

5.1 EVALUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES SUSTANTIVAS, DESTACANDO LOS ASPECTOS RELEVANTES, LAS DIFICULTADES SUPERADAS, LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y LOS IMPACTOS GENERADOS.

INFORME EJECUTIVO DE AUTOEVALUACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA EJERCICIO ENERO-JUNIO DE 2013

I. DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL

El INAOE, como Centro Público de Investigación, se encuentra ante los retos de promover la investigación científica y tecnológica, la formación de recursos humanos y la vinculación con los diferentes sectores de la sociedad, coadyuvando a un impacto en el bienestar social. El proceso de globalización de la economía ha acrecentado las demandas para la investigación y el desarrollo tecnológico considerablemente en nuestro país. La trascendencia del desarrollo científico y tecnológico va más allá de los factores económicos, contribuyendo a elevar la calidad de vida.

La misión del INAOE Contribuir como centro público de investigación a la generación, avance y difusión del conocimiento para el desarrollo del país y de la humanidad, por medio de la identificación y solución de problemas científicos y tecnológicos y de la formación de especialistas en las áreas de astrofísica, óptica, electrónica, ciencias computacionales y campos afines.

Durante los últimos años el INAOE ha mantenido una alta productividad en la investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos. La productividad científica se manifiesta en un promedio de 1.5 artículos arbitrados publicados en revistas internacionales, una producción de 2.3 memorias presentadas en congresos internacionales y nacionales por investigador al año y 0.6 proyectos con financiamiento CONACYT, por investigador al año.

Como se manifiesta en el presente informe, la superación de las metas de publicación, la participación en congresos y conferencias, la incorporación de investigadores en el SNI y el número de graduados, constituyen los principales elementos que dan como consecuencia que las metas planteadas en el Plan Estratégico de Mediano Plazo y en el Plan de Trabajo Anual de 2013 se cumplan en su mayoría.

Mediante los diversos programas de Apoyo del CONACYT, se mantuvo el funcionamiento de las áreas sustantivas del INAOE, gracias a la incorporación de expertos en distintos campos. La elevación del nivel académico, la firma de convenios tanto con empresas de prestigio internacional como con organismos nacionales diversos, y el mantenimiento de la infraestructura existente, han sido el sello del Instituto durante este período de evaluación.

Al mes de junio de 2013 se publicaron 143 artículos en revistas científicas con arbitraje anónimo, han sido aceptados 38 y han sido enviados 47; se han publicado 69 memorias en extenso. El número de proyectos de investigación es de 148, de los cuales 73 son apoyados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 34 son institucionales, 15 de administración, 10 son externos, 14 interinstitucionales y 2 proyectos comercializados. Dado que las metas planteadas dentro del Plan de Trabajo Anual 2013 son de 145 artículos publicados, de 255 memorias en extenso y de 60 proyectos apoyados por CONACYT, se puede constatar con los datos que al mes de junio, seguramente el INAOE alcanzará estas metas.

A lo largo del año, se envían artículos a diversas revistas, dependiendo del área de competencia. En el mismo año, algunos de éstos serán aceptados, otros publicados, y los demás quedarán en estado de "enviados", ya que al cerrar el ejercicio no se cuenta con una carta de aceptación o rechazo. En este sentido, **la figura de artículos enviados reportada es la fracción de artículos que aún no tienen una decisión, ya que el proceso constituye un flujo continuo.** Muchos de estos artículos que quedan como "enviados" al finalizar el año, serán aceptados y subsecuentemente publicados en el ejercicio siguiente.

De fundamental importancia es la formación de recursos humanos, las metas planteadas para el 2013, fueron de 53 graduados de maestría y 22 graduados de doctorado. En este período de evaluación semestral se graduaron 32 estudiantes (14 de maestría y 18 de doctorado), comparado con el 2012 que fue de 38, se reporta un ligero decremento en el número de graduados. Se tuvo una matrícula de 323 alumnos, de los cuales se dieron de baja 7, y se graduaron 32 por lo que al mes de junio se tuvo una población activa de 284 estudiantes.

Aunque la población promedio de estudiantes de postgrado en el Instituto se ha mantenido prácticamente constante en los últimos diez años, es imposible garantizar que un número dado se graduarán anualmente de cada programa. Esto es debido a que los tiempos para realizar el trabajo de tesis son fuertemente dependientes del tema de investigación, de la actitud y conocimientos del alumno, y de la disponibilidad del equipo, reactivos e insumos para llevar a cabo la parte experimental. Es así que el tiempo de graduación de cada estudiante, en cualquiera de los programas, no se puede determinar de antemano. Se presentan casos en los que el alumno se puede graduar en tiempos cortos, y largos en otros. También se involucran variables no imputables a los programas, como son los aspectos personales de cada alumno (accidentes, embarazos, salud, dedicación, etc.). Sin embargo, el Instituto hace un esfuerzo importante para que los alumnos obtengan el grado en los tiempos determinados por el PNPC, sin demeritar la calidad de los trabajos de tesis. Las metas indicadas en el Plan de Trabajo, en el marco del Convenio de Administración por Resultados (CAR), representan los números promedio determinados de los últimos años, y el resultado real puede estar por encima o debajo de esta meta, mostrando una variabilidad natural año con año.

La formación de recursos humanos no se limita a los postgrados. Muchos estudiantes realizan tesis de licenciatura, estancias de graduación, estancias de investigación, etc. En el INAOE el número de estudiantes atendidos al mes de junio fue de 482 alumnos de otras instituciones: 148 prestadores de servicio social, 294 prácticas profesionales, 37 tesis de licenciatura, 1 tesis de maestría y 2 de doctorado. La meta anual 2013 de población estudiantil atendida es de 800.

En marzo de 2013 se evaluaron los posgrados de **Maestría en Electrónica, Doctorado en Astrofísica y Doctorado en Óptica** para continuar en el PNPC de CONACyT, de cuyos resultados es satisfactorio reportar que además de los postgrados de Maestría en Astrofísica y Maestría en Óptica que ya estaban considerados en nivel internacional, **ahora el programa de Maestría en Electrónica también ha sido considerado en nivel internacional**. En el caso de los programas de Doctorado en Astrofísica y Doctorado en Óptica que también se evaluaron, éstos siguen estando considerados como posgrados consolidados. Por lo anterior se reporta que los 8 posgrados que ofrece el INAOE continuaron dentro del PNPC de CONACyT, y 3 de los 4 posgrados de maestría que ofrece el Instituto son ya de nivel internacional.

En el segundo semestre de 2013 se evaluarán los posgrados de Maestría y Doctorado en Ciencias Computacionales y el Doctorado en Electrónica, los cuales se espera que después de esta evaluación sean considerados también en nivel internacional.

En este mismo contexto podemos mencionar que la formación de recursos humanos no se limita a los postgrados y a las actividades en nuestro campus. **Es importante destacar el apoyo constante que se brinda al desarrollo académico y profesional de alumnos de otras instituciones del Estado de Puebla y del país.** Se firmaron convenios con la Secretaría de Educación Pública del Estado de Puebla; para capacitar en matemáticas a los profesores de los bachilleratos generales del estado de Puebla, y a profesores de Telesecundaria. De enero a junio de 2013 han participado 448 profesores de bachillerato en cursos de Álgebra, Geometría plana y trigonometría, Geometría analítica, Cálculo diferencial e Introducción a la probabilidad y a la estadística. Estos cursos fueron impartidos en varias sedes en el Estado de Puebla, entre los que podemos mencionar: Huauchinango, Tehuacán, Chiautla de Tapia, Zacapoaxtla, Zacatlán, Izúcar de Matamoros, Teziutlán, Tlatlauqui, San Martín, Atlixco, etc.

También se llevaron a cabo actividades de divulgación y difusión científica del INAOE dirigidas al público en general, que se pueden resumir en tres rubros: difusión en medios de comunicación e información local, nacional e internacional; programa de visitas guiadas al INAOE, y la labor de divulgación fuera de la institución. Entre otras acciones podemos mencionar asesoría en el área de redes y telecomunicaciones, apoyo para la realización de estancias de estudiantes de las diferentes áreas que imparten en los Institutos Tecnológicos de Puebla. También durante este periodo se realizaron

servicios sociales, prácticas profesionales, estancias de investigación, residencias profesionales y tesis de licenciatura, maestría y doctorado.

En materia de vinculación productiva y social, las metas propuestas se han alcanzado exitosamente con proyectos con la Secretaría de Marina, la Comisión Federal de Electricidad y PEMEX, entre otros. Es de destacar la labor que se ha hecho con la Secretaría de la Marina Armada de México a través de los fondos sectoriales. El INAOE ha contribuido sustancialmente en la sustitución de importaciones, generando mayor libertad técnica y económica, y ha colaborado en un reforzamiento significativo de la seguridad de las costas nacionales. Durante este periodo de evaluación se puede concluir que la relación con la Secretaría de Marina sigue en aumento. Con respecto a CFE los ingresos se mantienen al mismo nivel con un par de fluctuaciones que son temporales. La relación con Pemex por otro lado ha ido a la baja debido a los problemas de la empresa en cuanto a la contratación de servicios externos. El laboratorio de colorimetría se mantiene constante en su desempeño. Finalmente se siguen atrayendo otras instituciones como CICESE para la prestación de servicios.

El Centro Regional para la Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espaciales para América Latina y el Caribe (CRECTEALC) es un centro afiliado a la ONU, con una sede compartida entre Brasil y México; el INAOE es la sede del Campus México. La finalidad de este Centro es difundir la ciencia y la tecnología espaciales en todos los países de la región. Se han impartido cursos y se ha comenzado a desarrollar investigación aplicada que en el futuro cercano tendrá repercusiones científicas, económicas y sociales.

Durante el primer semestre de 2013 investigadores del INAOE recibieron reconocimientos. El pasado 24 de mayo de 2013, el Clúster de Tecnologías de información del Estado de Tlaxcala, otorgó el reconocimiento de Socio Honorífico al Dr. Carlos Alberto Reyes García. El Dr. Felipe Orihuela Espina, fue nombrado Profesor Investigador honorario en el Hamlyn Center for Robotic Surgery del Imperial College London. La Dra. Angélica Muñoz Meléndez fue nombrada Presidenta de la Federación Mexicana de Robótica por el periodo 2012-2014.

Pasamos ahora a analizar cada una de las áreas del Instituto.

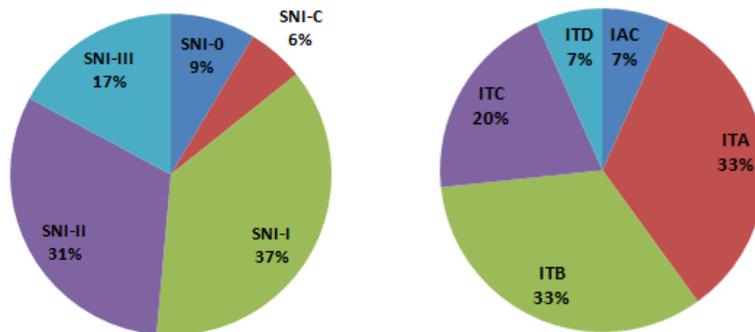
I.1. ASTROFÍSICA.

I.1.1 Introducción

La Coordinación de Astrofísica a finales de junio 2013 está integrada por 36 investigadores y/o ingenieros tecnólogos, de los que tres son investigadores a medio tiempo (Terlevich E., Terlevich R., Plionis M.), lo que supone una fuerza investigadora de ~33.5 investigadores-año. Además en marzo finalizó el contrato de repatriación de A. Sánchez Colín. Adicionalmente, tenemos 4 postdocs y 45 estudiantes de maestría y doctorado activos adscritos al INAOE. A esta planta se suman 28 personas de apoyo entre técnicos de investigación y secretarías (además de 1 técnico en comisión

SUTINAOE).

La proporción de pertenencia al SNI entre los investigadores e ingenieros tecnológicos de planta es del 94%: 6 SNI III, 11 SNI II, 13 SNI I, 3 SNI C, 3 sin SNI. La distribución de nombramientos de los 36 investigadores e ingenieros tecnológicos de planta se puede apreciar en la Fig 1. Adicionalmente se destaca que 2/3 investigadores CONACyT (postdocs) tienen niveles SNI como candidato.



Distribución de nombramientos SNI e INAOE de los 36 investigadores e ingenieros tecnológicos de planta. Datos a 30 de junio de 2013. Nomenclatura: SNI-0= miembros que no pertenecen al SNI, IAC=investigador o ingeniero asociado C, ITA= investigador o ingeniero titular A, ITB= ídem B, ITC=ídem C, ITD=ídem D.

La planta investigadora de la coordinación tiene un perfil consolidado, con un 49% de sus miembros en los niveles II y III del SNI, y 54% con nombramientos titular B o superior, lo que nos coloca por encima de los indicadores que CONACyT utiliza en la actualidad para juzgar la madurez de las plantas de investigadores, por ejemplo, las asociadas a los posgrados de excelencia en su máximo nivel ($\geq 40\%$ en niveles $\geq \text{II}$). Este año se promocionó a L. Rodríguez a investigador titular A, O. López Cruz y R. Mújica a titular B, D. Mayya a titular C (cambios efectivos a partir de agosto), y O. López Cruz a SNI II y D. Ferrusca a SNI I a principios del año.

Las áreas de investigación en la coordinación son:

1. Astronomía Extragaláctica y Cosmología, actividad sustantiva del 63% de la planta.
2. Astronomía Galáctica, 15% de la planta.
3. Astronomía Estelar, 23% de la planta.
4. Instrumentación Astronómica, 26% de la planta
5. Astronomía Milimétrica y Radioastronomía, 23% de la planta.

I.1.2 Investigación

La coordinación ha producido este semestre 30 artículos publicados en revistas internacionales arbitradas y 1 en nacionales, de los cuales 30/32 se consideran publicaciones de alto impacto (ApJ, AJ, MNRAS, RMxAA, AA, PASP). Se mantiene un gran número de colaboraciones internacionales, una de las fortalezas de la investigación que se desarrolla: el 88% de la producción científica cuenta con coautores

internacionales.

La producción de artículos arbitrados se ha recuperado en este primer semestre del descenso del ~30% del 2012 (42 en el año), respecto a 2011 (62) y 2010 (67), y en el 2013 hay buenas perspectivas de igualar el promedio de artículos del bienio anterior. Algunos de los investigadores que no habían publicado recientemente reportan actividad en este año, lo que se considera un avance muy positivo.

Si bien la producción global de artículos arbitrados cumple globalmente el indicador estratégico del periodo (1.3 art./inves) se había detectado que en el quinquenio 2007-2011 el 33% (12) de los investigadores publicaron menos de 1 artículo/año (10% con 0.0 artículos/año en el quinquenio). En conjunto se observa una mejoría en la distribución de artículos por investigador, como en 2012, con una proyección que desplaza la moda a 1 art./inves. en 2013. Habrá que observar este indicador de cerca en el futuro para establecer si se consolida y se espera desplazarlo a mayores cotas de desempeño en un mediano plazo.

En este período se han publicado 2 capítulos de libro, y se han editado 2 libros.

Las memorias de congreso son cada vez menos favorecidas como medio de publicación, debido a su mucho menor factor de impacto. Se reportan 12 memorias en extenso publicadas o en prensa. Destacan las publicaciones en los congresos SPIE por su relevancia en la comunicación de avances tecnológicos en instrumentación astronómica. Los integrantes de la coordinación han participado también en otros congresos de renombre, en muchos de los cuales, no se han publicado las memorias correspondientes.

Seis miembros de la coordinación recibieron invitaciones para impartir pláticas de revisión o invitadas en conferencias y talleres internacionales (Argentina, China, EEUU, Gran Bretaña, México) y 2 en diversos congresos nacionales. Adicionalmente hubo 5 participaciones en conferencias internacionales de calidad. También se han impartido pláticas invitadas en otras instituciones nacionales (8) e internacionales (5: Chile, España, EEUU, Gran Bretaña).

I.1.3 Grandes proyectos

Gran Telescopio Milimétrico (GTM)

El GTM ya está en operación científica bajo riesgo compartido. El proyecto ha tenido un hito importante con el llamado de proyectos de ciencia temprana, con una participación excepcional de investigadores del INAOE (16 de 34 proyectos sometidos con IP del INAOE).

Gran Telescopio Canarias (GTC)

Sigue su funcionamiento con dos instrumentos operativos pero con modos aún sin probar. MEGARA, instrumento de segunda generación sigue esperando los fondos para comenzar la etapa de Diseño Crítico. Este proyecto también tiene nuevas publicaciones reportadas.

High-Altitude Water Cherenkov (HAWC)

HAWC sigue su ensamblado para llegar a la meta de HAWC-100 este año.

Telescopio mexicano de 6.5m sin cambios

Observatorio Astrofísico Guillermo Haro (OAGH)

Ha recuperado su operación plena, tras el accidente de 2011 del espejo primario. En el primer semestre de 2013 se han generado 17 telegramas astronómicos y hay artículos arbitrados publicados, aceptados y enviados. En abril de 2013 se celebró el 25 aniversario del observatorio, coincidiendo en el año del 100 natalicio de Guillermo Haro. Se realizó una ceremonia solemne con la participación de autoridades municipales, estatales y académicas, dando clausura a dos meses de actividades cívicas alrededor del observatorio y la astronomía.

I.1.4 Infraestructura

Excepto por la asociada a grandes proyectos, sin cambios desde 2012.

I.1.5 Formación de Recursos Humanos

En 2013 se han graduado 2 estudiantes de doctorado y 4 estudiantes de maestría, dentro de los promedios de años anteriores. La generación 2009 de maestría en astrofísica, que obtuvo resultados académicos bastante deficientes durante su primer año, sigue teniendo 1 estudiante aún sin graduar. Estos son casos a los que no se les dio opción de entrar en el doctorado por su bajo desempeño durante el primer año de estudios. La de 2010 y 2011, mientras tanto, ya se ha graduado (sólo 1 de 2011 está pendiente de ser graduado antes de finalizar 2013). Los estudiantes de doctorado rezagados más allá de 5 años, siguen en curso con sus tesis, y 2 de ellos ya están próximos a la defensa de tesis.

La coordinación imparte un gran número de cursos de posgrado dentro del INAOE, y también organiza y participa en eventos que fortalecen la formación académica de los estudiantes de diferentes niveles. En este sentido, es de destacar la celebración de la V Escuela de Astronomía Observacional para estudiantes latinoamericanos, organizada conjuntamente por INAOE y UNAM en el OAN-Tonantzintla y la VIII Olimpiada Nacional de Astronomía que se ha celebrado en el campus INAOE. Investigadores de la coordinación participan en el Diplomado en Matemáticas INAOE a profesores de bachillerato.

I.1.6 Participación, Premios y Distinciones

Miembros de la coordinación han formado parte de prestigiosos comités internacionales de evaluación, como los de asignación de tiempo del Telescopio Espacial Chandra, las distinciones Severo Ochoa de Excelencia (España) en investigación, los contratos Ramón y Cajal (España), la evaluación del Instituto Universitario de Francia, o el de asesoría científica al Observatorio Europeo Norte (España). Investigadores de la coordinación han integrado el comité consultivo del FCCyT, y otros comités evaluadores de la ciencia CONACyT y CONCyTEP. Además diversos miembros forman parte de los comités organizadores de congresos y talleres de trabajo.

I.1.7 Eventos y Difusión

La coordinación sigue su tradición de fuerte vinculación con la sociedad a través de diversas iniciativas que difunden el conocimiento científico. Además de las tradicionales actividades multitudinarias vinculadas al INAOE (Noche de las Estrellas, FILEC, talleres para jóvenes y profes, ferias, etc) se destaca la extensión del programa "Del aula al Universo", que dota de telescopios a escuelas secundarias y entrena a los gérmenes de clubes de astronomía en las mismas, al estado de Sonora, después de una muy exitosa vinculación con los agentes sociales del Grupo México a raíz de las festividades del 25 aniversario del OAGH. Asimismo, los tráileres de la ciencia siguen con éxito y el INAOE está ahora supervisando la construcción de un tráiler para Torreón.

Los investigadores de la coordinación participan en estas actividades de divulgación de forma regular, además de impartir pláticas al público y colaborar con los medios en los espacios de ciencia. 60% de los investigadores reportan actividades, teniendo el 40% un claro compromiso divulgador: conjuntamente se han publicado 18 artículos de autor en medios escritos, 37 pláticas públicas y 36 entrevistas en radio, televisión y prensa escrita, en línea con lo producido en los últimos años.

I.1.8 Planes y Retos

La coordinación es líder o está involucrada en varios proyectos internacionales de carácter estratégico, que ofrecen grandes oportunidades de desarrollo: Gran Telescopio Milimétrico (GTM), Gran Telescopio Canarias (GTC), High-Altitude Water Cherenkov (HAWC), y telescopio mexicano de 6.5m. Además cuenta con un laboratorio propio de observación: el telescopio de 2.1m del Observatorio Astrofísico Guillermo Haro (OAGH). La productividad actual de la coordinación la sitúa dentro de los 3 mejores institutos de investigación astronómica de México, con indicadores de reconocimiento similares a los del IA-UNAM. El reto es llevarla a indicadores similares a los de institutos de investigación internacional en España o Estados Unidos, de los que somos socios.

En el siguiente periodo esperamos:

- que los miembros de la coordinación tiendan a estabilizar su producción en al menos un artículo al año y el número de investigadores que mantienen promedios anuales por debajo de este índice, que se considera mínimo, caiga a casos temporales de huecos de productividad;

- la graduación de muchos de los estudiantes de doctorado que ya se encuentran en su cuarto o quinto año, y que esto facilite la clasificación del programa de doctorado (en revisión) a nivel internacional en 2014;
- el entrenamiento de los investigadores interesados en GTM con datos adquiridos en la etapa de primera ciencia, y para la segunda campaña se espera que muchas de las propuestas de la primera campaña se reenvíen, ya que el tiempo disponible para ciencia ha sido menor al inicialmente planeado;
- la contratación de 1 nuevo investigador de planta, en el área de astrofísica milimétrica que complemente las competencias científicas y tecnológicas de la coordinación en las áreas emergentes;
- la incorporación de 2 o 3 nuevos investigadores jóvenes en contratos CONACyT de retención, repatriación o postdocs, que renueven el flujo de jóvenes astrónomos en la coordinación;
- la incorporación de nuevas generaciones de estudiantes a la disciplina de Astrofísica, además de mantener una saludable incorporación de estudiantes a Instrumentación Astronómica;
- instalación de HAWC-100, y primeras medidas que permitan entrenar a los investigadores interesados en HAWC en el tipo de series temporales que el telescopio arrojará;
- avance de los paquetes instrumentales de MEGARA una vez se reciban los fondos de GTC;
- instalación del RT5 en su nuevo emplazamiento;
- organizar la comunidad de usuarios del OAGH para lograr un mejor desempeño de la infraestructura, y una previsible transición a observaciones remotas o semi-remotas, asistidas por un solo operador;
- avanzar el caso científico del telescopio óptico mexicano de 6.5m, y colaborar en la petición de recursos financieros a los organismos nacionales e internacionales;
- la participación en foros especializados nacionales e internacionales (congresos, comisiones, comités, arbitrajes,...) para promover y realzar la visibilidad del instituto y de la ciencia que hacemos.

I.2. ÓPTICA.

