



CCHEN
Ministerio de Energía

Gobierno de Chile

Cuenta Pública Participativa

Comisión Chilena de Energía Nuclear

2019



Índice

5

Quiénes Somos

Misión / Visión [5]
Estructura Corporativa [5]
Dónde estamos [7]
Mejoras realizadas en 2019 [8]

9

Valor público

Salud [10]
Alimentos [15]
Sustentabilidad y M. Ambiente [18]
Minería e Industria [20]
Investigación Nacional [25]

29

CCHEN 24/7

Regulación nuclear y radiológica [30]
Protección Radiológica [33]
Control de ventas del litio [39]
Asesoría técnica sobre generación de energía en centrales nucleares [41]

43

Servicio Público

Participación del público, vinculación e interacción [44]
Medición de interacción y canales de acceso a la información [47]
Capital Humano [50]

53

Políticas públicas de excelencia

Cumplimiento de metas [54]
Actualización de estándares [54]
Gestión de recursos [57]

59

Gestión presupuestaria

Presupuesto de la CCHEN [60]
Ejecución presupuestaria [61]

Cuenta Pública 2019

Saludo Director Ejecutivo de la CCHEN



Jaime Salas Kurte, Director Ejecutivo de la CCHEN

A la comunidad nacional:

Tengo el agrado de presentar la Cuenta Pública de la gestión que, en 2019, desarrollamos en la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

Es un relato de servicio y contribución de una organización pública que, creada en el año 1964, forma parte de los institutos científicos y de investigación del Estado. Como tal, se pone a disposición de las políticas públicas sectoriales, para brindar conocimientos y técnicas a la labor interdisciplinaria que requiere el Estado para responder a los requerimientos de las personas y de los distintos estamentos de la sociedad.

En primer lugar, poseemos un potencial de aporte, con evidencia de base científica para la gestión pública, que ha demostrado su importancia en la crisis sanitaria global del COVID-19. En nuestro caso, y en demandas muy complejas de alcance nacional, se puede aplicar para temas como el manejo del agua

y el medio ambiente. En segundo lugar, tenemos la capacidad de generar valor público con bienes y servicios específicos.

Es así como la CCHEN contribuye con insumos únicos para la medicina nuclear y para el desarrollo industrial, minero, alimentario y agrícola, entre muchas otras áreas sociales y económicas, y todo ello bajo un estricto apego a las normas de seguridad nuclear y radiológica, velando por el cuidado de las personas y el medio ambiente.

La CCHEN está en un continuo proceso de evolución, desde su nacimiento, en la época en que Chile enfocaba todos sus recursos del área de la ciencia y la tecnología en la creación de oferta de productos y servicios que hacen uso de técnicas nucleares, hasta el día de hoy, en que los esfuerzos están centrados en fortalecer a aquellos que requieren de nuestra contribución. Esto significa que gran parte de nuestro quehacer se desarrolla a través de nuestros desafíos de creatividad, teniendo claramente identificados los públicos que día a día se beneficiarán mediante el conocimiento y tecnología del área, dando respuestas concretas a las nuevas necesidades de la sociedad.

Todos los procesos, que van desde la elaboración de un radioisótopo y un radiofármaco, hasta la ionización de sangre para enfermos inmunodeprimidos, o desde la creación de ingenios para estudios en el campo de la física de plasmas y de partículas, hasta la aplicación de la tecnología nuclear en cultivos y en la industria, han integrado componentes de ingeniería e investigación, donde profesionales y técnicos adaptan y desarrollan los sistemas, para una óptima utilización de los isótopos y las radiaciones ionizantes.

Ese espíritu resume lo que la CCHEN representa como grupo de servidores públicos que asumen con generosa entrega su labor para con la sociedad, a la cual nos debemos.

En esta Cuenta Pública, que les invito encarecidamente a leer y a plantearnos sus consultas o sugerencias, ustedes podrán no solo verificar la contribución de la CCHEN a nuestra sociedad, sino que también conocerán sobre su rol como Institución inserta en el concierto internacional, en el marco de redes colaborativas y de múltiples proyectos de cooperación técnica al alero del Organismo internacional de Energía Atómica.

Con tenacidad y dedicación, hemos podido levantar iniciativas de investigación en los diversos sectores clave del país, proyectos que podrán conocer en esta Cuenta y que ponen de manifiesto nuestra identidad y compromiso como Institución técnica.

Al mismo tiempo, y en el ámbito de los servicios, podrán acercarse a hitos concretos con los que buscamos expresar la magnitud de nuestra contribución: aporte a hospitales y clínicas para la atención de pacientes con enfermedades catastróficas; servicios de irradiación que involucraron 1.800 toneladas de alimentos, 11.000 cajas de material médico-quirúrgico y 100 toneladas de otros materiales; a ello se suma el ejercicio de nuestro rol regulatorio a nivel nacional, producto de lo cual evaluamos y fiscalizamos de más de 400 instalaciones radiactivas, en industria, medicina y academia, a lo largo del país, entre otros muchos ejemplos.

No puedo terminar esta breve introducción a nuestra Cuenta Pública, sin hacer mención a la crisis sanitaria, sin precedentes, que afecta al país y a la humanidad, la que ha puesto a prueba todo el sistema público de nuestro país.

La CCHEN, al igual que sectores tan importantes y demandados como el de la salud, continúa trabajando con mayor fuerza, ya sea a distancia u operando nuestras instalaciones críticas, gracias a la labor de nuestros funcionarios y funcionarias, que nos permite seguir entregando insumos fundamentales para la medicina nuclear y la industria; proveer protección radiológica y contribuir a través del desarrollo de la ciencia y tecnología, a diversas áreas de impacto social y económico. En esencia, se trata del esfuerzo de una Institución centrada en la entrega de valor público a nuestra sociedad.

Jaime Salas Kurte
Director Ejecutivo CCHEN

Cuenta Pública Participativa

Gestión 2019

QUIÉNES SÓMOS

La CCHEN es el organismo público dedicado a la investigación, desarrollo y aplicación de los usos pacíficos de la energía nuclear y de las radiaciones ionizantes, y de la regulación en protección radiológica y seguridad nuclear de algunas instalaciones del país. Aporta a la difusión y promoción de este conocimiento, y debe asesorar en estas materias a las autoridades.

Posee una dotación integrada por cerca de 300 profesionales de diversas disciplinas científicas, de ingeniería, técnicas y administrativas, con vocación de servicio, un equipo de personas que transforma el conocimiento en valor público y contribuye así al desarrollo del país y la sociedad.

