

Programa Institucional

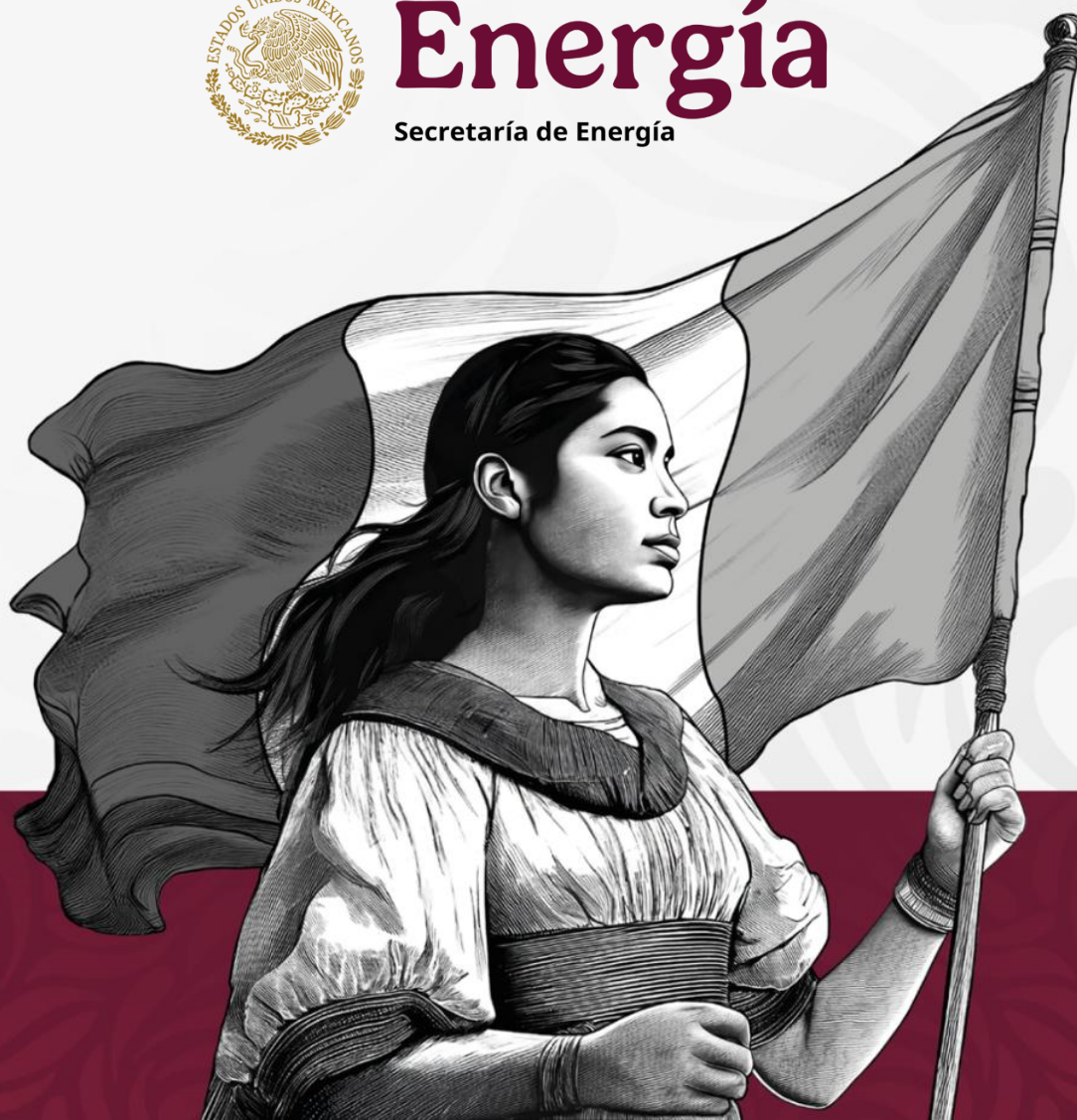
Instituto Nacional de
Investigaciones Nucleares

2026 – 2030



Energía

Secretaría de Energía





1. Índice

1. Índice	2
2. Señalamiento del origen de los recursos del Programa	5
3. Siglas y acrónimos	6
4. Fundamento normativo	7
5. Diagnóstico de la situación actual y visión de largo plazo	10
I. Situación en el entorno internacional de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear.	10
I.1 Nucleoelectricidad	10
I.2 Aceleradores	11
I.3 Reactores de Investigación e Irradiadores	11
I.4 Medicina	12
I.5 Mares y Océanos	12
II. Situación en el entorno nacional.	12
III. Situación del ININ	13
III.1 Aplicaciones energéticas	13
III.1.1 Tecnologías de Cogeneración	13
III.1.2 Producción de nuevos materiales (para gestión de desechos radiactivos y otras aplicaciones nucleares)	14
III.1.3 Tecnologías para exploración y mantenimiento de yacimientos	16
III.1.4 Baterías de almacenamiento de electricidad de pequeña, mediana y gran escala	18
III.1.5 Tecnologías para la captura de emisiones de gases de efecto invernadero y lavado de gases	19
III.1.6 Tecnologías de ensayos no destructivos	21



III.1.7 Diseño y producción de robots industriales	23
III.1.8 Diseños de programación (política informática soberana)	24
III.1.9 Catalizadores para la conversión de hidrocarburos. Regeneradores.	25
III.1.10 Sistemas integrados de instrumentación y control de procesos químicos, petroquímicos y de refinación.	26
III.2 Aplicaciones no energéticas	27
III.2.1 Tecnología de desechos radiactivos	27
III.2.2 Protección radiológica	29
III.2.3 Irradiación	29
III.2.4 Aplicaciones al sector salud	30
IV Recursos Humanos	32
V. Política de Protección de Propiedad Intelectual	33
VI. Problema Público	35
6. Objetivos	42
6.1 Relevancia del objetivo 1: Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable.	43
6.2 Relevancia del objetivo 2: Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica en los procesos en temas de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en las áreas de salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional para la innovación tecnológica.	45
6.3 Relevancia del objetivo 3: Fomentar y desarrollar capacidades del personal que requiere el sector relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y la innovación tecnológica.	48



6.4 Vinculación de los objetivos del Programa Institucional 2026-2030	50
7. Estrategias y líneas de acción	52
Objetivo 1. Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable.	52
Estrategia 1.1 Utilizar las capacidades de investigación científica y de desarrollo tecnológico en materia nuclear para atender problemáticas del sector energético nacional.	52
Objetivo 2. Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica en los procesos en temas de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en las áreas de salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional para la innovación tecnológica	54
Estrategia 2.1 Utilizar las capacidades de investigación científica y de desarrollo tecnológico en materia nuclear con aplicaciones en salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica, con objeto de vincularlos al desarrollo científico y tecnológico nacional.	54
Objetivo 3. Fomentar y desarrollar capacidades del personal que requiere el sector relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y la innovación tecnológica.	56
Estrategia 3.1 Promover el desarrollo de estudiantes en temas energéticos y gestionar ante autoridades competentes recursos presupuestales necesarios para llevar a cabo en el corto plazo un programa de renovación de cuadros de investigación y desarrollo tecnológico.	56
8. Indicadores y metas	58
9. Lista de dependencias y entidades participantes en el Programa	67



2. Señalamiento del origen de los recursos del Programa

La totalidad de las acciones que se consideran en este Programa, incluyendo aquellas correspondientes a sus Objetivos prioritarios, Estrategias prioritarias y Acciones puntuales, así como las labores de coordinación interinstitucional para la instrumentación u operación de dichas acciones y el seguimiento y reporte de las mismas, se realizarán con cargo al presupuesto autorizado de los ejecutores de gasto participantes en el Programa, mientras éste tenga vigencia.



3. Siglas y acrónimos

ARCAL: Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe

BWR: Reactor de Agua en Ebullición por sus siglas en inglés

CADER: Centro de Almacenamiento de Desechos Radiactivos

CDMX: Ciudad de México

CFE: Comisión Federal de Electricidad

CICY: Centro de Investigación Científica de Yucatán

CINVESTAV: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

CIQA: Centro de Investigación en Química Aplicada

CNLV: Central Nuclear Laguna Verde

CNSNS: Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias

COFEPRIS: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

COMINSA: Corporación Mexicana de Investigación en Materiales S. A. de C. V.

CONACyT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Cambió su nombre a Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología; actualmente Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECITHI).

EPE: Empresa Pública del Estado.

FSE: Fondo de Sustentabilidad Energética

GEI: Gases de Efecto Invernadero

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social

IMPI: Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

INEEL: Instituto Nacional de Electricidad y Energía Limpias

ININ: Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

IPN: Instituto Politécnico Nacional

ITESM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

KIT: Instituto Tecnológico de Karlsruhe

OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica

OMS: Organización Mundial de la Salud

PATRADER: Planta de Tratamiento de Desechos Radiactivos

PEMEX: Petróleos Mexicanos

PND: Plan Nacional de Desarrollo

SENER: Secretaría de Energía

SMR: Reactores Modulares Pequeños por sus siglas en inglés

TESSFP: Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso

UAEM: Universidad Autónoma del Estado México

UAM: Universidad Autónoma Metropolitana

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

UPM: Universidad Politécnica de Madrid

UTSA: Universidad de Texas en San Antonio



4. Fundamento normativo

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece el principio de la Rectoría del Estado en el sector energético, lo que permite la ejecución de las disposiciones del Plan Nacional de Desarrollo, los mandatos del Titular del Ejecutivo Federal, así como los compromisos asumidos por el Estado Mexicano conforme a los tratados o acuerdos internacionales.

Conforme al Artículo 27 Constitucional, “Corresponde también a la Nación el aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear y la regulación de sus aplicaciones en otros propósitos. El uso de la energía nuclear sólo podrá tener fines pacíficos”, y la Ley Reglamentaria de dicho artículo 27 constitucional establece en el Artículo 41 de la referida Ley, la creación del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares como organismo público descentralizado del Gobierno Federal con personalidad jurídica y patrimonio propios.

Por su parte, la Ley de Planeación establece en su artículo 9, primer párrafo, que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deben planear y conducir sus actividades con perspectiva intercultural y de género y con sujeción a los objetivos y prioridades del Plan Nacional de Desarrollo, a fin de cumplir con la obligación del Estado de garantizar de ser equitativo, incluyente, integral, sustentable y sostenible. Adicionalmente el artículo 17 fracción II, del referido ordenamiento establece que las entidades paraestatales deben elaborar sus respectivos programas Institucionales, en los términos previstos en esa ley, la Ley Federal de las Entidades Paraestatales o, en su caso, por las disposiciones que regulen su organización y funcionamiento, atendiendo a las previsiones contenidas en el programa sectorial correspondiente, observando en lo conducente las variables ambientales, económicas, sociales y culturales respectivas.

El artículo 9o. de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal señala que las dependencias y entidades de la Administración Pública Centralizada y Paraestatal conducirán sus actividades en forma programada, con base en las políticas que para el logro de los objetivos y prioridades de la planeación nacional del desarrollo establezca el Ejecutivo Federal. En este sentido la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, publicada el 4 de febrero de



1985 en el Diario Oficial de la Federación, establece en sus primeros dos artículos lo siguiente:

Artículo 1o.- La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y regula la exploración, la explotación y el beneficio de minerales radiactivos, así como el aprovechamiento de los combustibles nucleares, los usos de la energía nuclear, la investigación de la ciencia y técnicas nucleares, la industria nuclear y todo lo relacionado con la misma. Las disposiciones de esta Ley son de orden público y de observancia en toda la República.

Artículo 2o.- El uso de la energía nuclear sólo podrá tener fines pacíficos en cumplimiento de lo establecido en el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El Ejecutivo Federal dictará las disposiciones reglamentarias a que se sujetará el uso tanto energético como no energético de los materiales radiactivos.”

El ININ es un organismo coordinado por la Secretaría de Energía, de conformidad con el Artículo 42 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y tiene como objeto, “... realizar investigación y desarrollo en el campo de las ciencias y tecnologías nucleares, así como promover los usos pacíficos de la energía nuclear y difundir los avances alcanzados para vincularlos al desarrollo económico, social, científico y tecnológico del país”.

A su vez, el Artículo 43 de la citada Ley establece las atribuciones que para el cumplimiento de su objeto tiene el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, entre las que se encuentran:

- Realizar e impulsar las actividades que conduzcan al desarrollo científico y tecnológico en el campo de las ciencias y tecnologías nucleares, así como promover la transferencia, adaptación y asimilación en esta materia.
- Promover el desarrollo nacional de la tecnología de la industria nuclear, realizando y fomentando la innovación, transferencia y adaptación de tecnología para el diseño, la fabricación y la construcción de componentes y equipos.
- Realizar actividades de investigación y desarrollo relativas a las aplicaciones y aprovechamiento de sistemas nucleares y materiales radiactivos para usos no energéticos requeridos por el desarrollo nacional. Además, promoverá las aplicaciones de las radiaciones y los radioisótopos en sus campos.



Por tanto, en cumplimiento de los objetivos del Instituto y en concordancia con el Sistema Nacional de Planeación Democrática y los fundamentos expuestos, se crea el Programa Institucional 2026 – 2030 del ININ.

