



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

9. DESARROLLO DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL 2023

9.1. ESTADO QUE GUARDA EL PROGRAMA INSTITUCIONAL CPI

Avances y justificaciones con respecto al programa institucional 2022-2024

El programa institucional 2022-2024 del INAOE fue aprobado en la primera sesión ordinaria del año 2022 del órgano de gobierno. Contiene 5 objetivos principales, los cuales tienen como fin último incrementar y consolidar la vinculación social de las actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación, y formación de recursos humanos.

Para incrementar y consolidar la vinculación social, el objetivo 1 se orienta al fortalecimiento de la cadena investigación-desarrollo tecnológico-innovación. Para conectar los eslabones que unen la ciencia básica o de frontera con una aplicación final se integraron las anteriores direcciones de investigación y desarrollo tecnológico en una sola, que ahora se llama Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico (DIDT).

La DIDT [<https://www.inaoep.mx/direccion-de-investigacion-y-desarrollo-tecnologico>] articula las actividades y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico de las coordinaciones de astrofísica, óptica, electrónica, y ciencias computacionales, con las actividades de desarrollo tecnológico, ingeniería, e innovación del grupo de tecnólogos que funcionan bajo el Centro de Integración Tecnológica (CIT). El CIT a su vez articula las operaciones del Centro de Ingeniería (CeIn), Sistemas Computacionales (SiCom), y Sistemas y Circuitos Integrados (SiCi). Bajo el mismo CIT se agrupan las actividades del taller de óptica "Dr. Anselmo Alejandro Cornejo Rodríguez", y las cuatro unidades de metrología, de las cuales tres están certificadas con el ISO 9000 para proveer servicios de calibración. Se trata del Laboratorio de Espectrofotometría y Colorimetría (LabEC), del Laboratorio de Iluminación y Eficiencia Energética (LIEE), del Laboratorio de Superficies Asféricas (LSA), y del área de Metrología Científica.

Dentro de la misma DIDT se estructuraron diferentes oficinas de apoyo que van desde el enlace y apoyo al personal de investigación (EAPI), oficina central de proyectos (OCP), la oficina central de laboratorios y talleres, seguridad en el trabajo y manejo de desechos (OLSED), la oficina de propiedad intelectual y transferencia



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

tecnológica (OPITT), la administración general de cómputo (AGC), y la muy importante oficina de vinculación y gestión de proyectos (OVGP).

La OVGP ha tenido el papel de identificar y enlazar oportunidades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en el interior de INAOE, para luego proyectarlas hacia el exterior. Y como resultado de ello se han establecido convenios y proyectos en desarrollo tanto con el sector público como el privado. Ejemplo de ello es el convenio con el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Puebla (ISSSTEP), el cual implica la puesta en práctica de proyectos para la detección temprana de glaucoma en niños, adolescentes y personas en general, o el proyecto para detección de diabetes a través del monitoreo del mapa térmico en la planta de los pies. En estos dos proyectos participa personal de las áreas de óptica y ciencias computacionales.

En lo que se refiere a la vinculación social con los sectores salud, agua, y seguridad desde el año 2021 se desarrolla la plataforma iSensMEX en colaboración interinstitucional con CIMAV, CIDESI, CIATEQ, y COMIMSA. iSensMEX es un proyecto financiando por Conacyt con un monto mayor a los 215 millones de pesos, y a desarrollarse hasta el año 2024. Tiene como objetivo desarrollar tecnología nacional en sensores semiconductores inteligentes. Se desarrollan siete proyectos dentro de esta plataforma, cuatro de los cuales tienen usuarios finales. Es el caso de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua que recibirá un sistema para monitoreo de arsénico en agua de consumo humano, la SENASICA que recibirá un sistema de detección de bacteria e-coli en agua de consumo humano, el Centro Estatal de Hemodiálisis de Servicios de Salud del Estado de Querétaro que recibirá un sistema para monitoreo de creatinina en pacientes con deficiencia renal, y el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la ciudad de México que recibirá un sistema para monitoreo temprano de degradación de estructuras mecánicas.

En asociación con instituciones internacionales sin fines de lucro, como la IEEE (Institute for Electrical and Electronics Engineers), se están desarrollando proyectos para la aplicación de celdas solares en regiones marginadas del Estado de Puebla, y para la aplicación de sistemas de antenas que les permitan conectividad para aplicarlo en mejoras a los sistemas de cultivo.

Por primera vez se ha hecho el licenciamiento de una patente de INAOE para su explotación comercial en el sector hospitalario de México. Se trata de una patente,



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

desarrollada por un investigador del área de ciencias computacionales, y que tiene como propósito recuperar el movimiento de las extremidades superiores de personas con cierto grado de deficiencia motriz.

La DIDT articula la mayoría del personal, laboratorios, talleres, y servicios especializados de INAOE, lo cual suma un total de 247 personas, de los cuales 123 son investigadores, 22 son catedráticos CONACYT, 75 son técnicos académicos, y 27 son tecnólogos.

