

MINISTERIO DE
ENERGÍAS



Agencia
Boliviana de
Energía
Nuclear



aplicaciones
en salud



aplicaciones
en la industria



aplicaciones
nucleares



laboratorio de
investigación y
capacitación

MEMORIA INSTITUCIONAL 2017



Agencia
Boliviana de
Energía
Nuclear

**MEMORIA
INSTITUCIONAL
2017**

ÍNDICE

- 1. Presentación 1
- 2. Misión y Visión 5
- 3. Historia de la tecnología nuclear en Bolivia 9
- 4. Creación de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN) 15
- 5. Rumbo a la Agenda 2025 17
- 6. Dirección de Aplicaciones de la Tecnología Nuclear 23
- 7. Dirección de Obras 51
- 8. Dirección Jurídica 57
- 9. Unidad de Planificación 65
- 10. Unidad de Comunicación 69
- 11. Unidad de Transparencia 79
- 12. Unidad de Auditoría Interna 83
- 13. Dirección Administrativa Financiera 85



EVO MORALES AYMA
PRESIDENTE DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



ÁLVARO GARCÍA LINERA
VICEPRESIDENTE DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



**ING. RAFAEL ALARCÓN ORIHUELA
MINISTRO DE ENERGÍAS**

1

PRESENTACIÓN

PRESENTACIÓN

Desde los años 60, del siglo pasado, Bolivia inició un proceso de aprovechamiento de la tecnología nuclear en distintas áreas, alcanzando con el paso del tiempo una serie de hitos importantes en cuanto a su aplicación y creación de instituciones especializadas, demostrando un avance significativo.

Sin embargo, toda tecnología tiene su proceso y evolución permanente y no podemos dejar de estar actualizados en este campo, que es fundamental para el crecimiento económico y social de cualquier Estado, especialmente en las áreas de la medicina, agroindustria, medio ambiente, minería, educación, entre otras.

El año 2015, por decisión del Gobierno del Presidente Evo Morales Ayma, se tomó la decisión de desarrollar la tecnología nuclear a través de la construcción de un Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN), tarea encomendada a la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN).

El objetivo de este Centro Nuclear es mejorar las tecnologías existentes e introducir otras nuevas que coadyuven al desarrollo del país y beneficien a la población.

En la presente Memoria Institucional 2017, se describen las actividades que realiza la ABEN para impulsar los propósitos señalados, así como una concisa explicación sobre los beneficios y alcances de los tres componentes del CIDTN.

El Centro Ciclotrón Radiofarmacia Preclínica pondrá a disposición tecnología de punta para mejorar los servicios en salud. Estos equipos



Ing. Hortensia Jiménez Rivera
Directora General Ejecutiva
Agencia Boliviana de Energía Nuclear

servirán para realizar exámenes de diagnóstico preventivo, estadificación, control y seguimiento de enfermedades cancerígenas, cardíacas y neurológicas.

Según los datos estadísticos en Bolivia, el cáncer se encuentra entre las principales causas de mortandad de la población, por lo que la implementación de este tipo de tecnología contribuirá, de manera significativa, a mejorar la salud y la calidad de vida de los y las bolivianas.

El segundo componente que se instalará en el CIDTN será la Planta Multipropósito de Irradiación, en cuya instalación se producirá la irradiación de alimentos y semillas. Este mecanismo es una eficiente herramienta que contribuye a mejorar los estándares de calidad de alimentos sanos, seguros y confiables.

Los campos de aplicación de la Planta Multipropósito de Irradiación son diversos; como por ejemplo, el control de plagas, esterilización de productos biomédicos, mejoramiento de semillas, entre otros.

El tercer componente a instalarse en el lugar, será el Reactor Nuclear de Investigación que producirá radioisótopos destinados a la investigación científica y prestación de servicio analítico para usos en la industria, minería, agricultura y otros. También desarrollará programas de formación y capacitación académica de jóvenes en el campo de la ciencia e investigación.

Estos componentes que serán instalados en el CIDTN, están diseñados para cumplir con los estándares estrictos de protección radiológica

y seguridad nuclear que exige la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Así también, otro gran desafío que llevará adelante la Agencia es la construcción de tres Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia, situados en la ciudad de El Alto en inmediaciones del CIDTN, otra en la zona sur de La Paz y el tercero en Santa Cruz; todos ellos, cubrirán las necesidades médicas de los bolivianos, cuya prioridad será el diagnóstico y tratamiento de pacientes oncológicos mediante radioterapia y quimioterapia con alta tecnología.

La necesidad es imperiosa, Bolivia tiene que ser parte del desarrollo de las tecnologías del siglo XXI, que están relacionadas con los avances de la medicina, soberanía alimentaria, seguridad energética, soberanía científico tecnológico, capacitación y formación científica, preservación del medio ambiente, entre otras.

Estamos viviendo tiempos de cambio, donde es importante impulsar la liberación científica, fortalecer las capacidades de todos los bolivianos para el desarrollo de nuevas tecnologías con fines pacíficos para construir una cultura científica-tecnológica inclusiva.

De acuerdo con la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025, se promoverá, impulsará e invertirá de manera responsable en la investigación y desarrollo de la tecnología nuclear. En ese sentido y bajo el mandato del Presidente Evo Morales, la construcción del CIDTN marcará un hito histórico en la conquista de un sólido avance tendiente a consolidar la soberanía tecnológica en el país y estar a la par de otros a nivel mundial.

2

MISIÓN Y VISIÓN

MISIÓN

“La Agencia Boliviana de Energía Nuclear, institución pública que desarrolla la investigación y suministra bienes y servicios de las aplicaciones de la tecnología nuclear con fines pacíficos”.

VISIÓN

“Institución pública referente nacional en el desarrollo de tecnología nuclear, mediante la investigación y desarrollo de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, en beneficio de la población, de los sectores productivos y de servicios del País”.



Personal de la ABEN

3

HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA NUCLEAR EN BOLIVIA

3

HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA NUCLEAR EN BOLIVIA

El desarrollo de la tecnología nuclear en Bolivia, ha alcanzado una serie de hitos desde la década de los 60 del siglo pasado hasta nuestros días. Los primeros momentos coinciden con la mayoría de los países de la región, que de igual forma al nuestro, buscaron iniciar e implementar el uso pacífico de la tecnología nuclear.

Revisemos de manera cronológica los primordiales hitos que marcaron el avance y la evolución de la tecnología nuclear, acontecidos en el panorama nacional desde el año 1960.

La historia establece que la primera institución destinada a promover la aplicación de la tecnología nuclear en el país fue la Comisión Boliviana de Energía Nuclear (COBOEN), creada por Decreto Supremo No. 5389 del 14 de enero de 1960. A partir de esa fecha nuestro país entra a ser parte del grupo de países que de manera sistemática proyecta aprovechar los beneficios de los usos pacíficos de la tecnología nuclear.

En 1967, la COBOEN fue reconocida oficialmente como miembro del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), adhiriéndose a la Convención sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, suscrita en Viena el 30 de mayo del mismo año. Un año después en 1968, Bolivia aprobaría el Acuerdo de Cooperación en el Campo de los Usos Pacíficos de la Energía Atómica, suscrito en La Paz en 1966.

Para 1969, Bolivia se incorpora como Estado Miembro de la Comisión Interamericana de Energía Nuclear (CIEN) organismo es-

pecializado de la Organización de Estados Americanos (OEA).

En la década de 1970, las acciones más destacadas desarrolladas por la COBOEN fueron la prospección y exploración de minerales de uranio a través de una planta piloto de producción de la torta amarilla (yellow cake) en el territorio nacional.

En 1974, el país suscribe el Tratado sobre la No Proliferación de Armas Nucleares (TNP) y el Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina, ambos aprobados y ratificados en 1994.

A mitad de la década, se crea el programa "Centro de Investigaciones Nucleares" en La Paz. El proyecto incluyó la instalación de un Generador de Neutrones en 1978. Al presente, esta institución es dependiente del IBTEN y opera bajo el nombre del Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares (CIAN).

En el año 1983, mediante Decreto Supremo N° 19583 del 3 de junio de 1983, el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) reemplaza a la COBOEN, esta nueva institución depende de manera directa de la presidencia del país.

En 1996 se suscribe el Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (TPCE), aprobado por la Asamblea de las Naciones Unidas mediante Resolución 50/245 de 10 de septiembre de 1996 y ratificado en 1999.

El 29 de enero de 1997 se reglamenta mediante el D.S. N° 24483 la Ley de Seguridad y Protección Radiológica (1982), re-

conociéndose al IBTEN como la Autoridad Nacional Competente encargada de hacer cumplir la Ley de Seguridad y Protección Radiológica y su respectiva reglamentación.

En la década de los 90, el IBTEN pasa a tener dependencia de la Prefectura del Departamento de La Paz, posteriormente se dispone que esta institución pase a ser una institución del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Para el 2010, el IBTEN pasa a ser parte del Ministerio de Educación. En la actualidad depende del Ministerio de Energías.

Consciente de la contribución científica y tecnológica que puede aportar la tecnología nuclear al país, el 2015 el Gobierno del Presidente Evo Morales Ayma, dispone la creación del Programa Nuclear Boliviano (PNB) con los lineamientos establecidos por el Estado Plurinacional de Bolivia, para la promoción e implementación de estrategias y políticas de desarrollo económico, tecnológico y científico sustentable en el tiempo.

Estas políticas y estrategias están reflejadas en la Agenda Patriótica, satisfaciendo así los requerimientos económico-productivos y socioculturales del país.

Los desafíos presentes y futuros a los que se debe hacer frente el PNB, consecuentes con los nuevos paradigmas del Vivir Bien y la revolución productiva comprenden, entre otros:

- i. Contribuir, a través del desarrollo del conocimiento científico y tecnológico,

a una mayor seguridad, diversidad y soberanía energética;

- ii. Consolidar la soberanía y seguridad alimentaria del país;

- iii. Mejorar la calidad de vida de las y los bolivianos, contribuyendo al acceso de todas y todos los bolivianos a los servicios básicos, a una mayor accesibilidad a sistemas de salud más eficientes y eficaces; y a una mayor accesibilidad a una educación de calidad, inclusiva y con identidad propia;

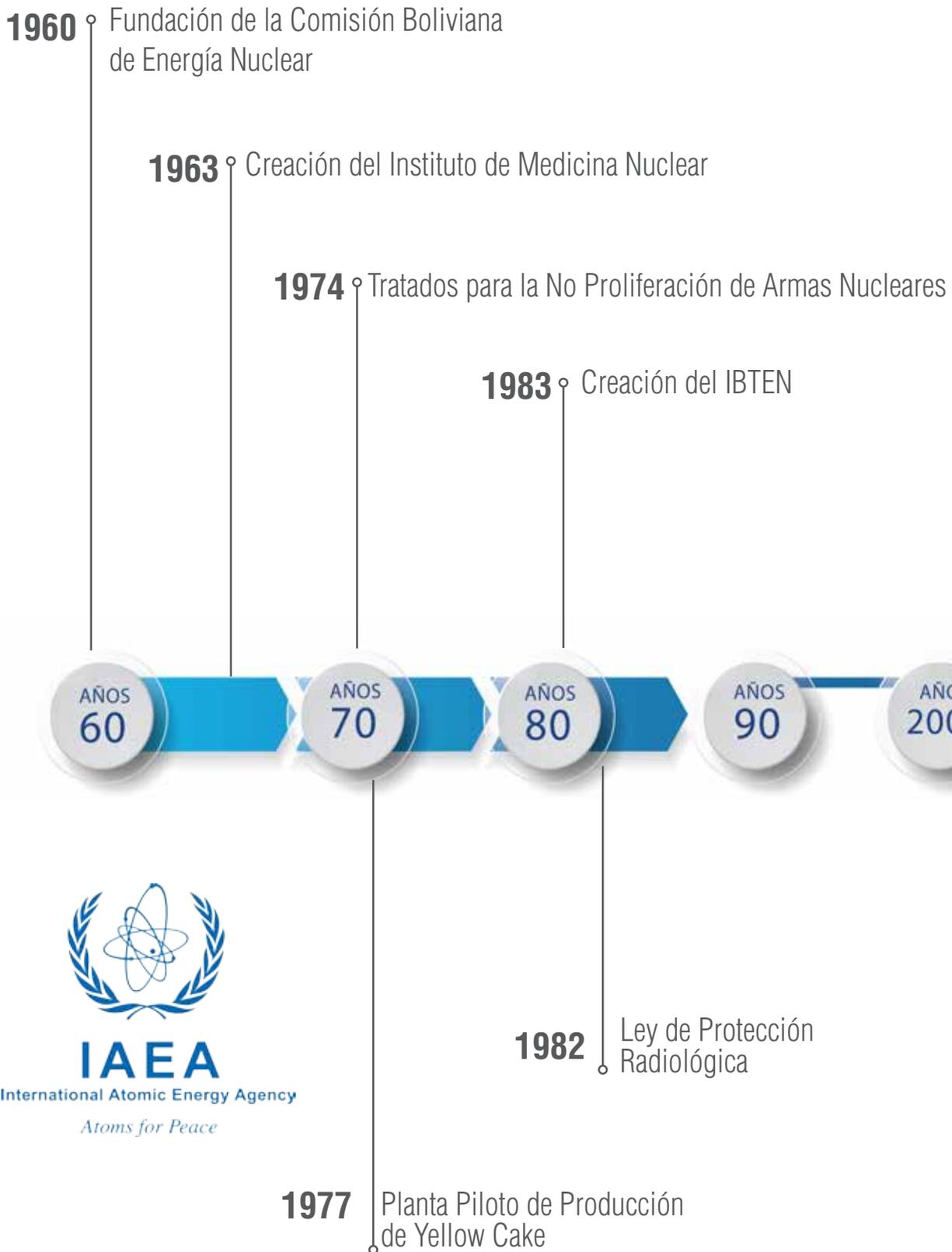
- iv. Apoyar a la preservación del patrimonio cultural e histórico nacional.

En esta perspectiva, las aplicaciones no energéticas en la medicina, industria, agricultura, recursos naturales, medioambiente y la formación de recursos humanos especializados mediante la creación de programas universitarios avanzados en ciencia e ingeniería nuclear y la creación de institutos de investigación especializados diseminados estratégicamente en todo el territorio nacional, son aspectos muy importantes de la política nuclear del país.

Un año después, gracias a los avances PNB se logra consolidar el nacimiento de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN), un 9 de marzo de 2016, misma que a la fecha tiene importantes estudios realizados para el emplazamiento y los avances para la construcción del primer Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN) y los tres Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia.

LÍNEA DE TIEMPO

HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA NUCLEAR EN BOLIVIA



Creación del Programa Nuclear Boliviano



Acuerdos intergubernamentales

Firma de contrato EPC

Diseño y construcción del CIDTN

Centro de Investigación Nuclear

1ra Fase

Complejo Ciclotrón Radiofarmacia

Reactor Nuclear de Investigación

Planta Multipropósito de Irradiación

2015

2016

2017

2018

2019

2020

Creación de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear

Anuncio de construcción de tres Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia

Firma del contrato para la construcción de los tres Centros de Medicina Nuclear

Tres Centros de Medicina Nuclear en funcionamiento El Alto - La Paz - Santa Cruz



4

**CREACIÓN DE LA
AGENCIA BOLIVIANA
DE ENERGÍA NUCLEAR
(ABEN)**

4

CREACIÓN DE LA ABEN

MARCO LEGAL

En fecha 09 de marzo de 2016, mediante Decreto Supremo N° 2697, se crea la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN), como institución pública descentralizada, con personalidad jurídica y patrimonio propio, con autonomía de gestión

administrativa, técnica, legal, económica y financiera.

De acuerdo al Artículo 5 de la presente normativa se establece las siguientes funciones que debe cumplir la ABEN:

1 Implementar y ejecutar la política en materia de tecnología nuclear,

2 Proponer y desarrollar planes y programas en materia de tecnología nuclear,

3 Suministrar o comercializar bienes en materia de tecnología nuclear,

4 Desarrollar y prestar servicios en materia de tecnología nuclear,

5 Promover y desarrollar en el país la investigación en el campo de la ciencia y tecnología nuclear y sus aplicaciones con fines pacíficos,

6 Operar las instalaciones nucleares en el marco del Programa Nuclear Boliviano,

7 Ejercer la propiedad y resguardo estatal de los materiales fisiónables que pudieran ser introducidos y desarrollados en el país,

8 Ejercer la propiedad estatal de los materiales radiactivos contenidos en los elementos combustibles irradiados, generados dentro del territorio boliviano,

9 Otras funciones dispuestas en la normativa legal vigente.





5

**RUMBO A LA
AGENDA 2025**

5.1

PROYECTOS NUCLEARES EN LA LÍNEA ESTRATÉGICA DE LA AGENDA PATRIÓTICA 2025

La construcción del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN) en la ciudad de El Alto y los Tres Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia (CMNR) que estarán ubicados uno en El Alto, otro en La Paz y el tercero en la ciudad de Santa Cruz, constituyen proyectos trascendentales para cumplir las metas establecidas en la línea estratégica de la Agenda Patriótica 2025.

Esta agenda está compuesta por 13 pilares, mismos que tienen como objetivo cumplir con los mandatos de la Constitución Política del Estado y construir colectivamente un proyecto país a largo plazo con el fin de erradicar la extrema pobreza y convertir a Bolivia en un país desarrollado con igualdad y equidad en los aspectos sociales, económicos y espirituales en el marco de los principios del Vivir Bien.

La Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN), dentro de sus competencias, contribuirá al cumplimiento de los preceptos de cinco pilares, de esta forma coadyuva en la arquitectura de la Bolivia del futuro.

La Planta Multipropósito de Irradiación, componente del CIDTN, mejorará la producción agroindustrial, la inocuidad alimentaria, la preservación y conservación de alimentos y el mejoramiento de semillas, contribuyendo a la soberanía alimentaria, la diversificación productiva

y el aprovechamiento de los recursos estratégicos, establecidas en los pilares 6, 7 y 8.

Los tres centros de medicina nuclear y el Centro Ciclotrón-Radiofarmacia Preclínica permitirán mediante su infraestructura moderna y sus equipos de última generación el diagnóstico temprano y tratamiento oportuno del cáncer y otras patologías, coadyuvando de esta forma en la construcción de un ser humano con condiciones de salud sólida, establecido en el pilar 3.