5. Diagnóstico de la situación actual y visión de largo plazo

I. Situación en el entorno internacional de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear

I.1 Nucleoelectricidad

Cinco países concentran más de dos tercios de la capacidad total mundial de generación de electricidad nuclear. Estados Unidos es el que tiene la mayor capacidad, seguido de Francia, China, Rusia y Corea del Sur, según datos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) a junio de 2025. A nivel mundial, hay 416 reactores nucleares en funcionamiento en 31 países, con una capacidad de generación neta instalada total de 376 gigavatios (GW), 62 reactores nucleares en construcción en 15 países. Asimismo, en el último año se han conectado por primera vez en la red eléctrica 7 reactores nucleares^{*1}.

Los reactores del tipo avanzado, Generación III+ (con capacidades de alrededor de 1,000 MW) ya están disponibles en el mercado. Los dos diseños más conocidos, el AP1000 de Westinghouse y el ABWR de Toshiba y GE/Hitachi, ya tienen ejemplos construidos y en operación. Algunos de los diseños de reactores tipo SMR ya se encuentran en operación, como el reactor ruso KLT-40. En los últimos años el tiempo de construcción de un reactor nuclear ha disminuido a los siete años en promedio, sin embargo, se han construido reactores de diseño avanzado en Japón en tan solo 40 meses.

De acuerdo con proyecciones de capacidad de generación eléctrica nuclear de la International Atomic Energy Agency ^{*2}:

- Se proyecta que la capacidad de generación eléctrica nuclear mundial aumentará a 496 GW para 2030 y a 715 GW para 2050 en el escenario alto. Esto representa un aumento del 25% para 2030 sobre los niveles de 2018 y un aumento del 80% en la capacidad para 2050. Se prevé en el escenario alto que

¹ POWER REACTOR INFORMATION SYSTEM-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY 2025, 28th AUGUST.

² ENERGY, ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER ESTIMATES FOR THE PERIOD UP TO 2050 IAEA. IAEA-RDS-1/39.



- muchos reactores tengan extensión de su vida útil, y que sólo 20GW (una quinta parte de lo previsto en el escenario bajo) sean retirados en el 2030 y 137 para el 2050, frente a adiciones de 148 y 156 GW en el escenario alto en ambos años.
- En el escenario bajo, se proyecta que la capacidad de generación eléctrica nuclear mundial disminuya gradualmente hasta 2040 y luego se recupere a 371 GW para 2050.
 - Se espera que la capacidad de generación eléctrica total mundial aumente de 7188 GW de 2018 a 9782 GW en 2030 y a 13 633 GW en 2050.
 - La participación de la capacidad de generación eléctrica nuclear en la capacidad eléctrica total mundial será de alrededor del 3% en el pronóstico bajo y alrededor del 5% en el pronóstico alto para mediados de siglo.

I.2 Aceleradores

Continúan siendo usados para estudios ambientales, investigación en ciencia de materiales, caracterización del patrimonio cultural, datación por radiocarbono, irradiación de productos para la producción de radiofármacos y para actividades de investigación.

I.3 Reactores de Investigación e Irradiadores

En el mundo existen 238 reactores de investigación distribuidos en 56 países, los cuales se emplean en una amplia gama de aplicaciones que abarcan desde la investigación científica y la caracterización de materiales, hasta la producción de radioisótopos y radiofármacos, e incluso para el tratamiento de diversas enfermedades.

En cuanto a los irradiadores, sus aplicaciones se extienden a las áreas de la salud, la alimentación y la investigación. Un ejemplo de ello es la investigación actualmente en curso para determinar las condiciones óptimas de irradiación de patógenos, con el objetivo de desarrollar vacunas. Los irradiadores modernos permiten aplicar dosis más altas y efectivas, lo que amplía sus posibilidades de uso y eficiencia.



I.4 Medicina

La radioterapia estereotáctica es una técnica avanzada de tratamiento del cáncer mediante irradiación, que además permite la obtención de imágenes en 3D y 4D. Con el uso de aceleradores lineales es posible tratar tumores de gran tamaño en una sola sesión. Esta técnica ofrece un tratamiento altamente efectivo a un costo inferior al de la radioterapia convencional.

Por su parte, los radiofármacos desarrollados en el ININ se orientan a la atención terapéutica de pacientes, lo que permite diagnosticar y, al mismo tiempo, tratar ciertos tipos de cáncer. Asimismo, los radiotrazadores se emplean actualmente como biomarcadores en el diagnóstico de desórdenes demenciales. En este campo, se avanza hacia la sustitución de emisores beta por emisores alfa, dado que estos últimos poseen un mayor alcance terapéutico y reducen el daño al tejido sano.

I.5 Mares y Océanos

Se investigan los efectos de los microplásticos en organismos marinos mediante el uso de técnicas nucleares e isotópicas, lo que permite evaluar con mayor precisión su impacto en los ecosistemas acuáticos.

II. Situación en el entorno nacional

En México existen diversas instituciones dedicadas a la investigación en el campo de las ciencias nucleares, localizadas principalmente en la zona conurbada de la Ciudad de México (ININ, UNAM, IPN, UAM) y en el estado de Zacatecas. Las líneas de investigación y sus aplicaciones abarcan áreas como reactores nucleares, plasmas, medicina, irradiación, agricultura y química. Actualmente, se estima que el número de profesionales en esta disciplina es de alrededor de 600; sin embargo, una fracción considerable de ellos se encuentra próxima al retiro y la tasa de sustitución resulta baja, debido tanto al reducido número de estudiantes interesados como a las limitadas posibilidades de contratación.



III. Situación del ININ

III.1 Aplicaciones energéticas

México cuenta con la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde que comprende dos reactores nucleares, con una capacidad instalada de 1600 MWe, operando desde 1990 la unidad 1, y desde 1995 la unidad 2. Estos reactores que hoy suman una experiencia de alrededor de 65 años-reactor, tienen una licencia para operar hasta el 2050 la unidad 1 y 2055 la unidad 2, esto implica que México tendrá generación de nucleoelectricidad hasta por lo menos el año 2055, y el ININ deberá garantizar la asesoría y soporte tecnológico para la operación segura de la Central Laguna Verde.

III.1.1 Tecnologías de Cogeneración

Estudios del estado del arte

La cogeneración ofrece ventajas significativas en la producción y uso de la energía, al aprovechar el calor residual de los procesos industriales. Una de sus aplicaciones más atractivas es la desalinización de agua de mar. En particular, la cogeneración basada en energía nuclear puede representar ahorros de hasta un 35%.

Dada la gran cantidad de electricidad y calor que generan las plantas nucleares, es posible trascender el concepto convencional de “cogeneración” e implementar esquemas más integrales. Un ejemplo de ello sería un sistema en el cual una parte de la electricidad se destine al consumo eléctrico, otra a la producción de agua potable mediante desalinización por ósmosis inversa, y otra al aprovechamiento del calor residual para producir hidrógeno a través de ciclos termoquímicos. Este tipo de sistemas alcanzan una mayor eficiencia y reducen las emisiones de CO₂ en comparación con la cogeneración convencional.

La desalinización con energía nuclear es ya una alternativa disponible: actualmente existen en el mundo alrededor de 25 reactores que operan con este doble propósito. La alternativa de utilizar reactores nucleares para desalar agua de mar es una opción viable a considerar en la posible expansión de la capacidad nuclear del país, particularmente si se utilizan reactores modulares pequeños (SMR's), substancialmente en lugares con estrés hídrico como la Península de Baja



California. El ININ estudia estas alternativas con el objeto de apoyar la toma de decisión por parte de CFE y del Gobierno Federal.

Inventario de proyectos que han sido desarrollados en el ININ

- Desarrollo de una plataforma mexicana de diseño de reactores nucleares.
- Metodologías para análisis de accidentes severos en reactores nucleares.
- Cogeneración utilizando reactores nucleares tipo SMR (Small Modular Reactor) para producir electricidad y calor de proceso o desalación de agua de mar.
- Administración del envejecimiento de estructuras, sistemas y componentes de la Central nucleoelectrica Laguna Verde.
- Programa de vigilancia de los materiales de las vasijas de los reactores de la Central Laguna Verde.
- Análisis de tecnologías vigentes como posibles candidatos a incrementar la capacidad nuclear en México, incluyendo reactores grandes, SMRs y microreactores.

El ININ cuenta con los expertos mejor calificados del país en el área de análisis de reactores nucleares, colaborando con diversas instituciones internacionales y nacionales en el tema.

III.1.2 Producción de nuevos materiales (para gestión de desechos radiactivos y otras aplicaciones nucleares)

Estudios del estado del arte

El estudio de nuevos materiales ha propiciado el desarrollo de nuevas tecnologías en diversos campos del conocimiento, incluyendo física, química, ingeniería, ciencia de materiales, biomedicina, entre otras. De particular interés son los materiales con dimensiones en la nanoescala o nanomateriales. El desarrollo actual de la industria basada en nuevas tecnologías ha iniciado la incorporación de nanomateriales con características y propiedades específicas en la elaboración de productos de uso común o bien, de aplicación especializada.

Diversas aplicaciones están diseñadas para que los nanomateriales estén expuestos constantemente al medio ambiente y a diferentes tipos de radiación tanto ionizante como no ionizante. Dentro del área de reactores nucleares de

agua en ebullición, se están aplicando depósitos de nanopartículas de metales nobles para mitigar los efectos de la corrosión en sus componentes internos. En el ININ se desarrollan nuevos materiales y se realiza investigación para mejorar los ya existentes para diversas aplicaciones. Con base en el conocimiento generado, se plantean diferentes aplicaciones para nanomateriales con resultados favorables. Las aplicaciones estudiadas en el ámbito nuclear son:

- Materiales cementicios y aluminosilicatos para la Gestión de Desechos Radioactivos.
- Nanomateriales para atenuación de radiación.
- Depósitos de nanopartículas y de óxidos metálicos para mitigar corrosión intergranular bajo esfuerzo en aceros en condiciones BWR.
- Nanomateriales para el área médica, basados en nanopartículas metálicas.
- Materiales dosimétricos.
- Catalizadores para la producción de hidrógeno.

Expertos científicos destacados

En el transcurso de los años, en el ININ se ha conformado un grupo de investigación en el área de Ciencia de Materiales con especialidades en Nanomateriales y en la caracterización estructural por Microscopía Electrónica y Difracción de Rayos X. Este grupo cuenta con una amplia experiencia en la preparación, observación y análisis de muestras enfocados en el estudio de Nanomateriales.

Proyectos o prototipos

A continuación, se listan algunos proyectos enfocados en esta línea de investigación, y que han sido desarrollados en el ININ:

- Síntesis y caracterización de estructuras metálicas unidimensionales para la generación de nanocables.
- Desarrollo de catalizadores a base de Cu y Ni soportados ZrO_2 , CeO_2 y óxidos mixtos ($\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2$) para la generación de H_2 mediante la reacción de reformado de metanol con vapor de agua en atmósfera oxidante.
- Desarrollo de un sistema dosimétrico a partir de ZrO_2 y nanopartículas de cobalto.
- Efectos de la radiación en la estructura y propiedades de nanomateriales: nanopartículas, nanoestructuras unidimensionales y nanocompuestos.

- Irradiación de nanomateriales: Estudio de la interacción y atenuación de la radiación en nanocompuestos basados en nanoestructuras metálicas.
- Producción de H_2 mediante el reformado de metanol en catalizadores bimetalicos de Pd(pt)-Ni soportado en nanorods de CeO_2 .
- Producción de hidrógeno mediante el reformado catalítico de metanol (CH_3OH) y metano (CH_4) en nanocatalizadores bimetalicos soportados en nanoestructuras unidimensionales de CeO_2 y ZnO .

III.1.3 Tecnologías para exploración y mantenimiento de yacimientos

Estudios del estado del arte

En el proyecto ENERXICO, se abordó cuestiones para la industria petrolera en problemas de recuperación, transporte y refinación del crudo mexicano, explorando también el área de industria eólica y eficiencia de combustión para transporte. Se aplicó la tecnología de Cómputo de Alto Rendimiento (HPC, High Performance Computing) requerida para llevar a cabo diferentes simulaciones relacionadas con la industria de energía de interés crítico para México. Este proyecto afrontó algunos de los principales desafíos en la industria mexicana de la energía con el desarrollo de un software eficiente para incrementar las reservas de petróleo, usando el estado del arte en exploración geofísica para yacimientos subsalinos.

Las técnicas nucleares como el uso de trazadores y fuentes radiactivas son herramientas útiles para contribuir a la exploración de yacimientos de recursos energéticos como son petróleo, gas, uranio y campos geotérmicos, así como en aplicaciones industriales como el perfilaje de torres de destilación y absorción, y mediciones de fugas en tubería subterránea. Los trazadores se utilizan para determinar las interconexiones entre pozos y las fuentes sirven para construir perfiles estratigráficos que definen las capas del subsuelo, que sumadas a los resultados de otros estudios permiten obtener un mejor conocimiento del campo en exploración.