En lo que respecta al objetivo 1, solo se han mencionado algunos ejemplos de resultados en los que ha derivado la articulación de la ciencia, la tecnología, los recursos humanos, y la innovación con la sociedad. Otros resultados específicos se describen a detalle en los documentos de la carpeta del Órgano de Gobierno.

El objetivo 2, relacionado con la capacitación o generación de profesionales en ciencia y tecnología, se ha mantenido como una de las funciones sustanciales más reconocidas a nivel nacional. Se continúa con los programas de formación de recursos humanos validados por el ahora Sistema Nacional de Posgrados (SNP), como lo son las maestrías y doctorados en las cuatro áreas principales de INAOE, además de las áreas transversales en ciencias del espacio y ciencias biomédicas. La mayoría de los egresados de INAOE se ubican en el sector académico o industrial de México, y otros han encontrado trabajo en el extranjero.

Recientemente, como resultado también de las iniciativas de vinculación, se desarrolla un programa de capacitación en comunicaciones y electrónica para personal de la SEDENA. Dicho programa irá gradualmente evolucionando de tal manera que el personal de SEDENA reciba un grado de maestro en ciencias. La capacitación tiene como objetivo coadyuvar con la SEDENA para que tenga a su propio personal de investigación y desarrollo tecnológico que se aboque a la investigación y desarrollo de sistemas de radar.

Con el sector privado se ha colaborado con la empresa Intel, localizada en Guadalajara, a través de un programa o seminario especial de entrenamiento en Pre-Silicio. Es un programa enfocado a capacitar a ingenieros en electrónica, computación, o comunicaciones para el diseño de sistemas electrónicos.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

A estos posgrados se les agrega la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas (MECE), la cual se ha dirigido a reforzar los conocimientos en Física y Matemáticas de profesores de escuelas preparatorias o institutos tecnológicos regionales.

En cuanto al objetivo 3, que tiene que ver con incrementar la vinculación institucional con el sector público y privado, esto se ha ido incrementando gradualmente como se puede leer en los párrafos anteriores. Aun así, y coadyuvando con las iniciativas del gobierno federal, y en particular de la secretaría de economía (SE), desde el segundo semestre del año 2021 y durante el primero del 2022, INAOE ha participado en el Diálogo Económico de Alto Nivel (DEAN) binacional México-Estados Unidos. La participación ha sido en términos de definir el rol de la academia en la alianza industria-gobierno-academia para impulsar la cadena de proveeduría de semiconductores en América del norte. El propósito es atraer más negocio de alto nivel en el sector de semiconductores en México, pero con mayor integración de investigación y tecnología realizada en México bajo un esquema de cooperación de largo tiempo entre la academia y la industria.

El objetivo 4 tiene que ver con la consolidación de la infraestructura de investigación y desarrollo tecnológico, para mejorar el vínculo con los sectores público y privado que redunden en propiedad intelectual e innovación. Esto se ha venido realizando con la plataforma iSensMEX, que es un proyecto financiado por Conacyt con un poco más de 215 millones de pesos. Parte de ese financiamiento se está utilizando para reforzar y complementar los diferentes laboratorios de CIMAV, INAOE, CIDESI, y CIATEQ, que se utilizarán para el desarrollo de tecnología de fabricación de sensores semiconductores, en esta primera etapa, de tipo químico, biológico, y mecánico. Se espera que para el año 2024 se tengan diversas patentes, tanto en el proceso de fabricación de sensores, como en la estructura física del propio sensor.

En paralelo a la plataforma iSensMEX a los diferentes laboratorios de INAOE (óptica, electrónica, y ciencias computacionales) se les ha dado mantenimiento para mejorar la calidad del suministro de energía, disponibilidad del instrumental científico para desarrollo tecnológico e innovación. Como resultado de ello ya se está preparando un espacio donde uno de los instrumentos científicos de óptica será utilizado para monitoreo de glaucoma en niños, por ejemplo. En total se han invertido 15 millones de pesos en el mantenimiento y adecuación de espacios de



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

laboratorios, con el propósito de ponerlos a disposición de proyectos de articulación de alto impacto social.

Y finalmente, en lo relacionado con el objetivo 5, que es el manejo y comunicación de la información, se han implementado acciones para agilizar la creación, manejo, y archivo de la información institucional. El propósito es que la información esté disponible de manera inmediata y ágil para su posible uso en la evaluación institucional, o para su utilización en el desarrollo de soluciones a problemas que requieren de alta tecnología. Como resultado de las acciones de este objetivo, se ha logrado comunicar y vincular con el sector privado en diversos proyectos. Uno de ellos con el ISSSTEP y otro con la SEDENA, además de Intel y empresas de salud privadas.

