cuyo diseño y construcción se encarga el IAC.

Tras la revisión del proyecto, la construcción del GTC sigue cumpliendo rigurosamente los planes y plazos previstos y el presupuesto estimado. Se mantiene así la fecha de principios del 2004 para el comienzo de la explotación científica del telescopio.



### FIRMADO EL CONVENIO PARA LA INSTALACIÓN DEL GTC EN EL OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS

Previamente a la reunión del 8 de noviembre, la Ministra de Ciencia y Tecnología y Presidenta del Consejo Rector del IAC, Anna Birulés, y el presidente de GRANTECAN, Ramon Marimon, firmaron el convenio para la instalación del GTC en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el término municipal de Garafía (La Palma).

En la imagen, vista parcial del Observatorio del Roque de los Muchachos.

# Empresas participantes en el proyecto GTC

## Empresas y centros que trabajan para el GTC:

**SCHOTT** (Maguncia, Francfort, Alemania). Fabrican los 42 bloques de ZERODUR que formarán el espejo primario. Es la empresa que ha desarrollado este material con el que se han construido los espejos primarios de muchos telescopios modernos (KECK, VLT, NTT, etc.).

**UTE GMU**, formada por las empresas **GHESA** (Madrid), **URSSA** (Vitoria) y **MONCAINSA** (Las Palmas de Gran Canaria). **GHESA** es una empresa de ingeniería de Madrid que pertenece al grupo de Empresarios Agrupados. **URSSA** es una empresa de construcción metálica de Vitoria. **MONCAINSA** es una empresa de instalaciones industriales con sede en Las Palmas de Gran Canaria y que pertenece al grupo nacional COBRA. Diseñan y construyen la Cúpula.

**MANNESMANN Demag** (Alemania). Su factoría en A Coruña trabaja bajo subcontrato con la UTE GMU para la construcción de los mecanismos de movimiento de la cúpula.

**LV Salamanca Ing.** (Madrid). Realizó el Diseño de Detalle (o proyecto constructivo) del edificio del GTC. Actualmente actúa como dirección facultativa en la fase de construcción de la Obra Civil. Es una empresa de ingeniería de sistemas industriales.

**ACS** (Madrid). Realiza la construcción de la Obra Civil. Es una empresa de construcción de Obra Civil. Tiene delegación en la Isla de La Palma.

**CEP Ibérica** (Madrid). Controla la calidad de la Obra Civil.

**UTE SG**, formada por las empresas **GHESA** (Madrid) y **SCHWARTZ-HAUTMONT** (Tarragona). Diseñan y construyen la estructura metálica del telescopio y sus mecanismos de movimiento. **SCHWARTZ-HAUTMONT** es una empresa de construcción metálica de Tarragona. Construyó la estructura metálica del Keck I, de las cúpulas de los telescopios del proyecto Magellan y de múltiples antenas parabólicas de seguimiento de satélites.

**PHASE** (Italia). Bajo subcontrato con la UTE SG, construye los motores de movimiento del telescopio.

**HEINDENHAM** (Suiza). Bajo subcontrato con la UTE SG, construye los codificadores ópticos para el telescopio.

**SKF** (Suecia). Bajo subcontrato con la UTE SG, construye los sistemas de cojinetes hidrostáticos del telescopio.

**TEKNIKER** (Bilbao). Bajo subcontrato con la UTE SG, diseña y construye el sistema de rotación de instrumentos para los focos Nasmyth del GTC.

**REOSC** (París, Francia). Realizan el pulido de los segmentos del espejo primario y la fabricación del espejo secundario en soporte de berilio. Pertenecen al grupo francés SAGEM. Esta empresa realizó el pulido de los cuatro espejos del proyecto VLT (*Very Large Telescope*), instalados en Chile, del Observatorio Sur Europeo (ESO), y para los dos telescopios Gemini, instalados en Hawái y Chile, respectivamente, del consorcio internacional dirigido por AURA (*Association of Universities for Research in Astronomy*).

**CESA (Construcciones Españolas de Sistemas Aeronáuticos)** (Madrid). Construye los actuadores de los segmentos del espejo primario y los sistemas de soporte pasivo de los segmentos. Es una empresa de diseño y fabricación de sistemas para aviación.