MISIÓN

Ejercer su rol de institución pública, fomentando y desarrollando la investigación, el conocimiento y la provisión de productos y servicios, en el ámbito de la energía, las radiaciones ionizantes, tecnologías nucleares y afines. Normar y fiscalizar su uso pacífico y seguro para la sociedad y el medio ambiente.

VISIÓN

Ser reconocidos a nivel nacional e internacional como un referente público en la investigación, desarrollo, regulación y uso pacífico de aplicaciones nucleares.

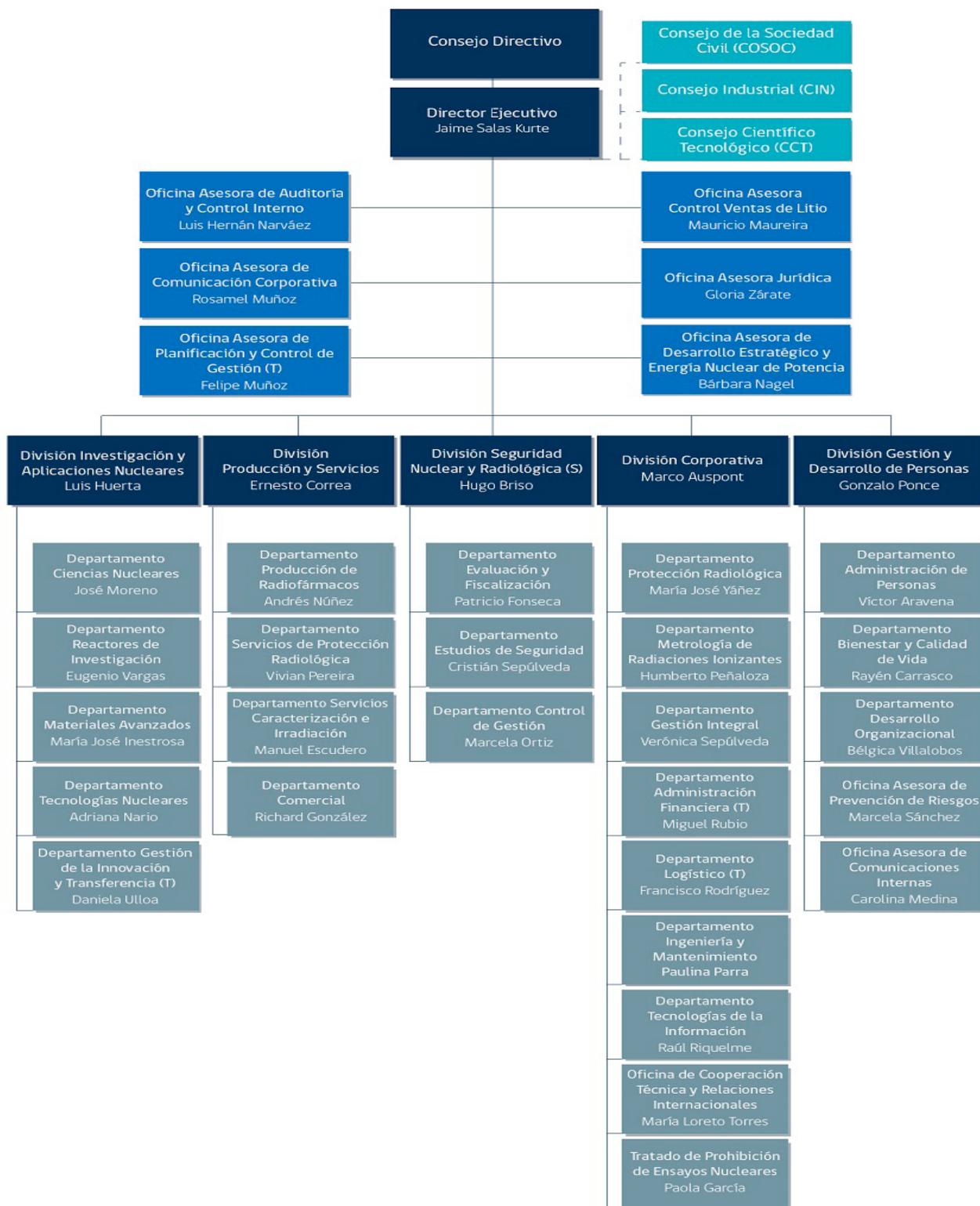
ESTRUCTURA CORPORATIVA

Consejo Directivo

Nombre	Cargo	Representación
Francisco López Díaz*	Presidente CCHEN	Presidente de la República
Julio Baeza Von Bohlen	Vicepresidente CCHEN	Comandante en Jefe Ejército de Chile
Juan Zolezzi Cid	Consejero CCHEN	Consejo de Rectores Universidades Chilenas
Francisco Mackay Imboden	Consejero CCHEN	Comandante en Jefe Armada de Chile
Rafael Carrère Poblete	Consejero CCHEN	Comandante en Jefe Fuerza Aérea de Chile
Josselin Novoa Carrasco*	Consejero CCHEN	Ministerio de Salud
Renato Agurto Colima*	Consejero CCHEN	Ministerio de Energía

*Francisco López y Josselin Novoa se integraron en 2019; Renato Agurto, en 2020.

ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA



*Director Ejecutivo asumió su función en julio de 2019.

DÓNDE ESTAMOS

Centro de Estudios Nucleares La Reina (Comuna de Las Condes)

- Reactor Nuclear Experimental Chileno RECH-1
- Ciclotrón (acelerador de partículas)
- Laboratorios de investigación en plasma, investigación nuclear, activación neutrónica, agricultura, radiobiología vegetal, plasma acoplado inductivamente y radiobiología celular y molecular
- Planta de producción de radioisótopos y radiofármacos
- Laboratorio para medición de radiaciones ionizantes (patrones secundarios)
- Banco de tejidos esterilizados (Convenio Minsal)
- Laboratorio de irradiaciones para inocuidad de insumos médicos con radiación ionizante
- NuColab: centro colaborativo para el ecosistema científico y tecnológico. Sede Biblioteca

Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre (Comuna de Pudahuel)

- Reactor Nuclear Experimental Chileno RECH-2, en estado de apagado prolongado, sin combustible nuclear
- Planta de producción de radioisótopos y radiofármacos
- Planta de Irradiación Multipropósito: preservación e inocuidad de alimentos e insumos
- Planta de fabricación de combustible nuclear
- Laboratorios y Planta Piloto de Metalurgia Extractiva
- Laboratorios de análisis químico y de nuevos materiales
- Planta de tratamiento y almacenamiento de fuentes radiactivas gastadas y en desuso
- Sede de la Biblioteca

Sede Amunátegui 95 (Comuna de Santiago)

- Oficinas administrativas
- Oficina Asesora de Comunicación Corporativa, Participación Ciudadana y OIRS

Estaciones de monitoreo

- Participamos en la red global de monitoreo de ensayos nucleares con cuatro estaciones en Rapa Nui, Juan Fernández, Punta Arenas y Limón Verde (cercana a Calama)
- Mantenemos nueve estaciones de Arica a Puerto Montt, para medir radiactividad ambiental



De izq. a der.: CEN Lo Aguirre, Sede Amunátegui y CEN La Reina.