En el año 2021 se arrancó con la creación del museo Guillermo Haro, el cual es un museo de ciencia interactivo que tiene su sede en el campus Tonantzintla de INAOE. El propósito es divulgar a la sociedad en general la historia de la ciencia y su potencial aplicación en la solución de problemas nacionales

9.2. CONTENIDO DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL 2022-2024

El programa institucional 2022-2024 de INAOE fue aprobado en la primera sesión del órgano de gobierno del año 2022. Actualmente está en proceso de revisión y consecuente aprobación por la Conamer, para que finalmente sea publicado en el DOF.

El diagnóstico del INAOE de las últimas tres décadas, nos muestra que, guiado por las políticas de evaluación del CONACYT y las directrices de la SHCP, las actividades se enfocaron en mejorar los indicadores del Convenio de Administración por Resultados (CAR) que derivaron en esfuerzos y resultados individuales y atomizaron el trabajo institucional. Esto en lo que concierne a la producción individualizada de artículos científicos motivada por la promoción de nivel en el SNI, y a la búsqueda de proyectos de recursos propios que orilló a la reorientación de recursos presupuestales, humanos, y de infraestructura hacia el desarrollo tecnológico en detrimento del trabajo institucional global y articulado.

Sí bien el esfuerzo individual de los investigadores en la producción de artículos científicos contribuye a las metas institucionales, bajo un esquema de



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

competencia perversa inhibe el esfuerzo colectivo y la integración de grupos de trabajo bajo un proyecto institucional.

Para una institución científica como INAOE, los recursos propios referidos en el indicador de auto sustentabilidad resultan incompatibles si se hace notar que la mayoría de las actividades están orientadas hacia la investigación básica y aplicada, pero poca hacia el desarrollo tecnológico y su posterior vinculación con la sociedad, lo cual obstaculiza la innovación. En el pasado se intentó resolver esta situación con la contratación por honorarios de personal externo, pero ello llevó a la pérdida de control del conocimiento generado por parte del instituto. En algunos casos, debido a la contratación de personal externo, dichos conocimientos generados quedaron en manos de particulares y no de la institución.

Como consecuencia del trabajo individualizado o por grupos, se han dejado de atender los grandes problemas nacionales, la adecuada formación de recursos humanos con vocación hacia la solución de los problemas nacionales, y se ha reducido el vínculo con los sectores público y privado, repercutiendo en una pertinencia social con menor beneficio de los mexicanos.

Reconociendo ahora que el desarrollo tecnológico es un eslabón necesario para conectar la investigación básica y aplicada a la solución de problemas de relevancia internacional y pertinencia nacional, es imperativo reestructurar y reorganizar la planta de INAOE para contar con personal de base que se dedique exclusivamente al desarrollo tecnológico y que redunde en una vinculación social efectiva. Como consecuencia de la vinculación efectiva de la ciencia con la sociedad a través del desarrollo tecnológico, se refrendará el compromiso social de la ciencia y la tecnología, y al mismo tiempo nos permitirá generar tecnología de muy alto valor que reditúe a la sociedad, mientras que al mismo tiempo se mantiene la investigación con relevancia internacional, se promueve la innovación, y se impulsa la soberanía tecnológica.

Con referencia al principio rector del PND 2019-2024 "honradez y honestidad", se observa que la primera función sustantiva del INAOE, que es la investigación científica, se ha venido desvirtuando desde la creación del SNI en el año 1984. El objetivo de la mayoría de la población de investigadores, gradualmente se ha enfocado en la producción de artículos científicos indizados, que les permitan acumular puntos e incrementar así el monto del estímulo económico. Si bien el



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

número de publicaciones, y su calidad determinada por los estándares de revistas internacionales, es un reconocimiento al nivel del trabajo científico internacional, este no puede ser el único indicador ni el que prevalezca sobre otros.

Con el afán de alcanzar el mayor número de puntos en el SNI, se ha generado una competencia perversa entre los investigadores, lo que ha llevado a la atomización del trabajo, dejando de lado los objetivos institucionales. Aunado al interés que concita el estímulo académico del SNI se tiene un segundo estímulo al desempeño académico (EDA), otorgado por la institución, el cual es un estímulo económico que también agrega una segunda aportación al salario del investigador. Este estímulo también contempla el número y calidad de las publicaciones científicas, además de otras actividades como dirección de tesis, dictado de clases, seminarios, apoyo en laboratorios, entre otras.

Los criterios de evaluación y otorgamiento del estímulo económico del SNI y el EDA se han prestado a la simulación y a la desvirtuación de la investigación científica. Es por ello por lo que es muy necesario revisar los procesos de evaluación y estímulos de la investigación científica para reorientarlos hacia la consecución de los objetivos prioritarios de la institución y de la sociedad en general. Los recursos económicos del SNI y EDA no son los únicos recursos dedicados a la investigación científica, también están los fondos provenientes de las convocatorias de proyectos de CONACYT, y el propio presupuesto fiscal de la institución, que sirven para apoyar proyectos de investigación. Así como ha sucedido con el SNI y el EDA, también para los proyectos de investigación científica se requiere crear protocolos que aseguren que las solicitudes de proyectos, su evaluación respectiva, y su concreción queden alineados con los objetivos prioritarios de la institución, y por ende con los del país.

