

INGENIERÍA NUCLEAR CON ORIENTACIÓN EN APLICACIONES: FORMACIÓN DE GRADO PARA UNA TECNOLOGÍA CONSOLIDADA EN EL PAÍS

Vizcaino, P.¹, Ramos, R.² y Aizcorbe, J.¹, Lerner A. M.¹, Notari, C.¹.

¹ Comisión Nacional de Energía Atómica – Gerencia de Área de Aplicaciones de la Tecnología Nuclear – Instituto Dan Beninson, Argentina

² Universidad Nacional de San Martín – Instituto Dan Beninson, Argentina

RESUMEN

Desde su creación en 1950, la Comisión Nacional de Energía Atómica inició un camino de desarrollo de los múltiples aspectos de la tecnología nuclear y sus aplicaciones con fines pacíficos. Se desarrollaron capacidades en áreas como metalurgia, procesos de producción de uranio, diseño y fabricación de combustibles nucleares e ingeniería de reactores y plantas nucleares. El Instituto de Tecnología Nuclear Dan Beninson (IDB) nació en 2006, dedicado a la formación de recursos humanos mediante el dictado de carreras y cursos orientados a la formación en el área de las Aplicaciones Nucleares, a nivel de pregrado y postgrado y en agosto de 2015 se inició la Ingeniería Nuclear con orientación en Aplicaciones (INA), completando el ciclo académico. La INA presenta un programa de capacitación de alto nivel, y su título está avalado por la Universidad Nacional de San Martín. La carrera ofrece a los estudiantes una formación especializada en áreas relacionadas con aplicaciones de las radiaciones y materiales radiactivos o de uso nuclear. Hasta la creación de la INA, no existía en Argentina una propuesta equivalente. La formación de los alumnos es sólida desde su inicio, y se orienta en dos grandes áreas que son la impronta de la carrera: la radioquímica, cuyas materias desembocan en aplicaciones biológicas, médicas, de materiales y producción de isótopos y radiaciones; y reactores, en la cual la formación incluye la física de reactores y aspectos como el diseño de instalaciones nucleares con diversos fines. La carrera cuenta con un sistema de becas para completar su ciclo superior, accesible aprobando un examen de admisión. El plantel docente del IDB se desempeña en los principales espacios científicos y tecnológicos relacionados con las aplicaciones nucleares en nuestro país.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la creación de la Comisión Nacional de Energía Atómica en 1950, primer organismo dedicado a la energía atómica, nuestro país ha recorrido un largo camino en el desarrollo de las diversas facetas de la tecnología nuclear y sus aplicaciones con fines pacíficos.

Se desarrollaron, así, diversas tecnologías, relacionadas con la producción de energía, con la de producción de radioisótopos, la ingeniería de diseño y construcción de reactores de investigación y, a lo largo de las décadas transcurridas, la diversidad de

1 E-mail del primer autor: vizcaino@cae.cnea.gov.ar

aplicaciones asociadas a la actividad nuclear: la producción de radioisótopos y la aplicación de las radiaciones en marcos tan diversos como la industria, el agro, la geología y la medicina y ciencias de la salud.

Asimismo se desarrollaron las capacidades más importantes de América Latina en áreas como la metalurgia y las aleaciones especiales, los procesos de producción de uranio, el diseño y fabricación de combustibles nucleares, la ingeniería de reactores y de plantas nucleares.

En este amplio marco de la tecnología nuclear y sus aplicaciones, y a la vez específico si consideramos el marco tecnológico general, nace en 2006 el Instituto Dan Beninson. El Instituto se ha dedicado desde su creación a la formación de recursos humanos con el dictado de carreras y cursos como son la Tecnicatura Universitaria en Aplicaciones Nucleares (pre-grado), la Especialización en Radioquímica y Aplicaciones Nucleares (pos-grado), la Especialización en Reactores Nucleares y su Ciclo de Combustible (pos-grado), la Especialización en Física de la Radioterapia (pos-grado) y el Doctorado en Tecnología Nuclear (pos-grado). Todos ellos enfocados a diferentes niveles a la formación y profundización del conocimiento de las Aplicaciones Nucleares.

