

## 5.- Informe de Autoevaluación Primer semestre Enero-Junio 2016

### INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

#### Introducción

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 elevar el bienestar social. El proceso de globalización de la economía, demanda urgentemente un programa de investigación y desarrollo tecnológico de amplio alcance en nuestro país. La trascendencia del desarrollo científico y tecnológico debe ir más allá de los factores económicos, que indudablemente son indispensables pero no suficientes para garantizar una mejor calidad de vida.

La misión del INAOE es contribuir 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 la formación de especialistas en las áreas de Astrofísica, Óptica, Electrónica, Ciencias Computacionales y campos afines. El INAOE está comprometido con el desarrollo nacional a través de la promoción de valores sociales de solidaridad, creatividad y competitividad. Con este fin, el Instituto ha definido metas concretas dentro de su Plan Estratégico de Mediano Plazo.

Durante los últimos años, el INAOE ha mantenido una productividad constante en la investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos. La productividad científica en este primer semestre, se manifiesta en un promedio de 0.99 (138 artículos/140 investigadores e Ingenieros- Tecnólogos) artículos arbitrados publicados en revistas internacionales, una producción de 0.44 (61 memorias/140 investigadores e Ingenieros- Tecnólogos) memorias presentadas en congresos internacionales y nacionales por investigador y 0.36 (50/140 investigadores e Ingenieros- Tecnólogos) proyectos con financiamiento CONACYT, por investigador durante el primer semestre del año.

Todos los trabajos del INAOE están alineados al Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI), a través del Plan Estratégico de Mediano Plazo 2013-2018 (PEMP) del Instituto. El PEMP plasma las metas a alcanzar cada año en todos los rubros del quehacer científico y tecnológico, así como en las presupuestales. En este sentido, la Dirección General del Instituto, busca siempre optimizar los recursos asignados al centro, haciendo que la inversión en ciencia y tecnología presente cada vez un mayor retorno al país, mejorando así la calidad de vida de todos los ciudadanos.

Como se manifiesta en el presente informe, las metas de publicación, la participación en congresos y conferencias, la incorporación de investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y el número de graduados, constituyen uno de los elementos que dan como consecuencia que las metas planteadas en el Plan Estratégico de Mediano Plazo y en el Plan de Trabajo Anual de 2016, se estén cumpliendo exitosamente.

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 a través del programa de Cátedras CONACYT.

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 éste y los últimos períodos de evaluación.

De fundamental importancia es la formación de recursos humanos, las metas planteadas para el 2016 son de 60 graduados de maestría y 30 graduados de doctorado. En este periodo de evaluación se graduaron 32 estudiantes (12 de maestría y 20 de doctorado). Se tuvo una matrícula de 336 alumnos, de los cuales se dieron de baja 11 y se graduaron 32, por lo que al mes de junio se contó con una población activa de 293 estudiantes.

Aunque la población promedio de estudiantes de posgrado en el Instituto se ha mantenido prácticamente constante en los últimos diez años, es imposible garantizar que cada año se graduará un cierto número de estudiantes. Esto es porque los tiempos para realizar el trabajo de tesis, son fuertemente dependientes del tema de investigación, de la actitud y conocimientos del alumno, así como 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 en otros, en largos. También se involucran otras variables fuera del control del Instituto, como son los aspectos personales de cada alumno (accidentes, embarazos, problemas personales, actitud, 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 Estratégico de Mediano Plazo, asentadas en los indicadores 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 año con año.

La formación de recursos humanos no se limita a los Posgrados. Muchos estudiantes externos realizan tesis de Licenciatura, Servicio Social, Prácticas y Residencias Profesionales, y Estancias de Investigación en nuestras instalaciones. En el INAOE el número de estudiantes atendidos al mes de junio fue de 308 alumnos de otras instituciones: 83 prestadores de servicio social, 191 prácticas profesionales y 34 tesis de licenciatura.

A junio de 2016, nueve programas de posgrado del INAOE forman parte del Padrón de Posgrados de Calidad del CONACyT (cuatro de Competencia a Nivel Internacional, cuatro Consolidados y uno de Reciente Creación), y se hacen los esfuerzos encaminados a mejorar la calidad de los programas de manera que año con año se alcance el máximo nivel en el PNPC.