I.2.1 Introducción

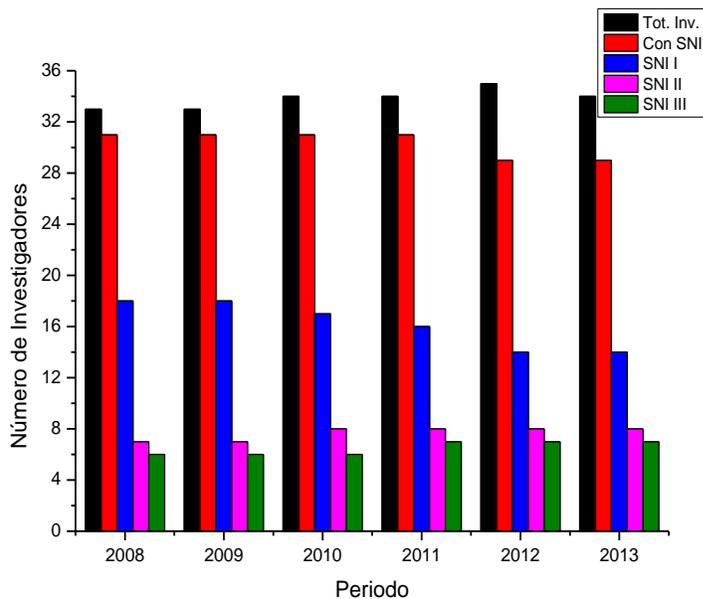
En este periodo el área de óptica está formada por 35 Investigadores y/o Ingenieros Tecnólogos, ocho técnicos académicos, 10 técnicos de apoyo, así como un área secretarial, un Posdoctorado y 75 estudiantes en el posgrado, 16 de Maestría y 59 de Doctorado. En la Coordinación de Óptica contamos con líneas específicas de desarrollo científico y tecnológico que se pueden agrupar en seis grandes áreas:

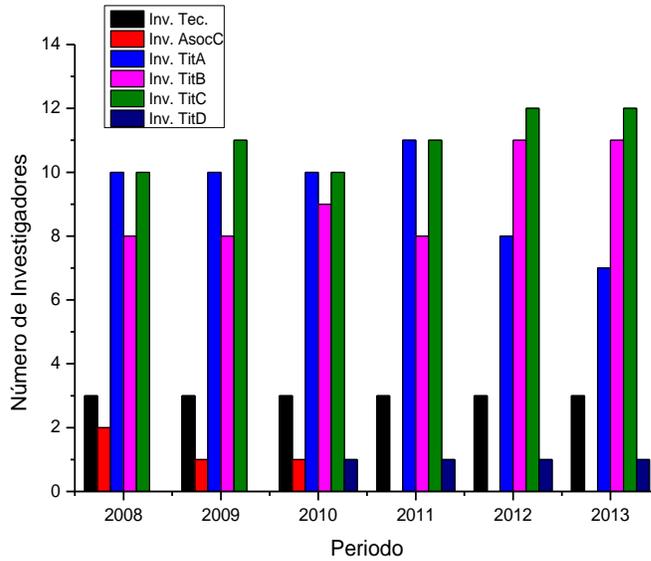
1. Óptica Física
2. Óptica Cuántica y Estadística
3. Instrumentación y Metrología Óptica

4. Fotónica y Optoelectrónica
5. Procesado de Imágenes y Señales
6. Biofotónica y Óptica Médica

En las siguientes gráficas podemos observar cómo ha ido variando el número de Investigadores en la Coordinación de Óptica, así como sus nombramientos en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Se puede ver que hasta el 2009 la planta académica de Óptica era de 33 Investigadores, en el 2010 incremento a 34 Investigadores. En el 2012 se tuvieron dos contrataciones pero se tuvo una baja, por lo que el número de Investigadores incremento a 35. En el año 2013 se tuvo otra baja (la Dra. Albertina Castro) por lo que actualmente la planta académica de la Coordinación de Óptica es de 34 investigadores.

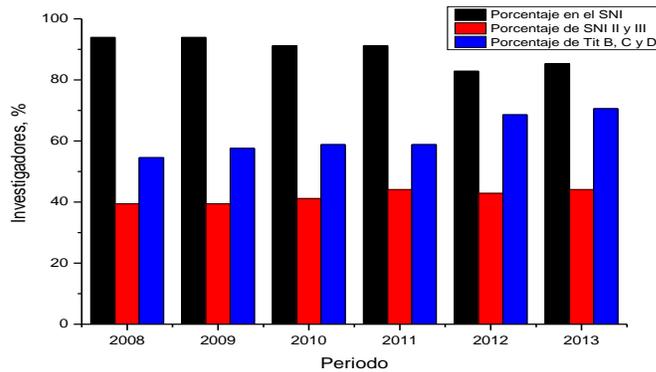
La planta académica de la Coordinación de Óptica no se ha incrementado desde el año 2006 cuando se tuvieron las dos últimas contrataciones (los Drs. Javier Muños y Julio C. Ramírez). Por otro lado se puede observar que el número de Investigadores pertenecientes al SNI ha disminuido principalmente por que las dos bajas mencionadas anteriormente pertenecían al SNI, al mismo tiempo se observa que el número de Investigadores con SNI II y III ha incrementado año con año (actualmente ocho SNI II y siete SNI III). En cuanto a las categorías se puede observar que la planta académica de la Coordinación de Óptica ha crecido hacia categorías de Titular B o mayores (actualmente tres son Ingenieros Tecnólogos, 10 son Titulares A, 10 son Titulares B, 13 son Titulares C y uno es Titular D).





Número de Investigadores en la Coordinación de Óptica, nombramientos en el SNI y categorías en el INAOE.

De la planta académica de la Coordinación de Óptica 30 Investigadores son miembros del SNI, lo cual equivale a una proporción del 85.7% perteneciente al SNI. De esta proporción, el 44% son niveles II y III del SNI. Por otro lado, más del 70% de la planta académica tiene nombramiento de Investigador Titular "B" o superior. Actualmente dos Investigadores están de estancia Sabática.



Porcentaje de investigadores en el SNI, porcentaje de investigadores con SNI II y III, y porcentaje de investigadores Titulares B, C y D.

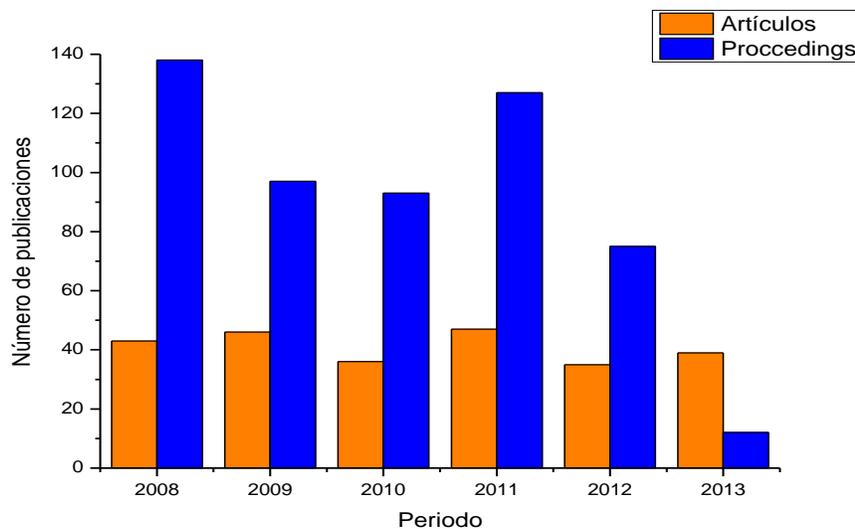
I.2.2 Investigación

En este período se publicaron 39 artículos con arbitraje anónimo, se aceptaron 6 y 7 más fueron enviados. Se publicaron 13 memorias con arbitraje y 11 resúmenes en congresos. Se tienen 8 proyectos, todos ellos con financiamiento CONACYT.

Se ha continuado, con gran éxito, un seminario semanal de la coordinación en el que los investigadores de la Coordinación e investigadores invitados externos exponen su trabajo científico y los logros alcanzados. A través de este seminario los investigadores y estudiantes de la coordinación informan de sus proyectos de investigación facilitando la integración de nuevos grupos de trabajo multidisciplinario. Este seminario tiene ya una duración continua de varios años. Adicionalmente, este seminario permite a los estudiantes conocer el trabajo de investigación de cada investigador de la coordinación facilitándole la elección de su asesor y tema de tesis.

Debido al crecimiento del Instituto y a la demanda tecnológica del país, el área de óptica está en la etapa de creación de líneas estratégicas y nuevos proyectos interdisciplinarios con diversas áreas sustantivas del INAOE. Los proyectos que se están impulsando se encuentran en el área de la nanotecnología, óptica médica, biofotónica y energía solar.

En la gráfica se puede observar el número de artículos publicados en revistas arbitradas durante el periodo 2008-2013.



Artículos y Procedings arbitrados.

Para este período se reportan 39 artículos y se espera que para este año se superen los 47 artículos del 2011. Este incremento en las publicaciones se debe principalmente a la contribución de los dos investigadores contratados recientemente quienes en total reportan para este periodo un total de 9 publicaciones, de las cuales en 8 de ellas aparece el Dr. Blas Rodríguez y en 3 de ellas el Dr. Miguel Bandrés.

I.2.3 Grandes proyectos

Se continúa el desarrollo del Proyecto interdisciplinario titulado "Espectroscopia infrarroja funcional; observando el cerebro in-vivo-situ" del cual es responsable el Dr. Carlos G. Treviño Palacios.

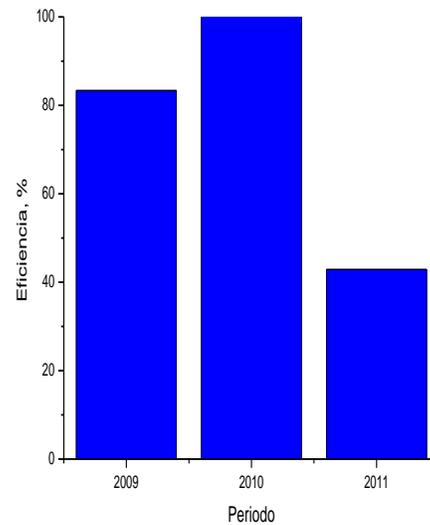
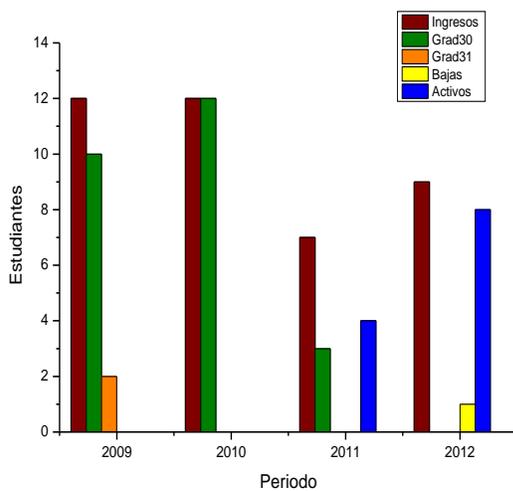
I.2.4 Infraestructura material

La Coordinación de Óptica cuenta con una buena infraestructura que se puede ver en los diferentes laboratorios de investigación.

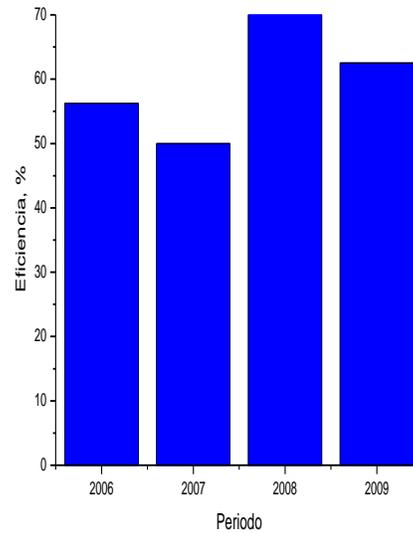
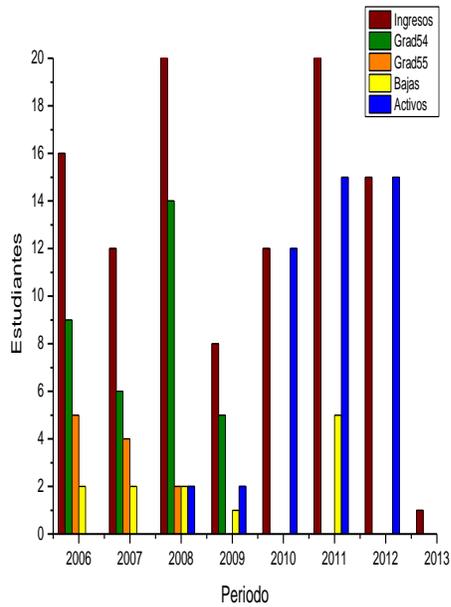
I.2.5 Formación de Recursos Humanos

Los cursos propedéuticos para los estudiantes que desean ingresar a la Maestría de Óptica son impartidos por los investigadores de la Coordinación de Óptica para la selección de los mejores estudiantes y para establecer una continuidad entre los cursos propedéuticos y los cursos de la Maestría. Por otro lado a partir de este año se han establecido nuevos criterios de selección para el ingreso al Doctorado que es a través de cursos propedéuticos o de un examen de admisión. Es importante mencionar que varios estudiantes tanto de Maestría como de Doctorado han aprovechado el programa de las Becas Mixtas para becarios CONACyT nacionales para realizar estancias de investigación en diferentes instituciones del extranjero.

En las siguientes gráficas se puede observar el número de estudiantes que han ingresado, el número de estudiantes que se ha graduado y el número de estudiantes que se mantiene activo en los últimos años tanto en la Maestría como en el Doctorado.



Estudiantes de Maestría en y Estudiantes de Doctorado en Óptica



Estudiantes de Doctorado en Óptica.

En cuanto a la Maestría se puede observar que se mantiene una eficiencia mayor al 80% lo cual permite mantener este programa en el nivel Internacional. En cuanto al Doctorado actualmente la eficiencia alrededor del 60% y se está trabajando para obtener la eficiencia necesaria para obtener el nivel Internacional.

I.2.6 Participación, Premios y Distinciones

Diversos miembros de la Coordinación de Óptica forman parte de comités organizadores de congresos nacionales e internacionales. De igual manera participan activamente como árbitros en revistas nacionales e internacionales tales como: Optics Express, Optics Letters, IEEE Photonics Technology Letters, Applied Optics, Optics Communications, Optics and Laser Technology, Optical Engineering, Sensors, Revista Mexicana de Física, entre otras. Por otro lado, participan en diversos comités de evaluación de proyectos del CONACyT como evaluadores y como integrantes de comités.

En la Coordinación de Óptica se tienen convenios de colaboración vigentes con las siguientes instituciones: Instituto de Ciencias Penales, Universidad Iberoamericana, Centro de Ingeniería y Tecnología S.C., Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas "CSIC", Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato (ITESG), Centro de Estudios y Prevención del Cáncer (CEPREC), Universidad Autónoma de Coahuila (UADEC) y la Universidad de Palermo.

I.2.7 Organización y participación de eventos nacionales e internacionales

En Mayo del año en curso, se realizó la XIII Escuela de Óptica Moderna. Dicha Escuela es una acción muy importante porque permite una amplia visión de las tendencias de la óptica moderna, con lo que se puede dar un entrenamiento integral a los estudiantes y la apertura a nuevas experiencias en investigación y desarrollo tecnológico. En este año el número de asistentes a la Escuela fue de 105 estudiantes, de los cuales 65 fueron estudiantes foráneos y 40 estudiantes locales (del INAOE y de la BUAP). Hubo seis conferencistas internacionales, todos ellos líderes mundiales en su especialidad.

En el mes de Junio se realizó el IV Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, cuyo objetivo es proporcionar el diálogo y el intercambio académico entre especialistas de la salud y las ciencias exactas, mediante un foro de intercambio de experiencias y proyectos. Este evento contó con la participación de 15 conferencistas y un total de 120 participantes.

También del 17 al 21 de Junio de este año se llevo a cabo la IV Escuela de Bifotónica. En esta escuela se tuvo una participación de 70 estudiantes, de los cuales 60 son de instituciones externas al INAOE, además se contó con cinco ponentes extranjeros líderes en su especialidad. Dicha Escuela tuvo como objetivo reunir a los especialistas mexicanos y extranjeros en Bifotónica con estudiantes interesados en esta área para intercambiar conocimientos y definir el rumbo de investigaciones futuras.

I.2.6 Planes y Retos

La Coordinación de Óptica se encuentra realizando un diagnóstico y plan de desarrollo, con el objetivo de mejorar su desempeño en las tareas sustantivas de investigación básica y aplicada, así como la formación de recursos humanos y desarrollo tecnológico. Esta tarea forma parte del proceso de integración del Plan Estratégico del INAOE para el período 2013-2018. Como resultados de esta planeación, se espera aclarar cuál es el estado actual de la coordinación y el estado que se desea alcanzar en los próximos años.

Se ha establecido la necesidad de mejorar sustancialmente la infraestructura y equipamiento de los laboratorios de la Coordinación de Óptica incluyendo el de docencia y el Taller de Óptica.

En el contexto de la Investigación, se ha iniciado un diagnóstico de su situación actual. Como una primera tarea se ha hecho un estudio sobre el factor de impacto de las revistas en que los investigadores de la coordinación han estado publicando los resultados de sus investigaciones. Este estudio será la base para determinar un conjunto de acciones para mejorar esta calidad y el impacto de la investigación básica y aplicada que se realiza en la coordinación.

Entre las acciones encaminadas a mejorar el nivel académico de nuestros investigadores, se considera propiciar institucionalmente la interacción de los investigadores en formación con los investigadores consolidados. Asimismo, se planea promover estancias sabáticas y de investigación, con objetivos académicos más ambiciosos. Por ejemplo, se promoverán estancias sabáticas con investigadores líderes en sus áreas de trabajo, al igual que se promoverán estancias de investigadores visitantes líderes en áreas de interés de la coordinación.

I.3. ELECTRÓNICA.

I.3.1 Introducción

La Coordinación de Electrónica de INAOE orienta sus actividades científicas y de desarrollo tecnológico a cultivar 4 líneas de trabajo:

- Comunicaciones
- Diseño de circuitos integrados
- Instrumentación
- Microelectrónica

La Coordinación de Electrónica de INAOE está formada por 35 investigadores y/o tecnólogos, 10 técnicos y 2 administrativos. Adicionalmente se tiene alrededor de una decena de becarios colaborando en laboratorios y actividades administrativas.

La pertenencia al SNI del personal científico y/o tecnólogo es del 88.5%, cabe mencionar que a partir de enero de 2014, Se espera que varios investigadores sean promovidos a Nivel II en el S.N.I.

I.3.2 Investigación y Desarrollo Tecnológico

Durante los primeros seis meses de 2013 se han publicado 49 artículos arbitrados en revistas científicas, 1 artículo con arbitraje nacional y 23 trabajos en memorias en extenso con arbitraje. Estos números implican una productividad promedio de $50/35=1.42$ y $23/35=0.65$ respectivamente. La suma de estos cocientes implica una productividad científica de 2.07 productos de investigación por investigador.

Adicionalmente, han sido aceptados 13 Artículos Arbitrados en revistas científicas y se han enviado 13. Asimismo, en el rubro de memorias en extenso, se publicaron 3 memorias con arbitraje nacional.

En otro de los rubros que marca el quehacer científico y tecnológico de la Coordinación de Electrónica, se tienen 26 proyectos vigentes, de los cuales 17 son proyectos apoyados por CONACyT.

La Coordinación de Electrónica en sus programas de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Electrónica tiene 126 alumnos activos, lo que implica un promedio de $63/35 = 1.8$ estudiantes de maestría por investigador y $63/35= 1.8$ estudiantes de doctorado por

investigador. Lo que implica una carga académica total de 3.6 estudiantes por investigador.

El desarrollo tecnológico se ha traducido en productos como los microbólómetros desarrollados por el Laboratorio de Microelectrónica para el GTM. Se ha llevado el registro de propiedad intelectual del Proceso de Fabricación de MEMS el cual ya tiene una lista de clientes potenciales. Adicionalmente se ha iniciado el registro de las siguientes patentes:

- Diseño de micro-componentes ópticos
- Cifrador de Flujo empleando como base el mapeo caótico de Bernoulli
- Topología de circuitos de una etapa de entrada con amplio rango o dinámico y transconductancia constante, compensada a variaciones de proceso, voltaje y temperatura

I.3.3 Grandes Proyectos

LIMEMS - El proyecto insignia de la Coordinación de Electrónica es el Laboratorio de Innovación en MEMS (LNN-Fase 1), el cual recibió un apoyo adicional el pasado verano de 2012. A la fecha de elaboración del presente reporte, se está terminando la utilización de dichos fondos que han sido orientados al incremento de las facilidades de infraestructura del LIMEMS.

Con esto, la infraestructura del laboratorio que se encuentra operacional es:

- Litografía - Generador de patrones, foto-alineadora, spinner y parrillas.
- Limpieza y grabados húmedos - Campanas, grabado con vapor HF y critical dryer.
- Plasmas - Grabado de dieléctricos, grabado de semiconductores y grabado de resinas.
- Procesos térmicos - Hornos de oxidación.
- Depósito de metales - Evaporadora de metales.

I.3.4 Infraestructura

La Coordinación de Electrónica cuenta con 7 laboratorios: Caracterización de Circuitos Integrados, Microelectrónica, Comunicaciones Ópticas, Innovación MEMS, Diseño de Circuitos Integrados, Radiofrecuencia.

Como parte del proyecto de equipamiento 2012, en marzo de 2013 se adquirieron 4 servidores de cómputo para la Coordinación de Electrónica con el objeto de renovar el equipo que alberga el software de diseño y simulación de circuitos, sistemas y dispositivos electrónicos. Esto da cumplimiento a una de las observaciones que realizó el Comité Evaluador Externo para la Coordinación de Electrónica en su reunión de 2012. A la fecha se ha terminado la instalación de Mentor Graphics y Synopsis en sendos servidores, mientras que la instalación de las herramientas de Silvaco se finalizará en agosto de este año.

I.3.5 Formación de Recursos Humanos

Como ya se mencionó anteriormente, la Coordinación de Electrónica en sus programas de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Electrónica tiene 57 y 56 alumnos activos respectivamente. En el primer semestre de 2013 se graduaron 6 estudiantes de doctorado y 4 estudiantes de maestría.

Es importante enfatizar que la carga académica promedio por investigador es de 1.51 estudiantes de maestría y 1.57 estudiantes de doctorado. Lo que implica una carga académica total de 3.08 estudiantes por investigador. De manera adicional se atiende a alrededor de 30 estudiantes de residencia profesional, servicio social y tesis de licenciatura por semestre.

En Mayo de 2013, el Programa de Maestría en Electrónica obtuvo el nivel de **Competencia Internacional** por parte del PNPC de CONACYT. Esto ha sido resultado del cuidado por los diversos índices de comportamiento del PNPC, no sólo para los estudiantes, sino para los investigadores.

En un esfuerzo para acceder a la internacionalización del programa de maestría. En este semestre se ha viajado a Perú y a Colombia (en diversas sedes) para aplicar el examen de admisión a la maestría. Se seleccionaron 6 estudiantes.

I.3.6 Participación, Premios y Distinciones

- 1) "Procesamiento de señales digitales", Conferencia por invitación de Concytep, Puebla, 25 de Enero de 2013, Jovanovic Dolecek Gordana.
- 2) "Tendencias Actuales y Visión de la Investigación en México", 6to Coloquio Interdisciplinario de Doctorado, UPAEP, Puebla, 27 de junio de 2013. (Conferencia Magistral Invitada, 60 minutos), Murphy Arteaga Roberto Stack.
- 3) XIII Escuela de Óptica Moderna, (6-10 de mayo 2013, INAOE, Tonantzintla, Pue., México) "Ondas acústicas causadas por la transferencia de energía de resonancia fluorescente: Tocando un silbato con la luz", Zúrita Sánchez Jorge Roberto.
- 4) El estudiante Victor Hugo Vega González recibió el premio: PhD IBM Fellowship Award, el pasado 27 de febrero de 2013.
- 5) La estudiante Miriam Guadalupe Cruz Jiménez, obtuvo el premio al Mejor Artículo de Investigación presentado en la Tercera Conferencia Iberoamericana de Ingeniería Electrónica y Ciencias Computacionales 2013 (CIIECC 2013), celebrada del 24 al 26 de abril en San Luis Potosí.

I.3.7 Eventos y difusión

Para el segundo semestre se llevarán a cabo varios eventos como: el Seminario de Nanoelectrónica y Diseño Avanzado a celebrarse en Septiembre de 2013, el IEEE VLSI-SoC Symposium a celebrarse en 2014 y el ICCDCS a celebrarse también en 2014.

I.3.8 Planes y Retos

Una de las aspiraciones a mediano plazo de la Coordinación de Electrónica consiste en que el Doctorado en Electrónica se convierta en Posgrado de Competencia Internacional.

Se requiere reunir al Grupo Asesor Técnico del LNN para verificar avances y factibilidad de proyectos en este Gran Proyecto de la Coordinación de Electrónica.

Si bien, poco a poco se realiza mayor trabajo inter-grupal y por ende con mayor carácter interdisciplinario, resulta claro que el actual esquema de grupos está siendo rebasado, por lo que se requiere tomar medidas a corto plazo.

