

INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA MEXICANA PARA
EL DESARROLLO DE CIENCIA EN EL ÁREA DE LA ASTROFÍSICA

Gran Telescopio Milimétrico: Fase de Pre-operaciones

David H. Hughes

Director e Investigador Principal Gran Telescopio Milimétrico
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)



Figure 1. El Gran Telescopio Milimétrico ubicado al Volcán Sierra Negra, Puebla

Tabla de Contenido

RESUMEN	3
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	3
LA PRIMERA LUZ DEL GTM	3
ETAPA ACTUAL	5
INVERSIÓN	6
OBJETIVOS GENERALES	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS EN 2012	8
ESTRUCTURA DE TRABAJO PARA EL 2012 (EDT)	8
ALCANCES (ENTREGABLES) O RESULTADOS ESPERADOS	9
CIENCIA TEMPRANA CON EL GTM	9
MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO DE GTM	9
FACTORES DE RIESGO	10
LIMITACIONES O RESTRICCIONES	10
TÉCNICAS	11
FLUJO DE EFECTIVO	11
ESTRUCTURA PROGRAMÁTICA EN INAOE	12
CONDICIONES CLIMÁTICAS	12
PROGRAMACIÓN	12
PRESUPUESTO 2012	12
EQUIPO DE TRABAJO	14
EQUIPO DEL PROYECTO, LÍDERES DE SECCIÓN BINACIONALES	14
EQUIPO DE GESTIÓN BINACIONAL	15
ANEXO A: EL IMPACTO DE LA ASTRONOMÍA MEXICANA	16

RESUMEN

Esta propuesta, enviada por el director e investigador principal del Gran Telescopio Milimétrico (GTM) al Comité de Apoyos Institucionales de CONACyT, solicita un total de 70 millones de pesos para continuar el programa de actividades operativas, de ingeniería y científicas del telescopio en el 2012. La prioridad a corto plazo es mejorar el desempeño operativo del GTM, concentrándonos en la precisión global de alineado de la apertura primaria de 32m central, antes de invitar a la comunidad astronómica mexicana en el 2012 a que participe en las observaciones de primera ciencia con esta nueva infraestructura de clase mundial.

ANTECEDENTES y JUSTIFICACIÓN

El proyecto Gran Telescopio Milimétrico (GTM) se desarrollará a través de una colaboración binacional, entre México y los Estados Unidos de América, para construir una infraestructura científica única y de clase mundial en México. El GTM es un telescopio de 50 metros de diámetro, situado en la cima del Tliltépetl (Volcán Sierra Negra), en el estado de Puebla, a una altitud de 4600 metros (véase la figura 1 en la página principal). La oficina del proyecto GTM en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) proporciona dirección administrativa y coordinación del personal académico, ingenieros y técnicos que trabajan en el proyecto GTM en el INAOE, la Universidad de Massachusetts (UMASS) y el sitio. En el caso científico de GTM se incluyen las grandes interrogantes relacionadas con el estudio de la formación y evolución de la estructura del universo a través de toda su historia, así como otro de los hitos más importantes de la astrofísica contemporánea: la formación planetaria fuera de nuestro Sistema Solar. La comunidad mexicana de astronomía tiene una sólida reputación en este campo de investigación en las ventanas de la luz visible, infrarroja y en longitudes de onda de radio. El GTM abrirá una nueva oportunidad de ampliar y desarrollar esta experiencia con observaciones en ondas milimétricas. Cabe resaltar que la astronomía mexicana está consistentemente catalogada por el CONACyT como la ciencia con mayor productividad e impacto inmediato del país (véase anexo A).

El rendimiento esperado del GTM, con el apoyo de un conjunto de instrumentos de clase mundial, ofrecerá a la comunidad astronómica mexicana una capacidad de descubrimiento sin precedentes, con un telescopio de antena simple que proporcionará las más altas sensibilidades, mayor velocidad de barrido, y una amplia cobertura espectral en el rango espectral de operación de 4 a 0.8 mm para el continuo y para observaciones espectroscópicas.

La primera Luz del GTM

En el año 2011 se completaron los avances más significativos en las capacidades científicas y de ingeniería del GTM de la última década, así como cambios importantes en la administración del proyecto. El “Proyecto Primera Luz CONACyT” fue exitosamente concluido en el 2011. El objetivo del proyecto era producir una demostración de las observaciones científicas de fuentes astronómicas con el GTM a una longitud de onda de 3 mm, e identificar los principales problemas que deben solucionarse antes de que el GTM satisfaga las especificaciones de diseño y alcance su potencial científico.

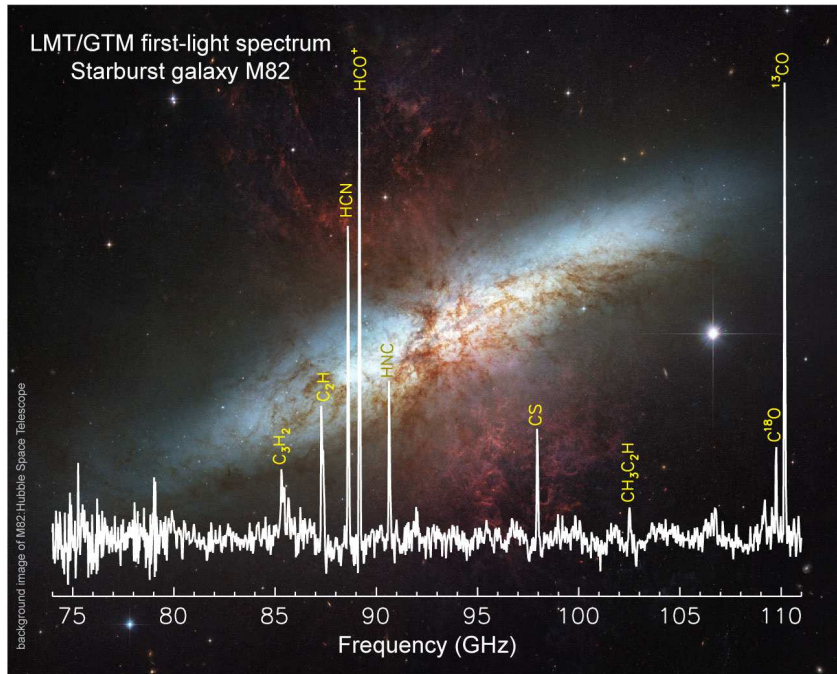


Figure 2: Primera luz del GTM en longitudes de onda a 3mm con el espectrógrafo (Redshift Search Receiver), 1 de junio del 2011. Las observaciones se realizaron en la dirección del núcleo de la galaxia Messier 82, una galaxia activa que forma estrellas con una tasa 3 veces mayor que la Vía Láctea. La imagen de fondo muestra la emisión óptica registrada por el Telescopio Espacial de Hubble. El espectro trazado en blanco muestra las líneas de emisión moleculares, que tienen lugar dentro las nubes de gas molecular.