**ImasDé Canarias** (Las Palmas de Gran Canaria). Realiza el desarrollo de los prototipos de los sensores de borde de los segmentos del espejo primario y es subcontratista de CESA para la electrónica de los accionamientos del espejo primario. Es una empresa que diseña y construye sistemas electrónicos en general, con sede en Las Palmas de Gran Canaria.

**RAMEM** (Madrid). Bajo subcontrato con CESA participa en la construcción de los sistemas de soporte pasivo de los segmentos del espejo primario.

**IAC (Instituto de Astrofísica de Canarias)** (Tenerife). Realiza el Diseño Preliminar de los instrumentos OSIRIS y EMIR, actuando como líder de amplios consorcios internacionales en estos dos instrumentos. Lidera la participación española en el instrumento CANARI-CAM. Desarrolla un sistema automático para la medida del contenido en vapor de agua en el Observatorio del Roque de los Muchachos. Da soporte científico y técnico específico en diversas actividades del proyecto. También se responsabiliza, a través de su Gabinete de Dirección, de la difusión cultural del GTC.

**Universidad de Florida** (Gainesville, Florida, EEUU). Realiza el Diseño Preliminar del instrumento CANARI-CAM. Posee experiencia reconocida mundialmente en el desarrollo y construcción de instrumentación astrofísica en el infrarrojo térmico.

**AMOS (Advanced Mechanical and Optical Systems)** (Lieja, Bélgica). Realiza el diseño y fabricación de los núcleos de adquisición, guiado y calibración del GTC. Estos sistemas permiten mantener el telescopio en el objeto observado corrigiendo los posibles fallos en el seguimiento. También diseña y construye el espejo terciario del GTC. Bajo subcontrato con la UTE SG diseña y construye la torre de soporte y mecanismos del espejo terciario. Esta firma belga cuenta con experiencia en esta área y ha desarrollado trabajos similares para los cuatro telescopios del VLT y para los dos telescopios Gemini.

**ZEISS** (Jena, Alemania). Bajo subcontrato con AMOS participa en la fabricación del espejo terciario del GTC.

**NTE (Nuevas Tecnologías Espaciales)** (Barcelona). Diseña y construye los mecanismos de movimiento del espejo secundario, que permiten corregir la influencia de las vibraciones de la estructura del telescopio en la imagen del cielo.

**CSEM** (Suiza). Bajo subcontrato con NTE participa en el diseño de los mecanismos del espejo secundario.

**UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México)** (México DC). Construye la cámara de pruebas del GTC y colabora con el IAC en la construcción del instrumento OSIRIS.

**VTD (Vakuumechnik Dresden GmbH)** (Dresden, Alemania). Construye la planta de recubrimientos reflectantes de los espejos. Es una empresa de gran experiencia en el desarrollo y construcción de este tipo de plantas.

**SESO (Société Européenne de Systèmes Optiques)** (Aix-en-Provence, Francia). Realiza el desarrollo de recubrimientos ópticos especiales para los elementos ópticos de los instrumentos científicos.

**Marconi Applied Technologies** (Reino Unido). Suministra los detectores para el subsistema de Calibración, Adquisición y Guiado, para la Cámara de Pruebas y para el instrumento OSIRIS.

**Rockwell Science Center** (Los Angeles, EEUU). Suministra los detectores de infrarrojo próximo para el instrumento EMIR.

**MIT Lincoln Lab.** (EEUU). Desarrolla detectores especiales de grado científico para el instrumento OSIRIS.

## Empresas y centros que han trabajado para el GTC:

**TENO Ingenieros** (Tenerife). Realizó la prospección del subsuelo del Observatorio del Roque de los Muchachos, donde se ubicará el edificio del GTC.

**HIBERESPACIO** (Madrid). Realizó el Diseño Preliminar de la estructura metálica del GTC y de sus mecanismos de movimiento y del edificio. Es una empresa de ingeniería de sistemas industriales y espaciales que pertenece al grupo de Empresarios Agrupados.

**NFM Technologies** (París, Francia). Realizó parcialmente el Diseño Preliminar de la estructura metálica del GTC y de sus mecanismos de movimiento. Es la empresa que diseñó y construyó similares elementos de los telescopios Gemini.

**Departamento de Óptica y Optometría de la Universidad Politécnica de Cataluña** (Tarrasa, Barcelona). Construyó el prototipo de un interferómetro para la medida de la posición de los segmentos del espejo primario.