Se ha formado un Comité para Planificar el Proceso de Selección 2014 del Programa de Maestría en Electrónica con las siguientes líneas de acción:

- Realizar una campaña más agresiva y extensiva en la geografía nacional para difundir el posgrado. Un trabajo coordinado con otros departamentos sería muy deseable con la finalidad de hacer buen uso de los recursos financieros.
- Incidir en esta campaña, en la búsqueda de los mejores estudiantes de cada centro.
- Instrumentar un nuevo formato del proceso de selección (cursos propedéuticos y examen de admisión) que no sólo investigue sobre las capacidades técnicas del candidato, sino sobre los llamados *soft-skills* que permita determinar capacidades que den cierta certeza sobre el éxito del posgrado para los candidatos. En este sentido, la entrevista debe ser enriquecida con otros instrumentos de evaluación.
- Internamente, la academia en su conjunto, deberá presentar una serie de proyectos de grado que permitan un reparto más equitativo de los estudiantes con la finalidad de incidir positivamente en todos los rubros de productividad. Todo enfocado a obtener una mayor eficiencia en el desarrollo de los proyectos vigentes y venideros, y finalmente en el uso de los recursos de la institución.
- Adicionalmente, la academia debe instrumentar mecanismos de seguimiento por periodo académico de los estudiantes de maestría y doctorado a través de comités.

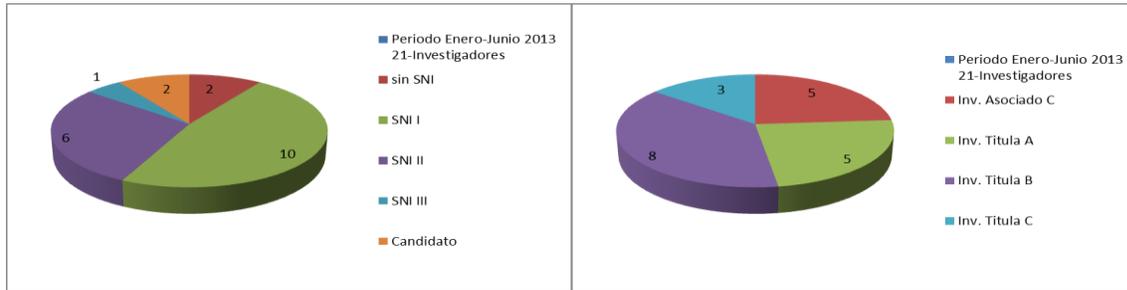
Por último, pero no menos importante, promover todas las actividades que mejoren la vida académica del estudiantado.

I.4. CIENCIAS COMPUTACIONALES

I.4.1 Introducción

La Coordinación de Ciencias Computacionales cuenta en Enero-Junio del 2013 con 21 investigadores de tiempo completo, todos ellos con el grado de doctor. Un investigador tiene nivel SNI III, seis investigadores cuentan con Nivel II en el SNI, diez de los investigadores son miembros del SNI nivel I y hay dos en el nivel de candidato dentro del SNI. Los dos doctores no incluidos en el SNI, uno está actualmente en evaluación y el otro está trabajando para la próxima evaluación del SNI y así poder incorporarse al

sistema. Esto quiere decir que más del 90% de los investigadores de la Coordinación pertenecen al SNI y el 30% de los investigadores pertenecen a los niveles II y III.



Asímismo, se tienen 5 investigadores con categoría Asociado C, 5 Titulares A, 8 Titulares B y 3 Titulares C. Junto con el SNI, el nivel de las categorías refleja una progresión de los investigadores en los últimos años hacia los niveles más altos, lo cual implica mayor madurez y trabajo efectivo por parte de la academia de la Coordinación.

I.4.2 Investigación y Desarrollo Tecnológico

Como producto de la investigación se contabiliza en este periodo Enero-Junio 2013, 23 artículos publicados en revistas de circulación internacional con arbitraje, 11 artículos aceptados en revistas de carácter internacional con arbitraje, 1 capítulo especializado como autor, 1 capítulo especializado como coautor, 3 ediciones de memorias como coautor y 21 artículos publicados en extenso en memorias de congresos internacionales con arbitraje. Esto es, más de un artículo en revista internacional por investigador en un periodo de seis meses.

En el periodo Enero-Junio del 2013 se tuvieron 24 proyectos de investigación apoyados por CONACYT, 4 proyectos de desarrollo tecnológico con financiamiento externo, 3 proyectos interinstitucionales con financiamiento externo y 2 proyectos Comercializados y 16 proyectos de administración.

I.4.3 Grandes Proyectos

No se tienen grandes proyectos pero si podemos mencionar que durante el periodo se colaboró en proyectos de investigación con investigadores extranjeros. En particular, se tienen dos proyectos financiados por Microsoft Research, uno de ellos en colaboración con la Universidad Nacional de Colombia y el otro con la Pontificia Universidad Católica de Chile. Así mismo, se tienen dos proyectos de colaboración financiados por la Unión Europea bajo el séptimo marco, FP7. Esto refleja mayor presencia de la academia en proyectos internacionales con financiamiento externo al Conacyt, lo cual es un reconocimiento a la calidad del trabajo de la academia.

I.4.4 Infraestructura

La Coordinación de Ciencias Computacionales cuenta con 7 laboratorios establecidos:

- **Laboratorios**

- ✓ Tecnologías del Lenguaje
- ✓ Cómputo Reconfigurable y de Alto Rendimiento
- ✓ Visión
- ✓ Robótica
- ✓ Cómputo y Procesamiento Ubicuo
- ✓ Aprendizaje Computacional y Reconocimiento de Patrones
- ✓ Procesamiento de Bioseñales y Aplicaciones Médicas

La Coordinación de Ciencias Computacionales se encuentra situada principalmente en el tercer piso del Edificio 8, cuenta con una sala de juntas, una sala interactiva, 1 sala de usos múltiples, una sala de lectura, 21 oficinas para investigadores, una oficina secretarial y siete Laboratorios.

I.4.5 Formación de Recursos Humanos

En lo referente a docencia, se atendieron en el periodo a 43 alumnos de Maestría y a 27 alumnos de Doctorado, así como a varios alumnos de licenciatura que realizaron sus prácticas profesionales en el INAOE. También en el periodo tuvimos un alumno de postdoctorado y cinco investigadores visitantes. Se concluyeron 4 tesis de doctorado y 6 tesis de maestría en el periodo Enero-Junio 2013.

I.4.6 Participación en Premios y Distinciones

En el período Enero-Junio 2013 los premios y distinciones obtenidos por miembros de la Coordinación son los siguientes:

- **Hugo Jair Escalante Balderas**, Finalista de los premios Miembro de la Facultad de Microsoft para América Latina 2013, Conexiones de investigación de Microsoft, 1 de 5, Enero 27, 2013
- **Eduardo Francisco Morales Manzanares**, Integrante del Comité Externo de Evaluación del Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), A.C., 2010-2013.
- **Eduardo Francisco Morales Manzanares**, Miembro del Comité de Acreditación de Evaluadores del Área 7: Ingeniería e industria, 2010-2013.
- **Angélica Muñoz Meléndez**, Presidente de la Federación Mexicana de Robótica por el periodo 2012-2014.
- **Felipe Orihuela Espina**: Profesor-Investigador honorario en el Hamlyn Center for Robotic Surgery del Imperial College London (Nov 2012)
- El Clúster de Tecnologías de Información del Estado de Tlaxcala A.C. (ClusTec) otorga el reconocimiento de Socio Honorífico al **Dr. Carlos Alberto Reyes García**. Apizaco, Tlaxcala, Mexico, May 24th, 2013.
- **Luis Enrique Sucar Succar** Miembro del Comité del Área VII del S.N.I.

También los investigadores participaron en los Comités Editoriales de las siguientes revistas:

- Pattern Recognition Letters
- Journal of Applied Intelligence
- International Journal of Reconfigurable Computing
- Journal of Electrical and Computer Engineering
- Journal of Circuits Systems and Computers
- Microprocessors and Microsystems
- Komputer Sapiens
- The Scientific World Journal
- Intelligent Data Analysis
- Ingeniería, Investigación y Tecnología
- Inteligencia Artificial
- Procesamiento de Lenguaje Natural
- Computación y Sistemas

De la misma forma, la academia fungió como revisor en una gran cantidad de artículos de revistas internacionales.

En el período Enero-Diciembre 2012 los investigadores participan en la organización y revisión de artículos de los siguientes eventos:

- "5th Mexican Conference on Pattern Recognition (MCPR 2013), Querétaro, México, June 26-29, 2013.
- Torneo Mexicano de Robótica 2013 (TMR 2013).
- The XVIII Iberoamerican Congress on Pattern Recognition (CIARP 2013).
- La Habana, Cuba, Conference Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP 2013).
- IEEE. 2013 Reconfigurable Architectures Workshop, IEEE, Boston, USA, May 20-21, 2013 (RAW 2013).
- 30th International Conference on Machine Learning, on June 16th, 2013 in Atlanta, USA (ICML2013).
- The 8th Workshop in the MSDM series May 7, 2013 St. Paul, Minnesota, USA (MSDM 2013).
- International Joint Conference of Neural Networks (IJCNN 2013).
- I Seminario Nacional de Aprendizaje e Inteligencia Computacional (SNAIC 2013), June 13-14, 2013, INAOE, Puebla, Mexico.

Todo esto refleja una academia muy activa en eventos internacionales.

I.4.7 Eventos y Difusión

Organizadores de Eventos

1. **Jesús Ariel Carrasco Ochoa y José Francisco Martínez Trinidad**, Organización del congreso "5th Mexican Conference on Pattern Recognition (MCPR2013)"
2. **Eduardo Morales, Angélica Muñoz y Luis Enrique Sucar**, Organizadores del Torneo Mexicano de Robótica, ITESM -Campus Puebla., 25-27 de Abril 2013.
3. **Hugo Jair Escalante Balderas, Jesús González Bernal, Eduardo Morales Manzanares, Alicia Morales Reyes y Carlos Alberto Reyes García** Organizadores del Primer Seminario Nacional de Aprendizaje e Inteligencia Computacional. Tonantzintla Puebla 13-14 de junio 2013.

También durante el periodo se impartieron varias pláticas, tanto de investigación, como de divulgación, se publicaron artículos en revistas de divulgación de la ciencia, y se participó en programas de radio para promover eventos y proyectos del INAOE.

I.4.8 Planes y Retos

La Coordinación de Ciencias Computacionales inició operaciones en 1998 y se encuentra en etapa de crecimiento. Se continúa trabajando para que los posgrados en Ciencias Computacionales mantengan una excelente calidad y sigan perteneciendo al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad. En particular, en este periodo se solicitó subir de nivel en el PNPC para obtener el Nivel de Competencia Internacional.

Nuestro plan de crecimiento es que en un plazo de 5 años la planta de investigadores crezca a 30 investigadores para consolidar nuestras líneas de investigación científica y desarrollo tecnológico así como reforzar aquéllas que muestran debilidades.

Vamos a seguir trabajando para que todos los investigadores pertenezcan al SNI, así como obtener un mayor número de SNIs en los niveles II y III.

Aunque hemos aumentado nuestra presencia y participación a nivel internacional, con la organización de eventos, participación en comités editoriales de revistas de prestigio y participación en proyectos internacionales con fuentes de financiamiento externos al Conacyt; nuestra meta es incrementar esta participación en los próximos años.

I.5. Docencia

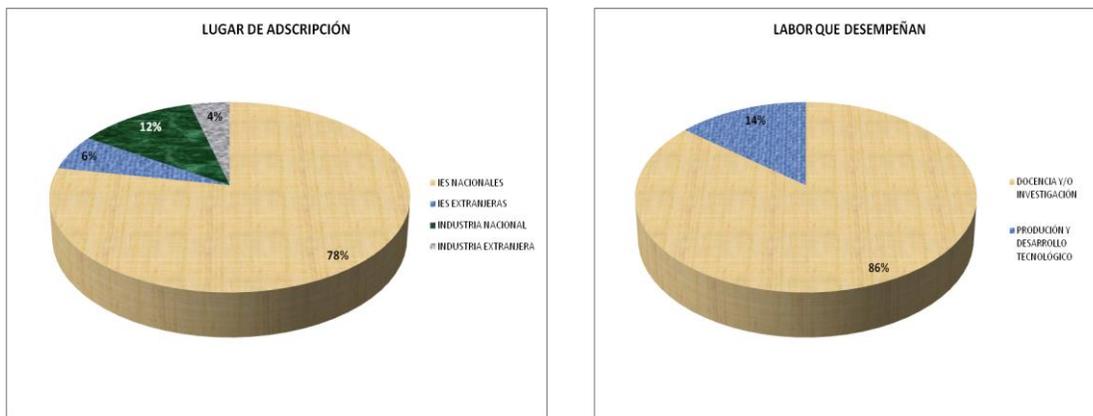
Los ocho programas de postgrado del INAOE continúan dentro del PNPC de CONACyT (5 consolidados y 3 en nivel internacional), lo cual es un logro institucional muy importante ya que en la evaluación de marzo de 2013 la maestría en electrónica fue considerada también en el nivel internacional. En el segundo semestre de 2013 van a ser evaluados los programas de Maestría y Doctorado en Ciencias Computacionales, aún cuando la vigencia era para junio de 2016, y se espera que también éstos programas queden considerados en nivel internacional.

PROGRAMA	NIVEL PNPC	VIGENCIA HASTA
MAESTRÍA EN ASTROFÍSICA	INTERNACIONAL	12 ENERO 2014
DOCTORADO EN ASTROFÍSICA	CONSOLIDADO	30 MARZO 2014
MAESTRÍA EN ÓPTICA	INTERNACIONAL	12 ENERO 2016
DOCTORADO EN ÓPTICA	CONSOLIDADO	30 MARZO 2018
MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA	INTERNACIONAL	30 MARZO 2018
DOCTORADO EN ELECTRÓNICA	CONSOLIDADO	14 JUNIO 2014
MAESTRÍA EN CS. COMPUTACIONALES	CONSOLIDADO	14 JUNIO 2016
DOCTORADO EN CS. COMPUTACIONALES	CONSOLIDADO	14 JUNIO 2016

Posgrados en el PNPC

I.5.1. Seguimiento de egresados

Se continuó con la actualización del Padrón de Seguimiento de Egresados del INAOE de la cual se reporta que actualmente el 93% de los 1414 graduados de los postgrados del Instituto se desempeñan en un campo afín a sus estudios, 78% están adscritos a IES nacionales, 6% a IES extranjeras, 12% laboran en la industria nacional y 4% en la industria extranjera. Asimismo, se reporta que de estos alumnos graduados el 86% se dedican a la docencia y/o a la investigación, y el 14% a la Producción y el desarrollo tecnológico.



Lugar de adscripción y dedicación de los alumnos graduados del INAOE.

I.5.2. Eficiencia de graduación

La eficiencia terminal de los egresados de los programas de maestría ha aumentado considerablemente en los últimos años, ya que la mayoría de los alumnos de los programas de postgrado de maestría han obtenido su grado en un tiempo igual o menor al requerido para la eficiencia. Se seguirán redoblando esfuerzos para que en todos los programas de posgrado, incluyendo los de doctorado, los alumnos se gradúen en el tiempo estipulado.

Con respecto a la **eficiencia por ingreso/egreso**, se han logrado cambios favorables ya que el proceso de admisión de alumnos es más estricto, además de que ahora se tiene un seguimiento continuo de alumnos durante sus cursos y el desarrollo de su tesis, con lo cual se ha logrado detectar cuando el alumno tiene algún problema y resolverlo a tiempo.

Cursos impartidos

En el primer semestre de 2013 se impartieron 129 cursos (100 de Postgrado, 11 de Cursos Propedéuticos y 18 de idiomas).

Programa	ENE-JUN 2012				ENE-JUN 2013			
	I	II	Propedéuticos	Total	I	II	Propedéuticos	Total
Astrofísica	4	1	3	8	6	1	3	10
Óptica	13	7	3	23	10	5	2	17
Electrónica	32	35	3	70	33	19	3	55
C. Computacionales	16	10	3	29	15	11	3	29
Idiomas	12	7	0	19	11	7	0	18
Totales	77	60	12	149	75	43	11	129

Cursos impartidos

I.5.3. Planta docente

En el primer semestre de 2013 los programas de postgrado del INAOE contaron con una Planta de Docente de 125 profesores/investigadores (35 en Astrofísica, 34 en Óptica, 35 en Electrónica y 21 en Ciencias Computacionales), de los cuales 110 son miembros del SNI y de éstos 33 Nivel III, 28 son Nivel II, 31 Nivel I y 18 Nivel de Candidato; se espera que en un futuro próximo la mayoría de los profesores tengan nivel II y III.

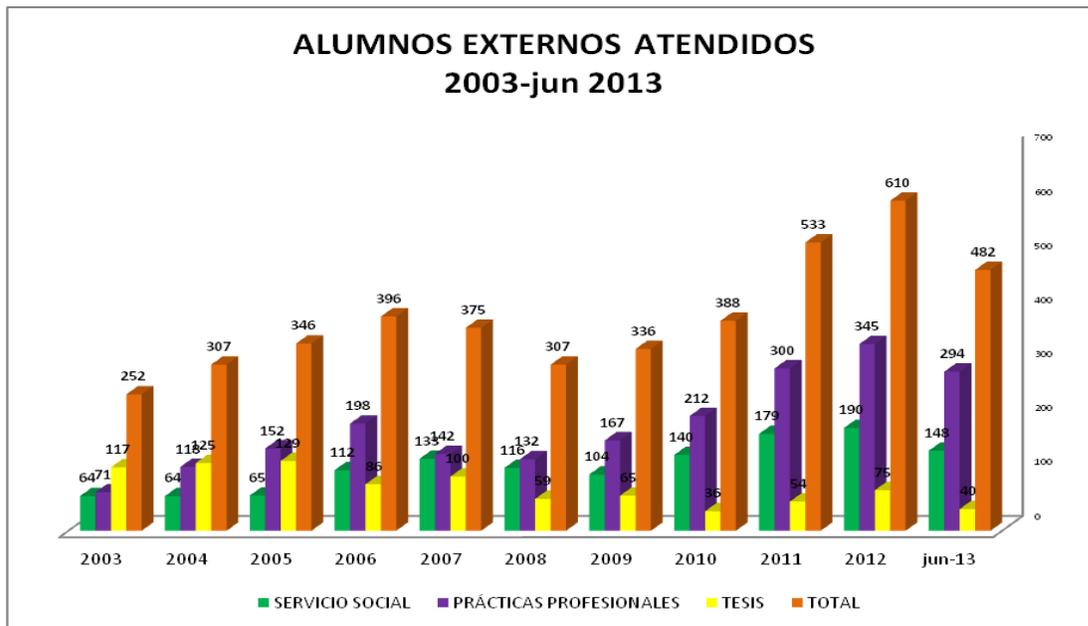
I.5.4. Vinculación

Con respecto al apoyo que el INAOE siempre ha brindado a los alumnos de otras instituciones del país y del extranjero, para lograr su desarrollo académico y profesional e incentivarlos para estudiar un postgrado, es satisfactorio reportar que en de enero a junio de 2013 se atendieron a 482 alumnos de otras instituciones: 148 prestadores de servicio social, 294 de prácticas profesionales, 37 de tesis de licenciatura, 1 de tesis de maestría, y 2 de tesis de doctorado.

Área	Servicio Social		Prácticas Profesionales		Tesis de Licenciatura		Tesis de Maestría		Tesis de Doctorado		Totales	
	ENE-JUN 2012	ENE-JUN 2013	ENE-JUN 2012	ENE-JUN 2013	ENE-JUN 2012	ENE-JUN 2013	ENE-JUN 2012	ENE-JUN 2013	ENE-JUN 2012	ENE-JUN 2013	ENE-JUN 2012	ENE-JUN 2013
Astrofísica	13	11	11	23	5	6	0	0	0	0	29	40
Óptica	30	32	24	38	13	6	1	0	0	1	68	77
Electrónica	31	46	10	83	18	20	0	1	1	1	120	151
Cs. Comp.	20	21	93	108	16	3	2	0	1	0	132	132
Administrativas.	67	38	26	42	2	2	0	0	0	0	95	82
Total	161	148	164	294	54	37	3	1	2	2	444	482

Alumnos externos atendidos

En la siguiente gráfica se puede observar el incremento de alumnos externos atendidos de 2003 a junio de 2013, cumpliendo con el objetivo de coadyuvar con las diferentes Instituciones del país en el desarrollo académico de calidad de los alumnos.



Alumnos Externos Atendidos

Difusión de los postgrados.

Se continuó realizando esfuerzos para una mayor difusión de los programas de postgrado del Instituto, tanto en el país como en el extranjero. A continuación se detallan las actividades de difusión que se realizaron en este primer semestre de 2013:

- Se dieron pláticas de los postgrados en instituciones que ofrecen carreras afines a las áreas del Instituto, tanto nacionales como extranjeras, entregando información relevante de los programas de postgrado del INAOE a los alumnos interesados.

- Se aplicaron 79 exámenes de admisión en Colombia y Cuba a alumnos interesados en ingresar a los programas de maestría del Instituto.
- Se asistió a las Ferias de Postgrado organizadas por el CONACyT, con sedes en el Distrito Federal, Cuernavaca, Colima y Chihuahua, en las que se atendieron a más de 500 estudiantes interesados en los postgrados del INAOE.
- En las instalaciones del Instituto se atendieron a **1,345** alumnos de distintas instituciones de educación superior del país, a los cuales se ofreció visitas guiadas a laboratorios y pláticas sobre los programas de postgrado del INAOE, entregándoles folletos de información a los interesados.
- Se mantuvo actualizada la página de postgrado del Instituto.

I.6 Vinculación Académica

Entre las acciones de vinculación académica que se han realizado en este período queremos subrayar aquellas que han acercado al Instituto a la Ciencia, a la Tecnología y a la Educación de la región. La colaboración a través del convenio suscrito con los tecnológicos del Estado de Puebla, continúa con gran éxito. ***DURANTE LOS ÚLTIMOS AÑOS SE HAN APOYADO A TODOS LOS INSTITUTOS TECNOLÓGICOS DE PUEBLA Y LOS MUNICIPIOS,*** en el marco de ese convenio se han llevado al cabo las siguientes acciones:

- Conferencias de difusión de la ciencia.
- Asesoría en el área de redes y telecomunicaciones.
- Apoyo para la realización de estadías de estudiantes de las diferentes áreas que imparten en los Institutos Tecnológicos de Puebla (servicio social y prácticas profesionales).

El convenio suscrito con la Secretaria de Educación Pública del Estado de Puebla para capacitar a los profesores de los bachilleratos en física y en matemáticas continúa desarrollándose con gran éxito. Se han impartido diplomados desde el verano 2007 a la fecha, en las siguientes materias:

- Física general
- Álgebra
- Geometría plana y trigonometría
- Geometría analítica
- Cálculo diferencial
- Introducción a la probabilidad y a la estadística
- Estrategias didácticas en matemáticas

Durante este período se tuvo un total de 336 profesores de bachillerato Inscritos, de los cuales 209 profesores concluyeron el diplomado. Asimismo, 112 profesores de

secundaria Inscritos y 41 profesores concluyeron el diplomado, como se muestra en siguientes tablas:

Ciudad o Población	Diplomado Ciencias Exactas (Bachillerato)		Diplomado Ciencias Exactas (Secundaria)	
	Profesores Inscritos	Profesores con Diploma Obtenido	Profesores Inscritos	Profesores con Diploma Obtenido
Chiautla de Tapia	13	13	0	0
Huachinango	12	8	34	7
INAOE	204	131	0	0
San Martín, Texmelucan	0	0	30	10
Tehuacán	39	24	0	0
Teziutlán	51	20	0	0
Tepexi	0	0	48	24
Tlayecac	9	7	0	0
Zacatlán	8	6	0	0
Total	336	209	112	41

Profesores de bachillerato y secundaria que participan en los diplomados en ciencias exactas que imparte el INAOE

I.7 Centro Regional para la Enseñanza en Ciencia y Tecnología Espaciales para América Latina y el Caribe (CRECTEALC)

El Campus México del Centro Regional de Enseñanza de Ciencia y Tecnología del Espacio para América Latina y el Caribe (CRECTEALC), afiliado a las Naciones Unidas, inició actividades correspondientes a sus cursos internacionales, con una duración de 12 meses, a mediados del año 2004. Desde esas fechas se han impartido 7 cursos de "Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica" y 5 cursos de "Comunicaciones Satelitales". Los cursos de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica van de septiembre a agosto. Estos cursos han permitido capacitar en estas áreas a estudiantes de diferentes países como Bolivia, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, Haití, Paraguay y Perú así como de México.