En el ININ se desarrollan y aplican las técnicas nucleares para la solución de problemas en la exploración de recursos energéticos y en distintas aplicaciones industriales para determinar:



- Permeación en campos geotérmicos y petroleros.
- Fracturación en campos geotérmicos, petroleros y de almacenamiento de CO₂.
- Bancos de exploración de uranio.
- Localización de minas de roca fosfórica y bauxita (Jamaica) donde se estableció una relación de la bauxita con el mineral asociado al Uranio.
- Perfilaje de torres de destilación y adsorción.
- Diagnóstico de problemas de operación por distribución de tiempos de residencia.
- Utilizando trazadores radioactivos, determinar posibles yacimientos de hidrocarburos.

Expertos científicos destacados

Los grupos que trabajan en estos temas son grupos consolidados referentes nacionales en los temas y cuentan colaboraciones con diversas instituciones nacionales e internacionales.

Inventario de proyectos o prototipos

- ENERXICO: Supercómputo y energía para México. Fondo SENER-Hidrocarburos
- Determinación de nuevos sitios de explotación en el campo geotérmico de Tres Vírgenes, Baja California Sur correlacionando las anomalías del trazador radiactivo natural con determinaciones geofísicas (conductividad, micro sismicidad y gravimetría).
- Determinación de zonas de alta permeabilidad en el campo geotérmico de Los Humeros, Puebla, introduciendo un segundo trazador geotérmico gaseoso (CO₂) en conjunto con el radiactivo natural.
- Proyecto INT/02/019 "Tecnologías y Gestión de Proyectos de Extracción de Uranio" auspiciado por el OIEA vigente hasta 2022.
- Determinación de permeación geotérmica y localización de fracturas abiertas en exploración de yacimientos geotérmicos, para el enriquecimiento de los modelos de formación del campo geotérmico.



- Determinación de Paleotemperatura en exploración de yacimientos petroleros, para el enriquecimiento de los modelos de formación del campo petrolero.
- Nuevas técnicas de exploración de yacimientos uraníferos, amigables con el ambiente, para determinar la riqueza uranífera del país.

III.1.4 Baterías de almacenamiento de electricidad de pequeña, mediana y gran escala

Estudios del estado del arte

El almacenamiento de energía es muy importante tanto en el plan económico como ecológico. Actualmente en la industria generadora de energía, existen pérdidas energéticas importantes con emisiones de compuestos tóxicos, principalmente gases de efecto invernadero. La capacidad de almacenamiento de energía en el mundo era de aproximadamente 125 GW en el 2008. Esta capacidad representa un 3% del total de la energía eléctrica producida ese año (3900GW).

El almacenamiento de energía se vuelve trascendente en un sistema eléctrico en donde los generadores base tienen que trabajar, por razones económicas, a capacidad plena, como en la industria nuclear, sumados a las nuevas fuentes de energía renovable.

Las nanoestructuras de carbono debido a su elevada área superficial pueden convertir a un capacitor (baja capacidad de almacenamiento con carga/descarga rápida) en un supercapacitor que combina las ventajas de un capacitor y de una pila (alta capacidad de almacenamiento con carga/descarga rápida).

Las ventajas principales de los supercapacitores con base en nanopartículas son las siguientes:

- Alta densidad de potencia y de energía.
- Carga y descarga rápida.
- Recarga rápida (segundos a minutos).
- Operación a cualquier temperatura (temperaturas sub-cero).
- Mayor tiempo de vida.

Equipos o redes de investigación nacionales

En el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares existe el Laboratorio de Aplicaciones de Plasmas (LAP), donde se está trabajando desde el 2016 con el proyecto: Síntesis y aplicación de nanoestructuras de carbono en la obtención de



supercapacitores de alta densidad, en el cual se obtendrá un prototipo que permitirá hacer más eficiente el uso de las baterías, haciendo posible disminuir su volumen actual, así como los tiempos de carga y descarga. En este proyecto trabaja un equipo multidisciplinario con colaboraciones tanto nacionales, como del extranjero, que incluyen las siguientes instituciones:

- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).
- Department of Electrical Engineering & Electronics, University of Liverpool.
- ITESM Campus Toluca.

Inventario de proyectos o prototipos existentes

Síntesis y aplicación de nanoestructuras de carbono en la obtención de supercapacitores con alta densidad

Procesos patentados o patentables

Patente "SUPERCAPACITOR A BASE DE NANOESTRUCTURAS DE CARBONO DEPOSITADAS EN UNA MEMBRANA DE SEPARACION" con expediente MX/a/2019/003806 y Folio: MX/E/2019/021043

III.1.5 Tecnologías para la captura de emisiones de gases de efecto invernadero y lavado de gases

Estudios del estado del arte

Los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, los óxidos de nitrógeno y el ozono. Uno de los más importantes es el CO₂ que proviene de los gases de combustión liberados en las plantas generadoras de energía, los vehículos autónomos y por otros procesos industriales después de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural). Como parte de las estrategias globales para la disminución de los GEI, se ha recurrido a la Tecnología de CCUS (Carbon Capture, Use and Storage) que es un conjunto de procesos tecnológicos aplicados con el propósito de reducir las emisiones de carbono en la atmósfera, los cuales comprenden su captación, separación, transporte y almacenamiento en depósitos subterráneos de gran profundidad (3000 a 4500 m).

En el ININ se cuenta con un grupo de investigadores que realiza investigación aplicada para la captura y transformación de gases de efecto invernadero principalmente CH₄ y CO₂. Para ello se han sintetizado y estudiado materiales

sólidos como potenciales absorbentes de naturaleza variada, los cuales han sido modificados texturalmente y estructuralmente o tratados químicamente observando el efecto de estos tratamientos en la eficiencia de captura de CO_2 ; se desarrollan catalizadores de bajo costo, activos y térmicamente estables para promover la transformación de estos gases, utilizando tecnologías de plasma y reactores convencionales de cuarzo, para que el producto de la transformación de los gases de efecto invernadero tenga utilidad en otras tecnologías y obtener productos de valor agregado para la industria nacional.

Equipos o redes de investigación nacionales

El ININ cuenta con grupos multidisciplinarios de trabajo ya consolidados que realizan investigaciones sobre el comportamiento de la captura de CO_2 en potenciales materiales adsorbentes de diversa naturaleza química; en sólidos adsorbentes (carbones activados, hidrotalcitas, zeolitas, óxidos metálicos, entre otros), así como en materiales adsorbentes líquidos (soluciones líquidas alcalinas). Estos esfuerzos se han hecho en colaboración con diversas instituciones: UNAM, UAEM, TESSFP.

Se cuenta con investigadores de diferentes disciplinas y conocimientos especializados en el sector de energía, que han participado en investigaciones encaminadas al desarrollo de tecnologías de plasma, diseño y fabricación de nanocatalizadores, producción de gas de síntesis e implementación de tecnologías para el seguimiento en tiempo real de reacciones catalíticas, obtención de gas natural mediante la hidrogenación del CO_2 .

Inventario de proyectos o prototipos existentes

- En el Laboratorio de Aplicaciones de Plasmas (LAP) del ININ se han desarrollado unidades de reactor de plasma que funcionan con un convertidor especial trabajando a elevada frecuencia para alcanzar una descarga de plasma uniforme. El plasma tibio logra, con alta eficiencia, la disociación de GEI obteniendo simultáneamente gases altamente energéticos ($\text{H}_2 + \text{CO}$) y su posible reconversión final a energía eléctrica mediante celdas de combustible sin la emisión de CO_2 . Estos reactores son compactos y factibles de diseño en unidades móviles para tratamiento "in situ".
- Propiedades de adsorción de CO_2 en hidrotalcitas, óxidos de calcio y carbones activados a diferentes presiones y temperaturas.

- Modelación numérica y pruebas experimentales de captura CO_2 .
- Preparación de nanomateriales utilizando plasmas.
- Producción de hidrógeno (combustible alternativo al petróleo) mediante el reformado catalítico de metanol (CH_3OH) y metano (CH_4) en nanocatalizadores bimetálicos soportados en nanoestructuras unidimensionales de CeO_2 y ZnO .

Procesos patentados o patentables

- Patente 242492 “Cañón de plasma no Transferido” y con la Patente WO2015/002523 A1 que comprende un Método y Sistema para Obtener Gas Dulce, Gas Sintético y Azufre a partir de Gas Natural, realizada en conjunto con el Centro de Investigación Química Aplicada (CIQA) y el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).
- Reactor de Plasma Frio, de Barrera Dieléctrica, con Lecho de Nanofibras de Carbono y Sistemas Asociados para Tratamiento de Gases Tóxicos en Fuentes de Emisión Fijas y Móviles”, Folio MX/E/2017/066380.
- Registro de la Patente “Supercapacitor a Base de Nanoestructuras de Carbono Depositadas en una Membrana de Separación” con expediente MX/a/2019/003806 y Folio: MX/E/2019/021043.
- Patentable: Captura eficiente de CO_2 en un nanoadsorbente a base de CaO obtenido por combustión química y tratado por molienda mecánica de alta energía bajo condiciones normales de presión y temperatura.
- Patentable: Reactor de un plasma tibio para producir syngas.
- Patentable: Nanocatalizadores para reformado seco de metano (producción de syngas).
- Patentable: Proceso de obtención de hidrógeno mediante Aluminio-Litio-Agua.
- Patentable: Diseño de nanocatalizadores para uso captura y transformación de gases de efecto invernadero.

III.1.6 Tecnologías de ensayos no destructivos

Estudios del estado del arte

La tecnología de los ensayos no destructivos (END) se ha desarrollado en el extranjero y es producto de años de investigación, esta tecnología ha sido asimilada en nuestro país. La tecnología nuclear se utiliza en este tipo de ensayos



que, en este caso, se basan en aceleradores lineales con los cuales es posible analizar materiales mediante rayos X o generar tomografías computarizadas.

Equipos o redes de investigación nacionales

En el ININ existe personal especializado, capacitado en END y con experiencia en inspecciones en sitio (PEMEX y CFE), los cuales colaboran con otros grupos de especialistas en electrónica, automatización, robótica y programación. De ser necesario, mediante colaboraciones interdisciplinarias, se podría lograr el desarrollo de herramientas y equipos de inspección propietarios que serían de gran utilidad para las empresas productivas del país.

No existe una red nacional sobre esta área, sin embargo, el ININ está jugando un rol protagónico, en colaboración con el OIEA (Proyecto ARCAL RLA/1/014), para fortalecer la Confederación Panamericana de Ensayos No Destructivos. En cuanto a la existencia de grupos nacionales, se tiene al Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, el CINESTAV Saltillo, la Universidad Autónoma de Campeche, la ESIQUIE del IPN, la UNAM, el Instituto Mexicano del Transporte, el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, en la Compañía Mexicana de Investigación en Materiales, el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, y el Instituto Mexicano del Petróleo.

El ININ funge como centro colaborador regional, designado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), para ofrecer asistencia técnica especializada mediante la aplicación de ensayos no destructivos en la atención y mitigación de desastres sísmicos.

Inventario de proyectos o prototipos existentes

Actualmente, México es el país líder del Proyecto de Cooperación Técnica ARCAL RLA/1/014 "Promoción de tecnologías de ensayos no destructivos para la inspección de estructuras civiles e industriales". La formación se orienta principalmente a la inspección de estructuras civiles e industriales, a fin de determinar el estado de su integridad estructural, teniendo como una de sus metas, la creación de dos centros subregionales, especializados en la inspección de estructuras civiles que podrán proveer apoyo a los países de la región en caso de emergencias, los cuales se propone de manera inicial tengan sus sedes en México y Argentina. Cabe mencionar que se tramita la designación del centro regional de ensayos no destructivos, por parte del OIEA.



En el caso específico de la radiografía industrial y la detección de fugas mediante radiotrazadores, en el ININ se podrían generar los isótopos radiactivos necesarios para el radiotrazado y las adaptaciones necesarias en el reactor TRIGA MARK III para implementar la radiografía con neutrones. El ININ ha desarrollado algunos dispositivos para realizar ensayos no destructivos en Pemex y CFE.

III.1.7 Diseño y producción de robots industriales

Estudios del estado del arte

Actualmente los sistemas robóticos tienen una alta participación en todo tipo de procesos productivos. Afortunadamente, en el país se han realizado avances importantes en esta tecnología, especialmente en la de robots móviles para el transporte de cargas en diversas industrias. Otra aplicación es el uso de robots en aquellas tareas en donde se puede poner en riesgo al ser humano. El manejo de material y fuentes radiactivas representa un nicho apropiado para la aplicación de estos robots industriales, útiles también, en instalaciones como refinerías, petroquímicas y plantas nucleares. En eventos extraordinarios han demostrado su gran utilidad en derrumbes en minas, estructuras colapsadas por terremotos, recuperación de material radiactivo y otros.

Equipos o redes de investigación nacionales

El ININ ha logrado explorar varias aplicaciones con base en varios grupos de especialistas propios tanto en el desarrollo e integración de vehículos aéreos no tripulados para la inspección de instalaciones, la medición de gases contaminantes y el barrido de grandes áreas en el caso de emergencias radiológicas. También, vehículos autónomos terrestres para la localización de fuentes radiactivas huérfanas y para la medición de áreas radiológicamente contaminadas. Además, ha atendido requerimientos específicos para la robotización de maniobras en zonas de alta radiación en la CNLV con el objeto de mejorar prácticas de mantenimiento y de contribuir a la reducción de la dosis colectiva de dicha central.