El Reactor Nuclear de Investigación, otro componente del CIDTN, permitirá realizar investigaciones en áreas como la agricultura, industria, geología y medio ambiente. Además facilitará iniciar programas activos de formación académica en el campo del uso pacífico de la energía nuclear, de esta forma se contribuirá en la liberación científica y tecnológica establecida en el pilar 4.

De esta manera, La Agencia Boliviana de Energía Nuclear, pretende ser un instrumento que, a partir del desarrollo y uso de la tecnología nuclear con fines pacíficos, contribuya al logro de las metas establecidas en la Agenda 2025, esto significa que esta institución busca el horizonte del progreso y mejores días para cada uno de las y los bolivianos.

OIEA RESPALDA CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN NUCLEAR EN BOLIVIA

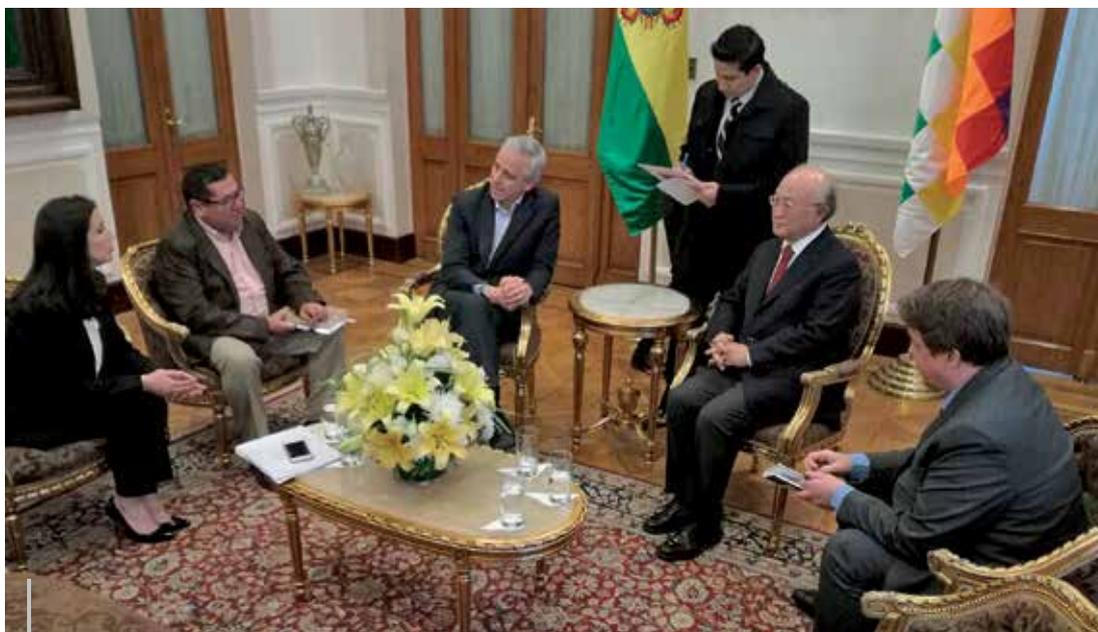
5.2

El Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN) que será construido en la ciudad de El Alto, cuenta con todo el respaldo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), aseguró su Director General, Yukiya Amano, durante su paso por nuestro país, en el mes de diciembre.

“Nosotros trabajaremos junto al gobierno boliviano para que el centro de inves-

tigación nuclear cumpla con todas las exigencias y estándares requeridos para su funcionamiento”, dijo el personero internacional.

El aprovechamiento de los usos pacíficos de la tecnología nuclear mediante el centro de investigación mejorará el bienestar de los bolivianos y será beneficiosa para la población, lo que resultará fundamental para el desarrollo del Estado, sostuvo.



• Yukiya Amano, Director General de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) en su paso por Bolivia fue recibido por el Vicepresidente del Estado Plurinacional de Bolivia Álvaro García Linera.

5.3

BOLIVIA Y RUSIA ACUERDAN LA CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN NUCLEAR

En el marco del acuerdo entre los gobiernos de Bolivia y Rusia, el 20 de septiembre se firmó el contrato para la construcción del CIDTN, que estará ubicado en la ciudad de El Alto del departamento de La Paz.

La firma del contrato se efectuó entre la Directora de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN), Hortensia Jiménez y el Director General del Instituto Especializado Estatal de Diseño (GSPI S.A.), Organización de Rosatom, Galushkov Viacheslav. Del acto también participaron el

Director General de la Corporación Estatal Rosatom A. E. Likhachiov por Rusia y el Viceministro de Altas Tecnologías Energéticas de Bolivia, Luis Alberto Echazú.

“Este es un proyecto impulsado por el gobierno boliviano gracias a la voluntad política del hermano Presidente Evo Morales Ayma”, explicó el Viceministro Echazú a tiempo de señalar que es un paso importante para Bolivia hacia el desarrollo científico tecnológico con identidad propia, cuya inversión supera los 300 millones de dólares americanos.



- Hortensia Jiménez, Directora General Ejecutiva de la ABEN; Galushkov Viacheslav, Director del Instituto Especializado Estatal de Diseño (sentados); Alberto Echazú, Viceministro de Altas Tecnologías Energéticas y Alexey Likhachev, Director General de Rosatom (de pie).

EL ALTO, LA PAZ Y SANTA CRUZ CONTARÁN CON MODERNOS CENTROS DE MEDICINA NUCLEAR

5.4

La Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN), por mandato del Presidente Evo Morales Ayma, tiene la misión de construir tres Centros de Medicina Nuclear y Radio-terapia en las ciudades de El Alto, La Paz y Santa Cruz con un presupuesto asignado de hasta 160 millones de dólares.

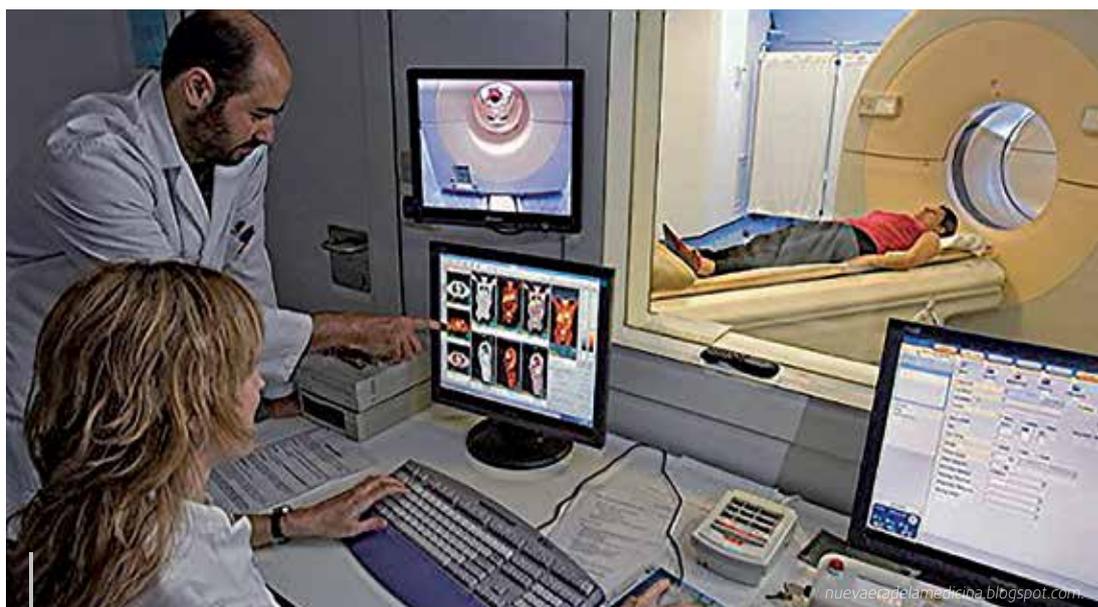
Los tres centros de medicina nuclear contarán con tomógrafos PET para el diagnóstico oportuno del cáncer, un área de tratamiento con dos aceleradores lineales por centro que permitirán el tratamiento del cáncer de manera efectiva.

Para este propósito el alcalde del municipio paceño, Luis Revilla, en el mes de noviembre de 2017, y con la presencia de la Ministra de Salud, Ariana Campero y la

Directora de la ABEN, Hortensia Jiménez, anunció la transferencia de un terreno de tres mil metros cuadrados para la construcción del Centro de Medicina Nuclear.

La ubicación del mismo se encuentra en la meseta de Achumani de la zona sur de la ciudad de La Paz. De la misma forma se realizan gestiones con el municipio de Santa Cruz para obtener los terrenos para el centro especializado en medicina nuclear en esa ciudad.

Para El Alto, el Centro de Medicina Nuclear será construido en los mismos predios donde será edificado el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN) ubicado en la zona de Parcopata del Distrito 8.



• Médicos nucleares analizan a un paciente a través de un equipo PET/CT

5.5

BOLIVIA GARANTIZA SEGURIDAD NUCLEAR CON LA ENMIENDA DEL ACUERDO ANTE LA OIEA

Con la misión de garantizar y fortalecer la seguridad nuclear, Bolivia ratificó la enmienda a la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares (CPPNM) ante la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). Este documento jurídico permite al país ser parte de los Estados miembros, que aplican medidas de seguridad al momento de hacer uso de la tecnología nuclear.

En el acto de adhesión participó la Directora General Ejecutiva de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear, Hortensia Jiménez y el Representante Permanente de Bolivia ante la OIEA, Víctor Alfredo Veltzé, mismo que depositó el instrumento de ratificación de la enmienda a la CPPNM ante el Director General de la OIEA, Yukiya Amano.

“Me complace entregar el instrumento firmado por nuestro Presidente Evo Morales, que contribuye al aumento de la seguridad nuclear”, dijo Veltzé, durante el acto protocolar.

Asimismo el Director General de la OIEA, afirmó estar contento por la adhesión de Bolivia, “estoy muy complacido de que este evento de tratados proporcione una oportunidad para que los países presenten instrumentos que expresen su consentimiento para estar comprometidos por estos importantes acuerdos”.

La enmienda a la CPPNM amplía el convenio original, adoptado en 1979, para abarcar la protección de las instalaciones nucleares y de los materiales nucleares en el uso doméstico, el almacenamiento y el transporte.



• Yukiya Amano, Director General de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) visita las oficinas de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear.

6

**DIRECCIÓN DE
APLICACIONES DE
LA TECNOLOGÍA
NUCLEAR**

6

PRINCIPALES PROYECTOS

El presente documento, refleja los logros obtenidos en la gestión 2017 dentro de la Dirección de Aplicaciones de la Tecnología Nuclear (DATN).

Los procesos de integración y consolidación para la implementación de los objetivos de liberación científica y tecnológica así como de mayor asistencia en calidad de vida y salud, han sido apropiadamente conducidos por la Dirección Ejecutiva de la ABEN y canalizadas por la DATN.

En este entendido y sin lugar a dudas los hitos más importantes trabajados y alcanzados por esta Dirección, tienen que ver con la conclusión del proceso de

negociación y la firma del Contrato para la construcción e implementación del Centro de Investigaciones y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN) con personal técnico, científico y administrativo del consorcio Ruso Rosatom Overseas, así como para la construcción de los Centros de Medicina Nuclear, trabajados y consensuados con el consorcio Argentino INVAP S.E.

Se ha vencido esta primera fase del largo camino que resta apuntalar en este proyecto de interés y necesidad Nacional, por lo cual comprometemos nuestros mayores y mejores esfuerzos para la consolidación del mismo.



• A través de la construcción del CIDTN, Bolivia desarrollará la tecnología nuclear en diversas áreas.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La introducción por primera vez en el país de la más moderna tecnología aplicando los usos del ciclotrón en la obtención de radioisótopos y radiofármacos utilizados para el diagnóstico y tratamiento de patologías como el cáncer; contribuirá a mejorar la asistencia médica que brinda el Estado a la población boliviana.

CICLOTRÓN

Permite la aceleración de partículas a través de un campo magnético uniforme y un campo eléctrico, para llevarla y guiarla sobre una trayectoria semicircular. La tecnología del ciclotrón comprende: cámara cilíndrica de alto vacío en la que, mediante un campo magnético paralelo al eje del cilindro y un sistema de radiofrecuencia, se genera un campo eléctrico alternante, es posible acelerar a energías muy elevadas (~10 MeV) partículas elementales (como protones y deuterones) producidas mediante una fuente de iones situada en el centro de la cavidad.

Su energía cinética final será tantas veces mayor que la que corresponde al voltaje aplicado a los electrodos multiplicado por el número de veces que el ion ha pasado por la región intermedia entre las 'Ds' (placas semicirculares huecas). Estas partículas se hacen chocar con los blancos, en los que tienen lugar reacciones nucleares que llevan a la obtención de los radioisótopos emisores de positrones, que serán finalmente utilizados para sintetizar los diferentes radiofármacos.

CELDAS CALIENTES

Se encuentran dentro del área de producción, su función está basada en la conversión del radioisótopo en radiofármaco y alojarán los módulos de síntesis química y dispensado.

MÓDULOS DE SÍNTESIS

Implicados en la producción de los radiofármacos a través de reacciones químicas que unen el radioisótopo con una molécula precursora.



• Estructura interna de un Ciclotrón.



• La tecnología nuclear permitirá desarrollar la medicina nuclear en el país.

EQUIPAMIENTO DE DISPENSADO

Diseñado para el fraccionamiento del radiofármaco, bajo condiciones asépticas, en viales multi-dosis para su administración en pacientes.



Bolivia tendrá equipos modernos para aplicar en la medicina nuclear.

EQUIPAMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD

Una vez producido el radioisótopo primario en el ciclotrón, estos son transportados a recintos o celdas con blindaje apropiado de procesamiento llamadas celdas calientes, y de producción de los diversos radiofármacos, que luego de pasar varios y sofisticados controles de calidad que son exigidos por las autoridades regulatorias, son enviados a los centros de medicina nuclear para su utilización en estudios clínicos.

Esta área contará con equipamiento diverso entre ellos, cromatografía líquida de alta resolución HPLC, calibrador de dosis, espectroscopio, entre otros.

ÁREA PRECLÍNICA

Se constituye en un servicio de imágenes pre-clínicas, para la adquisición de imágenes en animales in-vivo y ex-vivo, con el objeto de permitir el desarrollo de investigación de nuevos radiofármacos y su aplicación clínica.

APLICACIONES EN MEDICINA NUCLEAR

Los productos del ciclotrón serán utilizados para la adquisición de imágenes con fines diagnósticos y/o terapéuticos. Los procedimientos clínicos serán evaluados a través de sistemas de detección sensibles diseñados para captar la radiación emitida por radioisótopos o radiofármacos aplicados a pacientes, siguiendo protocolos internacionales de dispensación.

SISTEMA PET/CT

Los sub-componentes de este equipamiento incluyen, sistemas híbridos, es decir, operan simultáneamente en combinación con un equipo de tomografía computarizada (CT), además estos equipos comprenden: centellador, detector, fotomultiplicadores, hardware y software. Cada uno de estos tiene características propias que definen la performance final del sistema PET.

SISTEMA SPET/CT

Consta de una cámara gama estándar provista de un mecanismo que le permite rotar alrededor del paciente, las imágenes obtenidas con este tipo de tecnología permiten obtener una imagen transversal reconstruida, apreciar la distribución de actividad en el órgano en forma separada de la actividad de fondo circundante, de modo que la imagen digital mejora significativamente, permitiendo la observación de diferentes estructuras y mejorando la interpretación del estudio

SERVICIOS

El Centro Ciclotrón Radiofarmacia - Pre-clínica, tiene por objeto la producción de radioisótopos, radiofármacos necesarios para aplicaciones clínicas, así como diagnósticos en cantidad, calidad y variedad suficiente. De igual manera tiene la función del desarrollo de otros radioisótopos y aplicaciones propias de la tecnología de punta en el ámbito de la investigación básica y aplicada.

El ciclotrón tendrá la capacidad y características tecnológicas suficientes para producir radioisótopos y radiofármacos de manera confiable y de alto rendimiento para cubrir las necesidades nacionales presentes y futuras.

Dentro de los servicios que prestará el ciclotrón se encuentra la producción de radioisótopos para PET (Tomografía por Emisión de Positrones) los cuales serán: ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{124}I , $^{64}\text{Cu}/^{67}\text{Cu}$ y ^{68}Ga . El sitio también tendrá la capacidad tecnológica de producir radioisótopos de uso diagnóstico para la modalidad SPECT (Tomografía Computarizada de Emisión de un Fotón Simple), mediante la utilización de blancos sólidos/gaseosos, tales como el $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{89}Zr , ^{123}I , ^{111}In , ^{67}Ga y ^{57}Co .

La detección de las radiaciones emanadas de los radiofármacos localizados en el órgano, tejido o tumor bajo investigación, se realiza mediante equipos denominados "cámaras" o "escáneres". Las ventajas y aplicaciones de este tipo de tecnologías; particularmente de los sistemas híbridos han revolucionado la práctica de la medicina nuclear, pues a la información metabólica y fisiológica obtenida mediante el PET, se añade la información morfológica y de localización obtenida mediante el CT, aspecto que es de extrema importancia en muchas situaciones, particularmente, oncológicas. Otra ventaja de los sistemas híbridos es que acortan considerablemente el tiempo de un estudio, por lo que aumenta el número de pacientes que puedan ser examinados por unidad de tiempo.

Las aplicaciones oncológicas constituyen la mayor parte de su uso actual, de forma que esta tecnología representa una herramienta fundamental en el manejo clínico de pacientes con cáncer, siendo además considerada como la metodología diagnóstica más avanzada principalmente en neurología y cardiología entre otras.



- El Ciclotrón Radiofarmacia tiene por objeto la producción de radioisótopos, radiofármacos necesarios para aplicaciones clínicas.



• El Ciclotrón permitirá realizar investigaciones en medicina nuclear.



• El Ciclotrón permitirá proporcionar información metabólica cuantitativa en animales modelos con alta sensibilidad.