Se han continuado y expandido las acciones de divulgación y difusión científica del INAOE dirigidas al público en general. Algunos temas destacados en este semestre son la FILEC, la designación del Director General del INAOE para el periodo 2016-2021, la cumbre internacional AFI 360°, el descubrimiento de unas estrellas Wolf Rayet por parte de astrofísicos del INAOE, el

primer lugar del robot Sabina en el Torneo Mexicano de Robótica, la Escuela Internacional de Cristalografía, el proyecto europeo TESLA en el que participa el Laboratorio de Tecnologías del Lenguaje y las observaciones de Épsilon Eridani con el GTM, entre otros.

En materia de vinculación productiva y social, las metas propuestas se han alcanzado exitosamente con proyectos con la Secretaría de la Marina Armada de México (SEMAR), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Petróleos Mexicanos (PEMEX), entre otros. Es de destacar la labor que se ha hecho con la SEMAR 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. La colaboración con la CFE se mantiene constante, a pesar de las fluctuaciones que se tenían previstas como consecuencia de las reformas estructurales en el país. El Laboratorio de Colorimetría continuó con los servicios a diversas empresas. También debemos destacar la participación del Instituto en los Laboratorios Nacionales; el de Supercómputo del Sureste y el de Física de la Visión.

El Centro Regional para la Enseñanza en Ciencia y Tecnología del Espacio para América Latina y el Caribe (CRECTEALC), ha continuado ofreciendo cursos de Percepción Remota y Comunicaciones Satelitales, tanto a mexicanos como a extranjeros. De hecho, el CRECTEALC ha proporcionado un gran apoyo al programa de Maestría en Ciencias en la Especialidad en Ciencia y Tecnología del Espacio, por la estrecha relación que los campos de estudio guardan entre sí.

#### Planta Académica:

El personal académico con el que cuenta el Instituto a junio de 2016, es de 140 investigadores e Ingenieros-Tecnólogos. De los cuales 8 se incorporaron mediante el programa de Cátedras CONACyT (3 de ellos recientemente), y realizan todas sus labores de investigación, desarrollo tecnológico y docencia en este Instituto. Asimismo, 119 son Investigadores Titulares y 13 son Ingenieros-Tecnólogos.

	Asociado "C"	Titular "A"	Titular "B"	Titular "C"	Titular "D"	Total
Astrofísica	1	10	9	8	4	32
Óptica	0	6	11	13	2	32
Electrónica	0	8	18	5	1	32
Ciencias Computacionales	2	7	7	7	0	23
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>31</b>	<b>45</b>	<b>33</b>	<b>7</b>	<b>119</b>
%						

Conformación de la planta académica, categorías de Investigadores Titulares, sin incluir a los Catedráticos CONACyT.

	Tecnólogo Asociado e Ing. "C"	Tecnólogo Titular "A"	Ingeniero Titular "A"	Ingeniero Titular "B"	Ingeniero Asoc "C"	Total
Astrofísica	3	1	0	0	0	4
Óptica	1	0	1	0	1	3
Electrónica	0	0	1	1	0	2
Ciencias Computacionales	1	0	0	0	0	1
Desarrollo Tecnológico	3	0	0	0	0	3
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>13</b>
%						

Conformación de la planta académica, categorías de Ingenieros y Tecnólogos Titulares, sin incluir a los Catedráticos CONACyT.

	Astrofísica	Óptica	Electrónica	Total
<b>Cátedras</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8</b>

Catedráticos CONACyT por área.

Es importante notar que el 87% de la planta está conformada por Investigadores Titulares, de los cuales el 71% está en las categorías más altas (B, C y D). Esto también es indicativo de la edad promedio de la planta académica, que se ha rejuvenecido a través de las contrataciones, resultado del programa de Cátedras CONACyT.

En el mes de febrero, se reunió la Comisión Dictaminadora Externa del Instituto para evaluar la trayectoria de 24 investigadores, a los que se les vencía el contrato o que solicitaban promoción. Los detalles del resultado de esta evaluación se muestran a continuación.

	Ratificación	Promoción	No Promoción	Total
Astrofísica	1	2	0	3
Óptica	1	0	1	2
Electrónica	2	6	3	11
Ciencias Computacionales	3	5	0	8
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>24</b>

Resultados de la evaluación de la Comisión Dictaminadora Externa.

Área	Sin "SNI"	Candidato	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
Astrofísica	4	1	15	10	6	36
Óptica	6	1	12	9	7	35
Electrónica	3	0	20	10	1	34
Ciencias Computacionales	1	2	11	7	2	23
Desarrollo Tecnológico	4	0	0	0	0	4
Cátedras	2	4	1	1	0	8
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>59</b>	<b>37</b>	<b>16</b>	<b>140</b>

Número de investigadores en el INAOE y su distribución en el SNI.