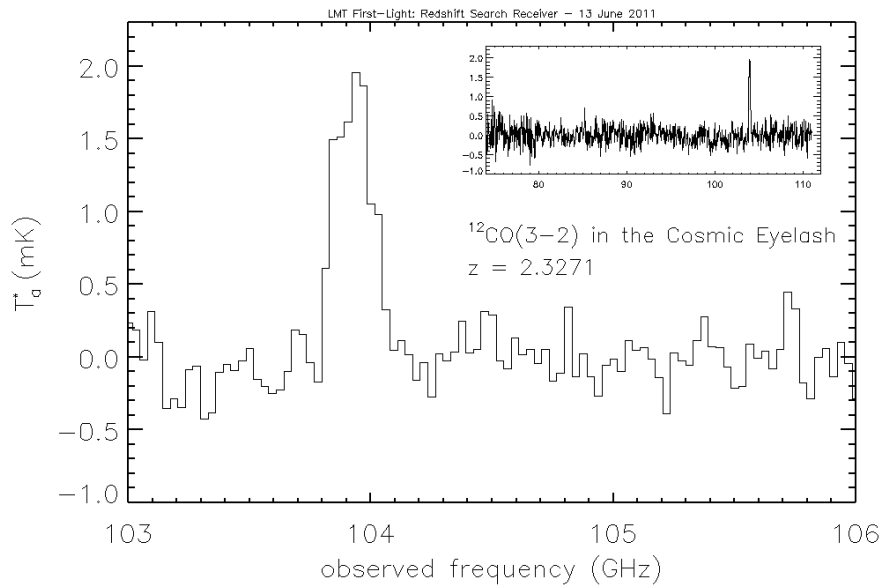


Figure 3: Primera luz del GTM en longitudes de onda a 3mm con el espectrografo (Redshift Search Receiver), 11 de junio 2011. Observaciones del GTM en la dirección de una galaxia luminosa en el universo lejano, a una distancia de 12 mil millones de años luz. Se muestra la detección de una línea de monóxido de carbono en las regiones moleculares donde se está formando una población de estrellas masivas.

En enero de 2011 se instaló el receptor de holografía de 12GHz en el foco primario del telescopio, instrumento necesario para realizar la campaña de alineación de la superficie que duró 4 meses. A principios de mayo de 2011 se logró alcanzar un valor de ~ 180 micras r.m.s. en la precisión de la superficie reflectora primaria, y se decidió desmontar el receptor de holografía para instalar el espejo secundario y otros sistemas ópticos que permitieran realizar las primeras observaciones astronómicas con el GTM. No se pudieron realizar mejoras adicionales a la precisión de la superficie global del GTM por problemas con la alineación de los sub-paneles en los segmentos individuales, así como por la falta de fidelidad y precisión en el movimiento de los 336 actuadores que soportan y alinean los 84 segmentos internos de la superficie.

A pesar de estos problemas, el 1° de junio de 2011 el GTM obtuvo las primeras observaciones científicas con el Receptor de Corrimientos al Rojo (un espectrómetro de banda ancha) a 3 mm hacia galaxias con formación estelar virulenta en universo local y en el universo lejano (véanse las figuras 2 y 3). En particular, el éxito en la detección de la transición de material molecular de CO hacia las galaxias amplificadas por lentes gravitatorias con el Receptor de Corrimientos al Rojo, a $z=2$ a $z=4$, confirmaron que el GTM es un telescopio competitivo. En julio de 2011 la cámara AzTEC también pudo observar a 1mm con el GTM regiones galácticas de formación estelar que confirman las estructuras existentes ya detectadas con otros telescopios. Estas observaciones de primera luz a 1-3mm demuestran que todos los grandes subsistemas (electro-mecánicos y ópticos) del telescopio, así como el sistema de control, instrumentación y software, se encuentran integrados y en operación.

Etapas Actuales

Después de una revisión técnica del proyecto en julio de 2011, David Hughes fue nombrado Director e Investigador Principal del GTM el 15 de agosto de 2011. Hubo una inmediata reorganización en la administración del proyecto que incluye mayor experiencia e incremento de responsabilidades en la gerencia del proyecto, así como en las áreas técnicas y de ingeniería.

El proyecto se encuentra en fase de transición entre un proyecto de construcción y un observatorio operativo que apoyará a la comunidad científica en la explotación científica de este telescopio de ondas milimétricas. La superficie primaria del telescopio consta de 180 segmentos individuales dispuestos en 5 anillos concéntricos. En la actualidad el GTM cuenta con 84 segmentos instalados en los 3 anillos interiores de la superficie primaria, que conforman una superficie reflectora con un diámetro de 32 metros. Cuando se complete la instalación de los dos anillos exteriores, el GTM tendrá un diámetro completo de 50 metros, haciéndolo el telescopio de antena simple optimizado para la astronomía milimétrica más grande del mundo. La finalización de la apertura primaria del GTM, en combinación con el logro de las especificaciones de diseño de 75 micras r.m.s. de precisión en la alineación de la superficie primaria, permitirán al GTM complementar observaciones de otros telescopios internacionales basados en tierra o en satélites, como por ejemplo EVLA, ALMA, Herschel, HST y telescopios ópticos e infrarrojos de 8 a 10 metros de diámetro. Más importante aún, durante los 30 años de vida del telescopio, el GTM continuará siendo un telescopio de ondas milimétricas único, complementando las prestaciones científicas de futuras generaciones de telescopios multi-frecuencia, entre los que se incluye SKA, SPICA, JWST, GMT, TMT, EELT, LSST etc. Los socios y consorcios internacionales de estos nuevos telescopios han realizado una inversión colectiva de 13 billones de dólares americanos para su diseño y construcción. El proyecto GTM y la comunidad astronómica mexicana, tendrá acceso abierto y libre mediante una política de “cielos abiertos” para todas las infraestructuras mencionadas, y mediante la formación de una sólida colaboración internacional que dirija programas de investigación conjuntos con el GTM.