INVESTIGACIÓN

En el ámbito de la investigación la tecnología del ciclotrón es muy importante, tomando en cuenta los beneficios a la población y la comunidad científica. Es en este sentido que la importancia de la investigación utilizando radioisótopos y radiofármacos producidos por el ciclotrón, a través de estudios en el área preclínica, permitirá proporcionar información metabólica cuantitativa en modelos animales con alta sensibilidad, especificidad y resolución espacial.

Actualmente las prácticas que permiten el desarrollo de nuevos radiofármacos se enfocan en pruebas preclínicas in vivo y ex vivo antes de su uso clínico. Sin embargo, la implementación de este tipo de investigaciones en el ámbito médico aún puede explorarse, aplicarse para complementar y enriquecer diversos proyectos. La combinación de técnicas de medicina nuclear junto con otras ciencias, entre ellas inmunológicas, microbiológicas, bioquímicas, físicas, etc.; serán importantes para el seguimiento de enfermedades y tratamientos en animales modelos que contribuirán a la obtención y validación de resultados científicos.



• Equipos complejos de alta tecnología nuclear serán operados por profesionales bolivianos.

INTRODUCCIÓN

Siguiendo los lineamientos políticos y estratégicos de la nueva visión del Estado, el Vivir Bien y de las metas planteadas en los 13 pilares de la Bolivia Digna y Soberana en la Agenda Patriótica del Bicentenario 2025, se presenta diferentes estrategias para consolidar la liberación científica y tecnológica en beneficio del país y una de ellas es la utilización de la energía nuclear de forma pacífica. En este sentido, la Agencia Boliviana de Energía Nuclear – ABEN, acorde a los desafíos propuestos, ha asumido el reto de establecer el Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología Nuclear – CIDTN, que, sin lugar a dudas, permitirá involucrarse con las universidades, centros o institutos de investigación que desean vincularse con la energía nuclear para aplicarlos en diferentes ámbitos de la ciencia (medicina, agroindustria, medio ambiente, etc.), con miras de seguir fortaleciendo la nueva Bolivia con seguridad alimentaria, productiva, competitiva, solidaria y socialmente inclusiva.

Dentro de los componentes del CIDTN, está la Planta Multipropósito de Irradiación, que beneficiará a las industrias, organismos gubernamentales y al sector privado productivo, a través de la aplicación de las radiaciones ionizantes (rayos gama) en diferentes productos para reducción o eliminar la carga microbiana en alimentos, prevenir pérdidas por deterioro, eliminación de insectos y plagas, desinfección de insumos médicos, incrementar el valor agregado, facilitar el comercio al exterior, entre otros.

En miras al futuro y progreso del país, con visión de desarrollo científico y tecnológico, la Planta Multipropósito de Irradiación, debe ser proyectada con el fin de asegurar la utilización benéfica de sus aplicaciones, y, de manera paralela, que pueda contribuir el desarrollo de la investigación, así como la formación y capacitación de recursos humanos acordes a la demanda tecnológica.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Irradiación

La irradiación de alimentos es un método físico para su conservación, que presenta dos cualidades básicas: alarga la vida media de los productos y aumenta la calidad higiénico sanitaria de los mismos. Este método es comparable a otros de conservación conocidos que utilizan el calor, (como la pasteurización y la esterilización) o el frío (como la refrigeración, congelación y liofilización). Una característica importante de la irradiación es que, a diferencia de los otros métodos, no produce cambios significativos en los alimentos tratados.

Dosis

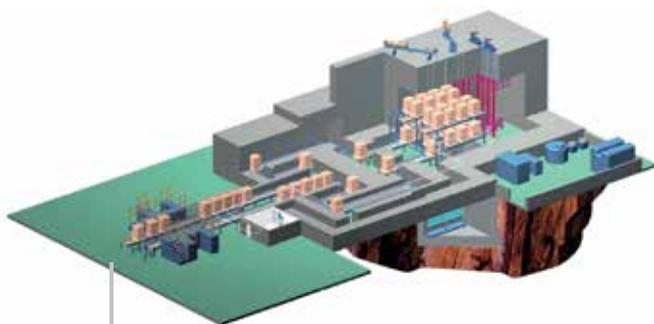
Es el tiempo predeterminado en el que los productos son expuestos a la radiación ionizante generada por rayos gama. Este tiempo es el necesario para que los productos absorban la energía necesaria para alcanzar el objetivo buscado según las necesidades y también según la capacidad de tratamiento de irradiación.

Principales aplicaciones de las Plantas de Irradiación

- **Irradiación de alimentos:** Es una de las principales aplicaciones cuyo propósito es prolongar la vida de los productos alimenticios. Este tipo de aplicación se realiza gracias a la investigación de numerosas instituciones y se cuenta hoy en día con una larga lista de microorganismos, bacterias, insectos, etc. susceptibles de ser eliminados usando radiaciones gama. Algunos de los productos alimenticios irradiados a escala industrial son: frutas, vegetales, miel, carne, cereales, entre otros.

El Codex¹ de estándares generales para alimentos irradiados establece que en la etiqueta de los alimentos deben llevar la declaración escrita de que han sido tratados con radiación ionizante. El símbolo internacional de alimento irradiado (radura), es opcional, pero cuando se usa debería estar próximo al nombre del alimento.

- **Irradiación de hierbas especias y otros sazoadores:** Entre las aplicaciones de la irradiación de alimentos, la descontaminación de especias, condimentos y hierbas deshidratadas tienen el potencial de aplicación más inmediato en muchos países.



Esquema de una Planta Multipropósito de Irradiación.

- **Desinfestación de granos:** Una diversa variedad de granos (trigo, cebada, arroz, maíz, avena), son susceptibles al ataque de insectos que en almacén podrían ocasionar el deterioro total del producto. Por esta razón es necesario disponer de métodos eficaces de control, no sólo para evitar que se pierdan como alimento, sino también para conservarlos limpios y en buen estado, además para el comercio internacional. La irradiación de estos productos presenta una vida de almacenamiento superior al grano no irradiado o tratado por otros medios, porque puede prolongarse por más de 8 meses.

- **Esterilización de materiales biológicos y productos médicos:** Constituye una floreciente y bien establecida industria mundial con gran capacidad de tratamiento de altos volúmenes. La radioesterilización es una excelente y competitiva alternativa, muchas veces insustituible, a las tecnologías convencionales de esterilización como la temperatura y tratamiento con gases.

Las aplicaciones comerciales más frecuentes son:

1. Esterilización de órganos para implantes, injertos de membranas, hidrogeles absorbentes y prótesis.
2. Esterilización de productos de uso médico: guantes, gasas, vendas, bisturís, jeringas y agujas de inyección.
3. Productos odontológicos y farmacéuticos
4. Cosméticos
5. Productos de uso veterinario

1. Codex Alimentarius significa "Código de alimentación" y es la compilación de todas las normas, Códigos de Comportamientos, Directrices y Recomendaciones de la Comisión del Codex Alimentarius.

- **Modificación, mejora y producción de nuevos productos industriales:**

Este tipo de aplicaciones industriales se refiere a la inducción de polimerización y modificación de las propiedades de materiales mediante las radiaciones ionizantes. También se refiere al tratamiento o cura de superficies y polimerización cruzada y degradación de materiales poliméricos naturales de alto peso molecular, para darles un mayor valor agregado.

El procesamiento de polímeros mejora las propiedades mecánicas, eléctricas y la estabilidad térmica, en esta industria la tecnología ha encontrado amplia aplicación comercial.

- **Preservación de bienes culturales:**

Aplicación de las radiaciones ionizantes para la desinfestación de documentos históricos y preservación de bienes culturales como obras de arte, material bibliográfico y antigüedades.

De acuerdo a las aplicaciones descritas, la dosis de radiación suministrada depende de la naturaleza del producto y del efecto buscado, que pueden ir desde fracciones de kilogray - kGy (inhibición de la germinación), hasta dosis altas de KGy (esterilización).

Ventajas del proceso de irradiación de alimentos

- La radiación no deja residuos radioactivos en los productos procesados por lo que se puede utilizar de inmediato.
- Evita o reduce el uso de sustancias químicas que tienen probada toxicidad para el ser humano y el medio ambiente, tales como fumigantes; algunos conservantes (nitrito de sodio en carnes), e inhibidores químicos de germinación (hidracida maleica).
- Puede aplicarse a una diversidad de alimentos (congelados, enlatados, precocinados, etc.).



• La Planta Multipropósito de Irradiación tendrá una aplicación industrial, como la esterilización de productos de uso médico.

- Aumenta la calidad e inocuidad sanitaria del producto y reduce potenciales brotes epidémicos.
- Descontamina los alimentos de bacterias patógenas, levaduras, hongos e insectos, y en particular es único y específico para desactivar microorganismos patógenos en congelados (como es el caso de la salmonella).
- Mínimo aumento de temperatura durante el tratamiento (1 a 2 °C), lo que puede destruir microorganismos en alimentos congelados sin que estos cambien de estado, conservando los aromas y sabores típicos.
- Incrementa la vida útil de los alimentos, conservando las características del producto fresco, con la posibilidad de alcanzar mercados internos y externos más lejanos.
- Asegura la calidad higiénica de alimentos sólidos o semisólidos. Debido a la gran penetración de la radiación, es posible tratar al alimento dentro de su envase final.

COMPLEMENTOS DE LA PLANTA MULTIPROPÓSITO DE IRRADIACIÓN.

Laboratorios complementarios

Son instalaciones y equipamiento necesarios para realizar el control de calidad de los productos irradiados, microbiológicos y dosimétricos conformado básicamente por equipamiento convencional de química analítica y otros componentes fundamentales para cubrir las expectativas de los servicios que brinda una planta de irradiación.

FRUTA IRRADIADA



FRUTA NO IRRADIADA



Equipo de Irradiación Gamma de Laboratorio

Equipo destinado principalmente a la investigación en diferentes áreas como salud, agricultura, medioambiente, etc. Este permitirá evaluar diferentes dosis de irradiación en pequeñas cantidades de productos.

- Esterilización de diversos tipos de tejidos como piel, huesos o válvulas cardíacas.
- Irradiación de materiales poliméricos con altas dosis, que permitiría crear nuevos sistemas poliméricos (hidrogeles) para aplicaciones biomédicas e industriales.
- Mejoramiento de cultivos agrícolas a partir de la irradiación de semillas (trigo, haba, amaranto, quinua, kañahua, tarwi) y otros propagados vegetativamente (árboles frutales, piña y papa).

La aplicación de la tecnología de irradiación gamma permitirá también la creación de grupos interdisciplinarios, a partir de la interacción con universidades y centros de investigación involucrados con Ciencia e Ingeniería de Materiales, Biología, Física, Agropecuarias y Química.

POTENCIALES USOS DE LA IRRADIACIÓN EN PRODUCTOS A NIVEL NACIONAL.

Fruta de exportación

Según datos del IBCE (2016)², el comercio mundial de productos agrícolas (frutas, hortalizas y nueces) continua con un crecimiento sostenido. América Latina sigue siendo el principal productor de frutas, y Chile, México, Ecuador, Costa Rica y Perú son los principales proveedores hacia el mundo, sumando un valor de exportación de 16,5 mil millones de dólares para el 2015. En el caso de Bolivia, las exportaciones de frutas frescas sumaron aproximadamente 45,8 millones de dólares equivalentes a 142 mil toneladas; las cuales tuvieron como principales destinos a Argentina, Francia, México, Uruguay y Países Bajos con casi 43 millones de dólares para la gestión 2015.

El potencial de Bolivia para abastecer de frutas frescas al mundo podría ser amplio incluso con sus más de 1 millón de toneladas de producción de bananas, duraznos, mandarinas, naranjas, piñas y uvas reportados para el año agrícola 2014-2015.

Considerando los anteriores aspectos, se debe tomar en cuenta que Bolivia tiene potencial de exportación, pero también al momento de ingresar a mercados internacionales, se debe cumplir con ciertos requisitos sanitarios que podrían despejarse aplicando radiaciones ionizantes como tratamiento fitosanitario, orientado principalmente al control de plagas cuarentenarias en fruta fresca u otro tipo de microorganismos patógenos. El uso de esta tecnología sería una alternativa a los tratamientos con bromuro de metilo que se da en algunos casos.

El uso de esta tecnología también es aplicable a productos vegetales y frutas frescas preparados, dispuestos en bolsas o bandejas y están listos para consumir; ya que están limpios, pelados y cortados.



Diversos sectores industriales serán beneficiados con la irradiación.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN APLICANDO RADIACIONES IONIZANTES.

A medida que las investigaciones se desarrollan, se encuentran nuevas aplicaciones para la radiación ionizante. Cabe mencionar, entre otras, el procesamiento de lana cruda para eliminar parásitos, el de gemas de topacio para resaltar su color, la descontaminación de documentación archivada y de piezas arqueológicas, descontaminación de colmenas, preservación de la madera por destrucción de insectos y moho.

Tomando como referencia al irradiador experimental gamma, se lo podría utilizar para desarrollar investigación, aplicando diferentes dosis de irradiación en diferentes productos, de acuerdo a un propósito y objetivo planificado. En el caso

2. Potencial de mercado para frutas frescas. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Mayo - 2016. .

Irradiadas

Sin irradiar



- La irradiación permite conservar los alimentos.

de agricultura, como se hizo referencia en párrafos anteriores, se puede irradiar semillas o vitroplantas de diferentes cultivos para generar modificaciones a nivel genético, con el propósito de obtener nuevas variedades de especies que pueden ser resistentes o tolerantes a algún factor adverso, manteniendo o incrementando sus rendimientos.

Las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en la preservación y remediación del medio ambiente son amplias, tanto para tratar residuos sólidos, líquidos como gases. El tratamiento se basa en la acción de los radicales libres que se forman por acción

de la radiación ionizante. Las aplicaciones más importantes y que alcanzaron niveles comerciales, pasando por fases largas de investigación y desarrollo son las siguientes:

- Tratamiento de aguas de desecho de las industrias químicas mediante la degradación de sustancias tóxicas o poco biodegradables.
- Desinfección de aguas residuales urbanas por la eliminación de bacterias y patógenos.
- Degradación de compuestos orgánicos volátiles, de los cuales muchos de ellos son cancerígenos.



- La agroindustria será beneficiada con la irradiación de sus productos.

Asistiendo al desarrollo de la Agenda Patriótica Boliviana 2025 y enmarcada en el Plan Nuclear Boliviano, las actividades del Reactor Nuclear de Investigación impulsan dos de los cuatro objetivos estratégicos que adopta el Estado Plurinacional de Bolivia en materia nuclear, a saber; a) soberanía, seguridad y diversificación de la matriz energética, b) desarrollo del conocimiento científico y tecnológico.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Un reactor nuclear es un sistema tecnológico en el que se producen reacciones de fisión en cadena (o de fusión en el futuro) de manera controlada con fines determinados y específicos. Este proceso da como resultado la producción de neutrones que son utilizados, en un caso, en la investigación fundamental y aplicada y en la producción de radioisótopos y, en otro, para generar energía eléctrica, aprovechando la gran cantidad de energía calorífica producida en la reacción de fisión nuclear, conocidos como reactores de potencia.

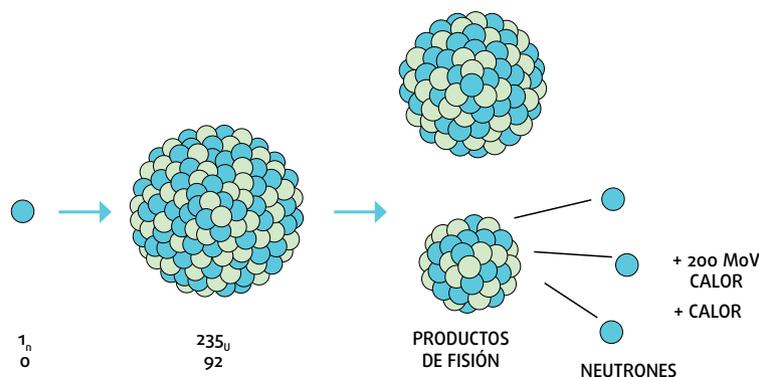
Reacciones nucleares de fisión

Las reacciones en las que interviene un neutrón que impacta con un núcleo son,

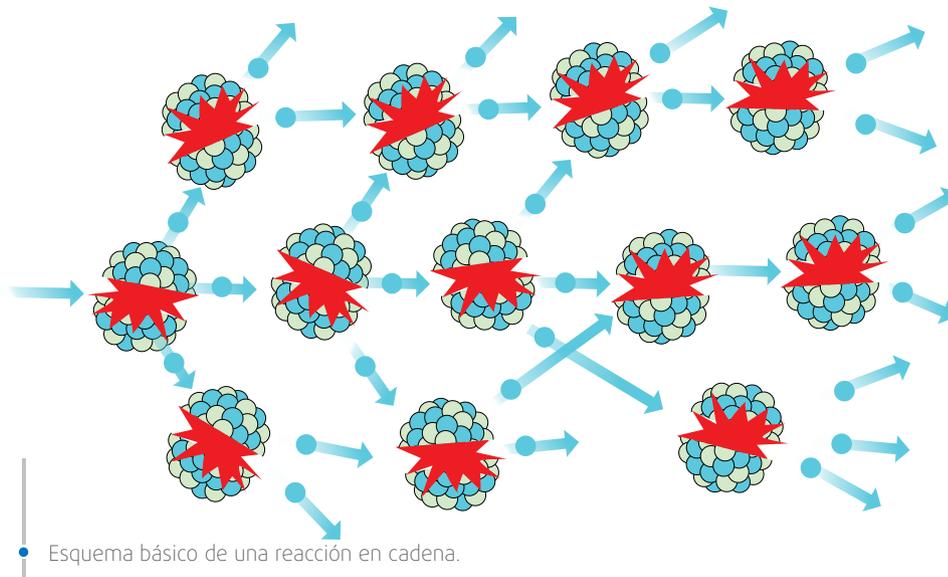
con gran diferencia, la más importante de la física nuclear aplicada. En ellas se basa el funcionamiento de los reactores nucleares.