Infraestructura: principales mejoras realizadas en 2019

Nuevo Laboratorio de Radioquímica

Ubicado en el CEN La Reina, esta nueva facilidad era uno de los requisitos para aumentar la producción del radiofármaco Flúor-18 FDG, uno de los más usados en medicina nuclear. En 2019 se cumplieron los hitos principales: montaje de celda blindada de producción marca ITD (Isotope Technologies Dresden), actualización del Ciclotrón y nuevo equipamiento para testeo. En 2020 se realizará la síntesis de FDG y una quinta prueba de transferencia de Flúor-18, aumentando de 6 a 7 curies la cantidad.

Puesta en marcha del Laboratorio Químico de Nuevos Materiales

El laboratorio, equipado para la síntesis química de nuevos materiales orgánicos e inorgánicos, se ubica en el CEN Lo Aguirre y se orienta a apoyar investigaciones y aplicaciones industriales, tales como nuevas tecnologías de celdas fotovoltaicas.

Expansión del Laboratorio de Investigación Nuclear (LIN)

Instalación enfocada en la investigación fundamental de elementos y de partículas subatómicas, como los neutrones, en conjunto con laboratorios internacionales. Se amplió la superficie útil del 2° piso del Galpón de Transferencias Tecnológicas, ubicado en el CEN La Reina, espacio que se suma en su totalidad al LIN.

Laboratorio de Radiobiología Vegetal (CEN La Reina)

Para desarrollar investigación básica y aplicada, y de manejar radiaciones en tejidos vegetales, se habilitó un espacio y se adquirieron equipos para análisis molecular, bioquímico y fisiológico. Hoy se estudia radiohormesis de especies forestales y se explora su aplicación a una especie halófila (*Sarcocornia nee*), que tiene excelente desempeño en suelos contaminados (fitoremediación). Gracias a nuevo equipo irradiador gamma autoblandado y al Laboratorio de Cultivo de Tejidos, se busca responder a desafíos en I+D con universidades e interesados.

Instalación centralizada de fuentes radiactivas gastadas y en desuso (CEN Lo Aguirre)

La CCHEN inició ampliación de su planta centralizada de almacenamiento para fuentes radiactivas gastadas y en desuso, que tendrá una superficie de 598.52 m². Materializada con la técnica de hormigón visto, estas obras incluyen mejores sistemas para seguridad, control de acceso, detección de incendios, detección de radiación y comunicaciones, entre otras.

Reemplazo boya de señalización del Sistema Internacional de Vigilancia del Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares en Bahía Cumberland, Isla Juan Fernández

Se reemplazó la boya de señalización de la zona de prohibición de fondeo, que es parte del sistema de protección de cables submarinos que llegan a la Isla con información captada por la Estación Hidroacústica HA03. Implicó amplia coordinación logística, en Santiago y en la Isla, que contó con apoyo de la Municipalidad de Juan Fernández y de la Capitanía de Puerto.



Proceso de restauración y traslado de boya ubicada en la Isla Juan Fernández.

VALOR PÚBLICO

Conocimiento y servicio
a sectores clave de la
sociedad



VALOR PÚBLICO: CONOCIMIENTO Y SERVICIO A SECTORES CLAVE DE LA SOCIEDAD

Contribución a la salud

Investigación:

– Aportes en la búsqueda de nuevos tratamientos médicos

- Los laboratorios de Activación Neutrónica y de Radiobiología Celular y Molecular apoyan investigación de la Universidad de Chile en el desarrollo de nanopartículas de Oro-198, para su uso en enfermedades crónicas.

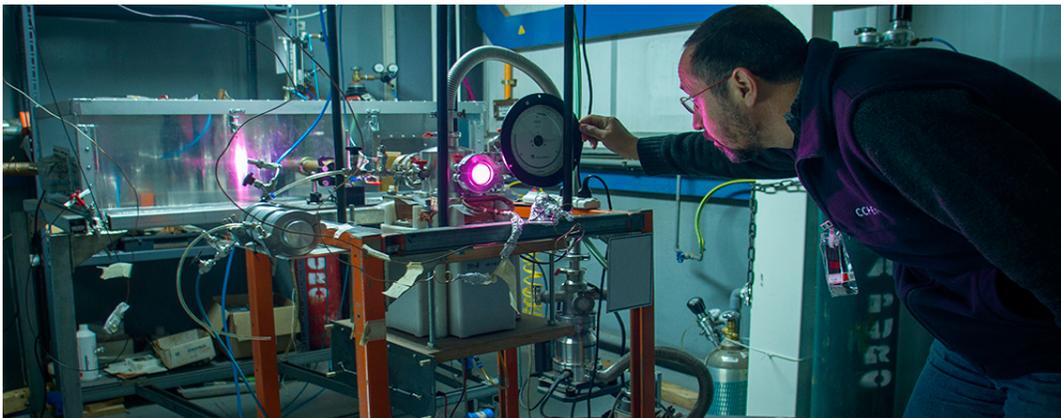
La metodología permitirá incorporar nueva herramienta basada en el uso de nanopartículas de oro radioactivadas. Así, las instituciones usuarias podrán desarrollar nuevos tratamientos para terapia y diagnóstico de enfermedades crónicas y generar un mayor conocimiento biológico. El proyecto continúa en 2020, junto a investigadores de la Universidad de Chile.

Las partículas son funcionalizadas para evaluar biodistribución in vivo y ex vivo, mediante detección en el cuerpo del paciente usando rayos gamma, de modo de simular los radiofármacos usados comúnmente en la medicina nuclear.

En un breve periodo de tiempo se realizaron 30 irradiaciones de vida media corta para estudiar el comportamiento físico-químico y radioquímico de las partículas estabilizadas y activadas. Al término del período, se logró obtener imágenes de un ensayo preliminar realizado in vivo, administrando las nanopartículas de Oro-198 activadas.