Los recursos económicos, humanos, y de infraestructura científica deben quedar alineados con los objetivos prioritarios de la institución, por ende, es muy necesario desarrollar políticas, procedimientos, y manuales que garanticen el reforzamiento y renovación del personal científico y tecnológico, así mismo como el mantenimiento y actualización de los laboratorios. Todo esto debe redundar en una operación eficiente de la investigación científica en beneficio de la sociedad. Con la creación de políticas, procedimientos y manuales, se da certeza al funcionamiento institucional y se cumple con el principio rector "Al margen de la ley, nada; por encima de la ley, nadie".



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Para dar respuesta a la problemática global antes descrita, se requieren llevar a cabo una serie de cambios y definición de estrategias, acciones, metas, e indicadores que permitan medir sus repercusiones. Para ello, a continuación, se describen los objetivos prioritarios con sus principales causas, consecuencias, e índices de medición, así como su alineación con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 y el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2024 (PECITI).

El programa consta de 5 objetivos plenamente alineados con el PND, PECITI, y Programa Institucional de CONACYT.

1. Fortalecer la cadena investigación científica-desarrollo tecnológico-vinculación para proyectar la innovación de alto valor científico-tecnológico y así reforzar la relevancia internacional e incrementar la pertinencia social nacional orientada a resolver los grandes problemas nacionales.
2. Reforzar y diversificar la generación de profesionales en ciencia y tecnología con una visión transversal de la ciencia y la tecnología para que coadyuven al desarrollo nacional y a la relevancia internacional.
3. Incrementar la vinculación institucional con el sector público y privado nacional para mejorar la transferencia de conocimiento, recursos humanos, y desarrollo tecnológico, que coadyuven a mejorar el uso de la ciencia y la tecnología tanto en el sector público como privado.
4. Consolidar e incrementar la infraestructura científica y de desarrollo tecnológico institucional para mejorar la vinculación con el sector público y privado que redunde en desarrollos científicos-tecnológicos de mayor nivel y propiedad intelectual, y
5. Mejorar la calidad en la generación, manejo y comunicación de la información relacionada con recursos materiales, presupuestales, organizacionales, de infraestructura científica y humana, para reforzar e incrementar los beneficios de la ciencia y tecnología a la sociedad mexicana.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

El objetivo número 1 “Fortalecer la cadena investigación científica-desarrollo tecnológico-vinculación para proyectar la innovación de alto valor científico-tecnológico y así reforzar la relevancia internacional e incrementar la pertinencia social nacional orientada a resolver los grandes problemas nacionales”. La desvinculación de la ciencia con el desarrollo tecnológico es la causa que ha traído como consecuencia prácticamente la nula transferencia de conocimiento o tecnología de alto nivel que impacten en beneficio de la sociedad mexicana. Durante los 50 años de existencia de INAOE se han reportado diversos reconocimientos internacionales y nacionales a investigadores lo cual ha contribuido al reconocimiento y relevancia internacional, pero por otro lado de las 35 patentes de desarrollo tecnológico que se han registrado, solo una de ellas se ha licenciado para buscar una aplicación en el sector salud.

Este objetivo se relaciona con el PND 2019-2024, en particular con los ejes rectores; “Economía para el bienestar”, “El mercado no sustituye al Estado”, “No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera”, y “No más migración por hambre o por violencia”. En cuanto al PECiTI 2021-2024 se relaciona con el objetivo “Articular las capacidades de CTI asegurando que el conocimiento científico se traduzca en soluciones sustentables a través del desarrollo tecnológico e innovación fomentando la independencia tecnológica a favor del beneficio social, el cuidado ambiental, la riqueza cultural y los bienes comunes”; que significa ayudar a la creación de empleos de alto valor, impulsar la investigación, el uso de los conocimientos generados a través de la tecnología y la innovación, recuperar la soberanía tecnológica del país, incorporar a pobladores de regiones geográficas que históricamente han sido relegadas, y con ello evitar la migración y promover el desarrollo de sus comunidades.

Por lo tanto, hacia el interior de INAOE se propone cambiar hacia una vinculación directa y permanente entre la investigación básica y el desarrollo tecnológico a través de proyectos orientados a resolver problemas nacionales, y que a su vez potencie la interacción y vinculación hacia el exterior. Los proyectos están alineados con temas de salud, agua, energía, y seguridad de los Pronaces, y tienen componentes de instrumentación científica, óptica, electrónica, y ciencias computacionales. Este cambio de estrategia repercutirá en beneficio de instituciones públicas como la Secretaría de Salud (SS), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de la Defensa Nacional



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

(SEDENA), la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR), y la Guardia Nacional (GN), por mencionar las instituciones públicas directamente relacionadas.