El país cuenta con expertos diseminados en todo el territorio nacional. Es posible encontrar redes e instituciones de investigadores y profesionales en la CDMX, en instituciones como la UNAM y la Red de Expertos en Robótica y Mecatrónica del



IPN, sus unidades de investigación y otras, que están presentes en sitios como Ensenada, Baja California, Saltillo, Coahuila, entre otros.

Inventario de proyectos o prototipos existentes

En el caso del ININ, las aplicaciones se centran en el monitoreo de variables en sitios con alta radiación, y la manipulación de materiales altamente radiactivos, empleados para la fabricación y dosificación de radiofármacos para uso médico y nuclear. Se trabaja en conjunto con la CFE para modificar los procesos empleando mecanismos robóticos para la reducción de dosis al personal y para la manipulación y procesamiento de desechos radiactivos (Proyecto: Automatización Integral del Proceso de Mantenimiento e Inspección de Prefiltros del Sistema G16 para Unidades 1 y 2 de la CNLV para la Reducción de Dosis).

III.1.8 Diseños de programación (política informática soberana)

Estudios del estado del arte

Actualmente México cuenta con dos reactores nucleares que han producido electricidad prácticamente libre de emisiones de gases de efecto invernadero desde 1990 (unidad 1) y 1995 (unidad 2). Los programas de cómputo encargados del análisis de comportamiento de reactores son desarrollados por laboratorios o compañías especializadas y representan para sus usuarios una carga económica importante en cuanto a uso de licencias. Este costo está relacionado con la complejidad de los programas, ya que el diseño y la evaluación de seguridad de las plantas nucleares son problemas complejos que requieren del conocimiento de diferentes campos de la física como dinámica de fluidos, transferencia de calor, mecánica estructural, química, neutrónica, entre otras. Este carácter multidisciplinario de la tecnología nuclear se ha desarrollado en México de manera separada por diferentes grupos de investigación a través de los años, por lo que el siguiente paso lógico es un cambio de enfoque basado en la definición de equipos multidisciplinarios e interinstitucionales de desarrollo. Así, en las universidades y centros de investigación se desarrollan en conjunto las plataformas para simulaciones avanzadas de reactores de agua ligera. En México, desde 2015 se desarrolla el proyecto nacional AZTLAN platform, financiado por el entonces Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE) y que reúne a las principales universidades públicas del país con programas nucleares: IPN, UNAM, UAM y al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), quien lidera el desarrollo.



Equipos o redes de investigación nacionales

El equipo de desarrollo de la plataforma AZTLAN está conformado por el ININ, la UNAM, el IPN y la UAM. Además, cuenta con un grupo de usuarios conformado por la CNSNS, la CNLV, INEEL, KIT y la UPM. Estas dos universidades extranjeras sólo participan con asesorías de expertos y formación de recursos humanos.

Inventario de proyectos o prototipos existentes

Desarrollo de una plataforma de cálculo para análisis de reactores nucleares (Tuvo financiamiento del llamado Fondo SENER-CONACyT).

Procesos patentados o patentables

Hasta este momento se han registrado ante el IMPI los logotipos y nombres de cinco de los programas de cómputo en desarrollo y que forman parte de la plataforma AZTLAN.

III.1.9 Catalizadores para la conversión de hidrocarburos. Regeneradores.

Estudios del estado del arte

En el ININ se realiza investigación básica y aplicada para la conversión catalítica de hidrocarburos, principalmente hidrocarburos livianos como el metano. Se desarrollan catalizadores de bajo costo, activos y térmicamente estables para promover la oxidación completa del hidrocarburo liviano y la mezcla de éste en presencia de CO₂ así como en presencia o ausencia de oxígeno y/o vapor de agua, con el fin de que el producto de la transformación del hidrocarburo liviano tenga utilidad en otras tecnologías para obtener productos de valor agregado para la industria nacional. Otro de los objetivos de estas investigaciones es generar nuevo conocimiento en el tema para volver más eficiente el uso de combustibles provenientes del petróleo.

Equipos o redes de investigación nacionales

Se tiene colaboraciones con UTSA, UNAM, UNISTMO y la UAM. La UTSA sólo participa con asesorías de expertos y formación de recursos humanos.

Inventario de proyectos o prototipos existentes

Producción de hidrógeno (combustible alternativo al petróleo) mediante el reformado catalítico de metanol (CH₃OH) y metano (CH₄) en nanocatalizadores bimetálicos soportados en nanoestructuras unidimensionales de CeO₂ y ZnO.



Procesos patentados o patentables

Diseño de nanocatalizadores para uso en tratamiento de hidrocarburos livianos.

III.1.10 Sistemas integrados de instrumentación y control de procesos químicos, petroquímicos y de refinación.

Estudios del estado del arte

Los sistemas de control, seguridad e instrumentación de procesos industriales requieren actividades multidisciplinarias, en las que hay que considerar aspectos técnicos como son la electrónica, la integración de sistemas informáticos, de comunicación y el uso de sensores inteligentes. Un aspecto fundamental son los criterios de diseño y la confiabilidad esperada junto con el componente económico, para lograr una solución competitiva, sin perder la calidad. Los avances más recientes se manifiestan en ejemplos como los Sistemas Instrumentados de Control en arquitecturas Triplemente Redundantes, que emplean procesadores de alto desempeño para cubrir aplicaciones críticas de seguridad, incorporando instrumentación de última generación.

Existen procesos industriales donde es importante efectuar la medición de gases contaminantes para cumplir con la regulación y normativa vigente, que implica mantener las condiciones apropiadas para el buen funcionamiento de equipos y sistemas, proteger adecuadamente al personal y para minimizar el impacto ambiental circundante.

Considerando la evolución tecnológica, principalmente motivada por el avance en la electrónica, tanto instrumentación de campo como los mismos sistemas, requieren modernización. Como un ejemplo de lo anterior, la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde enfrenta el reto de transitar paulatinamente de electrónica analógica a digital tomando en consideración que la renovación de la licencia de operación la llevará a operar otros 30 años.

Para atender este desafío es necesario actualizar sistemas de control, interfaz hombre-máquina, software y aplicaciones, instrumentación, certificaciones categoría nuclear, pruebas y ensayos, calificación ambiental y sísmica, verificaciones y validaciones; todo conforme a la normativa y regulación nuclear.



Equipos o redes de investigación nacionales

El ININ tiene un grupo relevante de expertos en este campo con diversas especialidades que tienen la capacidad de brindar soporte, diseñar instrumentos, integrar sistemas y desarrollar tecnología propia. El instituto es un proveedor confiable de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde con amplia experiencia acumulada, que puede hacerse extensiva a otras industrias.

Inventario de proyectos o prototipos existentes

En el ramo nuclear se han desarrollado consolas de control para reactores de investigación y se apoya a la central nuclear Laguna Verde en la definición y ejecución de su Plan de Modernización de Instrumentación y Sistemas de Control. En el campo de la protección del ambiente, el ININ ha desarrollado una plataforma tecnológica propietaria para el desarrollo de sondas de monitoreo e integración de redes de medición de gases contaminantes entre los que se pueden mencionar: Ácido Sulfhídrico (H_2S), Metano (CH_4), Amoniacó (NH_3), siendo posible determinar otros de acuerdo al requerimiento. Como soporte a estos desarrollos, en el ININ se integró un laboratorio móvil instrumentado para correr campañas en sitio y crear líneas base, al cual se suma el Laboratorio para la Innovación y el Desarrollo en Medición y Mitigación de Emisiones (LADIMME), que cuenta con una batería de analizadores para brindar la verificación de la calibración y brindar la trazabilidad requerida. Con base en esta tecnología se han diseñado e instalado redes de monitoreo en instalaciones de almacenamiento y distribución de petróleo, en PEMEX y en centrales hidroeléctricas y geotérmicas de la CFE. Asimismo, se integró un laboratorio móvil para medición de gases en el ambiente para el Gobierno de Oaxaca y una sonda de monitoreo para la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Gobierno de Jalisco.

Procesos patentados o patentables

Se ha obtenido la protección intelectual de varios modelos de utilidad y diseños propios.

III.2 Aplicaciones no energéticas

III.2.1 Tecnología de desechos radiactivos

Considerando que por ley SENER es la entidad responsable del almacenamiento y gestión de los desechos radioactivos del país, provenientes de aplicaciones no



energéticas, y que SENER le ha encomendado al ININ el cumplimiento de esta responsabilidad, el ININ tiene como uno de sus objetivos principales el realizar la gestión de los desechos radiactivos generados en las instituciones y empresas de todo el país, dedicadas a las aplicaciones de las técnicas nucleares no energéticas, en sus instalaciones se realiza el transporte, segregación, caracterización, tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento de los desechos radiactivos. Para cumplir con su objetivo, el Departamento de Desechos Radiactivos tiene bajo su responsabilidad las siguientes instalaciones:

- PATRADER: en donde se coordinan y ejecutan el transporte de material radiactivo, caracterización y segregación, descontaminación, tratamiento y acondicionamiento de los desechos radiactivos y fuentes selladas gastadas.
- CADER: donde se realiza el almacenamiento temporal y resguardo de los desechos radiactivos previamente acondicionados
- Laboratorio de Desechos Radiactivos (LDR): que tiene como funciones principales la caracterización de desechos líquidos, desarrollo de técnicas de tratamiento de desechos, implementación de metodologías de determinación de alfas y betas en desechos líquidos, sólidos, y la formación de recursos humanos.
- Sitio “La Piedrera”: Lugar de disposición de desechos radiactivos. Fue construido para albergar los desechos radiactivos de Co-60 producidos en el accidente de Cd. Juárez en 1983.
- Sitio “Peña Blanca”: lugar de disposición de desechos radiactivos de origen natural.

Para desarrollar las actividades de desarrollo y manejo de desechos radiactivos se cuenta con investigadores y profesionistas y técnicos especializados.

El ININ ha establecido para el área de Desechos radiactivos, el objetivo de ser el referente a nivel nacional en la gestión de desechos radiactivos de aplicaciones no energéticas y energéticas, mediante el mejoramiento de las capacidades técnicas humanas y de infraestructura en este campo y coordinando las actividades en la gestión de desechos con diferentes instituciones en el país y del extranjero. En esta área, en el instituto se desarrolla el proyecto “Determinación de Radionúclidos Emisores Beta y Alfa puros Presentes en Desechos Radiactivos”.



III.2.2 Protección radiológica

En el ININ se cuenta con un grupo de expertos en protección radiológica que vigilan el uso del material radiactivo y de radiaciones ionizantes en el instituto; tiene a su cargo la realización de servicios especializados de protección radiológica como la dosimetría interna del personal expuesto a fuentes abiertas de material radiactivo y la asesoría externa e interna y la realización de los programas de vigilancia radiológica ambiental.

El ININ asesora a usuarios de material radiactivo en el país en protección radiológica como cálculos de blindaje, incorporación de material radiactivo, dosimetría personal, entre otros.

Se cuenta con un Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental con sistemas de espectrometría, alfa y gamma, y sistemas de centelleo líquido. Respaldado por investigadores, profesionistas y técnicos, especializados en mediciones y muestreos en situ, análisis radiológicos y evaluaciones de impacto radiológico ambiental.

El ININ ha participado en el área de protección radiológica en apoyo a incidentes como:

- El ocurrido en la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional en fue necesaria la determinación de las dosis internas y la gestión de las áreas contaminadas.
- La recuperación de la fuente de Cobalto-60 robada en el Estado de México dando la solución para el rescate y confinamiento de la fuente, lo cual redujo la exposición de los participantes y el riesgo para la población y el ambiente.

El ININ es el referente técnico y tecnológico a nivel nacional en las emergencias radiológicas en el país y coadyuva en la profesionalización de las actividades que impliquen el uso de material radiactivo o radiaciones ionizantes.

En el instituto se desarrolla el proyecto “Estudio de Radiactividad en Agua de Fuentes de Abastecimiento en Acuíferos de la República Mexicana”.

III.2.3 Irradiación

Existen diversas aplicaciones de la radiación con diferentes propósitos. Sobresale el uso de la tecnología basada en rayos gamma, electrones o rayos X para la



irradiación de productos alimenticios, esterilización de dispositivos médicos, modificación y desarrollo de nuevos materiales, y tratamiento de gases contaminantes y fluidos residuales. Más de cincuenta países utilizan esta tecnología con lo que se fortalece la seguridad alimentaria y el cuidado de la salud, además, esta tecnología es de gran utilidad en industrias como la automotriz, aeronáutica y aeroespacial.

El ININ dispone de una planta industrial de irradiación gamma que fue puesta en servicio en 1980 como un primer proyecto piloto cuyo objeto fue promover esta tecnología por primera vez en el país. De manufactura canadiense, por su diseño, orientada al tratamiento de dispositivos médicos. Su operación comercial inició en 1983 y se sumó como una alternativa a las técnicas convencionales disponibles en la fecha. Siendo un proyecto de país demostrativo, paulatinamente se posicionó a tal grado que detonó la instalación de plantas industriales de irradiación gamma en el año 2000 y 2007. El uso de esta tecnología ha crecido sustancialmente, por lo que en 2017 se instaló una nueva planta en el noroeste del país basada en electrones con el fin de irradiar dispositivos médicos para consumo nacional y exportación.