Los núcleos de átomos pesados, al ser bombardeados con neutrones pueden dividirse en varios fragmentos formados por núcleos de átomos más ligeros, con emisión de neutrones y con un gran desprendimiento de energía. A este tipo de reacciones nucleares se las denomina reacciones de fisión nuclear. Las reacciones de fisión que tienen lugar en los reactores nucleares se producen con nucleidos de átomos pesados: Uranio, Plutonio, Torio.

A los neutrones inmediatos que aparecen en la fisión nuclear, se les denomina rápidos y se emiten con una alta energía y una muy alta velocidad. Estos neutrones que aparecen en el instante de la fisión provocan en el medio una serie de reacciones nucleares, entre las cuales, la fisión es la más importante, ya que dará lugar a las reacciones en cadena. Normalmente, el número de neutrones que aparecen por cada fisión es de 2 o 3, según el núcleo que se fisione.



• Reacción nuclear de fisión inducida por neutrones sobre un núcleo de uranio.



A partir de este concepto, se define un reactor nuclear como la instalación capaz de iniciar, mantener y controlar las reacciones de fisión en cadena. Éstas tienen lugar en el núcleo del reactor, compuesto por el combustible a base de núcleos fértiles y fisionables, el refrigerante, los elementos de control, materiales estructurales y moderador en los reactores nucleares térmicos.

Reactor de Investigación:

El propósito fundamental de los reactores de investigación es obtener un flujo de neutrones adecuado. Con estos neutrones generados en la fisión se pueden producir radioisótopos para realizar estudios en diversos materiales, análisis por activación de neutrones o efectuar prácticas y operaciones para el entrenamiento del personal.

Instrumentación - Componentes principales de un Reactor

El núcleo de un reactor nuclear es donde se produce y se mantiene la reacción nuclear en cadena. Su principal objetivo es generar neutrones en un reactor de investigación y el de calentar el agua del circuito primario en un reactor de

potencia.

Diseñados para operar de forma segura y controlada, de manera que se maximice la cantidad de energía extraída del combustible. Cada componente del núcleo del reactor juega un papel importante en la generación de calor y estos son:

- **Combustible:** El combustible en un reactor nuclear es fundamental para el normal funcionamiento de la central nuclear, tal combustible es el dióxido de uranio cerámico que va encapsulado en lápices o varillas de zircaloy ligeramente enriquecido. El combustible de un reactor nuclear es un material fisionable en cantidades tales que se alcance la masa crítica y colocado de tal forma que sea posible extraer rápidamente el calor que se produce en su interior debido a la reacción nuclear en cadena. En general, un elemento de combustible está constituido por una disposición cuadrangular de las varillas del combustible, también se tienen arreglos hexagonales.
- **Barras de control:** Las barras de control en los reactores nucleares tienen por finalidad la de absorber

o capturar los neutrones producidos en la fisión nuclear (Carburo de boro o aleaciones de plata, indio y cadmio, entre otros) y las dimensiones de estos son los mismos del combustible. A su vez, las barras de vigilancia permiten controlar la potencia del reactor y eventualmente bajar la potencia a niveles de parada en pocos segundos en caso de emergencia.

- **Moderador:** Los neutrones producidos en la fisión nuclear son muy rápidos, de manera que conviene disminuir su velocidad a fin de que aumente la probabilidad de que fisionen otros núcleos y no se detenga la reacción en cadena. Esto se consigue mediante choques elásticos de los neutrones con los núcleos atómicos del moderador. Entre los moderadores más utilizados están el agua ligera, el agua pesada y el grafito.
- **Refrigerante:** La mayor parte de la energía liberada por la fisión nuclear se da en forma de calor y a fin de poder emplear éste, en el interior del reactor debe pasar un refrigerante que absorba y transporte dicho calor. El refrigerante debe ser anti-corrosivo, tener una gran capacidad calorífica y no absorber neutrones, en ese entendido, los refrigerantes utilizados son los gases, como el anhídrido carbónico y el helio, los hay también líquidos como el agua ligera y el agua pesada. Además de algunos compuestos orgánicos y metales líquidos como el sodio.
- **Reflector:** El número de fisiones nucleares que se produce en el núcleo del reactor nuclear, produce

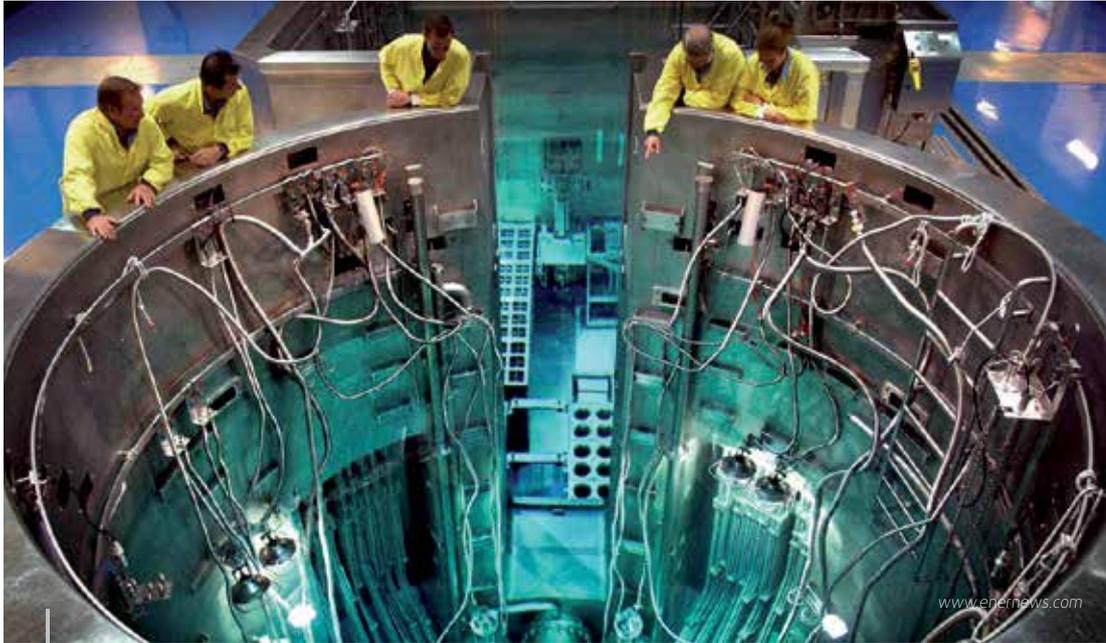
un cierto número de neutrones que tienden a escapar de la región donde estos se originan. Se contará con un medio reflector, el cual permitirá una mayor eficiencia del reactor nuclear. El medio reflector ideal, debe tener una baja sección eficaz de captura, con la finalidad de que se reflejen el mayor número posible de neutrones y no reducir el número de éstos. Asimismo, la elección del material depende del tipo de reactor. Si tenemos un reactor térmico, el reflector puede ser el moderador, pero si tenemos un reactor rápido el material del reflector debe tener una masa atómica grande para que los neutrones se reflejen en el núcleo con su velocidad original (dispersión inelástica).

Reactor Nuclear para Bolivia

Se proyecta un Reactor Nuclear de Investigación que satisfaga las necesidades del Programa Nuclear Boliviano identificadas en este documento, que contribuyan con la sustentabilidad de los programas de formación y capacitación de recursos humanos y que promueva la investigación básica y aplicada facilitando el intercambio científico mediante convenios internacionales de investigación y desarrollo.

En consecuencia, se debe enfatizar que el diseño deberá ser lo más flexible posible para la formación de recursos humanos, satisfacer las necesidades de los sectores académico, productivo, industrial, minero, yacimientos petrolíferos y gasíferos, entre otros.

También se tiene, que la experiencia ha demostrado que aquellos países que han instalado reactores nucleares de inves-



• Modelo de Reactor de Investigación.

tigación de mayor potencia (mayor de 1 MWt), muchos de ellos no han logrado establecer programas de utilización que justifiquen estas altas potencias dando como resultado un panorama de sub utilización de estas instalaciones.

Considerando niveles razonables de inversión y fundamentalmente por el programa de utilización que se propone en el PNB, se toma la decisión de que el reactor nuclear de investigación sea un Reactor de Baja Potencia.

Bajo estas consideraciones y los estudios de asesoramiento para el establecimiento del Reactor Nuclear de Investigación, los convenios intergubernamentales entre el Estado Plurinacional de Bolivia y la República Rusa, se concreta la adquisición del reactor nuclear de investigación con las características descritas en la siguiente tabla:

APLICACIONES DE LOS REACTORES DE INVESTIGACIÓN

Los reactores de investigación actualmente en operación tienen como líneas de desarrollo lo siguiente:

Enseñanza y Entrenamiento (EE)

Cualquier reactor de investigación tiene la capacidad e infraestructura necesarias para ser usado con propósitos de educación y entrenamiento a estudiantes e investigadores de diversas áreas, ya que en los reactores de investigación podrán efectuar maniobras y experimentos a bajas potencias.

Análisis por Activación Neutrónica (AAN)

El análisis por activación neutrónica es una técnica analítica cuantitativa y cualitativa para la determinación de elementos traza

en gran variedad de objetos y materiales en agua, aire y suelo (meteoritos, rocas, peces e incluso plantas y productos agrícolas). Es la aplicación más usada de los reactores de investigación.

Esta técnica es no destructiva, a menos que el elemento de interés tenga un valor menor que el límite de detección, en cuyo caso las separaciones químicas son necesarias. La muestra es irradiada en el reactor, y entonces el espectro de radiación gamma revela su contenido. Tradicionalmente se utilizan patrones para la cuantificación de los elementos traza, aunque actualmente esta técnica está siendo sustituida por la técnica absoluta conocida como ko con la que se cuantifican directamente la cantidad de elementos traza sin utilizar patrones de referencia.

Producción de Radioisótopos (PRI)

Dependiendo del flujo disponible de neutrones, se puede producir radioisótopos.

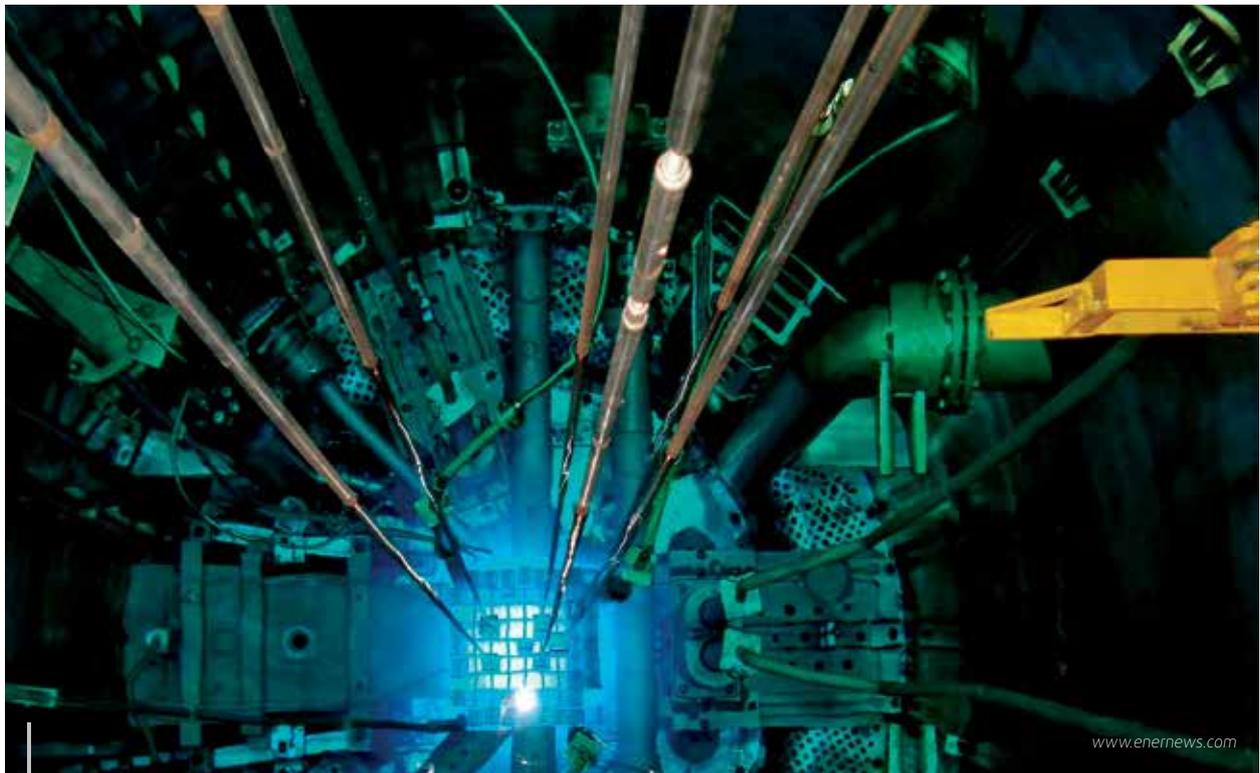
Estos isótopos radiactivos son usados fundamentalmente como radiotrazadores en la industria, minería, gas y petróleo, medio ambiente e investigación básica.

Como ejemplos de sus aplicaciones tenemos que el Na-22 se ha utilizado en radiotrazado para encontrar fugas de agua o medición de niveles en sistemas petroleros de almacenamiento de hidrocarburos.

Estos radiotrazadores son muy usados en estudios en hidrología isotópica como: análisis de composición de aguas, ciclos de recarga de cuerpos de agua, curso de ríos y manantiales, estudios que contribuyen a la conservación del medio ambiente.

Geocronología (GC) (Datación de minerales)

Mediante dos métodos diferentes de geocronología los geólogos pueden fechar pe-



• El Reactor de Investigación permitirá capacitar a nuestros profesionales en tecnología nuclear.

queñas cantidades de minerales. El primero emplea el decaimiento radiactivo natural del K-40, el cual decae en Ar-40 que es el que se determina en la muestra. Al irradiar la muestra que contiene K-39 estable, se produce el Ar-39 mediante la reacción:



Las concentraciones de Ar-40 y Ar-39 se determinan mediante un procedimiento de espectrometría de masas de extracción de gas, para luego determinar la razón Ar-40/Ar-39, del que se puede determinar la edad de la muestra.

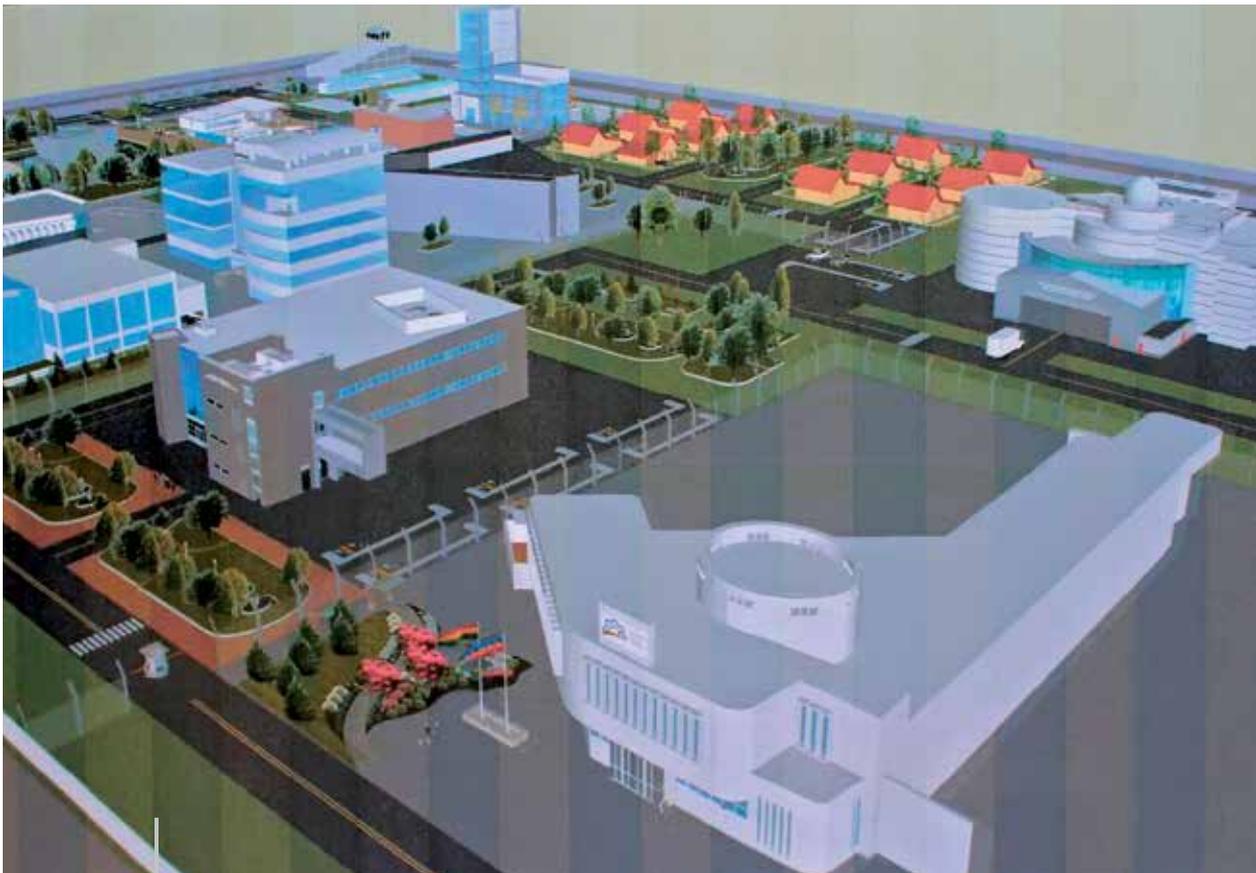
El segundo método es adecuado para fechar minerales que contienen uranio. La razón de U-235/U-238 es representativa de la edad y se obtiene irradiando el mineral y contando las fisiones de U-235, comparando con el número de fisiones espontáneas del U-238.

HITOS PRINCIPALES DE LA GESTIÓN 2017

Los hitos más importantes para la implementación del Reactor Nuclear de Investigación desarrolladas durante la gestión 2017, se pueden resumir en los siguientes puntos.