Con el fortalecimiento de la cadena investigación básica, desarrollo tecnológico, e innovación, se proyecta contribuir al desarrollo de soluciones a problemas nacionales con tecnología de alto nivel, con lo cual se contribuirá a la soberanía tecnológica de México. Ejemplo de ello, son los diversos instrumentos científicos derivados del GTM que encuentran aplicación en seguridad y prospección del medio ambiente, los dispositivos ópticos y electrónicos que encuentran aplicación como sensores en el sector salud, medio ambiente, seguridad, y energía, y el desarrollo de software para procesamiento de información y robótica, desarrollado en computación. Esto se medirá a través del número de patentes registradas y su transferencia al sector público y privado que resulten en una transformación significativa de la sociedad, tal como la creación de empresas y productos con tecnología mexicana, y el establecimiento de zonas de desarrollo tecnológico en regiones históricamente relegadas, como es el caso de los estados ubicados en el corredor transoceánico Salina Cruz-Coatzacoalcos.

En cuanto a la investigación científica, ésta seguirá siendo regida por la relevancia internacional medida a través de las publicaciones científicas internacionales, congresos científicos internacionales, y proyectos científicos internacionales. Y estará alineada con el objetivo número 2 del PECiTI 2021-2024 "Alcanzar una mayor independencia científica y tecnológica y posiciones de liderazgo mundial, a través del fortalecimiento y la consolidación tanto de las capacidades para generar conocimientos científicos de frontera, como de la infraestructura científica y tecnológica, en beneficio de la población". También será posible medirla por el número de investigaciones básicas transferidas hacia desarrollo tecnológico.

El objetivo número 2 "Reforzar y diversificar la generación de profesionales en ciencia y tecnología con una visión transversal de la ciencia y la tecnología para que coadyuven al desarrollo nacional y a la relevancia internacional". La formación académica de talento humano a nivel de posgrado es la tercera función sustantiva del INAOE. Esta función se ha ido realizando de manera muy efectiva desde la creación de los posgrados a nivel maestría y doctorado. Prueba de ello son los egresados de INAOE que se han incorporado en diversas universidades y centros públicos de investigación de México, que así han



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

contribuido a reforzar la comunidad académica y científica del país. Sin embargo, con la creación de nuevos posgrados a nivel nacional surge una competencia que no siempre es constructiva. Esto ha resultado en duplicidad de programas de posgrado que ha traído consigo una disminución en la matrícula de estudiantes. La generación de recursos humanos a nivel de maestría y doctorado en las últimas dos décadas, ha cumplido con consolidar las plantas docentes y de investigación de las universidades y centros de investigación.

Ya en los últimos cinco años se ha observado entonces que los egresados de posgrado no encuentran un mercado laboral propicio para desarrollarse profesionalmente. Está ocurriendo un proceso de saturación en el sector universitario y académico para el talento humano a nivel de maestría y doctorado. Se requiere entonces ampliar el mercado laboral de los egresados y orientarlo hacia la innovación y ubicación en regiones geográficas históricamente relegadas, es decir, que los nuevos egresados tengan la oportunidad de incorporarse en instituciones donde puedan desarrollar soluciones a los grandes problemas del país, en términos de generación de nuevo conocimiento y aplicación del mismo. Esto implica un esfuerzo multisectorial del Gobierno Federal, así como de la participación del sector privado interesado en invertir en la generación de tecnología y empresas mexicanas que nos lleven a la soberanía nacional.

Este objetivo está alineado con los principios rectores del PND 2019-2024 "Economía para el bienestar" y "El mercado no sustituye al Estado". Y en cuanto al PECiTI 2021-2024 se alinea con el objetivo 1 "Promover la formación y actualización de especialistas de alto nivel en investigación científica, humanística, tecnológica y socioeconómica que aporten a la construcción de una bioseguridad integral para la solución de problemas prioritarios nacionales, incluyendo el cambio climático y así aportar al bienestar social". Lo que significa la generación de nuevos cuadros científico-tecnológicos orientados a producir ciencia que promueva el liderazgo mundial, pero que también desemboque en la solución de problemas nacionales e impulse el desarrollo de regiones geográficas históricamente relegadas.

Como cambios se propone la introducción y reforzamiento de posgrados transversales y multidisciplinarios en biomedicina y ciencias y tecnología del espacio, así como el lanzamiento a nivel interinstitucional de un posgrado nacional en sensores aplicados a la salud, energía, seguridad, y medio ambiente con los centros públicos de investigación, CIMAV, CIDESI, CIATEQ, CIDETQ y COMIMSA.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Como consecuencia de ello se buscará incidir en regiones geográficas del norte, centro, y sur del país donde se han detectado necesidades de recursos humanos a nivel de maestría y doctorado en temas de salud, agua, ambiente, y energía. Tal es el caso de la Laguna en Coahuila (contaminación de aguas por Arsénico), Querétaro (sensado de creatinina), Puebla y Tlaxcala (sensado de bacteria E-coli), y Ciudad de México (sensado de robustez mecánica del sistema de transporte colectivo metro).

