

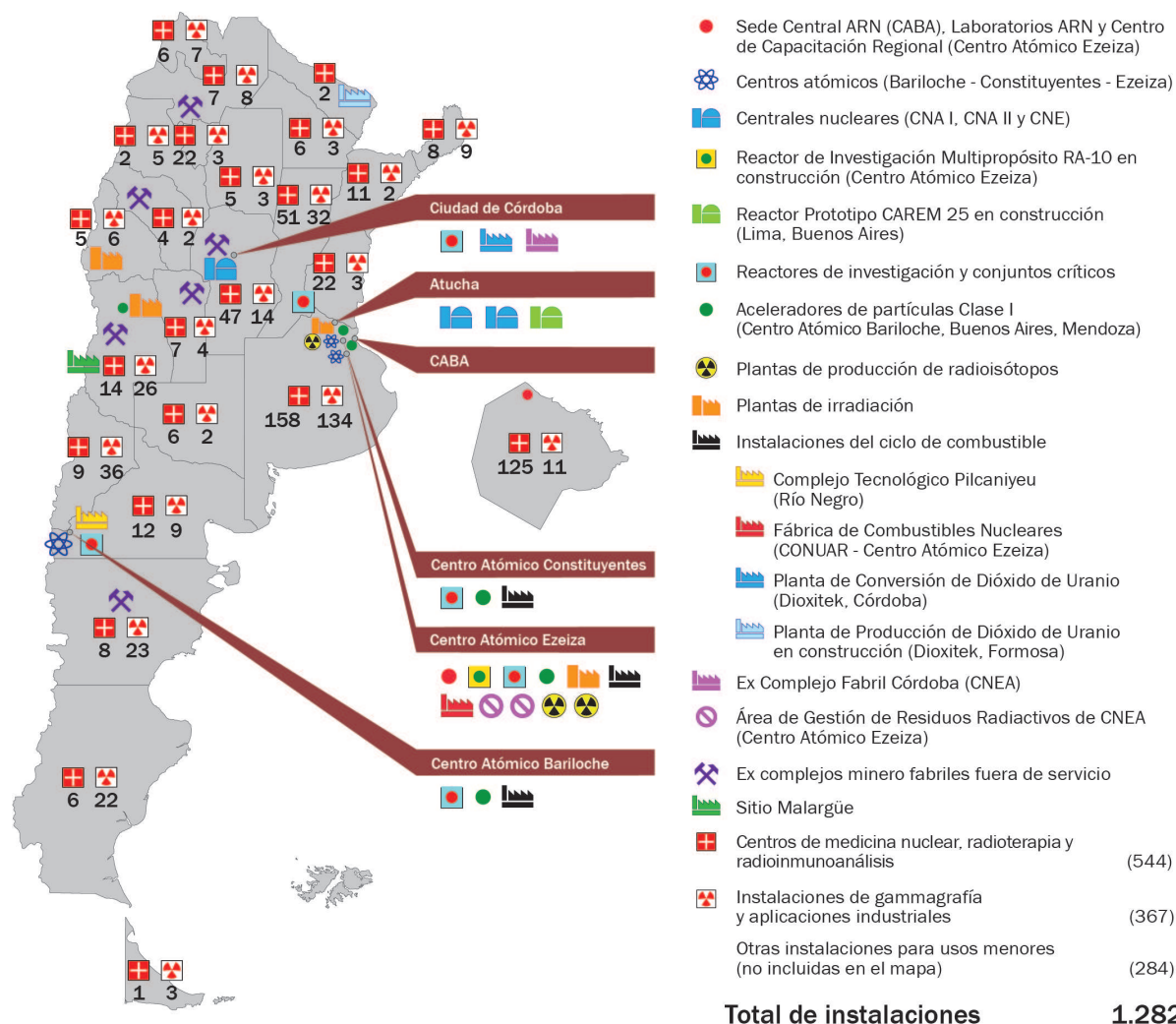
# Seguridad radiológica y nuclear

La Autoridad Reguladora Nuclear es el organismo nacional argentino dedicado a la regulación y fiscalización en áreas de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y no proliferación, y protección y seguridad física, que tiene como misión sostener un nivel apropiado de la protección de las personas, el ambiente y las futuras generaciones de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

**Las instalaciones y prácticas con materiales nucleares y radiactivos tienen diversos propósitos** que van desde la generación de energía eléctrica, la fabri-

cación de elementos combustibles para reactores nucleares, la producción de radiofármacos y de fuentes selladas, la esterilización de material médico y la aplicación de las radiaciones ionizantes en industria, medicina, agro e investigación y docencia. Estas instalaciones y prácticas resultan muy diferentes entre sí en cuanto a su magnitud y su complejidad, y **tienen una distribución geográfica que abarca a todo el país**. La ARN ejerce el control regulatorio sobre las instalaciones autorizadas, aplicando un enfoque graduado en función de los riesgos asociados a las mismas.

## ► Principales instalaciones bajo control regulatorio 2020



## ► Instalaciones bajo control regulatorio durante 2020

Tipo de instalación	Cantidad
Centrales nucleares en operación	3
Central nuclear en construcción (Reactor Prototipo CAREM 25)	1
Reactor de Investigación Multipropósito RA-10 en construcción	1
Reactores de investigación y conjuntos críticos (*) (**)	5
Conjuntos críticos en retiro de servicio	1
Aceleradores de partículas Clase I	14
Plantas de producción de radioisótopos o fuentes radiactivas	3
Plantas de irradiación con altas dosis	4
Instalaciones pertenecientes al ciclo de combustible nuclear	43
Área de gestión de residuos radiactivos de la CNEA	4
Ex Complejos minero fabriles fuera de servicio	6
Sitio Malargüe (***)	1
Ex Complejo Fabril Córdoba	1
Centros de radioterapia	169
Centros de medicina nuclear	304
Centros de radioinmunoanálisis	71
Instalaciones de gammagrafía	70
Aplicaciones industriales	297
Otros usos	284
<b>Total</b>	<b>1.282</b>

(\*) En febrero de 2020, la ARN emitió la extensión de la vigencia de la Licencia de Operación del Reactor Nuclear RA-6.

(\*\*) En diciembre de 2020, la ARN emitió la Resolución con la extensión de la vigencia de la Licencia de Operación del Reactor Nuclear RA-0.

(\*\*\*) Bajo control regulatorio porque se encuentra incluido en el Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental.

La responsabilidad por la seguridad de una instalación nuclear o radiactiva recae en la **Entidad Responsable** (persona humana o jurídica a la que la ARN le ha otorgado una o varias licencias, registros o autorizaciones de práctica no rutinaria). En función del riesgo asociado, la Entidad Responsable debe asumir la responsabilidad por los aspectos de seguridad en todas las etapas de la vida de la instalación, es decir, el diseño, la construcción, la puesta en marcha, la operación, el retiro de servicio y el desmantelamiento, según corresponda. También deben atenderse los aspectos de seguridad durante el mantenimiento, la revisión y la modificación de una instalación dada.

Las actividades regulatorias llevadas a cabo por la ARN para controlar las instalaciones consisten en el análisis de documentación sobre aspectos de diseño y operación, y en la verificación del cumplimiento de requisitos normativos y de las condiciones de la licencia correspondiente, a través de inspecciones, evaluaciones y auditorías regulatorias.

En el contexto de la emergencia sanitaria declarada por la pandemia del COVID-19, **la ARN debió adaptar y priorizar sus actividades para garantizar la obediencia de las estrictas condiciones de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias, protección y seguridad física en el ámbito de la actividad nuclear que se desarrolla en el territorio argentino**. Dentro de las principales acciones en seguridad radiológica y nuclear se destacan: la continuidad del control regulatorio con un programa de inspecciones *in situ* en instalaciones relevantes, la permanencia del plantel de inspectores residentes en las centrales nucleares, la extensión de vigencia de todas las autorizaciones otorgadas hasta el 31 de diciembre de 2020, la realización de verificaciones regulatorias virtuales en instalaciones Clase II, el sostenimiento del control regulatorio en otras instalaciones mediante la revisión de documentos técnicos de forma remota, entre otras medidas, que permitieron garantizar el accionar regulatorio durante esta situación excepcional (ver *Capítulo 1, Adecuación del funcionamiento regulatorio durante COVID-19*).

## Licenciamiento de instalaciones y personal

Dada una instalación, el licenciamiento es un proceso que evalúa dicha instalación analizando su diseño, la organización que la construye y/o la que la opera, y/o el impacto mutuo entre la instalación y el sitio y su entorno. En el marco regulatorio argentino actualmente vigente, todo nuevo proceso de licenciamiento requiere una definición temprana de la entidad/ persona física que asumirá el rol de Entidad Responsable, a los efectos de permitir evaluar, desde su inicio, todos los aspectos del diseño que tengan impacto sobre la seguridad de las personas y del medio ambiente.

En este proceso de licenciamiento, **la ARN verifica que se cumplan con los requisitos establecidos en las normas y establece condiciones concretas** que la Entidad Responsable debe cumplir para que la licencia no pierda su vigencia.

Las evaluaciones de licenciamiento se realizan siguiendo procedimientos específicos que consideran diferentes aspectos como el tipo de instalación (aplicaciones industriales, médicas, mineras, productivas, reactores, entre otras) y, dependiendo del riesgo asociado, cubre distintas etapas de la instalación (diseño, construcción, puesta en marcha, operación o retiro de servicio).

Desde el punto de vista del proceso de licenciamiento, **las instalaciones se clasifican en Clase I, II o III** (ver *Anejo Glosario y siglas*), tomando en consideración el riesgo radiológico asociado a las fuentes de radiación, el impacto radiológico ambiental, las consecuencias radiológicas de exposiciones potenciales o las dosis ocupacionales involucradas y, de corresponder, a la complejidad tecnológica. Para las instalaciones Clase I y II, la ARN otorga licencias y para las instalaciones Clase III, registros.

Asimismo, la ARN realiza evaluaciones para otorgar permisos individuales, licencias individuales y autorizaciones específicas al personal que se desempeña en funciones que puedan impactar en la seguridad de la instalación.

En el marco de estas actividades de **licenciamiento de personal**, la ARN también fiscaliza las actividades de entrenamiento y la calificación en seguridad radiológica y nuclear del personal que ocupa funciones licenciables de la instalación o práctica.

► **Documentos regulatorios emitidos**

Tipo de documento regulatorio	Emitidos para instalaciones y prácticas reguladas	Emitidos para personal regulado
<b>Clase I</b>		
Licencias (*)	2	
Licencias individuales		13
Autorizaciones específicas		91
<b>Clase II</b>		
Licencias de operación	152	
Permisos individuales		543
<b>Clase III</b>		
Registros	28	
Permisos individuales para responsables de registro		22
Autorizaciones de prácticas no rutinarias	40	
Certificados de transporte de material radiactivo	3	
Autorizaciones de importación	333	
Autorizaciones de exportación	659	

(\*) Abarca licencias de construcción, puesta en marcha, operación y retiro de servicio.

**Nota:** Los documentos regulatorios emitidos para el Ciclo de Combustible Nuclear están incluidos en cada clase de instalación / práctica I, II y III.