Definición de características tecnológicas de operación y funcionamiento del Reactor Nuclear de Investigación bajo asesoramiento técnico de la empresa IDOM, quienes elaboraron el documento "Evaluación, Aplicabilidad, Ventajas e Inconvenientes de Reactores de Investigación de distintas Potencias para cubrir las necesidades de la ABEN en el CIDTN".

Se iniciaron y concretaron las fases de revisión, evaluación y aprobación del contrato EPC, así como de sus anexos. Las negociaciones se llevaron a cabo en



• Esquema de un Centro de Investigación Nuclear.



• Expertos del OIEA en su misión por Bolivia calificaron con buena puntuación las gestiones desarrolladas hasta el momento por la ABEN en materia del RIN.

la ciudad de La Paz, Moscú y Viena. El periodo integral de evaluación fue de tres meses hasta concretar con la firma del Contrato entre la empresa Rusa "State Specialized Design Institute JCC GSPI" y la ABEN el 27 de septiembre de 2017.

Se elaboraron los perfiles profesionales bajo el organigrama propuesto para la marcha del Reactor Nuclear de Investigación: para los operadores del Reactor Nuclear, para los profesionales del Laboratorio de Análisis de Activación Neutrónica, Laboratorio de Radioisótopos, Ciclo del Combustible y otras unidades que soporten la operación y mantenimiento del Reactor de Investigación.

En el marco del Programa BOL 1011 con el OIEA y el programa "Desarrollo de Infraestructura para el Establecimiento de un Reactor de Investigación Nuclear" del 20 al 24 de noviembre se ha desarrollado el Taller Nacional "Situación de un Nuevo Proyecto de Reactor de Investigación en Bolivia", con la participación de Instituciones del Estado como los Ministerios de Energía, Economía y Finanzas, Minería

y Metalurgia, Planificación y Desarrollo, Medio Ambiente y Aguas, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, Corporación Minera de Bolivia, Policía Nacional, Bomberos, Asociación de Periodistas, Instituto Boliviano de Ciencias y Tecnologías Nucleares además de Universidades del sistema nacional públicas y privadas.

La misión de Expertos del Organismo Internacional de Energía Atómica conformada por; D. Ridikas, J. Lolich, D. Sears, C. Grant, R.M. Waldam, a través de conferencias magistrales y mesas redondas se desarrolló el programa de evaluación del estado del proyecto del nuevo reactor nuclear, visitando el terreno de emplazamiento del reactor, apreciando los trabajos previos en el CIDTN.

Los expertos del OIEA calificaron con una puntuación de 8 sobre 10 a las gestiones desarrolladas hasta el momento por la Unidad de Aplicaciones de la Tecnología Nuclear. Haciendo llegar sus recomendaciones a la Dirección del ABEN y Autoridades pertinentes a través de un Resumen Ejecutivo del informe de evaluación del Taller.

6.4

BASES ESTRUCTURALES DE SEGURIDAD NUCLEAR Y RADIOPROTECCIÓN PARA EL CIDTN

OBJETIVO DE LA SEGURIDAD NUCLEAR Y DE LA RADIOPROTECCIÓN

La seguridad se aplica en toda actividad industrial, pero es particularmente importante cuando se trata del tema nuclear pues la necesidad de proteger a las personas, extendida a las personas del futuro, incluyendo, por tanto, la necesidad de proteger y preservar el Medio Ambiente es crucial. El CIDTN desarrollará un programa completo y riguroso de seguridad nuclear y radioprotección que considere no solo las condiciones de operación, sino las condiciones a veces no previsible, asumiendo una aproximación gradual (graded approach) que considera el tipo específico de instalaciones, equipos y la realidad del entorno socio ambiental.

ACTIVIDADES

La infraestructura de seguridad nuclear es parte fundamental de la infraestructura legal y de reglamentos que rige a toda instalación nuclear y debe ser implementada por la ABEN en calidad de entidad operadora del CIDTN. En este sentido, en la presente gestión, la ABEN ha llevado a cabo reuniones de coordinación con las instituciones nacionales involucradas y con organismos internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica, la última en el tema Taller Nacional en "Productos y Servicios de Reactores de Investigación para el Desarrollo Socioeconómico" con una clara orientación al diagnóstico de la situación



Dentro del Centro de Investigación Nuclear se aplicará tecnología de punta.

boliviana en cuanto a legislación y normativa del componente reactor.

Otras actividades, a lo largo del año, han consistido de reuniones de coordinación con el proveedor de tecnología incluyendo aspectos de seguridad en relación al diseño de la instalación y al equipamiento. En efecto, la seguridad es partícipe de todas las fases, desde el diseño hasta el desmantelamiento de las instalaciones. También, se puede mencionar una contribución al componente de organización de la seguridad que consiste de planes para la creación de una dirección dedicada exclusivamente a la seguridad y a la radioprotección. Y, finalmente, la participación en la revisión de la Ley Nuclear y elaboración de documentación para el trámite de licencia de construcción del componente ciclotrón

BENEFICIARIOS DE LA SEGURIDAD NUCLEAR

Los beneficiarios de la seguridad nuclear y radioprotección, en adelante simplemente Seguridad Nuclear, son básicamente tres grupos de personas:

- Trabajadores TOE de las instalaciones de peligro nuclear del CIDTN
- Trabajadores No TOE y población en general
- Población futura

La población incluye las comunidades locales, urbanas y rurales, la población nacional en su conjunto e incluso, la comunidad internacional, con proyección a poblaciones futuras, incluyendo, por tanto, sostenibilidad socio-ambiental.

aplicable para la observancia de la calidad y estándares aplicables. La certificación y calificación de las actividades nacionales en el ámbito nuclear serán evaluadas con base en esta normativa.

La autoridad reguladora del país es la encargada de hacer cumplir la Ley Nuclear que entre en vigencia. Particularmente se encarga de emitir y hacer cumplir requerimientos técnico-administrativos y legales vía licencias, auditorías e inspecciones que correspondan por ley. Esta Ley Nuclear se encuentra en fase de implementación y reflejará el interés del Estado Plurinacional de lograr un desarrollo equilibrado de tecnologías de vanguardia con innovación, pero también con acompañamiento de políticas de respeto a la Madre Tierra, el cuidado de la salud, Medio Ambiente y seguridad ocupacional y salud con búsqueda continua de la calidad y la excelencia en los servicios y productos que genere el CIDTN. El cumplimiento de la normativa prevé honrar compromisos, convenios, códigos de conducta, convenciones y tratados internacionales a los que el país ya está adscrito o tenga que estarlo de ahora en adelante particularmente cuando de seguridad se trata, incluyendo la radioprotección y la seguridad física.

LINEAMIENTOS GENERALES DE SEGURIDAD NUCLEAR

Se ha determinado como imprescindible que los futuros sistemas operativos y de gestión que realice la entidad operadora del CIDTN, se rijan por el concepto de Buenas Prácticas de Seguridad Nuclear y Radioprotección. En el estudio realizado se plantea la necesidad de sistemas tecnológicos y de gestión basados en la investigación y evaluación tecnológica y gestión transparente y prioritaria con planes de acción bien definidos, gestionando información y registros de dosis



- El CIDTN cumplirá con todos los requisitos exigidos por el Organismo Internacional de Energía Nuclear (OIEA).

ESTRATEGIA DEL PLAN DE SEGURIDAD

Se ha estudiado y coordinado con los diversos actores (IBTEN, proveedor de tecnología, OIEA, Ministerio de Energía) las modalidades de desarrollo de normativa

de radiación individual y ambiental, identificando oportunidades de mejora de las condiciones de operación e instituyendo procedimientos formales de operación para cumplimiento de requisitos legales promoviendo siempre la mejora continua de la gestión. No obstante, dicho emprendimiento no debe carecer de sensibilidad y desarrollo humano y social acorde con los preceptos del buen vivir y políticas sociales actuales.

Ya en la práctica, se prevé tomar en cuenta el criterio básico de radioprotección denominado Criterio ALARA por sus siglas en inglés: Tan Bajo Como Sea Posible Razonablemente. Y, se toman en cuenta los tres principios básicos de radioprotección: Justificación, Optimización y Limitación.

Por otra parte, acompañando el desarrollo de principios de radioprotección y seguridad tecnológica se induce el desarrollo de la cultura de seguridad, promoviendo Diálogos de Seguridad que estimulen el concepto de la prevención y la concientización sobre la actitud positiva que mostrará el personal hacia la seguridad nuclear.

PLAN DE MONITOREO DE PERSONAS Y DE LA INSTALACIÓN

Corresponde a la fase operativa de la instalación. El servicio nacional actual vigente en cuanto a dosimetría de personal, lo presta el IBTEN. En la dosimetría de áreas la mayoría de los sistemas serán implementados por el proveedor de tecnología. Estos y otros que se implementen según las necesidades y que consisten mayormente de detectores de radiación podrán ser calibrados en laboratorios también del IBTEN, la única entidad a nivel nacional que presta algunos servicios de



www.directindustry.es

Las instalaciones del CIDTN son amigables con el medio ambiente.

metrología y tiene contactos activos con laboratorios secundarios dosimétricos del exterior y del propio OIEA.

CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD NUCLEAR

Se ha observado parámetros de influencia bajo el criterio de la planificación estratégica y preventiva. Ninguna de las instalaciones del CIDTN emitirá gases de efecto invernadero. Por lo que la industria nuclear que se instale en el país favorecerá la reducción de los gases de efecto invernadero.

BALANCE SOCIAL Y PROYECCIÓN A FUTURO

Se ha estudiado el impacto positivo del desarrollo nuclear en la sociedad boliviana con la observación de que la reducción de la brecha tecnológica y científica regional constituye por sí sola el justificativo suficiente para el emprendimiento asumido. La cultura de seguridad tecnológica que impere en tal contexto permitirá al país otros emprendimientos futuros.

CENTROS INTEGRALES DE MEDICINA NUCLEAR Y RADIOTERAPIA

INTRODUCCIÓN

Actualmente Bolivia no cuenta con centros integrales especializados que comprendan técnicas actuales de medicina nuclear y radioterapia como ser PET/CT y Acelerador Lineal, donde los pacientes sean atendidos de una manera integral tanto en el área de diagnóstico como en el de tratamiento, para lo que se requiere de una infraestructura, equipamiento y personal especializado, esto otorga un futuro prometedor para el desarrollo de la Medicina Nuclear en nuestro País, lo que incidirá en forma directa en aliviar muchas necesidades de la población boliviana al poder contar con este tipo de recurso de alto avance tecnológico en salud.

La alta incidencia en patología oncológica con una alta mortalidad crea la urgente necesidad de poder efectuar o realizar un diagnóstico precoz, tratamiento y rehabilitación de aquellos pacientes que padecen estas enfermedades.

Los centros de Medicina Nuclear y Radioterapia, brindarán una respuesta a esa necesidad social para mejorar la calidad de vida en aquellos que cursan enfermedades neoplásicas.

Como antecedentes podemos mencionar que Bolivia cuenta con centros que brindan atención al público en el área de medicina nuclear (8 centros a nivel nacional), realizando estudios diagnósticos gamma gráficos con equipos y tecnología obsoleta, así, por ejemplo, los primeros equipos que llegaron al país en los años 60 (cámaras gamma de tipo estático), siguen en actual funcionamiento.

En la década de los 80, aparecieron en el país los equipos SPECT que realizan gammagrafías tomográficas, en tal sentido ha existido una mejora en el equipamiento de la especialidad de Medicina Nuclear en los departamentos de La Paz, Santa Cruz, Cochabamba, Chuquisaca y posteriormente Tarija, debido al alto costo de este tipo de equipamiento no se pudo mejorar a la nueva tecnología, razón por la que actualmente solo se realizan estudios planares y tomográficos en el país.

Por tanto, como parte de las políticas de acceso a la salud pública se tiene planificado la implementación del proyecto: Red de Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia para la incorporación y desarrollo de las aplicaciones pacíficas de la tecnología nuclear que permitirá dar soluciones de avanzada en diferentes campos de la medicina nuclear.



Americasmedicalcity.com.br

Bolivia tendrá una red de Centros de Medicina Nuclear.

En Bolivia, son pocos los servicios y centros de salud que desarrollan el tratamiento de neoplasias, no llegando abarcar la demanda ni la diversidad de patologías relacionadas con el cáncer. De este modo se puede citar el perfil epidemiológico en el Estado Plurinacional de Bolivia, con una incidencia de 4.615 casos nuevos de cáncer en mujeres por año y de 2.700 casos nuevos en varones (INE 2015 CIE 10 SNIS). El mayor porcentaje de incidencias en el caso de las mujeres es el cáncer de cuello uterino, seguido del cáncer de mama, de piel y vías biliares. Mientras que en el caso de los hombres la mayor frecuencia es para el cáncer de próstata, seguido del cáncer de pulmón, hueso y vejiga.

La Organización Mundial de la Salud OMS y la Unión Internacional Contra el Cáncer (UICC) (Año 2012) exhortaron a los gobiernos, instituciones y organismos internacionales a diseñar estrategias para revertir las tendencias epidemiológicas del cáncer y trabajar para ofrecer una mejor calidad de vida a los enfermos con cáncer. El gobierno del Presidente Evo Morales, enmarcado en la Agenda Patriótica 2020- 2025 y de los planes estratégicos de la ABEN, tiene planificado implementar el proyecto de construcción de tres (3) Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia en el país, en las ciudades de El Alto, La Paz y Santa Cruz.

En Bolivia, los departamentos de mayor densidad demográfica son Santa Cruz con 2.776.244 y La Paz 2.741.554 habitantes (INE 2012), lo que determina la implementación de equipos de alta tecnología nuclear como el PET/CT, teniendo en cuenta que las estadísticas aconsejan la instalación de este tipo de equipamiento cada 500.000,00 habitantes.

En el país operan cinco servicios de radioterapia. Dos en la ciudad de La Paz, uno

en Sucre, uno en Cochabamba y otro en Santa Cruz.

Según una estimación preliminar, de pacientes que usan el servicio de radioterapia se cuenta con el registro de alrededor de 600 tratamientos por departamento en el caso de La Paz y Santa Cruz, siendo los de mayor frecuencia respecto a las otras ciudades, seguidas de los departamentos de Cochabamba con 480 tratamientos de irradiación y Sucre con 360.

Durante el periodo 2011 – 2015, se registraron un total de 61.023 casos de cáncer en la población de sexo femenino siendo el más frecuente el Cáncer de Cervix representando un 22%; el cáncer de mama el 16% del total con tendencia ascendente con el transcurrir de los años.

Para el sexo masculino se registraron durante los periodos 2011-2016 un total de 32.259 siendo la variedad histológica más frecuente la de cáncer de próstata con un 16,5% del total. Corresponde hacer notar que una parte de estos pacientes viajan a países extranjeros (Argentina y Perú, Chile y otros) para acceder a estos servicios de última tecnología, pero que conlleva a incurrir en elevados costos que representa el tratamiento.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La tomografía de emisión de positrones más conocida como PET es una técnica de imagen tridimensional que proporciona información a nivel metabólico-bioquímico-molecular sobre el funcionamiento de distintos órganos y tejidos in vivo de forma no invasiva. Actualmente esta técnica ha revolucionado la metodología diagnóstica y se ha convertido en una técnica avanzada y precisa en oncología, neurología y cardiología.

Por este motivo se propone la creación de este proyecto, de envergadura na-

cional que son los centros integrales de Medicina Nuclear y Radioterapia que aparte del diagnóstico proporcione a la población una alternativa terapéutica a través de la Radioterapia para tener una incidencia resolutoria como es el tratamiento en aquellas personas con enfermedades neoplásicas. Además estos centros contemplan el desarrollo de la investigación y otras aplicaciones en ciencias de la salud, donde se fomentarán actividades de: diagnóstico exámenes clínicos de rutina a pacientes, investigación clínica a fin de evaluar el impacto en diversas patologías, Investigación biomédica con servicios a las empresas biotecnológicas y a la industria farmacéutica especialmente en la evaluación de nuevas drogas en investigación y desarrollo.

Instrumentación Básica

En el área de servicios clínicos, diagnósticos y terapéuticos, el equipamiento del que contarán los Centros Integrales de Medicina Nuclear y Radioterapia serán: Una cámara PET/CT de última generación con posicionamiento laser, con cristales de lutecio, y al ser un equipo híbrido contará con un tomógrafo multicorte de 64 cortes capaz de obtener imágenes en ambas modalidades dentro de un mismo procedimiento.

Una cámara híbrida SPECT/CT de doble cabezal con tomografía multicorte, de alta resolución con capacidad de reconstrucción de imágenes dinámicas en 3D con sistemas de autocontorno y sensores de colisión.

Un equipamiento para un cuarto caliente: activímetros, campanas blindadas de flujo laminar, blindajes y otros.

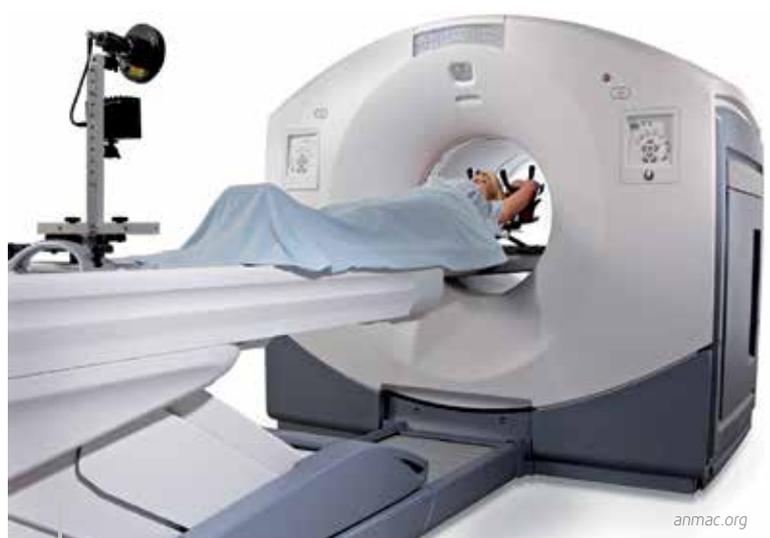
Asimismo, se tendrán dos Aceleradores Lineales con intensidad modulada y volumétrica, uno con capacidad de radiocirugía

estereotáxica, capaces de generar haces de fotones en el rango de 4 a 8 MeV y otro de 10 a 15 MeV con colimadores de ajuste independiente y sistemas de verificación de posicionamiento

Para Braquiterapia de alta dosis y la implementación de quimioterapia, se tendrán fuentes lineales selladas de alta actividad, con mecanismos precisos de posicionamiento con sistema de transferencia de fuentes de 18 canales. También se dispondrá de un Tomógrafo de planificación de radioterapia de tipo simulador multicorte.