El objetivo número 3 "Incrementar la vinculación institucional con el sector público y privado nacional para mejorar la transferencia de conocimiento, recursos humanos, y desarrollo tecnológico, que coadyuven a mejorar el uso de la ciencia y la tecnología tanto en el sector público como privado". En las últimas décadas la comunidad científica se ha concentrado básicamente en las tres primeras funciones relacionadas con investigación básica, desarrollo tecnológico, y formación académica. En cuanto a la vinculación, esta se ha hecho más a nivel de divulgación básica más que de difusión. Es decir, las actividades científicas, tecnológicas, y académicas se han promocionado con el público en general. Sin embargo, a nivel de difusión con pares en el sector científico, tecnológico, académico, e industrial, no se ha hecho plenamente. Ello ha derivado en que la sociedad mexicana en general, tenga una falta de conocimiento pleno de las capacidades científicas, tecnológicas, y de innovación que podrían ayudar a transformar la sociedad para bien.

Este objetivo de largo plazo se relaciona con el PND 2019-2024, en particular con los ejes rectores "Economía para el bienestar", "El mercado no sustituye al Estado", y "No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera". Respecto al PECiTI 2021-2024 el objetivo se alinea con el objetivo 3 "Articular a los sectores científico, público, privado y social en la producción de conocimiento humanístico, científico y tecnológico, para solucionar problemas prioritarios del país con una visión multidisciplinaria, multisectorial, de sistemas complejos y de bioseguridad integral". Esto significa ayudar a la creación de empleos de alto valor, impulsar la investigación, el uso de los conocimientos generados a través de la tecnología y la innovación, recuperar la soberanía tecnológica del país, incorporar a pobladores de regiones geográficas que históricamente han sido relegadas, y con ello evitar la migración y promover el desarrollo de sus comunidades.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Como cambio se propone el impulso de una campaña de divulgación a la población en general orientada a promocionar el valor de la investigación científica que redunde en un incremento de la matrícula de estudiantes en carreras universitarias y posgrados con orientación científica. En cuanto a la difusión se propone estrechar contactos con instituciones pares científicos, así como con el sector industrial o pequeñas empresas para promover el desarrollo y creación de empresas mexicanas con alto valor tecnológico. La repercusión de esta acción se medirá por el número de convenios de transferencia de conocimiento y tecnología tanto al sector público como privado, así como el número de patentes aplicadas en la solución de problemas nacionales de la salud, energía, ambiente, y seguridad.

El objetivo número 4 "Consolidar e incrementar la infraestructura científica y de desarrollo tecnológico institucional para mejorar la vinculación con el sector público y privado que redunde en desarrollos científicos-tecnológicos de mayor nivel y propiedad intelectual". Los laboratorios de investigación y desarrollo tecnológico requieren de mantenimiento, actualización, e instrumentos adicionales que permitan la transferencia entre investigación aplicada y tecnología. Por su conformación multidisciplinaria en Astrofísica, Óptica, Electrónica, y Ciencias Computacionales, la institución cuenta con laboratorios que van desde los observatorios Gran Telescopio Milimétrico (GTM), Observatorio Astrofísico Guillermo Haro (OAGH), laboratorios y taller de óptica, laboratorio de Innovación en dispositivos Micro Electro Mecánicos (LIMEMS), laboratorios de robótica y drones, laboratorio de procesamiento de señales y computación médica. La compatibilidad de interacción entre estos laboratorios potenciará su aplicación hacia el interior y propulsará su proyección hacia el exterior del instituto.

Este objetivo de largo plazo está relacionado con el PND 2019-2024 en los lineamientos "Economía para el bienestar, "El mercado no sustituye al estado", y "No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera". En cuanto al PECiTI 2021-2024 está íntimamente relacionado al objetivo 6 "Articular la colaboración entre los diferentes niveles de gobierno, IES y centros de investigación, para optimizar y potenciar el aprovechamiento y reutilización de datos e información sustantiva y garantizar la implementación de políticas públicas con base científica en beneficio de la población". Esto significa reforzar y complementar los laboratorios de investigación y desarrollo tecnológico, con el propósito de mantenerse a la vanguardia científica en términos de investigación y desarrollo tecnológico



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

experimental, y con ello también impulsar la creación de soluciones a un nivel TRL (Technology Readiness Level) 5, aplicables a la solución de problemas nacionales relacionados con salud, energía, y seguridad.

Los cambios propuestos en términos de articular las capacidades de laboratorios de investigación y certificación hacia el interior, y complementarlos cuando se requiera, redundarán en enlazar resultados de investigación de frontera con desarrollo tecnológico hacia el interior de la institución, con lo cual se magnifica el impacto de utilidad hacia el exterior. La repercusión de este objetivo se podrá medir, no solo por el número de convenios de transferencia tecnológica y creación de patentes, sino por la elevación del nivel de tecnología y complejidad multidisciplinaria que se ofrecerá como solución a problemas nacionales que requieran de un muy alto nivel de tecnología. El número de patentes y su puesta en práctica será un indicador para medir el desempeño e impacto social de este objetivo.