**Central Nuclear Atucha I (CNA I)  
“Presidente Juan Domingo Perón”**

Durante 2020, el proyecto de Operación a Largo Plazo continuó desarrollándose de acuerdo con los lineamientos regulatorios definidos por la ARN.

En marzo de 2020, NA-SA cumplimentó uno de los hitos regulatorios para la etapa B del proyecto, presentando el plan de mejoras a implementar para que la instalación pueda continuar en operación, y la evaluación global del nivel de seguridad de la instalación, como consecuencia de dichas mejoras. La ARN comenzó la evaluación de este plan enfocándose, entre otros temas, en la comparación del diseño de la CNA I con la última normativa alemana (KTA), y en las soluciones tecnológicas a los desvíos que resulten de dicha comparación, además de la modernización del sistema de protección del reactor. Para estos trabajos, se contrató el asesoramiento técnico de Tecnatom, empresa española dedicada a servicios de ingeniería en diferentes sectores energéticos, en particular el nuclear.

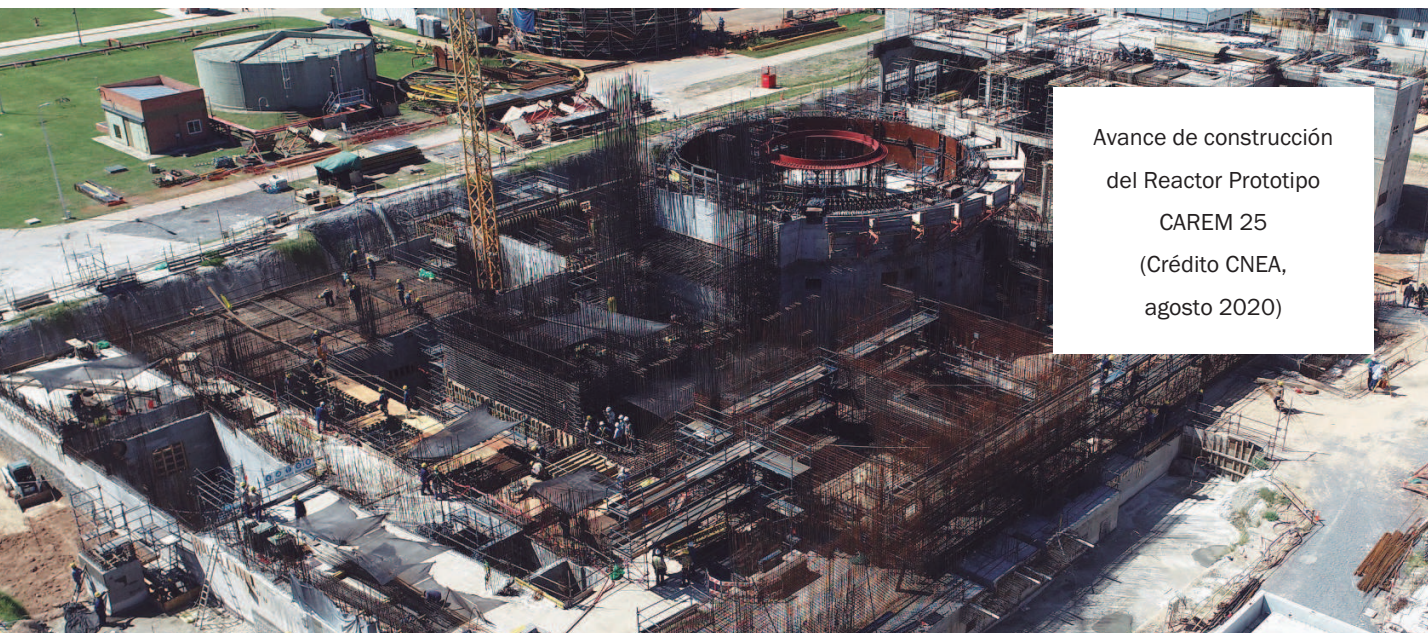
El proyecto de Operación a Largo Plazo tiene un enfoque regulatorio proactivo, el cual implica un involucramiento continuo de la ARN para asegurar que las expectativas regulatorias sean conocidas de manera temprana por NA-SA. Cabe recordar que la ARN definió un plan de acciones graduales dividido en dos etapas de operación, A y B, cuyos respectivos objetivos son mantener el nivel de seguridad y elevar la misma, en la medida de lo posible, a través del cumplimiento de la normativa moderna. En 2020 se realizaron diversas reuniones virtuales tendientes a mejorar el entendimiento en relación con los requisitos y expectativas regulatorias para la etapa B del proyecto. Asimismo, se realizaron reuniones para discutir los documentos técnicos presentados por NA-SA y los resultados de las evaluaciones regulatorias.

**Reactor Prototipo CAREM 25**

En 2020 la ARN continuó con las actividades regulatorias relacionadas con el licenciamiento del Reactor Prototipo CAREM 25, en el marco de la Autorización para el Uso del Sitio y Construcción, actualmente vigente.

En relación con la ejecución del programa de inspecciones a la construcción de estructuras civiles en el sitio de emplazamiento del reactor, durante 2020 la ARN llevó a cabo el programa de inspección sobre los procesos y subprocesos relevantes de la Entidad Responsable hasta que la obra civil se vio suspendida debido a la pandemia del COVID-19.





Avance de construcción  
del Reactor Prototipo  
CAREM 25  
(Crédito CNEA,  
agosto 2020)

A fin de continuar con el proceso de licenciamiento, se realizaron reuniones técnicas virtuales entre los especialistas de la ARN y las áreas técnicas de la CNEA. Entre otros temas, se trataron los hallazgos de las evaluaciones al Análisis Probabilístico de Seguridad (APS) nivel 1.

### **Reactor Multipropósito RA-10**

La ARN continuó con el control regulatorio de las tareas relacionadas con las condiciones impuestas en la licencia de construcción. Adicionalmente, se realizaron actividades de verificación sobre las tareas de control efectuadas por CNEA y se realizaron reuniones técnicas mensuales para verificar el estado de avance de las tareas. La ARN realizó inspecciones de segui-

miento de las actividades de obra civil y montaje electromecánico.

Se avanzó en la presentación de la nueva Norma Regulatoria AR 10.6.1. “*Sistema de Gestión para la Seguridad en Instalaciones y Prácticas*”, que entrará en vigencia en 2021, con el fin de que se adecúe la documentación de carácter mandatorio a los nuevos requisitos para el sistema de gestión del proyecto.

### **Proyecto de Licenciamiento de la Central Nuclear tipo PWR, denominada HPR 1000 o Hualong I**

Las actividades regulatorias correspondientes al proyecto de licenciamiento de la Central Nuclear tipo PWR



Reactor Multipropósito  
RA-10 en construcción en  
el Centro Atómico Ezeiza  
(Crédito CNEA,  
octubre 2020)



denominada HPR 1000 (o Hualong I) no fueron iniciadas en 2020 como consecuencia de la demora en la firma del contrato para su construcción. Durante 2020, se continuó trabajando en el Programa de Evaluación de Diseño Multinacional HPR 1000 (MDEP, por su sigla en inglés) de la AEN, evaluando las características del diseño del HPR 1000 frente a eventos externos severos, accidentes severos y lecciones aprendidas del accidente de Fukushima.

### Reactores de Investigación y Conjuntos Críticos

La ARN participó en la evaluación del reentrenamiento anual del personal que desempeña funciones específicas en los reactores de investigación y conjuntos críticos.

RA-0: en el marco de la Revisión Integral de la Seguridad, la ARN realizó la revisión de la documentación de carácter mandatorio del reactor (Informe de Seguridad y Manuales de Planta). En diciembre de 2020, la ARN emitió la extensión de la vigencia de la Licencia de Operación del reactor.

RA-1 y RA-3: la ARN revisó algunos capítulos actualizados del Informe de Seguridad y los Manuales de Planta.

RA-4: la ARN revisó los Manuales de Planta.

RA-6: en el marco de la Revisión Integral de la Seguridad, la ARN realizó la revisión de algunos capítulos del Informe de Seguridad y los Manuales de Planta. En febrero de 2020, la ARN emitió la extensión de la vigencia de la Licencia de Operación del reactor.

### INSTALACIONES DEL CICLO DE COMBUSTIBLE

En 2020, la ARN emitió la Licencia de Operación del Laboratorio de Combustibles Avanzados de Muy Alta Densidad (LCAMAD), ubicado en el Centro Atómico Ezeiza, y continuó con las evaluaciones para el licenciamiento de una nueva Planta de Conversión de Uranio de la empresa Dixitek, iniciadas en 2018.

### OTRAS LICENCIAS Y PERMISOS

Durante 2020, la ARN otorgó, modificó y renovó Licencias de Operación y Registros para instalaciones Clase II y III, respectivamente.

Por otra parte, la ARN continuó evaluando y otorgando permisos individuales, licencias individuales y autorizaciones específicas al personal de las instalaciones reguladas que acreditó los niveles de capacitación,

idoneidad y entrenamiento requeridos para desempeñarse en posiciones licenciadas.

### Cursos y carreras de capacitación

En 2020, la ARN evaluó y reconoció los contenidos de protección radiológica de los programas de diversas carreras y cursos externos, como formación necesaria para gestionar permisos individuales para distintos propósitos de uso de radiaciones ionizantes.

- ◀ Universidad Nacional de Entre Ríos
- ◀ Universidad Nacional de Córdoba
- ◀ Fundación Escuela de Medicina Nuclear
- ◀ Asociación Argentina de Biología y Medicina Nuclear
- ◀ Fundación Médica de Río Negro y Neuquén

### Fiscalización y control regulatorio

La ARN realiza un seguimiento sobre instalaciones con una licencia vigente mediante **inspecciones, evaluaciones y auditorías regulatorias, de acuerdo a un plan de trabajo anual**. Esto incluye el control del cumplimiento de normas y de requisitos sobre las instalaciones, prácticas y personal, y el impacto sobre el sitio y su entorno, así como sobre el transporte de material radiactivo. Estos controles comprenden aspectos de seguridad radiológica y nuclear, de protección y seguridad física y también garantizar que el uso de materiales, equipos, instalaciones e información de interés nuclear se lleve a cabo exclusivamente con fines pacíficos (salvaguardias). Además de la normativa nacional generada por ella misma, la ARN controla el cumplimiento de acuerdos internacionales en materia de salvaguardias.

Los controles regulatorios se complementan con medidas que refuerzan el cumplimiento de normas y de requisitos, mediante **instancias de seguimiento, emisión de requerimientos formales y hasta la aplicación de un amplio marco de sanciones**, graduadas de acuerdo con la potencialidad del daño y la severidad de la infracción. Todas las autorizaciones regulatorias se pueden suspender y hasta revocar en casos de incumplimientos relevantes.

La ARN establece un **plan de trabajo anual** que permite verificar el cumplimiento de las normas y requisitos, las condiciones de las licencias, las responsabilidades asignadas al personal licenciado, las condiciones de seguridad radiológica y nuclear, la capacitación y experiencia del personal autorizado y los requisitos aplicables al transporte de material radiactivo, entre otros

puntos, además de la protección y seguridad física y de las salvaguardias.