APLICACIONES

Los servicios asistenciales que brindará cada Centro de Medicina Nuclear y Radioterapia tendrá las características de realizar un diagnóstico precoz para un buen tratamiento de los pacientes oncológicos mediante la Tomografía por Emisión de Positrones (PET/CT), Tomografía por Emisión de Fotón Único (SPECT/CT). Es de vital importancia para la planificación y estadificación de los tratamientos.



Equipo PET/CT.



• Imágenes de un paciente realizado por un equipo PET/CT.

Las aplicaciones de la Medicina Nuclear cubren un rango muy amplio de patologías que van desde las oncológicas, cardiológicas y neurológicas, hasta las pulmonares, hepáticas, infecciosas e inflamatorias, constituyéndose en algunos casos como la modalidad diagnóstica de referencia, y en muchos otros casos, como una modalidad complementaria de alto valor.

Oncología: Donde existe la mayor demanda y aplicación de estos estudios para la estadificación del cáncer mediante la determinación de la presencia de metastasis diseminadas en varias partes del cuerpo, localización de ganglio linfático, centinela antes de la cirugía particularmente en pacientes con cáncer de mama, planificación y evaluación del tratamiento ya sea quimioterapéutico, quirúrgico o radioterapéutico, detección

oportuna de recurrencias, detección de tumores poco comunes en órganos blandos como el páncreas y las glándulas adrenales.

Cardiología: Isquemia y visualización del flujo sanguíneo y el funcionamiento del corazón, perfusión miocárdica, detección de enfermedades de las arterias coronarias y la extensión de la estenosis coronaria, evaluación del daño en el corazón luego de un infarto cardíaco, viabilidad miocárdica y evaluación de opciones de tratamiento, tales como la cirugía de bypass del corazón, stents y la angioplastia, evaluación de los resultados de los procedimientos de revascularización del corazón trasplantado y evaluación de la función cardíaca antes y después de la quimioterapia a través del estudio de pool cardiovascular multigatillado (MUGA).

Neurología y Psiquiatría: Diagnóstico de enfermedades neurodegenerativas, estudios de flujo sanguíneo cerebral, evaluación global de la perfusión cerebral en cuadros vasculares, evaluación de cuadros de demencia. Por Alzheimer, enfermedad de Huntington, Parkinson, evaluación y localización de focos epilépticos, diagnóstico de muerte cerebral. Los estudios con neurotransmisores incluyen enfermedades cerebrovasculares, trauma cerebral, demencia y depresión, abuso de drogas, traumatismo cráneo-encefálico y tumores cerebrales, estudios de control de válvulas en líquido raquídeo.

Todas estas aplicaciones contribuirán a brindar una asistencia de calidad a todos aquellos pacientes que requieren de esta tecnología, mejorando la calidad de vida de nuestra población usuaria.

De acuerdo a las necesidades del proyecto, al presente se evidencia una escasez de especialistas, médicos y no

médicos que puedan cubrir las necesidades de un Centro de Medicina Nuclear y Radioterapia; además, se debe destacar la necesidad de formación de especialistas en el área.

En tal sentido, la planificación programada y sistemática de la capacitación de recursos humanos a nivel de especialidades o postgrado debe empezar desde las fases iniciales del proyecto, toda vez que son procesos que llevan tiempo hasta que se cuente con este personal, no solo con los conocimientos teóricos necesarios, sino con la experiencia práctica que solo se adquiere en instalaciones que están en operación en otros países de la región.

Se debe destacar también que en los países donde se ha desarrollado la tecnología nuclear, ya cuentan con programas de capacitación y enseñanza de las ciencias y tecnología nuclear desarrollados por las universidades, institutos nucleares y centros de investigación nuclear.



● Acelerador lineal



**DIRECCIÓN DE
OBRAS**

ESTUDIOS PRELIMINARES DE INGENIERIA

En fecha 3 de agosto de 2016 se firmó el contrato N° 77-435/1623700 para los Estudios Preliminares de Ingeniería del Sitio de la construcción del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear en la ciudad de El Alto departamento de La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia entre la empresa Atomstroyexport S.A. y la Agencia Boliviana de Energía Nuclear, el contrato finalizó en fecha 30 de octubre de 2017.

El objetivo es el evaluar la idoneidad del Sitio elegido para el emplazamiento del Centro tomando en cuenta los procesos, fenómenos y factores de origen natural que influyen en la seguridad del complejo.

ESTUDIOS REALIZADOS (GEOLÓGICOS, MEDIOAMBIENTALES, SISMICOS, ETC.) QUE ANTECEDEN A LA CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO.

Estudios preliminares del Sitio e Ingeniería. Comprenden el trabajo realizado en campo, laboratorio y gabinete.

Estudios realizados en campo

Ingeniería de estudios geodésico.

Comprende levantamiento topográfico y puntos georeferenciados.

Seis (6) excavaciones a cielo abierto (calicatas) a la profundidad de 10 metros

para realizar el análisis y descripción litológica de los estratos existentes.

Se realizaron ensayos de suelo y placas para determinar la capacidad portante del suelo donde no hubo desfase de la estructura en los ensayos llegando a verificar que el suelo es estable.

Ingeniería de estudios geológicos

Perforación de 24 pozos de exploración para realizar análisis de laboratorio y litología de suelos hasta una profundidad de 70 metros.

Ingeniería de estudios hidrogeológicos

Perforación de 11 pozos hidrogeológicos para análisis de agua donde se determinó el PH y la temperatura en el sitio.

Ingeniería de estudios sísmicos.

Para este se realizó el método de refracción sísmica y el perfil vertical sísmico utilizando los códigos exigidos por la OIEA para obras nucleares.

Estudios realizados en laboratorio

Se realizaron estudios de Densidad de suelos, Granulometría, Peso Específico, Clasificación de suelos Placas para determinar capacidad Portante, Límites de Atterberg.

Estudios realizados en gabinete

Se presentan los 10 informes finales comprende 9 libros de los estudios realizados y un informe sintetizado de todo el estudio.

RESULTADOS

De los estudios de campo, laboratorio y de los trabajos realizados en gabinete se concluye que el terreno es apto para la construcción y el emplazamiento del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear - CIDTN.

GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL (PERMISOS Y FICHAS AMBIENTALES, Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS) REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO

Licencia ambiental para estudios preliminares de ingenierías

Se realizaron los Estudios Preliminares de Ingeniería para verificar si el sitio para el emplazamiento del CIDTN es adecuado; sin embargo, previo a la realización de dichos trabajos, se elaboró la Ficha Ambiental para los Estudios Preliminares de Ingeniería obteniendo el Certificado de Dispensación 020105/13/CD - 4/N° 7586/16 Categoría 4 en fecha 23 de Noviembre del 2016.

MONITOREO AMBIENTAL

Para el cumplimiento de la normativa ambiental y en base a lo declarado en la Ficha Ambiental de los EPI, la ABEN entre los meses de febrero y marzo de 2017 realizó a través de la Empresa "Étnica" el monitoreo de aire y ruido en el sitio de emplazamiento del CIDTN.



• Perforación con dos equipos DELTA 520-525



• Monitoreo de Ruido



• Monitoreo de Partículas en Suspensión



• Se realizaron mediciones de fondo de radiación natural.



• Se realizaron Estudios Previos de Ingeniería.

Evaluados los resultados del monitoreo efectuado, los mismos se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica, por lo que no existen impactos ambientales significantes o que superen los límites establecidos en la Ley 1333, tanto en las mediciones sin actividad o con actividad de calcatas.

MONITOREO RADIOLÓGICO

En el terreno donde se construirá el CIDTN, a través de la empresa NOSTER TEC Servicios Tecnológicos, en el mes de diciembre del 2016 se efectuaron mediciones de fondo de radiación natural, utilizando para ello medidores de radiación portátil.

Los datos registrados promedio de radiación muestran resultados bajos con un promedio de 0.08 [$\mu\text{Sv/h}$], mismos que son atribuibles a la radiación solar.

MISIÓN DE EXPERTOS DE LA OIEA

En fechas 13 al 17 de marzo de 2017, se organizó conjuntamente con personal de la OIEA y la ABEN, un taller denominado "Línea Base Radiológica Ambiental", cuyos objetivos fueron: Asesorar a la ABEN para la realización de la Línea de Base Radiológica Ambiental y en el diseño de Infraestructura de Vigilancia Radiológica Ambiental mediante una Red en Tiempo Real en Bolivia.

Del taller participaron personal técnico de las instancias ambientales de EPSAS, MMAyA, IBTEN, ABEN, entre otras. Los resultados principales fueron: La ABEN en calidad de promotor de la actividad es la instancia encargada de la realización de todas las investigaciones pre-operacionales necesarias planificando y ejecutando

un programa de monitoreo de línea de base radiológica, mientras que es responsabilidad del organismo regulador establecer los requisitos técnicos para el desarrollo del monitoreo ambiental.

LÍNEA BASE AMBIENTAL

En fecha 20 de septiembre de 2017, se realizó la contratación mediante Convocatoria Pública a la empresa NATBIO S.R.L. para la realización de la consultoría: “Elaboración de la Línea Base Ambiental del Área de Influencia del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear”. En dicha consultoría se realizaron estudios ambientales que determinan las condiciones iniciales del sitio en el que se emplazará el CIDTN y del área circundante a 15 km.

El alcance de la indicada consultoría fue la Identificación y definición de puntos de muestreo y evaluación para los diferentes factores ambientales abióticos, bióticos y socioeconómicos a partir de metodologías validadas; Toma de muestras en los puntos identificados y análisis en laboratorio para los factores aire, agua, suelos y sedimentos, según corresponda; Obtención de información sobre flora, fauna, paisaje, aspectos socioeconómicos y la sistematización, evaluación e interpretación de resultados obtenidos.

LÍNEA BASE RADIOLÓGICA AMBIENTAL

Debido a que en Bolivia no se cuenta con laboratorios que realicen el análisis del contenido de radionúclidos en el medio ambiente y siendo que es de suma importancia contar con una Línea Base Radiológica Ambiental antes de



• Toma de muestras para análisis de suelos



• Profesionales rusos inspeccionando el terreno donde se emplazará el CIDTN.



• Se realizaron estudios medio ambientales.



• Maquinaria realizando la limpieza del terreno.



• Estructuras que fueron retiradas del terreno ubicado en la zona de Parcopata de la ciudad de El Alto.



• Se realizaron excavaciones profundas para análisis de aguas subterráneas.

la implementación del CIDTN, a la fecha se encuentra en proceso la contratación de un laboratorio del exterior para que efectúe el Monitoreo Radiológico Ambiental en el Área de Influencia del CIDTN.

ESTUDIOS DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

En fecha 19 de septiembre de 2017, fue suscrito el Contrato de Ingeniería, Adquisición y Construcción del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN), entre la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN) y la Sociedad Anónima "Instituto Especializado Estatal de Diseño" (GSPI S.A.).

Para el resguardo del predio donde se emplazará el CIDTN se elaboró el Proyecto de "CONSTRUCCIÓN DE MURO PERIMETRAL, ILUMINACIÓN Y SISTEMA DE SEGURIDAD TERRENO DE PARCOPATA DISTRITO N° 8 - EL ALTO"

Coordenadas geográficas del Sitio: 16°35'34.17" latitud sur, 68°12'53.89" longitud occidental.

La altitud sobre el nivel del mar es de 3928 m.

Como actividad previa al inicio de obras civiles en la construcción del CIDTN, la ABEN inició los trabajos de retiro y limpieza de las estructuras metálicas en el terreno de Parcopata.



8

**DIRECCIÓN
JURÍDICA**

8.1

AVANCES NORMATIVOS



- Equipo de profesionales que realizaron las negociaciones internacionales.

El Estado Boliviano, mediante la Agencia Boliviana de Energía Nuclear, viene desarrollando un marco legal necesario para acompañar los proyectos previstos en el Programa Nuclear Boliviano, aprobado mediante Decreto Supremo N°2654 de 20 de enero de 2016, que declara de carácter estratégico y de prioridad nacional la ejecución e implementación del Programa Nuclear Boliviano en todas sus etapas, componentes y aplicaciones.

En este sentido, es importante destacar y reconocer el aporte que hace la ABEN mediante la Dirección de Asuntos Jurídicos, para viabilizar normativamente la implementación de los proyectos estratégicos del sector nuclear, como ser el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear y la Red de Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia, entre los más significativos.

ANTECEDENTES

Decreto Ley N° 19172 de 29 de septiembre de 1972.

Aprueba la Ley de Seguridad y Protección Radiológica.

Decreto Supremo N° 19583 de 3 de junio de 1983.

Crea el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear – IBTEN.

Decreto Supremo N° 24483 de 29 de enero de 1997.

Aprueba la reglamentación de la Ley de Protección y Seguridad Radiológica.

PDES 2016-2020

El Plan de Desarrollo Económico Social, en el marco de la Agenda 2025, establece impulsar los Centros de Investigación y los Centros de Medicina Nuclear.

“Se han desarrollado innovaciones para mejorar la productividad y conservación, e inocuidad alimentaria y potencial nutritivo de alimentos y especies para la vida con tecnología nuclear”. Pag. 133.

“Se ha implementado y se ha puesto en operación el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear”. “Se ha realizado un estudio

de identificación de alternativas de otras aplicaciones en tecnología nuclear, para fines pacíficos". Se ha instalado 1 Centro de Medicina Nuclear". Pag. 149.

"Realizar la construcción de la Ciudadela Nuclear, en la cual se construirá una Planta de Irradiación Gamma, el Centro Nacional Ciclotrón y el Reactor Nuclear de Investigación, Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear con fines médicos y de seguridad alimentaria". Pag. 154.

NORMATIVA VINCULADA AL SECTOR NUCLEAR

Constitución Política del Estado de 07 de febrero de 2009

La Constitución Política del Estado establece las condiciones propicias para promover el desarrollo de las aplicaciones nucleares en beneficio de la población boliviana. En tal sentido se resaltan los siguientes artículos:

- Parágrafo I del Artículo 103: "El Estado garantizará el desarrollo de la ciencia y la investigación científica, técnica y tecnológica en beneficio del interés general. Se destinarán los recursos necesarios y se creará el sistema estatal de ciencia y tecnología".
- Parágrafo I del Artículo 344: "Se prohíbe la fabricación y uso de armas químicas, biológicas y nucleares en el territorio boliviano, así como la internación, tránsito y depósito de residuos nucleares y desechos tóxicos."
- Parágrafo I del Artículo 378: "Las diferentes formas de energía y sus fuentes constituyen un recurso estratégico, su acceso es un derecho fundamental y esencial para el desarrollo integral y social del país, y se regirá por los principios de eficiencia, continuidad, adaptabilidad y preservación del medio ambiente."
- Parágrafo I del Artículo 379: "El Estado desarrollará y promoverá la investigación y el uso de nuevas formas de producción de energías

alternativas, compatibles con la conservación del ambiente."

Ley N° 650 de 15 de enero de 2015 - Agenda Patriótica del Bicentenario 2025

La Agenda Patriótica establece como pilares de la Bolivia Digna y Soberana, la soberanía científica y tecnológica con identidad propia; soberanía alimentaria y; salud para la formación de un ser humano integral, entre algunos de los pilares que la tecnología nuclear contribuirá significativamente para beneficio de la población boliviana.

Decreto Supremo N° 2654 de 20 de enero de 2016.

Declara de carácter estratégico y de prioridad nacional la ejecución e implementación del Programa Nuclear Boliviano - PNB en todas sus etapas, componentes y aplicaciones, debiendo el nivel central del Estado, las entidades territoriales autónomas y las instituciones privadas, prestar el apoyo necesario para su desarrollo.

Decreto Supremo N°2697 de 9 de marzo de 2016

Creación de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear - ABEN, como institución pública descentralizada, con personalidad jurídica y patrimonio propio, con autonomía de gestión administrativa, técnica, legal, económica y financiera, de duración indefinida y bajo tuición del Ministerio de Hidrocarburos y Energía (Actual Ministerio de Energías), con el objeto de desarrollar, suministrar y comercializar bienes y servicios de tecnología nuclear con fines pacíficos.

Decreto Supremo N°3058 de fecha 22 de enero de 2017, complementado por el Decreto Supremo N° 3070 de 01 de febrero de 2017.

Creación del Ministerio de Energías, estableciendo como una de sus atribuciones, proponer e implementar políticas y programas para el desarrollo de la investigación y aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos en todos aquellos sectores que requieran su utilización.

8.2

ACUERDOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES

Acuerdo de Cooperación en los usos pacíficos de la Energía Nuclear entre los Gobiernos de Argentina y Bolivia de fecha 26 de marzo de 2015. Tiene por objeto la promoción, desarrollo de infraestructura y consolidación institucional en el campo del uso pacífico de la energía nuclear entre ambos gobiernos.

Memorándum de Entendimiento entre el entonces Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas de Bolivia (VMEEA) y la Comisión Nacional de Energía Atómica de la Argentina (CNEA), de 27 de marzo de 2015. Tiene por objeto fortalecer, facilitar y ampliar las oportunidades de colaboración científica y académica en materia de usos pacíficos de la energía nuclear para el beneficio mutuo de ambos países, principalmente en lo concerniente al desarrollo de un reactor nuclear de investigación y las aplicaciones nucleares en la salud.

Convenio entre la Autoridad Regulatoria Nuclear de la Argentina (ARN) y el entonces Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia (MHE) de fecha 15 de julio de 2015. Tiene por objeto el desarrollo de la regulación el área de la seguridad radiológica y nuclear, las salvaguardas y la protección y seguridad física.