Durante el período enero - jun 2013 se impartieron los siguientes cursos:

1. "Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica"
2012/2013: 5 Alumnos incluyendo 1 extranjero (Perú) y 4 nacionales. Este curso concluirá en agosto de 2013.
2. "Comunicaciones Satelitales"
2013: 3 Alumnos. 2 extranjeros (colombiano y salvadoreño) y un mexicano. Este curso concluirá en agosto de 2013.

El CRECTEALC Campus México ha participado en las siguientes actividades:

1. Participación en la Comisión Consultiva para la elaboración del Plan de Desarrollo del Centro Mesoamericano de Física Teórica, hospedado en la Universidad Autónoma de Chiapas y auspiciado por el International Centre for Theoretical Physics, del 13 al 15 de febrero de 2013. El CRECTEALC participó en las Mesas de Ciencia y Tecnología Espacial y Matemática Educativa.

2. Presentación "Relaciones Internacionales en el Campo Espacial – Cooperación para el Desarrollo" en la Mesa Redonda organizada por la AEM y el CITEDI/IPN en Tijuana, Baja California como parte de la serie "Hacia donde va la Ciencia en México" (CONACYT/CCC), el 11 de marzo de 2013.
3. Reuniones de las Mesas de Trabajo Sectorial para la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, convocadas por la Presidencia de la República y coordinadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, los días 15 y 16 de abril de 2013. Específicamente el CRECTEALC participó en la Mesa "*Infraestructura Espacial de Comunicaciones y Observación del Territorio Nacional*".
4. Participación en la delegación de México en el 50º período de sesiones Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS) por sus sigla en inglés), Viena, Austria, 11 a 22 de febrero de 2013 así como en el 56º período de sesiones de la COPUOS, Viena, Austria, del 12 a 21 de junio de 2013. En estas sesiones se presidió el Grupo de Trabajo sobre Objetos Cercanos a la Tierra y el Equipo de Acción sobre el mismo tema.
5. Participación en el Grupo de Experto convocados por la Agencia Espacial Mexicana (AEM) para determinar la viabilidad técnica y que el plan de trabajo propuesto por la AEM a su Junta de Gobierno sobre el proyecto denominado "Infraestructura Espacial para la Integración de un Sistema de Alerta Temprana", tuviera entregables, metodología y otros aspectos de la propuesta congruentes y realizables. La Junta de Gobierno de la AEM pidió el informe del Grupo de Expertos para considerar la solicitud de autorización a la AEM para iniciar las gestiones necesarias para el registro del proyecto ante las instancias competentes con la finalidad de que el mismo eventualmente pueda ser considerado para el presupuesto del 2014. Las reuniones se llevaron a cabo en la Sede de la AEM los días 25 y 30 de abril de 2013.
6. Presentación de "UN Recommendations for an international response to the NEO Impact Threat", en la 2013 IAA Planetary Defense Conference, Flagstaff, Arizona, EE UU, 15 a 19 de abril de 2013. Esta fue un seguimiento a las acciones llevadas a cabo en las sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la COPUOS y de la Comisión mencionadas en el punto 4.

Asimismo el CRECTEALC y el INAOE están participando activamente en los siguientes proyectos científicos:

1. A partir de febrero de 2013, el Campus México del CRECTEALC, en colaboración con el INAOE, se unió a 12 instituciones en la propuesta de un proyecto denominado "EOPOWER" de la Comisión Europea (CE) para su financiamiento. Las instituciones participantes vienen de ocho países europeos, dos africanos, un asiático y un latinoamericano (México). El objetivo central de EOPOWER es facilitar el uso de las imágenes de observación de la Tierra para el desarrollo económico. El trabajo del Campus México se enfocará a las aplicaciones de la

percepción remota y sistemas de información geográfica a desastres naturales. EOPOWER fue aprobado por la CE a partir del 1º de junio de 2013 y continuará por dos años.

2. Como seguimiento a conversaciones previas del CRECTEALC con representantes del Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences (KIAM RAS), el 22 de mayo de 2013 se reunieron los Dres. Vladimir Agapov e Igor Molotov con el Dr. Alberto Carramiñana para considerar aspectos de colaboración en el proyecto "International Scientific Observation Network" (ISON). Se acordó desarrollar un proyecto de Acuerdo con la finalidad de, entre otras cosas, realizar observaciones ópticas del espacio cercano a la Tierra para el rastreo de desechos espaciales, la búsqueda y rastreo de asteroides, el estudio de fenómenos astrofísicos transitorios y estudios de "gamma-ray bursts". Para esta colaboración, el KIAM-RAS) contribuiría con telescopios de 60cm y 25cm de diámetro y un arreglo de cuatro telescopios de 19cm cada uno (binocular doble) montados en contenedores y listos para operar. El INAOE proporcionaría lugar para instalar los telescopios en sus observatorios en la Sierra Negra (Puebla) y en la Sierra Mariquita, (Sonora), y contribuiría con la cimentación, estructuras de soporte, electricidad, conexión a Internet para operación robótica y mantenimiento operacional. Una vez en funcionamiento, CRECTEALC participaría en las campañas de observación de NEOs y de desechos espaciales.

I.9 Vinculación con el sector productivo

Desde hace ya algún tiempo, como parte de su plan de desarrollo, el instituto le dio mayor énfasis a las actividades tecnológicas de sus investigadores y tecnólogos. En consecuencia la Dirección de Desarrollo Tecnológico entró en una fase de expansión, en la cual se brindan nuevos servicios a los miembros de la institución, entre ellos el aseguramiento de la propiedad intelectual y la gestión de proyectos. Por otro lado se continúa con la captación de recursos propios a través de los diferentes laboratorios encargados de esta actividad.

Una actividad fundamental para la Dirección de Desarrollo Tecnológico es la puesta en marcha del Parque Tecnológico del instituto. Actualmente se tiene ya en funcionamiento una nave, que ya existía anteriormente y que se adaptó para llevar a cabo en ella proyectos con la industria nacional.

En este período, Enero-Junio 2013, se tuvo un total de ingresos de \$ 22'679,731.32 (Veintidós millones seiscientos setenta y nueve mil setecientos treinta y un pesos 32/100 M.N.), como se indica en la siguiente tabla. Esta cantidad corresponde a 13 proyectos en ejecución y 13 cursos impartidos durante el período.

Cabe mencionar que se incluyen en la tabla los proyectos llevados a cabo a través de CONACyT con la Secretaria de Marina y CFE por ser proyectos relevantes para la Dirección de Desarrollo Tecnológico.

Cuadro comparativo 2011-2013 enero-junio

	2011	2012	2013
SEMAR	20'327,708.15	35'311,382.00	14'566,884.56
C.F.E.	1'738,010.35	2'130,484.12	2'713,632.74
C.F.E. CONACYT	6'232,687.20	2'033,900.00	2'645,955.14
COLORIMETRÍA	102,920.00	251,900.00	545,244.00
PEMEX	5'786,151.68	1'621,486.83	2'208,014.88
CICESE	0	100,000.00	0
FINNOVA	0	693,706.00	0
TOTAL	\$34'187,477.38	\$42'142,858.95	22'679,731.32

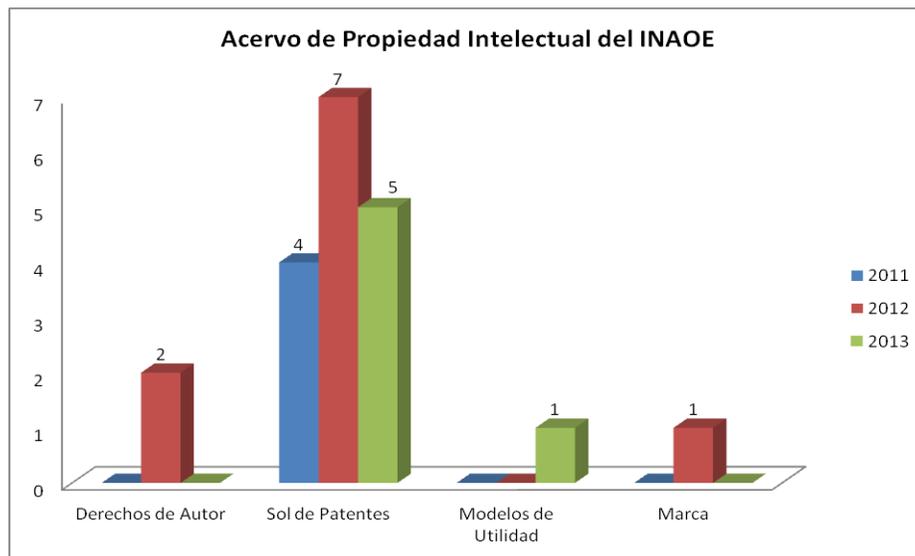
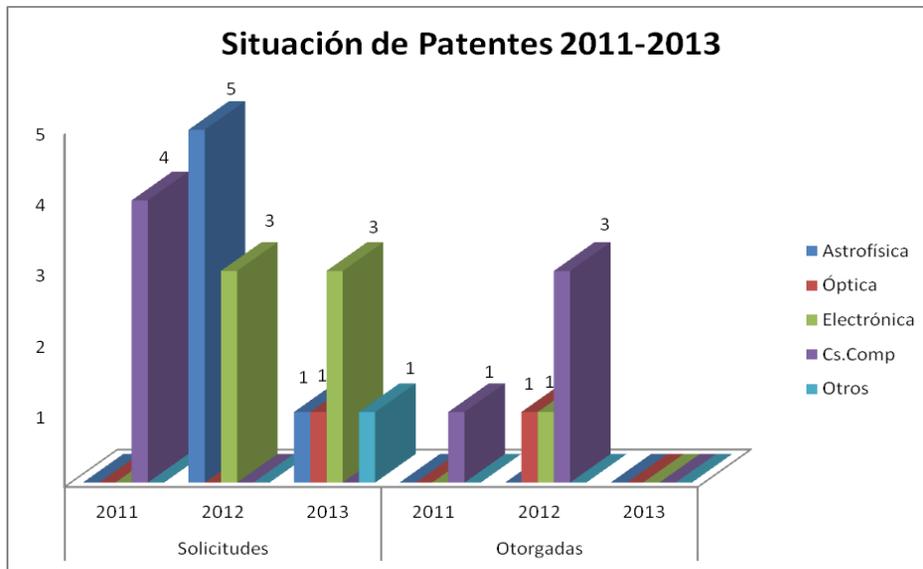
1.9.1 Oficina de Transferencia de Tecnología y Conocimiento

En este primer semestre del presente año (14 de febrero de 2013) se consolida la Oficina de Transferencia de Tecnología y Conocimiento (OTTC) del INAOE, a través del reconocimiento y certificación otorgada por el FINNOVA, fondo creado para la realización de investigaciones científicas enfocadas al desarrollo tecnológico, innovación, el registro nacional e internacional de propiedad intelectual, la formación de recursos humanos especializados, becas, creación y fortalecimiento de grupos académicos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, divulgación científica, tecnología e innovación.

Alineado a los objetivos marcados por dicho fondo, la OTTC del INAOE es la encargada de ser el ente clave en la gestión, generación de valor y capitalización del conocimiento, esto a través del impulso de los mecanismos y procedimientos internos y externos enfocados a la innovación.

Dentro de las actividades a realizar por parte de la oficina, una que reviste primordial importancia y que impacta en los indicadores de instituciones como la que nos ocupa, es el registro y/o protección del acervo de la propiedad intelectual generada por sus activos, esto se lleva a cabo por medio de las diferentes formas concebidas para tal fin por parte de la rectoría federal, esto es patentes, modelos de utilidad, derechos de autor, marcas etc.

No obstante que la certificación de la oficina se dio el presente año, operativamente la OTTC ha gestionado desde inicios del 2012 las siguientes figuras de protección de propiedad intelectual generadas en el INAOE



I.10 Difusión y extensión

Una de las acciones del INAOE con gran impacto social es la difusión de la ciencia y de la tecnología en medios de comunicación y en eventos de divulgación dentro y fuera de nuestras instalaciones. Gracias a esta labor, un público amplio y no especializado puede conocer de primera mano las actividades sustantivas de nuestro centro de investigación. Presentamos a continuación un sucinto informe de lo realizado en este rubro durante el primer semestre de 2013.

I.10.1 Promoción en medios informativos

Por lo que toca a la presencia en medios de comunicación, los resultados fueron positivos en comparación con el mismo periodo de los años 2011 y 2012. Estos meses fueron cruciales para remontar la mala publicidad generada por un reportaje en Televisa México sobre el GTM en diciembre de 2012. Entre enero y junio de 2013, el Instituto

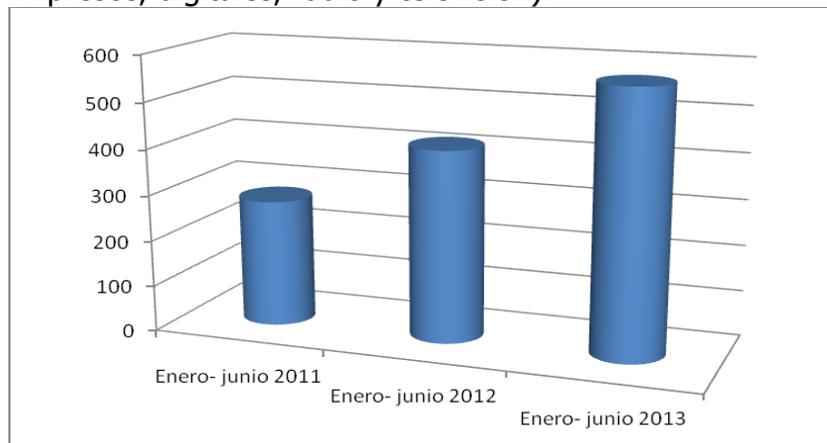
orientó gran parte de su esfuerzo para ubicar al GTM en un lugar positivo en medios informativos y en la opinión pública.

En marzo, en coordinación con Comunicación Social de la Presidencia de la República, se realizó un tour de medios internacionales al HAWC y al GTM. Asimismo, durante unos meses se contrató a la empresa Contacto en Medios, la cual apoyó en el desarrollo de mensajes clave para el GTM; la realización de dos tours de medios; la elaboración de comunicados; el contacto con periodistas en la ciudad de México; la impartición de dos cursos de manejo de medios y entrevistas para directores del INAOE y con un trabajo permanente de consultoría.

Durante este semestre se dio continuidad a la difusión de las actividades del INAOE en medios informativos a través del envío de boletines y la promoción de entrevistas de radio y televisión. Para festejar el centenario del natalicio de Guillermo Haro Barraza, se logró obtener un número temático dedicado al INAOE en la revista *Ciencia y desarrollo* del CONACYT.

Además, durante estos seis meses el INAOE tuvo mayor presencia en los medios creados por el Consejo Asesor de Difusión de los Centros CONACYT (CADI) como Mexicocyt, Gacetacyt y el blog Con-Ciencia de *El Universal*, así como en la agencia iberoamericana DICYT. Finalmente, se consolidó el trabajo en materia de redes sociales (Facebook y Twitter).

En la gráfica se presenta el número de los impactos obtenidos en medios digitales, impresos, radio y televisión en el primer semestre de los años 2011, 2012 y 2013. En total, durante estos periodos se reportan 277, 416 y 569 impactos, respectivamente (se suman medios impresos, digitales, radio y televisión).



I.10.2 Visitas al INAOE

Durante el primer semestre de 2013 se recibió a 3,803 personas. Si bien el número es menor en relación con 2012, cuando se reportó un total de 20,118 visitantes debido a la organización ese año de la FILEC, es mayor en relación con 2011, cuando hubo 2,854 personas.

I.10.3 Actividades de divulgación

Durante este período, los investigadores del INAOE impartieron conferencias de divulgación, participaron en jornadas y ferias de ciencia impartiendo talleres, instalando telescopios o utilizando el planetario. También fueron evaluadores de concursos de divulgación de la ciencia. Participaron en programas de radio y TV y escribieron artículos en diferentes medios. Presentamos a continuación un resumen de esta actividad coordinada por el Dr. Raúl Mújica García, investigador de la Coordinación de Astrofísica.

I.10.4 Actividades permanentes

Desde 2005 se organizan los Baños de Ciencia, que son talleres sabatinos para niños. La sede principal es el Consejo Puebla de Lectura A. C. Este año se abrieron nuevas sedes en Tepetzala, Acajete, las colonias Constitución y San Miguel de la Rosa, Ayotzinapan y Cuetzalan. Se impartieron talleres de manera esporádica en la Biblioteca Central de la BUAP y Santa Ana Xalmimilulco. Se reanudaron los talleres y conferencias en Ciudad Serdán, como parte de la colaboración con el GTM. En el Teatro Manuel M. Flores de Ciudad Serdán se impartieron cuatro conferencias, y en el Centro Cultural Casa de la Magnolia el INAOE ofreció cuatro sesiones de los Baños de Ciencia. El objetivo de los Baños de Ciencia es ofrecer actividades de ciencia a comunidades populares, donde hay escaso o nulo acceso a este tipo de actividades. A cada taller asisten entre 50 y 60 niños. En este semestre se impartieron 14 sesiones en total.

I.10.5 Proyectos Interinstitucionales

Del Aula al Universo

En colaboración con la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y Victorinox, distribuidor de productos Celestron, en septiembre de 2012 se inició la segunda etapa del proyecto con el objetivo de seguir incentivando el estudio de la Astronomía en las escuelas secundarias y preparatorias de Puebla y Tlaxcala. Para lograr lo anterior hemos construido, hasta junio del presente año, en colaboración con los estudiantes y profesores de las escuelas participantes, 155 telescopios newtonianos de 14 centímetros de diámetro. Además, se ha capacitado a profesores y estudiantes de cada escuela. Los conocimientos adquiridos por los clubes astronómicos han sido divulgados en su entorno académico y social. Hemos asistido a varias inauguraciones de telescopios, que van seguidas de conferencias, ferias y veladas astronómicas. Es importante resaltar que como consecuencia de este proyecto en Tlaxcala ya se creó la Coordinación Estatal de Astronomía.

Planemóvil

En colaboración con el Planetario Torreón, llevamos a cabo el proyecto "Remolque de la Ciencia" que ahora lleva el nombre de Planemóvil. Se trata de una unidad móvil, más pequeña que los tráileres de la ciencia, para llevar telescopios y experimentos a comunidades marginadas en el estado de Coahuila. Se entrega en julio de 2013.

Centenario del Natalicio de Guillermo Haro

Para festejar el Centenario del Natalicio de Guillermo Haro Barraza se organizó un ciclo de conferencias en el Planetario de Puebla. Las conferencias fueron impartidas por Omar López Cruz, Alejandro Cornejo y Jesús González. También se organizó una magna ceremonia el 21 de marzo en el Instituto. En ese día se colocó una ofrenda floral en el nicho con las cenizas del Dr. Haro, hubo breves discursos a cargo del Dr. Alberto Carramiñana, del Dr. Emmanuel Méndez Palma, del Lic. Óscar Rossbach y del Dr. Alejandro Cornejo; se canceló una estampilla postal conmemorativa y el Dr. Luis Felipe Rodríguez impartió una conferencia sobre los objetos Haro-Herbig. También se exhibió el documental sobre la vida de Guillermo Haro realizado por Felipe Haro.

Como parte de estos festejos, el INAOE organizó las siguientes actividades en Sonora: "Cananea: una mina de estrellas", concurso regional de dibujo infantil en Cananea; "Observando el Universo desde Sonora", concurso estatal de dibujo infantil; "25 años observando el cielo desde Sonora", concurso de fotografía histórica; dos series de conferencias para todo público, "Astronomía en Sonora", en Hermosillo, y "Astronomía en la Casa Greene", en Cananea, así como una ceremonia de aniversario, una feria de ciencias y una velada astronómica en la Casa Greene.

Evento: "La Ciencia con el GTM"

Con motivo de la apertura del GTM a la comunidad astronómica mexicana, se organizaron algunos eventos en Puebla y Ciudad Serdán: la exposición fotográfica de gran formato "La gran aventura científica con el GTM"; talleres y conferencias para todo público en Ciudad Serdán; el ciclo de conferencias en el Planetario de Puebla "La Ciencia con el GTM", en el cual participaron el Dr. David Hughes, el Dr. Miguel Chávez Dagostino y la Dra. Milagros Zeballos.

Suplemento Saberes y Ciencias

Se continuó con la publicación de este suplemento mensual de ciencias en **La Jornada de Oriente**. Los números son temáticos y a la fecha se han publicado 18 números con temas de Nanotecnología, Química, Astronomía, Óptica y más. Se imprimen 6,500 ejemplares y en cada número participan investigadores de INAOE de diferentes coordinaciones.

Al Aire

Desde hace más de dos años tenemos presencia periódica en el programa "Al Aire" que se transmite por Radio BUAP y vía internet (estamosal aire.com). Este semestre participaron Omar López, Lilia Meza, Itziar Aretxaga, con Angélica López, Jesús González, Manuel Basurto, Alejandro Cornejo, David Hughes, Eduardo Tepichín, Janina Nava, Guadalupe Rivera, Felipe Orihuela y René Ponce.

Ferias de ciencia y veladas astronómicas

Durante el primer semestre de 2013 se continuó apoyando a diversas instituciones con observaciones, talleres y el planetario móvil. Se atendió a más de 10 mil personas en total. Se participó en ferias y veladas astronómicas en escuelas, espacios públicos y colonias de las ciudades de Puebla, Tlaxcala, Oaxaca, así como en los municipios poblanos de San Andrés Cholula, Atlixco, Acatlán de Osorio, Calpan, Xochimehuacan, Texmalaquilla, San Gregorio Atzompa y Huauchinango. El INAOE también tuvo presencia en Izcalli, Estado de México; Morelia, Michoacán, y en el Planetario Luis Enrique Erro del Instituto Politécnico Nacional en la Ciudad de México

Evento destacado: Reto México

Abril 20, en la Explanada de la Catedral de Puebla. 350 telescopios y 4000 personas. Luego de establecer en 2009 el Recórd Guinness de la "Mayor cantidad de personas observando la Luna al mismo tiempo con su telescopio" y aumentar el número en 2011, este año se volvió a superarlo. Cientos de telescopios y personas compartieron la observación de la Luna en más de 40 sedes en todo el país. La coordinación del evento la lleva el Comité Nacional de la Noche de las Estrellas, del cual el INAOE es parte.

Apoyo a docencia

En este semestre nos visitaron estudiantes de los primeros semestres de la Facultad de Física de la BUAP, el grupo de estudiantes que participaron en el Congreso de Estudiantes de Física de la UDLAP y se ofreció la visita nocturna a telescopios para dos grupos que asistían a congresos en el INAOE. Además, grupos de estudiantes de ingenierías de la UPAEP e institutos tecnológicos visitaron el INAOE como parte de alguno de sus cursos. Un evento que cada año va ganando mayor atención es la Escuela de Astronomía Observacional para Estudiantes Latinoamericanos, que organizamos en colaboración con el IA-UNAM. 15 estudiantes de Latinoamérica pasan tres semanas trabajando en el campus Tonantzintla en cuestiones de astronomía observacional.

Planes y Retos

Para 2014, el INAOE pretende dar continuidad al trabajo en materia de divulgación científica mediante varias acciones como: la mejora permanente del programa de visitas guiadas al Instituto; el incremento en el número de impactos (notas, artículos, entrevistas) en medios impresos y digitales y en radio y televisión regional, nacional e internacional; la consolidación del trabajo en redes sociales; la participación constante en el Consejo Asesor de Difusión del Sistema de Centros CONACYT y en la Red de Comunicación de la Región Centro-Sur de la ANUIES, lo cual se traducirá en una mayor presencia en los medios creados por dichos organismos.

También se realizarán algunas actividades nuevas que buscan difundir más ampliamente el trabajo de la institución. Entre estas actividades destaca la edición, por parte del Departamento de Difusión Científica, de un boletín electrónico de noticias que será distribuido a medios de comunicación, escuelas y a toda la comunidad del INAOE. Este

boletín electrónico será mensual y también será publicado en el portal institucional. Asimismo, se organizarán dos exposiciones durante el año: una con una selección de los instrumentos de la Colección Gullberg y otra que se denominará "120 horas de ciencia con el INAOE", que se llevará a cabo en el marco de la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología.

Finalmente, el Departamento de Difusión Científica dará inicio al proyecto de Podcast del INAOE, el cual en principio contendrá archivos de audio con entrevistas con investigadores. Se pretende que este Podcast eventualmente contenga videos de conferencias de científicos renombrados. Asimismo, se iniciarán los esfuerzos para abrir un canal de YouTube de nuestro centro de investigación.