- Laboratorio de Plasmas y Fusión Nuclear estudia efectos biológicos de fuentes tipo plasma focus, para potencial aplicación biomédica. Buscan establecer condiciones experimentales básicas para estudiar el efecto de radiaciones pulsadas en modelos in vitro (cultivos celulares) y ex vivo (esferas de células malignas - modelo de cáncer). Se investiga efecto y mecanismos celulares de respuesta a la radiación, y la caracterización de las fuentes de emisión pulsada desarrolladas en la CCHEN.

En 2019, se desarrollaron las metodologías y se iniciaron los ensayos de laboratorio para evaluar la aplicación de distintos modelos biológicos in vitro y ex vivo en estudio de emisiones de fuentes pulsadas.



Investigadores diseñan y fabrican sus propios dispositivos para experimentos de plasma focus.

- Proyecto FONDECYT Postdoctorado (3190396): “Rol de los ARNs no codificantes exosomales en la inducción del daño en el ADN, secundario a la radiación ionizante”.

En este proyecto se evaluó el rol de los ARNs no codificantes en exosomas secretados por células expuestas a radiación, para indagar el mecanismo de daño en el ADN observado en el efecto de vecindad. Como hipótesis se plantea que ARN no codificantes presentes en exosomas provenientes de células HCT-116 expuestas a radiación, inducen daño en el ADN de las células receptoras.

– **Técnicas de análisis para estudios de salud humana**

- Con la técnica ICP-MS de análisis con plasma acoplado inductivamente, se analizaron muestras para proyectos de universidades:
 - Se determinó ⁶⁷Zn por relación isotópica a 100 muestras de orina, en el marco de un convenio con el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.
 - Se analizaron 115 muestras de suelo (Mn, Cu, As, Hg, Pb), provenientes de la Región del Maule, en el marco de un convenio con el Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- En 2019, se procesaron y analizaron muestras para evaluar alteraciones estructurales y de matriz extracelular, presencia y calidad de fibras colágenas y elásticas, con técnicas histológicas y de microscopía. Los resultados se reportarán en una publicación científica.

Producción:

– **Radiofármaco Flúor-18 FDG, insumo clave para la medicina nuclear**

Producido gracias al Ciclotrón ubicado en el CEN La Reina, este insumo es usado para realizar imágenes médicas por medio de la técnica PET/PET-CT. El FDG es considerado el radiotrazador estándar para realizar imágenes PET, siendo utilizado ampliamente en el diagnóstico de pacientes con cáncer. En 2019 se beneficiaron 3829 pacientes.

La CCHEN ha redoblado los esfuerzos para mejorar la disponibilidad de este producto, realizando las siguientes actividades en 2019:

- **Fortalecimiento y creación de capacidades tecnológicas para proveer radiofármacos a la red pública de salud**

El proyecto, financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), responde al Marco Nacional del Programa del País (MPP), referido a la “Reducción de la morbilidad, la discapacidad y la mortalidad prematura por enfermedades crónicas no transmisibles” y al “Fortalecimiento del marco institucional del sector público”.

Así, para dar continuidad y seguridad al suministro de Flúor-18 a clínicas y hospitales, el área del Ciclotrón reemplazó y actualizó sus componentes críticos. Las mejoras incluyeron la actualización de dispositivos hardware, junto con capacitación y entrenamiento para el equipo de trabajo.



Equipo Ciclotrón, en plena producción de radiofármacos.

- **Aumento de capacidad de producción de Flúor-18 FDG**

En 2019 se avanzó en la implementación de mejoras en el nuevo Laboratorio de Radioquímica.

Estas incluyeron la actualización del Ciclotrón, nuevo equipamiento de producción, inspecciones por parte del órgano regulador y pruebas del proceso.

En 2020 culmina la fase de ingeniería necesaria para las últimas pruebas de aumento de producción y puesta en operación.

- **Cápsula de gelatina de Yodo-131 se incorpora a la oferta de productos CCHEN para la salud de Chile**

A fines de 2019, el Laboratorio de Radioquímica del CEN Lo Aguirre introdujo en el mercado las nuevas cápsulas de gelatina de Yodo-131, un producto de alta demanda en la actualidad. Este es utilizado para diagnóstico y tratamiento de enfermedades de la tiroides y de determinados tipos de cáncer.

Para desarrollo este producto, se realizaron las siguientes actividades:

- Comisionamiento, autorización del órgano regulador y puesta en operación de la celda (cámara blindada) de producción de Yodo-131.
- Instalación de equipo fraccionador de cápsulas de gelatina en celda N° 4.
- Preparación de cápsulas para dosificación con Yodo-131.
- Prueba y retroalimentación con instituciones usuarias: Hospital Militar, Instituto Nacional del Cáncer, Hospital Gustavo Frické, Hospital San Juan de Dios y Clínica Las Condes, entre otras. Las opiniones recibidas fueron positivas, desde el punto de vista de la seguridad radiológica y de su calidad farmacéutica.

- **Radioisótopos producidos con Reactor Nuclear**

En Chile se realizan alrededor de 121.000 diagnósticos de medicina nuclear utilizando Tecnecio-99m y productores privados, provenientes de la CCHEN. Se estiman diez diagnósticos diarios por equipo. El reactor nuclear RECH-1 opera dos veces por semana todo el año para satisfacer, principalmente, esta demanda.

Durante 2019, la producción de radioisótopos de reactor se realizó en el Laboratorio de Radioquímica del CEN Lo Aguirre, por cuanto se trata de una instalación de respaldo que permite asegurar la continuidad de la producción de los productos más demandados en Chile (Tecnecio-99 y Yodo-131). Se realizaron 272 producciones, de las cuales 233 fueron de Tecnecio-99 y 39 de Yodo-131.

En la siguiente tabla se comparan las cifras de producción entre los años 2017 y 2019:

N° Producción	Año			
	2016	2017	2018	2019
Tecnecio-99	243	237	242	233
Yodo-131	43	51	59	39
Total	286	288	301	272

La caída de la producción que se produjo el año pasado en Tecnecio-99 y Yodo-131 se debe, principalmente, a los efectos producidos por los acontecimientos sociales a partir del 18 de octubre, que afectó a todas las líneas de producción debido a la dificultad de traslado por bloqueo de rutas.

Adicionalmente, en el caso del Yodo-131 hay que agregar que el suministro hasta diciembre de 2019 fue solo yodo en solución y la preferencia de la Medicina Nuclear se inclina por el yodo en cápsulas, producto que se comenzó a entregar en enero de 2020.