Hoy el ININ tiene personal especializado con conocimiento y una amplia experiencia en la gestión y operación de la tecnología de irradiación conforme a normativa y regulación nacional e internacional. Con el apoyo del OIEA, recibe profesionales de varias partes del mundo, quienes reciben entrenamiento en operación y mantenimiento, dosimetría, seguridad radiológica, control y garantía de calidad.

El ININ ofrece soporte técnico y tecnológico para el desarrollo de estudios de viabilidad de nuevas plantas de irradiación, y cuenta con una red de expertos global, avalada por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

III.2.4 Aplicaciones al sector salud

En el área de la salud, el ININ ha consolidado grupos multidisciplinarios de investigación altamente especializados, que contribuyen significativamente al bienestar de la población mediante la investigación, innovación y desarrollo



tecnológico de técnicas diagnósticas y terapéuticas sustentadas en la energía nuclear. Basados en la capacidad para generar conocimiento científico de frontera y con ello tecnología propia, los grupos de investigación en salud del ININ han destacado en líneas científicas y tecnológicas especializadas tales como las ciencias radio farmacéuticas, la metrología de radiaciones ionizantes y la imagenología médica, favoreciendo la independencia tecnológica. En este contexto, es importante mencionar que el ININ cuenta con la única instalación certificada para la Producción de Radiofármacos (PPR) del país que cuenta con áreas Clase ISO 5 para el desarrollo y producción de radiofármacos y certificado de Buenas Prácticas de Producción, con el Laboratorio Nacional de Investigación y Desarrollo de Radiofármacos (LANIDER-CONACyT), con el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) y con el Laboratorio de Control de Calidad y Protección Radiológica en Imagenología (LCCPRI).

El ININ ha desarrollado decenas de radiofármacos que cuentan con registro sanitario otorgado por la COFEPRIS y que se distribuyen al sector salud, además de haber obtenido patentes nacionales e internacionales. Asimismo, el ININ es Miembro de la Red de Laboratorios Secundarios del Organismo Internacional de Energía Atómica y de la Organización Mundial de la Salud, IAEA/OMS, es depositario de 4 patrones nacionales en radiaciones ionizantes registrados en la Dirección General de Normas, y cuenta con 45 Capacidades de Medida y Calibración en Radiactividad y 10 en Dosimetría acreditadas ante el Sistema Interamericano de Metrología y con la autorización para asesorías en protección radiológica en Rayos X por la COFEPRIS.

Para apoyar las metas del Plan Nacional de Desarrollo, el ININ debe continuar articulando los usos de la energía nuclear en el país mediante la instalación de un ciclotrón de 30 MeV para la producción y aplicación de radiofármacos. En este punto cabe destacar, que las diferentes aplicaciones médicas de los radiofármacos son consideradas a nivel mundial como las técnicas diagnósticas más avanzadas y precisas en oncología, neurología y cardiología. La instalación de un centro en el ININ que produzca radiofármacos de ciclotrón pondría al alcance de la población de menos recursos económicos y más vulnerable, técnicas diagnósticas y radioterapéuticas de punta.

En cuanto a la continuidad en la formación de recursos humanos especializados, el ININ debe desarrollar un Centro Regional de Capacitación dirigido a las ciencias radiofarmacéuticas, dosimétricas y de imagenología médica. Asimismo, debe



participar en la asesoría especializada a las dependencias del sector salud, en cuanto a la instalación de ciclotrones de uso médico y centros de Medicina Nuclear e Imagen Molecular a lo largo del país, a fin de contribuir con el incremento de los índices de bienestar.

Los proyectos y patentes desarrollados en el instituto en este tema son:

- Efecto en sus Propiedades Estructurales y Bioquímicas al Activarlas por irradiación neutrónica en el Reactor Triga Mark III.
- Radiofármacos Multiméricos como Nanosistemas de liberación de Oncofármacos.
- Dosimetría Personalizada de Radiofármacos Teranósticos a partir de Imágenes Híbridas.
- Estudio de las Propiedades Física de Sistemas Basados en ^{177}Lu -Nanopartículas para su aplicación en Terapia e Imagen Óptica y Nuclear.
- Procesamiento de Tejidos Biológicos
- Patente MX/a/2021/005088 Nanopartículas radioluminiscentes de sesquioxido de Lutecio-177 funcionalizadas con péptidos para imagen óptica. Fecha de concesión: 15/11/2024;
- Patente MX/a/2021/005089 Radiofármacos basados en el ácido ((r)-1-((6-hidrazinilnicotinoil)d-alanil)pirrolidin-2-il)borónico (HYNIC-iFAP) para la detección de la sobreexpresión de la proteína de activación de fibroblastos. Fecha de concesión: 28/10/2024;
- Patente US 12,128,114 B2 ^{177}Lu -DOTA-HYNIC-iPSMA as a therapeutic radiopharmaceutical targeting prostate-specific membrane antigen. Fecha de concesión: 29/10/2024.

IV. Recursos Humanos

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) inició su construcción en 1956, originalmente como la Comisión de Energía Nuclear. Inició formalmente la construcción del Centro Nuclear de México el 3 de julio de 1964. El 8 de noviembre de 1968 comenzó a funcionar el acelerador de partículas Tandem Van de Graaf, junto con el reactor TRIGA Mark III. Desde entonces, ha brindado apoyo a los sectores eléctrico, de la salud, agropecuario e industrial de nuestro país,



mediante las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, fungiendo como el brazo tecnológico de la Secretaría de Energía (SENER) y de sus antecesores.

El ININ cuenta con infraestructura única en México, como el Reactor TRIGA Mark III, el irradiador gamma y aceleradores de partículas, lo que le ha permitido no solo mantenerse a la vanguardia en la investigación nacional e internacional, sino también ofrecer respaldo a diversos sectores económicos y a múltiples instituciones del sector salud. No obstante, considerando la antigüedad de la institución, parte de su infraestructura presenta ya signos de deterioro, lo que hace necesario establecer un programa integral de actualización y mantenimiento. Asimismo, el personal del instituto cuenta con una antigüedad promedio de 35 años, lo que se traduce en una edad promedio de 65 años. Esta situación vuelve imperativo implementar un programa de administración del conocimiento nuclear, así como una estrategia de modernización del equipamiento.

Históricamente, el ININ ha sido un referente en la formación de recursos humanos especializados en distintos niveles, contribuyendo de manera directa a la estrategia del Programa Sectorial de Energía “Impulsar la innovación y la formación de talento especializado para fortalecer el sector energético con tecnología de vanguardia”. En este sentido, destaca particularmente su apoyo en la capacitación y el desarrollo profesional del personal de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde.

Actualmente, el ININ es además un centro colaborador regional designado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en los temas de seguridad física nuclear y tecnologías de irradiación. Durante los últimos 15 años, ha recibido a más de mil estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado, consolidándose como un pilar en la generación y transferencia de conocimiento nuclear en México y la región.

V. Política de Protección de Propiedad Intelectual

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), será considerado el autor, único y legítimo propietario de todo aquel conocimiento científico, tecnológico o industrial que se produzca por los servidores públicos adscritos a la institución y con los recursos de la misma, de tal forma que corresponderá



exclusivamente a la Dirección General del ININ determinar el tema o proyecto, así como la forma y términos en que sea necesario proteger la propiedad intelectual del conocimiento que se genera y con ello salvaguardar el interés institucional, en el marco de los ordenamientos nacionales y/o internacionales aplicables en la materia. Entendida como “la propiedad intelectual”, el derecho de propiedad asociado a cualquier creación de la mente humana que protege los derechos de las autoras y autores de cualquier obra de carácter científico, literario o artístico.



VI. Problema Público

La ciencia y tecnología nuclear aportan en los países desarrollados contribuciones importantes al desarrollo económico. En México los beneficios de la utilización de la ciencia y tecnología nuclear no se traducen de manera importante en aportaciones al desarrollo económico. En el ámbito de la generación de electricidad, la utilización es inferior al 5%. El apoyo a la agricultura y la industria que la irradiación aporta sería más satisfactorio si se contara con al menos cinco irradiadores adicionales. La producción de radiofármacos en el ININ se realiza actualmente importando la materia prima (radioisótopos). Se considera entonces que es necesario extender el ámbito de influencia de la ciencia y tecnología nuclear para beneficio del público y para incentivar la inversión tanto privada como pública.

Visión a largo plazo

El Programa Institucional del ININ 2026 – 2030 está inscrito en el marco del Programa Sectorial de Energía y contribuirá en su ámbito de competencia y de responsabilidad a que se cumplan los siguientes objetivos:

- 1.- Fortalecer la autosuficiencia, soberanía y seguridad energética, a través de la planeación energética vinculante, así como el desarrollo sustentable para garantizar el acceso equitativo a la energía para la población, especialmente en regiones en rezago
- 2.- Impulsar proyectos estratégicos de energías renovables, el fomento a la eficiencia energética, y la innovación tecnológica para mitigar el impacto ambiental y reducir la dependencia de combustibles fósiles, priorizando regiones y sectores históricamente marginados
3. Garantizar la Justicia Energética para la población, acceso equitativo a energía asequible, distribución justa de beneficios de los proyectos energéticos y gestión participativa de las comunidades

Desde su inicio de operaciones en la época de los años sesentas, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, en aquel entonces llamado solo Centro Nuclear “Nabor Carrillo Flores”; ha implementado y potenciado el desarrollo de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en México, para el bienestar de la población nacional y del mundo.

El ININ en el tema de la generación de electricidad por medios nucleares, ha desarrollado una gran capacidad de análisis y evaluación de las nuevas



tecnologías de reactores nucleares, no solo desde el punto de vista tecnológico, sino también económico y sustentable.

Como ya se mencionó, debido a su alta especialización, el ININ cuenta con instalaciones únicas en el país tales como el reactor nuclear TRIGA Mark III, el irradiador gamma, aceleradores de partículas y diversos laboratorios manejados por personal del más alto nivel técnico. En el caso particular del ININ, el recurso humano con que se cuenta, es único en el país y está conformado por los mejores especialistas en el campo nuclear, quienes colaboran muy de cerca con las instituciones educativas de nivel superior en la formación de los recursos humanos que el sector nuclear requerirá en los siguientes años. Esta es una tarea en la que el instituto continuará comprometido en el corto, mediano y largo plazo.

Uno de los principales ejemplos de la trascendencia del instituto en la vida de México es la producción de radiofármacos para el tratamiento y diagnóstico de diferentes enfermedades, de los cuales alrededor del 55% son destinados a institutos de salud públicos.

Con la visión clara de que el ININ debe ser el recurso científico y tecnológico más prominente del Sector Energía, con reconocimiento internacional en el desarrollo de la energía nuclear y sus aplicaciones con fines pacíficos, se establecen los siguientes hitos estratégicos para la institución:

- Desarrollar los estudios necesarios para establecer un programa que considere el incremento de la capacidad nuclear en el sistema eléctrico nacional, considerando para ello las capacidades de cogeneración que brinda la tecnología nucleoelectrica. Aunado a lo anterior, coadyuvar al cumplimiento de los compromisos internacionales en materia de disminución de emisiones de CO₂.
- Definir y Coordinar un "Proyecto Nacional" para el manejo y almacenamiento definitivo centralizado de los desechos radioactivos de bajo y medio nivel, incluyendo a los de la Central Nucleoelectrica de Laguna Verde. Asimismo, coadyuvar a la definición de una política nacional del manejo de desechos radiactivos de alto nivel y combustible nuclear gastado.



- Continuar siendo el brazo tecnológico de la Secretaría de energía, en materia nuclear, mediante la implementación de proyectos que, considerando las “Tecnologías Críticas y de frontera”, den solución a las necesidades productivas de CFE y PEMEX, para lo cual será la institución líder de dichos proyectos, coordinando para ello a las universidades e instituciones involucradas.
- Se propone la instalación de un ciclotrón de 30 MeV con un Centro de Medicina Nuclear para la producción y aplicación de radiofármacos en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. El Centro de Medicina Nuclear que se instalaría en el ININ, incrementaría los índices de bienestar en el país respecto al diagnóstico y terapia del cáncer, al establecer convenios de colaboración con diferentes Institutos Oncológicos del país.
- Se implementaría una línea específica del ciclotrón para desarrollos específicos en el sector de hidrocarburos, mediante la producción de radioisótopos que sirvan como trazadores radioactivos (radiotrazadores), con aplicaciones en la ingeniería de yacimientos y en el transporte, distribución y comercialización de hidrocarburos.
- Se propone además, instalar una planta de irradiación de haz de electrones con convertidor a Rayos X, basada en un acelerador de alta energía, que se sumaría a la actual planta de irradiación gamma con el objeto de ampliar la capacidad de proceso y abrir nuevas líneas de investigación y desarrollo en materiales y componentes electrónicos.
- Ser la institución de referencia en el país y en América Latina en el campo de metrología de radiaciones ionizantes, fortaleciendo el desarrollo de los patrones nacionales que proporcionan el sustento a las actividades de normalización, acreditación y evaluación de la conformidad, en las distintas áreas y campos de aplicación de las Radiaciones Ionizantes en la república mexicana.
- Ser el referente nacional para la adquisición, manejo y calibración de equipos de imagenología mediante convenios con el Sector Salud (IMSS, ISSSTE, SSA), a través del Laboratorio de Control de Calidad y Protección Radiológica en Imagenología (LCCPRI) del ININ, el cual es único en el país.
- Mantener el liderazgo en la capacitación y adiestramiento en materia de Seguridad Nuclear y Protección y Seguridad Radiológica, así como en Seguridad física Nuclear.



