

GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO ALFONSO SERRANO
INFORME DE AUTOEVALUACIÓN PERÍODO ENERO-JUNIO 2014
JUNTA DE GOBIERNO DEL INAOE



El Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano ubicado en el Volcán Sierra Negra, Puebla a 4600 metros de altura. Los 32-m de diámetro de una antena de 50-m están dentro de la estructura del tetrápodo. Las primeras observaciones científicas se seguirán realizando con un diámetro de 32-m.

GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO ALFONSO SERRANO
INFORME DE AUTOEVALUACIÓN PERÍODO ENERO-JUNIO 2014

JUNTA DE GOBIERNO DEL INAOE

TABLA DE CONTENIDO

Índice

1. Antecedentes	3
2. Informe de Avances y Resultados.....	5
2.1. Plan de Terminación del Telescopio.....	5
2.1.1. Fabricación de sub-paneles para completar la superficie primaria del telescopio.	6
2.1.2. Integración y alineación de los paneles del anillo 5	7
2.1.3. Control de la superficie activa del reflector primario.	7
2.1.4. Óptica de acoplamiento secundaria y la instalación de receptores en el futuro.....	8
2.2. Instrumentación Científica	8
2.2.1. SEQUOIA.....	9
2.2.2. Arreglo de espectrómetros de SEQUOIA.....	9
2.2.3. "Fast-Track" Receptor de VLBI para 1mm	10
2.2.4. Receptor de uso común para VLBI de 1mm	10
2.2.5. Toltec	11
2.3. Operación Científica	11
2.3.1. Resultados Científicos	12
Aspectos Científicos destacados	13
3. Presupuesto ejercido a junio de 2014: Avance programático – presupuestal.	18
Fuente y Flujo de Recursos	20
Anexos.....	21

1. Antecedentes

El Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM) es un proyecto bi-nacional entre México y los Estados Unidos, dirigido por la oficina del proyecto en el INAOE. El GTM es una antena de 50 metros de diámetro localizada en la cima de Sierra Negra, en el Estado de Puebla, a una altitud de 4600 metros cuyo caso científico está dominado por preguntas científicas relacionadas con el estudio de la formación y evolución de estructuras a lo largo de toda la historia del universo. El desempeño esperado del GTM, soportado por un conjunto de instrumentos de primera clase, proveerán de sensibilidad extremadamente alta, capacidad de mapeo a muy altas velocidades y resolución intermedia por encima del rango de onda operacional de 4mm a 0.8mm para observaciones en el continuo y espectroscópicas. El GTM se encuentra en una fase de transición entre una etapa de construcción a la de arranque de un observatorio operativo que apoye a la comunidad científica en la explotación del telescopio.

La superficie primaria del telescopio consiste en 180 segmentos individuales colocados en cinco anillos concéntricos; actualmente, el GTM cuenta con 84 segmentos instalados en los tres anillos interiores de la superficie, ofreciendo un telescopio con una superficie de 32 metros. Con una apertura funcional de 32 metros de diámetro optimizada para observaciones en la banda milimétrica, el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano es actualmente una instalación científica competitiva a nivel mundial. Al completarse la superficie reflectora a 50 metros de diámetro, el GTM tendrá un área dos y media veces mayor que la actual, destacándose claramente como la antena más grande del mundo funcionando en la banda milimétrica. El área reflectora primaria y el cumplimiento de las especificaciones de diseño de la precisión en superficie de 75 micras promedio, en combinación con las características atmosféricas de la cima del volcán Sierra Negra, a una altitud de 4600 metros, proporcionan al GTM el potencial de una gran sensibilidad y resolución espacial necesaria para distinguir los objetos astronómicos más débiles y estudiarlos con mayor detalle que el alcanzado por los telescopios milimétricos y sub-milimétricos construidos durante los últimos treinta años. El GTM será un complemento a las observaciones astronómicas de importantes infraestructuras existentes, como el EVLA, ALMA, Herschel, HST y los varios telescopios ópticos e infrarrojos de 8-10 metros instalados en la superficie de la Tierra, y de futuros telescopios tales como: SKA, SPICA, JWST, GMT, TMT, EELT, LSST, etc.

La radiación milimétrica es emitida por las fuentes astronómicas más frías, con temperaturas por debajo de -200 grados centígrados. Estas son las temperaturas de las gigantescas nubes de gas y polvo a partir de las cuales se forman las estrellas; a través del estudio de estas nubes, el GTM es capaz de estudiar la formación de planetas, estrellas y galaxias tanto en el Universo cercano como en el lejano. La detección de objetos muy lejanos, cuya radiación fue emitida en

etapas tempranas del Universo, proporciona una herramienta para estudiar la evolución de estos procesos de formación a lo largo de los 13.8 mil millones de años de vida del Universo. A largo plazo, el impacto científico del GTM quedará plasmado en la contribución a un mejor entendimiento de los procesos físicos responsables de la formación y evolución de las estructuras de gran escala, como los cúmulos de galaxias, las galaxias mismas y regiones masivas de formación estelar dentro de ellas; y de las estructuras de menor escala, como las estrellas y los planetas individuales. El GTM abordará preguntas fundamentales relacionadas con el origen y la naturaleza del Universo físico, como su evolución desde el Big Bang hasta conformar el entorno que observamos a nuestro alrededor. Además de ser un telescopio diseñado para recibir la débil radiación de objetos astronómicos distantes, el GTM representa un logro de ingeniería y de avanzada tecnología alcanzado bajo el liderazgo de nuestro país. Los retos en la construcción de este telescopio se originan no tanto en sus imponentes dimensiones como en la altísima precisión inherente a todo instrumento astronómico.

Este reporte describe el periodo científico más exitoso en la historia del proyecto GTM, habiendo terminado la primera temporada de Ciencia Temprana de riesgo compartido, seguido por la instalación y verificación del sistema de control activo de la superficie primaria. La conclusión de este gran proyecto de ingeniería, que le permite al telescopio mantener la eficiencia en la apertura de la superficie primaria sobre un amplio rango en la elevación del apuntado ha resultado en la primer presentación de artículos que incorporan datos del GTM en revistas científicas de prestigio. Este logro representa un gran paso, e introduce la nueva fase del proyecto cuyos principales objetivos son el incrementar la eficiencia operacional de las instalaciones y maximizar la productividad científica e impacto del GTM.

A medida que el proyecto continúa realizando la transición hacia un Observatorio operacional, es necesario continuar con mejoras en todas las áreas del proyecto incluyendo la ingeniería, la administración, la ciencia de soporte y la comunicación. El enfoque actual de las actividades y responsabilidades se centran en el aumento del rendimiento y la capacidad científica de este telescopio de ondas milimétricas, mientras que el compromiso a largo plazo es el desarrollo de una mayor participación de las comunidades científicas de los socios del GTM y la comunidad internacional en la explotación de lo que se convertirá en una instalación de clase mundial única, tras la conclusión del Plan de Terminación del Telescopio.