Considerando que el GTM se encuentra en una etapa pre-operacional en la que será factible llevar a cabo el fin último para el cual fue construida tal infraestructura (observaciones astronómicas de

frontera), y que el GTM actualmente no cuenta con una estructura programática dentro del INAOE que le dé sustentabilidad, resulta imperativo que el proyecto cuente con una fuente de financiamiento asegurada a través de un presupuesto regularizado.

En este sentido, el INAOE y el equipo de trabajo del GTM han iniciado un proceso de análisis para el desarrollo de una propuesta de "Modificación de la Estructura Orgánica Presupuestal" del INAOE, de manera que incluya lo que será el "Observatorio del Gran Telescopio Milimétrico". Ésta, sin duda, será una de las actividades más importantes de la fase de pre-operaciones. Esto necesariamente implica que los directivos del INAOE y del GTM deban iniciar las negociaciones ante el CONACyT y establecer la ruta óptima para lograr este objetivo. Contar con el financiamiento que se indica en el desglose presupuestal que se anexa a esta solicitud, asegurará la consecución de los objetivos que se plantean.

Inversión

Como antecedente importante en un proyecto de inversión en infraestructura científica y tecnológica. En la figura 4 muestran dos series de tiempo con la inversión acumulada hasta ahora, así como la distribución en gasto corriente e inversión. Se estima que el proyecto lleva un avance del 95% sobre el monto total de inversión que requerirá.

OBJETIVOS GENERALES

El proyecto GTM continuará el desarrollo de ingeniería, capacidades técnicas y científicas de clase mundial para alcanzar los siguientes objetivos a largo plazo:

- 1) Completar la construcción del GTM mediante la expansión del diámetro operacional actual de 32-m a 50-m (equivalente a un incremento en el área de un factor de 2.4), así como un aumento en la sensibilidad y la eficiencia del GTM mediante la mejora en la precisión de la superficie para alcanzar las especificaciones de diseño originales.
- 2) Reestructurar orgánica y presupuestalmente al INAOE para la conformación del Observatorio Gran Telescopio Milimétrico (OGTM) y aseguramiento del financiamiento anual para la operación del telescopio.
- 3) Proporcionar a la comunidad astronómica mexicana, y a sus socios y colaboradores internacionales, la oportunidad de llevar a cabo investigaciones de clase mundial, independientes y únicas en el campo de la astronomía de ondas milimétricas utilizando las ventajas de este telescopio de antena simple construido en un sitio de gran altitud.
- 4) Permitir que el observatorio del GTM apoye la explotación científica de los datos del GTM, dando lugar a la publicación de artículos científicos que logren un impacto científico de nivel mundial.
- 5) Proveer a las nuevas generaciones de jóvenes investigadores mexicanos (en física, ingeniería, y diversas áreas tecnológicas), a través de los 30 años de vida del GTM, acceso a una infraestructura científica nacional de clase mundial.
- 6) Lograr que la producción científica del GTM conforme un legado para las nuevas generaciones.

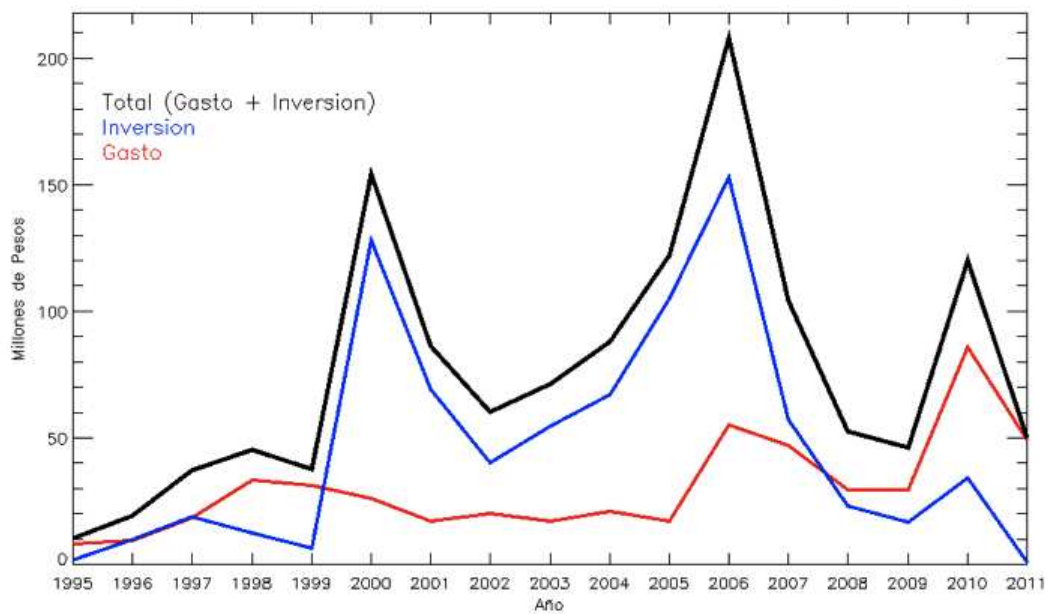
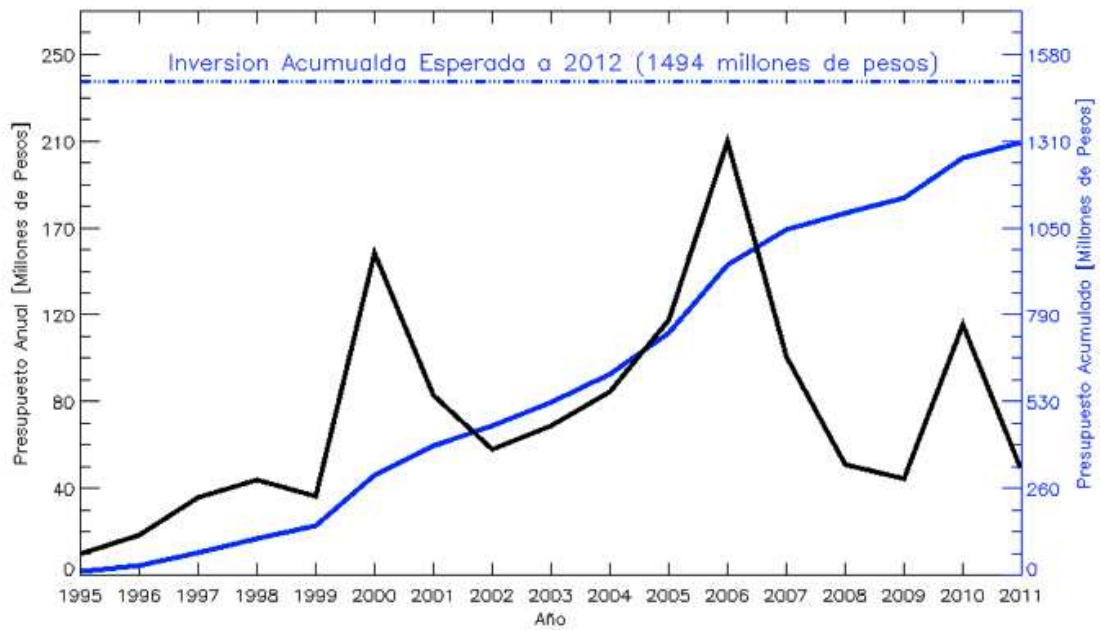