II. Elementos para la integración del Informe Anual

a) Infraestructura humana y material

Durante el periodo enero-junio de 2013, la planta de investigadores del Instituto estuvo formada por 127 investigadores, distribuidos de la siguiente manera: 36 en Astrofísica, 35 en Óptica, 35 en Electrónica y 21 en Ciencias Computacionales. Del total de investigadores, 126 tienen el grado de doctor y 1 es maestro en ciencias. Cada uno de estos indicadores está normalizado al total del personal científico y tecnológico, que en junio de 2011 fue de 118, en junio de 2012 fue de 123 y en junio de 2013 fue de 127.

La siguiente tabla muestra la distribución de los investigadores y/o tecnólogos:

Personal

Investigadores y/o Tecnólogos																		
ÁREA	Asoc. C			Titular A			Titular B			Titular C			Titular D			Totales		
	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13
Astrofísica	6	7	4	11	11	13	9	10	9	8	7	7	3	2	3	35	35	36
Óptica	2	2	1	15	15	10	8	9	10	11	11	13	1	1	1	34	35	35
Electrónica	2	4	4	17	17	12	10	11	14	4	4	4	1	1	1	31	33	35
Cs. Comp.	2	4	5	5	5	5	7	7	8	3	3	3	0	0	0	18	20	21
Total	12	17	14	48	48	40	36	37	41	26	25	27	5	4	5	118	123	127

Distribución de investigadores por categorías

En el 2013, del total de 127 investigadores, 114 son miembros del Sistema Nacional de Investigadores, es decir el 89.7%. En la siguiente tabla se muestra la distribución de los investigadores en los diferentes niveles del sistema, y se hace una comparación con el ejercicio 2011 y 2012.

Investigadores miembros del S.N.I.															
Área	Candidato			Nivel 1			Nivel 2			Nivel 3			Totales		
	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13
Astrofísica	2	3	3	14	13	13	12	10	11	6	6	6	32	32	33
Óptica	0	0	0	16	14	15	8	8	8	7	7	7	30	29	30
Electrónica	2	1	0	19	24	25	4	4	6	1	1	1	26	30	32
Cs. Comp.	0	2	2	10	11	10	2	2	6	1	1	1	13	16	19
Total	4	6	5	59	62	63	26	24	31	15	15	15	104	107	114

Distribución de investigadores por categorías

Personal de investigación incorporado a las áreas sustantivas mediante los Programas del CONACYT. Cuatro de estos investigadores son miembros del Sistema Nacional de Investigadores:

ÁREA	Repatriaciones			Retenciones			Estancias Posdoctorales			Totales		
	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13
Astrofísica	1	1	0	0	0	0	1	2	4	3	3	4
Óptica	0	0	1	2	2	0	0	0	1	2	0	2
Electrónica	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
Cs. Comp.	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	2
Total	3	3	2	2	2	0	2	2	6	8	5	8

Incorporación de Investigadores a través de las Convocatorias CONACYT

b) Productividad científica y tecnológica

El número de proyectos de investigación durante el periodo en evaluación fue de 148, de los cuales 73 fueron apoyados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 10 son externos, 14 son interinstitucionales, y 49 institucionales y/o de administración y 2 proyectos comercializados. En la siguiente tabla se detalla esta información:

Fondos para la Investigación (Sectoriales, Mixtos, Institucionales, Cooperación internacional, Redes temáticas, UC-Mexus, Fomento Regional) etc.

ÁREA	Fondos Sectoriales SEP-CONACYT			Fondos Sectoriales Secretaría de Marina			Fondos Sectoriales CFE			Fondos Sectoriales Secretaría de Salud			Otros programas Bilateral, UC Mexus, Redes Temáticas, FOINS			Fondo Instituto Mexicano del Petróleo y SENER			Totales		
	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13
Astrofísica	13	19	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	4	0	0	0	18	23	24
Óptica	11	9	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	10	8
Electrónica	12	15	14	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	3	1	0	1	0	15	20	17
Cs. Comp.	8	10	9	8	10	8	3	2	2	1	0	0	1	0	3	1	1	2	22	23	24
Total	44	53	51	8	10	8	3	2	3	2	2	1	7	5	8	1	2	2	67	76	73

Proyectos apoyados a través de las Convocatorias CONACYT * 3 proyectos son ejecutados por el Centro de Ingeniería del INAOE

ÁREA	Proyectos de Administración y/o Institucionales y/o comercializados			Proyectos Externos			Proyectos Interinstitucionales			Total Proyectos		
	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13
Astrofísica	1	9	15	0	1	4	31	32	8	32	42	27
Óptica	5	5	12	2	0	1	4	0	1	11	5	14
Electrónica	9	6	6	4	2	1	1	6	2	14	14	9
Cs. Comp.	6	7	18	4	4	4	4	6	3	14	17	25
Total	21	27	51	10	7	10	40	44	14	71	78	75

Otros proyectos

Se publicaron 143 artículos con arbitraje 69 memorias en extenso con arbitraje. Se tienen 38 artículos aceptados con arbitraje, 47 artículos enviados y 20 resúmenes en congresos. En la siguiente tabla se muestran los detalles de dichas publicaciones:

ÁREA	Artículos Publicados			Artículos Aceptados			Artículos Enviados			Memorias en Extenso			Resúmenes en Congreso		
	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>
Astrofísica	36	22	31	13	10	8	12	11	23	12	5	12	2	1	3
Óptica	26	18	39	3	5	6	6	11	7	30	33	13	19	13	11
Electrónica	30	43	50	8	12	13	4	3	13	38	43	23	3	1	2
Cs. Comp.	16	22	23	20	12	11	9	3	4	14	16	21	0	1	4
Total	108	105	143	44	39	38	31	28	47	94	97	69	24	16	20

Producción científica

Otros resultados importantes de las investigaciones en el instituto se muestran en la tabla siguiente:

Área	Libros como autor y coautor			Capítulos de libros como autor			Capítulos de libros como coautor			Edición de memorias en congreso			Patentes en registro			Patentes Obtenidas		
	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>
Astrofísica	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	2	0	6	1	0	0	0
Óptica	0	0	1	2	0	0	6	2	3	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Electrónica	2	4	1	5	6	0	1	1	2	0	0	0	2	6	3	1	1	0
Cs. Comp.	1	1	0	1	0	1	6	2	1	1	1	3	4	2	0	0	0	0
Total	4	5	2	8	6	2	14	6	7	2	1	5	6	14	5	3	1	0

c) Formación de recursos humanos y docencia.

En este período, la matrícula fue de 323 alumnos: 140 de maestría y 183 de doctorado. Se graduaron 32 alumnos, 14 en maestría y 18 en doctorado. Se reporta también 7 bajas, por lo que tenemos una población estudiantil activa de 284 alumnos. La siguiente tabla muestra la distribución de los estudiantes en las diferentes áreas del Instituto:

ÁREA	MATRÍCULA									GRADUADOS								
	MAESTRÍA			DOCTORADO			TOTALES			MAESTRÍA			DOCTORADO			TOTALES		
	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13	11	12	13
ASTROFÍSICA	19	20	18	26	27	34	45	47	52	2	5	4	1	0	2	3	5	6
ÓPTICA	29	21	16	75	68	59	104	89	75	2	2	0	6	6	6	8	8	6
ELECTRÓNICA	65	74	63	60	58	63	125	132	126	8	13	4	6	6	6	14	19	10
Cs. COMP.	38	37	43	25	28	27	63	65	70	10	5	6	2	1	4	12	6	10
TOTALES	151	152	140	186	181	183	337	333	323	22	25	14	15	13	18	37	38	32

Matricula y Graduados

Se impartieron 129 cursos: 100 de postgrado, 11 cursos propedéuticos y 18 de idiomas. Esto refleja la gran cantidad de trabajo que el INAOE invierte en el rubro de formación de recursos humanos.

POSGRADO	Enero-Junio 2011	Enero-Junio 2012	Enero-Junio 2013
MAESTRÍA EN ASTROFÍSICA	8	5	7
MAESTRÍA EN ÓPTICA	23	20	15
MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA	33	45	31
MAESTRÍA EN CIENCIAS COMPUTACIONALES	23	26	26
DOCTORADO EN ELECTRÓNICA	19	22	21
TOTAL DE CURSOS DE POSGRADO IMPARTIDOS	106	118	100
PROPEDÉUTICOS DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA	13	9	8
SEMANA PROPEDÉUTICA DE CS. COMPUTACIONALES	0	3	3
CAPACITACIÓN	16	19	18
TOTAL TODOS LOS CURSOS	135	149	129

Cursos

Con respecto a la participación de alumnos en artículos publicados en revistas con arbitraje, se tuvo en el 2013 un incremento importante. En la siguiente tabla se detalla la información de la participación de alumnos en artículos en revistas arbitradas o en memorias en extenso:

ÁREA	PUBLICADOS											
	INTERNACIONALES				NACIONALES				TOTALES			
	2012		2013		2012		2013		2012		2013	
	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P
ASTROFÍSICA	2	18	3	27	0	2	0	1	2	20	3	28
ÓPTICA	13	4	17	22	0	1	0	0	13	5	17	22
ELECTRÓNICA	16	26	20	46	1	0	1	0	17	26	21	46
CS. COMP.	13	7	7	16	0	2	0	0	13	9	7	16
TOTAL	44	55	47	111	1	5	1	1	45	60	48	112

Artículos arbitrados con participación de alumnos

ÁREA	ACEPTADOS											
	INTERNACIONALES				NACIONALES				TOTALES			
	2012		2013		2012		2013		2012		2013	
	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P
ASTROFÍSICA	1	9	1	5	0	0	0	2	1	9	1	7
ÓPTICA	2	3	4	1	0	0	1	0	2	3	5	1
ELECTRÓNICA	7	5	6	7	0	0	0	0	7	5	6	7
CS. COMP.	8	4	5	6	0	0	0	0	8	4	5	6
TOTAL	18	21	16	19	0	0	1	2	18	21	17	21

Artículos aceptados con participación de alumnos

ÁREA	MEMORIAS EN EXTENSO											
	INTERNACIONALES				NACIONALES				TOTALES			
	2012		2013		2012		2013		2012		2013	
	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P	C/P	S/P
ASTROFÍSICA	1	4	3	10	0	0	0	0	1	4	3	10
ÓPTICA	19	12	9	4	1	1	0	0	20	13	9	4
ELECTRÓNICA	32	11	16	4	0	0	2	1	32	11	18	5
CS. COMP.	10	6	15	6	0	0	0	0	10	6	15	6
TOTAL	62	33	43	24	1	1	2	1	63	34	45	25

Memorias en extenso, con participación de alumnos

e) Indicadores de Desempeño/Anexo III del Convenio de Administración por Resultados (CAR)

Los siguientes indicadores de desempeño marcan los términos de referencia del Convenio de Administración por Resultados. Se describen de manera global, las principales actividades desarrolladas durante el periodo enero-junio de 2011, 2012 y 2013 por el INAOE en investigación, docencia, desarrollo tecnológico y difusión científica. Cada uno de estos indicadores está normalizado al total del personal científico y tecnológico, que en junio de 2011 fue de 118, en junio de 2012 fue de 123 y en junio de 2013 fue de 127.

Proyecto 1. Realización de Investigación Científica

INDICADOR	FÓRMULA DEL INDICADOR	ENERO-JUNIO 2011			ENERO-JUNIO 2012			ENERO-JUNIO 2013		
		META SEMESTRAL 2011	LOGRADO 2011	META ANUAL 2011	META SEMESTRAL 2012	LOGRADO 2012	META ANUAL 2012	META SEMESTRAL 2013	LOGRADO 2013	META ANUAL 2013
Artículos con arbitraje Internacional y nacional	Artículos publicados con arbitraje/Total de Investigadores	70/111 0.63	108/118 0.91	140/111 1.26	75/114 0.65	105/123 0.85	145/114 1.27	75/116 0.64	143/127 1.12	145/116 1.25
Artículos aceptados con arbitraje internacional y nacional	Artículos aceptados con arbitraje/Total de Investigadores	35/111 0.31	44/118 0.37	70/111 0.63	35/114 0.30	39/123 0.31	72/114 0.63	35/116 0.30	38/127 0.29	72/116 0.62
Artículos enviados con arbitraje internacional y nacional	Artículos enviados con arbitraje/Total de Investigadores	33/111 0.29	31/118 0.26	65/111 0.58	25/114 0.21	28/123 0.22	65/114 0.57	25/116 0.21	47/127 0.37	65/116 0.56
Memorias en extenso arbitradas	Memorias en extenso/Total de Investigadores	90/111 0.81	94/118 0.79	260/111 2.34	90/114 0.78	97/123 0.78	250/114 2.19	90/116 0.77	69/127 0.54	255/116 2.19
Capítulos de libros especializados como autor	Capítulos de libros como autor/Total de Investigadores	1/111 0.009	8/118 0.06	2/111 0.018	1/114 0.008	6/123 0.04	3/114 0.02	1/116 0.008	2/127 0.015	3/116 0.02
Capítulos de libros especializados como co-autor	Capítulos de libros como coautor/Total de Investigadores	1/111 0.009	14/118 0.11	2/111 0.018	1/114 0.008	6/123 0.04	3/114 0.02	1/116 0.008	7/127 0.05	3/116 0.02
Edición de memorias especializadas como autor y coautor	Edición de memorias como autor/Total de Investigadores	1/111 0.009	2/118 0.016	1/111 0.009	1/114 0.008	1/123 0.008	1/114 0.008	1/116 0.008	5/127 0.03	1/116 0.008
Participación en Congresos Científicos por invitación	Conferencias congresos por invitación/Total de Investigadores	15/111 0.13	18/118 0.15	30/111 0.27	15/114 0.13	31/123 0.25	32/114 0.28	15/116 0.12	25/127 0.19	34/116 0.26
Participación en conferencias	Participación en conferencias/Total de	20/111	35/118	30/111	20/114	31/123	30/114	20/116	8/127	35/116

nacionales e Internacionales	Investigadores	0.18	0.29	0.27	0.17	0.25	0.26	0.17	0.06	0.30
Resúmenes en Congresos nacionales e Internacionales	Resúmenes en Congreso/Total de Investigadores	20/111	24/118	40/111	20/114	16/123	40/114	20/116	20/127	42/116
		0.18	0.20	0.36	0.17	0.13	0.35	0.17	0.15	0.36
Total de Proyectos de Investigación	Total de proyectos/Total de Investigadores	60/111	138/118	92/111	60/114	154/123	94/114	60/116	148/127	94/116
		0.54	1.16	0.82	0.52	1.25	0.82	0.51	1.16	0.81
Total de proyectos CONACYT	Proyectos CONACYT/Total de investigadores	50/111	67/118	60/111	50/114	76/123	60/114	50/116	73/127	60/116
		0.45	0.56	0.54	0.43	0.61	0.52	0.43	0.57	0.51
Proyectos externos e Interinstitucionales	Proyectos externos e interinstitucionales/Total de Investigadores	30/111	50/118	59/111	30/114	51/123	60/114	30/116	24/127	60/116
		0.27	0.42	0.53	0.26	0.41	0.52	0.25	0.18	0.51

Proyecto Estratégico II: Desarrollo Tecnológico e Innovación y Difusión y Divulgación

INDICADOR	FÓRMULA DEL INDICADOR	ENERO-JUNIO 2011			ENERO-JUNIO 2012			ENERO-JUNIO 2013		
		META SEMESTRAL 2011	LOGRADO 2011	META ANUAL 2011	META SEMESTRAL 2012	LOGRADO 2012	META ANUAL 2012	META SEMESTRAL 2013	LOGRADO 2013	META ANUAL 2013
Proyectos de desarrollo y asesoría tecnológica	Proyectos de desarrollo y asesoría tecnológica/Total de Investigadores	5/111	6/118	10/111	7/114	13/123	15/114	7/116	13/127	15/116
		0.04	0.05	0.09	0.06	0.10	0.13	0.06	0.10	0.12
Proyectos Interinstitucional y Externos	Proyectos Interinstitucional y Externos/Total de Investigadores	30/111	50/118	59/111	30/114	51/123	60/114	30/116	24/127	60/116
		0.27	0.42	0.53	0.26	0.41	0.52	0.25	0.18	0.51
Artículos presentados en diversos medios impresos	Artículos en medios impresos /Total de Investigadores	34/111	200/118	70/111	80/114	324/123	220/114	50/116	470/127	70/116
		0.30	1.69	0.63	0.70	2.63	1.92	0.43	3.70	0.60
Conferencias de divulgación	Conferencias de divulgación/Total de Investigadores	30/111	89/118	100/111	50/114	103/123	105/114	50/116	118/127	70/116
		0.27	0.75	0.90	0.43	0.83	0.92	0.43	0.92	0.60
Programas radiofónicos y televisivos	Programas radiofónicos y televisivos/Total de Investigadores	50/111	77/118	70/111	50/114	105/123	70/114	50/116	99/127	70/111
		0.45	0.65	0.63	0.43	0.85	0.61	0.43	0.77	0.63

Total de Público atendido (Visitas) en el INAOE	Visitas al INAOE	2500	18.84	5000	2500	18,825	5000	Sin meta	16370	Sin meta
*Total de público atendido en actividades fuera del INAOE	Total de público atendido	2500	51724	5000	2500	38943	5000	Sin meta	20173	Sin meta

Proyecto estratégico III: Formación de recursos humanos especializados en las áreas de Astrofísica, Óptica, Electrónica y Ciencias Computacionales y áreas afines.

Jerarquía de objetivos	Resumen narrativo	Indicadores estratégicos	Método de cálculo	ENERO-JUNIO 2011			ENERO-JUNIO 2012			ENERO-JUNIO 2013		
				META SEMESTRAL 2011	LOGRADO 2011	META ANUAL 2011	META SEMESTRAL 2012	LOGRADO 2012	META ANUAL 2012	META SEMESTRAL 2013	LOGRADO 2013	META ANUAL 2013
Propósito (Resultados)	Se genera, Transfiere y difunde conocimiento de calidad y se forman recursos humanos de alto nivel, para atender necesidades de sectores y regiones	Tesis del posgrado concluidas orientadas al desarrollo socio-económico o del total de tesis concluidas	(Número de tesis del posgrado concluidas orientadas al desarrollo socio-económico/ Total de tesis concluidas) *100	20 M 9 D	22 M-15 D = 37 37/118= 0.31	53 M 22 D	20 M 9 D	25 M 13 D 38/123 0.30	53 M 22 D	20 M 9 D	14 M-18 D = 32 32/127= 0.26	53 M 22 D
		Alumnos graduados insertados en el mercado laboral en relación a los alumnos graduados	(Alumnos graduados en el mercado laboral/ alumnos graduados) *100	85%	90%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Componente(Productos y Servicios)	Alumnos de licenciatura, maestría y doctorados graduados	Alumnos graduados por cohorte en relación a los alumnos matriculados por cohorte	Alumnos graduados por cohorte/ alumnos matriculados por cohorte)*100	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Actividad (Acciones y Procesos)	Actividad 1: Componente 1 Impartir programas de licenciatura y/o de posgrado	Maestros y doctores graduados en relación al total de investigadores (SEMESTRAL)	(Número de maestros y doctores graduados/ total de investigadores del Centro)	20 M 9 D = 29/115 = 0.25	22 M-15 D = 37 37/118= 0.31	53 M, 22 D = 75/115 = 0.65	20 M 9 D = 29/115 = 0.25	25 M 13 D 38/123 0.30	53 M 22 D	20 M 9 D = 29/115 = 0.25	14 M-18 D = 32 32/127= 0.26	53 M, 22 D = 75/115 = 0.65

Indicadores del Programa de Mediano Plazo (PMP) de la Secretaría de Hacienda y CONACYT Anexo V del Convenio de Administración por Resultados (CAR)

Denominación del Programa Presupuestario: 0001 Apoyos para estudios e investigaciones.

Nombre de la Matriz: Otorgamiento de becas.

Objetivo estratégico: Generar conocimiento científico, desarrollo tecnológico e innovación para mejorar la competitividad del país, el bienestar de la población y difundir sus resultados.

			ENERO-JUNIO 2011			ENERO-JUNIO 2012			ENERO-JUNIO 2013		
INDICADOR	FÓRMULA DEL INDICADOR	DEL	META SEMESTRAL 2011	LOGRADO 2011	META ANUAL 2011	META SEMESTRAL 2012	LOGRADO 2012	META ANUAL 2012	META SEMESTRAL 2013	LOGRADO 2013	META ANUAL 2013
Tesis concluidas de maestría	Tesis concluidas en maestría/Total de Investigadores	en de	20/111 0.18	22/118 0.18	53	22/114 0.19	25/123 0.20	537/114 Maestría	22/116 0.18	14/127 0.11	537/116 Maestría
Tesis concluidas de doctorado	Tesis concluidas en doctorado/Total de Investigadores	en de	9/111 0.08	15/118 0.12	22	10/114 0.08	13/123 0.10	227/114 Doctorado	10/116 0.08	18/127 0.14	227/116 Doctorado
Indicador	Fórmula del Indicador		META SEMESTRAL 2011	LOGRADO 2011	META ANUAL 2011	META SEMESTRAL 2012	LOGRADO 2012	META ANUAL 2012	META SEMESTRAL 2013	LOGRADO 2013	META ANUAL 2013
Artículos publicados con arbitraje Internacional y Nacional	Artículos publicados con arbitraje Internacional y Nacional/Total de Investigadores		70/111 0.63	108/118 0.91	140/111 1.26	75/114 0.65	105/123 0.85	145/114 1.27	75/116 0.64	143/127 1.12	145/116 1.25
Proyectos CONACYT	Proyectos CONACYT/Total de Investigadores	de	50/111 0.45	67/118 0.56	60/111 0.54	50/114 0.43	76/123 0.61	60/114 0.52	50/116 0.43	73/127 0.57	60/116 0.51
INDICADOR	FÓRMULA DEL INDICADOR	DEL	META SEMESTRAL 2011	LOGRADO 2011	META ANUAL 2011	META SEMESTRAL 2012	LOGRADO 2012	META ANUAL 2012	META SEMESTRAL 2013	LOGRADO 2013	META ANUAL 2013
Proyectos de desarrollo y asesoría tecnológica	Proyectos de desarrollo y asesoría tecnológica/Total de Investigadores		5/111 0.04	6/118 0.05	10/111 0.09	6/114 0.05	13/123 0.10	11/114 0.09	6/116 0.05	13/127 0.10	11/116 0.09
Proyectos Externos e Interinstitucionales	Proyectos externos e Interinstitucionales/Total de Investigadores		30/111 0.27	50/118 0.42	59/111 0.53	30/114 0.26	51/123 0.41	60/114 0.52	30/116 0.25	24/127 0.18	60/116 0.51
INDICADOR	FÓRMULA DEL INDICADOR	DEL	META SEMESTRAL 2011	LOGRADO 2011	META ANUAL 2011	META SEMESTRAL 2012	LOGRADO 2012	META ANUAL 2012	META SEMESTRAL 2013	LOGRADO 2013	META ANUAL 2013
Artículos presentados en diversos medios impresos	Artículos presentados en diversos medios impresos/Total de Investigadores	de	34/111 0.30	200/118 1.69	70/111 0.63	80/114 0.70	324/123 2.63	220/114 1.92	50/116 0.43	470/127 3.70	70/116 0.60
Visitas al INAOE	Visitas al INAOE		Sin Meta	51724	Sin Meta	2500	18,825	5000	Sin meta	16370	Sin meta

Denominación del Programa Presupuestario: E001 Realización de investigación científica y elaboración de publicaciones.

Nombre de la Matriz: Realización de investigación científica y elaboración de publicaciones.

Objetivo estratégico: Generar conocimiento científico, desarrollo tecnológico e innovación para mejorar la competitividad del país, el bienestar de la población y difundir sus resultados.