2. Informe de Avances y Resultados

La prioridad del proyecto GTM, durante el periodo de este reporte, enero a junio 2014, fue avanzar en las áreas siguientes:

- a. Implementación del Plan de Terminación del telescopio
- b. Mejoras a los sistemas operativos del telescopio.
- c. Producción científica del GTM

Esta sección presenta una selección de los mayores proyectos técnicos y científicos realizados durante el periodo del reporte.

2.1. Plan de Terminación del Telescopio

La integración y alineación de los segmentos de la superficie en los dos anillos concéntricos exteriores del reflector primario, seguido por la fabricación y entrega de los sub-paneles de Media Lario Technologies, son las tareas de ingeniería más grandes pendientes para que el GTM empiece las operaciones científicas como un telescopio de 50 metros. Junto con esta acción, el desarrollo, diseño y la fabricación de los nuevos actuadores, espejo secundario y su posicionador conformes con las especificaciones del diseño, del telescopio de 50 metros representan las actividades fundamentales del Plan de Terminación del Telescopio presentado a CONACYT en septiembre de 2013 y al Panel de Revisión Técnica del GTM en noviembre de 2013. La implementación del Plan de Terminación fue recomendada por el Panel de Revisión, y aprobada por el Consejo de Colaboración del GTM en marzo del 2014. Una propuesta para obtener los fondos de inversión necesarios (\$74,481,932.00 de pesos) para realizar este programa de ingeniería autorizado, fue presentada al Comité de Apoyos Institucionales (CAI) del CONACYT el 11 de febrero de 2014 (ver solicitud en anexo).

2.1.1. Fabricación de sub-paneles para completar la superficie primaria del telescopio.

Al momento de escribir este reporte (agosto 2014) no se han recibido los recursos que respaldan el Plan de Terminación del Telescopio como se tenía aprobado. Este retraso ha tenido un impacto muy significativo en el programa de trabajo del Plan de Terminación del Telescopio y actividades relacionadas, incluyendo los programas científicos a futuro. En particular, no ha sido posible cumplir los compromisos con la empresa Media Lario Technologies asociados a los hitos de la producción de herramientas y moldes para los anillos 4 y 5, y a la fabricación y primera (de cuatro) entregas al INAOE de paneles para el anillo 5 durante el primer semestre del 2014.

Resaltamos que Media Lario Technologies es la única compañía en el mundo con la capacidad tecnológica para fabricar paneles de níquel electroformado con la precisión establecida en las especificaciones técnicas. Las consecuencias de no cumplir con las obligaciones contractuales pueden llegar a la pérdida de la credibilidad científica y la reputación que se ha ganado en los últimos doce meses, después de la primera temporada de observaciones que ahora está produciendo resultados científicos y publicaciones que están siendo presentadas en revistas con arbitraje.

El apoyo actual del Plan de Terminación del GTM es la primera propuesta financiera para completar la construcción de los 50-m de diámetro del telescopio plenamente respaldada por CONACYT. Dos de los principales hitos de construcción previos en la historia del proyecto se llevaron a cabo en el 2006 y 2011: la construcción de la antena y la instalación de los tres anillos internos de su superficie culminaron con la inauguración del telescopio por el Presidente Vicente Fox en noviembre de 2006; y la integración de la óptica completa del telescopio, los posicionadores y la primera alineación de los 32-m internos culminaron en las observaciones de la primera luz en junio de 2011 conforme al "Proyecto de Primera Luz" del GTM aprobado por el CONACYT en 2010.

Desde mediados del 2011, los segmentos de la superficie primaria se han mejorado para proporcionar un telescopio de 32-m altamente competitivo demostrado por las observaciones científicas realizadas en ondas de 3mm y 1mm. El Plan de Terminación del Telescopio presentado en el 2013 es la etapa final de construcción del telescopio con la que se incrementará el diámetro de 32-m, con los que actualmente cuenta, a 50-m lo que conlleva un aumento significativo en la sensibilidad, rapidez de mapeo y eficiencia operacional, así como una mejor resolución angular.

La prioridad más alta de la administración del GTM en lo que resta del 2014 es continuar trabajando con CONACYT en la obtención de recursos para el Plan de

Terminación del Telescopio, sin los cuales el GTM no podrá cumplir con los objetivos científicos originalmente planteados.

2.1.2. Integración y alineación de los paneles del anillo 5

El primero de cuatro embarques programados de los sub-paneles del anillo 5, fabricados por Media Lario Technologies, fue transportado y entregado al INAOE en junio de 2014. La integración y alineación de estos sub-paneles para completar la superficie del anillo 5 requiere la fabricación de ajustadores para los sub-paneles que están compuestos por un gran número de componentes individuales. La producción de prototipos de prueba de todos esos componentes de una gran variedad de proveedores locales y la compra de partes especializadas de alta precisión se hizo a finales de 2013, llevando a una serie de cotizaciones y justificaciones altamente detalladas para la compra total de las piezas que permitirán la integración de los segmentos del anillo 5 en una escala de tiempo que concuerdan con el calendario de entrega de los sub-paneles para el anillo 5 descritos en el contrato de Media Lario. Desafortunadamente la falta de recursos para inversión, como parte del Plan de Terminación del Telescopio, han retrasado la producción de los componentes de los ajustadores en el 2014. Consecuentemente habrá un retraso inevitable en el programa de entrega para el anillo 5 del GTM (con un impacto adicional en la entrega del anillo 4), y por lo tanto en la finalización de la superficie primaria de 50-m que fue planeado originalmente para ser comisionado a principios de 2016.

2.1.3. Control de la superficie activa del reflector primario.

Para tomar ventaja del área de colección adicional en la superficie primaria, además de completar el telescopio de 50 m de diámetro debemos desarrollar y fabricar un prototipo de actuadores para los segmentos y un control para la superficie activa que proporcione una corrección continua a la forma parabólica del reflector primario para así compensar las deformaciones que la gravedad induce cuando el telescopio se mueve en un rango grande de elevaciones durante las observaciones científicas normales. Sin la corrección activa en la sección más externa de la superficie primaria, la que sufre las mayores deformaciones, la eficiencia de la apertura del telescopio (o ganancia) sería afectada significativamente de forma negativa.

Debido a la falta de los recursos de inversión y retrasos en la contratación del ingeniero principal del proyecto GTM, Dr. David Smith (Merlab), durante el periodo no se registró avance en generar el documento de la declaración de trabajo (Statement Of Work o SOW) que describe el alcance del trabajo, las especificaciones técnicas, los requisitos operacionales del sistema de control de la superficie activa. En consecuencia no fue posible iniciar el procedimiento de búsqueda de diseños detallados y cotizaciones de acuerdo al proceso estándar de licitación. Para minimizar el impacto en el Plan de Terminación, se tuvieron

pláticas informales con proveedores y representantes de ventas potencialmente interesados (ADS, MT Mechatronics, Mitsubishi) que confirmaron su interés en desarrollar el sistema de control activo para el GTM en una fecha futura cuando la información técnica completa sea publicada.