El objetivo número 5 “Mejorar la calidad en la generación, manejo y comunicación de la información relacionada con recursos materiales, presupuestales, organizacionales, de infraestructura científica y humana, para reforzar e incrementar los beneficios de la ciencia y tecnología a la sociedad mexicana”. La generación, acopio, administración, y correcta publicación de la información es elemental para el análisis y la correcta toma de decisiones en los aspectos científicos, tecnológicos, académicos, administrativos, y financieros. Los retrasos, distorsión, bases de datos incompletas, y errores humanos involuntarios en el manejo de la información, tienen como consecuencia retrasos y mala ejecución que afectan el desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, afectando el trabajo interno y la vinculación hacia el exterior.

Este objetivo se relaciona con el PND 2019-2024, en particular con los ejes rectores; “Honradez y honestidad”. Con respecto al PECiTI 2021-2024 este objetivo queda alineado con el objetivo 5 “Garantizar los mecanismos de acceso universal al conocimiento científico, tecnológico y humanístico y sus beneficios a todos los sectores de la población, particularmente a los grupos subrepresentados como base del bienestar social” y 6 “Articular la colaboración entre los diferentes niveles de gobierno, IES y centros de investigación, para optimizar y potenciar el aprovechamiento y reutilización de datos e información sustantiva y garantizar la implementación de políticas públicas con base científica en beneficio de la



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

población". Esto significa hacer eficientes y transparentes todos los procesos administrativos que coadyuven a un ambiente laboral de confianza y eficacia, y una comunicación y vinculación efectiva para con la sociedad, de tal manera que la ciencia y la tecnología se conozcan y se obtenga el máximo de provecho para la sociedad.

Se propone cambiar hacia el uso de un sistema de adquisición y administración de información digital en lugar de uno que, mayoritariamente, hace uso de procesos manuales. Con esto se evitarán los errores humanos involuntarios y se incrementará la eficiencia en el manejo de la información y la comunicación. Lo mismo aplica para los proyectos de ciencia de frontera, desarrollo tecnológico, e innovación que deberán incluir como indicadores de medida el número de tesis involucradas en el desarrollo de proyectos articulados de ciencia-tecnología-innovación, así como la vinculación efectiva con la sociedad medida por el número de proyectos vinculados sobre el número de proyectos totales desarrollados por la institución. Se espera que esa relación sea siempre creciente.

En resumen, se concluye que las debilidades institucionales se concentran en un proceso de acopio, administración y comunicación de la información deficiente. Es decir, la sociedad en general no conoce de las capacidades institucionales como posible fuente de solución a los problemas nacionales, principalmente en los sectores salud, energía, y seguridad. Por lo tanto, es de primordial interés iniciar un proceso de comunicación y vinculación social que se refleje en beneficio de la sociedad.

Para que la investigación básica o de frontera llegue a tener un impacto social se requiere conectarla con los eslabones del desarrollo tecnológico, la ingeniería, y finalmente la innovación. Si bien INAOE cuenta con los eslabones de investigación básica, desarrollo tecnológico e ingeniería de excelencia, no existe una conexión entre ellos, y menos con el último eslabón de la innovación. Por ello, esta desconexión de los eslabones de la cadena ciencia-innovación, son una debilidad institucional. Por lo tanto, a través de la DIDT, se reestructura el INAOE para conectar todos los eslabones de la cadena ciencia-innovación, y vincularla con la sociedad.

Algunas de las acciones requerida para la realización del Programa Institucional 2022-2024 ya han sido descritas en este documento. Otras están descritas a fondo en el documento del Programa Institucional 2022-2024.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Epílogo

En México la investigación científica, la formación académica, el desarrollo tecnológico, y la innovación han estado, sino completamente, en buena medida desarticuladas entre sí y desvinculadas de su entorno social. Esto se puede ver por el desarrollo dispar de la industria mexicana, el alto nivel de importación de bienes y servicios del extranjero, así como la persistencia de los grandes problemas nacionales por décadas, tales como energía, medio ambiente, agua, salud, seguridad, por mencionar algunos ejemplos. Aunado a esto en el sector universitario y científico se observa una multiplicidad de trabajo en temas de moda que trae como consecuencia la creación de posgrados o líneas de investigación similares en cada una de las universidades.

Para ejemplificar la situación, basta mencionar el caso de robótica e inteligencia artificial, automatización y control, síntesis y caracterización de materiales, mecatrónica, por mencionar algunos casos. El nivel de egresados de programas de posgrado a nivel nacional se ha incrementado y se ha mantenido. Sin embargo, una vez que la mayoría de los egresados ya han encontrado trabajo en centros de investigación, universidades, y algunos cuantos, en el sector industrial, los demás egresados no encuentran oportunidades de trabajo que les permitan aplicar sus conocimientos y desarrollarse profesionalmente. Y por ello tienen que emigrar o emplearse en sectores no relacionados directamente con sus capacidades académica, científica, o tecnológicas.