En la tabla anterior, se observa que 120 de un total de 140 investigadores pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (86%), la misma tendencia se observa en las cátedras donde 6 de los 8 catedráticos están adscritos al SNI.

#### Producción Académica:

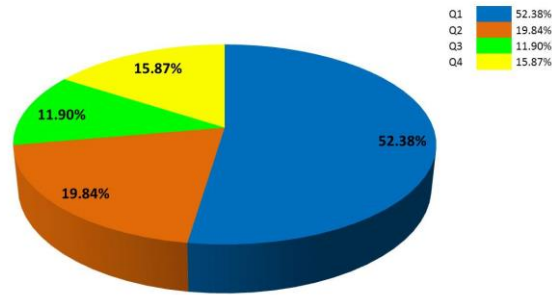
Este primer semestre ha sido muy productivo en términos de publicaciones arbitradas en revistas y memorias de congreso en extenso, y se espera que esta tendencia se mantenga para el segundo semestre. La planta académica sigue orientando sus esfuerzos de publicación principalmente en revistas arbitradas internacionales, dando preferencia a las indizadas en el "Journal Citation Reports". Todo esto, sin descuidar el número de publicaciones en memorias técnicas en extenso, que sigue siendo importante en algunas coordinaciones. Las publicaciones generadas por los investigadores del Instituto durante el primer semestre del año, se muestran en la siguiente Tabla.

	Arbitrados	Indizados	Cuartil 1	Cuartil 2	Cuartil 3	Cuartil 4
Astrofísica	45	44	37	2	2	3
Óptica	24	20	11	1	7	1
Electrónica	41	36	6	12	6	12
C. Comp.	28	26	12	10	0	4
<b>Totales</b>	<b>138</b>	<b>126</b>	<b>66</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>20</b>

Artículos publicados en el primer semestre de 2016.

Es de notar que la gran mayoría de los artículos (126 de 138) se publicaron en revistas indizadas. Asimismo, como se indica en la tabla anterior, un porcentaje importante de los artículos indizados se publicaron en revistas en los dos primeros cuartiles, reforzando así la calidad de los trabajos de investigación del Instituto. La distribución por cuartiles de estas publicaciones se muestra en la siguiente Gráfica.

Artículos indizados (126) por cuartil



Cuartil 1 + Cuartil 2 = 91 ( 72.22% )

Distribución de las publicaciones indizadas por cuartil.

En la siguiente Tabla, se destacan otros productos, resultado de los trabajos de Investigación durante el primer semestre del 2016.

	Artículos no Arbitrados	Memorias en Extenso	Libros	Capítulos de Libro	Artículos Arbitrados Aceptados
Astrofísica	-	7	5	1	12
Óptica	-	1	-	2	4
Electrónica	-	31	2	8	3
C. Comp.	4	22	-	6	5
<b>Totales</b>	<b>4</b>	<b>61</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>24</b>

Otros productos de investigación.

Considerando los 138 artículos arbitrados, la proporción de avance de la meta para 2016, que es de 200 artículos, se ha alcanzado en un 69%; si a éstos se le suman los 24 aceptados en el periodo, el porcentaje de avance llega al 81%, quedando una diferencia de 38 artículos para el segundo semestre, lo que nos permite confiar en que la meta sea alcanzada y rebasada. Adicionalmente, la Dirección General del Instituto está haciendo los esfuerzos posibles por incentivar la publicación en revistas que aparezcan en los dos primeros cuartiles de cada área.

## Investigación Científica

El resumen de los proyectos vigentes durante el primer semestre de 2016, se muestra en la siguiente Tabla, haciendo hincapié en que algunos de éstos son de carácter multi-anual.

	CONACyT	Marina	CFE	Otros	Admin.	Ext.	Inter-Instit.	Totales
Astrofísica	22	0	0	0	1	4	16	43
Óptica	5	0	0	0	1	4	10	20
Electrónica	7	0	0	1	1	3	5	17
C. Comp.	16	7	1	4	1	15	3	47
<b>Totales</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	<b>127</b>

Proyectos vigentes durante el primer semestre 2016.

Del mismo modo, se muestra en la siguiente tabla el monto captado por medio de Fondos institucionales mixtos, sectoriales y transferencias del CONACyT para convenios y proyectos específicos durante el primer semestre de 2016.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO	RECIBIDO ENERO-JUNIO 2016
Fondos Sectoriales	10,055,835.15
Transferencias CONACyT	14,618,000.00
**Otros	23,033,308.30
<b>TOTAL:</b>	<b>47,707,143.45</b>

Fuente de financiamiento y monto de los proyectos de investigación.