Figura 4: En la gráfica superior se muestra el gasto acumulado inicialmente esperado para el GTM hasta el 2012, de \$1,494 millones de pesos, considerando lo solicitado al PPEF 2012: \$180 millones de pesos. Sin embargo, esta cifra de inversión se modifica a \$1,380 millones de pesos, partiendo del monto solicitado en esta propuesta de proyecto: \$70 millones de pesos. En la gráfica inferior se muestra el comportamiento de la distribución en gasto corriente e inversión a lo largo de la vida del proyecto. Cabe resaltar que, pese a que la tendencia del gasto en inversión se ha ido a cero, se requerirá en el corto plazo una última inyección de recursos para llegar a las especificaciones técnicas originales del telescopio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS EN 2012

En esta propuesta el proyecto GTM solicita financiamiento por un monto de 70 millones de pesos para el año 2012 con el propósito de completar los siguientes objetivos a corto plazo:

- a) Cubrir los costos operacionales del GTM en México;
- b) Financiar la compra inmediata de los materiales y equipos esenciales para mejorar la precisión de la alineación de la superficie primaria del telescopio. Lo anterior con el objetivo de incrementar de manera significativa el desempeño operacional del telescopio y alcanzar la siguiente etapa de precisión que nos ponga en posición de perseguir las especificaciones de diseño a dos años vista, que certificarán que el GTM será el telescopio de antena simple más grande del mundo para observaciones milimétricas;
- c) Enviar el primer anuncio del Comité Científico del GTM a la comunidad mexicana de astronomía para que participen en las primeras observaciones científicas con el GTM;
- d) Permitir el diseño y desarrollo de la próxima generación de instrumentación científica que garantice que el GTM conservará su liderazgo y competitividad, teniendo en cuenta las inversiones que otros países están realizando en el desarrollo de nueva instrumentación (sub-)milimétrica para telescopios actuales y futuros (por ejemplo, JCMT, APEX, ASTE, IRAM, GBT, CCAT);
- e) Elaborar el Plan de Desarrollo del Observatorio Gran Telescopio Milimétrico que incluya un plan estratégico para la relación a largo plazo con UMASS.

ESTRUCTURA DE TRABAJO PARA EL 2012 (EDT)

1. Pre-operaciones

1.1. Gobernancia.- Liderazgo científico, técnico y administrativo y responsabilidad de los proyectos y operaciones del GTM. El director del proyecto trabaja con grupos externos independientes quienes evalúan el desempeño del GTM y reportan a organismos de apoyo, colaborando en la planeación a largo plazo (Comité Científico Externo; Comité Técnico Externo; Consejo de Colaboración).

1.2. Sitio y Telescopio (Hardware).- Operación y mantenimiento de la infraestructura física del telescopio.

1.3. Gestión del proyecto y operativa.- Actividades de gestión de recursos humanos, materiales y financieros relacionadas con la operación del Telescopio y de proyectos específicos de optimización y mejora.

1.4. Subsistemas del telescopio (Software).- Operación, mantenimiento y desarrollo de sistemas y subsistemas (software, hardware, firmware) del GTM.

1.5. Soporte científico.- Actividades asociadas al uso científico del GTM.

1.6. Instrumentación.- Actividades asociadas al desarrollo y mantenimiento de los instrumentos científicos del GTM.

2. Proyectos de mejoramiento del desempeño del telescopio.- Actividades puntuales orientadas a la corrección, mejora y optimización de la mecánica, ingeniería y subsistemas del GTM para cumplir con un alcance de 100 micras en la precisión de la superficie, con 32 metros de la antena.

- 2.1. Anillos 1, 2 y 3
- 2.2. Anillo 4 (no a ejecutar en 2012)
- 2.3. Anillo 5 (no a ejecutar en 2012)
- 2.4. M2 y M3 (subsistemas)

3. Proyectos de organización y optimización.- Actividades para implementar la estrategia de reestructuración orgánica presupuestal para optimizar el buen funcionamiento del telescopio y para la conformación del Observatorio del GTM.

