

## **5.2 INFORME DE AUTOEVALUACION DEL PROYECTO GTM.**

Como se reportó en el informe de autoevaluación del ejercicio 2006, el diseño, fabricación e instalación de los sistemas básicos del GTM quedaron completados. Estos son, básicamente, la estructura de acero con su cubierta protectora, los sistemas mecánicos de movimiento, el sistema de control electrónico del telescopio y los tres primeros anillos del reflector primario. En la parte de instrumentación, como se reportó, se tienen disponibles ya los primeros tres detectores desarrollados por la Universidad de Massachusetts.

Con base en dicho estado de avance, a continuación se presenta el informe de las actividades ejecutadas en el primer semestre de este año, mismas que se refieren, en términos generales, a la óptica del telescopio y al sistema activo del reflector primario. Se presenta, asimismo, un resumen de los trabajos menores que se han venido efectuando en los acabados y sistemas eléctricos de las instalaciones del GTM y de las obras exteriores.

### **5.2.1 Óptica del Telescopio**

La óptica del GTM consiste en tres espejos reflectores que conducen la radiación captada hacia los instrumentos de observación. El reflector primario es una parábola de 50 m de diámetro, integrada por 180 paneles de níquel electro depositado, arreglados en cinco anillos: A1 = 12 paneles, A2 = 24 paneles, A3 = 48 paneles, A4 = 48 paneles y A5 = 48 paneles. El reflector secundario es un espejo hiperboloide de 2.6 m de diámetro construido a base de fibra de carbón, colocado a una distancia focal de 17.5 metros. El reflector terciario es un espejo ovoide de aluminio, colocado en el nivel 29.60 m del edificio de cuartos de observación.

Actualmente, el GTM cuenta con un área colectora de 850 m<sup>2</sup> (equivalente a un telescopio de casi 30 m de diámetro), la cual deberá ser alineada para alcanzar las especificaciones de precisión establecidas en el diseño, a efecto de permitir una operación del telescopio en el rango milimétrico. Esta tarea forma parte fundamental de la etapa de comisionamiento del telescopio que ha iniciado este año en un trabajo que llevan a cabo los ingenieros del proyecto en coordinación con los astrónomos del INAOE y de la UMASS. Los anillos 4 y 5 del reflector primario, después del proceso de integración de las membranas reflectoras en los sistemas de soporte que ya se tienen, se irán instalando en la antena conforme vayan siendo entregados por el fabricante. Igual proceso se realizará para los espejos secundario y terciario, que continúan en proceso de manufactura.

### 5.2.1.1 Reflector Primario (M1)

En enero de este año, se efectuaron mediciones a la superficie reflectora utilizando un sistema de fotogrametría. Los resultados arrojaron datos sobre la precisión alcanzada en la etapa de instalación efectuada el año pasado, que si bien está fuera del rango especificado para la operación de 1 a 4 milímetros del telescopio, permitió cumplir con la meta prevista de presentar la primera luz de prueba ante el C. Presidente de la República, detectando el cúmulo de Virgo.

De acuerdo a lo programado, la etapa actual es llevar el reflector primario a la precisión para la cual fue diseñado el GTM, como parte de la fase de comisionamiento o licenciamiento de la antena.

Con este propósito, el INAOE y la UMASS reunieron a un grupo de expertos en grandes antenas, a efecto de recibir recomendaciones técnicas para asegurar el éxito de los trabajos que se tienen enfrente. Participaron las siguientes personas:

**David Woody**, científico que está a cargo del diseño de antenas en Owens Valley de CALTECH, y muy especialmente en el trabajo de mejoramiento continuo del telescopio CARMA.

**Richard Prestage**, Director del Telescopio de 100 m de Green Bank, dependiente del Observatorio Nacional de Radio Astronomía de los EUA.

**Alessandro Orfei**, quien es el responsable del equipo general del telescopio de 64 metros de Cerdeña. Su especialidad es el diseño de actuadores.

**Jacob Baars**, antiguo colaborador del GTM, actualmente jubilado en el Instituto Max Planck. Jaap, como mejor se le conoce, ha participado en el diseño y construcción de todos los grandes radiotelescopios.

**Pedro Alvarez**, Director del Gran Telescopio de Canarias, quien tiene una experiencia acumulada en el manejo gerencial de grandes proyectos.