\*\* Fondos de PEI, de contratación por empresas y convenios marco celebrados con la Secretaría de Marina

### Algunos proyectos relevantes

- HAWC.-** Debido al gran éxito, el observatorio de rayos gamma HAWC alcanzó la denominación de Laboratorio Nacional, en este periodo se pudo realizar el mapa más detallado del Universo en rayos gamma ultra energéticos, como resultado de un año de operación. HAWC observa más de 40 fuentes astrofísicas en el plano de nuestra galaxia, 25% de ellas fueron identificadas por primera vez. Como parte de su monitoreo del Universo, HAWC alerta a la comunidad científica de ráfagas provenientes de hoyos negros supermasivos en galaxias lejanas. Por último se está llevando a cabo el proyecto de extensión de HAWC, a fin de cuadruplicar su capacidad para detectar los rayos gamma de las más altas energías.

- **Generación cuántica de números aleatorios.** La superposición cuántica, es la propiedad mecánico-cuántica que tiene una partícula, para estar en distintos estados cuánticos al mismo tiempo. Esta coexistencia de estados cuánticos puede ser utilizada para explotar la capacidad de información en un sistema físico asociado. En óptica cuántica los fotones individuales son los cuantos de luz, y sus propiedades les permiten estar superpuestos de manera enredada entre muchos canales, lo que los hace favorables para obtener esquemas de procesamiento de información cuántica. En particular los fotones en un estado  $W$ , representan una clase de estados cuánticos máximamente enredados, altamente robustos ante el decaimiento. Hemos reportado la generación y verificación de estados  $W$  de un fotón individual en 16 modos espaciales y explotado su superposición multi-modal para la generación en chips de números aleatorios genuinos.

### Formación de Capital Humano

Durante el primer semestre de 2016, se graduaron 32 estudiantes de los programas de posgrado del Instituto, siendo la meta comprometida para el 2016 de 90; (60 de los programas de maestría en ciencias y 30 de los de doctorado). Cabe hacer mención que este número se incrementará para el segundo semestre debido a que la mayoría de los estudiantes planea obtener el grado para el mes de noviembre, durante los festejos del Aniversario del INAOE. La distribución de graduados por área se muestra en la siguiente tabla. Se hace notar que 3 de los graduados (dos en programas de maestría y uno de doctorado) son extranjeros.

Programa / Grado	Maestría	Doctorado	Totales
Astrofísica	0	2	2
Óptica	0	6	6
Electrónica	9	7	16
Ciencias Computacionales	3	5	8
<b>Totales</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>32</b>

Alumnos graduados durante el primer semestre de 2016.

### Transferencia tecnológica

Del mismo modo, las actividades de transferencia tecnológica se continúan realizando por parte de la Dirección de Desarrollo Tecnológico, mediante proyectos para la industria nacional y está en proceso de maduración del Anexo Tecnológico, vecino a las instalaciones del Instituto en Tonantzintla, algunas áreas de esta nave atenderán más proyectos en el futuro.

En este periodo se logró firmar 13 contratos o convenios de transferencia de conocimiento, innovación tecnológica, social, económica o ambiental, firmados vigentes alineados al PECITI, el cual se espera mejorar durante el segundo semestre, ya que se tiene en marcha la firma de convenios con la VOLKSWAGEN, SEMAR y KATHREIN – MOBILCOM MÉXICO.



No.	NOMBRE	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS	MONTO DEL CONVENIO
1	PEMEX-LOGÍSTICA 2016-1	PEMEX	10.633.480,58
2	Dispositivo micro-nano Electrónico de Geo Localización de Redes Móviles con Eficiencia Energética	SEGOB	1.081.500,00
3	Maestría en Ciencias en Comercialización de la Ciencia y Tecnología	FINNOVA	330.609,00
4	Sistema para la Gestión de la Normalización Institucional	C.F.E. CONACYT	1.145.640,00
5	Garfío III	SEMAR	13.117.812,78
6	Análisis de calidad de fibras textiles por procesamiento de imágenes	MAQUINSA	516.000,00
7	Prototipo de un Centro de Mando y Control Aerotransportado (C.M.C.A.) del CMC.SIVA.EMDN (FASE II)	SEDENA	689.655,17
8	Diplomados en Matemáticas (703 profesores)	Varios	647.967,50
<b>LABORATORIO DE COLORIMETRÍA</b>			
9	Servicios de calibración y mantenimiento (24 empresas atendidas)	Varios	159.061,31
10	Cursos (6 empresas atendidas)	Varios	766.200,00
11	Plataforma de Aplicaciones Geoestadísticas de firmas Multiespectrales y base de datos de Cultivos Agrícolas Utilizando Drones, Sensores y Vehículos Terrestres para generar Agricultura de Precisión	VERSTAND TECNOLOGÍAS S.A. DE C.V.	\$ 1.205.000,00
12	Desarrollo de un Sistema Ubicuo Basada en Algoritmo Auto-Adaptativo, Retro-Alimentado con las Recomendaciones Resultantes del Analisis BIGDATA y Emitida Valores de Referencia de Tasacion y Inmobiliaria	DEVISING SOLUTION SAPI DE CV	\$ 5.040.567,00
13	ICON: Desarrollo de una Infraestructura de Cómputo en la Nube con Sistema de Autoayuda Basada en Código Abierto	T-SYSTEMS	\$ 1.622.088,00