**En 2020, la ARN realizó un total de 14.341 días-hombre de inspecciones y evaluaciones regulatorias**, con un esfuerzo regulatorio de 13.217 días-hombre en las áreas de seguridad radiológica y nuclear; de 991 días-hombre en el área de salvaguardias y de 133 días-hombre en el área de protección y seguridad física. Debido al contexto de pandemia por COVID-19, el control regulatorio se vio modificado respecto a años anteriores, y se requirieron esfuerzos adicionales por parte de la ARN para su realización, cumpliendo con las medidas extraordinarias dispuestas por el Gobierno Nacional, protocolos sanitarios y restricciones para el transporte y desplazamiento de personas.

## REACTORES NUCLEARES

En el contexto de la pandemia del COVID-19, la ARN adecuó sus mecanismos de fiscalización y control regulatorio en cumplimiento del aislamiento social, preventivo y obligatorio (ASPO) para **mantener la presencia del plantel de inspectores residentes en las centrales nucleares**, a fin de garantizar el control de la seguridad en las mismas y el cumplimiento de requisitos y medidas especiales adoptadas en el marco del COVID-19, tomando los cuidados necesarios para proteger la salud de los inspectores y del personal de las instalaciones.

En el contexto de la pandemia del COVID-19, la ARN mantuvo la **presencia del plantel de inspectores residentes en las centrales nucleares para garantizar el control regulatorio**

### **Central Nuclear Atucha I (CNA I) "Presidente Juan Domingo Perón"**

En el marco del control regulatorio asociado a la operación de la central nuclear, la ARN continuó con las tareas de fiscalización, que incluyeron el desarrollo de los programas de pruebas repetitivas y de mantenimiento de la central.

Asimismo, la ARN prosiguió con el proceso de seguimiento de los trabajos vinculados con el proyecto de Operación a Largo Plazo de la central, incluyendo el control de las tareas relacionadas al proyecto.

La **Parada Programada de Reacondicionamiento** prevista se llevó a cabo desde el 18 de julio hasta el 11 de agosto de 2020. Durante ese período, se ejecutó el pro-



Verificación del funcionamiento de equipos de medición durante las recorridas rutinarias de la inspección residente de ARN en la Central Nuclear Atucha I

grama de pruebas repetitivas anuales y controles periódicos correspondientes a la condición de parada fría y caliente de la planta, la verificación de componentes en general, y se realizaron las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo planificadas. La fiscalización regulatoria realizada durante el desarrollo de esta revisión programada permitió verificar el cumplimiento de lo establecido en la documentación de carácter mandatorio y comprobar el estado actual de la instalación. Tanto **la inspección residente en la central como los inspectores específicos de las áreas de protección radiológica y seguridad nuclear de la ARN tuvieron presencia en la central** para la verificación y fiscalización de estas tareas y del proceso de arranque de la central.

Asimismo, durante 2020 la ARN continuó con la evaluación de la documentación y la fiscalización de las tareas relacionadas con la construcción del Edificio de Almacenamiento en Seco de Elementos Combustibles Quemados, anexo a la casa de piletas de la CNA I. La ARN estableció hitos y requisitos que NA-SA debe cumplir durante la obra, así como también para el comienzo de la operación.



En 2020, la CNA I tuvo dos salidas de servicio no programadas. En el marco de las mismas, la ARN realizó el seguimiento correspondiente tanto de las actividades de parada como del arranque de la central, cumpliendo con los requisitos y medidas especiales adoptadas en el marco del COVID-19 para proteger la salud de sus inspectores y del personal de las instalaciones.

### **Central Nuclear Atucha II (CNA II) “Presidente Dr. Néstor Carlos Kirchner”**

La ARN continuó con las tareas de fiscalización, en el marco del control regulatorio asociado a la operación de la central nuclear, incluyendo el desarrollo de los programas de pruebas repetitivas y de mantenimiento de la central.

Desde octubre de 2019, la central estuvo en servicio al 60 % de plena potencia, debido a desperfectos técnicos en una bomba principal de refrigeración, que se observaron en 2018. Esta potencia se extendió hasta el 19 de febrero de 2020. Desde entonces, la central incrementó su operación al 70 % de plena potencia. Este incremento de potencia fue autorizado por la ARN, luego de realizar las evaluaciones regulatorias correspondientes para determinar que las condiciones de operación fueran seguras y aceptables. Durante este proceso, la ARN requirió el cumplimiento de una serie de condiciones por parte de NA-SA para garantizar la operación de forma segura.

La **Parada Programada de Reacondicionamiento prevista para 2020** se realizó entre el 3 de octubre de 2020 y el 3 de enero de 2021, y en la misma se incluyeron los trabajos de reparación de una de las bombas principales de refrigeración. Como resultado de las inspecciones realizadas en el marco del Programa de Inspección de Internos del Reactor, durante la Parada Programada se detectaron ciertas anomalías en determinados componentes, por lo que se extendió su duración. También se realizaron tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, inspecciones y pruebas repetitivas. Todas estas actividades, incluidas las relacionadas con los componentes internos del reactor, fueron fiscalizadas por la ARN, con controles y evaluaciones correspondientes. Además, se verificó el cumplimiento de lo establecido en la documentación de carácter mandatorio. **La inspección residente y los inspectores específicos de las áreas de protección radiológica y seguridad nuclear de la ARN estuvieron presentes en la central** para la fiscalización y seguimiento de las tareas mencionadas, y luego, del proceso de arranque de la central y control de la realización de ensayos, cumpliendo con los requisitos y medidas especiales adoptadas en el marco del COVID-19 para proteger la salud de los inspectores y del personal de la instalación.

En junio de 2020, la CNA II tuvo una salida de servicio no programada debido a la necesidad de reparación de una de las bombas del sistema moderador. Todas estas actividades se realizaron bajo el control de la inspección residente de la ARN en la central, al igual que su proceso de arranque, a los fines de constatar la realización de las pruebas previstas y la aplicación de los procedimientos establecidos durante dicha maniobra.

Asimismo, la ARN fiscalizó la ejecución de ejercicios internos de emergencia parciales, sectorizados en el Complejo Nuclear Atucha, en los cuales participó personal de ambas centrales (CNA I y CNA II). Estos ejercicios parciales fueron propuestos y planificados por la instalación y aprobados por la ARN, y se realizaron de manera sectorizada para evitar la concentración masiva de personas, en el marco de la pandemia por COVID-19.

### **Central Nuclear Embalse (CNE)**

En 2020, la Central Nuclear Embalse operó comercialmente en forma normal, de acuerdo a los requisitos regulatorios establecidos en la documentación de carácter mandatorio, y, en la Licencia de Operación para su segundo ciclo de vida, emitida por la ARN en agosto de 2019.

Durante 2020, la ARN desarrolló sus **programas de inspección regulatoria en la CNE**, fiscalizando los aspectos operativos esenciales para la seguridad nuclear, las paradas no programadas de la instalación y la **Parada Programada**, realizada del 26 de septiembre al 2 de octubre de 2020, durante la cual se realizaron tareas de mantenimiento correctivo y preventivo, y se ejecutó el programa de pruebas repetitivas de componentes, en vista a la próxima parada prolongada prevista para marzo 2021. La inspección residente de la ARN, que tiene presencia permanente en la central, verificó y fiscalizó estas tareas y el proceso de arranque de la central, cumpliendo con los requisitos y medidas especiales adoptadas en el marco del COVID-19 para proteger la salud de sus inspectores y del personal de las instalaciones.

Asimismo, la ARN fiscalizó la ejecución de ejercicios internos de emergencia parciales, sectorizados en la CNE. Estos ejercicios parciales fueron propuestos y planificados por la instalación y aprobados por la ARN, y se realizaron de manera sectorizada para evitar la concentración masiva de personas, en el marco de la pandemia por COVID-19.

### **Reactores de Investigación y Conjuntos Críticos**

Durante gran parte de 2020, en el contexto de la pandemia por COVID-19, los reactores de investigación y

conjuntos críticos suspendieron sus actividades de investigación y rutina, y permanecieron en la condición de parada segura, a excepción del reactor de producción de radioisótopos RA-3, que permaneció operativo durante todo el año, por ser considerado esencial. El reactor RA-6 reanudó sus actividades de operación a mediados de noviembre de 2020.

Las tareas de control regulatorio se adecuaron al contexto de la pandemia del COVID-19, para poder llevarse a cabo, y abarcaron los siguientes temas del Plan Anual de Inspecciones:

RA-0: antes de la declaración de la pandemia por COVID-19, la ARN realizó una inspección general a la instalación. Durante el resto del año, evaluó los informes periódicos generados por la instalación y participó, de manera virtual, en el desarrollo del Ejercicio Anual del Plan de Emergencias y del examen de reentrenamiento anual del personal. Además, se fiscalizaron las actividades relacionadas con el proyecto de actualización del reactor. Y, en el marco del proceso de revisión integral de seguridad establecida en la Licencia de Operación, se realizó el seguimiento de las tareas de implementación.

RA-1: la ARN realizó una inspección a la instalación durante el período de ASPO del COVID-19, evaluó los informes periódicos generados por el reactor y participó, de manera virtual, en el desarrollo del Ejercicio Anual del Plan de Emergencias y del examen de reentrenamiento anual del personal.

RA-3: la ARN realizó dos inspecciones a la instalación, previo a la declaración de emergencia sanitaria por COVID-19, y otra inspección durante el ASPO; evaluó los informes periódicos generados por la instalación; y fiscalizó *in situ* la preparación y desarrollo del Ejercicio Anual del Plan de Emergencias y, en forma virtual, el examen de reentrenamiento anual del personal. Asimismo, fiscalizó el mantenimiento, operación, experiencia operativa, radioprotección y pruebas funcionales.

RA-4: la ARN evaluó los informes periódicos generados y fiscalizó de manera virtual el desarrollo del Ejercicio Anual del Plan de Emergencias. Asimismo, fiscalizó el mantenimiento, operación, experiencia operativa, radioprotección y pruebas funcionales.

RA-6: la ARN realizó una inspección antes de la declaración de emergencia sanitaria por COVID-19; evaluó los informes periódicos generados por la instalación; y fiscalizó, de manera virtual, el desarrollo del Ejercicio Anual del Plan de Emergencias y el examen de reentrenamiento anual de personal. Asimismo, fiscalizó el mantenimiento, operación, experiencia operativa, radioprotección y pruebas funcionales.

RA-8: no se realizaron inspecciones regulatorias ya que se encuentra en la etapa final del retiro de servicio (sin combustibles ni fuentes). Se esperan los trámites administrativos pertinentes para culminar en la exención del control regulatorio.

## INSTALACIONES DEL CICLO DE COMBUSTIBLE

El ciclo de combustible nuclear abarca principalmente el conjunto de instalaciones que desarrollan los procesos necesarios para la fabricación de elementos combustibles para centrales nucleares y para reactores de investigación, así como las instalaciones dedicadas al tratamiento, acondicionamiento y/o almacenamiento de residuos radiactivos y combustibles gastados producidos por estos reactores.