Jerarquía de Objetivos	Resumen Narrativo	Indicadores Estratégicos	Método de cálculo	ENERO-JUNIO 2011			ENERO-JUNIO 2012			ENERO-JUNIO 2013			
				META SEMESTRAL AL 2011	LOGRADO 2011	META ANUAL	META SEMESTRAL 2012	LOGRADO 2012	META ANUAL 2012	META SEMESTRAL 2013	LOGRADO 2013	META ANUAL 2013	
Propósitos (resultados)	2 Se genera, transfiere y difunde conocimiento científico de calidad y se forman recursos humanos de alto nivel, para atender necesidades de	tesis del posgrado concluidas orientadas al desarrollo socio-económico del total de tesis concluidas	Total de tesis de posgrado concluidas orientadas al desarrollo socioeconómico/ total de tesis concluidas	20 M 9 D	22 M 15 D	53 M 22 D	20 M 9 D	25 M 13 D	53 M 22 D	20 M 9 D	14 M 18 D	53 M 22 D	
		Publicaciones arbitradas referentes al total de publicaciones generadas por el Centro	Artículos arbitrados publicados/ total de publicaciones generadas por el centro	70/111 0.63	108/118 0.91	140/111 1.26	145/114 1.27	105/123 0.85	145/114 1.27	75/116 0.65	143/127 1.12	145/116 1.25	
Componente (Productos y Servicios)	3 C.1 Proyectos de ciencia, tecnología e innovación realizados	Proyectos aprobados en fondos mixtos y sectoriales referentes al total de proyectos	(Número de proyectos aprobados en fondos mixtos y sectoriales/ Total de proyectos)*100	50/111 0.45	67/118 0.56	60	60/114 0.52	76/123 0.61	60	60/116 0.51	73/127 0.57	60	
		Alumnos graduados por cohorte en relación a los alumnos matriculados por cohorte (BIANUAL)	Alumnos graduados por cohorte/alumnos matriculados por cohorte)*100	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Actividad (acciones y Procesos)	4 "Actividad 1: Componente 1 Diseño de propuestas de proyectos"	Total de proyectos en relación al total de investigadores	(Total de proyectos/ total de investigadores del Centro)	60/111 0.54	138/118 1.16	90	94/114 0.82	154/123 1.25	94/114 0.82	94/116 0.81	148/127 1.16	94/116 0.81	
		Maestros y doctores graduados en relación al total de investigadores del Centro (BIANUAL)	(Número de maestros y doctores graduados/ total de investigadores del Centro)	29/115 =0.25	37/118 =0.31	75	75/114 0.65	38/123 0.30	75/114 0.65	75/114 0.65	32/127 0.25	75/114 0.65	
	5 "Actividad 1: Componente 2 Impartir programas de licenciatura y/o de posgrado"	Posgrados en el PNPC en relación al total de posgrados del Centro	(Número de posgrados en el PNPC/ total de posgrados del Centro)	8/8=1	8/8=1	8/8=1	8/8=1	8/8=1	8/8=1	8/8=1	8/8=1	8/8=1	8/8=1
		Investigadores SNI en relación al total de investigadores del Centro	(Número de investigadores SNI/total de investigadores del Centro)*100	100/111 0.90	101/118 0.85	100	97/114 0.85	104/123 0.84	97/114 0.85	97/116 .83	114/127 0.89	97/116 0.83	

GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO ALFONSO SERRANO
INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE
LA ASTRONOMÍA MILIMÉTRICA
INFORME DE AUTOEVALUACIÓN PERÍODO ENERO – JUNIO 2013
JUNTA DE GOBIERNO DEL INAOE



ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	4
ANTECEDENTES	6
DESCRIPCIÓN E IMPACTO DEL PROYECTO	6
SITUACIÓN A DICIEMBRE DE 2012	7
OBJETIVOS DEL GTM A CORTO PLAZO (2013-2015)	10
PROGRAMA DE TRABAJO PARA EL 2013	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
ORGANIGRAMA DEL GTM	11
ESTRUCTURA DE TRABAJO	12
PRESUPUESTO	12
PREPARANDO AL TELESCOPIO PARA OBSERVACIONES DE PRIMERA CIENCIA: AVANCES Y RESULTADOS DURANTE ENERO-JUNIO 2013	13
INGENIERÍA	13
ÓPTICA DEL TELESCOPIO	14
APUNTADO DEL EJE PRINCIPAL	15
INSTALACIÓN DEL PRIMER INCLINÓMETRO	16
SISTEMA DE CONTROL DE LA ANTENA (ANTENNA CONTROL SYSTEM: ACU)	16
SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL	16
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	17
INSTRUMENTACIÓN	17
OBSERVACIONES DE PRIMERA CIENCIA CON RIESGO COMPARTIDO	18
OPERACIONES	20
ORGANIZACIÓN	20
SISTEMA EHS (MEDIO AMBIENTE, SALUD Y SEGURIDAD POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)	20
CAMPAMENTO BASE	21
DIVULGACIÓN CIENTÍFICA	21
PEACE CORPS EN EL GTM	24
EXPECTATIVAS 2014 - 2017	26
RUTA CRÍTICA DE TERMINACIÓN	27
AMPLIACIÓN M1	27
LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SUPERFICIE PRIMARIA ACTIVA (ACTUADORES)	29
LA TERMINACIÓN DEL ESPEJO SECUNDARIO (SISTEMA M2)	29
PRESUPUESTO DE TERMINACIÓN	29

EL PRESUPUESTO DEL OBSERVATORIO NACIONAL DEL GTM	30
---	-----------

CONCLUSIONES	31
---------------------	-----------

Resumen Ejecutivo

El primer semestre del 2013 ha sido el período más productivo en la ingeniería y el comisionamiento científico en la historia del GTM, destacándose de manera importante el logro de la meta sobre la publicación de la primera convocatoria para presentación de proyectos para la **Primera Ciencia con el GTM**.

La convocatoria se dirigió a la comunidad que representa esta colaboración bi-nacional del GTM, aunque también se incentivó la participación internacional a través de los diferentes grupos de investigación de México y la UMass. Se recibieron un total de 34 propuestas, que fueron evaluadas y examinadas por un grupo independiente de expertos internacionales en astronomía milimétrica, para ser priorizadas posteriormente por el Comité Científico del GTM y calendarizadas para observaciones científicas. En la convocatoria se especificó que las observaciones serían consideradas de “riesgo compartido” y que las actividades de ingeniería y comisionamiento seguirían teniendo prioridad. Pese a las condiciones atmosféricas derivadas del mal clima de la temporada mayo-agosto, se realizaron observaciones durante un período de ocho semanas, con un número restringido de observaciones científicas que aceleraron nuestro entendimiento sobre el desempeño científico del telescopio.

Un éxito importante de este semestre fue la primera conexión exitosa del GTM con una red de telescopios de los EUA, en las observaciones de un hoyo negro supermasivo en una galaxia cercana, a través de interferometría de base amplia (Very Long Baseline Interferometry: VLBI). Utilizando la resolución angular super amplia que esta técnica de VLBI permite, se detectaron franjas interferométricas sobre bases de hasta 6000 km entre el GTM y 7 antenas de un arreglo de antenas para interferometría de base amplia (Very Long Baseline Antennas: VLBA) en Hawai y el continente estadounidense. Con esto, el GTM demuestra que puede contribuir de manera valiosa a la red global VLBI asociándose a la colaboración internacional para crear el Event Horizon Telescope (EHT) que estudiará física fundamental y el modelo gravitacional bajo las condiciones más extremas en las que la materia se junta y cae dentro del hoyo negro masivo en el centro de nuestra galaxia.

Estos logros no hubieran sido posibles sin el esfuerzo coordinado y la experiencia de los grupos técnicos y de ingeniería, apoyados por el grupo administrativo del GTM en la resolución de una serie de problemas que existían con anterioridad. Se completaron una serie de reparaciones extensas y complicadas a los segmentos de la superficie primaria, incluyendo la mejora en la alineación de los paneles de nickel electroformado. Después de la alineación global de los 84 segmentos de los 3 anillos interiores del reflector primario, utilizando mediciones de metrología con holografía a 12 GHz, se afirma que el GTM cuenta ahora con una eficiencia y sensibilidad para realizar observaciones científicas.

A finales del 2012 se tomó la decisión de substituir el sistema de actuadores por ajustadores de precisión manual que permitieran la alineación estable de los segmentos. Esta decisión permitió que el telescopio operara como una infraestructura científica por un período de 8 semanas, de mayo a

julio del 2013, mientras que en paralelo corrió un proceso de reacondicionamiento de los actuadores electromecánicos existentes y el desarrollo y fabricación del sistema de control por parte de la Universidad de Massachusetts (UMass). Este sistema activo para la superficie se instalará en los próximos meses, contribuyendo a un aumento significativo en la eficiencia del telescopio. El GTM iniciará nuevamente operaciones científicas a finales del 2013 como el único telescopio en el mundo operando en el espectro milimétrico con una superficie reflectora activa inteligente.

El hexápodo del espejo secundario (M2) (permite el enfoque del telescopio y soporta la óptica del espejo) sufrió una falla mecánica importante en febrero de 2013. Los actuadores individuales del hexápodo fueron desarmados, encontrándose una corrosión importante debido a entradas de agua, lo que provocó que cables, conectores y switches se rompieran. Después de un estudio extensivo del hexápodo se llevó a cabo un programa de reparación que permitiera su instalación en abril de 2013; sin embargo, es importante reconocer que este sistema realmente no permitió reparaciones permanentes, debido a la falla de los codificadores absolutos, junto con la falta de medidas de seguridad de tipo mecánico, lo que obligó a suspender las actividades científicas de Primera Ciencia en Julio de 2013. Se han comenzado gestiones para buscar empresas que participen en el diseño y fabricación de un nuevo hexápodo que garantice una vida útil de 30 años (vida útil del GTM).

Durante los primeros meses del 2013 se realizaron mediciones de la superficie de aluminio del espejo secundario provisional, caracterizando sus deformaciones como una función de la elevación del telescopio. A pesar de las mejoras significativas en la calidad de ésta a finales del 2012, y los esfuerzos constantes de medición utilizando un láser tracker y pulido a mano de las deformaciones más significativas, la calidad del espejo no puede ajustarse a las especificaciones originales, lo que podría impactar severamente la eficiencia óptica del telescopio. Es así como se están realizando esfuerzos para desarrollar los alcances de trabajo para un nuevo M2 de fibra de carbono ligero y térmicamente estable.

En paralelo al desarrollo de las actividades de optimización y mejora de los sistemas ópticos más importantes, mejoras en la estabilidad y seguridad de los sistemas de distribución de energía eléctrica y protección contra rayos, se lograron también avances importantes en la eficiencia del mantenimiento del telescopio y en la gestión y operación del Campamento Base del GTM.

Las primeras 8 semanas de observación han significado un reto técnico, administrativo y logístico para el proyecto GTM, identificándose áreas importantes de oportunidad para aumentar la eficiencia en el proceso de adquisiciones de equipos y materiales, así como de la contratación de personal especializado y calificado en áreas técnicas, de ingeniería y de soporte científico y operación de telescopio.

Para concluir, el GTM es ahora una infraestructura científica competitiva en el rango milimétrico, con mejoras en el desempeño y eficiencia aún por venir. La comunidad nacional e internacional reconocen, habiendo sido testigos de los avances en la solución de retos técnicos existentes, que el GTM puede cumplir con los objetivos inicialmente planteados, que incluyen estudios fundamentales del universo frío y oscuro y la formación y evolución de materia durante los 13.8 mil millones de años que forman la historia del universo.

Antecedentes

Descripción e impacto del proyecto

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 localizado en la cima de Sierra Negra, en el Estado de Puebla, a una altitud de 4600 metros cuyo caso científico es 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 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 3 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 r.m.s., 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 importante infraestructura existentes, como el EVLA, ALMA, Herschel, HST y los varios telescopios ópticos e infrarojos de 8-10 metros instalados en la superficie de la Tierra y 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.

La construcción y operación exitosa de este ícono de la ciencia mexicana seguirá siendo fuente de inspiración tanto para futuras generaciones de académicos como para la sociedad en general.



Ilustración 1. Imagen del telescopio resaltando los 32 metros a 88 micras para campaña de observación de Verano 2013

Situación a Diciembre de 2012

El 2012 se caracterizó por la atención a aspectos críticos de ingeniería a través del grupo de trabajo interno del GTM, del grupo de trabajo de GTM en la UMass, y de expertos externos especialistas en telescopios a nivel mundial. Se logró un avance sustantivo que permitió que la temporada de observación de Verano 2013 pudiera llevarse a cabo.

Adicionalmente a los estudios técnicos del mejoramiento del telescopio, el GTM trabajó de manera muy cercana con el director del INAOE, CONACYT y la SHCP para lograr el diseño de la estrategia para la transición de proyecto a un Observatorio Nacional del GTM. Esto en principio requerirá de una re-estructuración programática del INAOE que permita un presupuesto regular para la operación del observatorio, a través de esquemas de gestión y gobernanza apropiados para la magnitud de las actividades a desarrollar y necesidades de coordinación y gestión con socios externos.

Destacan los siguientes avances:

- Gestión

- ✓ Siguiendo acciones coordinadas entre las instancias globalizadoras, el INAOE y el CONACYT conformaron un grupo técnico de trabajo¹ para iniciar las gestiones con la SHCP y la SFP para la modificación de la estructura programática del INAOE, con el objetivo de formalizar internamente una estructura organizacional y un presupuesto para el Observatorio Nacional del Gran Telescopio Milimétrico (ON-GTM). El objetivo es incorporar las necesidades presupuestales del Observatorio al Presupuesto de Egresos de la Federación del INAOE a partir del 2013.
- Sistemas del Telescopio (M1, M2, M3)
 - ✓ *Óptica.*- La precisión en la alineación de segmentos individuales logró una mejoría sustancial, pasando de 150 micras a 45 micras. La alineación global de la superficie primaria mejoró de 180 micras que se tenían a mediados del 2011, a 60 micras a principios del 2013. Esto se traduce en una ganancia de más de un factor de 30 en la eficiencia del telescopio, a 1.1mm. Esto es un resultado extremadamente importante, y el resultado de un trabajo dedicado y cuidadoso del grupo de metrología a cargo del Dr. David Gale, investigador del INAOE.
 - ✓ *Actuadores.*- Arranque del desarrollo de un sistema de control completo para el movimiento de los actuadores para la alineación de la superficie reflectora del GTM, por parte de la UMass, como ruta segura para el comisionamiento de una superficie activa para finales del 2013.
 - ✓ *M2.*- los equipos de metrología y del sitio modificaron el M2 de aluminio en el campo. Este esfuerzo redujo el error en los 1.6 m centrales del espejo reflector a 36 μ m RMS, y por lo tanto se minimizó la contribución del espejo M2 al error del sistema óptico completo.
 - ✓ *M3.*- A principios del 2013, el reemplazo de los componentes mecánicos se instalaron y el espejo del M3 ahora se mueve bajo control y sin problemas con las pistas en sincronía con el espejo primario dentro de las especificaciones.
- Instrumentación
 - ✓ La actividades más importantes en este periodo fueron el diseño de los detectores del tipo Lumped Element Kinetic Inductance Devices (LEKIDs) y sus prototipos que se están fabricando en el Laboratorio de innovación en MEMS (LiMEMS) del INAOE, y los que se usarán en la segunda generación de cámaras de gran formato para el GTM en los años siguientes. Además se continúan las discusiones con la comunidad científica nacional e internacional sobre la posibilidad de incluir el GTM en la red de algunos telescopios milimétricos como parte del Global Millimeter Very Long Baseline Interferometry Array (GMVA) en el año 2013.
- Soporte Científico
 - ✓ Durante el 2012 se reclutó personal especializado (doctores en ciencias) como parte del esfuerzo por comenzar a conformar la plantilla que dará el soporte científico a los astrónomos que utilicen el GTM.

¹ Grupo integrado y avalado por el Dr. Enrique Villa, Director del CONACYT: Dirección Adjunta de Administración y Finanzas, Dirección Adjunta de Centros de Investigación y Dirección Adjunta de Asuntos Jurídicos del CONACYT, INAOE y Grupo GAE, empresa de asesoría jurídica.

- ✓ La infraestructura física para observar (cuarto de control nivel 25) se concluyó al 100% e incluso se comenzó la instalación de un segundo cuarto de control (espejo) en el Campamento Base, para soportar las actividades de observación desde ahí.
- ✓ El GTM cuenta ya con una página web <http://www.lmtgtm.org/> a través de la cual se proyecta la imagen actual del GTM, se difundirán las iniciativas de convocatorias a proyectos de investigación y servirá como herramienta de trabajo para los grupos de observación.
- Operaciones del Telescopio
 - ✓ Se logró el desarrollo y puesta en marcha de procedimientos e infraestructura que incrementara la seguridad en la operación del telescopio; entre lo más destacado está: un plan de mantenimiento preventivo de la infraestructura física del telescopio, diagnóstico en el tema de Seguridad e Higiene fundamental para el aseguramiento patrimonial y del recurso humano; instalación y pruebas de la estación meteorológica y los radiómetros en el INAOE; un plan del sistema eléctrico de respaldo y protección solar al telescopio, y sistemas funcionales de manejo de grúas.



Ilustración 2. Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano

Objetivos del GTM a corto plazo (2013-2015)

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

- 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 del 240%), 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.
- Reestructurar orgánica y presupuestalmente al INAOE para la conformación del Observatorio Nacional del Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (ON-GTM) y aseguramiento del financiamiento anual para la operación del telescopio.
- Abrir convocatorias para presentación de proyectos científicos con el GTM dirigidas a la comunidad astronómica mexicana y a sus socios y colaboradores internacionales. Con esto se abre 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.
- Comenzar la operación de un observatorio que 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.

Programa de Trabajo para el 2013

Objetivos específicos

- Alineación de la superficie de 32 metros a menos de 90 micras.
- Realizar la primera convocatoria para Ciencia Temprana con el GTM (a riesgo compartido) hacia la comunidad astronómica mexicana y de la Umass.
- Poner en marcha la superficie activa temporal del M1.
- Consolidar esfuerzos para iniciar la fabricación de paneles (óptica) del M1 (Anillos 4 y 5).
- Consolidar esfuerzos para la optimización de todos los sistemas del telescopio (M2 y M3).
- Continuar con la optimización de infraestructura y procedimientos para la operación eficiente y segura del telescopio.
- Continuar con las gestiones para la conformación del ON-GTM dentro de la estructura del INAOE.

Organigrama del GTM

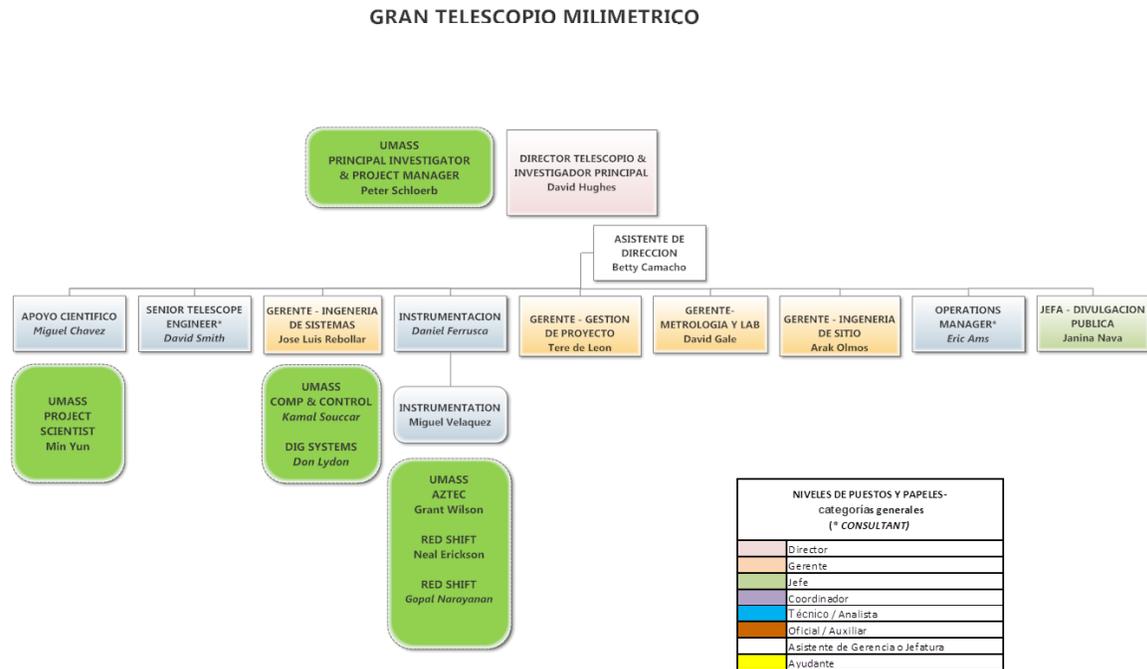


Ilustración 3. Organigrama del GTM

La plantilla del GTM se conforma de 115 personas clasificadas por área y tipo de contratación como se describe a continuación: 101 personas subcontratadas, 5 personas contratadas a través de INAOE, 7 personas de la UMass, socio del INAOE en este proyecto, y dos personas contratadas como proveedores de servicios integrales. La distribución se muestra en la gráfica siguiente:

Área	INAOE	UMass	Servicios Integrales	Subcontratación	Total
Gestión del Observatorio	2	1		20	23
Instrumentación	1	3		2	6
Sistemas telescopio (incluye metrología)	1	2		28	31
Soporte Científico	1	1		2	4
Ingeniería			1	10	11
Operación telescopio			1	39	40
Totales:	5	7	2	101	115

Tabla 1: Distribución del personal por área y pertenencia

Estructura de trabajo

La estructura de trabajo refleja el organigrama del futuro Observatorio. En cada área se llevan a cabo actividades funcionales de operación y mantenimiento, así como esfuerzos adicionales de desarrollo, que dan lugar a proyectos específicos.

Elemento	Descripción	Costo a junio (pesos) ²	Participación
Gestión Observatorio	Incluye todas las actividades de gestión estratégica, administrativa y operativa del proyecto, como: gastos indirectos de oficinas centrales en INAOE, apoyo administrativo, legal y logístico, desarrollo y mantenimiento del sistema de documentación, soporte de TI, algunos servicios generales al Observatorio y grupo de difusión del GTM.	\$ 7,912,088.94	23%
Ingeniería	Incluye las actividades de desarrollo de ingeniería del telescopio.	\$ 1,039,753.52	5%
Instrumentación	Se refiere a los esfuerzos que se realizan para el desarrollo y actualización de instrumentación científica del GTM.	\$ 1,699,499.97	3%
Operación telescopio	Incluye todas las actividades de operación y mantenimiento del sitio, que incluyen: sitio, oficina en Atzinzintla, campamento base y seguridad.	\$ 7,510,599.55	22%
Sistemas (M1, M2, M3)	Incluye las actividades relacionadas con el desarrollo, mantenimiento y actualizaciones de los sistemas del telescopio. Incluye costos de metrología y diseño y fabricación de sub-paneles para anillos 4 y 5.	\$ 15,701,014.75	46%
Soporte científico	Se refiere a las actividades relacionadas con el apoyo a las actividades de observación de los astrónomos, que incluye el desarrollo de software, operadores del telescopio, personal de apoyo científico	\$ 264,565.74	1%
Total		\$ 34,127,522.47	

Tabla 2: EDT con costos y participación sobre el presupuesto ejercido

Presupuesto

Conforme al PEF 2013 del INAOE y a oficio de afectación presupuestal del CONACYT, el GTM dispone de un presupuesto de \$85mdp, distribuido entre capítulos como sigue:

(ver tabla en siguiente hoja)

² En este costo no se incluye la participación de la UMass

Capítulo de gasto	Original anual (pesos)	Programado a junio (pesos)	Comprometido a junio (pesos)
1000	\$0.00	0.00	0.00
2000	\$13,870,359.00	9,918,555.00	5,220,961.00
3000	39,629,641.00	20,294,828.00	19,400,075.57
4000	0.00	0.00	0.00
Suma gasto corriente	53,500,000.00	30,213,383.00	24,621,037.47
5000	31,500,000.00	31,500,000.00	9,506,485.00
6000	0.00	0.00	0.00
Total	85,000,000.00	61,713,383.00	34,127,522.47

Tabla 3: Presupuesto asignado y ejercido del GTM Enero - Junio 2013

Al mes de junio se han ejercido un total de \$34.1 mdp con una distribución de gastos por EDT del proyecto como se muestra en la Tabla 2.

Para el cumplimiento de los objetivos establecidos, el INAOE solicitó a CONACYT apoyo de recursos adicionales a través del CAI por un monto de \$39.7 mdp para cumplir con el cumplimiento de los proyectos críticos de terminación y de operación del telescopio. Se está en espera de dicha aprobación.

Preparando al telescopio para observaciones de Primera Ciencia: avances y resultados durante Enero-Junio 2013

Ingeniería

Por primera vez en la historia, el GTM logró exitosamente integrar todos los sistemas necesarios para poder realizar observaciones científicas en el rango diseñado para el telescopio. Más aún, mientras los científicos utilizaron el GTM, los grupos técnicos pudieron continuar progresando de manera significativa hacia mejoras fundamentales. A continuación se describen los sistemas que permiten que el GTM funcione con la suficiente confiabilidad como para ser utilizado como instrumento científico.