- 3.1. Sistema de aseguramiento de la elevación de la antena
- 3.2. Plan de Desarrollo del OGTM

ALCANCES (ENTREGABLES) o Resultados Esperados

Ciencia Temprana con el GTM

Después del éxito obtenido en la fase de primera luz con el GTM en junio 2011, los esfuerzos de la dirección del proyecto GTM se han concentrado en optimizar la superficie del telescopio para llevar a cabo, en el transcurso del 2012, el primer conjunto de observaciones científicas. Para este efecto, estamos trabajando en el anuncio de oportunidad, cuyo objetivo es hacer un llamado a propuestas científicas de observación, en el que se establecen los objetivos específicos y las reglas en esta fase de ciencia temprana. Entre otros puntos importantes, se establece que este anuncio se hará llegar a toda la comunidad astronómica del país, así como a los colegas de la Universidad de Massachusetts en Amherst. Inherente a los objetivos específicos, es importante destacar que el documento claramente establece que las propuestas eventualmente sometidas al juicio del actual comité científico del GTM, deben hacer patentes los puntos que hemos considerado importantes, entre otros: (i) el impacto científico a corto plazo y las capacidades científicas únicas del GTM; (ii) el involucramiento de estudiantes de las instituciones mexicanas y de la UMASS; y (iii) la divulgación de los resultados científicos. Esta fase es, sin duda, muy importante ya que permitirá mostrar la capacidad de descubrimiento del telescopio, así como estrechar lazos entre las instituciones astronómicas nacionales.

Mejoramiento del desempeño de GTM

La mejora más significativa en el desempeño de GTM podría alcanzarse mediante: (i) el alineado de los segmentos individuales y el alineado global de la superficie del telescopio como un todo; y (ii) el incremento del diámetro del telescopio de 32m a 50m, superficie original de diseño.

La combinación de ambas soluciones mejorará el desempeño del telescopio aunque con una dependencia a la longitud de onda de operación. Por ejemplo, a 3mm la ganancia se debe principalmente al incremento en el área geométrica de la superficie colectora, si es que la precisión de la superficie es de al menos 100 micras de r.m.s. Por contraste, el desempeño de GTM a 1mm depende más crucialmente de la mejora en la precisión de la superficie reflectora del telescopio, requiriéndose valores cercanos a las especificaciones técnicas de 70 micras de r.m.s. antes de que los instrumentos científicos puedan beneficiarse del incremento de área geométrica colectora (véase la figura 5 y 6).

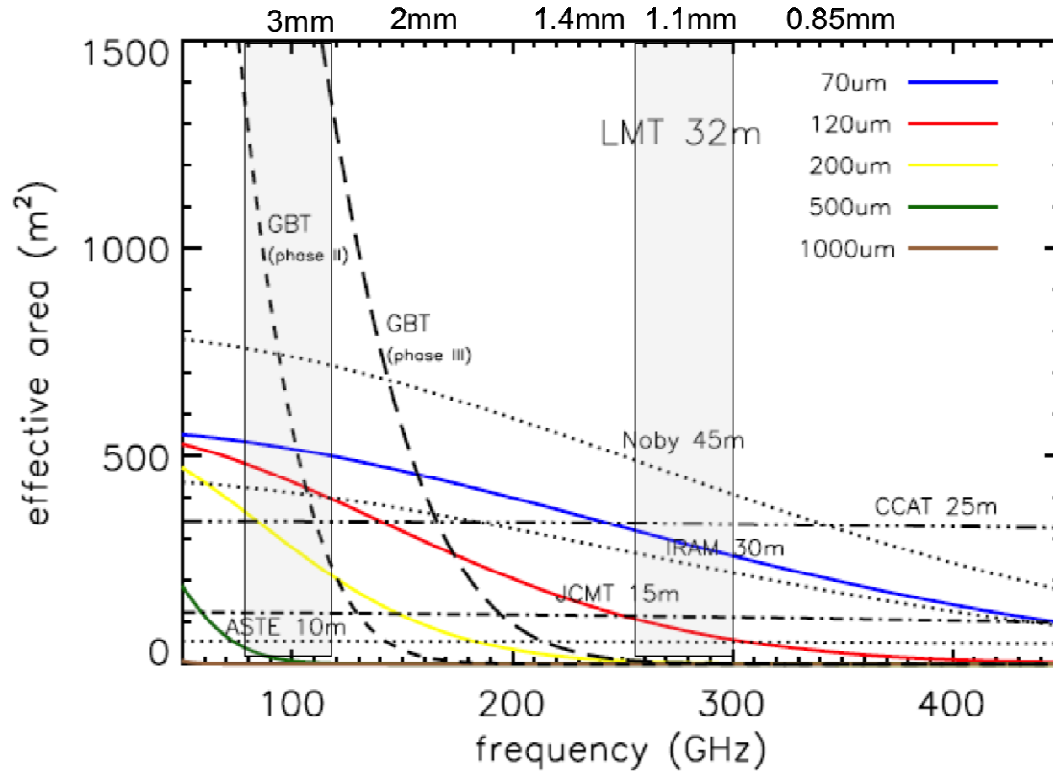


Figura 5: Ganancia del área efectiva de GTM como función de la longitud de onda de operación para diferentes precisiones de alineado de la superficie primaria del telescopio. Las líneas de colores muestran la mejoría del desempeño de GTM como telescopio de 32m de diámetro, desde la precisión inicial de alineado de los segmentos, de 500 micras, hasta las 70 micras de precisión, especificadas en el diseño de GTM. El incremento de área efectiva de GTM se traduce directamente en desempeño operativo. La precisión actual de 180 micras debe mejorar a nuestro objetivo de 100 micras en el 2012 para ser competitivos con telescopios de 10m a 1.1mm y de 25-30m a 3mm.

Una conclusión clara de estas figuras es que para explotar los dos instrumentos científicos de clase mundial ya instalados en GTM – el Receptor de Corrimientos al Rojo, espectrómetro a 3mm de longitud de onda, y AzTEC, la cámara de imagen de continuo a 1mm – el proyecto GTM debe concentrar sus recursos financieros y de ingeniería en mejorar el alineado de la superficie, antes de comenzar a incrementar el diámetro del telescopio. Llegamos a una conclusión similar si consideramos el retorno científico más económico, que pasa por incluir a la comunidad astronómica mexicana en las observaciones de primera ciencia tan pronto sea posible: también así el proyecto debe mejorar la precisión de la superficie antes de incrementar su tamaño.