Transitando en el mismo sentido, en agosto de 2015 se abrió una carrera de grado, la Ingeniería Nuclear con orientación en Aplicaciones, en adelante INA. Esta carrera brinda la formación de grado necesaria que completa el ciclo académico que el Instituto se ha trazado como objetivo importante.

2. DESCRIPCIÓN DE LA CARRERA

La INA presenta un programa de capacitación de alto nivel [1], con un título universitario avalado por el Instituto de Tecnología Nuclear Dan Beninson y la Universidad de San Martín, y ofrece a los estudiantes la oportunidad única de obtener una formación especializada con salida laboral las principales áreas que de un modo u otro están relacionadas con las aplicaciones de las radiaciones y los materiales radiactivos o de uso nuclear.

Hasta la creación de la INA no existía en nuestro país una oferta académica equivalente para los jóvenes aspirantes a un título de grado con esta orientación [2]. Esta oferta es asimismo de interés para postulantes de otros países de Latinoamérica. El Instituto ha recibido alumnos de Chile, Perú, Colombia, Costa Rica, Bolivia, Ecuador y Venezuela en las diversas actividades académicas, lo que muestra el interés regional por el tema nuclear y la formación académica ofrecida en particular.

La primera cohorte comenzó el cursado en julio de 2015. En julio de este año hizo lo propio la tercera, y se espera que el primer grupo obtenga el título en junio de 2018.

La formación dada a los alumnos tiene el rasgo distintivo de una sólida formación en ciencias básicas, indispensables para todas las ingenierías en general y suficientemente amplia para garantizar una rápida adaptación del graduado a la diversidad de las aplicaciones nucleares. Es así que los alumnos comienzan el ciclo superior de la carrera formándose en disciplinas básicas como la biología, química orgánica, mecánica clásica y física nuclear, para luego ir orientándose a las dos ramas que abarcan el conocimiento

que impartimos y son la impronta de la carrera: el área de la radioquímica, cuyas materias finalmente desembocan en las aplicaciones biológicas, a la salud, a los materiales y a la producción de isótopos y radiaciones; y el área de reactores, en la cual los alumnos se forman en la física de los reactores, esto es, en la neutrónica y termohidráulica de los mismos, así como en el diseño de instalaciones nucleares con los diversos fines que incumben a estas aplicaciones.

Es algo a destacar que la carrera cuenta con un sistema de becas otorgadas por CNEA para completar su ciclo superior, el cual es accesible aprobando un examen de admisión. El monto de las mismas es suficiente para la manutención del estudiante por todo ese período. Si bien el ciclo básico de la INA se cursa en UNSAM, alumnos con el ciclo básico completo de otras ingenierías, licenciatura en Física o Química y carreras afines, provengan de UNSAM o de otras universidades reconocidas pueden presentarse a dicho examen para optar por la beca y obtener finalmente el título de Ingenieros Nucleares con orientación en Aplicaciones otorgado por el Instituto Beninson, como de hecho ocurre con alumnos de nuestras actuales cohortes.

Cabe agregar que el Instituto cuenta con un sólido plantel docente de especialistas, científicos y/o tecnólogos, que se desempeñan en CNEA, en CONICET, en el Instituto Ángel Roffo y en el Hospital de Clínicas, espacios en los cuales se nuclea la mayoría de las actividades científicas y tecnológicas relacionadas con las aplicaciones nucleares.

3. LA ORIENTACIÓN EN APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA NUCLEAR: EL CICLO SUPERIOR DE LA CARRERA

La INA tiene dos líneas que caracterizan el perfil del egresado. Por una parte la orientación clásica de ingeniería nuclear que se desarrolla en materias fundamentales como *Termohidráulica*, en la que se desenvuelven las temáticas de mecánica de los fluidos y transferencia de calor en simple y doble fase, tópicos fundamentales en el funcionamiento de un reactor nuclear de potencia, y *Aplicaciones Industriales I*, en la cual se aborda el reactor nuclear, sus componentes internos (Figura 1), reflectores y los conceptos fundamentales de operación: estado estacionario, reactividad, criticidad, cinética, control de reactores y principios de diseño.



Figura 1. Intercambiador de calor del reactor CAREM listo para su traslado a complejo nuclear en Lima, Provincia de Buenos Aires (izq.). Inspección visual de tubos de presión para el reactor de la Central Nuclear de Embalse (der.)