Convenios o contratos de transferencia tecnológica.

En este periodo de evaluación, la Oficina de Transferencia Tecnológica y Conocimiento (OTTC) ha continuado su proceso de consolidación a través del apoyo, guía y gestión en los temas de Propiedad Intelectual (PI) que genera la comunidad del INAOE, principalmente en las figuras jurídicas de protección como son Patentes y Marcas. Se continúa con la estrecha colaboración con el IMPI, en particular con la oficina regional centro (con sede en Puebla). Por otra parte, se fortalece el recurso humano con la participación en la Maestría en Ciencias en Comercialización de la Ciencia y Tecnología.

Durante este periodo también, la OTTC ha conformado el Comité de Evaluación de Propiedad Intelectual (CEPI) con los objetivos principalmente de:

- Dictaminar la procedencia de registro de Propiedad Intelectual (PI) generada por personal del INAOE, ya sea bajo la figura de Propiedad Industrial y/o Derecho de Autor, en especial aquellas que a solicitud del inventor y/u Oficina de Transferencia de Tecnología y Conocimiento se pretenda llevar a cabo el registro de forma internacional.
- Tratar y resolver/recomendar sobre cualquier caso especial en cuanto a la situación, condiciones, línea de acción que involucre la PI de la institución.

El CEPI está integrado por:

Área	Nombre del personal
La Dirección de Desarrollo Tecnológico	M. en C. Iván Olivera Romero
La Dirección de Formación Académica.	Dr. José Javier Báez Rojas
La OTTC	M. en C. Darío César Peregrina Albores
La Coordinación de Astrofísica	Dr. Daniel Ferrusca Rodríguez
La Coordinación de Óptica	Dr. David Julián Sánchez de la Llave
La Coordinación de Electrónica	Dr. Guillermo Espinosa Flores-Verdad
La Coordinación de Ciencias de la Computación	Dra. Claudia Feregrino Uribe

La OTTC continúa con la búsqueda de información tecnológica relacionada con patentes, a través de la suscripción de la licencia de uso de la herramienta "THOMSON INNOVATION PATENT SEACH" en su modalidad analista, como un apoyo y servicio a la definición y análisis de patentabilidad de las tecnologías generadas por personal del INAOE. Es importante mencionar que la herramienta de búsqueda ya no genera un costo directo a la institución, gracias a la adquisición de la licencia centralizada por parte del CONACyT y la gestión que hiciera la OTTC.

Por último y a continuación, se presentan las tablas y gráficas del estado de la PI desde 2014, hasta el presente periodo, destacando que en este primer semestre de 2016, la OTTC-INAOE realizó dos registros de solicitud de patente nacional, en este mismo periodo fueron otorgados dos títulos de patente, uno nacional que fuera solicitado en 2012 y otro extranjero (USA) solicitado en 2013, así también fueron otorgados dos títulos de marca solicitados en 2015.

Propiedad Intelectual INAOE 2014 - 2016				
		2014	2015	2016
Derechos de Autor	Solicitud	1		
	Otorgada			
Patente	Solicitud	4	11	2
	Otorgada	1	5	2
Modelo de Utilidad	Solicitud		1	
	Otorgada		1	
Marca	Solicitud		3	
	Otorgada	1		2

Propiedad Intelectual, solicitada y otorgada 2014-2016

### Difusión

Una de las acciones institucionales más relevantes para el INAOE a lo largo de los últimos años, ha sido el incremento de la difusión de sus actividades sustantivas, en particular, la divulgación de la ciencia en general. Este primer semestre no fue la excepción.