Este ciclo incluye, en términos generales, la extracción del uranio en complejos minero fabriles, las transformaciones físico-químicas del uranio para la obtención de compuestos adecuados para la fabricación de combustibles nucleares y el acondicionamiento para su disposición segura o para su preservación como combustible gastado potencialmente reutilizable. Además, existen instalaciones asociadas a estos procesos, que incluyen laboratorios de investigación y desarrollo.

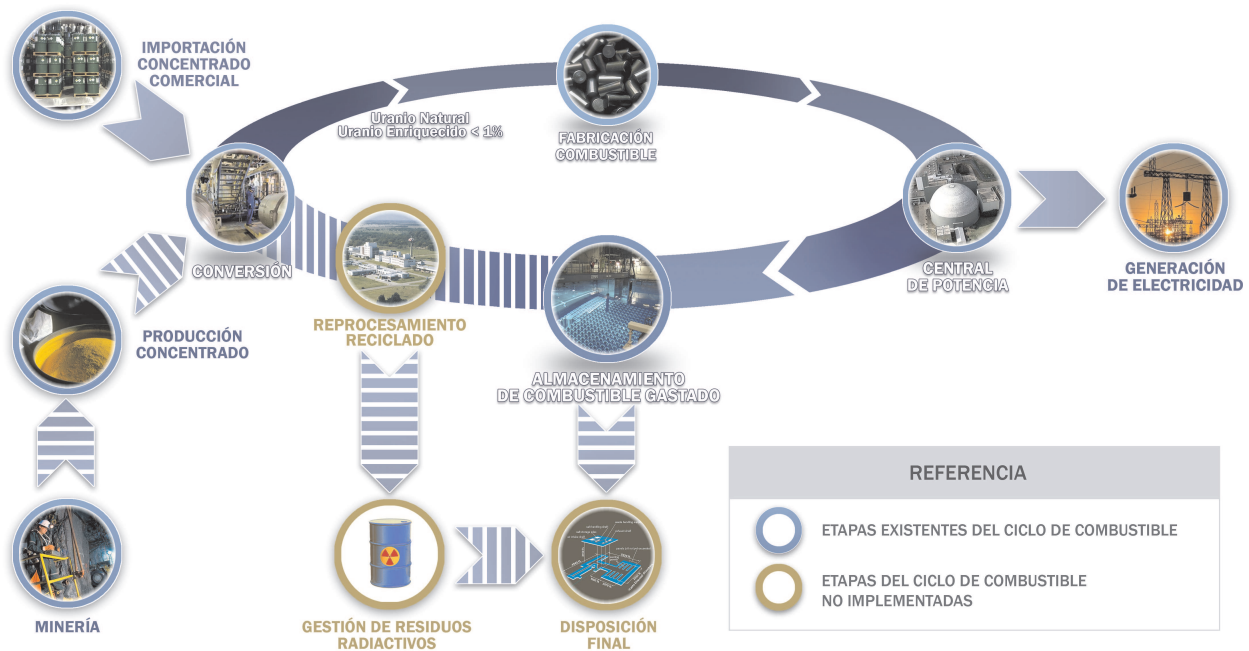
Actualmente, el ciclo de combustible en Argentina posee dos líneas de trabajo, una asociada al uranio natural y levemente enriquecido, destinada a la producción de combustible para las centrales nucleares en operación; y otra de uranio enriquecido hasta el 20 % en el isótopo U 235, destinado a su utilización en reactores de investigación y en tareas de desarrollo.

El primer grupo comprende la importación de concentrado comercial, su posterior purificación y conversión en material de uso nuclear y un eventual ajuste isotópico para la fabricación de los combustibles nucleares que sustentan la operación de las centrales nucleares argentinas. Se trata de plantas industriales con las capacidades adecuadas para mantener en servicio los reactores nucleares de potencia que se encuentran actualmente en operación.

Las instalaciones del segundo grupo operan con uranio enriquecido e incluyen la fabricación de elementos combustibles y de blancos de irradiación que se utilizan en los reactores de investigación, dedicados a la producción de radioisótopos y a la investigación básica. En estas instalaciones, la manipulación del uranio tiene más requisitos y controles para prevenir riesgos de criticidad y radiológicos. Además, sus capacidades y características difieren fundamentalmente de las del ciclo de uranio natural debido a la aptitud de este ma-



## ► Ciclo de combustible en Argentina



terial de iniciar y autosostener una reacción nuclear en cadena (riesgo de criticidad). Por otra parte, los riesgos radiológicos asociados a la manipulación de estos materiales requieren barreras ingenieriles de contención más sofisticadas que en el caso de uranio natural.

El accionar regulatorio en las instalaciones del ciclo de combustible cubre tanto aspectos de licenciamiento y control (evaluaciones e inspecciones) en materia de seguridad radiológica y nuclear, como de licenciamiento y calificación del personal que está asignado a posiciones con responsabilidad en seguridad radiológica u operacional.

**El esfuerzo de inspección asociado a los controles de seguridad radiológica en 2020 en instalaciones del ciclo de combustible fue de 184 días-hombre.** Debido al contexto de pandemia por COVID-19, el control regulatorio se vio modificado respecto a años anteriores, al mismo tiempo que se requirieron esfuerzos adicionales por parte de la ARN para garantizar el cumplimiento de su misión y funciones.

### SALVAGUARDIAS Y SEGURIDAD FÍSICA

**La ARN verifica la implementación de los procedimientos de salvaguardias nacionales e internacionales** en las instalaciones y otros lugares bajo control regulatorio. Para ello, **la ARN administra el Sistema Nacional de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares** y, periódicamente, audita los registros de contabilidad nuclear; efectúa la verificación física de los

materiales nucleares de cada instalación; y revisa que las instalaciones y sus procesos estén de acuerdo a su descripción técnica, analizando el propósito y capacidades productivas asociadas, con el objetivo de validar el enfoque de control adoptado para cada instalación. Asimismo, **la ARN acompaña las inspecciones internacionales de salvaguardias que realizan la ABACC y el OIEA**, en el marco de los compromisos internacionales asumidos por la Argentina en la materia.

Por otro lado, **la ARN controla las medidas de protección y seguridad física**, verificando el correcto funcionamiento de los componentes del sistema de protección y seguridad física aplicado, de acuerdo al riesgo y al valor estratégico de los inventarios de material nuclear y radiactivo de cada instalación. Y también controla las medidas de protección y seguridad física aplicadas durante el transporte de dichos materiales.

En el marco de la pandemia del COVID-19, los compromisos internacionales de salvaguardias se mantuvieron, por lo que las actividades asociadas a la implementación y verificación de los procedimientos de salvaguardias nacionales e internacionales no sufrieron cambios. Se ha hecho un uso intensivo de los sistemas de comunicación digitales con el objetivo de mantener un seguimiento adecuado de la implementación de los procedimientos.

En 2020, en el marco de los compromisos que tiene la República Argentina en materia de salvaguardias, **se realizaron las inspecciones nacionales e internacionales, efectuadas por la ABACC y el OIEA, en instala-**

**ciones nucleares argentinas**, a fin de verificar que el material nuclear no se ha desviado hacia fines no autorizados y que las instalaciones están operando de acuerdo con las actividades que han declarado. La ARN coordinó y participó de estas actividades de verificación, que se realizaron en mayo, junio, julio y agosto de 2020, en distintas misiones. En el contexto de la emergencia sanitaria por la pandemia del COVID-19 y las restricciones dispuestas por el Gobierno Nacional, los inspectores cumplieron con estrictas medidas para proteger al personal de las instalaciones, a los funcionarios involucrados y a la población en general. La coordinación de estas inspecciones requirió de esfuerzos extra, debido al mencionado contexto.



En 2020, se realizaron las inspecciones nacionales e internacionales, efectuadas por la ABACC y el OIEA, en instalaciones nucleares argentinas, en el marco de los compromisos que tiene la República Argentina en materia de salvaguardias

Por otra parte, en el marco del Acuerdo entre la República Argentina y la República Federativa del Brasil para el uso exclusivamente pacífico de la energía nuclear (Acuerdo Bilateral), **la ARN puso a disposición de la ABACC 12 inspectores para realizar inspecciones en la República Federativa del Brasil; y coordinó la participación de 28 inspectores en cursos de capacitación y entrenamiento**, como parte del plan de capacitación continua de la ABACC. Debido a la pandemia del COVID-19, algunas de estas actividades se realizaron de manera remota, con la colaboración de la ARN para su coordinación.

La ARN continuó con la fiscalización y evaluación de la implementación del régimen de inspección aleatoria con breve preaviso para el período contable 2019-2020 en la Planta de Producción de Dióxido de Uranio (Dioxitek), ubicada en la provincia de Córdoba, y en la Planta de Producción de Elementos Combustibles Nucleares

(CONUAR-FAE), ubicada en la localidad de Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Por otra parte, se efectuaron visitas técnicas para el mantenimiento de los sistemas de contención y vigilancia instalados en las centrales nucleares, y visitas para verificación del diseño y seguimiento de la obra del Reactor Multipropósito RA-10 y del Reactor Prototipo CAREM 25.

Con respecto a las actividades regulatorias asociadas a los sistemas de seguridad y protección física, se han efectuado reuniones y auditorías virtuales para el seguimiento del cumplimiento regulatorio. Para el caso de algunas instalaciones que durante 2020 estaban en proceso de licenciamiento, se efectuaron inspecciones presenciales.

**El esfuerzo regulatorio asociado a los controles de salvaguardias y protección física en instalaciones del ciclo de combustible, y de seguridad física para instalaciones radiactivas fue de 765 días-hombre durante 2020.** Debido al contexto de pandemia por COVID-19, el control regulatorio se vio modificado respecto a años anteriores y se requirieron esfuerzos adicionales para su realización.

## INSTALACIONES MÉDICAS, INDUSTRIALES Y DE DESARROLLO

### Aplicaciones médicas

La ARN realiza controles y verificaciones en el marco de aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes principalmente en dos grandes tipos de prácticas: la medicina nuclear y la radioterapia.

La **medicina nuclear** diagnóstica implica el uso de trazadores radiactivos para obtener imágenes y/o medir la función global o regional de un órgano. El marcador radiactivo (radiofármaco) se administra al paciente mediante alguna vía, según el órgano y la función a estudiar. La distribución de la sustancia trazadora se estudia luego con una cámara gamma, un tomógrafo computado por emisión monofotónica (SPECT) o por emisión de positrones (PET) u otro instrumento, como un detector de radiación estacionario simple. La captación del marcador es generalmente una medida de la función del órgano o el metabolismo o el flujo sanguíneo del órgano.

La **radioterapia** es uno de los principales tipos de tratamiento contra el cáncer. Utiliza radiación ionizante para destruir las células cancerosas y limitar el crecimiento celular. La radioterapia puede administrarse externa o internamente. En la radioterapia de haz externo, los haces de radiación que se originan externamente al paciente se dirigen hacia el sitio de tratamiento. Estos haces generalmente se crean mediante el uso de un acelerador lineal o una unidad de cobalto ( $^{60}\text{Co}$ ).



En la braquiterapia, las fuentes radiactivas pequeñas y encapsuladas se colocan directamente dentro o cerca del volumen a tratar.