2.1.4. Óptica de acoplamiento secundaria y la instalación de receptores en el futuro

Además del desarrollo del control de la superficie activa para el espejo primario, un esfuerzo de ingeniería, que debe ser completado en los próximos dos años es el reemplazo del espejo secundario M2 provisional y su hexápodo, antes de la verificación científica del GTM con la superficie primaria de 50-m en el verano/otoño de 2016. Ambos sistemas son inadecuados para la operación a largo plazo del GTM que debe ser de 30 años.

El actual espejo secundario (M2) de aluminio tiene una precisión de 37 micras en los 1.6 metros internos de su diámetro de 2.7m, la cual es adecuada para la superficie primaria de 32 metros de apertura. Para iluminar los 50m de superficie primaria y acoplar la radiación recibida de las fuentes astronómicas en los instrumentos científicos es necesario un espejo M2 que sea más preciso, ligero y muy estable térmicamente, el cual debería ser fabricado e instalado antes de completar la instalación de la superficie de 50-m en 2016. Un borrador preliminar del SOW para el espejo M2 ya ha sido preparado.

Una situación similar existe con el sistema de soporte, o hexápodo, que requerirá este espejo M2 para enfocar el telescopio con la exactitud necesaria y mantener el foco mientras el telescopio se mueve en elevación. Un SOW preliminar ha sido preparado.

Los SOWs se completarán y enviarán a los vendedores antes de noviembre de 2014.

2.2. Instrumentación Científica

Durante los primeros seis meses de 2014 se ha hecho buen progreso en el desarrollo de los primeros instrumentos que representa la siguiente generación de instrumentos científicos. Es importante mencionar que estos nuevos instrumentos proporcionarán nuevas capacidades científicas al GTM como son el mapeo de líneas espectrales, alta resolución espectral y espectroscopía en la ventana atmosférica de 1.1 mm, que le permiten resolver un mayor rango de preguntas científicas fundamentales relacionadas con el proceso de formación de estructura en diferentes ambientes físicos del medio interestelar. Además, estos instrumentos se ajustan mejor a los intereses científicos de la comunidad astronómica

mexicana, por lo que se espera una creciente participación de la misma en la explotación científica del GTM después de la verificación de estos instrumentos.

2.2.1. SEQUOIA

SEQUOIA es un arreglo de espectrómetros para la banda de 3mm, optimizado para mapear líneas de emisión molecular en regiones de formación estelar dentro de la Galaxia y el Universo cercano con alta resolución espectral. El instrumento tiene dos cámaras criogénicas idénticas, cada una con 16 pixeles. Una de las cámaras, SEQUOIA A, será probada y caracterizada en UMASS para posteriormente enviada al GTM para su instalación y verificación científica en 2015. Recientemente, se hicieron pruebas de enfriamiento en esta cámara y los primeros resultados de las pruebas son prometedores. Los 16 pixeles están funcionando y muestran buena relación señal a ruido en toda la banda de paso espectral. También estamos integrando dos conjuntos de procesadores de frecuencia intermedia (IF). Estos procesadores de IF cubren un ancho de banda de 800 MHz y están formados por dos unidades. Estos módulos se construyeron hace varios años, pero nunca fueron completados ni probados. Como resultado de este trabajo realizado en los primeros meses de 2014, ahora tenemos control computarizado sobre ambos conjuntos de procesadores de IF y los técnicos del proyecto están llevando a cabo pruebas de integración y determinando las condiciones de empaque y enfriamiento para dichas unidades. La óptica de acoplamiento entre SEQUOIA y el GTM aún necesita terminarse para su posterior fabricación. Las consideraciones preliminares para un óptimo diseño de enmascarado de las orillas de la óptica de acoplamiento han sido circuladas al equipo del proyecto. Otras tareas necesarias para la instalación de SEQUOIA en el GTM son: (1) fabricar una nueva plataforma LO, (2) desarrollo del monitor de bias y ambiente criogénico, (3) Integración e instalación de la nueva rueda de troceado para calibración. Se espera que el *front-end* de SEQUOIA sea entregado en el GTM a principios de 2015.

2.2.2. Arreglo de espectrómetros de SEQUOIA

Un nuevo arreglo espectrométrico de banda ancha está siendo diseñado para SEQUOIA. El espectrómetro cubrirá las bandas de 200, 400 y 800 MHz. El espectrómetro usa tarjetas ROACH2, originalmente diseñadas y fabricadas por la colaboración CASPER. UMASS está ensamblando un prototipo simple pero escalable que será capaz de tratar simultáneamente señales provenientes de cuatro pixeles de SEQUOIA. Las tarjetas de digitalización (ADC) en el prototipo están siendo calibradas y probadas para asegurar el desempeño. Debido a que SEQUOIA tiene 16 pixeles y cada pixel es capaz de producir dos señales de IF a través de los dos procesadores de IF, requerimos el desarrollo de un espectrómetro de 32 pixeles. El espectrómetro final de SEQUOIA será de ocho veces el tamaño y capacidad de la versión prototipo del sistema. El cronograma contempla tener el diseño del prototipo completo y listo para revisión para el otoño

de 2014 y el espectrómetro completo para la primavera de 2015. La verificación y pruebas de funcionamiento del *front-end* del receptor SEQUOIA y el *back-end* digital está planeada para la primavera de 2015.

2.2.3. "Fast-Track" Receptor de VLBI para 1mm

Una prueba rápida preliminar con un receptor SIS para 1mm está siendo ensamblada para incluir al GTM en las observaciones VLBI del centro de la Galaxia como parte del proyecto global Telescopio del Horizonte de Eventos (Event Horizon Telescope) en marzo de 2015. La integración se lleva a cabo en el Haystack Observatory (Massachusetts, USA). La UMASS ha proporcionado un criostato con un refrigerador de ciclo cerrado al Observatorio. El plan actual es integrar un receptor para 1mm con polarización dual y doble banda lateral proporcionado por el observatorio CARMA (California Array for Millimeter Astronomy). El receptor consiste de un solo cono corrugado seguido de un OMT y dos mezcladores SIS de doble banda lateral. CARMA proporcionará los mezcladores, amplificadores de bajo ruido y cajas para la polarización de los mismos. El Observatorio Haystack llevará a cabo la integración del criostato y el diseño de la placa del oscilador local. El diseño de la montura del criostato en la cabina de receptores del GTM, la óptica de acoplamiento (M4) y el espejo de troceado (M5) que rotará el haz del telescopio hacia diferentes receptores, incluyendo este receptor de 1mm y SEQUOIA, se completarán después de la contratación del ingeniero principal del telescopio. Se espera que este receptor de 1mm sea entregado en el GTM antes de finales de 2014.