Durante el primer semestre de 2016, el INAOE rebasó ligeramente la meta establecida para el año 2016 en el Plan Anual de Trabajo. Durante este semestre, en total hubo 98 grupos de visitantes al Instituto en las dos modalidades de visitas matutinas y observaciones nocturnas. Asimismo, se ofrecieron ocho capacitaciones del programa "Del Aula al Universo", y se realizaron 89 actividades de divulgación externa entre talleres infantiles, veladas astronómicas, ferias de ciencia y conferencias. Lo anterior da un total de 196 actividades de divulgación durante el periodo, y ubica el indicador en .90. En sólo medio año está por arriba del .83 de la meta establecida en el Programa Anual de Trabajo.

A continuación presentamos un resumen de lo más destacado en este rubro durante los primeros seis meses de 2016.

INDICADORES	Enero- junio 2016
Artículos presentados en diversos medios impresos y digitales	536
Conferencias de divulgación*	132
Programas radiofónicos y televisivos	121
Visitas al INAOE**	20943
Público atendido en actividades fuera de la institución	19995
<b>Total de público atendido por el INAOE en el periodo</b>	<b>40938</b>

Tabla de Indicadores de Difusión

\* Conferencias del Programa de Visitas al INAOE más conferencias impartidas fuera de la institución.

\*\* Número de personas atendidas en las instalaciones del INAOE. Este número incluye programa de visitas guiadas y FILEC.

### **Conclusión**

Finalmente, el INAOE ha tenido un buen cumplimiento respecto a los indicadores del Convenio de Administración por Resultados (CAR), debido a que de los 23, se han rebasado 5, uno se alcanzó al 100%, del mismo modo 5 de ellos están con un avance del 66 al 85%, y sólo tres se encuentran por debajo del 40%. En general el desempeño es favorable, esto se debe en gran parte al esfuerzo de la comunidad del Instituto. Lo que demuestra que a pesar de las dificultades presentadas por el entorno económico, se ha podido dar continuidad a las actividades de investigación de parte del personal científico y tecnológico, contra restando toda adversidad de manera positiva.

Por otro lado, se ha logrado actualizar las normatividades, como lo son: Políticas, Bases y Lineamientos en Materia de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios, Estatuto del Personal Académico Técnico en Investigación, Normas Generales para el Registro, Afectación, Disposición Final y Baja de Bienes Muebles, Lineamientos que regulan la Asignación de Viáticos y Pasajes Nacionales, Internacionales y de Campo, Políticas, Bases y Lineamientos en Materia de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios. Con estas acciones se están comenzando a llevar operaciones para la buena administración, e implementación de medidas para el buen uso y aprovechamiento de los recursos y capacidades del Instituto.

## GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO ALFONSO SERRANO

### Operación científica del GTM durante el primer semestre del año 2016

Las actividades científicas del GTM durante el primer semestre de 2016 (enero - junio), se enfocaron en llevar a cabo las observaciones científicas correspondientes a la cuarta temporada de observaciones 2015-ES4. Para dicha temporada, se recibieron 57 propuestas científicas al cierre de la convocatoria el 30 de septiembre de 2015, incluyendo 5 propuestas recibidas por medio del National Radio Astronomy Observatory (NRAO) solicitando la participación del GTM en observaciones de Interferometría de base muy larga (VLBI por sus siglas en inglés). De los 52 proyectos recibidos a través de la plataforma de recepción de propuestas del GTM, 32 propuestas solicitaron observaciones con la cámara AzTEC, 15 propuestas con el Receptor de corrimientos al rojo (RSR por sus siglas en inglés), 4 propuestas con ambos instrumentos, y 1 propuesta con la cámara de 1.3mm destinada a observaciones de VLBI y el Event Horizon Telescope (EHT). En total se solicitaron 892hr de observación (sin contar el tiempo solicitado para observaciones de VLBI a 3mm o 1.3mm), 558hr con AzTEC y 334hr con el RSR.