Verificación regulatoria virtual a una instalación licenciada de radioterapia

Por otro lado, también se realizan controles o verificaciones en prácticas donde el material radiactivo o la radiación ionizante no se usa en seres humanos directamente, pero usualmente tienen relación con el diagnóstico. Entre estas prácticas podríamos encontrar las prácticas de radioinmunoanálisis, fuentes de uso *in vitro*, investigación *in vitro* o investigación en animales, así como la fabricación de los radiofármacos utilizados en el marco de estas prácticas que se producen ampliamente en el país.

Este tipo de prácticas e instalaciones tienen un control regulatorio continuo ajustado al riesgo asociado y según la competencia propia de la ARN, desde su autorización y durante toda su vida útil. La ARN realiza inspecciones rutinarias para teleterapia con frecuencia anual y para braquiterapia y centros de medicina nuclear, bianualmente.

**En 2020, la ARN efectuó inspecciones (rutinarias y no rutinarias) a instalaciones médicas que requirieron un esfuerzo regulatorio de 428 días-hombre.** Debido al contexto de pandemia por COVID-19, el control regulatorio se vio modificado respecto a años anteriores y se requirieron esfuerzos adicionales para su realización.

## Aplicaciones industriales

Las aplicaciones industriales incluyen instalaciones Clase I, II y III.

Para el caso de las instalaciones Clase II, la ARN realiza controles y verificaciones para garantizar que los titulares de las Licencias de Operación, los responsables por la seguridad radiológica y los usuarios que cuentan con permiso individual cumplan con los requisitos sobre el manejo de las fuentes radiactivas. Esto incluye controles sobre el inventario radiactivo y la integridad de las fuentes, como así también, que las condiciones de los depósitos y de los blindajes para su transporte y los procedimientos de trabajo sean los adecuados.

Una de las aplicaciones industriales de mayor riesgo radiológico es la operación de instalaciones dedicadas a realizar **ensayos no destructivos como la gammagrafía industrial**. Es una técnica utilizada para garantizar la integridad de distintos dispositivos tales como las uniones de cañerías para transportar gas o en grandes componentes (tanques, intercambiadores de calor, etc.). La frecuencia de inspección de esta práctica es anual.



Inspección regulatoria de gammagrafía industrial  
(provincia de Neuquén)

**Otras aplicaciones industriales** reguladas por la ARN son aquellas destinadas a controles, a través del uso de material radiactivo, de distintas variables como la densidad, la humedad, el gramaje, el espesor y el nivel de llenado, realizados en plantas industriales de distinto tipo (embotelladoras, fabricación de telas, papeles, etc.). Asimismo, el material radiactivo se utiliza

de manera industrial para la medición de distintas variables de los suelos en el caso de las explotaciones de petróleo. En estos dos últimos casos la frecuencia de inspección es bianual.

Dentro de otras aplicaciones industriales se encuentran las instalaciones Clase III, que por el riesgo radiológico asociado no conllevan la realización de inspecciones, sino que requieren controles administrativos. Se trata de usos industriales varios con fuentes de muy baja actividad.

**En 2020, la ARN efectuó inspecciones (rutinarias y no rutinarias) a instalaciones industriales y licenciatarios de gammagrafía industrial que requirieron un esfuerzo regulatorio de 600 días-hombre.** Las inspecciones realizadas antes de la declaración de la pandemia por COVID-19 fueron presenciales, mientras que en las etapas de ASPO/DISPO se realizaron controles a distancia. Esto afectó el control regulatorio respecto a años anteriores y se requirieron esfuerzos adicionales para su realización.

A fin de garantizar las condiciones de seguridad radiológica y seguridad física necesarias, **la ARN realizó las acciones correspondientes para la puesta a seguro de fuentes de instituciones que interrumpieron su operación normal** y no pudieron hacerse cargo de estas en tiempo y forma.

Por otra parte, las instalaciones radiactivas Clase I comprenden las plantas de producción (de radioisótopos y fuentes selladas) y las plantas de irradiación (fijas o móviles). **En 2020, el esfuerzo regulatorio asociado a los controles de seguridad radiológica de la ARN en estas instalaciones fue de 64 días-hombre.** Debido al contexto de pandemia por COVID-19, el control regulatorio se vio modificado respecto a años anteriores y se requirieron esfuerzos adicionales por parte de la ARN para su realización.

### Aceleradores Clase I

Los aceleradores de partículas Clase I se pueden agrupar en aquellos que son de investigación y los que son utilizados para la producción de radioisótopos. Actualmente cuentan con Licencia de Operación vigente tres del primer tipo y cinco del segundo. Durante 2020, la ARN continuó con el control rutinario de estas instalaciones.

A su vez, en el marco del Plan Federal de Medicina Nuclear, existen tres instalaciones de producción de radioisótopos con acelerador asociadas a laboratorios de radiofarmacia, que continúan en construcción, lo que requirió un esfuerzo de inspección asociado a la evolución de cada proyecto. Una de estas instalaciones

se encuentra en proceso para la obtención de la Licencia de Puesta en Marcha.

Durante 2020, se realizó el seguimiento remoto de la etapa de construcción de una instalación de producción de radioisótopos con acelerador, ubicada en la ciudad de Córdoba, que obtuvo su Licencia de Construcción a fines de 2019.

En 2020, la ARN avanzó con el proceso de licenciamiento de Retiro de Servicio de un acelerador de partículas de investigación.

**En 2020, el esfuerzo regulatorio asociado a los controles de seguridad radiológica de la ARN en estas instalaciones fue de 40 días-hombre.** Debido al contexto de pandemia por COVID-19, el control regulatorio se vio modificado respecto a años anteriores y se requirieron esfuerzos adicionales por parte de la ARN para su realización.

## TRANSPORTE DE MATERIALES RADIATIVOS

**La ARN establece la reglamentación para el transporte seguro de materiales radiactivos en Argentina** considerando los estándares internacionales fijados por el OIEA, **y verifica su cumplimiento mediante inspecciones, evaluaciones y auditorías regulatorias**, con el fin de garantizar la seguridad y proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente de los efectos nocivos de



Inspección a un vehículo de transporte de radiofármacos



las radiaciones ionizantes durante el transporte de materiales radiactivos.

Asimismo, **la ARN tiene la función de otorgar los Certificados de Aprobación** que se emiten como resultado de la evaluación del cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma regulatoria, tanto para el diseño de bultos para el transporte de materiales radiactivos, como para las fuentes selladas como sólido no dispersable y los arreglos especiales.

La ARN también lleva adelante un **programa de inspecciones**, que permite verificar que los usuarios cumplan con las condiciones establecidas en las normas, los certificados, los procedimientos, los documentos de transporte u otra documentación asociada.

En 2020, **la ARN efectuó inspecciones presenciales y a distancia (rutinarias y no rutinarias)** a plantas de producción y/o distribución de radiofármacos y de combustibles nucleares, y al Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini, **que requirieron un esfuerzo regulatorio de 30 días-hombre**. Debido al contexto de pandemia por COVID-19, el control regulatorio se vio modificado respecto a años anteriores y se requirieron esfuerzos adicionales por parte de la ARN para su realización.

## Vigilancia radiológica ocupacional y ambiental

**La ARN realiza verificaciones adicionales** al control sobre las instalaciones reguladas, que incluyen **tareas de vigilancia radiológica de los trabajadores y el monitoreo radiológico ambiental** alrededor de estas instalaciones y en sitios estratégicos.

Estos controles consisten en determinaciones radioquímicas, físicas y biológicas, así como también en evaluaciones ambientales, dosimétricas (dosimetría externa, interna, biológica y computacional), radiopatológicas, y de protección radiológica asociadas a las descargas de efluentes radiactivos, a la gestión de residuos radiactivos, blindajes en instalaciones radiactivas y nucleares y de riesgo de accidentes de criticidad. De esta forma, se brinda soporte a una amplia gama de actividades regulatorias y de evaluaciones de impacto radiológico y de potenciales escenarios de emergencias en que hubiera liberaciones o exposiciones accidentales.

En el caso de las evaluaciones del impacto radiológico ambiental, la ARN realiza muestreos en aire, aguas, suelos, sedimentos y diversos alimentos; y procesa y mide estas muestras. Asimismo, realiza mediciones

de tasa de dosis ambiental, cuyos resultados son utilizados para verificar los informados por las instalaciones controladas.

### VIGILANCIA RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

**La ARN controla y lleva un registro propio de las dosis individuales a las que está expuesto el personal**, así como también de las dosis colectivas de cada instalación.

Los Responsables Primarios de las instalaciones relevantes están requeridos de llevar un registro de dosis ocupacionales basadas en mediciones individuales de exposición. **La ARN controla las dosis individuales informadas por los responsables de las instalaciones** y lleva un registro de las mismas.

Adicionalmente, la ARN realiza inspecciones específicas sobre aspectos de radioprotección en las centrales nucleares.

Durante 2020, **la ARN registró las dosis individuales de 3.102 trabajadores ocupacionalmente expuestos en instalaciones relevantes**, distribuidos según el tipo de instalación en el siguiente gráfico:

#### ► Distribución de trabajadores controlados en instalaciones relevantes durante 2020



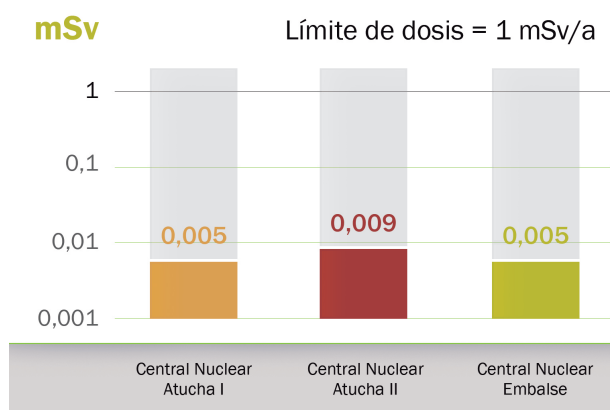
Con respecto a las dosis individuales acumuladas en el quinquenio 2016-2020, contabilizando las dosis recibidas en todas las instalaciones, las mismas resultaron inferiores al límite establecido en la normativa vigente (AR 10.1.1. "Norma Básica de Seguridad Radiológica" Revisión 4).

En el caso de la Central Nuclear Embalse, la dosis colectiva correspondiente al año 2020 fue 0,38 Sv persona, mientras que en la Central Nuclear Atucha I fue de 1,66 Sv persona y en la Central Nuclear Atucha II, de 2,23 Sv persona.

Asimismo, **la ARN evalúa el control de gestión de residuos radiactivos**, de manera de garantizar la correcta caracterización radiológica de los mismos, incluyendo la dispensa de los que correspondan. La ARN también verifica las condiciones de seguridad asociadas al almacenamiento de residuos radiactivos y combustibles gastados, incluyendo la realización de inspecciones específicas en la materia en las centrales nucleares.