2.2.4. Receptor de uso común para VLBI de 1 mm

El GTM es miembro, y estación participante VLBI, del proyecto Event Horizon Telescope (EHT). A finales de 2013, el EHT, con la inclusión del GTM, envió una propuesta (MSIP Mid-Scale Innovation Program) a la NSF para financiar el desarrollo (o actualización) de hardware, incluyendo receptores, grabadores VLBI y relojes atómicos a base de máseres de hidrógeno, para las instalaciones de los telescopios participantes. En enero de 2014, la propuesta del EHT pasó la primera ronda de evaluaciones y una propuesta completa fue enviada al programa NSF MSIP, solicitando el soporte financiero completo para el desarrollo de un receptor dedicado a VLBI del GTM (propuesta anexa). UMASS, como parte de la propuesta, tiene financiamiento para construir un receptor SIS de dos polarizaciones y doble banda lateral separada para el GTM y reemplazará el receptor preliminar de 1mm en la temporada de observación 2015-2016. Además de la optimización de este instrumento para el EHT y VLBI, el receptor también estará disponible como instrumento de uso común para toda la comunidad científica en futuros llamados después de su instalación en 2015.

2.2.5. Toltec

Referente a Toltec, el INAOE adquirió formalmente la responsabilidad de desarrollar los detectores para las tres bandas del instrumento, 1.1mm, 1.4mm y 2mm. En este sentido, se inició la caracterización del proceso de fabricación que ayudará para calibrar las simulaciones electromagnéticas con los resultados prácticos. Los dispositivos desarrollados se caracterizarán dentro de las instalaciones del INAOE en una cámara criogénica de 250mK especialmente adaptada para pruebas de radio frecuencia (RF). En este sentido, el cableado criogénico y de RF ha sido probado junto con un amplificador de bajo ruido a estas temperaturas. En breve producirá los primeros resultados de caracterización de detectores de inductancia cinética en México. Además, se ha avanzado en la maximización y uniformización de la absorción de radiación milimétrica en tales dispositivos, especialmente en la absorción en dos polarizaciones.

2.3. Operación Científica

Después de la correcta instalación y verificación de los actuadores reconstruidos y del sistema de control de la superficie activa del espejo primario de octubre a diciembre de 2013; y de la alineación de los 32-m del diámetro interior de la superficie del telescopio, el 14 de diciembre de 2013 se lanzó la convocatoria para propuestas de observación de riesgo compartido para el segundo periodo de Ciencia Temprana (2014-ES2) dirigida a la comunidad científica de los socios del GTM. Una vez completada la caracterización y optimización en el desempeño del telescopio, y la generación de los modelos de apuntado y calibración, en febrero de 2014 se comenzó con las observaciones científicas de las propuestas aprobadas en la convocatoria anterior (2013-ES1), las cuales no pudieron ser completadas en su momento debido a las malas condiciones climáticas y al fallo del hexápodo en junio de 2013 (reportado en el informe de actividades de enero a junio de 2013 a la Junta de Gobierno).

La convocatoria para el segundo periodo de observaciones científicas de riesgo compartido 2014-ES2 fue distribuida por medio de correo electrónico a las personas de la comunidad suscritas a la lista de correos del GTM, a los directores de los departamentos de astronomía tanto en México como a los departamentos integrantes del Five College Radio Astronomy, y mediante un anuncio público en la página web del GTM (www.lmtgtm.org). La fecha límite para la recepción de las propuestas fue el 13 de enero de 2014. Todas las propuestas fueron recibidas a través de la Oficina Virtual del GTM (www.lmtobservatory.org).

Se recibieron un total de 45 propuestas científicas solicitando aproximadamente 1000 horas de observaciones científicas. La comunidad mexicana envió 26 propuestas con la participación de 82 investigadores, incluyendo estudiantes adscritos a instituciones nacionales, en contraste con las 19 propuestas enviadas por los socios del GTM en la UMASS con la participación de 28 investigadores,

incluyendo estudiantes. Adicionalmente, 82 colaboradores internacionales de 55 institutos participaron en las propuestas enviadas como co-investigadores colaborando con los Investigadores Principales de los socios del GTM.

El Comité Científico del GTM organizó un panel para la revisión técnica y científica de las propuestas, dicho panel estuvo integrado por evaluadores externos e independientes expertos en el campo científico relacionado con cada propuesta, y por evaluadores internos seleccionados de la comunidad científica de los socios del GTM, y definió la prioridad de cada propuesta considerando el impacto científico y la factibilidad técnica. Los resultados de la revisión científica fueron dados a conocer a los Investigadores Principales de las propuestas el 19 de marzo de 2014, y en consecuencia se inicio con el plan de observación del programa científico 2014-ES2.

2.3.1. Resultados Científicos

Un total de 397 horas de tiempo de observación fueron asignadas a 45 propuestas científicas, divididas entre los instrumentos científicos, AzTEC (con 112 horas de 480 horas solicitadas) y el Redshift Search Receiver (con 285 horas de 520 horas solicitadas), y programadas en un periodo de observaciones con una duración de 15 semanas. En consideración a las actividades de ingeniería, el programa científico 2014-ES2 continuó hasta el 30 de junio de 2014. Considerando el tiempo perdido debido al mal clima, y a los tiempos adicionales requeridos la ejecución de cada programa, la eficiencia en el uso del tiempo de telescopio en este periodo fue de aproximadamente de un 40%. Lo anterior establece un nivel de referencia importante para realizar mejoras en las futuras temporadas de observaciones.

Durante la temporada de observación 2014-ES2, se descubrió que uno de los componentes principales del telescopio, el ACU (Unidad de Control de la Antena por sus siglas en inglés) presentaba un error de funcionamiento debido a que el procesador central de esta unidad había llegado al final de su vida útil. El ACU es una computadora diseñada para operar en tiempo real (de arquitectura VX) que se encarga de integrar el control de todos los sistemas del telescopio incluyendo: la posición de la superficie activa, la posición de los espejos secundario y terciario, el rastreo de las fuentes astronómicas y la recolección de los datos por parte de los instrumentos AzTEC y RSR.

El fallo de esta unidad es recuperable, sin embargo, requiere reiniciar la mayoría de los sistemas de control del telescopio. Este proceso toma aproximadamente de 10-15 minutos, lo cual impactó seriamente en la eficiencia de las observaciones, en particular, las observaciones de AzTEC realizadas en el modo de mapa amplio (o Large Map Mode) lo cual nos impedía realizar mapas a 1.1mm de un área mayor a medio grado cuadrado.