En el campo de la energía nuclear para producir electricidad, se establece conforme al Artículo 27 Constitucional lo siguiente: “Corresponde también a la Nación el aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear y la regulación de sus aplicaciones en otros propósitos.

Siendo Laguna Verde la única central nucleoelectrica de México, y habiendo renovado las licencias de operación, el ININ deberá continuar siendo un soporte tecnológico para la participación en el fortalecimiento de la seguridad y en el mejoramiento de la confiabilidad y desempeño de sus unidades. En la agenda permanente de esta planta existen diversas áreas en las cuales el Instituto está involucrado:

- Administración del envejecimiento de Estructuras, Sistemas y Componentes.
- Actualización y modernización de Sistemas, específicamente de instrumentación y control.
- Proporcionar soporte en el proceso de cambio generacional de personal de la CNLV, mediante la formación de nuevos cuadros a todos los niveles, entrenamiento y reentrenamiento de profesionales nucleares.
- A partir de 2026, soporte tecnológico en la gestión del almacenamiento de combustible nuclear gastado.

La energía nucleoelectrica deberá de jugar un papel protagónico en la transición energética mexicana, su rol es esencial como generación firme y confiable de electricidad, que no contribuye a la Generación de Gases de Efecto Invernadero. El ININ, en su carácter de asesor tecnológico natural de la SENER en este campo, continuará colaborando en el diseño de políticas públicas orientadas al desarrollo y fortalecimiento del sector. En particular, impulsará la prospección tecnológica, así como la realización de estudios y análisis de nuevas opciones que permitan definir y consolidar un programa nuclear mexicano. Este programa deberá facilitar una transición armónica desde las energías convencionales hacia las energías limpias, garantizando el suministro eléctrico a través de la diversificación y blindando al sistema eléctrico nacional frente a las fluctuaciones en los precios de los hidrocarburos, además de incrementar la seguridad energética.



Cabe destacar que, ante los retos ambientales derivados del calentamiento global, la energía nuclear constituye la única tecnología de base que no emite gases de efecto invernadero y, en consecuencia, representa la opción más viable para llevar a cabo una transición energética adecuada. Asimismo, es el único respaldo limpio que posibilita la integración masiva y sustentable de energías renovables a la matriz energética nacional.

Es por esta razón que la energía nuclear junto con las energías renovables (cuya variabilidad no les permite ser de carga base) deben de ser los ejes motores de una red eléctrica, amigable con el ambiente, sustentable y que le permita al país tener un portafolio energético suficientemente diversificado y dotado de autonomía y soberanía. Con esto en mente, el ININ considera que se debe evaluar el integrar en la Planeación del Sistema Eléctrico Nacional adicionar a mediano plazo al menos 6,000 MW de energía nuclear. El instituto será el principal colaborador de CFE y del Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Energía, para poder materializar este gran reto.

Con la instalación del ciclotrón en las instalaciones del ININ, el instituto se consolidaría como el referente nacional y principal proveedor de radiofármacos para el sector salud y además, se producirían trazadores radioactivos con aplicaciones en ingeniería de yacimientos y en el transporte, distribución y comercialización de hidrocarburos. A partir de este primer ciclotrón se podrían desarrollar al menos 4 centros de atención y diagnóstico de cáncer, equipados con ciclotrones similares en diversas regiones de nuestro país, iniciando con el sureste mexicano. Esto se programa para un horizonte 15 años a partir del 2027, poniendo en marcha un centro de atención y diagnóstico cada 3 años.

El ININ, cumpliendo con su objeto de creación, deberá ser el eje rector de la ciencia y tecnología nuclear en México en los próximos 20 años, coordinando los proyectos nacionales en el tema, mediante el uso de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, basados en los programas de desarrollo definidos por el Gobierno Federal. Esta estrategia permitirá fortalecer aún más las capacidades tecnológicas del ININ y por consiguiente del país, ya que de manera coordinada con la SENER, se podrían liderar proyectos encaminados a resolver las necesidades nacionales que vinculen a los institutos de investigación con las instituciones académicas y con la industria nuclear. De esta manera, los recursos que se invierten en ciencia y tecnología nuclear se optimizan y se gana autonomía,



independencia y soberanía tecnológica enfocando el esfuerzo en la resolución de problemáticas nacionales, tanto en el sector energético, como en el sector salud.

En resumen, con la convicción de que el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) debe consolidarse como el referente científico y tecnológico más prominente del Sector Energía en el país, con reconocimiento internacional en el desarrollo de la energía nuclear y sus aplicaciones con fines pacíficos, el ININ continuará fortaleciendo su liderazgo mediante la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica.

En este contexto, el Instituto, pionero en el impulso de los reactores modulares desde su concepción a inicios de la década de 2000 y miembro del consorcio responsable del desarrollo del reactor nuclear IRIS, continuará realizando estudios de desempeño neutrónico y termohidráulico de reactores modulares pequeños (SMR, Small Modular Reactors), orientados a garantizar su operación segura y confiable ante condiciones normales y situaciones anómalas. Asimismo, el Instituto extenderá su participación en proyectos estratégicos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), enfocados en la capacitación de personal técnico y directivo para la toma de decisiones informadas relacionadas con la incorporación de centrales SMR a la matriz nacional de generación eléctrica. De manera suplementaria, se impulsará la cogeneración de electricidad y calor de proceso, así como la desalinización de agua de mar mediante reactores nucleares de pequeña escala, como una alternativa viable y sostenible para la expansión de la capacidad nuclear del país, particularmente en regiones con alto estrés hídrico, como la Península de Baja California, donde los SMR representan una opción estratégica de largo plazo.

En este mismo ámbito, de aplicaciones energéticas, siendo Laguna Verde la única central nucleoelectrónica de México y tras la renovación de sus licencias de operación, el ININ continuará desempeñándose como soporte tecnológico clave, contribuyendo al fortalecimiento de la seguridad nuclear, así como al mejoramiento de la confiabilidad y el desempeño de sus unidades. De manera complementaria, el Instituto impulsará la producción de nuevos materiales para la gestión de desechos radiactivos y otras aplicaciones nucleares; el desarrollo y aplicación de técnicas nucleares para la solución de problemas en la exploración y mantenimiento de yacimientos; la investigación y desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica a pequeña, mediana y gran escala;



tecnologías para la captura de emisiones de gases de efecto invernadero y el lavado de gases; investigación en ensayos no destructivos (END); el diseño y producción de robots industriales; el desarrollo de software y programación bajo una política informática soberana; así como la investigación en conversión catalítica de hidrocarburos, entre otras líneas estratégicas.

En cuanto a las aplicaciones no energéticas, el ININ continuará desarrollando investigación de vanguardia en gestión de desechos radiactivos, protección radiológica e irradiación, además de mantener su liderazgo nacional en la capacitación y adiestramiento en materia de Seguridad Nuclear, Protección y Seguridad Radiológica, así como Seguridad Física Nuclear. El Instituto se consolidará como el referente nacional en la adquisición, manejo y calibración de equipos de imagenología médica, mediante convenios con el Sector Salud (IMSS, ISSSTE y SSA), a través del Laboratorio de Control de Calidad y Protección Radiológica en Imagenología (LCCPRI) del ININ, único en su tipo en el país. En el sector salud, el impacto de la investigación, desarrollo y producción de radiofármacos del ININ para el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades es muy trascendente llegando a ser aproximadamente el 55 % de las necesidades de las instituciones públicas de salud, es por ello que se continuará con esta línea de investigación y desarrollo, considerándola una de las líneas prioritarias de la institución. En este sentido, se propone la instalación de un ciclotrón de 30 MeV y la creación de un Centro de Medicina Nuclear en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, destinado a la producción y aplicación de radiofármacos. Este Centro contribuiría significativamente al bienestar social, particularmente en el diagnóstico y tratamiento del cáncer, mediante el establecimiento de convenios de colaboración con Institutos Oncológicos a nivel nacional.



6. Objetivos

Objetivos del Programa Institucional 2026-2030

- 1.- Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable.
- 2.- Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica en los procesos en temas de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en las áreas de salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional para la innovación tecnológica.
- 3.- Fomentar y desarrollar capacidades del personal que requiere el sector relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y la innovación tecnológica.

6.1 Relevancia del objetivo 1: Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable.

En el Programa Sectorial de Energía 2025-2030 se establecen las líneas de acción 1.4.1 relativa a “Promover la reintegración administrativa y productiva de PEMEX y de CFE para hacerlas más eficientes operativa y financieramente, de acuerdo con la reforma constitucional y leyes secundarias aprobadas en marzo de 2025” y la relativa a la línea de acción 2.4.1 “Contribuir a la sustitución de unidades convencionales de transporte público urbano por unidades eléctricas, mediante programas de renovación vehicular, financiamiento público y esquemas de apoyo para gobiernos locales”.

Considerando lo anterior, la vinculación del Instituto con la Comisión Federal de Electricidad se ha mantenido desde la creación de la institución. Un ejemplo de ello son los estudios preliminares, el diseño y el desarrollo del proyecto nuclear mexicano, cuyo resultado tangible es la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde. Esta central inició su operación comercial en 1990 y, en 2025, cumple 35 años de generar electricidad libre de emisiones mediante el uso de energía nuclear. Esto queda manifiesto en los convenios diversos de soporte tecnológico que se han firmado con la CNLV.

Cabe destacar que la política para la incorporación de las Energías Limpias en la matriz energética nacional, considera en sus lineamientos impulsar el desarrollo de la movilidad eléctrica de transporte público y privado, lo que supone un eventual incremento de la demanda de Energía Limpia. Además, precisa continuar con el adecuado mantenimiento, funcionamiento y seguridad de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, recuperar y fortalecer la experiencia mexicana en la generación nucleoelectrica, mantener la alta calificación del personal de dicha central, de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (del órgano regulador mexicano) y del personal del mismo ININ. Asimismo, demanda realizar



estudios sobre la evolución de la industria nuclear en el mundo y sobre las opciones posibles para la ampliación de la capacidad nucleoelectrica del país.

El uso de transporte público o privado eléctrico basado en celdas de combustible requerirá un suministro confiable de hidrógeno. En este sentido, la cogeneración de H_2 mediante energía nuclear puede constituir una respuesta viable a esta demanda.

Por lo anterior, se considera como asunto primordial, ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable. En lo que respecta a las aplicaciones energéticas, será imprescindible que el Instituto siga proporcionando el soporte tecnológico necesario para garantizar la operación extendida y segura hasta el año 2055 de la Central Laguna Verde. Asimismo, es innegable que eventualmente deberá incorporarse una mayor capacidad nuclear en la matriz energética nacional a partir del 2038, por lo cual el Instituto continuará realizando análisis de las tecnologías de reactores nucleares que permitirán incrementar el porcentaje de generación mediante energías limpias en el país, esto incluirá los reactores tipo SMR y los microreactores.

6.2 Relevancia del objetivo 2: Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica en los procesos en temas de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en las áreas de salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional para la innovación tecnológica.

En el Programa Sectorial de Energía 2025-2030 se establecen las líneas de acción:

2.5.1 “Apoyar el proceso de transición energética a través de la modernización de los institutos de investigación del sector energético”

2.5.2 “Fomentar la formación de recursos humanos especializados en los diferentes niveles educativos, mediante programas de becas, vinculación con centros de investigación y convenios con instituciones nacionales y extranjeras”.

2.5.3 “Implementar proyectos de investigación e incidencia orientados a la sostenibilidad energética, mediante convocatorias sectoriales, redes de colaboración académica y aplicación práctica en contextos territoriales prioritarios”.

2.5.6 “Fomentar la repatriación y reincorporación de recursos humanos especializados formados en el extranjero, mediante programas de apoyo institucional, incentivos laborales y colaboración con centros de investigación y desarrollo tecnológico”.

3.3.7 “Llevar a cabo acciones encaminadas a la reducción de riesgos que comprometan la salud de las personas y/o sus bienes, asociadas con la actividad del sector eléctrico”.

Por lo anterior, el impacto social de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico del ININ se considera de relevancia ya que al realizar una investigación o desarrollo que implique una generación energética más limpia y efectiva, y los avances en las aplicaciones de la energía nuclear en el sector salud, por ejemplo, para detectar y combatir de manera oportuna y eficaz las enfermedades



oncológicas, lo que supone un mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad mexicana. De hecho, las investigaciones sobre ciencias y tecnologías nucleares son aplicables en el sector energético, salud, medio ambiente, agrícola, recursos hidrológicos, industrial, seguridad, patrimonio cultural y otros. Asimismo, son beneficiadas las comunidades científicas tanto nacional como internacional de los resultados de las investigaciones y desarrollos tecnológicos que contribuye al avance del conocimiento y a la formación de recursos humanos especializados.