FACTORES DE RIESGO

Limitaciones o Restricciones

El éxito en la consecución de los objetivos propuestos depende fuertemente de algunos factores de riesgo que listamos a continuación:

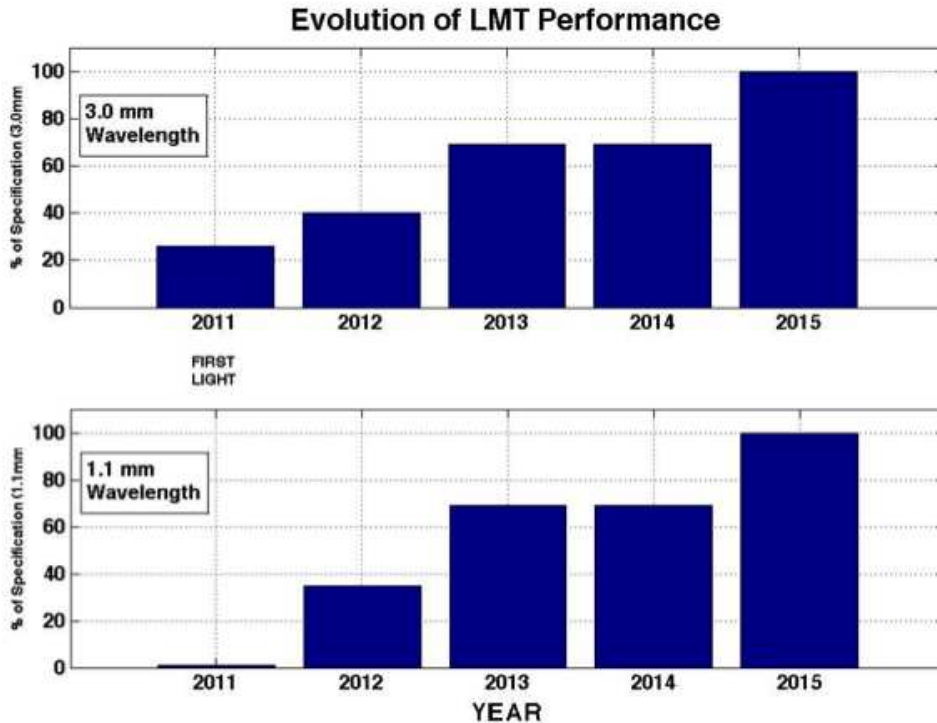


Figura 6. Proyección de la mejora en el desempeño de GTM como porcentaje de las especificaciones de diseño (superficie de 50m de diámetro con una precisión de 75 micras de r.m.s.). Debido a la falta de financiamiento al proyecto GTM desde julio de 2011, el desempeño en febrero de 2012 es similar (o peor, debido a la imposibilidad de mantener la superficie alineada) al desempeño del telescopio en 2011. La mejora proyectada para 2012 representada en la figura, a ser financiada con los 70 millones de pesos solicitados en esta propuesta al Comité de Apoyos Institucionales, se debe exclusivamente a la mejora de precisión de la superficie desde 180 micras a aproximadamente a 100 micras. La mejora en el desempeño en el 2013 se debe a la rebaja en las desviaciones promedio de la superficie de 100 a 75 micras, combinadas con un incremento de la superficie colectora de 32m a 41m de diámetro. Aproximadamente el 80% de los segmentos para completar la superficie de 41m de diámetro ya existen. Se solicitará una inversión adicional en 2013 y 2014 para completar la superficie de GTM y entregar un telescopio de 50m de diámetro con las especificaciones requeridas en el diseño original.

Técnicas

la necesidad para encontrar y implementar una solución estable, con suficiente precisión, para resolver los problemas mecánicos y electrónicos en los actuadores, y resolver los problemas identificados en la alineación de los sub-paneles en la superficie de la antenna.

Flujo de efectivo

El GTM requiere de aproximadamente 6 millones de pesos mensuales para actividades de operación y proyectos específicos, cuya Estructura de Trabajo (EDT) se muestra en las figuras 7 y 8. La falta de liquidez por motivo de falta de flujo de efectivo ocasiona retrasos importantes no sólo en la operación, sino en el avance de los proyectos de cumplimiento de especificaciones.

Estructura programática en INAOE

el desarrollo del proyecto GTM requiere de una fuerza de trabajo de personal especializado de 80 personas. Como es sabido, el INAOE no cuenta con una estructura programática autorizada, lo cual agrega un componente de riesgo importante para la sustentabilidad de la operación del telescopio.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas desfavorables (diurnas y nocturnas) en el sitio de GTM pueden afectar y retrasar la calendarización del alineado de la superficie primaria segmentada, de las actividades de ajustes y pruebas o las observaciones científicas. El sitio de GTM tiene condiciones meteorológicas estacionales (época seca, época de nieve, época húmeda), y el programa de trabajo está calendarizado para maximizar la eficiencia de ejecución.

PROGRAMACIÓN

Por las características particulares de la fase en la que el GTM se encuentra, a continuación véanse en las figuras 7 y 8 las EDT de:

- a) las actividades de pre-operación indispensables para el funcionamiento del telescopio, y
- b) los proyectos específicos de mejoramiento del desempeño del telescopio

Se destaca como hito importante el inicio de campaña de observación en octubre, con su anuncio científico correspondiente dos meses antes. Los hitos de anuncio y campaña son interdependientes entre actividades de operación y proyectos de mejoramiento.

PRESUPUESTO 2012

El monto solicitado para el período 2012 asciende a \$70 millones de pesos; nuevamente, en congruencia con la EDT programada, la distribución del gasto se presenta en la tabla 1.

La solicitud de \$70 millones de pesos, y la recepción puntual de los fondos para 2012, es fundamental para el éxito de este proyecto. El GTM no será un instrumento científico de reputación nacional ni internacional, sin el apoyo financiero requerido por todo instrumento científico.