Memorándum de Entendimiento entre el Ministerio de Hidrocarburos y Energía del Estado Plurinacional

de Bolivia y la Corporación Estatal de Energía Atómica Rosatom, sobre la cooperación relativa a la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos, de fecha 08 de octubre de 2015, que tiene por objeto la organización de cooperación bilateral en las áreas relacionadas con el uso de la energía nuclear con fines pacíficos.

Memorándum de Entendimiento para la implementación de acciones conjuntas para la aplicación de la Tecnología Nuclear entre los Ministerios de Salud, Hidrocarburos y Energía del Estado Plurinacional de Bolivia y el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios y la Comisión Nacional de Energía Atómica de la República de Argentina, de fecha 20 de octubre de 2015. Tiene por objeto poner en ejecución la cooperación Boliviano - Argentina en materia y usos pacíficos de la tecnología nuclear.

Convenio entre el entonces Ministerio de Hidrocarburos y Energías, el Ministerio de Salud de Bolivia y la Comisión Nacional de Energía Atómica, de fecha 14 de noviembre de 2015, que tiene por objeto la Implementación de Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia en Bolivia con la asistencia de la República Argentina.



• Profesionales bolivianos y rusos en plena negociación.

Ley N° 787 de 28 de marzo de 2016.-

Ratifica el Acuerdo entre el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia y el Gobierno de la Federación de Rusia sobre la cooperación en el campo del uso pacífico de la energía nuclear, suscrito en la ciudad de El Alto en fecha 06 de marzo de 2016.

Ley N° 788 de 28 de marzo de 2016

Ratifica el Acuerdo entre el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia y el Gobierno de la Federación de Rusia sobre la cooperación en la construcción del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear en el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia, suscrito en la Ciudad de El Alto en fecha 06 de marzo de 2016.

Memorándum de Entendimiento entre el Ministerio de Hidrocarburos y Energía del Estado Plurinacional de Bolivia y la Corporación Estatal

de Energía Atómica Rosatom, respecto a la preparación y capacitación del personal en el campo del uso de la energía nuclear y en las esferas conexas, de fecha 08 de julio de 2016, que tiene por objeto la colaboración en la preparación y capacitación del personal en el campo del uso de la energía nuclear y en las esferas conexas.

Memorándum de Entendimiento entre la Corporación Estatal de Energía Atómica Rosatom y el Ministerio de Hidrocarburos y Energía del Estado Plurinacional de Bolivia, sobre la cooperación en el campo de la aceptación pública del uso pacífico de la energía nuclear, de fecha 08 de julio de 2016, que expresa el interés en la organización de cooperación bilateral para la preparación y realización en el marco del proyecto de construcción del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear.

8.3

GESTIÓN JURÍDICA

En el marco de la gestión jurídica que desarrolla la ABEN por intermedio de la Dirección de Asuntos Jurídicos, se efectuaron contrataciones nacionales e internacionales, conforme lo siguiente:

CUADRO N°1 CONTRATACIONES GESTIÓN 2017

TIPO DE CONTRATO	CANTIDAD
Contratos de índole administrativo	167
Contratos modificatorios	31
TOTAL	198

Del total de los Contratos suscritos, la ABEN efectuó contrataciones internacio-



• La Dirección de Asuntos Jurídicos, efectuaron contrataciones nacionales e internacionales

nales de gran envergadura, conforme la siguiente tabla:

CUADRO N°2 CONTRATOS INTERNACIONALES

SUSCRITOS EN LA GESTIÓN 2017

N°	CANTIDAD
1.	Contrato de ingeniería, adquisición y construcción del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear en el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia, suscrito entre la Agencia Boliviana de Energía Nuclear y State Specialized Design Institute (GSPI) en fecha 19 de septiembre de 2017.
2.	Contrato administrativo de prestación de servicios de consultoría especializada en el extranjero entre la ABEN y la Empresa IQ Medical Services LLC de fecha 11 de julio de 2017.
3	Contrato Administrativo de Prestación de Servicios de Consultoría Especializada en el Extranjero IDOM Consulting Engineering Architecture de fecha 11 de julio de 2017.

Asimismo, es importante señalar que en fecha 22 de noviembre de 2017, se suscribió el Contrato Administrativo para el retiro y limpieza de las estructuras metálicas en el terreno de Parcopata, donde se implementará el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (Empresa PICAM).

Por otro lado, en fecha 29 de diciembre de 2017, se suscribió el Contrato para la Construcción del Muro Perimetral, Iluminación y Sistema de Seguridad del Terreno de Parcopata.

La Dirección de Asuntos Jurídicos, precautelando la correcta implementación de los proyectos previstos para el sector nuclear, ha efectuado la gestión normativa en el tratamiento de Leyes, Decretos Supremos y Resoluciones, conforme a lo expresado a continuación:

CUADRO N°3 GESTIÓN DE NORMATIVA EN MATERIA NUCLEAR PROPIACIADA POR LA ABEN

NORMAS PROMULGADAS		
TIPO DE NORMA	OBJETO	
Ley N°1003 de fecha 12 de diciembre de 2017	Asigna la competencia de tecnología nuclear con fines pacíficos al Nivel Central del Estado y establece las condiciones para la construcción de infraestructura e implementación del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear.	
Decreto Supremo N°3429 de 13 de diciembre de 2017	Ampliar el alcance del Decreto Supremo N°3178 de fecha 10 de mayo de 2017, otorgando becas de estudio de pre y post grado en el área nuclear.	
NORMATIVA EN GESTIÓN		
TIPO DE NORMA	OBJETO	SITUACIÓN
Ley (PL-440/2017-2018)	Aprueba la transferencia de un bien inmueble del Banco Central de Bolivia en favor de la ABEN	Se aprobó en la Cámara de Diputados y actualmente se encuentra en la Cámara de Senadores.
Ley	Aprueba la transferencia de terreno del municipio de Santa Cruz en favor de la ABEN para la construcción del Centro de Medicina Nuclear.	En gestión ante los órganos deliberativos de los GAM.
Ley	Aprueba transferencia de terreno del municipio de La Paz en favor de la ABEN para la construcción del Centro de Medicina Nuclear	En gestión ante los órganos deliberativos de los GAM.
Decreto Supremo	Reglamenta la Ley N°1003, para establecer las condiciones de las Cartas de Crédito a ser emitidas por el Banco Central de Bolivia.	En coordinación interinstitucional

Asimismo, la Dirección de Asuntos Jurídicos, efectuó el análisis legal de propuestas normativas sujetas a conocimiento de la ABEN, entre las que se mencionan el Proyecto de Ley Radiológica Nuclear y el Proyecto de Decreto Supremo de creación de la Autoridad de Fiscalización y Control de Energía Nuclear, ambas en actual coordinación interinstitucional con las entidades intervinientes.

Finalmente, dentro de la elaboración de la normativa propia de la ABEN, se elaboraron noventa y dos (92) Resoluciones Administrativas, dentro de las que se encuentra la aprobación de la estructura organizacional de la ABEN y cuadro de equivalencia. Asimismo se elaboraron ciento un (101) Informes Legales que dieron respaldo normativo a múltiples procesos de la ABEN.

Respecto a la Reglamentación Interna, se aprobaron las siguientes normativas:

- Reglamento interno de Pasajes y Viáticos
- Reglamento interno de Administración de Fondos en Avance con Cargo a Rendición de Cuentas
- Código de Ética de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear
- Reglamento Interno de Transparencia

En este sentido, la Dirección General de Asuntos Jurídicos promovió 395 documentos legales, conforme al siguiente detalle:

CUADRO N°4 DOCUMENTACIÓN GENERADA EN LA DAJ

TIPO DE DOCUMENTACIÓN GENERADA	CANTIDAD
Resoluciones Administrativas	92
Reglamentos Internos	4
Informes Legales	101
Contratos de índole administrativo	167
Contratos modificatorios	31
TOTAL	395



- La Dirección de Asuntos Jurídicos, ha efectuado la gestión normativa en el tratamiento de Leyes, Decretos Supremos y Resoluciones para el sector nuclear.

9

**UNIDAD DE
PLANIFICACIÓN**

9

UNIDAD DE PLANIFICACIÓN



- La Unidad de Planificación realizó un taller de Actualización del Plan Estratégico Institucional 2016-2020.

PLAN ESTRATEGICO INSTITUCIONAL 2016 – 2020

El Plan Estratégico Institucional 2016-2020 aprobado mediante R.A. 051/16 de fecha 14 de octubre de 2016, requiere actualización conforme al Plan Sectorial aprobado; por consiguiente, el mismo fue ajustado en función a los lineamientos establecidos en la Ley N° 777 (Sistema de Planificación Integral del Estado)

La ABEN actualizó su Plan Estratégico Institucional, en concordancia con lo establecido por el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES), el Plan Sectorial

de Desarrollo Integral (PSDI) de Energía y el Programa Nuclear Boliviano (PNB), lo que permite alcanzar las metas para el Sector Nuclear y contribuir al óptimo cumplimiento de los pilares de la Agenda Patriótica 2025, para el vivir bien de todos los bolivianos.

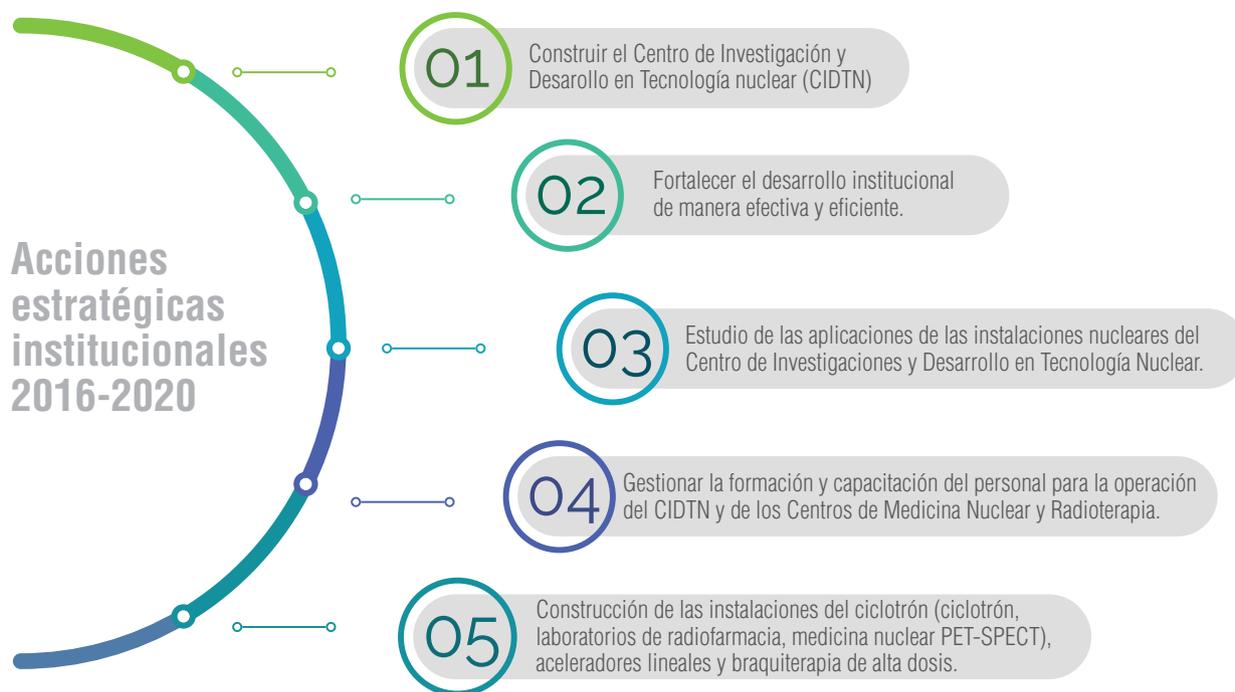
Con la finalidad de generar compromiso e involucramiento del personal de la ABEN, en fecha 28 y 29 de octubre de 2017, se ha realizado el taller “Actualización del Plan Estratégico Institucional 2016-2020” en las instalaciones del Hotel Oberland.

Sobre la base de los resultados alcanzados en el referido taller se ha coordinado, con

el Ministerio de Energías, la modificación en la matriz de pilar meta y resultado del PSDI, se ha elaborado el documento del PEI actualizado 2016 – 2020 que fue aprobado en fecha 14 de noviembre de 2017 mediante R.A. 074/17, el mismo fue remitido al Ministerio de Energías cabeza de sector, para los fines consiguientes que señala la Ley N° 777 (Sistema de Planificación Integral del Estado).

ACCIONES ESTRATÉGICAS INSTITUCIONALES

Las acciones estratégicas establecidas en el Plan Estratégico Institucional, que guiará el accionar de la Institución en el quinquenio 2016 – 2020, están orientadas a lograr los resultados establecidos en el Plan Sectorial de Desarrollo Integral (PSDI), en el PDES y el PNB y son las siguientes:



ACTIVIDADES

Se coordinó con la Dirección de Aplicaciones de la Tecnología Nuclear la elaboración del informe de condiciones previas, términos de referencia para la inscripción del presupuesto de inversión pública del

proyecto "Implementación de Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia en las ciudades de Santa Cruz, La Paz y El Alto" en el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE).

Se cumplió con lo establecido en el reglamento básico de preinversión y se inscribió el presupuesto para la gestión 2017 del proyecto “Implementación de Centros de Medicina Nuclear y Radioterapia en las ciudades de El Alto, La Paz y Santa Cruz”.

En fecha 15 de agosto de 2017, se desarrolló un taller interno en las instalaciones de la ABEN, para otorgar los lineamientos normativos para la formulación del POA – 2018 a Directores, Jefes de Unidad y Responsables de la ABEN

Así también se coordinó con las Direcciones y Unidades la formulación del POA – 2018, se revisó, consolidó y gestionó la aprobación del POA – 2018, el cual

fue aprobado mediante R.A. 051/2017 de fecha 06 de septiembre de 2017.

En coordinación con las Direcciones y Unidades se realizó la Programación del Presupuesto de Inversión para la gestión 2018 y se gestionó la inscripción del mismo en el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo.

En cumplimiento a la normativa vigente mediante el SISIN WEB, se realizó el seguimiento físico y financiero mensual de los proyectos de inversión que viene ejecutando la ABEN.

Se elaboró el presupuesto plurianual 2016 – 2020 en el módulo de planificación en el SIGEP



● Personal de la ABEN en pleno taller de Actualización del Plan Estratégico Institucional 2016-2020”.

10

**UNIDAD DE
COMUNICACIÓN**



- La Unidad de Comunicación salió a las calles para dar a conocer los alcances y beneficios de la tecnología nuclear.

La Unidad de Comunicación, de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear, realizó un arduo trabajo de socialización en distintas ciudades del país, con mayor énfasis en la ciudad de El Alto, con el objetivo de facilitar información a la población sobre los alcances y beneficios que traerá la aplicación de la tecnología nuclear, en este caso con la construcción del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear.

El proceso de socialización consistió en la ejecución de talleres, charlas, macro eventos de información, seminarios, instalación de puntos de información en mercados, plazas y ferias zonales donde existen masivas concentraciones de gente. Así también, como

institución se participó en ferias departamentales, nacionales e internacionales.

Para complementar la socialización se utilizaron diferentes herramientas comunicacionales de apoyo como por ejemplo el periódico "Bolivia Nuclear" N°1, afiches almanaques, cartillas informativas y una variedad de materiales souvenirs que sirvieron de recuerdo para los participantes que fueron niñas, niños, estudiantes de colegio, universitarios, vecinos, comerciantes, dirigentes y población en general.

La característica de este proceso fue la transmisión de los mensajes de manera personal y grupal, lo que desembocó en una fluidez

comunicacional abierta entre el facilitador y el receptor.

En este proceso comunicacional se pudo advertir, que del 100%, el 99 % de las

personas que recibieron información sobre la temática nuclear estuvieron conformes y aceptaron que el centro nuclear sea construido en la ciudad de El Alto.



• Estudiantes bachilleres, del Distrito 8 de la ciudad de El Alto, conocen las ventajas de la tecnología nuclear.



• Dirigentes de la Federación de Trabajadores Campesinos Tupac Katari de La Paz, escuchan la explicación realizada por Hortensia Jiménez, Directora Ejecutiva de la ABEN.

CUADROS DE SISTEMATIZACIÓN

PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DEL CIDTN EN EL ALTO Julio - Diciembre

Octubre

FECHA	ZONA	PÚBLICO OBJETIVO	MATERIALES UTILIZADOS
16-07-17	Mercado Campesino Zona Santa Rosa - El Alto	150 Dirigentes e integrantes de la Federación Única de Trabajadores Campesinos Tupak Katari y la Federación Departamental de Mujeres Campesinas Indígenas Originarias Bartolina Sisa de La Paz	Cartillas Bolígrafos y otros materiales adicionales.
TOTAL		150 personas	

Noviembre

FECHA	ZONA	PÚBLICO OBJETIVO	MATERIALES UTILIZADOS
110/11/2017	Villa Tejada Triangular	500 personas - población en general	Cartillas informativas, afiches calendario y gorras.
11/11/2017	Zona Atipiris (campo deportivo y colegios)	1800 personas - población en general	Globo inflable, cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N° 1, afiches calendarios, gorras y bolsas biodegradables.
12/11/2017	Feria 16 de julio	4000 personas - población en general	Cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N°1 y afiches calendarios.
13/11/2017	Zona Santa Rosa	1500 personas población en general	Globo inflable, periódico Bolivia Nuclear N° 1, afiches calendario y cartillas informativas.

FECHA	ZONA	PÚBLICO OBJETIVO	MATERIALES UTILIZADOS
14/11/2017	Villa Cooperativa	800 personas - población en general	Globo inflable, cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N°1 y afiches calendario.
15/11/2017	Ex tranca Río Seco	800 personas - población en general	Cartillas informativas, periódicos Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario y souvenirs.
16/11/2017	Feria 16 de julio	2000 personas - población en general	Cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario y souvenirs.
17/11/2017	Ciudad Satélite y Villa Bolívar A	Aproximadamente 1000 personas - población en general	Globo inflable, Personaje inflable institucional, banderolas, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario y souvenirs.
18/11/2017	Zona Franz Tamayo	1200 personas - población en general	Globo inflable, personaje inflable institucional, cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario y souvenir.
19/11/2017	Feria 16 de julio	4000 población en general	Cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario y souvenirs.
20/11/2017	Villa Exaltación 1ra, 2da y 3ra Sección	1500 población en general	Globo inflable, personaje inflable institucional, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario, cartillas informativas y souvenirs.
21/11/2017	Zona Nuevos Horizontes I y III	1200 población en general	Globo inflable, personaje inflable institucional, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario, cartillas informativas y souvenirs.
22/11/2017	Zona Senkata 79	2500 personas (estudiantes, profesores y padres de familia)	Globo inflable, personajes inflables institucionales, banderolas, banners, afiches calendario, periódico Bolivia Nuclear N°1, gorras, bolígrafos, flash memory, bolsas biodegradables.
23/11/2017	Feria 16 de julio	2000 personas población en general	Cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario y souvenirs.