Derivado de las recomendaciones de este excelente grupo, el proyecto ha iniciado la realineación de los paneles, basando el trabajo en un sistema de aseguramiento y control de calidad diseñado e implementado especialmente para ese propósito, el cual ya comenzó a dar resultados muy prometedores. Como ejemplo, basta mencionar que ya se tienen paneles con una precisión de entre 90 y 150 micras RMS. Este logro es muy importante, pues la meta inmediata que se tiene contemplada y acordada con los astrónomos del INAOE y de la UMASS, es entregar la superficie reflectora, en mayo del año entrante, con un error máximo de 200 micras RMS, con respecto a la parábola teórica del telescopio. Después,

mediante análisis de holografía y otros métodos de medición, incluyendo la utilización de la instrumentación astronómica que ya se tiene y utilizando el sistema de actuadores del sistema activo de la antena, la precisión se llevará a las 70 micras RMS que indica el diseño. Estas fases de licenciamiento son las que se han llevado a cabo en todos los radiotelescopios del mundo.

El sistema de calidad que se ha implantado contempla 11 procesos productivos y 3 procesos de soporte, los cuales generan la documentación técnica de los resultados obtenidos en cada uno de ellos. De esta manera, es posible dar un seguimiento cuidadoso y corregir las desviaciones que puedan presentarse en cada fase.

Este esquema de trabajo inició básicamente en mayo, con los paneles de los anillos 1, 2 y 3 de un doceavo de la antena: siete en total. Se contempla finalizar la realineación de estos paneles a fines de este mes de septiembre. Con base en sus resultados, es posible hacer ajustes al sistema de calidad, dentro de su esquema de mejora continua, con el propósito de asegurar la realineación de un panel por día, pese a los tiempos muertos que provocan las condiciones atmosféricas adversas de esta época del año.

Los actuadores del sistema de control activo del reflector primario continúan en proceso de desarrollo.

En este sentido, con base en las pruebas efectuadas al primer prototipo presentado por la empresa responsable, y teniendo en cuenta la revisión hecha por el grupo de expertos antes mencionado, se determinaron cambios importantes, sobre todo en el sistema electrónico de manejo de los actuadores, incorporando un sensor externo de posición.

Un segundo prototipo funcional será presentado para pruebas a mediados de octubre. De acuerdo a los avances ya logrados, se confía ya que éste será el definitivo, con base en el cual se acelerará el proceso de fabricación en serie.

#### **5.2.1.2 Reflector Secundario (M2)**

En el reporte anterior presentado a la Junta de Gobierno, se informó que el proyecto fabricó una primera versión del espejo secundario. Este, debido a problemas de control de presión de la autoclave operada por el CIATEQ y otros factores relacionados con el molde de acero que se utilizó para la fabricación de la membrana de fibra de carbón, los materiales utilizados en el primer intento, entre otros, lamentablemente no logró las especificaciones de 12 micrones que indica el

diseño. Estos problemas son los que están en proceso de corrección, antes de iniciar la fabricación del espejo mismo.

Por lo que hace a la autoclave, ya se han definido con el CIATEQ las modificaciones que deben hacerse, incluyendo la compra de la colcha térmica que forma parte del proceso de curado de la fibra de carbón. En este sentido, se cuenta ya con la autorización del Director General del CIATEQ para el fondeo que esto implica.

Los materiales para la fabricación del espejo ya se tienen disponibles, después del período de entrega establecido por los proveedores, que implicó del orden de cuatro meses.

Actualmente el trabajo está concentrado en la corrección el molde de acero, para regresarlo a la precisión alcanzada el año pasado, la cual se modificó como resultado de la fabricación del primer prototipo. En este sentido, se diseñó y fabricó un dispositivo de soporte que se utilizará tanto en el proceso de pulido del molde, como en el proceso de curado en la autoclave. Esta decisión fue resultado del proceso de aprendizaje que se experimentó con el desarrollo del primer prototipo.

También como se informó en la sesión anterior, paralelamente a la fabricación de la segunda versión del espejo secundario, se ha venido trabajando en la manufactura del dispositivo que permitirá el posicionamiento del reflector, en un trabajo que desarrolla el INAOE y el CIATEQ, Unidad Aguascalientes.

Los sistemas mecánicos del posicionador están ya completamente fabricados. Actualmente se están completando los sistemas electrónicos de control, mismos que, de acuerdo al programa de CIATEQ, estarán listos a fines de septiembre. Seguirá un proceso de pruebas de aceptación que se han definido en coordinación con la UMASS.