Se abordan también tópicos del ciclo de combustible nuclear, tipos de combustibles (Figura 2), el comportamiento bajo irradiación de los materiales, los estudios de pos irradiación, el estudio de los sistemas y procesos de seguridad, los accidentes y la generación nucleoelectrónica.

En la misma línea la materia *Diseño de Instalaciones Nucleares* aborda temas como los diferentes tipos de instalaciones nucleares, reactores de producción de radioisótopos, plantas de producción de radioisótopos, celdas de producción, criterios de diseño, blindajes y normas regulatorias.

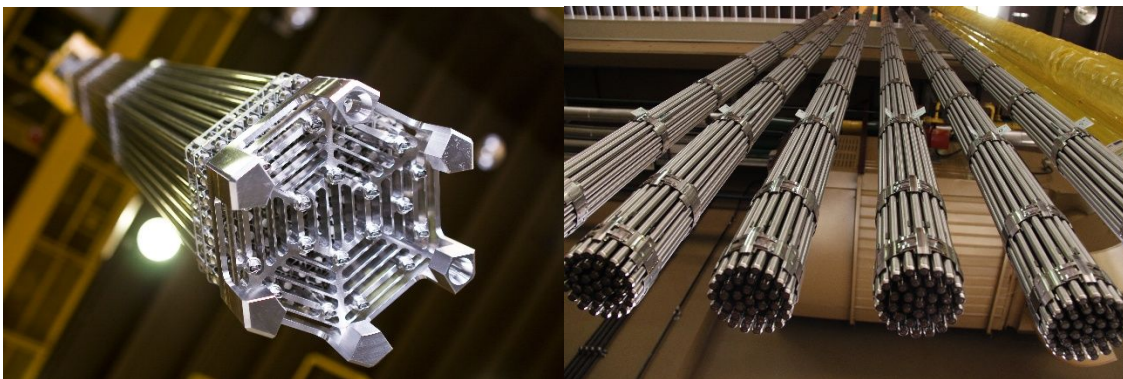


Figura 2. Detalle del combustible para el reactor CAREM (izq.) y del combustible Atucha (der.)

Dentro de las plantas de irradiación se estudian los irradiadores y se realizan estimaciones del módulo de la instalación e inventario radiactivo. Se abordan los parámetros característicos de un accidente y criterios de prevención. Por otra parte la materia *Instrumentación y Control* incorpora el conocimiento de los sistemas de control que requieren las instalaciones nucleares. Las materias citadas forman el hilo conductor de la línea troncal **reactores** dentro de la carrera.

Una segunda línea de asignaturas, no tan frecuente aún en las carreras de ingeniería nuclear que se dictan en las universidades del mundo, comienza a desarrollarse en la carrera con el curso de *Radioquímica* en el sexto cuatrimestre, y a partir de la cual se abre el extenso abanico de las **aplicaciones de la tecnología nuclear**.

En esta línea se expresa en las materias *Aplicaciones Industriales II*, que recorre las aplicaciones biológicas, agropecuarias y el desarrollo de materiales orgánicos para implantes médicos. La variedad de aplicaciones en estas áreas es muy grande. A modo de ejemplo, pueden mencionarse las siguientes: irradiación con fotones o neutrones para el desarrollo de especies de cultivos más resistentes a las plagas o las condiciones climáticas, el control de insectos mediante la técnica del insecto estéril para reducir la pérdida de cosechas, el monitoreo de los recursos hídricos y la irradiación de alimentos con dosis controladas de radiación gamma (Figura 3).



Figura 3. La irradiación con dosis controladas de alimentos permite extender su vida útil conservando sus propiedades, así como también utilizarlos en ambientes hospitalarios, donde es necesario controlar la cantidad de agentes patógenos, durante la internación de pacientes inmunodeprimidos. Foto extraída de [3]

Posteriormente, el curso de *Aplicaciones Médicas* forma a los alumnos en todo el espectro de las técnicas de diagnóstico y tratamiento que involucra las radiaciones ionizantes.