FECHA	ZONA	PÚBLICO OBJETIVO	MATERIALES UTILIZADOS
24/11/2017	Villa Tunari 1ra, 2da, 3ra y 4ta Sección	1800 personas población en general	Periódico Bolivia Nuclear N° 1, afiches calendario, cartillas informativas y souvenirs.
25/11/2017	Zona Santiago II	1200 personas población en general	Globo inflable, personaje inflable institucional, periódico Bolivia Nuclear N° 1, afiches calendario, cartillas informativas y souvenirs.
26/11/2017	Feria 16 de julio	4000 personas población en general	Cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario y souvenirs.
27/11/2017	Zona Las Retamas	1000 personas población en general	Globo inflable, personaje inflable institucional, periódico Bolivia Nuclear N° 1, afiches calendario, cartillas informativas y souvenirs.
28/11/2017	Zona Alto Lima	800 personas población en general	Globo inflable, personaje inflable institucional, periódico Bolivia Nuclear N° 1, afiches calendario, cartillas informativas y souvenirs.
30/11/2017	Feria 16 de julio	2000 personas población en general	Cartillas informativas, periódico Bolivia Nuclear N°1, afiches calendario y souvenirs.
TOTAL		35.900 personas	

Diciembre

FECHA	ZONA	PÚBLICO OBJETIVO	MATERIALES UTILIZADOS
05-12-17	Avenida 6 de Marzo en inmediaciones de la FEJUVE	3000 personas entre dirigentes de la FEJUVE de El Alto y población en general	Cartillas Bolígrafos Bolivia Nuclear N°1 Gorras Bolsas ecológicas Portalápices Afiche calendario y souvenirs
06-12-17	Terminal Interprovincial de El Alto Teleférico Rojo, Zona 16 de Julio	4000 personas, población en general	Cartillas Bolsas ecológicas Bolivia Nuclear N°1 Gorras Portalápices Afiche calendario y souvenirs.

FECHA	ZONA	PÚBLICO OBJETIVO	MATERIALES UTILIZADOS
07-12-17	Zona 16 de Julio	2000 personas - población en general	Cartillas Bolsas ecológicas Bolivia Nuclear N°1 Gorras, Portalápices Afiche calendario y souvenirs.
12-12-17	Teleférico amarillo, Zona Sopocachi	2000 personas - población en general	Afiche calendario
13-12-17	Teleférico rojo, Zona Pura Pura	2000 personas, población en general	Afiche calendario
19-12-2017	El Alto - Rio Seco	3500 personas	Afiche calendario
20-12-2017	Teleférico rojo, Zona Pura Pura	1500 personas	Afiche calendario
21-12-2017	El Alto Ceja y Zona 16 de julio	4500 personas	Afiche calendario
23-12-17	Zona Parcopata	2000 niños y padres de familia	Cartillas Bolígrafos Bolivia Nuclear N°1 Gorras especiales Bolsas ecológicas Portalápices Afiche calendario Función de títeres con temática del Centro Nuclear Payasos Grinch y Papa Noel Juguetes Chocolatada Revista infantil: Chispa Atómica y otros materiales souvenirs.
TOTAL		27.500 personas	

CUADRO DE SUMA TOTAL A NIVEL NACIONAL

FECHA	CIUDAD	PÚBLICO OBJETIVO	MATERIALES UTILIZADOS
11-07-17 LA PAZ	La Paz En el auditorio principal del Banco Central socialización a jóvenes de la Confederación Sindical de Comunidades Interculturales y Originarias de Bolivia.	500 Jóvenes líderes interculturales de Bolivia	Mochilas Bolígrafos Cuadernos
15-07-17 LA PAZ	La Paz Plaza San Francisco Feria de discapacitados	2000 discapacitados y público en general	Bolsas Cartillas Gorras y otros materiales souvenirs.
Del 27-30 ORURO	ORURO - FIMEN Feria Internacional Energía y Medio Ambiente IV Versión.	3000 personas	Gorras Tomatodo Cuadernos Cartillas Sopa de letras Bolígrafos Bolsas Calendarios de pared.
Del 05 al 09 COCHABAMBA	COCHABAMBA Barrios y plazas alrededor de la Feria de la integridad Parque La Torre Plaza de Las Flores.	2000 personas	Juegos interactivos Tomatodo Bolígrafos Cartillas informativas Gorras Paletas abanicos
Del 18 al 20-10-17 SANTA CRUZ	SANTA CRUZ Feria EXPO - ALADI en el Campo Ferial.	2000 asistentes	Juegos interactivos Tomatodo Bolígrafos Cartillas informativas Gorras Paletas abanicos
TOTAL		9.500 Personas	

CUADRO TOTAL DE SOCIALIZACIÓN EN EL DISTRITO 8 - EL ALTO

SECTOR SOCIAL	TOTAL POR SECTOR SOCIAL
Estudiantes de secundaria en el coliseo	2500 personas
Senkata 79	4000 personas
Poblacion en general	500 personas
TOTAL	7.000 Personas

CUADRO SUMATORIA EL ALTO + DISTRITO 8

EL ALTO	+	DISTRITO 8
63.550	+	7.000
TOTAL		70. 550 Personas

CUADRO TOTAL POR SECTORES SOCIALES A NIVEL NACIONAL

SECTOR SOCIAL	CANTIDAD DE PERSONAS
UNIVERSITARIOS	150
DIRIGENTES A NIVEL NACIONAL	700
ESTUDIANTES DE SECUNDARIA	4500
TOTAL	64.700 personas

CUADRO DE SUMA TOTAL NACIONAL DE JULIO A NOVIEMBRE

FECHA	LUGAR DE SOCIALIZACIÓN	CANTIDAD DE PERSONAS SOCIALIZADAS	MATERIALES UTILIZADOS
De julio a noviembre	Zona 6 de Marzo en inmediaciones de la FEJUVE	Nacional 9500	Banderolas Personaje inflable Periódico Bolivia Nuclear Afiches calendarios 2018 Cartillas informativas
		El Alto 70.550	Gorras Bolígrafos Cuadernos Flash memory y otros materiales souvenirs.
TOTAL		80.050 personas	



Diversos sectores de la población boliviana recibieron información de las ventajas que traerá la aplicación de la tecnología nuclear.

11

**UNIDAD DE
TRANSPARENCIA**

11

UNIDAD DE TRANSPARENCIA Y LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN



- Hortensia Jiménez, Directora General Ejecutiva de la ABEN, inaugura el “Taller Marco Normativo y la Nueva Ética de la Servidora y Servidor Público” a cargo de personal de la Dirección General del Servicio Civil del Ministerio de Trabajo.

La Unidad de Transparencia y Lucha contra la Corrupción de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN), en estricto cumplimiento al mandato legal estipulado en la Constitución Política del Estado, Ley de Unidades de Transparencia y Lucha contra la Corrupción, Política Nacional de Transparencia y Lucha contra la Corrupción, y en ejercicio del Pilar 11 *“Soberanía y Transparencia en la gestión pública, bajo los principios de no robar, no mentir y no ser flojo”*, expresado en la Agenda Patriótica del Bicentenario (APB-2025), ejerció sus funciones con eficacia, eficiencia, calidez, responsabilidad y resultados los cuales se detallan a continuación.

La lucha contra la corrupción, no sólo consiste en la represión de las conductas que dañan los intereses y recursos públicos, sino también en la aplicación de políticas de transparencia y prevención que busquen principalmente el restablecimiento de los principios y valores, que privilegien el correcto y debido desempeño del servicio público y la protección de los bienes y patrimonio del Estado Plurinacional de Bolivia.

Bajo ese contexto, se elaboró el Código de Ética institucional, instrumento normativo que recupera los principios y valores ético morales, con el objetivo que la ética Pú-

blica basada en el Vivir Bien, se constituya en la filosofía de vida adoptada por todas las personas que prestan sus servicios en la Agencia Boliviana de Energía Nuclear y reflejen el “*Servir Bien para Vivir Bien*”.

Este instrumento normativo, fue debidamente compatibilizado por el Viceministerio de Empleo, Servicio Civil y Cooperativas, dependiente del Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión Social, a través de la Resolución Administrativa N° 021/2017 de fecha 06 de noviembre de 2017.

La prevención como medida para eliminar la corrupción, a través de la coordinación interinstitucional, se manifestó a través de la realización del “*Taller Marco Normativo y la Nueva Ética de la Servidora y Servidor Público*”, a cargo de personal de la Dirección General del Servicio Civil, quienes en instalaciones de la ABEN, el 13/10/2017, realizaron exposiciones reflexivas, referidas al servicio público que debe proporcionar esta institución pública, en beneficio de la población.

La labor preventiva en la comisión de actos de corrupción, a cargo de la Unidad de Transparencia y Lucha contra la Corrupción, se desarrolló también en los procesos de contratación, a través de la participación en calidad de veedora, en la apertura de sobres de los proponentes.

El acceso a la información pública, que refleja el manejo de los recursos públicos

asignados a la Agencia Boliviana de Energía Nuclear, fue desarrollado a través de la actualización de la página web institucional y del portal web del Ministerio de Justicia y Transparencia Institucional; instrumentos tecnológicos que coadyuvan al ejercicio del control social.

Por otra parte, a partir de la promulgación de la Ley N° 974, “*Ley de Unidades de Transparencia y Lucha contra la Corrupción*”, de fecha 04 de septiembre de 2017, empezó a correr el plazo de noventa días hábiles, para la elaboración de los Reglamentos internos de las Unidades de Transparencia y Lucha contra la Corrupción, normativa interna que en la presente gestión fue proyectada, cumpliendo así el mandato legal, asignado a esta Unidad.



Personal de la ABEN, durante la explicación que brindan personeros del Ministerio de Trabajo, en un taller organizado por Transparencia.

12

**UNIDAD DE
AUDITORÍA INTERNA**

Siguiendo los lineamientos establecidos por la Contraloría General del Estado, la Unidad de Auditoría Interna de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear, realizó acciones para el fortalecimiento del control interno promoviendo el acatamiento de las normas legales, tal como se describe a continuación:

- Auditoría de Confiabilidad de los registros y estados financieros de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear al 31 de diciembre de 2016.
- Verificación sobre la veracidad del grado de cumplimiento del objetivo de gestión institucional de mayor ponderación, declarado por la Máxima Autoridad Ejecutiva.
- Relevamiento de Información Específica respecto a la "Formulación del Plan Estratégico Institucional, en el marco de lo establecido en la Ley N° 777 y disposiciones reglamentarias".
- Relevamiento de Información Específica sobre la implementación del procedimiento específico de los datos liquidados en las planillas salariales y los registros individuales de cada servidor público.
- Revisión anual del Cumplimiento del Procedimiento del Cumplimiento Oportuno de la Declaración Jurada de Bienes y Rentas de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear.
- Relevamiento de Información General a efectos de tomar conocimiento de las áreas o procesos críticos en la Agencia Boliviana de Energía Nuclear.

Asimismo, se realizan diferentes actividades independientes de asesoramiento a las diferentes Direcciones y Unidades, a fin de agregar valor y mejorar las operaciones de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear.



18

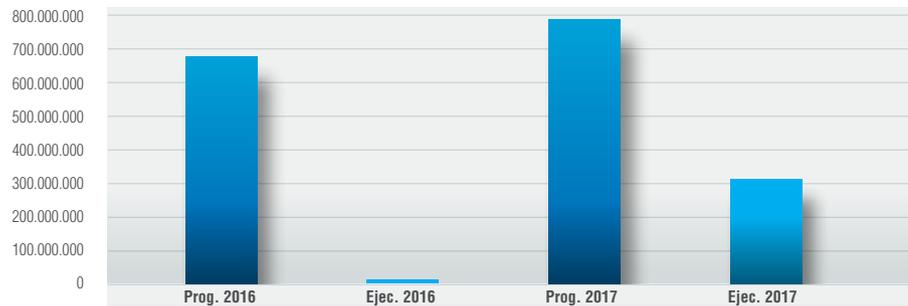
**DIRECCIÓN
ADMINISTRATIVA
FINANCIERA**

La Agencia Boliviana de Energía Nuclear durante la Gestión 2017 alcanzó una ejecución total de Bs 319.356.954,76 (Trescientos diecinueve millones trescientos cincuenta y seis mil novecientos cincuenta y cuatro 76/100), misma que representa un porcentaje de ejecución del 40% respecto al presupuesto total aprobado.

Resultado de las gestiones realizadas por la Directora General Ejecutiva de la ABEN, Hortensia Jiménez Rivera, con el impulso a la firma de Contratos. La ejecución presupuestaria de la gestión 2017 fue considerablemente superior respecto a lo ejecutado en la gestión 2016 tal como lo muestra el gráfico:

**Ejecución presupuestaria
Gasto corriente - Inversión
Gestión 2016 vs. 2017
(Expresado en Bolivianos)**

	2016		2017	
	Prog. 2016	Ejec. 2016	Prog. 2017	Ejec. 2017
PROGRAMADO/EJECUTADO	684.335.987	14.164.742	794.141.621	319.356.955
% EJECUCION		2,1%		40%



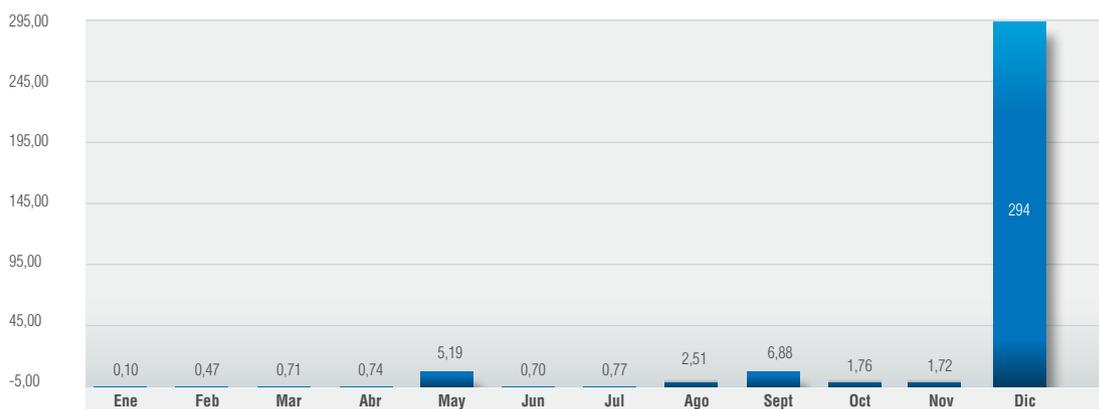
Durante los meses de Enero a Noviembre de la gestión 2017, el promedio de ejecución mensual fue del 0,2% y solo en el mes de Septiembre se logra superar a 2,2%. Es así que la suscripción del Con-

trato principal para la construcción del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear ha permitido, en el mes de Diciembre de 2017, realizar una ejecución del 93,2%:

Agencia Boliviana de Energía Nuclear Comportamiento de la Ejecución Mensual (Expresado en Millones de Bolivianos)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Ejecución	0,10	0,47	0,71	0,74	5,19	0,70	0,77	2,51	6,88	1,76%	1,72	294,00
% Participación	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	1,6%	0,2%	0,2%	0,8%	2,2%	0,6%	0,5%	93,2%

Ejecución Presupuestaria Mensual Gestión 2017 (Expresado en Millones de Bolivianos)



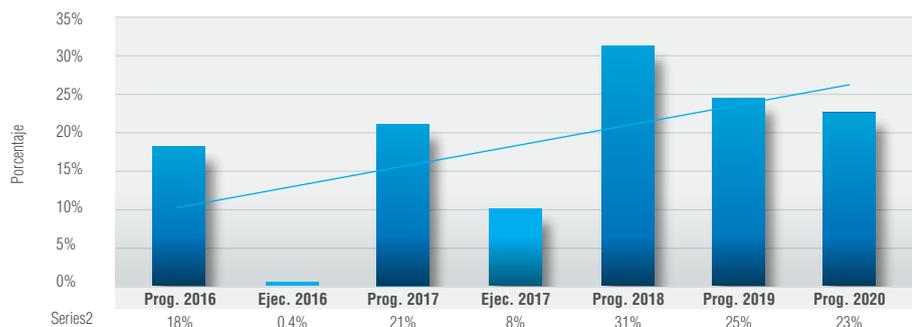
Sobre la base de la planificación operativa y financiera, la Dirección Administrativa Financiera proyectó la Programación Plurianual, donde podemos observar que

los primeros dos años (2018-2019) las inversiones serán las más altas, respecto al total del Presupuesto Plurianual 2016 – 2020.

Presupuesto Plurianual de Gastos Gasto Corriente - Inversión (Expresado en Bolivianos)

	2016		2017		2018	2019	2020	TOTAL PPA 2016-2020
	Prog. 2016	Ejec. 2016	Prog. 2017	Ejec. 2017	Prog. 2018	Prog. 2019	Prog. 2020	
Total recursos	684.335.987	14.164.742	794.141.621	319.356.955	1.197.859.985	937.628.144	868.012.072	3.826.928.081
% Programación	18%	0,4%	21%	8%	31%	25%	23%	

Programación Plurianual 2016-2020





Agencia
Boliviana de
Energía
Nuclear

Edificio Torre Soleil
Calle Jaime Mendoza N°.987
esq. Presidente Peñaranda - Calacoto
Teléfono: 2127178 • 2127160
www.aben.gob.bo



/abeninforma



@aben_informa