A principios de mayo del 2014, reemplazamos los componentes defectuosos; los cuales incluían la tarjeta de la unidad central de procesamiento del ACU, y la

tarjeta de control del protocolo PROFIBUS (la cual se comunica con las unidades de control del espejo secundario y terciario). Una vez realizado dicho reemplazo ya no se presentaron más fallos con el ACU y la eficiencia en las observaciones se incrementó por un 20% durante el resto del periodo de observaciones.

Las observaciones fueron realizadas por el experimentado equipo científico del GTM y los astrónomos de soporte, en conjunto con los equipos científicos de las propuestas aprobadas. Se adoptó una programación flexible para maximizar la productividad científica del telescopio, considerando las condiciones climáticas, el desempeño de los instrumentos y los requerimientos técnicos de cada propuesta.

Aspectos Científicos destacados

Durante el periodo del programa científico (2014-ES2), la mayoría de los equipos de investigación se concentraron en la adquisición y análisis de datos generando productos estándar, como imágenes y espectros en longitud de onda milimétrica, previo a la tarea de interpretación y la producción de las primeras publicaciones científicas. Estos resultados preliminares, ejemplificados en las figuras a continuación demuestran el alto nivel competitivo del GTM operando como un telescopio de 32-m.

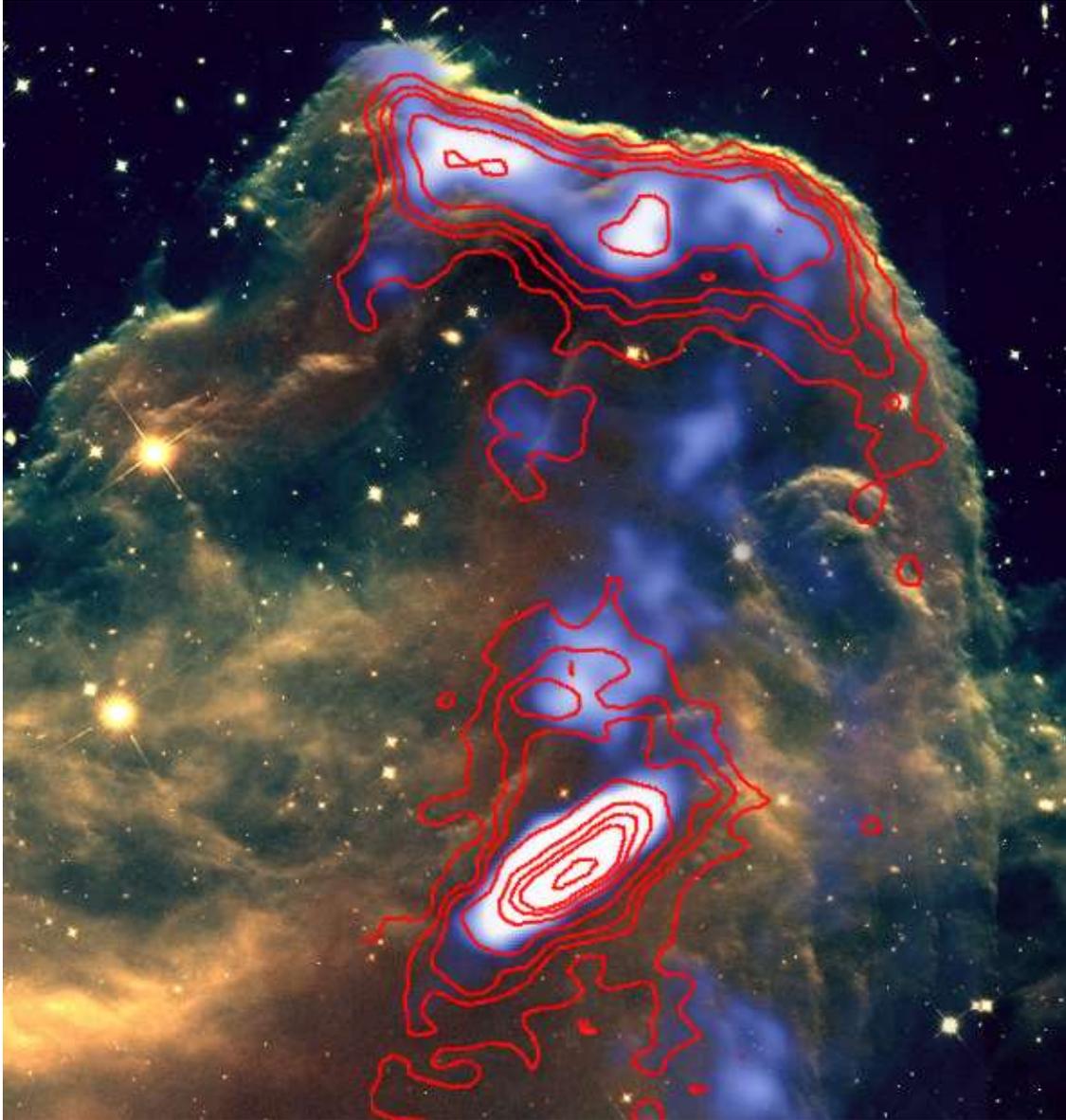


Figura 1. Nébula de la cabeza de caballo. La intensidad de la emisión en la banda milimétrica de 1.1mm con AzTEC está en los colores blanco y azul, demostrando las regiones de la formación estelar oscurecida en esta nube de gas molecular. El imagen al fondo se muestra la emisión óptica con el telescopio espacial de Hubble. Los contornos rojos se muestran la emisión submilimétrica a 850 micras de la cámara SCUBA-2, usando el James Clerk Maxwell Telescope de 15-m de diámetro. Existe un acuerdo excelente con las distribuciones de emisión térmica destacada por el AzTEC y SCUBA-2, donde las diferencias reflejan gradientes en temperatura y densidad del medio interestelar.