En el caso de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, en una institución de vocación científica como el INAOE, se observa una evolución histórica, en los últimos siete años, de aproximadamente un proyecto de investigación ejecutado al año por investigador, mientras que los contratos de transferencia tecnológica solo llegan a una tasa de 0.18 contratos por investigador. En cuanto a la propiedad intelectual medida a través de las patentes, la evolución histórica muestra un promedio de 4.5 patentes al año en los últimos siete años, lo que da un promedio de aproximadamente 0.03 patentes por investigador al año.

Por otro lado, si analizamos la relación del número de patentes con respecto al número de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico más las tesis de maestría y doctorado, encontramos que apenas una fracción de 2.16% de todo el trabajo de investigación, desarrollo tecnológico y tesis, se convierte en propiedad



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

intelectual. Estos son números extremadamente bajos que muestran la escasa articulación entre la ciencia, el desarrollo tecnológico y la formación académica, y como consecuencia una vinculación a través de la innovación extremadamente baja. Sin embargo, de todo el trabajo científico, de desarrollo tecnológico, y de tesis se observa una razón de aproximadamente 1.6 publicaciones científicas por investigador por año. Esto nos muestra que la mayor parte del conocimiento generado en INAOE se está haciendo del dominio público, mientras que apenas una fracción muy pequeña se está protegiendo como propiedad intelectual.

Se puede decir que en cuanto a la formación académica se ha cumplido con la generación de talento humano de alto nivel que ha alimentado a universidades, centros de investigación, y también al sector industrial. No es el caso de la generación y conversión de conocimiento en innovación para resolver problemas nacionales. Pero esto se debe en parte a las políticas de evaluación de la ciencia y la tecnología basadas en el número de publicaciones, y por otro lado a la falta de mantenimiento y obsolescencia de laboratorios y al envejecimiento de la planta científica que hoy tiene un promedio de 57 años. Esto último está ligado al presupuesto institucional que en los últimos siete años se ha mantenido en un promedio de 2.3 millones de pesos por investigador, mientras que la población de investigadores ha crecido gradualmente de 141 a 149.

Las políticas de asignación de proyectos y presupuesto, ejecución, evaluación, y rendimiento de cuentas para el sector de ciencia y tecnología tienen que cambiar si se desea que haya una mayor transferencia de conocimiento en beneficio de la sociedad.

La asignación de presupuesto, proyectos, y becas para la formación de talento humano tiene que venir de la mano de una política que articule la ciencia de frontera con el desarrollo tecnológico, con la formación de talento humano, y que finalmente culmine en innovación abierta con participación de la sociedad. En INAOE, y en los centros científicos de México en general, se genera mucho conocimiento de alto valor, sin embargo, la mayor parte de él termina en publicaciones científicas en revistas de circulación internacional. Debemos procurar que la mayor parte del conocimiento de alto valor se proteja como propiedad intelectual, y que esta a su vez se traspase a la sociedad para su beneficio.



INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

Como parte del proceso de transformación que experimenta el país, y alineado con el PND 2019-2024, PECiTI 2021-2024, y Programa Institucional del CONACYT 2020-2024, el INAOE se compromete a realizar investigación de frontera, desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos, e innovación abierta de relevancia internacional y de alta pertinencia social.

En un periodo corto hacia el 2024, INAOE se ve como una institución que establece las bases para una reestructuración interna, que hacia el año 2040 le permita articular progresiva y eficientemente la investigación básica con el desarrollo tecnológico, la generación de recursos humanos, y la innovación con el objetivo de transformar para bien la sociedad. En esta primera etapa hacia el 2024 el INAOE, por ejemplo, en colaboración con otros cinco centros públicos de investigación, hará investigación, básica, desarrollo tecnológico, e innovación para el desarrollo de una tecnología mexicana de sensores semiconductores, que beneficiará directamente al sector salud, medio ambiente, seguridad, y energía.

Hacia el año 2040 INAOE se visualiza como uno de los brazos científico-tecnológicos del Estado Mexicano, que coadyuve a que la ciencia y la tecnología mexicana tengan una incidencia mayor en los sectores público y privado, y con ello coadyuven a la solución de los grandes problemas nacionales.

También se visualiza la integración y/o articulación de las diferentes disciplinas de la óptica, la electrónica, las ciencias computacionales, y la astrofísica, que permitan un balance armonioso entre la investigación de frontera y el desarrollo tecnológico. Por lo tanto, La visión general, tanto a mediano como largo plazo, es convertir a INAOE en uno de los brazos científico-tecnológicos del Estado mexicano, y con ello contribuir a la soberanía tecnológica del país.

La visión anteriormente expuesta va a requerir de un plan que incluya procesos de renovación, tanto de la infraestructura de laboratorios, como de la planta de investigadores, tecnólogos, técnicos y trabajadores en general, así como de una interacción frecuente y permanente con la sociedad que permita al INAOE mantener la relevancia científica internacional y la pertinencia social.