De la misma forma, **la ARN evalúa los procedimientos de planificación y control de emisión de efluentes, establece los valores autorizados de descarga y calcula la dosis en la persona representativa** (persona más expuesta) ubicada en los alrededores de las instalaciones relevantes, debido a dichas descargas, tanto en forma líquida como gaseosa, mediante la aplicación de modelos de transferencia ambiental y evaluación de dosis recomendados a nivel internacional.

► **Dosis debido a las descargas al ambiente efectuadas en el 2020, en la persona representativa de cada central nuclear**



La figura muestra, a modo de ejemplo, la dosis en la persona representativa correspondiente a las centrales nucleares. Los valores calculados son del orden de la milésima parte del límite de dosis vigente en la normativa nacional e internacional.

**VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL**

**La ARN lleva a cabo un Plan de Monitoreo Radiológico Ambiental (PMRA)** en los alrededores de las instalaciones radiactivas y nucleares, que implica el muestreo y la posterior medición de la concentración de radionu-

cleidos en diversas matrices ambientales: agua, aire, suelo, sedimentos y alimentos. Asimismo, se miden los niveles de la tasa de dosis ambiental. Este monitoreo es independiente de los que realizan los Responsables Primarios de las instalaciones.

► **Principales instalaciones bajo vigilancia radiológica ambiental - 2020**



Las muestras son procesadas y evaluadas en los laboratorios propios de la ARN, ubicados en el Centro Atómico Ezeiza (CAE), dedicados al pretratamiento de muestras, espectrometría gamma, medición de tritio, determinación de uranio por fluorimetría y por fosforescencia cinética, determinación de estroncio, medición de emisores alfa y beta, mediciones de gas radón, entre otros. Las técnicas de laboratorio más relevantes se encuentran acreditadas bajo la Norma ISO/IEC 17025:2017 por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA).



Paralelamente a los ensayos que realiza, **la ARN también evalúa el impacto radiológico de las instalaciones controladas** a partir de los resultados del PMRA, y a su vez, verifica los resultados de los planes de monitoreo informados por los operadores de las instalaciones controladas.

En materia de protección radiológica del público y del ambiente, la ARN mantiene un proyecto de cooperación técnica con el OIEA que establece el asesoramiento y la capacitación a otros países.

Durante 2020, la ARN tomó **689 muestras** en las distintas instalaciones del país, representativas de las diversas matrices ambientales, a partir de las cuales la ARN realizó y evaluó **1.002 ensayos** en sus propios laboratorios. Estas muestras incluyen las que ARN ejecuta en su PMRA y las muestras ambientales no rutinarias, correspondientes a estudios de línea de base, investigaciones y pedidos de terceros.

La situación excepcional de la pandemia del COVID-19, requirió también la planificación de un muestreo con mínimo desplazamiento y asistencia a los laboratorios, que garantizó el control de aquellas instalaciones que se mantuvieron en operación durante el período de pandemia en 2020. Así, se pudieron muestrear, en el marco del PMRA, las centrales nucleares, el Centro Atómico Ezeiza, el Complejo Fabril Córdoba y el Ex Complejo Minero Fabril Los Gigantes, estos últimos en la provincia de Córdoba, cuyos muestreos fueron realizados antes de la etapa de ASPO. Sin embargo, no se pudieron realizar las campañas de muestreo en los ex complejos minero fabriles San Rafael, en Mendoza; La Estela, en San Luis; Tonco, en Salta; Los Colorados, en La Rioja; y Los Adobes, en Chubut; ni en el Sitio Malargüe, en Mendoza. Tampoco se realizaron las campañas de muestreo en el Complejo Tecnológico Pilcaniyeu ni en el Centro Atómico Bariloche.

Los resultados obtenidos del monitoreo ambiental se encontraron muy por debajo de valores que impliquen



Toma de muestras de agua superficial y sedimento en los alrededores del Ex Complejo Minero Fabril Los Gigantes (provincia de Córdoba)

Debido a la emergencia sanitaria por COVID-19 y las consecuentes medidas del ASPO y DISPO, dispuestas por el Gobierno Nacional, la viabilidad de tomar muestras, y en consecuencia, el número de ensayos realizados, disminuyeron en su cantidad, respecto a años anteriores. Por otro lado, la emergencia sanitaria limitó también el tratamiento de algunas matrices ambientales (específicamente alimentos, suelos y sedimentos) que exigían tareas de interrelación incompatibles con los protocolos sanitarios aplicados para asegurar la salud de los trabajadores de la ARN.

una dosis relevante en la población, siendo inclusive, la mayoría de ellas, menores a los límites de detección que poseen las técnicas de medición. En algunos casos, se detectaron valores por encima de los límites de detección, atribuibles a radionucleidos naturales como el uranio y el radio 226, en los sitios relacionados con minería y producción de uranio; así como emisores alfa y beta en todos los sitios donde se miden estos radionucleidos.

Cabe señalar que también se detectaron algunos radionucleidos en muy bajas concentraciones, atribuibles a la operación normal de las instalaciones controladas,



siempre en cantidades compatibles con las esperadas y sin representar riesgo alguno para la población.

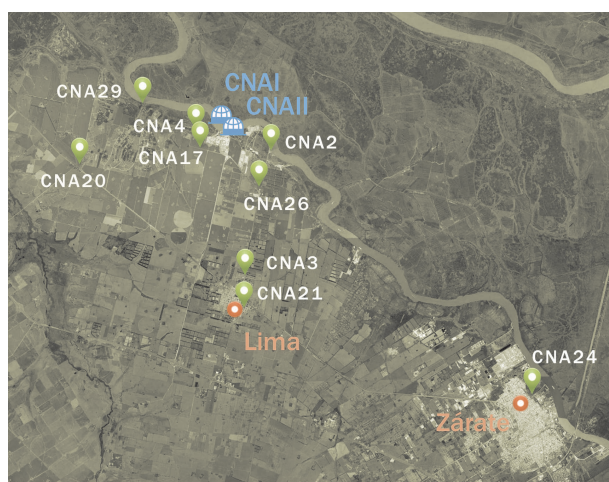
Los resultados de las determinaciones realizadas pueden observarse en:

[www.argentina.gob.ar/arn/informacion-para-la-comunidad/vigilancia-radiologica-ambiental/plan-monitoreo/resultados-plan-monitoreo-radiologico\\_ambiental](http://www.argentina.gob.ar/arn/informacion-para-la-comunidad/vigilancia-radiologica-ambiental/plan-monitoreo/resultados-plan-monitoreo-radiologico_ambiental)

A continuación, se presentan las conclusiones específicas obtenidas en las instalaciones monitoreadas:

## Centrales nucleares

### ► Puntos de muestreo en los alrededores del Complejo Nuclear Atucha (provincia de Buenos Aires)



Complejo Nuclear Atucha



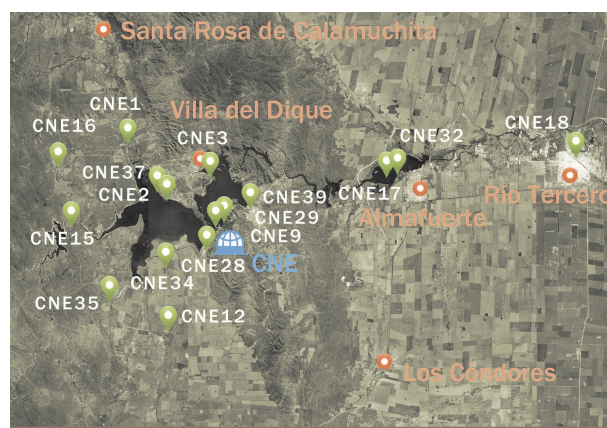
Puntos de muestreo

CNA2,24,29	Agua superficial y sedimento (Río Paraná)
CNA2,20,21	Agua de consumo humano (subterránea)
CNA3,4,17,24,26	Aire (tasa de dosis ambiental)
CNA3,4,24	Aire (condensado de humedad)
CNA4,24	Suelo

Durante 2020, se detectaron algunos radionucleidos medidos en los alrededores de las centrales, atribuibles a la operación normal de las mismas, fundamentalmente tritio en agua superficial y en condensado de humedad, en cantidades compatibles con las esperadas y que no representan riesgo alguno para la población. El tritio es el principal radionucleido presente en las descargas rutinarias autorizadas de las centrales, tanto líquidas como gaseosas, por lo que está prevista su presencia en valores aceptables en distintas matrices ambientales, durante su operación normal. La di-

ferencia que se puede apreciar entre los alrededores del Complejo Nuclear Atucha y la Central Nuclear Embalse (CNE) se da porque en el caso del lago de Embalse, es esperable encontrar valores de tritio más altos y constantes que en un curso de agua de mayor caudal, como el río Paraná. En todas las mediciones, los valores se encontraron muy por debajo de valores derivados para el nivel de referencia de 0,1 mSv/año y, por lo tanto, son aceptables desde el punto de vista radiológico para la población. Como se mencionara anteriormente, los valores de emisores alfa-beta por encima de los límites de detección medidos responden a concentraciones naturales.

### ► Puntos de muestreo en los alrededores de la Central Nuclear Embalse (provincia de Córdoba)



Central Nuclear Embalse



Puntos de muestreo

CNE1	Agua superficial y sedimento (Río Santa Rosa)
CNE2	Agua subterránea
CNE2,3,9	Agua superficial y sedimento (Embalse del Río III)
CNE12	Agua superficial y sedimento (Río La Cruz)
CNE15	Agua superficial y sedimento (Río Grande)
CNE16	Agua superficial y sedimento (Arroyo Amboy)
CNE17	Agua superficial y sedimento (Embalse Piedras Moras)
CNE18	Agua superficial (Río III)
CNE28	Aire (condensado de humedad)
CNE29,32,34	Aire (condensado de humedad y tasa de dosis ambiental); Suelo
CNE35	Agua superficial y sedimento (Río Quillínzo)
CNE37,39	Aire (tasa de dosis ambiental)

Asimismo, en el caso puntual de la CNE, las medidas de ASPO y DISPO limitaron la capacidad de muestreo por parte de la ARN durante gran parte del año. Sin embargo, la central continuó con su muestreo ambiental rutinario e informó los resultados obtenidos a la ARN de manera trimestral, como se hace en condiciones normales de operación. La ARN analizó estos informes

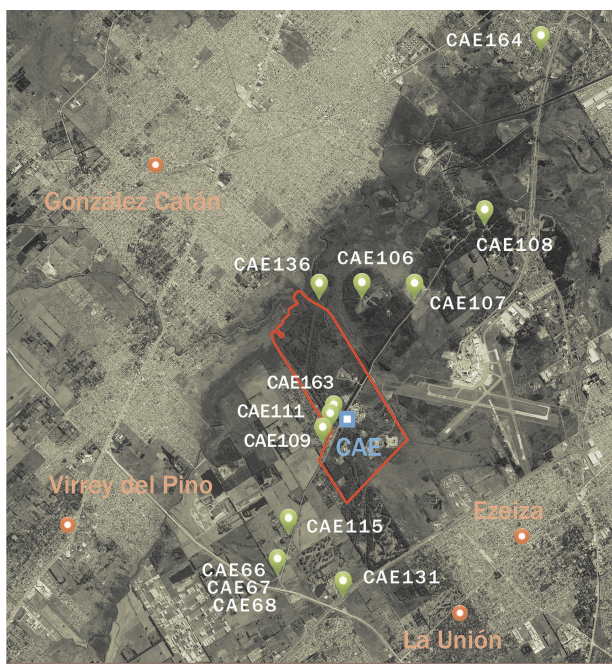
a partir del uso de datos históricos propios y verificó que los resultados de mediciones ambientales presentados por la CNE se mantuvieron dentro de los valores normales esperados.