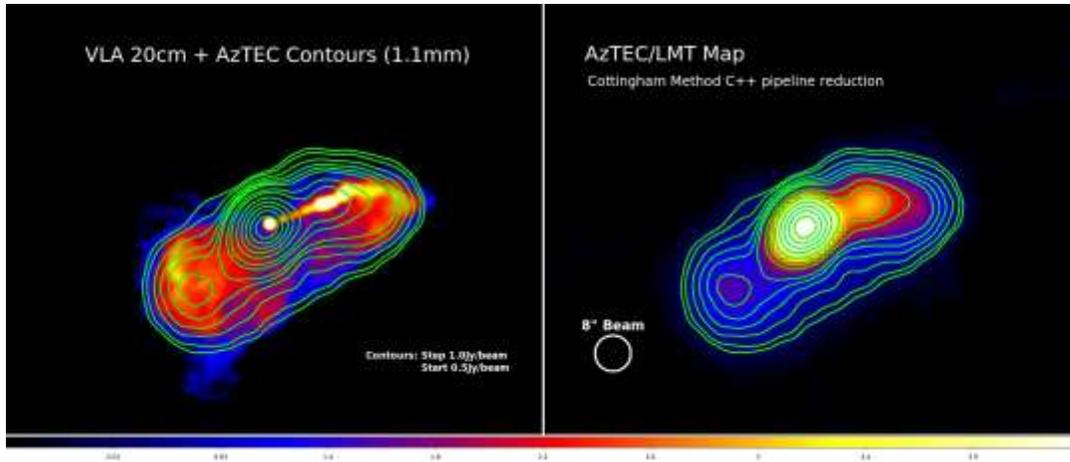


Figura 2. La galaxia de M87. A la derecha: emisión no-térmica (radiación sincrotrón) detectada por la cámara AzTEC en la banda de 1.1mm. A la izquierda: la emisión no-térmica de radio en la banda de 20cm, con la radiación milimétrica en los contornos verdes. Se muestra la correspondencia de la imagen de AzTEC con el agujero negro supermasivo en el núcleo de la M87 y los chorros y nebulosas extendidos que transportan la energía del agujero negro al medio intracúmulo.

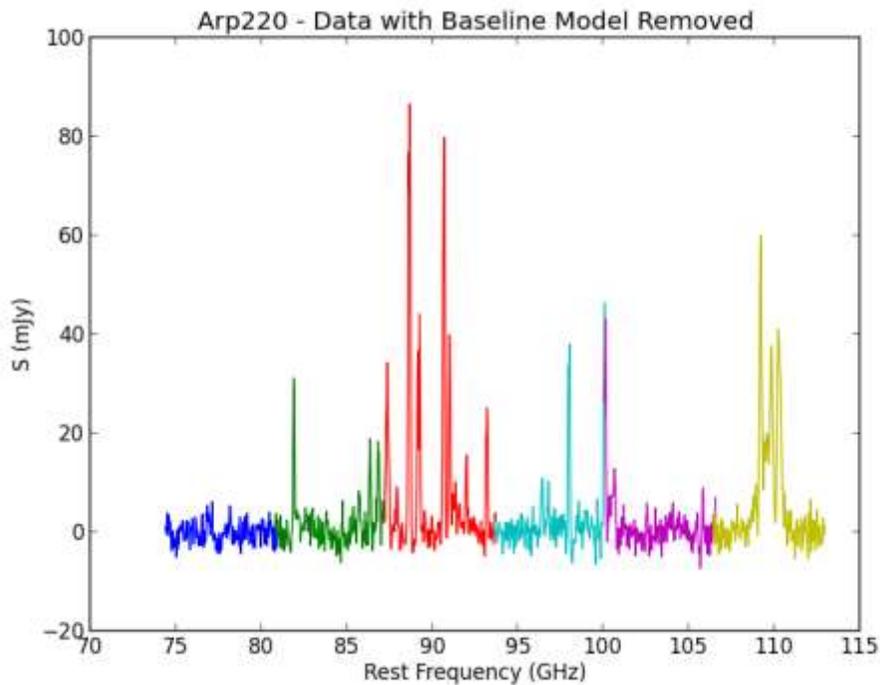


Figura 3a. Arp220, una galaxia ultraluminosa y oscurecida en el infrarrojo lejano. Se muestra el espectro en la banda de 3mm, usando observaciones con el RSR (Redshift Search Receiver). Con detecciones de más de 25 líneas de las transiciones de gas molecular, tenemos información sobre las condiciones físicas (como temperatura, densidad, mecanismos de excitación) en el medio interestelar del núcleo y región circumnuclear.

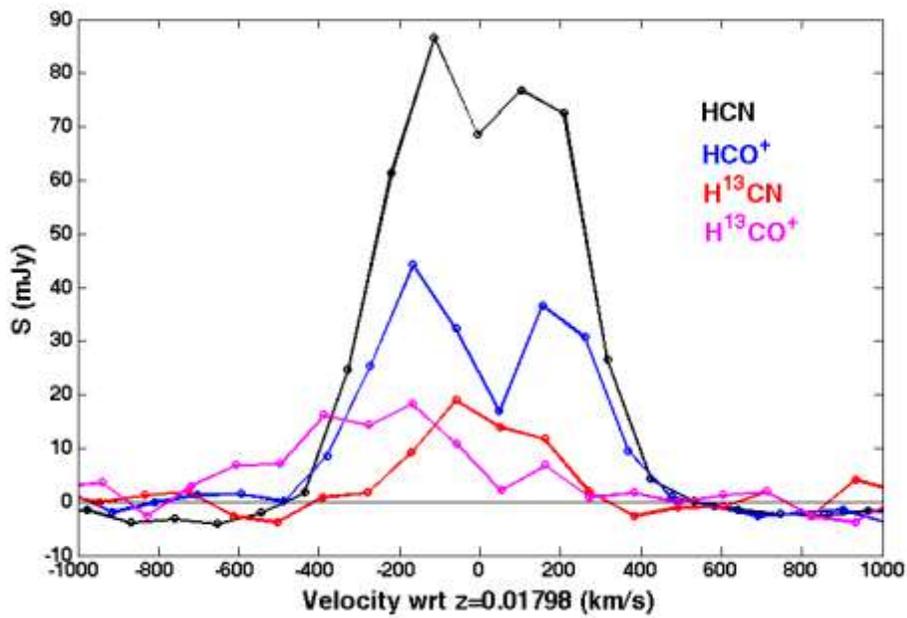


Figura 3b. Observaciones de Arp220 con el receptor RSR. Evidencia de dos agujeros negros supermasivos (100 millones de masas solares) en un sistema binario, ocasionando los dos picos en los perfiles de algunas transiciones de gas molecular (por ejemplo HCN, HCO⁺).