### **5.2.1.3 Reflector Terciario (M3)**

El CIATEQ, Unidad San Luis Potosí, tiene a su cargo la fabricación de los sistemas mecánico, de posicionamiento y de control electrónico del espejo terciario. El reflector mismo está a cargo del INAOE, el cual ya se tiene disponible dentro de las especificaciones ópticas establecidas.

El sistema mecánico está también 100% terminado y ensamblado en planta, listo para ser probado, una vez que el encoder de alta precisión que forma parte del sistema de posicionamiento, sea entregado por el proveedor. La integración de

ambos sistemas, de acuerdo al programa de CIATEQ, se dará a fines de octubre de este año.

El sistema electrónico del espejo, que debe tener una interfaz con el sistema de control general del telescopio, después de un proceso de revisión con el grupo técnico de servos de la Universidad de Massachusetts, está definido y aprobado. CIATEQ se encuentra en el proceso de integración de sus componentes.

A fines de octubre todos estos sistemas del espejo terciario serán sometidos a las pruebas de aceptación en planta.

### **5.2.2 Unidad de Control Digital de la Antena**

La unidad de control digital del telescopio, como se reportó, se encuentra ya funcionando. Prueba de ello fue el movimiento controlado de la antena que se requirió para apuntar a un satélite estacionario y detectar la primera señal de prueba, en la visita que efectuó el Director General del CONACYT al GTM el 9 de mayo del año pasado, así como para la detección del primer objeto celeste ante el Presidente de la República el 22 de noviembre.

También como se informó en la sesión anterior del órgano de gobierno, el sistema está configurado actualmente para manejar 8 de los 16 motores azimutales. Con los preparativos que ha sido necesario hacer, y tomando en consideración el programa de realineación de los paneles, se ha fijado la semana del 22 de octubre para que, con la asistencia de los técnicos de MT Mechatronics (antes MAN) y de los técnicos de UMASS a cargo del sistema de control del GTM, se harán las modificaciones al software para manejar los 16 motores y los sistemas de frenos.

### **5.2.3 Acabados de las instalaciones**

Los acabados de las instalaciones del telescopio, incluyendo el cableado eléctrico, fueron terminados a fines del año pasado, de acuerdo a los alcances contratados para la fase inicial de operación del telescopio.

No obstante lo anterior, en el período que se reporta, la actividad en este frente de trabajo del GTM se abocó a la instalación de un sistema electrónico de seguridad para el control de accesos, bajo un diseño elaborado por el Centro de Ingeniería del INAOE. Igualmente, la empresa que ha tenido a su cargo estos trabajos, se dedicó a ejecutar las modificaciones del sistema de cableado y plafones en el nivel 29.60 del edificio de cuartos de recepción, determinados para lograr una

mejor eficiencia en la operación, tanto del espejo terciario que se instalará en ese recinto, como del sistema de instrumentación científica.

Finalmente, es importante informar que la cubierta protectora de la estructura de acero del telescopio se terminó al 100% en este período.

El sistema de comunicación remota del GTM, que incluye la red de voz y datos, se encuentra en operación. A través de la fibra óptica que enlaza La Negra con la troncal de TELMEX en Atzitzintla, se ha logrado ya enlazar el GTM con el resto del mundo. De hecho, en las instalaciones de Tonantzintla, se cuenta ya con un esquema que permite monitorear el sitio, a través de unas cámaras de vigilancia que ya han sido instaladas. Este se liga con las mediciones de las estaciones meteorológicas que operan, de manera que, en tiempo real, se conocen las condiciones de viento, temperatura, humedad, presión atmosférica, etc.

La capacidad actual de transmisión es de 2 Mb, de los cuales 1 Mb está dedicado a internet 1 y 1 Mb a internet 2. Por supuesto que el sistema está diseñado para una capacidad mucho mayor, pero su crecimiento dependerá de la disponibilidad presupuestal, debido a los altos costos de los servicios de TELMEX. Hasta el momento, esta empresa es la única que puede atender los requerimientos del INAOE en ese sentido, dado que su competencia aún no trabaja en la zona de influencia de Atzitzintla.

#### **5.2.4 Instrumentación**

En esta componente del proyecto, que es absolutamente crítico, simplemente se informa nuevamente la H. Junta de Gobierno que la Universidad de Massachusetts ha desarrollado ya tres instrumentos de observación que se incorporarán al GTM: SEQUOIA, probado en el telescopio de 14 m de Quabin; AzTECH, actualmente funcionando en el telescopio JCMT en Hawaii; y REDSHIFT, operado en su fase de pruebas en la UMASS.