### Centro Atómico Ezeiza (CAE)

El CAE depende de la CNEA y entre sus instalaciones se destaca la presencia del reactor de investigación RA-3.

Tal como se indicó en el inicio de este apartado, durante 2020 se midieron radionucleidos naturales como uranio y emisores alfa-beta total por encima de los límites de detección en muestras de aguas subterráneas, aguas superficiales, sedimentos y suelos de los alrededores del CAE, siempre en concentraciones bajas y compatibles con los contenidos naturales en las matrices ambientales. Esto se puede afirmar por el hecho de que estos mismos valores se midieron también en los puntos blancos, es decir, aquellos puntos de muestreo no influenciados por las instalaciones controladas.

#### ► Puntos de muestreo en los alrededores del Centro Atómico Ezeiza (provincia de Buenos Aires)



- Centro Atómico Ezeiza
- 📍 Puntos de muestreo

CAE106,107, 108,109,111, 115	Agua de consumo humano (subterránea)
CAE66	Agua subterránea (Acuífero Puelche)
CAE67	Agua subterránea (Acuífero Pampeano)
CAE68	Agua subterránea (Acuífero freático)
CAE131,136	Agua superficial y sedimento (Arroyo Aguirre)
CAE163,164	Suelo

### Complejos minero fabriles

Como se mencionó anteriormente, solo se pudieron realizar los muestreos en el Complejo Fabril Córdoba y en el sitio Los Gigantes, en la provincia de Córdoba.

#### ► Puntos de muestreo en los alrededores del Complejo Fabril Córdoba (provincia de Córdoba)



- Planta de Conversión de Dióxido de Uranio (Dioxitek) (ex Complejo fabril Córdoba)
- 📍 Puntos de muestreo

CFC1	Agua superficial (Dique San Roque)
CFC2,4,5,10,12	Agua superficial (Río Primero)
CFC2,10,12	Sedimento (Río Primero)

En ambos casos, se llevaron a cabo determinaciones de concentración de uranio y de actividad de radio 226 en muestras de aguas superficiales y sedimentos de los cursos y espejos de agua de la zona que pudieran verse impactados, así como en muestras de agua potable. Respecto al agua potable, todos los valores se encuentran por debajo de los niveles guía sugeridos por la OMS, e incluso también, ocurrió lo mismo con las aguas superficiales (no potables). Estos resultados coinciden con lo observado históricamente.

Los resultados indican que los valores medidos representan los contenidos naturales de uranio y radio de las respectivas zonas monitoreadas.



► **Puntos de muestreo en los alrededores del Ex Complejo Minero Fabril Los Gigantes (provincia de Córdoba)**



- Ex Complejo minero fabril Los Gigantes
- Puntos de muestreo

- GIG1 Agua superficial y sedimento (Arroyo Batán)
- GIG2 Agua superficial y sedimento (Arroyo Moreno)
- GIG3,5 Agua superficial y sedimento (Río Cajón)
- GIG4 Agua superficial (Río Cajón)
- GIG6 Agua superficial y sedimento (Arroyo Las Pilas)
- GIG7,8 Agua superficial (Río Cambuche)
- GIG9 Agua superficial y sedimento (Río Icho Cruz)
- GIG10 Agua superficial y sedimento (Río San Antonio)
- GIG11 Agua superficial y sedimento (Arroyo San Antonio)
- GIG12 Agua superficial y sedimento (Dique San Roque)

## LABORATORIOS

**La ARN tiene laboratorios propios y especializados en distintas áreas** para realizar mediciones, calibraciones y evaluaciones que garantizan el aseguramiento de la protección radiológica de los trabajadores, pacientes, el público y el medio ambiente. Son los laboratorios de Dosimetría Biológica (LDB), Control Ambiental (LCA), Dosimetría Física (LDF) y el Laboratorio de Calibración (LC), ubicados en el Centro Atómico Ezeiza.

En ellos se procesan y miden las muestras de aire, agua, suelos, sedimentos y alimentos provenientes del monitoreo radiológico ambiental; y se analizan también las muestras provenientes de la fiscalización y el control llevados a cabo por los agentes de la ARN.

En estos laboratorios también se realiza la dosimetría personal de todos los agentes de la ARN considerados

ocupacionalmente expuestos, la calibración de los equipos de medición de campos de radiación ionizante utilizados por la ARN, la medición directa de la carga corporal en situaciones rutinarias, incidentales o accidentales y la aplicación de dosímetros e indicadores biológicos para la evaluación de distintas situaciones de sobreexposición. Es decir, en vista de potenciales escenarios de emergencias en que hubiera liberaciones o exposiciones accidentales, la ARN cuenta con las capacidades para realizar análisis radioquímicos, de dosimetría física, interna y biológica.

**Estos laboratorios están organizados bajo un sistema de gestión de calidad y las técnicas de laboratorio más relevantes se encuentran acreditadas por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA)**, bajo la Norma ISO/IEC 17025:2017, cumpliendo con las más altas exigencias de la normativa internacional, a fin de asegurar la calidad de sus ensayos y calibraciones.

Durante 2020, la ARN implementó la modalidad “Multisitio” (LE 269), para la acreditación de los laboratorios de ensayo, bajo la Norma ISO/IEC 17025:2017 como resultado de las auditorías externas realizadas por el OAA en 2019. Adicionalmente, el Laboratorio de Calibración (LC 029) se encuentra acreditado bajo la Norma ISO/IEC 17025:2017.

**Los laboratorios de la ARN participan en proyectos de investigación y colaboración, en el marco de programas de cooperación técnica del OIEA y forman parte de redes internacionales** como la Red de Respuesta y Asistencia (RANET), el REMPAN-BioDoseNet y la Red de Laboratorios Analíticos para la Medición de la Radiactividad Ambiental (ALMERA), y participan en ejercicios de intercomparación que tienen como fin asegurar la calidad de las mediciones.

Los laboratorios participaron durante 2020 en ejercicios de intercomparación con laboratorios internacionales reconocidos y realizaron las siguientes tareas a fin de asegurar la calidad de las mediciones:

- ◀ Análisis y envío de resultados finales correspondientes a la intercomparación INTC07-2019 llevada a cabo por el proveedor de ensayos *Health Canada*. Participación en la intercomparación organizada por el OIEA para estroncio-90 y actividad alfa y beta en aguas, y espectrometría gamma en aguas, pescado y filtros.
- ◀ Preparación y envío de los dosímetros para la participación en la intercomparación de dosimetría de cuerpo entero para fotones organizada por el Grupo Europeo de Dosimetría de Radiación (EURADOS, por sus siglas en inglés).





- ◀ Confección del informe interno de los resultados de la comparación de dosimetría personal organizada en 2019 y realización de una reunión virtual con los participantes para la comunicación de los resultados.
- ◀ Mantenimiento y verificación de equipos por parte del personal de los distintos laboratorios de ensayo y calibración.
- ◀ Aseguramiento de la calidad de los ensayos del Laboratorio de Dosimetría Biológica, evaluación de condiciones de esterilidad, viabilidad celular y verificación de reactivos mediante el ingreso de cultivos de linfocitos, a partir de muestras de donantes sanos.
- ◀ Continuación del estudio de estabilidad de la curva de eficiencia del Contador de Todo el Cuerpo.
- ◀ Verificación del funcionamiento de equipos/fuentes y sistemas de seguridad del laboratorio de neutrones.
- ◀ Finalización del estudio de la influencia del fading en las etapas pre y post-irradiación de cristales TLD-700 en el Laboratorio de Dosimetría Personal.

#### ACTIVIDADES TÉCNICAS ESPECÍFICAS DESARROLLADAS

Con el objetivo de garantizar la adecuada protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente, la ARN cuenta con laboratorios y equipamiento apropiados, así como con personal especializado que lleva a cabo la implementación de metodologías tanto en mediciones como en evaluaciones y sus validaciones en las diferentes áreas de trabajo, tanto en situaciones rutinarias como incidentales.

Se realizan tareas relacionadas al control regulatorio por parte de la institución en las siguientes áreas específicas:

- ◀ Realización del monitoreo radiológico ambiental, monitoreo de descargas, y la evaluación del impacto radiológico ambiental.
- ◀ Análisis de dispersión de contaminantes en el ambiente.
- ◀ Evaluaciones de seguridad radiológica en diferentes escenarios de exposición, en instalaciones y prácticas autorizadas.
- ◀ Evaluaciones de seguridad radiológica en la gestión de residuos radiactivos y combustibles gastados.
- ◀ Evaluaciones de las descargas de material radiactivo al ambiente e inspecciones de radioprotección en centrales nucleares.
- ◀ Evaluación de la exposición interna en trabajadores, miembros del público y en pacientes en el caso de nuevas terapias metabólicas con diferentes radiofármacos en el ámbito de medicina nuclear.
- ◀ Determinación de radionucleidos retenidos en el cuerpo y evaluación de la dosis asociada.
- ◀ Dosimetría personal y ambiental.
- ◀ Calibración de equipos de medición de radiación.
- ◀ Determinación de campos gamma, beta, neutrones y su evaluación dosimétrica.
- ◀ Mediciones y evaluaciones de Dosimetría Biológica y de Radiosensibilidad Individual.
- ◀ Determinación de indicadores diagnósticos y pronósticos en situaciones de sobreexposición accidental y evaluaciones en Radiopatología.
- ◀ Evaluación de blindajes.
- ◀ Evaluaciones de seguridad radiológica para la prevención de accidentes de criticidad.
- ◀ Medición de radón en ambientes laborales y en viviendas.
- ◀ Asesoramiento a médicos en materia de radioprotección a partir de evaluaciones dosimétricas y radiobiológicas.

## Intervención y actuación en emergencias

La Autoridad Regulatoria Nuclear mantiene un **sistema permanente de intervención ante emergencias radiológicas y nucleares (SIER/SIEN)**, que se encuentra operativo las 24 horas los 365 días del año y responde ante situaciones que pudieran exponer al público a las radiaciones ionizantes sin control.

Sistema de intervención en emergencias	
<b>SIEN</b> Emergencias Nucleares	Emergencias originadas por accidentes en centrales nucleares, con consecuencias en el exterior de la instalación.
<b>SIER</b> Emergencias Radiológicas	Emergencias radiológicas en espacios públicos, y en toda instalación que haya manejo de material radiactivo, o que involucre a la población.

Este sistema planifica y coordina la implementación de acciones de respuesta en conjunto con otras organizaciones. Como parte de las actividades llevadas a cabo en la etapa de preparación, se brindan capacitaciones a organizaciones de respuesta de todo el país, que pudieran intervenir como primeros actuantes ante una emergencia.