Estos fondos permitirán resolver los problemas más fundamentales que han sido identificados a partir de julio de 2011, por ejemplo los problemas encontrados en los sistemas mecánico y electrónico, que posibilitan la alineación de la superficie primaria del telescopio. Aproximadamente un monto de \$19 millones de pesos (27%) de la solicitud de \$70 millones de pesos será comprometido a este trabajo técnico para mejorar el desempeño de la superficie del telescopio. Este presupuesto incluye los gastos de mano de obra, materiales y mantenimiento en el sitio del GTM para implementar las soluciones identificadas.

El sobrante (aproximadamente 70%) del presupuesto cubrirá los gastos del personal del GTM en el sitio y en la oficina del GTM en el INAOE, para dirigir las actividades generales de la administración, los trabajos de ingeniería y técnicos asociados con el mantenimiento del telescopio, y el desarrollo de proyectos relacionados a la seguridad operacional de los sub-sistemas de energía eléctrica y mecánica.

Además nos dedicaremos a desarrollar la tecnología nueva de detectores (Kinetic Inductance Devices – KIDS) para la una cámara multi-frecuencia de continuo de nueva generación para garantizar que el GTM sea un instrumento científico competitivo en el futuro. Esta actividad menor en el organigrama del proyecto, pero necesaria, tiene un gasto dedicado de \$3.5 millones de pesos. La transferencia tecnológica del Reino Unido al INAOE para la fabricación de los detectores de tipo KIDS ya está acordada, pero necesita del apoyo financiero solicitado a través de esta propuesta al Comité de Apoyos Institucionales para poder comenzar los trabajos correspondientes.

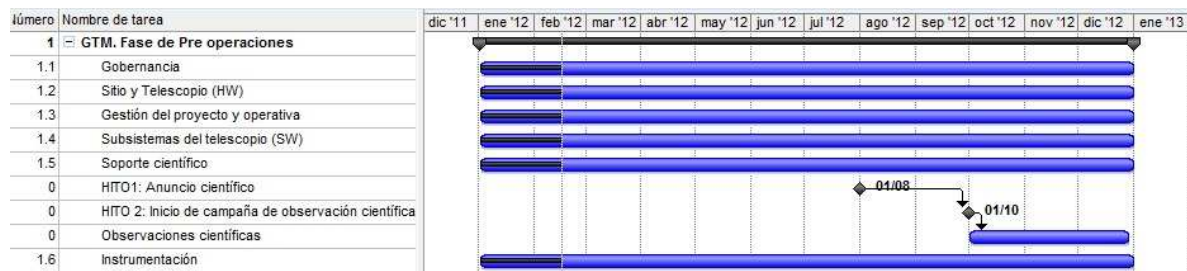


Figura 7: EDT de las Actividades de Pre-operación del GTM

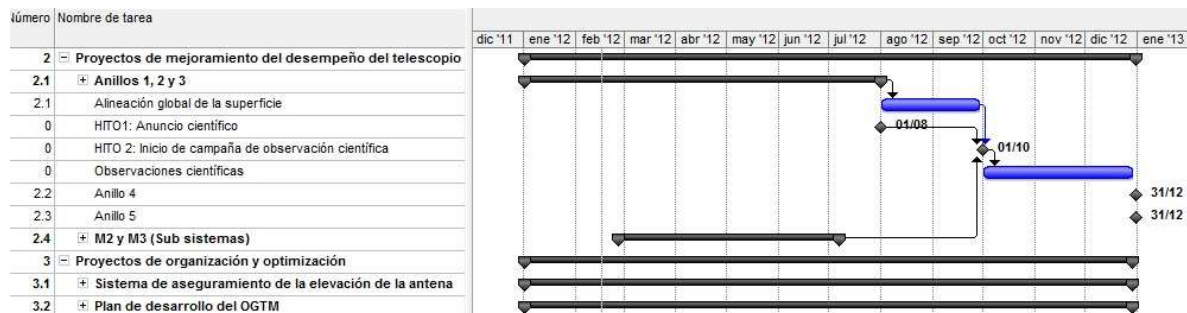


Figura 8: EDT de Proyectos de Mejoramiento del Desempeño del Telescopio y de Organización y Optimización

Gran Telescopio Milimétrico
Desglose de gastos - Presupuesto 2012

1.0 GTM. Fase de Pre-operación	Presupuesto (MN)
Gobernancia	\$ -
Sitio y Telescopio (HW)	\$ 23,377,550.19
Gestión del proyecto y operativa	\$ 16,727,984.64
Subsistemas del telescopio (SW)	\$ 3,219,326.62
Soporte científico	\$ 1,796,666.06
Instrumentación	\$ 3,596,666.06
Total de fase de Pre-operación del GTM	\$ 48,718,193.57
2.0 Proyectos de mejoramiento del desempeño del telescopio	Presupuesto (MN)
Anillo 1, 2 y 3	\$ 17,921,806.43
M2 y M3 Subsistemas	\$ 1,360,000.00
Total de proyectos de mejoramiento del desempeño del telescopio	\$ 19,281,806.43
3.0 Proyectos de organización y optimización	Presupuesto (MN)
Sistema de aseguramiento de la elevación de la antena	\$ 1,500,000.00
Plan de desarrollo del OGTM	\$ 500,000.00
Total de proyectos de organización y optimización	\$ 2,000,000.00
GRAN TOTAL	\$ 70,000,000.00

Table 1: Desglose de gastos – Presupuesto 2012

EQUIPO DE TRABAJO

Equipo del proyecto, líderes de sección binacionales

Dr. D. H. Hughes (INAOE)

Director de Proyecto/Investigador Principal (Agosto 2011 -), Director Científico de GTM (2005 - Julio 2011)

Investigador Titular C, SNI III. Más de 25 años de experiencia en astronomía e instrumentación astronómica en ondas milimétricas. Experto en evolución de galaxias y cosmología.

Dr. P. Schloerb (UMass), corresponsable en EEUU

Investigador Principal de GTM por EEUU (1995-), jefe del observatorio radioastronómico de los 5 colegios (FCRAO, 1990-).

Full professor (UMass). Más de 35 años de experiencia en astronomía e instrumentación milimétrica. Experto en sistemas planetarios.