– **Otros componentes importantes en radiofarmacia: Liofilizados y Control de Calidad**

- El Área Liofilizados cumple la función de producir ocho tipos de kits para marcación con Tecnecio-99 de las células en la zona de la enfermedad y así posibilitar el diagnóstico. Se respondió oportunamente a las 131 solicitudes recibidas, lo que significó abastecer a 25 clientes, entre hospitales, clínicas y laboratorios clínicos, 20 de ellos en Santiago y 5 en regiones.
- Se realizaron 1395 ensayos de control de calidad a productos del área, según la siguiente distribución: 233 ensayos de Tecnecio-99, 40 de Yodo-131, 4 de cápsulas de Yodo-131, 259 de Flúor-18 FDG, 214 de compuestos liofilizados y 554 análisis a reactivos e insumos a utilizar en manufactura.

Las operaciones de Control de Calidad se desarrollaron bajo los estándares de la Norma Técnica N° 139 de Buenas Prácticas de Laboratorio, NCh-ISO 9001:2015 y NCh-ISO 17025:2017.

– **Insumos médicos asépticos: contribución del sistema de irradiaciones a la salud**

La CCHEN cuenta con una planta semi-industrial y un laboratorio con equipos blindados para irradiar y limpiar materiales como hemocomponentes para transfusión, tejidos para trasplantes y material quirúrgico. De este modo, contribuimos a asegurar procesos médicos asépticos, con bajo riesgo de infecciones.

A continuación, se observan las cargas de insumos procesadas en el Laboratorio de Irradiaciones, entre 2016 y 2019:

	Hospital Universidad Católica	Hospital Sótero del Río	Hospital El Salvador
2016	1924	1402	528
2017	2085	1384	713
2018	2236	1356	752
2019	2297	1261	921

La irradiación de hemocomponentes es el servicio que presenta mayor demanda en el Laboratorio de Irradiaciones. De hecho, ese aumento se observa de manera sostenida entre 2016 y 2019. Esto se debe al aumento de la demanda por parte de clínicas y hospitales, y también a la entrada en funcionamiento en 2018 del irradiador Noratom, equipo más rápido en términos de producción.

Otro servicio de gran relevancia es la irradiación de muestras que procesan los investigadores del Departamento de Tecnologías Nucleares, para fines de estudios que se orientan a beneficios medioambientales y a futuras aplicaciones para la salud y la industria.

Contribución a la industria de alimentos

Investigación:

- **Aplicación isotópica permite verificar si una miel es pura o adulterada**



Investigadores analizan pureza de la miel.

Las principales fuentes de fructosa en la dieta humana son la sacarosa y el jarabe de maíz alto en fructosa, un endulzante posible de encontrar en diversos alimentos procesados, incluyendo la miel. En este caso, el endulzante puede ser adicionado para adulterar la miel, ya que es menos costoso que el producto mismo. La CCHEN implementó un proyecto con fructosa exógena como indicador de adulteración en mieles chilenas, determinada por medio de isótopos.

Para la investigación se recolectaron tres tipos de miel de reconocida pureza, en sus respectivos lugares de producción. Mediante Espectrometría de Masas, se evaluó el grado de adulteración del producto. Estos tres tipos diferentes de miel pura fueron adulterados a propósito en peso, con diferentes porcentajes de azúcar de caña, endulzantes (10, 20, 30, 40, 50), chancaca y jarabe de maíz de alta fructosa. Los resultados determinaron la pureza de las mieles estudiadas, siendo utilizadas como indicadores.

De esta forma, se creó la capacidad analítica y humana para detectar fraude de este alimento fundamental para la nutrición de segmentos de la población infantil y de adultos mayores.

- **Optimización del uso de nutrientes en la producción agrícola sustentable**

El objetivo de este proyecto de Cooperación Técnica del OIEA es mejorar la productividad de los cultivos, mediante el uso de genotipos de cultivos eficientes en nutrientes y biofertilizantes/bioestimulantes para optimizar la seguridad alimentaria.

Mediante el desarrollo del protocolo de trabajo experimental acordado entre el Servicio Agrícola Ganadero y el Laboratorio de Agricultura de la CCHEN, se estableció la siembra de maíz para determinar la combinación óptima entre dosis de fertilizante nitrogenado y bacterias bioestimulantes del desarrollo del cultivo (fase 1), donde se utilizó la técnica de dilución Isotópica (15N).

- **Optimización de uso del recurso agua en la producción agrícola sustentable**

Se busca contribuir a la gestión apropiada del uso del agua en, al menos, un sistema de producción agrícola, y mejorar la producción de alimentos. En Chile, el proyecto es liderado por la CCHEN y la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Por la importancia de su producción, en cuanto a superficie, número de agricultores y producción en todos los niveles agrícolas, se seleccionó el cultivo de maíz grano en un sistema de rotación agrícola con ballica (*Lolium multiflorum*).

Entre los resultados, se determinó la combinación de riego por goteo con la dosis óptima de aplicación de fertilizante. La investigación continúa en 2020.

Además, a modo de evaluación piloto, se realizaron mediciones de la emisión de óxido nitroso, corroborando que la emisión de este gas es 80% más alta que la existente en un suelo sin cobertura vegetal posterior a la cosecha de maíz.

– **Mejoras en el uso eficiente y estudio de la dinámica de estos nutrientes en el sistema suelo-planta en diferentes cultivos**

En el marco de un convenio entre la CCHEN y la Pontificia Universidad Católica de Chile, se han desarrollado investigaciones en el uso de técnicas isotópicas (^{45}Ca y ^{10}B), junto al Laboratorio de Nutrición Frutal, para evaluar y estudiar la dinámica de estos nutrientes en el sistema suelo-planta en diferentes cultivos. La iniciativa va en camino a resolver problemas emergentes y relevantes para el sector agropecuario del país, generando conocimiento e implementando avances tecnológicos para el área silvopecuaria.

Este convenio se enmarca en la línea de I+D de optimización de uso de nutrientes en la producción agrícola.

– **Mieles sanas. Desarrollo y evaluación de una metodología efectiva de control y prevención de la enfermedad de Loque americana en colmenas chilenas**

Mediante irradiación gamma en mieles, ceras y material inerte de colmenas (alzas y marcos), se inició este trabajo para fortalecer una apicultura nacional sustentable.