### PREPARACIÓN Y RESPUESTA EN EMERGENCIAS

Como parte de las tareas de preparación ante una emergencia, la ARN difunde las medidas de protección para la población y las acciones a implementar por las autoridades correspondientes que participan en la respuesta de una emergencia radiológica o nuclear.

**Durante 2020, se brindaron capacitaciones externas a más de 600 personas a través de cursos, talleres y charlas de difusión**

(ver tabla en página 43). Las mismas, comenzaron de manera presencial y luego se adaptaron a una modali-

Para ello, **la ARN realiza actividades de capacitación y difusión** dirigidas a organizaciones de respuesta, instituciones civiles y educativas. Durante 2020, se brindaron capacitaciones externas a través de cursos, talleres y charlas de difusión a más de 600 personas

dad virtual para lograr su continuidad en el contexto de la pandemia por COVID-19. Así, se trabajó en la adaptación de contenidos al formato *e-learning* para ser utilizados en cursos y talleres que permitieron brindar de manera virtual, entre otras actividades, las charlas de difusión y capacitación del simulacro de la Central Nuclear Embalse (CNE) de 2020, garantizando el acceso a la información a todos los establecimientos educativos dentro del radio de los 10 km de la CNE.



Docentes y directivos de escuelas cercanas a la Central Nuclear Embalse recibieron Capacitaciones en la Preparación para la Emergencia Nuclear



Participantes del Curso a Primeros Respondedores en la Preparación en Emergencias Radiológicas, destinado al personal de Bomberos Voluntarios (marzo 2020)

Asimismo, en el marco de los Ejercicios de Aplicación del Plan de Emergencia Nuclear, la ARN mantiene una fluida relación con autoridades y organizaciones involucradas en la respuesta ante una emergencia. En el 2020, la ARN mantuvo el contacto virtual, debido a la pandemia por COVID-19, con organizaciones gubernamentales

mentales, provinciales y nacionales como la Dirección de Defensa Civil de la provincia de Córdoba, la Secretaría de Protección Civil de la Nación, el Ministerio de Defensa de la Nación y Nucleoeléctrica Argentina S.A., entre otros, para todo lo concerniente al 38° Ejercicio Anual de Aplicación del Plan de Emergencia de la Central Nuclear Embalse.

En el ámbito internacional, la ARN participó de manera virtual como observador de tres simulacros destinados al personal de los reactores de investigación RA-O, RA-4 y RA-6, así como también del Ejercicio de Preparación y Respuesta para Casos de Emergencias Nucleares y Radiológicas (ConvEx-OIEA), realizado de manera virtual.

Asimismo, la ARN participó de las siguientes reuniones, siendo las más relevantes:

- ◀ 10° Reunión Virtual de Autoridades Competentes bajo la Convención de Pronta Notificación en caso de Accidente Nuclear y la Convención de Asistencia en caso de Emergencia Radiológica o Accidente Nuclear, realizada del 15 al 19 de junio de 2020, donde la ARN tuvo dos presentaciones.
- ◀ Reunión Virtual sobre Implementación del Sistema Internacional de Monitoreo de la Radiación (IRMIS), realizada del 29 de septiembre al 1° de octubre de 2020.
- ◀ Evento virtual de la Red internacional de educación y formación para la preparación y respuesta ante emergencias (INET-EPR) para la región de las Américas, realizado del 9 al 13 de noviembre de 2020.
- ◀ Reunión Virtual Grupo B de la Red internacional de educación y formación para la preparación y respuesta ante emergencias (INET-EPR) sobre Educación y Académicos, que tuvo lugar el 17 de diciembre de 2020.

#### SIMULACRO CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

Los planes de contingencia para el caso de accidentes nucleares involucran a la central nuclear, a la población de los alrededores y a las organizaciones de respuesta. La ARN aprueba esos planes y es responsable de conducir y coordinar las medidas de protección durante una eventual emergencia. **Cada año se realiza el Ejercicio de Aplicación del Plan de Emergencia (simulacro) en las centrales, requerido en la Licencia de Operación.**

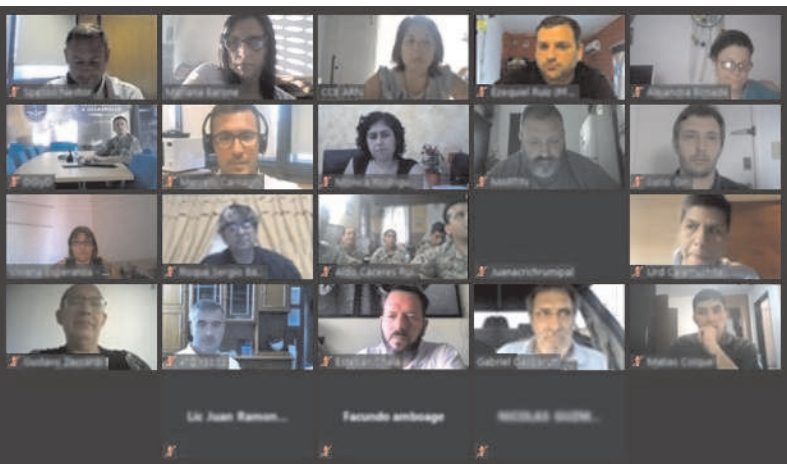
Debido a la emergencia sanitaria por la pandemia del COVID-19, el 38° Ejercicio Anual de Aplicación del Plan de Emergencia y los escenarios que se practican normalmente como monitoreo ambiental, descontaminación de personas y vehículos, reparto de comprimidos de lodo a la población, evacuación y puesta a cubierto, entre otros, no se pudieron desarrollar de manera presencial. Por esta razón, el ejercicio externo de la Central Nuclear Embalse debió realizarse de manera virtual, el 11 de diciembre de 2020. Se realizó la reunión final, en formato virtual, encabezada por personal de la ARN y de NA-SA. Participaron de ella el personal del Ministerio

#### Actividades de capacitación y difusión para organizaciones de respuesta e instituciones civiles

Actividad y temática	Modalidad	Destinado a
Cursos a Primeros Respondedores en la Preparación en Emergencias Radiológicas	Presencial/ Virtual	Un curso presencial estuvo destinado a personal de Bomberos Voluntarios de distintas localidades de la provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.  Otros dos cursos online, realizados en coordinación con la Defensa Civil de la provincia de Buenos Aires, estuvieron destinados a dicho personal, Policía y Bomberos Voluntarios de la Provincia de Buenos Aires, servicios médicos de emergencia y otras organizaciones dependientes del Ministerio de Seguridad de la provincia de Buenos Aires.  Un tercer curso online estuvo destinado a personal de la Federación de Bomberos Voluntarios Bonaerenses Regional V.
Capacitaciones en la Preparación para la Emergencia Nuclear - Plan de Emergencia Central Nuclear Embalse	Virtual	Capacitaciones al personal docente de 27 establecimientos educativos del nivel inicial (maternal y jardín), nivel primario (2° a 6° grado) y nivel secundario, de las localidades de Embalse, Villa del Dique, Villa Rumipal, La Cruz y Villa Quillinzo, en la provincia de Córdoba.
Reunión Irradiador móvil IMCO-20 e Irradiador móvil IMO-1	Virtual	Personal de ambas instalaciones, responsables de seguridad e higiene de la instalación, la GSRFyS y la SIERYN. La reunión tuvo por objetivo tratar los temas relevantes y necesarios para la elaboración del Plan de Emergencia de la instalación y brindar capacitación sobre el SIER/SIEN, las fuentes radiactivas y sus usos, y la respuesta ante emergencias con ejemplos de las emergencias nacionales e internacionales.
Asignatura "Emergencias" en el Curso Básico de Protección Radiológica.	Virtual	Destinado a los alumnos de la edición 2020 del Curso Básico de Protección Radiológica, dictado por la ARN (ver Capítulo 6).



de Defensa de la Nación, Ministerio de Seguridad de la Nación, SINAGIR, Fuerza Aérea Argentina, Ejército Argentino, Gendarmería Nacional Argentina, Policía Federal Argentina, Defensa Civil de Provincia de Córdoba, Municipalidad de Villa Rumipal y Municipalidad de Embalse. En esta reunión se analizaron las responsabilidades de cada una de las organizaciones participantes y las medidas que se tomarían en caso de declaración de alerta verde o alarma roja.



Reunión final virtual del 38° Ejercicio Anual de Aplicación del Plan de Emergencia en la Central Nuclear Embalse

### INTERVENCIONES EN EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

Durante el 2020, el Sistema de Intervención en Emergencias Radiológicas (SIER) de la ARN fue requerido en varias oportunidades, entre las que se destacan:

- ◀ El 3 de febrero de 2020 recibió el llamado de un organismo público informando del robo de un equipo portátil medidor de humedad con fuente radiactiva, en la localidad de Valle Viejo, provincia de Catamarca, dando aviso al SINAGIR. El 5 de febrero de 2020, ARN confirmó que el equipo y la fuente radiactiva alojada en su interior fueron encontrados en perfectas condiciones de seguridad. El blindaje del equipo no presentó signos de haber sido vulnerado, por lo cual el material radiactivo no estuvo en contacto con las personas ni el medio ambiente. El equipo fue trasladado al predio del INTA en Valle Viejo para su guarda segura.
- ◀ El 13 de julio de 2020 fue notificado por una empresa industrial, dedicada a la fabricación de acero en la provincia de Santa Fe, de la fundición, de manera inadvertida, de una fuente radiactiva de Cs-137 (Cesio 137). Dicha fuente, de origen desconocido, se encontraba blindada por la chatarra de fundición, lo que no permitió que fuera detecta-

da por el portal de detección de material radiactivo que la empresa tiene en el ingreso a la acería. Personal de la ARN se trasladó al lugar, donde realizó mediciones y muestreos que luego fueron analizadas en los laboratorios de la ARN. Como resultado, la ARN comprobó, a través de mediciones realizadas en los polvos y partículas generadas en el horno de fundición, y la determinación de la baja concentración y contaminación de los residuos, que se trataba de una fuente de baja actividad y que representa un riesgo bajo, tanto para los trabajadores de la planta como para el público y el medio ambiente. También se verificó el buen funcionamiento de los dispositivos de detección de material radiactivo de la planta industrial. La ARN realizó el análisis y los estudios pertinentes para definir la mejor disposición final y tratamiento de los residuos contaminados.

- ◀ El 28 de octubre de 2020 recibió el llamado de un vecino de la ciudad de Carhué, provincia de Buenos Aires, informando sobre el hallazgo de una fuente radiactiva en la vía pública. A partir de la denuncia, personal del Grupo de Intervención Primaria del SIER estableció contacto con la Municipalidad de Carhué y confirmó, a través de la Dirección de Bromatología, que se trataba de una fuente de calibración de Americio 241 (Am-241) que había sido encontrada en un contenedor de residuos y materiales en desuso. La Brigada de Riesgos Especiales de la Policía Federal Argentina, en coordinación con la ARN, acudió a la ciudad de Carhué y realizó las mediciones correspondientes, constatando que la fuente se encontraba inalterada. Finalmente, se trasladó la fuente hasta la ciudad de Buenos Aires para su guarda segura, en dependencias de la ARN, hasta determinar su disposición final.