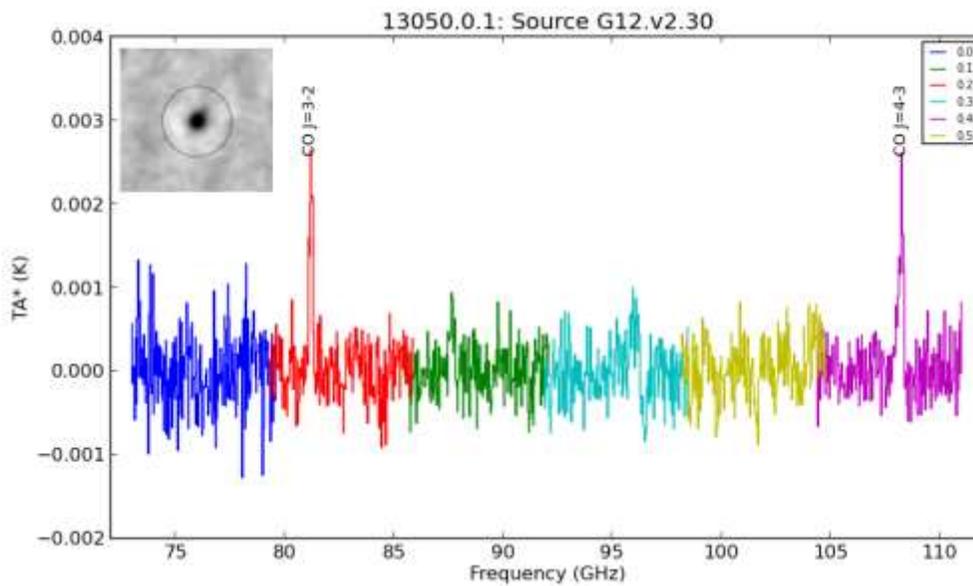


Figura 4. Observaciones de G12.v2.30, objeto con un corrimiento al rojo de $z=3.23$ cuya emisión es amplificada por una lente gravitacional en el universo cercano. Las mediciones del RSR muestran la emisión del gas molecular con dos transiciones de

CO, J=4-3 y J=3-2, debido a la banda ancha (74-111 GHz) de este receptor del GTM

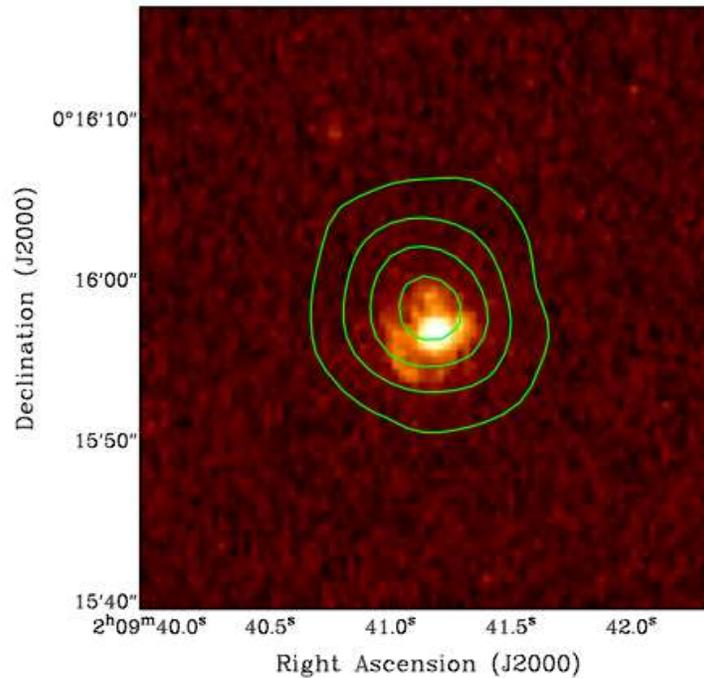


Figura 5a. La emisión térmica de 9i09, un “anillo de Einstein”, detectado con AzTEC a 1.1mm (contornos verdes). Esta fuente luminosa en el universo lejano, $z=2.55$, está amplificada por una lente gravitacional en el universo cercano, de corrimiento al rojo de $z=0.3$. La imagen al fondo muestra la emisión del anillo de Einstein en el infrarrojo.

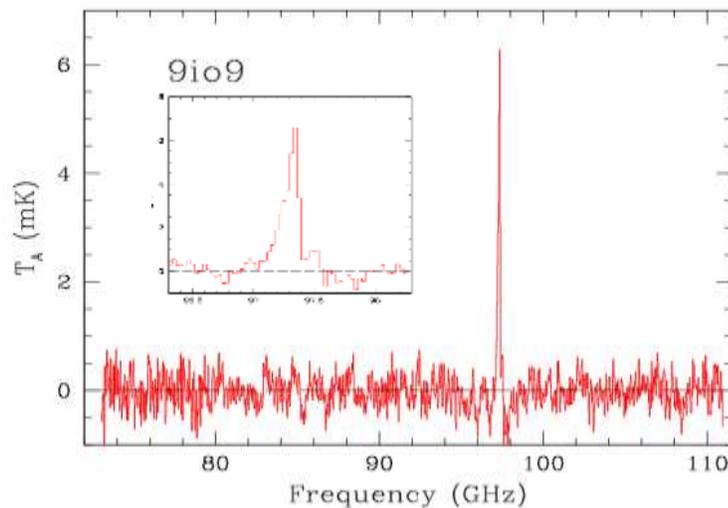


Figura 5b. Observaciones del anillo de Einstein, 9i09, con el receptor RSR en la banda de 3mm. Las mediciones del RSR muestran la emisión del gas molecular de una transición de CO(J=3-2) de alta intensidad debido a la magnificación de la radiación por un lente gravitacional en el universo cercano. El corrimiento al rojo de esta fuente

amplificada, $z=2.55$, detectado por primera vez con el GTM, confirmó que el anillo de Einstein es el objeto más lejano.

3. Presupuesto ejercido a junio de 2014: Avance programático – presupuestal

El proyecto GTM ejerció un total de \$23,185.8 miles de pesos del 1 de enero al 30 de junio de 2014, con la siguiente distribución porcentual por sub-proyecto.