Actualmente el cáncer es uno de los mayores retos en salud pública. Los tumores malignos se han posicionado como primeras causas de mortalidad desde hace varias décadas. Aunado a las defunciones por neoplasias, se suman las enfermedades cardiovasculares y las enfermedades neurodegenerativas, la enfermedad de Alzheimer es una de las que más ha tomado relevancia en los últimos tiempos, lo que implica un gran desafío para los sectores sociales, económicos y de salud, los cuales deben implementar medidas para enfrentar este reto. Resulta por lo tanto primordial analizar el valor de las técnicas diagnósticas tempranas con relación a los costos implícitos en tratamiento de las enfermedades mencionadas y en qué medida se pueden traducir en ahorro creciente de recursos.

El Banco de Tejidos Radioesterilizados (BTR) del ININ se estableció en 1999 con apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica, y en 2003, el Sistema de Gestión de la Calidad del BTR obtuvo la certificación ISO 9001:2000. Desde el año 2007 se colabora con el Centro Estatal de Trasplantes (CETRAEM) del Estado de México, para procesar tejido musculoesquelético y amnios, que son utilizados en diferentes tratamientos médicos. Asimismo, se tiene un convenio con el Hospital de Ginecología y Obstetricia del Instituto Materno Infantil del Estado de México (IMIEM) para el suministro de tejidos radioesterilizados, además se suministran apósitos al Hospital General de Toluca para la atención de niños que han sufrido quemaduras.

El ININ es responsable del Centro de Metrología de Radiaciones Ionizantes (CMRI) que es una instalación nacional y forma parte de la red de Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica de la OIEA-OMS. El CMRI respalda los patrones nacionales garantizando la confiabilidad de las mediciones en



radiaciones ionizantes para los sectores médico, industrial y energético en el país. De esta manera, se fortalece la infraestructura de la calidad del sector salud nacional y su independencia tecnológica, promoviendo la seguridad, la competitividad y el bienestar social. El ININ, a través del CMRI, es el Instituto Designado por el Centro Nacional de Metrología (CENAM) ante el Comité Internacional de Pesos y Medidas (CIPM), en cumplimiento de la Ley de Infraestructura de la Calidad (LIC) y de normativas internacionales. Bajo esta designación, tiene la responsabilidad de mantener y desarrollar los patrones nacionales en la materia, los cuales sustentan actividades de normalización, acreditación y evaluación de la conformidad en México.

Actualmente, el CMRI-ININ cuenta con 59 Capacidades de Calibración y Medición (CMCs) reconocidas internacionalmente, y ha logrado que cinco de sus patrones sean declarados nacionales por la Dirección General de Normas, fortaleciendo así el Sistema Nacional de Infraestructura de la Calidad.

Con estos antecedentes, es muy importante realizar investigación así como fortalecer y actualizar la infraestructura física y humana en temas de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en las áreas de salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional, particularmente utilizando investigación e innovación tecnológica, se incrementará el número de nuevos radiofármacos aplicables a la detección y tratamiento del cáncer. Se establecerán nuevas y mejores metodologías para la calibración de los equipos de radioterapia y detección de cáncer en el sector salud nacional, y finalmente se incrementará el número de pacientes atendidos por el BTR.

6.3 Relevancia del objetivo 3: Fomentar y desarrollar capacidades del personal que requiere el sector relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y la innovación tecnológica.

En el Programa Sectorial de Energía 2025-2030 se establecen las líneas de acción:

2.5.2 “Fomentar la formación de recursos humanos especializados en los diferentes niveles educativos, mediante programas de becas, vinculación con centros de investigación y convenios con instituciones nacionales y extranjeras”.

2.5.3 “Implementar proyectos de investigación e incidencia orientados a la sostenibilidad energética, mediante convocatorias sectoriales, redes de colaboración académica y aplicación práctica en contextos territoriales prioritarios”.

2.5.6 “Fomentar la repatriación y reincorporación de recursos humanos especializados formados en el extranjero, mediante programas de apoyo institucional, incentivos laborales y colaboración con centros de investigación y desarrollo tecnológico”.

Históricamente, el ININ ha sido un referente en la formación de recursos humanos especializados en distintos niveles. En este sentido, destaca particularmente su apoyo en la capacitación y el desarrollo profesional de los trabajadores de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde. El recurso humano con que cuenta el ININ es único en el país y está conformado por los mejores especialistas en el campo nuclear, sin embargo, el número de profesionales en el área de energía nuclear es insuficiente y una fracción considerable de ellos está en la fase próxima al retiro, con una tasa de sustitución baja, debido a las pocas o nulas posibilidades de contratación.

El ININ cuenta con infraestructura única en México, como el Reactor TRIGA Mark III, el irradiador gamma y aceleradores de partículas, lo que le ha permitido no



solo mantenerse a la vanguardia en la investigación nacional e internacional, sino también ha permitido formar recursos humanos especializados en el sector nuclear tanto para la academia como para la industria. El ININ es centro colaborativo designado por el OIEA para la formación de recursos humanos en temas de irradiación de alimentos, así como la seguridad física nuclear, esto cubre tanto el ámbito nacional como el internacional.

Considerando lo anterior, es imperativo fomentar y desarrollar capacidades del personal que requiere el sector relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y la innovación tecnológica.



6.4 Vinculación de los objetivos del Programa Institucional 2026-2030

El ININ es un organismo coordinado por la Secretaría de Energía, de conformidad con el Artículo 42 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear y tiene como objeto, "... realizar investigación y desarrollo en el campo de las ciencias y tecnologías nucleares, así como promover los usos pacíficos de la energía nuclear y difundir los avances alcanzados para vincularlos al desarrollo económico, social, científico y tecnológico del país", y el cual se vincula con los siguientes objetivos del Plan Sectorial de Energía 2025-2030:

Objetivos del Programa Institucional	Objetivos del Programa Sectorial de Energía 2025-2030	Estrategias del Programa Sectorial de Energía 2025 – 2030	Componente del Programa Sectorial de Energía 2025 – 2030
1. Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable.	Objetivo 1	Estrategia 1.4	Planeación vinculante
	Objetivo 2	Estrategias 2.4	Sustentabilidad
2. Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica en los procesos en temas de aplicaciones pacíficas de	Objetivo 2	Estrategia 2.5	Innovación tecnológica para la transición energética.



la energía nuclear en las áreas de salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional para la innovación tecnológica.

Objetivo 3

Estrategia 3.4

Justicia energética

3. Fomentar y desarrollar capacidades del personal que requiere el sector relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y la innovación tecnológica.

Objetivo 2

Estrategias 2.5

Innovación tecnológica para la transición energética.

7. Estrategias y líneas de acción

Los objetivos prioritarios del ININ establecidos en el Programa Institucional 2026-2030, contienen estrategias prioritarias y acciones puntuales, acordes al objeto del ININ de realizar investigación y desarrollo en el campo de las ciencias y tecnologías nucleares, así como promover los usos pacíficos de la energía nuclear y difundir los avances alcanzados para vincularlos al desarrollo económico, social, científico y tecnológico del país.

Objetivo 1. Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable.

Estrategia 1.1 Utilizar las capacidades de investigación científica y de desarrollo tecnológico en materia nuclear para atender problemáticas del sector energético nacional.

Línea de acción

1.1.1 Desarrollar proyectos de investigación que involucren esquemas de cogeneración de electricidad en apoyo del sector eléctrico nacional.

1.1.2 Producir nuevos materiales para gestión de desechos radiactivos y otras aplicaciones nucleares que puedan ser utilizados en el sector energético nacional.

1.1.3 Desarrollar y aplicar las técnicas nucleares para la solución de problemas en la exploración de recursos energéticos y realizar investigación básica y aplicada para la conversión catalítica de hidrocarburos, principalmente hidrocarburos livianos como el metano.

1.1.4 Realizar investigación sobre síntesis y aplicación de nanoestructuras de carbono en la obtención de supercapacitores de alta densidad y realizar investigación aplicada para la captura y transformación de gases de efecto invernadero principalmente CH₄ y CO₂ que coadyuven al medio ambiente

1.1.5 Utilizar tecnología nuclear para ensayos no destructivos con aplicación a inspección de estructuras civiles e industriales



Línea de acción

1.1.6 Desarrollar y patentar robots industriales para la inspección de instalaciones, medición de gases contaminantes y barrido de áreas en caso de emergencias radiológicas en beneficio de la sociedad mexicana.

1.1.7 Apoyar la política informática soberana mediante el desarrollo de programas de cómputo para el análisis de comportamiento de reactores nucleares

1.1.8 Utilizar tecnologías de control de corrosión, inhibidores, protección, mecánica y protección catódica en apoyo del sector energético nacional

1.1.9 Brindar soporte, diseñar instrumentos, integrar sistemas y desarrollar tecnología propia para procesos químicos, petroquímicos y de refinación en apoyo del sector energético nacional.

1.1.10 Desarrollar tecnología de hidrógeno con nanomateriales o con plasma tibio como fuente energética sustentable y alterna para el futuro

Con las líneas de acción relacionadas anteriormente, se utilizan las capacidades de investigación científica y de desarrollo tecnológico en materia nuclear para atender problemáticas del sector energético nacional, lo que contribuirá en el ámbito de competencia y de responsabilidad del instituto a los objetivos del Programa Sectorial de Energía 2025 -2030 relacionados a “Fortalecer la autosuficiencia, soberanía y seguridad energética, a través de la planeación energética vinculante, así como el desarrollo sustentable para garantizar el acceso equitativo a la energía para la población, especialmente en regiones en rezago” e “Impulsar proyectos estratégicos de energías renovables, el fomento a la eficiencia energética, y la innovación tecnológica para mitigar el impacto ambiental y reducir la dependencia de combustibles fósiles, priorizando regiones y sectores históricamente marginados” y alineadas a las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 relativas a “Fomentar la transición gradual de combustibles fósiles a energías renovables para fortalecer la sustentabilidad económica y ambiental” y “Formar talento científico de alto nivel para asegurar la continuidad y evolución de la investigación en salud, generando publicaciones científicas y materiales de divulgación que favorezcan el conocimiento sobre temas prioritarios y emergentes en salud pública y bioética, con un enfoque de género e interculturalidad.”

Objetivo 2. Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica en los procesos en temas de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en las áreas de salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional para la innovación tecnológica

Estrategia 2.1 Utilizar las capacidades de investigación científica y de desarrollo tecnológico en materia nuclear con aplicaciones en salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica, con objeto de vincularlos al desarrollo científico y tecnológico nacional.

Línea de acción

2.1.1 Realizar la gestión de los desechos radiactivos generados en las instituciones y empresas de todo el país, dedicadas a las aplicaciones de las técnicas nucleares no energéticas.

2.1.2 Realizar servicios especializados de protección radiológica.

2.1.3 Realizar investigación sobre Materiales Radiactivos de Origen Natural

2.1.4 Usar la tecnología basada en rayos gamma, electrones o Rayos X para la irradiación de productos alimenticios, esterilización de dispositivos médicos, modificación y desarrollo de nuevos materiales, y tratamiento de gases contaminantes y fluidos residuales.

2.1.5 Realizar investigación, innovación y desarrollo tecnológico de técnicas diagnósticas y terapéuticas sustentadas en la energía nuclear.

2.1.6 Realizar los estudios pertinentes para la ubicación ideal de un sitio para la disposición final de los desechos radiactivos.

2.1.7 Apoyar el proceso de transición energética a través de la modernización de los institutos de investigación del sector energético.

2.1.8 Uso de la estrategia CCUS (Carbon Capture, Use and Storage) para captación de emisiones de GEI



Las líneas de acción descritas anteriormente permitirán ampliar el conocimiento y fortalecer el estado del arte en torno a las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en áreas de salud, medio ambiente, así como en seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional. Estos esfuerzos contribuirán, en el ámbito de competencia y responsabilidad del Instituto, al cumplimiento de los objetivos del Programa Sectorial de Energía 2025–2030, particularmente aquellos relacionados con: “Impulsar proyectos estratégicos de energías renovables, el fomento a la eficiencia energética y la innovación tecnológica para mitigar el impacto ambiental y reducir la dependencia de combustibles fósiles, priorizando regiones y sectores históricamente marginados”, así como con “Garantizar la justicia energética para la población, el acceso equitativo a energía asequible, la distribución justa de los beneficios de los proyectos energéticos y la gestión participativa de las comunidades” en la línea de acción 3.4.2 relativa a “Desarrollar esquemas de prevención y resarcimiento de afectaciones por proyectos e infraestructura energética durante su construcción, vida útil, desmantelamiento y disposición final, para las comunidades afectadas, principalmente las originarias”. El ININ utilizando tecnologías para la captura de emisiones de gases de efecto invernadero y lavado de gases; particularmente con la estrategia de captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS, por sus siglas en inglés), en centrales termoeléctricas, contribuiría significativamente a prevenir nuevas emisiones de GEI.

Todo lo anterior se encuentra alineado con las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030, en lo relativo a: “Formar talento científico de alto nivel para asegurar la continuidad y evolución de la investigación en salud, generando publicaciones científicas y materiales de divulgación que favorezcan el conocimiento sobre temas prioritarios y emergentes en salud pública y bioética, con un enfoque de género e interculturalidad”, así como a “Fomentar la transición gradual de combustibles fósiles a energías renovables para fortalecer la sustentabilidad económica y ambiental”

Objetivo 3. Fomentar y desarrollar capacidades del personal que requiere el sector relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y la innovación tecnológica.