**KODAK** (Rochester, Nueva York, EEUU). Realizó un programa de demostración de las posibilidades de pulir los segmentos del espejo primario. Realizó el pulido final de los segmentos de los telescopios Keck. También pulió los segmentos del telescopio HET.

**Galileo Ingeniería y Servicios** (Tenerife). Desarrolló el sistema de control de un banco de pruebas de los prototipos de actuadores y sensores del espejo primario.

**Departamento de Física Aplicada de la Universidad de La Laguna, Sección Departamental de Computadoras y Control** (Tenerife). Estudió diferentes algoritmos para el control de los segmentos del espejo primario.

**STZ Leuchtentechnik** (Alemania). Realizó los estudios de luz difusa en la instalación del GTC.

**IKERLAN** (Bilbao). Estudió diferentes alternativas para los accionamientos del espejo secundario.

**Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), de la Universidad Politécnica de Cataluña** (Barcelona). Realizó las simulaciones aero-termodinámicas de la cúpula para optimizar su diseño.

**Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid** (Madrid). Realizó las primeras modelizaciones de la estructura mecánica del GTC.

**SENER** (Bilbao). Realizó el estudio de diferentes alternativas de los sistemas de movimiento de la estructura mecánica del GTC.

**Optical Lab. de la Universidad de Arizona** (Tucson, Arizona, USA). Diseñó un sistema de verificación del pulido de los segmentos del espejo primario.

**MTORRES Diseños Industriales, S.A.** (Pamplona). Estudió diferentes alternativas para los accionamientos del espejo secundario.

**Desarrollo de Sistemas Logísticos (DSL) y POAS Mantenimiento, S.L.** (Madrid). Desarrolló un sistema logístico informático de aplicación para el diseño y mantenimiento del GTC.

**ADAMICRO** (Madrid). Colaboró con GRANTECAN en la búsqueda de empresas nacionales y canarias con capacidad de participación en el proyecto.

**TELSTAR** (Barcelona). Realizó un estudio de las posibilidades de desarrollo y construcción de los sistemas de recubrimiento de los segmentos.

**INTECSA** (Madrid). Realizó la dirección y estudios de laboratorio de los sondeos en el subsuelo del Observatorio del Roque de los Muchachos para el edificio del GTC.

**MEDIA Consultores** (Madrid). Realizó el modelado por elementos finitos del pilar del telescopio.

# ORGANIGRAMA DE "GRANTECAN"

## CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

*Presidente:*

**Ramon Marimon Suñol**

Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica.

*Vicepresidente:*

**José Miguel Ruano León**

Consejero de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno Autónomo de Canarias.

*Secretario:*

**Francisco Sánchez Martínez**

Director del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC).

*Vicesecretario:*

**Rafael Arnay de la Rosa**

Responsable de los Servicios Generales del IAC.

*Consejeros:*

**Adán Martín Menis**

Vicepresidente y Consejero de Economía y Hacienda del Gobierno Autónomo de Canarias.

**Lorenzo Alberto Suárez Alonso**

Consejero de Industria y Comercio del Gobierno Autónomo de Canarias.

**Juan Junquera González**

Secretario General de Política Científica del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

**Julio Gómez Pomar**

Director General de Fondos Comunitarios y Financiación Territorial del Ministerio de Hacienda.

**Ismael Crespo Martínez**

Director General de Universidades del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.



## COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR Scientific Advisory Committee (SAC)

*Chairman:*

**José Miguel Rodríguez Espinosa (IAC)**

**Artemio Herrero (IAC)**

**Casiana Muñoz-Tuñón (IAC)**

**Jerry Nelson (UCSC)**

**José Cernicharo (CSIC/IEM)**

**Luis Colina (Univ. Cantabria)**

**Victor Costa (CSIC/IAA)**

"GRAN TELESCOPIO DE CANARIAS, S.A." (GRANTECAN) C/ Vía Láctea s/n (Instituto de Astrofísica de Canarias).

38200-La Laguna (Tenerife). ESPAÑA. Tel: 922 31 50 31. Fax: 922 31 50 32

**Direcciones en Internet:** <http://www.gtc.iac.es> y <http://www.iac.es/gabinete/grante/gtc.html>

Edita: Gabinete de Dirección del IAC.