En 2019 se definió el número de apiarios y sus ubicaciones en el territorio nacional, para obtener y caracterizar muestras de mieles y ceras provenientes de colmenas cercanas a lugares reportados con focos de Loque americana, ubicados en las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, Los Ríos y Los Lagos. Los sitios de estudio fueron definidos en función de los periodos máximos de floración de las especies melíferas, para optimizar la disponibilidad de miel.

– **Estudio exploratorio para eliminar micotoxinas en alimentos mediante radiación gamma**
La prospección de la aplicación de tecnología nuclear comenzó en 2018 con la propuesta de un proyecto Semilla. En 2019, el Instituto de Salud Pública de Chile y la CCHEN firmaron un convenio para dar continuidad a esta iniciativa en 2020 y realizar actividades junto al Subdepartamento de Alimentos y Nutrición del ISP.

Producción:

– **Cobertura a la inocuidad alimentaria. Alimentos saludables y más duraderos gracias a técnica ionizante**

El proceso de ionización a nivel semi-industrial se realiza en la Planta Multipropósito ubicada en el CEN Lo Aguirre, donde se pueden llegar a procesar 1,8 toneladas de productos a una dosis específica.

En 2019, la Planta recibió 1.375 solicitudes de servicio, siendo los productos alimenticios más procesados el pimentón rojo, ajo en polvo, cebolla en polvo, hierbas de infusión y langostinos, entre otros.

	Good Food (toneladas)	Antartic Seafood (toneladas)	Cambiasso Hnos (toneladas)	Especiera del Sur (toneladas)
2016	218	216	194	106
2017	243	326	247	139
2018	240	183	226	94
2019	239	194	226	42

En tanto, Good Food, Antartic Seafood S.A., Especiera del Sur y Cambiasso Hnos. son las empresas que aportan la mayor cantidad de productos a procesar.



Planta de Irradiación Multipropósito, CEN Lo Aguirre.

Contribución a la sustentabilidad y medio ambiente

– Participación en la Red de Monitoreo de Precipitaciones

La CCHEN participó en el análisis de tritio, en muestras de aguas lluvia colectadas en las estaciones de Isla de Pascua, Santiago y Puerto Montt, en el marco del Programa internacional de Monitoreo de Precipitaciones para el GNIP (Global Network for Isotopes Precipitation), coordinado por el OIEA y la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

El objetivo del programa es mantener un registro anual actualizado de datos isotópicos de precipitación de todo el mundo. Esta información es útil en estudios hidrogeológicos, oceanografía e investigaciones relacionadas con cambio climático y calentamiento global.

– Cambio climático. Cuantificación de emisión de gases efecto invernadero y secuestro de carbono en el ecosistema para evaluar la mitigación de manejos agrícolas

La agricultura es una fuente importante de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero. La fuente más importante de óxido nitroso son las emisiones generadas por suelos agrícolas y el manejo agrícola del mismo. Para prevenirlo, existen inhibidores.

La misión de experto realizada por el Dr. Dong-Gill KIM, de Wondo Genet College of Forestry and Natural Resources, de la Universidad de Hawassa, organizada por el Laboratorio de Agricultura, se efectuó para evaluar los inhibidores de gases de efecto invernadero en las mediciones de óxido nitroso en el manejo agrícola.

La experiencia del experto permitió evaluar los resultados obtenidos, en cuanto a factor de emisión de GEI, relación rendimiento-emisión y parámetros que afectan la emisión de N_2O y CO_2 .

– Absorción y dinámica de radionúclidos en la agricultura (mitigación y remediación)

Este proyecto involucra la participación de ocho países de diferentes continentes, buscando el manejo de áreas agrícolas que puedan verse afectadas por accidentes nucleares a gran escala. Se busca la mejora de conocimientos mediante la preparación y optimización de los medios de remediación, con innovadoras técnicas de seguimiento y predicción.

Aunque en Chile la presencia de radionúclidos no es tan preponderante como en otros países del hemisferio Norte, las características de nuestros suelos agrícolas son de gran interés por su potencial respuesta de remediación frente a la contaminación radiactiva, evaluándose indirectamente el comportamiento mediante la cuantificación con isótopos estables.

Participan, junto a la CCHEN, la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), la Universidad Austral y la Universidad de Chile, quienes han muestreado suelos de distintas regiones del país para la caracterización físico/química.

– Investigar la relación entre la composición geoquímica y la mortalidad por enfermedades crónicas no transmisibles

Encontrar una base metodológica para la Evaluación Piloto Epidemiológica-Ambiental, es el desafío de este proyecto CCHEN, realizado en suelos de la Región de O'Higgins. Busca abordar temas ambientales vinculados a la contaminación polimetálica, tanto en suelos como en aguas del área de estudio, desde una perspectiva integrada entre la geoquímica

ambiental y la epidemiológica, contribuyendo con la trazabilidad de contaminantes y su impacto en la salud.

Las variables epidemiológicas que se analizan en el proyecto son: mortalidad por enfermedades a las mamas, páncreas, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, vesículas, enfermedades cerebrovasculares y tráquea, bronquios y pulmón.

En tanto, las variables geoquímicas seleccionadas fueron: arsénico, mercurio, azufre, níquel, vanadio, cobalto, cromo, cobre y molibdeno, con concentraciones por sobre lo aceptado, según normas internacionales, en la mayoría de los casos.

– **Evaluación de componentes de aerosoles atmosféricos en áreas urbanas para mejorar la gestión de la contaminación del aire y del cambio climático**

Gracias a la técnica de activación neutrónica de muestras de estudios, se cuantifican los niveles de concentración de partículas en aerosoles y sus contaminantes en un área piloto del país. La metodología de muestreo y análisis se compara con otros países de América Latina y el Caribe para establecer protocolos de toma y análisis de muestras. Este proyecto es parte de un Programa de Cooperación Técnica del OIEA.

– **Mejora de especies forestales con tecnología de radiaciones**



El objetivo de este proyecto es determinar el efecto de bajas dosis de radiación gamma sobre la germinación, crecimiento inicial, desarrollo y fisiología de las especies forestales *Eucalyptus nitens* y *Peumus boldus*.

La tecnología se llama radiohormesis y se evalúa para estas dos especies señaladas.

En 2019 se logró realizar la determinación experimental de las condiciones de irradiación y medición de dosis, la radio sensibilidad de las semillas de *Eucalyptus nitens* y se avanza en la definición de la radio sensibilidad para *Peumus boldus*.