En cuanto a la solicitud de tiempo por instituciones, se recibieron 23 propuestas con Investigador Principal (IP) del INAOE (423hr), 3 propuestas con IPs en colaboración de INAOE y UMass (113hr), 2 propuestas con IP del IRyA-UNAM (28hr), 1 propuesta con IP del IA-UNAM (22hr) y 23 propuestas con IP de la UMass (307hr). Las propuestas recibidas para esta temporada 2015-ES4 incluyeron participantes (investigadores y estudiantes) de 19 países (México, Estados Unidos de América, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, Italia, Francia, Alemania, Corea del Sur, Países Bajos, Nueva Zelanda, España, Suecia, Reino Unido, Taiwán y China) y de las siguientes instituciones mexicanas:

- Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)
- Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Instituto de Astronomía, UNAM, Ensenada.
- Instituto de Radio Astronomía y Astrofísica, UNAM
- Instituto de Geofísica Unidad Morelia, UNAM
- Universidad Autónoma de Chiapas
- Universidad de Guanajuato

Durante la temporada 2015-ES4, se obtuvo un total de 277hr de datos (aproximadamente 31% del tiempo total solicitado) a partir de observaciones de objetivos científicos. De acuerdo a la afiliación de los IPs de las propuestas, el tiempo de observaciones científicas se distribuyó de la siguiente manera: 58% INAOE y otras instituciones mexicanas, y 41% UMass. Aproximadamente 39% del tiempo total observado corresponde a datos tomados con la cámara AzTEC a 1.1mm y 61% a datos con el RSR a 3mm. Además, se dedicaron 4 noches del mes de abril de 2016 para observaciones de VLBI a 1.3mm (figura 2), como parte de las actividades de preparación para las observaciones del EHT que se realizarán en el primer semestre de 2017.

Es importante recordar que el EHT es un proyecto que propone hacer observaciones de VLBI, combinando 9 telescopios milimétricos en distintas partes del mundo (e.g. tener una línea de base del tamaño del diámetro terrestre), para resolver el horizonte de eventos y medir el tamaño del agujero negro súper-masivo del centro de nuestra galaxia y de M87, una galaxia localizada a unos 50 millones de años luz de distancia, en el cúmulo de Virgo. Estas observaciones tendrán un gran impacto no sólo desde el punto de vista astronómico, sino de física en general, ya que permitirán estudiar y ayudar a entender cómo se forman y coliman los jets de las galaxias, los procesos de acreción de material hacia los agujeros negros, y poner a prueba la teoría general de la relatividad de Einstein en condiciones gravitacionales extremas.

Además, es importante aclarar que la eficiencia en las observaciones de la temporada 2015-ES4, se vio fuertemente afectada por inclemencias climáticas, particularmente en los meses de enero y marzo, cuando las observaciones tuvieron que ser suspendidas por periodos de más de 10 días consecutivos. Además, aunque la conclusión de la temporada 2015-ES4 estaba programada para el 30 de junio de 2016, problemas técnicos con el hexápodo que se utiliza para enfocar la óptica del telescopio, obligaron a interrumpir las observaciones el 5 de mayo. Aunque la causa del problema en el hexápodo fue identificado inmediatamente después de su falla, la falta de disponibilidad de una grúa por problemas presupuestales impidió su reparación oportuna, perdiendo así los últimos dos meses de la temporada de observaciones. Sin considerar los periodos de tiempo de observación perdidos por razones climáticas, la conclusión de la superficie primaria de 50-m de diámetro y la instalación de un nuevo sistema óptico secundario (incluyendo un nuevo hexápodo).

El Plan de Terminación del GTM, aumentará considerablemente la eficiencia observacional del GTM en futuras campañas.

En el transcurso del primer semestre de 2016, cuatro artículos científicos basados en observaciones del GTM fueron aceptados para publicación en revistas indizadas de alto impacto (tres en la revista Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, MNRAS, y uno en el Astrophysical Journal, ApJ). Es importante resaltar que uno de estos artículos, liderado por una estudiante de doctorado del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA-UNAM, Morelia), presenta los primeros resultados derivados a partir de las observaciones a 3mm utilizando la técnica de VLBI incluyendo al GTM. Desde que se inició la operación científica del GTM en 2014 a la fecha, las observaciones del GTM han arrojado ya 10 publicaciones en revistas internacionales, especializadas, y de alto impacto, aproximadamente otros 20 artículos en diversas etapas de preparación.

### **Actividades de ingeniería**

En el verano de 2013, el CONACYT solicitó al proyecto GTM la elaboración de un "Plan de Terminación del Gran Telescopio Milimétrico" con 3 objetivos principales: 1) ampliar la superficie del reflector primario a 50-metros de diámetro, y además diseñar y fabricar actuadores y un sistema de control activo para corregir las deformaciones gravitacionales y térmicas de los segmentos en los anillos 4 y 5 durante las observaciones astronómicas; 2) diseñar y fabricar un espejo secundario de alta precisión para iluminar los 50-metros de diámetro de la superficie del reflector primario; 3) diseñar y fabricar una nueva generación del hexápodo para enfocar la óptica del telescopio de 50-metros. Un Comité Internacional Técnico de expertos independientes evaluó y

recomendó el seguimiento de este plan en diciembre de 2013, y el CONACYT adoptó el mismo en octubre de 2014.