En lo que refiere al diagnóstico, se estudian los sistemas de formación de imágenes de medicina nuclear de uso más extendido, los procedimientos médicos, las variables y parámetros involucrados y el aporte de este tipo de estudios al diagnóstico de muy diversas patologías (Figura 4).

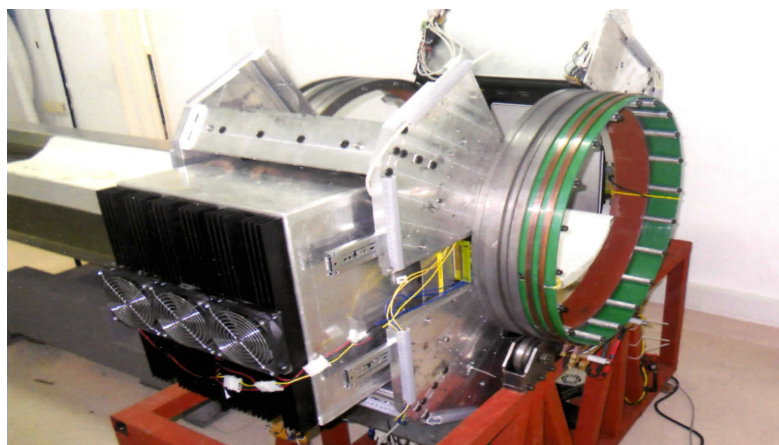


Figura 4. Sistemas de imágenes de Medicina Nuclear. En la foto, el primer tomógrafo por emisión de positrones desarrollado en Argentina, en la Comisión Nacional de Energía Atómica

También se tratan las distintas estrategias, equipamiento y procedimientos para el uso de las radiaciones ionizantes, especialmente las de origen nuclear, en el ámbito de la radioterapia, especialmente para el tratamiento de diversos tipos de cáncer (Figura 5).



Figura 5. Uso terapéutico de las radiaciones ionizantes. En la foto, un equipo de cobaltoterapia diseñado por INVAP, la unidad Teradi 800, para el tratamiento de tumores sólidos, extraída de [4]

Al cursar *Radiofarmacia*, los alumnos se forman en la especialidad que da sustento a estas ramas de la medicina, incluyendo temas como la síntesis y marcación de radiofármacos y su control de calidad, farmacología, farmacocinética y metabolismo de radiofármacos, tanto para uso diagnóstico como terapéutico. Finalmente cierra el tema de las aplicaciones nucleares el curso de *Producción de Radioisótopos*, que aporta al estudiante los conocimientos que dan sustento a la generación de fuentes de radiación utilizadas en toda esta diversidad de aplicaciones.

Adicionalmente, la carrera da una formación sólida en temas relacionados con la seguridad nuclear, la protección radiológica, la correcta y segura gestión de los residuos radiactivos que se generan en toda esta diversidad de aplicaciones, así como también en las técnicas que forman al futuro ingeniero nuclear en las mediciones de radiaciones que resultan de las transformaciones nucleares que ocurren en las fuentes de radiación, los radiofármacos y por supuesto, en los reactores.

4. CONCLUSIONES

A modo de conclusión, podemos decir que la carrera de Ingeniería Nuclear con Orientación en sus Aplicaciones, ofrecida por el Instituto Dan Beninson, constituye una propuesta innovadora, que brinda una formación de grado muy completa en el campo de las crecientes aplicaciones de la tecnología nuclear. La formación de profesionales en dicho campo es fundamental para continuar el desarrollo de estas áreas en nuestro país y nuestra región, y seguir siendo referentes regionales y mundiales en aplicaciones

pacíficas de la tecnología nuclear.

5. REFERENCIAS

1. Plan de estudios de Ingeniería Nuclear con Orientación en Aplicaciones. Resolución Ministerial RM-1323/17. 21 de marzo de 2017.
2. Acreditaciones de CONEAU a las carreras del Instituto Beninson.
<https://ibeninson.cnea.edu.ar/ibeninson/?q=node/58>
3. “Presentación del Plan de Irradiación de alimentos”. www.cnea.gov.ar
4. “Equipos de radioterapia”. <http://www.invap.com.ar/es/tics-y-servicios-tecnologicos/productos-y-servicios-sistemas-medicos/equipos-de-radioterapia.html>