Contribución a la minería e industria

Investigación de nuevos materiales

– **IoNanofluidos, materiales híbridos para transferencia de calor**

Este proyecto nace en abril de 2019, para desarrollar un fluido de transferencia de calor con óptimas propiedades para uso en almacenamiento solar. Consistió en la elaboración y evaluación termofísica de materiales híbridos, entre líquidos iónicos y nanotubos de carbono, llamados IoNanofluidos. Se ha demostrado¹ a escala de laboratorio que la incorporación de nanomateriales a diferentes fluidos térmicos puede aumentar considerablemente la capacidad calórica y la conductividad térmica.

Los primeros resultados experimentales han demostrado que la incorporación de nanotubos de carbono, efectivamente aumenta la conductividad térmica y la densidad del material. Sin embargo, aún se evalúa la incorporación de nanotubos a diferentes concentraciones para lograr una comparación objetiva frente a la sal solar convencional, material que se usa en plantas de Concentración Solar de Potencia (CSP), como las ubicadas en el norte de nuestro país.

Este tipo de centrales eléctricas son una gran fuente de energía, que usan un fluido de transferencia de calor (HTF) para la generación. Los HTF convencionales son sales fundidas que pueden congelarse fácilmente durante el invierno, provocando graves problemas de difusión y transporte, que afectan la eficiencia general de la planta. Los líquidos iónicos (IL), actuando como nanofluidos (IoNanofluidos), poseen características favorables como bajo punto de fusión, alta capacidad calórica y alta estabilidad y conductividad térmica, las cuales podrían facilitar el desarrollo de un HTF superior.

– **Desarrollo de dispositivos fotovoltaicos orgánicos en estructura tándem a partir de compuestos de litio**

El propósito de este proyecto es mejorar la eficiencia de las celdas fotovoltaicas orgánicas (OPV), empleando estructura tándem o componentes complementarios. Para esto, se estudia y evalúa el uso de un complejo de litio como parte de la capa generadora de cargas (CGL) en la fabricación de dispositivos OPV tándem.

Se comenzó con la fabricación de dispositivos de estructura simple y se midió su estabilidad sin luz y bajo diferentes condiciones de luz, y en aire y con vacío. A su vez, se midió cómo afecta la degradación en el voltaje de circuito abierto (Voc). Se prepararon dispositivos con diferentes espesores de la capa de aluminio y se implementó un Laboratorio de Caracterización Eléctrica, que implicó la reinstalación de equipos, la comprobación de operatividad y la instalación de líneas de gases.

– **Síntesis de nanopartículas de Li-S-C para dispositivos de almacenamiento de energía de alta densidad por el método de expansión de plasma térmico supersónico**

El desarrollo de nanopartículas con las características descritas, previamente, presenta una oportunidad muy atractiva en el uso del método de expansión de plasma térmico supersónico, que permite un control preciso del tamaño de nanopartículas, distribución de tamaños, fase y composición, así como un uso más eficiente de los materiales.

¹ A. Hosseinghorbani, M. Mozaffarian, G. Pazuki, Application of graphene oxide IoNanofluid as a superior heat transfer fluid in concentrated solar power plants, Int. Commun. Heat Mass, 2020, 111, 104450.

El uso de este método para sintetizar nanopartículas de titanio, nitruro de titanio y alúmina demostró la capacidad de producir nanopartículas tan pequeñas como 10 nm, con una distribución de tamaño acotada. Los experimentos preliminares realizados en la CCHEN, sin ningún control de los parámetros operativos, muestran la capacidad de sintetizar nanopartículas de litio de menos de 100 nm.

De esta forma, el proyecto se centra en la síntesis de nanopartículas de Li-S-C y en estudiar sus características electroquímicas para aplicaciones de almacenamiento de energía.

Análisis de minerales de litio

– Espectroscopía de absorción atómica (EAA)

Se implementaron las metodologías para la determinación de metales alcalinos en muestras de carbonato de litio (Li₂CO₃) grado batería.

Se validaron metodologías para determinar metales alcalinos (Na, K, Ca y Mg) en muestras de carbonato de litio, grado batería, por espectroscopía de absorción atómica.

– Distribución de tamaño de partículas (TP)

La metodología aplicada para los ensayos en la determinación de TP en muestras de carbonato de litio se encuentra implementada y se cuenta con un procedimiento escrito y un instructivo para la aplicación del método.

Sobre la densidad, mediante la técnica de Picnometría de helio, los valores obtenidos están dentro de lo esperado en diferentes tipos de muestras de carbonato de litio.

– Espectroscopía de emisión con plasma inductivamente acoplado (ICP-OES)

Se implementó metodología para determinar impurezas en muestras de carbonato de litio, grado batería. Se validó la metodología para determinar Fe, Ni, Cu, Pb, Cr, Zn, Mn y Cd en muestras de carbonato de litio, grado batería.

Metalurgia extractiva

– Minerales del futuro: Tierras Raras. Obtención de concentrados a partir de minerales prospectados en la III región de Chile, mediante la aplicación de procesos a escala piloto

El resultado más relevante de este proyecto que culminó en 2019 fue la obtención de un concentrado de óxido de Elementos de Tierras Raras (ETR), cuya ley en óxido es de 44%. Cada operación fue desarrollada utilizando parámetros operacionales escalables, los que fueron utilizados para producir óxidos de ETR, a nivel piloto.

Fue demostrada a nivel piloto la factibilidad técnica del proceso de obtención del concentrado y entre los elementos obtenidos más destacados está el itrio y el erbio, minerales difíciles y caros de explotar, usados en la industria de aviación, de televisores y equipo médico, entre las principales. En menor grado, se obtuvo en el proceso concentrados de disprosio, cerio y lutecio.

Los resultados del proyecto fueron presentados en un evento que reunió a autoridades de la Universidad de Santiago de Chile y de la CCHEN, junto a empresas e instituciones mineras, como JRI Ingeniería, Ecometales, Codelco Tech y Corporación Alta Ley, entre otras. Esta última expuso sobre los desafíos de la industria, que apuntan a una minería verde, sustentable e inclusiva.



Ceremonia de cierre proyecto Elemento de Tierras Raras.

– **Explorando la minería sustentable. Participación de CCHEN en el Programa de Investigación y Desarrollo para recuperar elementos de valor desde relaves**

El objetivo es desarrollar procesos físicos y químicos para aumentar la concentración de elementos de valor, tales como Elementos de Tierras Raras y lograr su disolución, a partir de muestras de relave o compuesto de estos.

Ello se realizó aplicando técnicas y procesos ya probados en minerales portadores de ETR (procedentes de la Región de Atacama), en laboratorios de la CCHEN.