- **Integración y alineación de los segmentos para completar la superficie del reflector primario de GTM-50m.**

Con los recursos otorgados mediante el apoyo de CONACYT durante el ejercicio fiscal de 2015, la empresa Media Lario (Italia), proveedora de los sub-paneles de níquel electro-formado para la superficie primaria interior de 32-m, ha entregado al principio de 2016 al INAOE el último lote de los 768 sub-paneles para los anillos externos. Este hito concluyó la manufactura de los sub-paneles para completar la superficie del reflector de 50-m de diámetro.

En el primer periodo de 2016, sin los recursos financieros suficientes de integrar la mayoría de los segmentos de los anillos 4 y 5, los ingenieros y técnicos del Laboratorio de Superficies Asféricas (LSA), continuaron con la preparación de los componentes individuales de los segmentos, y pruebas del armado de las placas-base y los sub-marcos. Cada segmento consiste de la integración y alineación de 2500 componentes individuales.

Estas actividades incluyeron el diseño y fabricación de dispositivos y guías para reparaciones de las placas-base y optimización del proceso de integración para lograr la construcción y alineación de 2 segmentos completos por semana. En el periodo finalizaron la preparación y procesado de 28 placas-base (58%) y 101 sub-paneles (26%) del anillo 5, y además la integración completa, alineación y transportación al sitio GTM de los primeros 8 segmentos del anillo 5. La baja tasa de producción de segmentos se debió a la insuficiente provisión de componentes de prueba y a la poca disponibilidad de materiales, considerando la falta de un presupuesto de inversión comprometido a las actividades del Plan de Terminación al inicio del año 2016.

- **Pruebas de los primeros artículos de los actuadores y sistema de control para los anillos exteriores del reflector primario**

Con los recursos fiscales del año 2015, la empresa ADS (Italia) diseñó, fabricó y entregó los 16 primeros artículos de una nueva generación de actuadores con su sistema activo de control. A partir de febrero de 2016, hemos probado la funcionalidad y operación de estos primeros artículos instalados con segmentos del anillo 5 del reflector primario. Considerando los resultados de las pruebas durante un periodo de 6 meses, y la necesidad de una modificación en el procedimiento de lubricación y otra modificación mecánica, las cuales nos han permitido verificarla.

Confiablez de los productos: la administración del GTM está preparando un contrato con la misma empresa, ADS, para la producción del sistema completo (352 actuadores y su sistema activa de control) de los anillos 4 y 5 de la superficie primaria.

- **Fabricación del nuevo espejo secundario y su hexápodo**

Para poder iniciar las pruebas de funcionamiento y posteriormente la operación científica del GTM en su configuración de 50m de diámetro en el año 2017, es necesario en primer lugar, reemplazar el hexápodo y el espejo secundario de aluminio maquinado existentes, debido a que presentan problemas fundamentales desde su diseño original y fabricación en 2010. Aunque tanto el hexápodo como el espejo secundario existentes han sido utilizados durante los programas de observaciones de Ciencia Temprana de riesgo compartido, con el GTM operando como un telescopio de 32m, este sistema óptico que sirve para enfocar el telescopio no cumple con las especificaciones originales de funcionamiento y tiempo de vida. Además, el espejo secundario actual no puede ser iluminado por la superficie primario de 50m.

A finales de 2014, las empresas Symetrie (Francia) y Media Lario (Italia) fueron seleccionadas para proporcionar diseños conceptuales de un nuevo hexápodo y espejo secundario respectivamente. Con los recursos del año 2015, contratamos a las empresas Media Lario y Symetrie para la fabricación de un nuevo espejo secundario y su hexápodo.

Los contratos para realizar diseños preliminares y finales han resultado en la fabricación de nuevos sistemas ópticos de alta calidad, los cuales maximizarán el desempeño óptico del nuevo GTM de 50m de diámetro. El nuevo espejo secundario ya ha sido construido, cumpliendo con las pruebas de aceptación de fabricación (Factory Acceptance Tests, FAT) en mayo 2016, y ya llegó al INAOE al inicio de septiembre de 2016. En el caso del hexápodo, todo el sistema mecánico y su sistema electrónico del control están construidos. Las pruebas de aceptación de fabricación del nuevo hexápodo están programadas para principios de octubre de 2016. A partir de noviembre de 2016 comenzaremos la integración, instalación y caracterización del desempeño de este nuevo sistema del espejo secundario.