Estos tres instrumentos de frontera son los dispositivos iniciales con los cuales los astrónomos de México y los Estados Unidos comenzarán a trabajar.

## 5.2.5 INFORME PROGRAMÁTICO PRESUPUESTAL

### 5.2.5.1 Presupuesto Original y Modificado

Al inicio del ejercicio 2007, el proyecto del Gran Telescopio Milimétrico contaba con un presupuesto original de 38,500.0 miles de pesos, asignados al gasto corriente.

Posteriormente, mediante oficio de afectación presupuestaria No. 2007-38-9 0X-02, se autorizó una ampliación líquida para el GTM por un total de 17,355.0, de los cuales se asignaron 10,000.0 miles en el capítulo 5000 “Bienes Muebles e Inmuebles” y 7,355.0 miles en el capítulo 6000 “Obra Pública”.

Asimismo, mediante oficio No. 2007-38-9 1U-05 se autorizó una transferencia compensada entre actividades institucionales, en el capítulo 4000 “Transferencias” por un total de 6,500.0 miles de pesos.

Estas autorizaciones implicaron un aumento al presupuesto del proyecto por un total de 23,855.0 miles de pesos, dando un presupuesto total modificado de recursos fiscales de 62,355.0 miles de pesos.

En la tabla siguiente se presenta el cuadro resumen del presupuesto original y modificado del GTM, con cifras al 30 de junio del 2007.

**Tabla # 1**  
**Presupuesto Original y Modificado del Período Enero-Junio de 2007**  
**(Miles de Pesos)**

CAPITULO	PRESUPUESTO ORIGINAL	AMPLIACIONES/ REDUCCIONES	PRESUPUESTO MODIFICADO
2000	17,062.4	0.0	17,062.4
3000	21,437.6	0.0	21,437.6
4000	0.0	6,500.0	6,500.0
<b>Subtotal Gto. Corriente</b>	<b>38,500.0</b>	<b>6,500.0</b>	<b>45,000.0</b>
5000	0.0	10,000.0	10,000.0
6000	0.0	7,355.0	7,355.0
<b>Subtotal Inversión</b>	<b>0.0</b>	<b>17,355.0</b>	<b>17,355.0</b>
<b>Total General</b>	<b>38,500.0</b>	<b>23,855.0</b>	<b>62,355.0</b>

### 5.2.5.2 Presupuesto Ejercido

Al cierre del primer semestre, los trabajos ejecutados indicados en el apartado anterior de este informe, implicaron un ejercicio presupuestal de 40,156.9 miles de pesos, lo que representa el 64.4% del presupuesto anual autorizado.

**Tabla # 2**  
**Presupuesto Ejercido al 30 de Junio de 2007**  
*(Miles de Pesos)*

CAPITULO	MODIFICADO ANUAL	EJERCIDO AL 31-12-2006	% EJERCIDO
2000	17,062.4	9,739.3	
3000	21,437.6	18,574.5	
4000	6,500.0	3,294.5	
<b>Subtotal Gasto Corriente</b>	<b>45,000.0</b>	<b>31,608.3</b>	<b>70.2% del gasto corriente</b>
5000	10,000.0	3,043.5	
6000	7,355.0	5,505.1	
<b>Subtotal Inversión</b>	<b>17,355.0</b>	<b>8,548.6</b>	<b>49.2% del gasto de inversión</b>
<b>Total General</b>	<b>62,355.0</b>	<b>40,156.9</b>	<b>64.4% del total anual</b>





**INFORME DE AUTOEVALUACION SOBRE EL AVANCE DEL GTM**

**Período Enero- Junio del 2007**



## INDICE GENERAL

### 5.2 INFORME DE AUTOEVALUACION

5.2.1	Óptica del Telescopio	Pág.	1
5.2.2	Unidad de Control Digital de la Antena	Pág.	5
5.2.3	Acabados de las Instalaciones	Pág.	5
5.2.4	Instrumentación	Pág.	6

### 5.2.5 INFORME PROGRAMATICO-PRESUPUESTAL

5.2.5.1	Presupuesto Original y Modificado	Pág.	7
5.2.5.2	Presupuesto Ejercido	Pág.	8