Estrategia 3.1 Promover el desarrollo de estudiantes en temas energéticos y gestionar ante autoridades competentes recursos presupuestales necesarios para llevar a cabo en el corto plazo un programa de renovación de cuadros de investigación y desarrollo tecnológico.

Línea de acción

3.1.1 Apoyar a estudiantes para que realicen actividades académicas y de investigación, mediante la utilización de la infraestructura científica-tecnológica del ININ y bajo la dirección y supervisión de los investigadores institucionales.

3.1.2 Detectar las áreas prioritarias institucionales con necesidades urgentes de renovación de cuadros de investigación y desarrollo tecnológico.

3.1.3 Determinar los montos de los recursos necesarios para la renovación de cuadros de investigación y desarrollo tecnológico en las áreas prioritarias institucionales.

3.1.4 Promover ante las autoridades competentes los recursos presupuestales necesarios a fin implementar un programa de renovación de cuadros de investigación y desarrollo tecnológico en las áreas prioritarias institucionales

Las líneas de acción de este objetivo, buscan promover el desarrollo de estudiantes en temas energéticos y gestionar ante autoridades competentes recursos presupuestales necesarios para llevar a cabo en el corto plazo un programa de renovación de cuadros de investigación y desarrollo tecnológico, tendientes a contribuir en el ámbito de responsabilidad y competencia del ININ al objetivo del Programa Sectorial de Energía 2025 -2030 sobre “Impulsar proyectos estratégicos de energías renovables, el fomento a la eficiencia energética, y la innovación tecnológica para mitigar el impacto ambiental y reducir la dependencia de combustibles fósiles, priorizando regiones y sectores históricamente marginados”; alineadas a las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo 2025-



2030 relativas a “Formar talento científico de alto nivel para asegurar la continuidad y evolución de la investigación en salud, generando publicaciones científicas y materiales de divulgación que favorezcan el conocimiento sobre temas prioritarios y emergentes en salud pública y bioética, con un enfoque de género e interculturalidad” y a “Fomentar la transición gradual de combustibles fósiles a energías renovables para fortalecer la sustentabilidad económica y ambiental”.



8. Indicadores y metas

Las metas para el bienestar y Parámetros propuestos están acordes al trabajo que ha venido realizando el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares y que realizará en virtud del mandato constitucional plasmado en el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos relativa a que " ... *El uso de la energía nuclear sólo podrá tener fines pacíficos.*"



Indicador 1.1

ELEMENTOS DEL INDICADOR					
Nombre	1.1 Índice de investigación realizada en materia nuclear para atender problemáticas del sector energético				
Objetivo	Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable.				
Definición o descripción	Mide la capacidad de investigación realizada para atender problemáticas del sector energético nacional				
Derecho asociado	Derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar				
Nivel de desagregación	Nacional	Periodicidad o frecuencia de medición	Anual		
Acumulado o periódico	Periódico	Disponibilidad de la información	Enero del siguiente año		
Unidad de medida	Índice	Periodo de recolección de los datos	Enero-Diciembre		
Tendencia esperada	Constante	Unidad responsable de reportar el avance	ININ		
Método de cálculo	IIRPSE=(PIRASE/TPIR)*100 IIRPSE = Índice de investigación realizada en materia nuclear para atender problemáticas del sector energético PIRASE = Proyectos de Investigación Realizados con Aplicaciones en el Sector Energético TPIR = Total de Proyectos de Investigación Realizados				
Observaciones					
APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE LA LÍNEA BASE La línea base debe corresponder a un valor definitivo para el ciclo 2024 o previo, no podrá ser un valor preliminar ni estimado.					
Nombre variable 1	1.- Proyectos de investigación con aplicaciones en el sector energético	Valor variable 1	9	Fuente de información variable 1	Sistema Integral de Información Administrativa del ININ
Nombre variable 2	2.- Total de proyectos de investigación realizados	Valor variable 2	33	Fuente de información variable 2	Sistema Integral de Información Administrativa del ININ
Sustitución en método de cálculo	IIRPSE = 9/33= 0.27				
VALOR DE LÍNEA BASE Y METAS					
Línea base			Nota sobre la línea base		
Valor	0.27		El número total de proyectos realizados puede variar año con año conforme al número de proyectos aprobados a realizarse en el año basándose en una evaluación interna referente a calidad de investigación y recursos presupuestales disponibles.		
Año	2024				



Meta 2030				Nota sobre la meta 2030		
0.34				La media es de 35 proyectos realizados por año, por lo cual se considera que al final de sexenio se pueden realizar 35 proyectos de investigación de los cuales 12 tengan aplicación en el sector energético.		
SERIE HISTÓRICA DEL INDICADOR						
Se deberán registrar los valores de acuerdo a la frecuencia de medición del indicador. Puede registrar NA (No aplica) y ND (No disponible) cuando corresponda.						
2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
NA	NA	NA	NA	NA	0.27	ND
METAS						
Puede registrar NA cuando no aplique meta para ese año, de acuerdo con la frecuencia de medición.						
2026		2027		2028	2029	2030
0.34		0.34		0.34	0.34	0.34



Indicador 1.2

ELEMENTOS DEL INDICADOR					
Nombre	1.2 Índice de contribución de la Institución en la generación de conocimientos a nivel nacional				
Objetivo	Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica y los procesos en temas energéticos de trascendencia nacional en materia de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear para apoyar el desarrollo sustentable.				
Definición o descripción	Mide la contribución realizada por el instituto en la generación de conocimientos a nivel nacional				
Derecho asociado	Derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, Derecho a la salud				
Nivel de desagregación	Nacional	Periodicidad o frecuencia de medición	Anual		
Acumulado o periódico	Periódico: índice obtenido por año	Disponibilidad de la información	Enero del siguiente año		
Unidad de medida	Índice	Periodo de recolección de los datos	Enero-Diciembre		
Tendencia esperada	Constante	Unidad responsable de reportar el avance	ININ		
Método de cálculo	ICRININGC: Indicador de contribución realizada por el instituto en la generación de conocimientos a nivel nacional NAP: Número de artículos publicados en revistas indexadas en el año por el ININ PNAINEGI: Promedio del número de artículos elaborados de 1990 a 2023 por científicos adscritos a instituciones y unidades económicas mexicanas publicados en revistas indexadas a nivel mundial por cada millón de habitantes de la República Mexicana $ICRININGC=NAP/ PNAINEGI$				
Observaciones	Se toman datos del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. Tema. Económico. Ciencia, Tecnología e innovación. Impacto y uso. Sistema Nacional de Indicadores. Nombre del Indicador Clave: Artículos científicos publicados por cada millón de habitantes.				
APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE LA LÍNEA BASE La línea base debe corresponder a un valor definitivo para el ciclo 2024 o previo, no podrá ser un valor preliminar ni estimado.					
Nombre variable 1	1.- Número de artículos publicados en revistas indexadas en el año por el ININ	Valor variable 1	95	Fuente de información variable 1	Sistema Integral de Información Administrativa del ININ (SIIA-ININ)



Nombre variable 2	2.- Promedio del número de artículos elaborados de 1990 a 2023 por científicos adscritos a instituciones y unidades económicas mexicanas publicados en revistas indexadas a nivel mundial por cada millón de habitantes de la República Mexicana	Valor variable 2	77		Fuente de información variable 2	INEGI
Sustitución en método de cálculo	ICRININGC= 95/77= 1.23					
VALOR DE LÍNEA BASE Y METAS						
Línea base			Nota sobre la línea base			
Valor	1.23					
Año	2024					
Meta 2030			Nota sobre la meta 2030			
1.23			Se espera que por lo menos a 2030, se siga conservando un valor superior al promedio del número de artículos elaborados de 1990 a 2023 por científicos adscritos a instituciones y unidades económicas mexicanas publicados en revistas indexadas a nivel mundial			
SERIE HISTÓRICA DEL INDICADOR						
Se deberán registrar los valores de acuerdo a la frecuencia de medición del indicador. Puede registrar NA (No aplica) y ND (No disponible) cuando corresponda.						
2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
NA	NA	NA	NA	NA	1.23	ND
METAS						
Puede registrar NA cuando no aplique meta para ese año, de acuerdo con la frecuencia de medición.						
2026		2027		2028	2029	2030
1.23		1.23		1.23	1.23	1.23



Indicador 2.1

ELEMENTOS DEL INDICADOR					
Nombre	2.1 Producción intelectual				
Objetivo	Ampliar el conocimiento de frontera, así como fortalecer el estado de la práctica en los procesos en temas de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear en las áreas de salud, medio ambiente y seguridad nuclear y radiológica de trascendencia nacional para la innovación tecnológica.				
Definición o descripción	Generar productos o procesos patentables				
Derecho asociado	Derecho a la Salud. Derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.				
Nivel de desagregación	Institucional	Periodicidad o frecuencia de medición	Anual		
Acumulado o periódico	Periódico: Patentes obtenidas por año	Disponibilidad de la información	Enero del siguiente año		
Unidad de medida	Patente	Periodo de recolección de los datos	Enero-Diciembre		
Tendencia esperada	Constante	Unidad responsable de reportar el avance	ININ		
Método de cálculo	Número de patentes obtenidas en el año				
Observaciones					
APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE LA LÍNEA BASE					
La línea base debe corresponder a un valor definitivo para el ciclo 2024 o previo, no podrá ser un valor preliminar ni estimado.					
Nombre variable 1	Patentes registradas	Valor variable 1	2	Fuente de información variable 1	Sistema Integral de Información Administrativa del ININ
Nombre variable 2		Valor variable 2		Fuente de información variable 2	
Sustitución en método de cálculo	Número de patentes obtenidas en el año=2				
VALOR DE LÍNEA BASE Y METAS					
Línea base			Nota sobre la línea base		
Valor	2				
Año	2024				
Meta 2030			Nota sobre la meta 2030		
1			Se espera que en 2030 por lo menos se tenga una patente		
SERIE HISTÓRICA DEL INDICADOR					
Se deberán registrar los valores de acuerdo a la frecuencia de medición del indicador.					



Puede registrar NA (No aplica) y ND (No disponible) cuando corresponda.						
2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
NA	NA	NA	NA	NA	2	ND
METAS						
Puede registrar NA cuando no aplique meta para ese año, de acuerdo con la frecuencia de medición.						
2026		2027		2028	2029	2030
1		1		1	1	1



Indicador 3.1

ELEMENTOS DEL INDICADOR					
Nombre	3.1 Número de estudiantes atendidos para realizar servicio social, estancias, prácticas profesionales y tesis				
Objetivo	Fomentar y desarrollar capacidades del personal que requiere el sector relacionadas con las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y la innovación tecnológica.				
Definición o descripción	Se atiende a estudiantes interesados en realizar servicio social, estancias, prácticas profesionales o tesis				
Derecho asociado	Derecho a la educación.				
Nivel de desagregación	Académico: Servicio social, estancias, prácticas profesionales, tesis	Periodicidad o frecuencia de medición	Anual		
Acumulado o periódico	Periódico: 100 estudiantes atendidos en el año	Disponibilidad de la información	Enero del siguiente año		
Unidad de medida	Estudiantes	Periodo de recolección de los datos	Enero-Diciembre		
Tendencia esperada	Constante	Unidad responsable de reportar el avance	ININ		
Método de cálculo	NEA: Número de estudiantes atendidos para realizar servicio social, estancias, prácticas profesionales y tesis				
Observaciones					
APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO PARA LA OBTENCIÓN DE LA LÍNEA BASE					
La línea base debe corresponder a un valor definitivo para el ciclo 2024 o previo, no podrá ser un valor preliminar ni estimado.					
Nombre variable 1	No. de Estudiantes Atendidos en el Año que realizan servicio social, estancias, prácticas profesionales y tesis	Valor variable 1	100	Fuente de información variable 1	Registro interno
Nombre variable 2		Valor variable 2		Fuente de información variable 2	
Sustitución en método de cálculo	NEA=100				
VALOR DE LÍNEA BASE Y METAS					
Línea base			Nota sobre la línea base		
Valor	100		El número de estudiantes varía año con año pero se espera por lo menos atender a 100 estudiantes por cada ejercicio para realizar servicio social, estancias, prácticas profesionales y tesis		
Año	2024				
Meta 2030			Nota sobre la meta 2030		
100					



SERIE HISTÓRICA DEL INDICADOR						
Se deberán registrar los valores de acuerdo a la frecuencia de medición del indicador. Puede registrar NA (No aplica) y ND (No disponible) cuando corresponda.						
2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
NA	NA	NA	NA	NA	100	ND
METAS						
Puede registrar NA cuando no aplique meta para ese año, de acuerdo con la frecuencia de medición.						
2026		2027		2028	2029	2030
100		100		100	100	100



9. Lista de dependencias y entidades participantes en el Programa

ININ: La única entidad que participa en este programa es el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Ocoyoacac, Estado de México, 16 de enero de 2026.- El Director General del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, **Javier Cuitláhuac Palacios Hernández**.- Rúbrica.

Gobierno de **México**