Dr. M. Chávez (INAOE)

Director Científico de GTM (Agosto 2011 -)

Investigador Titular B, SNI II. Más de 20 años de experiencia observacional multi-frecuencia en sistemas estelares, coordinador de Astrofísica del INAOE (1999-2002).

Dr. M. Yun (UMass), corresponsable en EEUU.

Director Científico de GTM por EEUU (2005 -)

Associate Professor (UMass). Más de 20 años de experiencia observacional en ondas milimétricas y radioastronomía. Experto en evolución de galaxias.

MBA/MSTC T. de León (INAOE)
Gestora del Proyecto GTM (Agosto 2011 -), gestora de la oficina de transferencia de tecnología del INAOE (2007 - Julio 2011)

Dr. D. Ferrusca (INAOE)
Responsable del programa de instrumentación de GTM (Agosto 2011 -).
Investigador Asociado C, SNI-C. 10 años de experiencia en instrumentación milimétrica, miembro de los equipos instrumentistas de AzTEC (cámara de continuo de GTM), y MEGARA (GTC).

Dr. G.W Wilson (INAOE), corresponsable en EEUU.
Responsable del programa de instrumentación de GTM (Agosto 2011 -).
Associate Professor. Más de 20 años de experiencia en instrumentación milimétrica. Investigador principal de AzTEC (cámara de continuo de GTM).

Dr. J.L. Hernández (GTM)
Ingeniero de sistemas de GTM (Noviembre 2011 -)
Más de 15 años de experiencia en robótica e ingeniería de sistemas. Ingeniero jefe de desarrollos tecnológicos desde 1996. Director del departamento de investigación y desarrollo, Universidad Tecnológica de Puebla (2006-2011).

Dr. K. Succar (UMass), corresponsable en EEUU
Ingeniero de sistemas de GTM (2000 -)
Más de 15 años de experiencia en robótica e ingeniería de sistemas.

Ing. A. Olmos (GTM)
Ingeniero jefe de sitio, GTM (2006 -)
Más de 10 años de experiencia en ingeniería de alta tecnología.

Equipo de gestión binacional

Dr. D. H. Hughes (INAOE)
Director de Proyecto/Investigador Principal (Agosto 2011 -), Director Científico de GTM (2005 - Julio 2011)
Investigador Titular C, SNI III. Más de 25 años de experiencia en astronomía e instrumentación astronómica en ondas milimétricas.

Dr. A. Carramiñana (INAOE)
Director General INAOE (Febrero 2011 -), coordinador de Astrofísica (2004- Febrero 2011)
Investigador Titular C, SNI II. Más de 20 años de experiencia en astrofísica de altas energías.
Investigador Principal mexicano del High-Altitude Water Cherenkov

MBA/MSTC T. de León (INAOE)
Gestora del Proyecto GTM (Agosto 2011 -). Gestora de la oficina de transferencia de tecnología del INAOE (2007 - Julio 2011)

Dr. P. Schloerb (UMass), corresponsable en EEUU
Investigador Principal de GTM por EEUU (1995-), Jefe del observatorio radioastronómico de los 5 colegios (FCRAO, 1990-)
Full Professor. Más de 35 años de experiencia observacional milimétrica en sistemas planetarios.

ANEXO A: El impacto de la Astronomía mexicana

La astronomía en México está consistentemente catalogada por CONACyT como la ciencia con mayor productividad e impacto inmediato del país.

La producción es sobresaliente para el número de investigadores empleados en el país: ~2.1% de la producción mundial en artículos arbitrados en esta área de conocimiento, elaborados por aproximadamente el 1% de la población de astrónomos del mundo. El nivel de productividad de los mayores centros de investigación nacionales en la actualidad es de entre 1.9 y 3.1 artículos de investigación/investigador/año. Por comparación, en el trienio 1999-2001 la moda en la distribución artículos/investigador/año en España era 0.7, con el 68% de los centros produciendo entre 0.3 y 1.1 artículos/investigador/año. Es decir, la productividad de los mejores centros de investigación astronómica en el país, donde se concentra el 90% de los astrónomos nacionales, está un factor 2.5 a 4.5 por encima del promedio de España.

El nivel de impacto de la producción mexicana es de aproximadamente 6.7 citas/artículo en el quinquenio 2005-2009, ligeramente por debajo del promedio mundial, que está claramente dominado por la producción estadounidense y europea. A nivel nacional estos índices ocupan consistentemente los primeros lugares de impacto inmediato relativo entre las ciencias de producción nacional, calibradas con respecto al promedio mundial del área (impacto relativo 2010 ~0.9): en los informes Conacyt, la astronomía ha aparecido entre los primeros 3 lugares de este ranking en la última década, sin desaparecer del mismo, a diferencia de otras ciencias que aparecen y desaparecen de estos indicadores a lo largo del periodo. Sin embargo, si se analiza el impacto relativo histórico, la astronomía nacional ha ido perdiendo impacto desde principios de los años 80, probablemente, debido a la insuficiente inversión en las últimas décadas. Se debe recordar que países pioneros en astronomía, como el Reino Unido o EEUU, cuentan con una inversión en investigación básica y en desarrollo de nueva infraestructura punta que, sólo para astronomía, con entre 7 y 10 dólares anuales per cápita a principios de la década, supera por mucho el presupuesto nacional mexicano de investigación para todas las ciencias básicas. La capitalización de la inversión realizada en GTM, es por lo tanto, vital para recolocar al grueso de la astronomía mexicana en las posiciones de liderazgo por encima del promedio mundial. Así y todo, es patente que el desempeño de la comunidad astronómica mexicana es notable en el ámbito internacional, comparable al de países de primer nivel con una tradición joven en astronomía, y que hay un grupo de destacados investigadores nacionales que cuentan con un nivel de reconocimiento extraordinario, comparable al de investigadores británicos y estadounidenses de muy alto nivel.

Referencias:

Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología, 2007-2010, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México

“Astronomy” in Science in Mexico 2008: Present State and Perspectives, Ed. J.P. Laclette, Academia Mexicana de Ciencias, 2008