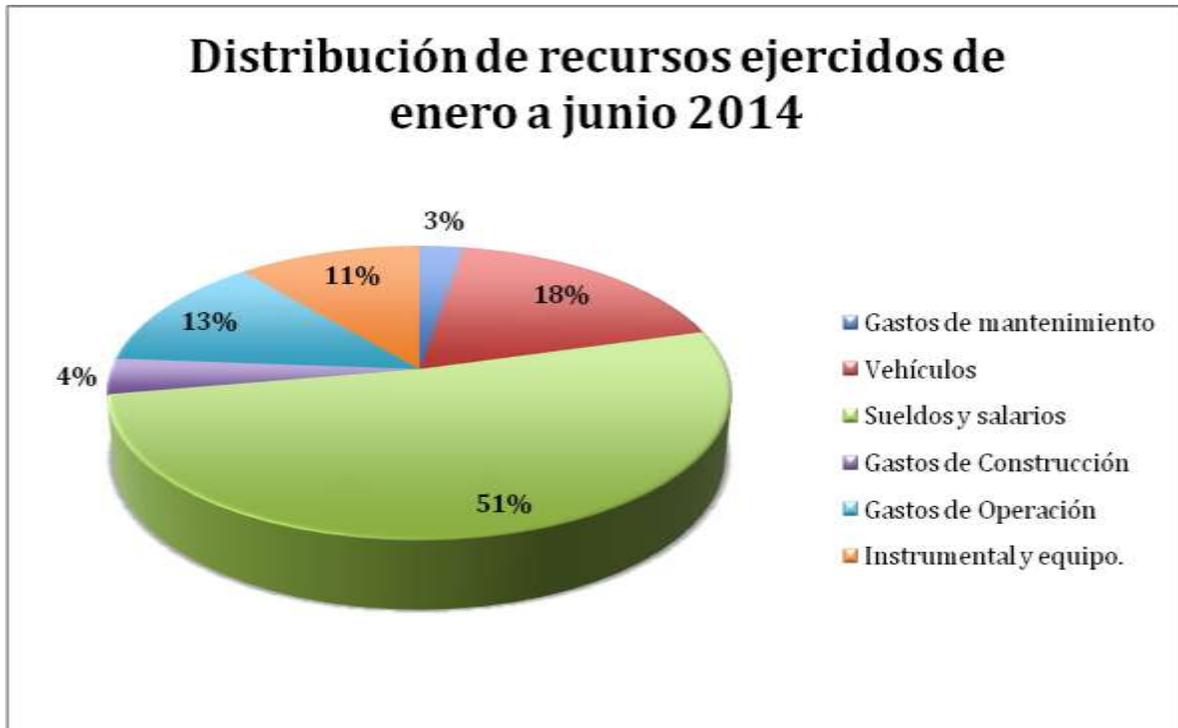


Figura 6. Distribución porcentual de los recursos ejercidos del proyecto GTM al 31 de diciembre de 2013

Como puede observarse en la figura 6, en el periodo reportado sobresale el gasto mayor (51.0%) en el proyecto el relacionado con el pago de nómina y prestaciones para el personal que colabora en el proyecto; el 18 % fue destinado al pago de arrendamiento de vehículos y el combustible necesario para realizar tareas referentes a las observaciones del GTM, el mantenimiento de la superficie primaria y actividades de divulgación del telescopio, así como el combustible para la maquinaria que opera en el sitio del GTM; 13% fue destinado a gastos de operación en los que se consideran: materiales de oficina, arrendamiento de equipo de cómputo, alimentación, pagos de gastos fijos (energía eléctrica; gas, agua, telefonía y localización). El 11% se refiere a la adquisición de material y equipo para los paneles del anillo 5 (insertos helicoidales de alto rendimiento,

O-rings, baleros esféricos, abrazaderas de acero inoxidable, y tuercas métricas), material eléctrico y electrónico, señales analógicas y digitales, adaptadores y target para laser tracker, reemplazo en barras axiales del M1, piezas para el armado del espejo primario y gastos de importación de los equipos necesarios para la operación del telescopio, entre otros; y, el 4.0% fue destinado principalmente para la compra de materiales a efecto de continuar con las actividades de pavimentación del camino que conduce al Sitio del GTM.

Al 30 de junio de 2014, el GTM reflejó el siguiente ejercicio de recursos por capítulo de gasto:

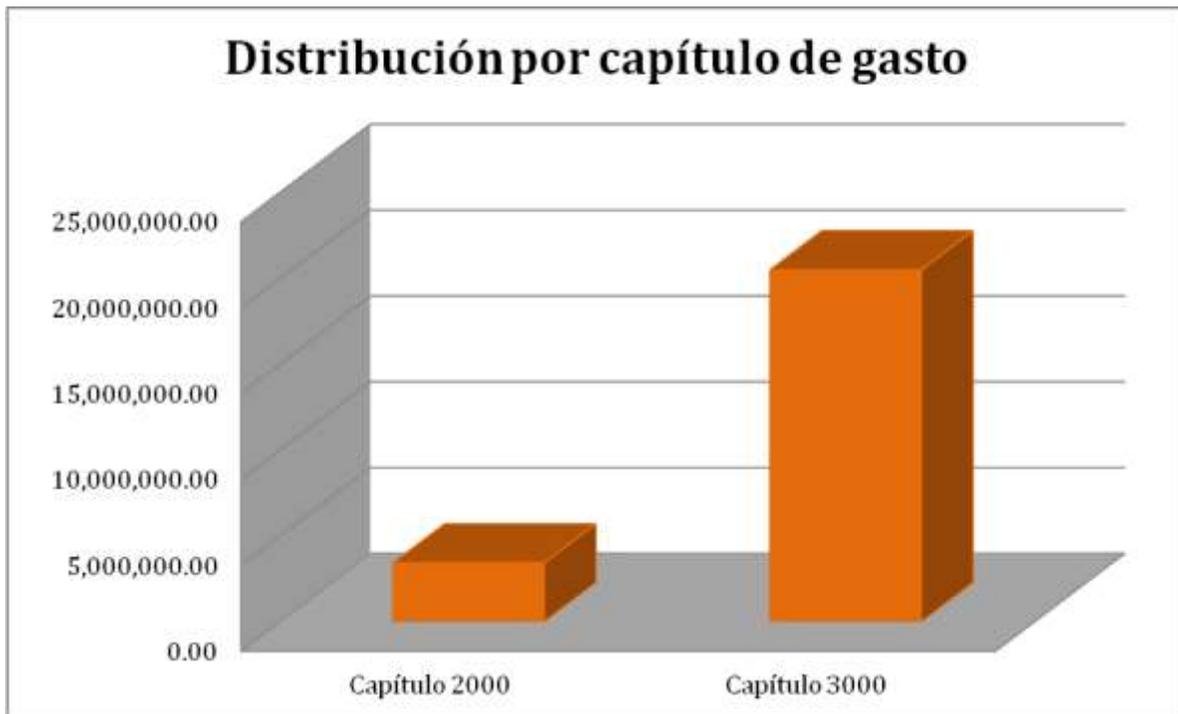


Gráfico 4 Distribución por capítulo de gasto de los recursos ejercidos del proyecto GTM al 31 de diciembre de 2014.

En un análisis por partida se puede observar que en las partidas del capítulo 2000 el gasto se concentra en un 45% en la partida 29801 que corresponde a refacciones y accesorios menores de maquinaria y otros equipos; 25% en la partida 24901 y 24701 correspondiente a materiales y artículos de construcción tales como productos de acero, aluminio, perfiles, alambres, varillas, tornillos, pinturas, adhesivos y pegamentos; 6% en la partida 23501, productos químicos, farmacéuticos y de laboratorio adquiridos como materia prima tales como gases criogénicos. En cuanto a las partidas del capítulo 3000, el gasto se concentra en un 60% en la partida 33901 correspondiente a subcontratación de servicios con terceros; 10% en la partida 32503 arrendamiento de vehículos terrestres; 9% en la partida 39301 Impuestos y derechos de Importación.

Fuente y Flujo de Recursos

Los recursos corresponden a los autorizados al CONACYT en el Presupuesto de Egresos de la Federación 2014, dentro de los programas presupuestarios M001, “Actividades de apoyo administrativo” y E001 “Realización de investigación científica y elaboración de publicaciones”, por 53.5 millones de pesos asignados al Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).