Durante este período se dieron lugar dos tipos de actividades de ingeniería: las primeras se concentraron en mediciones y procedimientos de comisionamiento dirigidos a llevar al telescopio a punto para observaciones en el rango milimétrico para el período de Primavera-Verano del 2013; y una vez que los astrónomos hicieron uso del telescopio, las siguientes actividades se orientaron a identificar los pasos necesarios para lograr la meta de un siguiente periodo de observaciones aún más exitosas para la temporada de Otoño 2013 y Primavera 2014. Éste es el patrón de trabajo que se visualiza en la futura operación del telescopio: los astrónomos utilizarán el telescopio durante la buena temporada climática, y en paralelo, los grupos técnicos estudiarán, probarán, diagnosticarán

y/o resolverán problemas en tiempo real, en áreas críticas para la confiabilidad y buen desempeño. Una vez que se logre una madurez en la operación, estas actividades técnicas podrán calendarizarse para la temporada de Verano. Es muy significativo que el GTM haya logrado operar a un nivel donde las actividades de ingeniería pueden programarse alrededor de la ciencia: desde mayo de 2013, el GTM funciona como un telescopio.

Óptica del Telescopio

Segmentos del Espejo Primario (M1)

A finales del 2012, el grupo de metrología reacondicionó y alineó los segmentos de los anillos 1 y 2, y 12 de los 48 segmentos de anillo 3. En los primeros meses del 2013 los segmentos se alinearon globalmente utilizando técnicas de medición con láser tracker y observaciones de metrología con el sistema de holografía para determinar de manera iterativa las mejores posiciones en los ajustadores y mejorar dicha alineación global.

Se logró una superficie estable manteniéndose la alineación necesaria después de los movimientos repetidos del telescopio en elevación y acimut durante las observaciones científicas. Las mediciones con láser tracker mostraron que la precisión de los segmentos interiores fue de $50\mu\text{m}$ RMS. Los restantes segmentos de anillo 3 y anillo 4, aún están con niveles de tres o cuatro veces este valor. Aún así, probablemente debido a efectos de disminución gradual de los extremos, el equipo de holografía reportó un promedio de RMS para anillo 3, de sólo $100\mu\text{m}$ RMS. La alineación global de los tres anillos, permitiendo la baja iluminación para anillo 3, sugiere que se logró un r.m.s. total en la superficie primaria de 60 micrones (ver Ilustraciones 4 y 5).

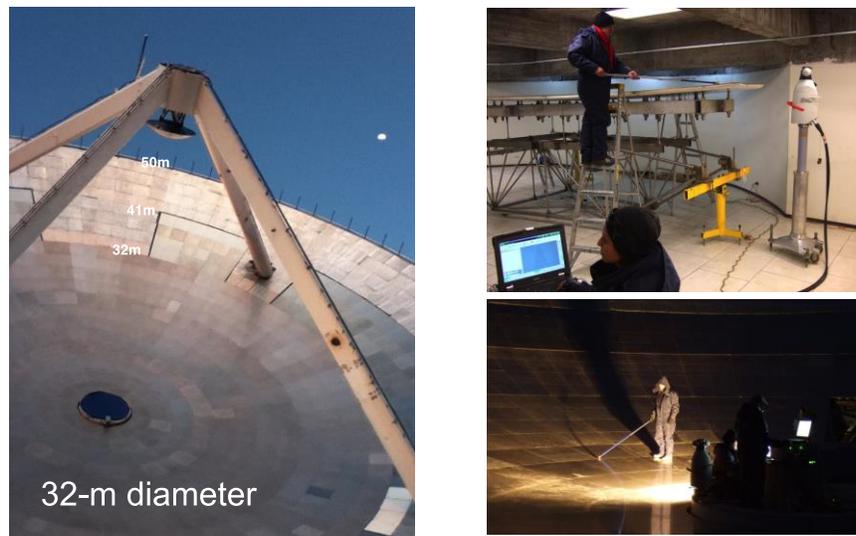


Ilustración 4 Parte interna del espejo reflector primario y trabajos de acondicionamiento y metrología de segmentos

Espejo del M2

Pese a que no se realizaron actividades de pulido en espejo de aluminio del M2, el grupo de metrología tuvo la oportunidad de montar el espejo de tal manera que les permitió medir el comportamiento de la superficie durante los cambios de elevación. El propósito de esta prueba fue asegurar que el desempeño gravitacional fuera aceptable. Los resultados no mostraron una variación significativa a diferentes elevaciones, comparado con los 40 μ m RMS de precisión en el espejo.

Hexápodo del M2

El hexápodo del espejo secundario (M2) (permite el enfoque del telescopio y soporta la óptica del espejo) sufrió una falla mecánica importante en febrero de 2013. Los actuadores individuales del hexápodo fueron desarmados, encontrándose una corrosión importante debido a entradas de agua, lo que provocó rupturas en cables, conectores y switches. Después de un estudio extensivo del hexápodo se llevó a cabo un programa de reparación que permitiera su instalación en abril de 2013. Sin embargo, es importante reconocer que este sistema realmente no permitió reparaciones permanentes, lo que obligó a suspender las actividades científicas de Primera Ciencia en Julio de 2013, debido a la falla de los codificadores absolutos, junto con la falta de medidas de seguridad de tipo mecánico. Se han comenzado gestiones para buscar empresas que participen en el diseño y fabricación de un nuevo hexápodo que garantice una vida útil de 30 años (vida útil del GTM).

Espejo del M3

No se realizaron mejoras al espejo del M3 o a su soporte.

Posicionador del M3

La Unidad de Control de la Antena (Antena Control Unit: ACU) fue reconfigurada para optimizar el control del posicionador del M3 para un mejor desempeño de seguimiento del espejo terciario. Con la compostura de componentes mecánicos, el software de control del M3 fue modificado para eliminar los problemas de fallas de posicionamiento que caracterizaron la campaña de Primera Luz en el 2011. Durante el proceso de re-comisionamiento del posicionador del M3, el grupo técnico descubrió que existen secciones ilegibles en la cinta del codificador, la cual está inadecuadamente protegida.

En el largo plazo este sistema seguramente deberá ser sustituido o reparado significativamente. Por ahora se colocó un segundo cabezal del codificador para mantener información sobre la posición cuando la primera “cabeza” pase sobre una de las secciones ilegibles y viceversa. Si áreas de lectura indescifrables aumentan al grado de que ambos cabezales del codificador no puedan leerse, un soporte alternativo podría dar una tercera ubicación potencial en la cual uno de los otros cabezales pueda ser montado.

Apuntado del eje Principal

No se dieron mejoras significativas al sistema de apuntado del eje principal, sin embargo, debido a conexiones sueltas en algunos de los gabinetes eléctricos, se dañó uno de los gabinetes de movimiento en acimut. Durante la temporada de observaciones de la Primavera del 2013, el telescopio se operó utilizando 12 de los 16 motores del sistema de movimiento en acimut. Pese a que el sistema pudo rastrear adecuadamente con esta configuración temporal, se requiere el

reemplazo de componentes que deberán ser instalados para permitir una operación total. Las observaciones de comisionamiento que generaron el modelo de apuntado sugieren que el GTM puede apuntar con una alta precisión y errores relativos de apuntado de sólo algunos arcosegundos en acimut y elevación.

Otro asunto relacionado con el sistema de apuntado del eje principal es que las estrategias de mapeo de holografía agresivas presentan problemas con la repetibilidad de los mapas. Existen diversas causas para este error, incluyendo movimientos flexibles en el cuerpo del tetrápodo debido a aceleraciones estructurales. Se introdujeron modificaciones en la estrategia de mapeo para resolver estos asuntos.

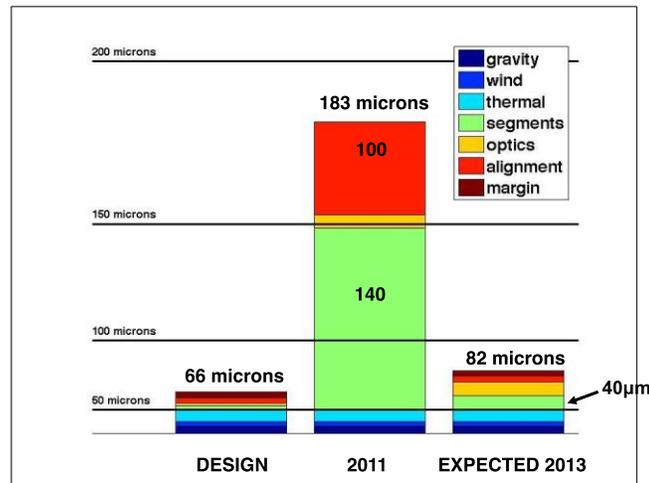


Ilustración 5. Mejoras en la precisión de la superficie

Instalación del primer inclinómetro

El primero de los dos inclinómetros de la alidada se instaló antes de la temporada de observación. Eventualmente se tendrá un inclinómetro de dos ejes sobre cada alojamiento del eje de elevación para monitorear deformaciones en la estructura de la alidada. Los datos del inclinómetro que se graban podrán ser utilizados en el futuro en el sistema de control, mejorando el apuntado en el cielo.

Sistema de control de la antena (Antenna Control System: ACU)

El ACU tuvo un comportamiento robusto hasta que sufrió un problema eléctrico que dañó su tarjeta principal integrada en la computadora. Se sustituyó el panel, pero el sistema continúa con algunos problemas que hacen pensar que otros componentes pudieran también estar dañados; se está programando el reemplazo de estos componentes.

Sistemas de monitoreo y control

El sistema de monitoreo y control es el sistema ejecutivo de control del telescopio. Provee la interfase al sistema y permite la operación del telescopio tanto para ingenieros como para los astrónomos. Durante la temporada de observación de Primera Ciencia, se entrenaron a más de 20 usuarios en el uso de este sistema.

Alimentación eléctrica

Con la intención de asegurar una alimentación de energía confiable a los sistemas del telescopio, se definieron los trabajos necesarios de adecuación de la subestación y del sistema de tierras, a finales del 2012. Durante el primer semestre de 2013 se supervisaron los trabajos que terminaron con la reconfiguración de la subestación en un anillo de tres transformadores y una combinación de tableros de distribución y monitoreo que permite la desconexión de la alimentación principal y conexión automática del generador de emergencia en caso de fallas tales como: pérdida de fase, caída de voltaje, sobrevoltaje o interrupción de la alimentación principal o de la salida de los transformadores de 750 KVA. En cuanto al sistema de tierras, se definió la conexión entre los diferentes enmallados y la conexión entre el “Visitor Center” y la subestación. La conexión la llevó a cabo el personal de sitio.

Instrumentación

Laboratorio de instrumentación de ondas milimétricas

Se realiza de manera constante el soporte de los instrumentos científicos del GTM: la cámara de bolómetros AZTEC, el receptor heterodino llamado “Redshift receiver” y la cámara óptica de apuntado del telescopio; se provee a estos instrumentos mantenimiento de soporte, mejoras de hardware, soporte de operación criogénico y apoyo de personal calificado para su operación en etapas de ingeniería o de operación científica.

También en el laboratorio, como parte del desarrollo de nuevas tecnologías para operar nuevos instrumentos de segunda generación en el telescopio, se realizan nuevos diseños y desarrollos experimentales de detectores superconductores (KIDs) de alta sensibilidad a las ondas milimétricas operando a temperaturas criogénicas en sistemas de ciclo cerrado; este trabajo también se ha realizado en colaboración con la Universidad de Cardiff, donde se encuentra actualmente un investigador post-doctoral del GTM trabajando en este proyecto.

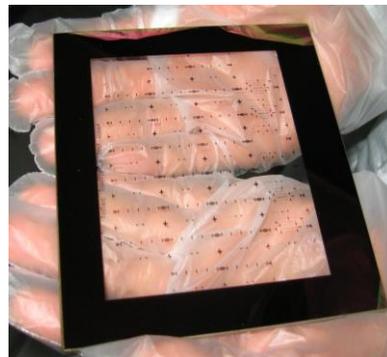


Ilustración 6. Laboratorio de instrumentación milimétrica totalmente equipado para experimentos bajo 300 miliKelvin y primeros detectores KIDS en máscara en el LNN del INAOE

Sistema de monitoreo atmosférico (TWI y Young)

Como parte de la infraestructura básica de operación del telescopio y de sus instrumentos de observación científicos, durante este semestre se logró poner en funcionamiento en el sitio de Sierra Negra una estación de monitoreo atmosférico (TWI y Young) que consta de sensores de temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitación pluvial, radiación solar, dirección e intensidad del viento. Dicha estación meteorológica ha funcionado satisfactoriamente y actualmente recolecta datos de las variaciones atmosféricas para el análisis del comportamiento del sitio en esta etapa del telescopio.

La información puede ser visualizada a través de diversas páginas de internet, las cuales son accedidas por los ingenieros y científicos del proyecto para realizar diversas tareas que dependen de las condiciones climáticas.

Radiómetro

Como una parte fundamental y crítica para las observaciones científicas del telescopio se realizó la instalación exitosa de un radiómetro que opera a la frecuencia de 225 GHz para realizar la caracterización de la transparencia atmosférica a la frecuencia de operación del telescopio.

Este instrumento RPG-225GHz, funciona de manera permanente en el sitio del GTM proporcionando valores de opacidad que permiten determinar cuál de los instrumentos científicos es el óptimo a utilizar de acuerdo a las condiciones atmosféricas. Actualmente el RPG-225, transmite su información vía internet a páginas que son accedidas por los astrónomos y científicos del proyecto.

Cámaras de observación al telescopio

Se trabajó en colaboración con la compañía Webcams de México en la instalación de dos cámaras ópticas para monitorear el telescopio y el sitio del GTM. Dichas cámaras se colocaron en el edificio del Visitor Center, y actualmente transmiten imágenes a través de la red de internet a los científicos del proyecto para monitorear el estado actual del telescopio de manera remota.

Observaciones de Primera Ciencia con riesgo compartido

A lo largo del 2013 las actividades generales en el proyecto GTM se encaminaron a optimizar la funcionalidad de los diferentes subsistemas que componen la infraestructura. El objetivo era poseer un telescopio funcional para la primera fase de observaciones que denominamos la Early Science Phase (ESP). Con el objetivo de adecuar de manera óptima en cuarto de control del telescopio y llevar a cabo la primera fase de observaciones llevamos a cabo la elaboración de los requerimientos y la adquisición de mobiliario y equipo de cómputo para el cuarto de control. El equipo de cómputo consta principalmente de sistemas apropiados para el control del telescopio, de la reducción de imágenes y de sistemas de almacenamiento de datos apropiados para el clima que prevalece en el sitio (discos de estado sólido).

Se preparó el documento para lanzar en marzo 2013 la 1ª convocatoria de propuestas para la fase de ciencia temprana. Como paso inicial en esta actividad, construimos una página web de pre-registro

que permitió explorar los intereses de la comunidad astronómica mexicana y de la UMass en el uso del GTM. Además, suministró una lista de los potenciales usuarios de los socios del proyecto. De igual forma se renovó la página del proyecto (<http://www.lmtgtm.org>) que prevalecía desde sus inicios.

Se considera que esta primera convocatoria fue todo un éxito. Se recibieron 34 propuestas correspondientes a una gran variedad de argumentos astrofísicos, desde estrellas cercanas hasta galaxias en el universo distante. Un aspecto fundamental en este proceso fue la evaluación de las propuestas. En el comité de arbitraje de la convocatoria de ciencia temprana participamos el comité científico del GTM, los responsables científicos, y se recibió el valioso apoyo de siete revisores externos con amplia experiencia en la evaluación de propuestas de observación de otros telescopios milimétricos.

Después del proceso de arbitraje se eligieron las propuestas mejor evaluadas (11) y se llevaron a cabo las primeras observaciones en los meses de mayo a julio de 2013. Los científicos de soporte coordinaron la participación de los observadores que lograron coleccionar datos asociados a 9 propuestas de observación. Aun cuando las condiciones climáticas distaron de ser la óptimas, 43 fuentes fueron observadas con la cámara de continuo AZTEC y 47 galaxias con el receptor de corrimiento al rojo. Actualmente los investigadores de los instrumentos científicos están llevando a cabo el análisis sistemático y homogéneo de todas las imágenes para determinar la calidad de éstas. Se prevé preparar artículos científicos y notas de prensa una vez que este análisis culmine.

Un éxito importante de este semestre fue la primera conexión exitosa del GTM con una red de telescopios de los EUA, en las observaciones de un hoyo negro supermasivo en una galaxia cercana, a través de interferometría de base amplia (Very Long Baseline Interferometry: VLBI). Utilizando la resolución angular super amplia que esta técnica de VLBI permite, se detectaron franjas interferométricas sobre bases de hasta 6000 km entre el GTM y 7 antenas de un arreglo de antenas para interferometría de base amplia (VLBA) en Hawai y el continente norteamericano. Con ésto, el GTM demuestra que puede contribuir de manera valiosa a la red global VLBI asociándose a la colaboración internacional para crear el Event Horizon Telescope (EHT) que estudiará física fundamental y el modelo gravitacional bajo las condiciones más extremas en las que la materia de junta y cae dentro del hoyo negro masivo en el centro de nuestra galaxia.

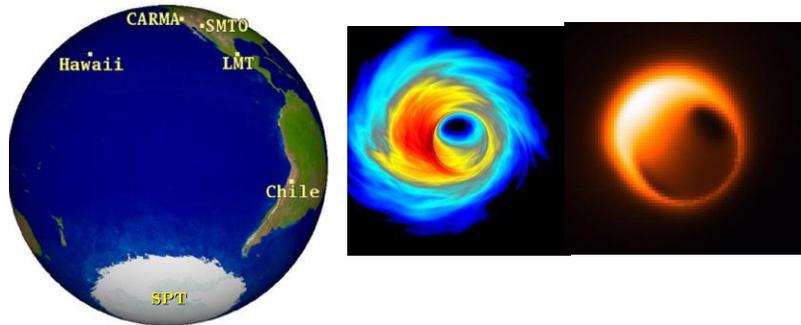


Ilustración 7. Observaciones con el GTM y el Event Horizon Telescope (EHT) - VLBI

Operaciones

Organización

A partir de este 2013, el GTM contó con un responsable de coordinar la operación del proyecto, con la visión de desarrollar el plan de operaciones del futuro Observatorio Nacional del GTM. Como el observatorio aún no está ciento por ciento operacional, esta actividad cuenta con un componente complejo de coordinación matricial de operaciones y proyectos técnicos y de ingeniería. Este año se implementó un sistema de gestión de proyectos, con un enfoque en los proyectos con participación binacional; las actividades de planeación que derivan se comunican a los participantes y jefes de área semanalmente. El responsable de operaciones también se encarga del rastreo y/o realización de proyectos menores, de asegurar que tareas importantes tengan “dueño”, y de trabajar con los jefes en la planeación de suministro y definición de dependencias y en el rastreo de cumplimiento con cronogramas.

Sistema EHS (Medio ambiente, salud y seguridad por sus siglas en inglés)

A partir del 2013, el área de operaciones se encargó del desarrollo e implementación del sistema EHS en el sitio:

- Se verificaron y aceptaron los entregables del sistema de administración EHS, del subcontratista IRCO (diagnóstico de necesidades de seguridad de acuerdo a normas nacionales e internacionales).
- Se desarrolló y comenzó con el plan de implementación.
- Se definieron las capacitaciones requeridas, habiendo cumplido con 3 durante el primer semestre.
- Se evaluó el equipo de protección personal y se solicitaron equipos nuevos (50%).
- Se programaron y realizaron inspecciones y recorridos EHS.
- Se reclutó a un Coordinador de Seguridad con base en el sitio (pendiente aprobación).

Seguridad es un área prioritaria que deberá recibir atención importante en el segundo semestre del 2013.

Campamento Base

En el primer semestre de este año, se dio un enfoque importante al desarrollo organizacional y reparación física de la instalación de campamento base en Ciudad Serdán.

Finanzas: Se implementó un sistema de contabilidad para rastrear y categorizar los gastos y se capacitó a la responsable del campamento en su uso.

Administración: Se dio una reorganización del organigrama, se reclutó personal adicional, se capacitó al personal, y se actualizaron los reglamentos internos. Se establecieron normas de comunicación y se organizaron todos los documentos en archivos respaldados en la nube.

Cadena de Suministro: Se implementó un sistema de manejo de inventarios, desarrollando formatos y procedimientos para requisiciones y pedidos, y se capacitó al personal en su uso.

Recursos Humanos: Se cuenta ahora con horarios formales (y legales) para todos los empleados, descripciones de trabajo para cada puesto y reuniones semanales para recibir retroalimentación de cada área funcional.

Cocina: Se contrató a un cocinero y se reestructuró la organización de la cocina para parecer más a lo que existe en otros observatorios. Desarrollamos procedimientos, bitácoras, señalamientos y formatos para rastrear indicadores claves. El personal ya está capacitado en su uso.

Intendencia: Se contrató a personal de intendencia adicional. Se desarrollaron procedimientos y formatos para rastrear actividades y se implementó un sistema de inventarios para productos de limpieza.

Edificio: La estructura física del campamento base, aunque sea nueva, se le desarrolló un plan de mantenimiento preventivo y se cumplieron con las tareas necesarias para realizar la conexión trifásica con CFE. Se instalaron extinguidores y se equipó la sala de cómputo.

Logística: Se desarrolló al 100% un plan de gestión de una flotilla vehicular segura.

Divulgación científica

Con el fin de promover la ciencia, la tecnología y particularmente dar a conocer la importancia del GTM en una amplia comunidad, compuesta por científicos, estudiantes, medios de comunicación, comunidades cercanas al observatorio y público en general, se crea en el mes de marzo la Coordinación de Divulgación del Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano, cuya misión es cumplir con los siguientes objetivos:

- Establecer redes con universidades, tecnológicos, instituciones educativas en todos los niveles, sociedades astronómicas, museos, planetarios, espacios de divulgación, etc.
- Fortalecer vínculos con las autoridades locales, estatales y federales con el fin de beneficiar a las comunidades cercanas al GTM.
- Dar a conocer qué es el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano, cómo opera, con qué fin fue creado, para qué sirve, cómo fue construido, entre otras cosas a todo el público.

A partir de la creación de esta Coordinación de Divulgación GTM, se impartieron un total de 14 conferencias dirigidas al público general en diferentes sedes, en las que destacan Ciudad Serdán y el

Planetario de Puebla, en la que se abarcaron diversos temas, entre ellos: Astronomía, Medio Ambiente, Óptica, Matemáticas, Física, Vulcanología, Artes Visuales, Química, Colorimetría, Matemáticas, entre otras. Cada conferencia tuvo en promedio de asistencia de entre 80 a 120 personas a nivel local. En cada conferencia dictada en Serdán a la par se desarrollaron talleres de ciencia para niños con un impacto promedio de 130 niños por taller, se habla de un impacto de entre 1300- 1500 niños; cabe mencionar que los temas de los talleres estuvieron relacionados con los de las conferencias.



Ilustración 8. Fotos de diversos talleres científicos durante el ciclo de conferencias y talleres impartidos en Ciudad Serdán, Puebla

Una de las actividades con mayor impacto, es la Feria de Ciencias, de la cual se coordinaron dos, una en la comunidad rural de Texmalaquilla atendiendo a aproximadamente 600 personas y otra en Ciudad Serdán con una afluencia aproximada de 1200 personas. En estas ferias se dieron cita: alumnos, maestros y padres de familia de distintas comunidades cercanas al Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano como lo son: Texmalaquilla, Esperanza, Serdán, San Manuel, Cuesta Blanca, Tlachichuca, Puebla, etc. En las ferias de ciencias se dan a conocer conceptos básicos de ciencia de diversas áreas, como son: astronomía, óptica, electrónica, química, mecánica, física, medio ambiente, robótica, habilidad mental, tráiler de la ciencia, etc. fomentando también la lectura y otras áreas afines. Por supuesto el tema central para difundir es el GTM y la astronomía, por lo que en las ferias se incluyen las observaciones diurnas y nocturnas, apoyadas con conferencias dictadas por astrónomos que colaboran en el GTM, etc. Es importante recalcar que para la ejecución de estas ferias científicas no sólo participa personal del INAOE, sino también diversos colaboradores que pertenecen a una red de divulgación en la que el INAOE juega un papel relevante, entre ellos podemos mencionar al CONCYTEP, Consejo Puebla de Lectura A.C, IUPAC, Parque Municipal Chapulco, Parque Estatal Flor del Bosque, Voluntarios de Cuerpo de Paz, etc. y muchas personas que colaboran en la logística y difusión de los eventos.

Una actividad de divulgación de alto impacto, es la que se realizó al presentar la Exposición Fotográfica “La gran aventura científica del Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano” en la cual se muestra el proceso de construcción del GTM. Esta exposición se presenta desde el mes de abril en el planetario “Mtro. Germán Martínez Hidalgo” de la ciudad de Puebla. Dado la importancia del recinto, el impacto resulta de gran relevancia, ya que el planetario es visitado por

muchas personas de no sólo regionales, sino nacionales e internacionales. De abril a la fecha, el planetario ha sido visitado por más de 45,000 personas, de las cuales dada la localización de exposición, un 80% de ellas observan la secuencia fotográfica.

Esta exposición se complementó con cuatro conferencias magistrales, dadas por astrónomos que participan en el desarrollo y operación del GTM. Cabe mencionar que esta exposición sigue montada y será expuesta hasta finales del mes de septiembre.



Ilustración 9. Exposición “La gran aventura científica del Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano”

Planetario de “Mtro. Germán Martínez Hidalgo”, Ciudad de Puebla, Mayo, 2013

No menos importante es la colaboración en ferias o eventos en instituciones, escuelas, museos o sitios de divulgación, en los que la Coordinación de Divulgación asiste como invitada apoyando en talleres, por ejemplo la participación en el Parque Municipal Laguna de Chapulco y Parque Estatal Flor del Bosque, CONCYTEP, escuelas públicas y privadas en sus ferias científicas. Uno de los eventos de alto impacto para el INAOE es el Reto México, el cual se llevó a cabo en el mes de abril en el atrio de la Catedral de la Ciudad de Puebla, en este evento la Coordinación de Divulgación participó difundiendo folletos alusivos al GTM, así como en la exposición de un taller y stand del proyecto. Este evento se realiza a nivel nacional con sedes en distintos estados de la República, siendo Puebla sede importante por la presencia del INAOE. El número de personas que asiste a este evento es de aproximadamente de 4,000 personas. En particular, este evento presentó en vivo al GTM observando la luna, sumándose a los cientos de telescopios presentes en este reto.

Otro aspecto fundamental contemplado en los trabajos de divulgación científica es el de las visitas al GTM, las cuales mayormente son de instituciones educativas, pero también empresariales, de instituciones de investigación, de representantes de entidades gubernamentales, tanto federales como estatales, de medios de comunicación, etc. A este respecto, las visitas durante este primer semestre impactaron a un total de aproximadamente 1000 personas. Dentro de las que destacan visitas programadas de algunos grupos de medios de comunicación nacionales e internacionales, los cuales se encargan de difundir boletines de prensa en torno al GTM, dentro de los que se contabilizan (de marzo a agosto) un promedio de 103 notas de prensa, entre periódicos, radio, televisión, revistas, suplementos, medios electrónicos, etc. Esta parte de visitas para medios de

comunicación está coordinada tanto por la Dirección General y por la Difusión Científica del INAOE.

Es también trabajo de esta coordinación el gestionar conferencias, programas de radio, tv, diseño y difusión de medios impresos, como folletos, flyers, trípticos, etc. con información referente al radiotelescopio, mismos que son difundidos en todos los eventos en los que tiene presencia el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano.

Otras de las actividades relacionadas a la Coordinación de Divulgación se relaciona con:

Relaciones Gubernamentales: La tarea es fortalecer las relaciones con las autoridades de la comunidad, municipales, estatales, federales en todos los niveles y ámbitos relacionados al GTM.

Colaboraciones institucionales: Fortalecer vínculos con instituciones educativas de todos los niveles con el fin de dar a conocer el GTM y los proyectos científicos asociados al Volcán Sierra Negra.

Organización y Promoción: Estrategias con medios de comunicación para informar el estado del proyecto y avances científicos, boletines de prensa, diseñar, generar y difundir materiales de promoción: folletos, cd's, trípticos, pósters y difundir esta información en la web GTM.

Planeación y Participación en eventos especiales: Participación de la Administración del GTM en coordinación con otros departamentos del INAOE como: Dirección General, Difusión Científica y Logística en eventos de divulgación nacionales e internacionales de alto impacto: Reto México, Reunión Nacional de Planetarios, Noche de las Estrellas, Semana Nacional de Ciencia y Tecnología, etc. Atender visitas al GTM de representantes gubernamentales de los 3 niveles de gobierno, empresarios, científicos distinguidos, políticos, etc.

Peace Corps en el GTM

El GTM tuvo la valiosa participación de voluntarias del Cuerpo de Paz de los EUA (Peace Corps), quienes compartieron su experiencia en el área de desarrollo comunitario. Además de las diferentes actividades de apoyo a las actividades de difusión y divulgación en comunidades rurales, resaltan las siguientes:

Campamento Mariposas (Tessa Eckholm).- Programa comunitario para apoyo de niñas adolescentes en donde a través de la contribución de patrocinadores locales y el INAOE, se organizó un campamento de una semana en el INAOE para niñas de comunidades cercanas al GTM, como Atzitzintla y Texmalaquilla, brindando actividades de formación integral en salud, educación profesional, vida personal, entre los más importantes. Ver sitio: <https://www.facebook.com/campmariposas>. Se tuvo una participación de 30 niñas, con excelentes resultados y con planes de crecimiento.

Apoyo en emprendedurismo (Sam Bhattacharyya).- Actividades puntuales de inicio de micronegocios a las comunidades cercanas al GTM de Atzitzintla y Texmalaquilla y Ciudad Serdán.

Apoyo en el área de recursos humanos y relaciones industriales (Carol Temescu).-En donde se pudieron analizar a fondo temas en materia de gestión de recursos humanos, manejo de grupos de trabajo complejos, evaluación al desempeño, descripciones y valuaciones de puestos, entre los temas más importantes.

Expectativas 2014 - 2017

El GTM es una instalación científica cuya operación depende de un gran número de sistemas, los cuales han sido puestos en funcionamiento correctamente: el sistema mecánico del telescopio y su control funcionan de acuerdo, o por encima, de las especificaciones de diseño; la superficie primaria ha sido alineada con una precisión de 59 micras en los 32 metros interiores de la misma, proveyendo una área útil cercana a los 800 metros cuadrados, a la par de las mayores antenas milimétricas del mundo; el espejo secundario de aluminio instalado ha sido pulido con una precisión de 36 micras en la parte interna de 1.7 metros de diámetro y alineado correctamente; el sistema mecánico que posiciona al espejo secundario ha sido puesto en funcionamiento; las ópticas terciarias, que guían el haz de radiación desde el espejo secundario hasta los instrumentos receptores, tienen la precisión necesaria y han sido alineadas correctamente; el posicionador del espejo terciario funciona correctamente; los receptores Redshift Search Receiver y AzTEC cumplen con el alto nivel de desempeño de sus respectivas especificaciones; los sistemas de adquisición y reducción de datos han sido implementados. Finalmente, ha sido posible proveer el apoyo técnico necesario para el mantenimiento y la operación del telescopio y del sitio de Sierra Negra.

Desde el inicio del proyecto, el GTM fue planteado como una antena de 50 metros de apertura capaz de realizar observaciones astronómicas en el rango de longitudes de onda de 0.8 a 4.0 milímetros. Este planteamiento conlleva a contar con la totalidad de las distintas superficies reflectoras y que sean capaces de enfocar la radiación milimétrica de manera eficiente a receptores astronómicos altamente sensibles. La precisión requerida en la manufactura y en la alineación de estas superficies para lograr el enfoque eficiente de la radiación se resume en una tolerancia global de 75 micras para el conjunto de las componentes ópticas involucradas. De manera adicional, las dimensiones mismas del GTM requieren que su superficie primaria sea activa, capaz de autoajustarse de manera de que mantenga la forma correcta independientemente de la posición y de las condiciones térmicas de la antena. En la actualidad, el GTM cuenta con una superficie pasiva de 32 metros de apertura, y un espejo secundario acotado a estas dimensiones. Es necesario implementar las siguientes tres acciones para poder ampliar la funcionalidad de la antena a la apertura de diseño de 50 metros de diámetro y poder declarar el GTM terminado:

(1) Ampliación de M1: ampliar la superficie primaria del telescopio (abreviada M1) de la apertura funcional actual de 32 metros de diámetro a los 50 metros del diseño original de la antena. Esta acción implica la adquisición de los sub-paneles correspondientes, así como su instalación y alineación en la antena.

(2) Actuadores: implementar la superficie primaria activa mediante el diseño, adquisición, instalación y puesta en operación de 720 actuadores capaces de posicionar en tiempo real y con la precisión necesaria las cuatro esquinas de cada panel de la superficie primaria del telescopio.

(3) Sistema M2: dotar al telescopio de un espejo secundario (abreviado M2) adecuado, siendo que el espejo provisional de aluminio actualmente instalado iluminaría solo parte de la superficie primaria de 50 metros. Es necesario contar con un espejo M2 más ligero, manufacturado en fibra de carbono, y dotar a la antena de un sistema posicionador adecuado para el nuevo secundario.

A continuación se describe el plan trazado para alcanzar estos tres objetivos, con el mayor énfasis en completar la superficie primaria. Una vez terminado el telescopio, los esfuerzos del grupo que conformará el Observatorio Nacional del GTM deberán concentrarse en asegurar la operación eficiente y el mantenimiento necesario del telescopio, así como en conservar su competitividad.

Ruta Crítica de Terminación

Ampliación M1

La ampliación de la superficie primaria contempla incrementar el área funcional actual de 32 metros de apertura a los 50 metros disponibles en la estructura de la antena, manteniendo un alto grado de precisión en la alineación de sus componentes. La superficie M1 se compone 180 paneles reflectores distribuidos en cinco anillos concéntricos: 12 paneles en el primer anillo, 24 en el segundo y 48 en cada uno de los tres anillos exteriores. Cada panel está formado a su vez por 8 sub-paneles, por lo que el diseño de la superficie M1 considera 1440 sub-paneles.

Los 384 sub-paneles correspondientes a los 84 paneles de los primeros tres anillos de M1 fueron manufacturados por la empresa italiana Media Lario en 2005 y 2006, e instalados en la antena en 2006. En 2013 los paneles pudieron ser integrados y alineados hasta alcanzar una precisión de 59 micras en la parte interna de la superficie M1, valor consistente con las especificaciones originales del telescopio y necesaria para un desempeño competitivo a una longitud de onda de un milímetro. Se cuenta también con los 48 paneles del cuarto anillo, cuyos sub-paneles fueron manufacturados por la empresa Checa INCOD. Estos paneles fueron integrados en la antena a partir de 2009 y están en proceso de alineación, buscando poder emplearlos en el corto plazo y ampliar la superficie funcional del GTM a 41 metros de apertura. Al no contar con una capa protectora de rodio, los sub-paneles del cuarto anillo y quinto anillo actualmente disponibles son propensos a un proceso de delaminación que impacta en su vida útil. Es necesario su reemplazo dentro de un lapso de dos años, a la par de la adquisición de los sub-paneles del quinto anillo. Esto significa la adquisición de 384 sub-paneles para completar la superficie mediante la implementación del quinto anillo, y otros 384 para substituir el cuarto anillo antes del final de su vida útil.

En resumen, el plan de ampliación de la superficie primaria del GTM considera: (i) La manufactura de los 384 sub-paneles del anillo 5 durante 2014, para su incorporación en la antena y la operación del GTM con una apertura “completa” de 50 metros a mediados de 2015, considerando el uso de los paneles sin rodio del anillo 4 hasta entonces. (ii) La manufactura de 384 sub-paneles para el anillo 4 en 2015 y asegurar con su instalación la integridad de la superficie M1 y la operación a largo plazo del telescopio.

Hemos entablado negociaciones con la compañía Media Lario, proveedora de los sub-paneles de los anillos 1, 2, y 3 del GTM, y líder en la manufactura de paneles de níquel electroformado a nivel mundial, quienes nos han proporcionado una cotización por 6,622,086 euros para la manufactura y entrega de los sub-paneles de los anillos 4 y 5. Estos recursos equivalen a poco más de 114 millones de pesos a la tasa de cambio de junio 2013 (17.28 pesos por euro). El plan de financiamiento, manufactura, y entrega de los sub-paneles se presenta en las tablas 1 y 2; contempla la entrega de los paneles del quinto anillo en 2014, a un costo de poco más de 3.7 millones de euros, y del cuarto anillo en 2015, a un costo de casi 2.9 millones de euros. Una vez entregados en el sitio serían instalados en la antena, funcionando ésta finalmente con una apertura de 50 metros a partir de 2015.

La integración de los sub-paneles y alineación exitosa de los paneles de los anillos 1, 2 y 3 por el grupo de trabajo del GTM nos permite garantizar que el proceso de alineación de la parte externa de M1 no conlleva ninguna dificultad técnica que no haya sido ya superada. Los nuevos sub-paneles del cuarto anillo se manufacturarían desde finales de 2014, con entregas a lo largo de 2015 y el reemplazo progresivo en la superficie de la antena a lo largo del año e inicios de 2016.

Sub-paneles anillo 5	Tiempo	Fechas nominales	Fracción	Presupuesto
Firma contrato	T0	1-sept-13	0%	-
Revisión del diseño de R5	T0+3M	30-nov-13	20%	€ 745,127.40
Revisión proceso manufactura	T0+4M	30-dic-13	30%	€ 1,117,691.10
Moldes y planta de manufactura	T0+8M	28-feb-14	10%	€ 372,563.70
Primera entrega de 96 sub-paneles	T0+10M	30-abr-14	10%	€ 372,563.70
Segunda entrega de 96 sub-paneles	T0+12M	30-jun-14	10%	€ 372,563.70
Tercera entrega de 96 sub-paneles	T0+15M	30-sep-14	10%	€ 372,563.70
Cuarta entrega de 96 sub-paneles	T0+18M	30-dic-14	10%	€ 372,563.70
TOTAL				€ 3,725,637.00

Tabla 4. Plan tentativo de manufactura y adquisición de los sub-paneles del anillo 5. T0 corresponde con la fecha de la firma del contrato y el tiempo se cuantifica en meses a partir de esa fecha. El término propuesto originalmente de 18 meses a partir del 1 de julio puede ajustarse a un inicio posterior manteniendo la terminación en 2014.

Sub-paneles anillo 4	Tiempo	Fechas nominales	Fracción	Presupuesto
Inicio de actividades	T1	1-oct-13	0%	-
Revisión del diseño de R4	T1+3M	30-dic-13	30%	€ 868,934.70
Moldes y planta de manufactura	T1+10M	30-jun-14	20%	€ 579,289.80
Primera entrega de 96 sub-paneles	T1+20M	31-mar-15	12.5%	€ 362,056.13
Segunda entrega de 96 sub-paneles	T1+22M	31-jun-15	12.5%	€ 362,056.13
Tercera entrega de 96 sub-paneles	T1+25M	15-sep-15	12.5%	€ 362,056.13
Cuarta entrega de 96 sub-paneles	T1+30M	31-dic-15	12.5%	€ 362,056.13
TOTAL				€ 2,896,449.00

Tabla 5. Plan de manufactura y adquisición de los sub-paneles del anillo 4. T1 corresponde con la fecha de inicio formal de actividades de manufactura del anillo 4, la cual puede ajustarse a una fecha posterior de inicio de actividades, conservando como fecha de entrega final el 31 de diciembre de 2015.

Implementar el plan de ampliación de la superficie del GTM requiere una disponibilidad de recursos a lo largo de treinta meses conforme a lo mostrado en la segunda columna de la tabla 3. Para el año 2013 se requieren 2.7M de euros, equivalente a 47.2M de pesos. Estos se cubrirán con los recursos fiscales disponibles para tal efecto en el presupuesto de inversión del INAOE (31.5M de pesos), los cuales buscamos complementar con la solicitud por 15.7M de pesos al Comité de Apoyos Institucionales. En 2014 se requerirán 2.44M de euros, equivalentes actualmente a 42.2M de pesos, y en 2015 1.45M de euros, equivalentes actualmente a 25M de pesos.

La implementación de la superficie primaria activa (actuadores)

El GTM es único entre los telescopios milimétricos del mundo en considerar una superficie activa en su diseño. Las dimensiones y el peso de la antena son tales que incluso el alto grado de rigidez estructural no es suficiente para mantener la forma parabólica con la precisión necesaria en distintas posiciones y en distintas condiciones térmicas. El diseño del GTM contempla proveer al telescopio con una sofisticada superficie activa mediante un sistema de 720 actuadores inteligentes ubicados en las cuatro esquinas de cada uno de los 180 paneles. Durante la primera temporada de primera ciencia el telescopio operó con una superficie pasiva, realizando observaciones astronómicas dentro de un rango estrecho de elevaciones.

El sistema original de actuadores no alcanzó plenamente las exigentes especificaciones de posicionamiento de las esquinas de los paneles en las condiciones de carga existentes. Un rediseño de los actuadores por el Centro de Ingeniería del INAOE permitió mejorar su desempeño y con ello realizar las observaciones de la Primera Luz en junio de 2011. Hemos trabajado con el objetivo de alcanzar una precisión de posicionamiento de 10 micras y un nivel de confiabilidad superior al 95% en este año. Implementaremos este sistema optimizado en los anillos 1, 2 y 3, por un periodo de dos años a partir del segundo semestre de 2013, permitiendo cubrir todo el rango de elevaciones en un futuro inmediato. A largo plazo será necesario su reemplazo para garantizar la operación del telescopio. Esto nos ha llevado a desarrollar un plan de adquisición de 720 actuadores a un costo de 2,500 dólares por actuador, resultando en un total de 23.4 millones de pesos distribuido entre 2014 y 2015. Este presupuesto se incluye en los requerimientos de la superficie primaria mostrados en la tabla 3.

La terminación del espejo secundario (Sistema M2)

El diseño del espejo M2 del GTM contempla una superficie de 2.6 metros de diámetro manufacturado en fibra de carbono con una tolerancia de 15 micras, posicionado mediante un sistema activo en forma de hexapodo. El secundario original fabricado en fibra de carbono quedó fuera de la precisión requerida, teniendo actualmente una precisión de alrededor de 60 micras. Fue necesario manufacturar un espejo de aluminio maquinado, para uso provisional, el cual tiene una precisión de 39 micras en la parte interna de 1.7 metros de diámetro, aceptable en estas primeras fases de operación, e ilumina los 32 metros internos de M1. La ampliación a 50 metros de apertura de M1 debe ser acompañada de la manufactura de un nuevo espejo secundario de fibra de carbono con una precisión consistente con la especificación original y capaz de iluminar la superficie primaria en su totalidad. Estamos trabajando en propuestas de manufactura con costo aproximado de 6 millones de pesos, más 7 millones de pesos para un nuevo sistema de posicionamiento.

Presupuesto de terminación

La tabla 3 muestra el presupuesto requerido para el plan de terminación del GTM entre 2013 y 2015, presuponiendo cotizaciones de 17.28 pesos y 13.0 pesos para el euro y el dólar respectivamente, mismas que pueden ser revisadas de manera continua para actualizar el plan. De acuerdo con los puntos ya expuestos, este presupuesto se compone de la siguiente manera:

(1) Ampliación de la superficie M1: anillo 5 dividido entre 2013 y 2014 en 1,862,819 € anuales; y anillo 4 separado en 868,935 € en 2013, 579,290 € en 2014, y 1,448,225 € en 2015.

(2) Actuadores: el sistema de superficie activa está separado en 900,000 dólares en 2014 y 900,000 dólares en 2015.

(3) Sistema M2: espejo secundario y sistema de posicionamiento por un total de 13 millones de pesos en 2014. Los recursos requeridos para el 2013 estarían disponibles con 15.7 millones de pesos adicionales a los 31.5M recibidos dentro del rubro de inversión en el PEF.

Año	Ampliación M1 (pesos)	Actuadores (pesos)	Sistema M2 (pesos)	Total plan de terminación (pesos)
2013	\$47,204,695	\$0	\$0	\$47,204,695
2014	\$42,199,631	\$11,700,000	\$13,000,000	\$66,899,631
2015	\$25,025,319	\$11,700,000	\$0	\$36,725,319
TOTAL	\$114,429,646	\$23,400,000	\$13,000,000	\$150,829,646

Tabla 6. Presupuesto requerido para el plan de terminación del GTM. Cifras en pesos.

Actualmente el GTM funciona como una antena de 32 metros de apertura que ha alcanzado un nivel competitivo. Los distintos sub-sistemas del telescopio funcionan de manera correcta, permitiendo el uso científico del telescopio. El plan aquí propuesto permitirá lograr el pleno potencial del GTM, con una apertura de 50 metros y un área efectiva dos y medio veces mayor con la de otra antena

El presupuesto del Observatorio Nacional del GTM

De acuerdo al Memorándum de Entendimiento entre el INAOE, el CONACYT y la Universidad de Massachusetts, una vez que el telescopio se declare terminado se establecerá el ON-GTM. De acuerdo al plan presentado en este documento, el ON-GTM empezará a operar como tal a partir del año 2016. La operación del GTM en la etapa actual de transición entre el proyecto GTM y el ON-GTM se realiza en 2013 en base a un presupuesto de 77.5 millones de pesos en gasto corriente: 53.5 millones provenientes del PEF y un complemento de 24 millones de pesos. El presupuesto operativo del telescopio tenderá a reducirse en la medida que las actividades dejen de relacionarse con el trabajo de ampliación de la antena y se concentren en la operación del observatorio. Consideramos una base de 55 millones de pesos de recursos fiscales, la operación puede garantizarse con fuentes adicionales, en particular procurando la aportación de recursos por parte de la Universidad de Massachusetts.

Para mantener la competitividad del telescopio a mediano y largo plazo es necesario implementar un programa continuo de desarrollo de instrumentación, a desarrollar mayormente en las instalaciones del INAOE. Hemos logrado desarrollar prototipos de detectores en el Laboratorio de innovación en MEMS (LiMEMS) del INAOE, bajo el objetivo firme de crear instrumentación milimétrica de frontera en México. Las necesidades de este programa equivalen a un millón de dólares, o 13 millones de pesos anuales.

Bajo las consideraciones de la terminación del telescopio, de la operación del mismo y del programa de instrumentación, podemos elaborar una estimación del presupuesto total para el telescopio para los próximos años, misma que se muestra en la tabla 7.

Año	Plan de Terminación (pesos)	Plan de instrumentación (pesos)	Inversión total (pesos)	Operación PEF (pesos)	Operación aportación (pesos)	Presupuesto total operación
2013	\$47,204,695	\$0	\$47,204,696	\$53,500,000	\$24,000,000	\$77,500,000
2014	\$66,899,631	\$13,000,000	\$79,899,631	\$55,000,000	\$20,000,000	\$75,000,000
2015	\$36,725,319	\$13,000,000	\$49,725,319	\$55,000,000	\$15,000,000	\$70,000,000
2016	\$0	\$13,000,000	\$13,000,000	\$55,000,000	\$15,000,000	\$70,000,000

Tabla 7. Presupuesto del Observatorio Nacional del GTM. El presupuesto de inversión considera los planes de terminación y de instrumentación, con la terminación del telescopio dentro del presupuesto de 2015, y la operación estable del ON-GTM a partir de 2016. La operación considera una base de 55 millones de pesos en PEF y una aportación suplementaria.

A largo plazo el mantenimiento del GTM implicará requerimientos de inversión relacionados con la sustitución y renovación de componentes del telescopio y de la planta física del sitio. Podemos prever que en un futuro cercano será necesario reemplazar algunas componentes del sistema DCU, a la par que en el pasado hemos tenido contingencias como la necesidad de sustituir la sub-estación eléctrica. Los montos asociados con estos requerimientos están muy por debajo de lo necesario para terminar el telescopio.

Conclusiones

El GTM es ahora una infraestructura científica en el rango milimétrico creíble y competitiva, con mejoras en el desempeño y eficiencia aún por venir. La comunidad nacional e internacional reconocen por primera vez, habiendo sido testigos de los avances en la solución de retos técnicos existentes, que el GTM puede cumplir con los objetivos inicialmente planteados, que incluyen estudios fundamentales del universo frío y oscuro y la formación y evolución de materia durante los 13.8 mil millones de años que forman la historia del universo.

El GTM es un telescopio de clase mundial en el que la comunidad científica mexicana tiene acceso al 70% del tiempo de observación. El INAOE considera como parte fundamental de su tarea el garantizar que el GTM alcance su pleno potencial, teniendo un impacto positivo en la astronomía a nivel mundial, en la formación de nuevos recursos humanos y en el desarrollo de grupos académicos en nuestro país.