Los resultados obtenidos a la fecha demuestran que, al implementar técnicas de concentración y disolución de los ETR presentes en las muestras procesadas, son completamente perfectibles al aplicar mejoras en el trabajo preliminar efectuado.

La CCHEN, como Institución coejecutora en el proyecto “Investigación y Desarrollo para la recuperación de elementos de valor desde relaves”, liderados por los consorcios CodelcoTech y JRI-EcoMetales, aprovecha el know-how que posee en el área de metalurgia extractiva, acortando las brechas tecnológicas y la incertidumbre sobre el comportamiento del material a procesar, específicamente relaves, lo que produciría un avance y ganancia en tiempo y recursos. El objetivo de este programa está dirigido a recuperar elementos como Tierras Raras y cobalto, principalmente, sin dejar de lado el hierro, cobre u otro elemento o compuesto que pueda representar un valor agregado a los procesos aplicados.

– **Proyecto “Obtención de sales de cobalto o cobalto metálico, mediante el uso de técnicas conocidas y probadas a nivel mundial, desde materia prima nacional”**

El cobalto es uno de los minerales considerados estratégicos para la industria de los próximos 50 años. Este material es indispensable para mejorar el rendimiento de automóviles eléctricos o de las batería de celulares, entre otras aplicaciones, ya que tiene la cualidad de potenciar las propiedades de otros metales como el litio. Un ejemplo de su importancia es que la Unión Europea lo ha incluido en una lista de 27 materias primas mineras críticas para su industria.

Este proyecto busca generar una metodología factible de aplicar, tanto técnica como económicamente, para obtener sales de cobalto o cobalto metálico, a partir de materias primas nacionales. Para ello, se obtuvieron y caracterizaron muestras de minerales y relaves que contienen cobalto, para desarrollar un diagrama de proceso extractivo a nivel laboratorio.

– **Proyecto “Recuperación de Elementos de Tierras Raras desde rípios mineros”**

Nuevamente, se desarrolla una iniciativa que persigue obtener estos preciados minerales no metálicos, las Tierras Raras, indispensables en la industria de alta tecnología, como las comunicaciones. El fin es demostrar la factibilidad técnica de recuperar ETR, esta vez en una solución de lixiviación y desde rípios mineros.

Se realizó la caracterización química y física de una muestra de rípio minero, procedente de la lixiviación sulfúrica de mineral de Cerro Carmen, y se desarrollaron experiencias de lixiviación, mediante agitación mecánica a nivel laboratorio. Esto permitió conocer las eficiencias de recuperación de los ETR y de otros elementos desde las muestras de rípio, generando tres modelos matemáticos, basados en los resultados obtenidos.

– **Proceso de Extracción de Elementos de Tierras Raras (ETR) de bajo impacto ambiental a partir de relaves geoquímicamente catastrados**

La magnitud, ubicación y composición de los relaves ha emergido como uno de los temas relevantes en la sustentabilidad ambiental de la minería nacional. Chile contabiliza 746 depósitos de relaves mineros (2019, Sernageomin) de pequeña y gran empresa, en 9 regiones principalmente, la mayor cantidad concentrados en el norte: regiones de Coquimbo (386), Atacama (160) y Valparaíso (80). Estudiados y caracterizados por Sernageomin para establecer datos acerca de los contenidos de elementos valiosos presentes, queda ahora avanzar en viabilidad mediante el uso de tecnología pertinente y sustentable.

En este proyecto se identificaron zonas enriquecidas en Tierras Raras en el territorio nacional, a partir de estudios anteriores y se desarrolló un proceso de obtención, focalizado en neodimio, disprosio e itrio, debido al interés económico que representan.

En el ámbito geológico, se determina la existencia de potenciales yacimientos de Tierras Raras en Chile y en la fase metalúrgica, se desarrollaron pruebas cuyo resultado se traduce en la optimización del proceso de lixiviación de tierras raras totales.

El estudio contribuirá al mercado económico nacional, actualmente concentrado en la minería del cobre, proporcionando información estratégica tendiente a diversificar el sector.

Otras iniciativas de valor industrial

– **Promoción de Tecnologías de Ensayos no Destructivos para la Inspección de Estructuras Civiles e Industriales” (RLA/1/014), iniciado en 2018**

El proyecto, financiado por el OIEA, se formuló porque las tecnologías de inspección, específicamente los Ensayos No Destructivos (END), fueron identificados como una prioridad en el área de tecnologías de radiación.

Por eso, su objetivo fue promover la implementación de sistemas de certificación para la capacitación y calificación de personal en END, y actualizar los sistemas de certificación, en cuanto a técnicas avanzadas de END. En ambos casos, la formación se orientó a la inspección de estructuras civiles e industriales, para determinar el estado de su integridad estructural.

Junto con esto, Chile, a través de la CCHEN, fue seleccionado junto a Argentina (Comisión Nacional de Energía Atómica), México (Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares) y Perú (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción) para

implementar un centro subregional para emergencias representadas por desastres, como sismos o inundaciones. La facilidad se orienta a la evaluación de estructuras civiles afectadas, como puentes, edificaciones o puertos, entre otras muchas.

Este nombramiento involucra el compromiso de los países seleccionados para prestar servicios relacionados con el uso de técnicas nucleares y no nucleares de END para la evaluación de estructuras civiles, sin fines de lucro, a la Región de América Latina y el Caribe.

Chile, a través de CCHEN, ha comprometido profesionales y técnicos de la Planta de Elementos Combustibles, más expertos nacionales en el área de ensayos no destructivos, y lidera la redacción del protocolo de aplicación regional en las emergencias dentro del proyecto. El monto asignado por el OIEA para el equipamiento básico a nuestro país es de EUR 132,000. La fecha de término e implementación está programado para el año 2021.

– **Servicio de caracterización química**

Servicios analíticos en la determinación y cuantificación de elementos mayoritarios y trazas en distintas matrices, y análisis de caracterización física.

En 2019 se recibieron solicitudes de:

- ENAMI Paipote (Departamento de Medio Ambiente), quienes solicitan análisis de Material Particulado Sedimentable en pozos, proveniente de la Fundición Hernán González Videla. Mensualmente, se recibe una solicitud de trabajo con tres muestras.
- ELOISA SPA, Extracción, Producción y Exportación de Yodo y Nitratos: solicita análisis de 29 muestras de polvo de caliche por los siguientes analitos: Sc, Lu, Th, Ce, La, Yb, Y, Tb, Eu, Co, Ni, V, Ga, In, Rb y U.

Contribución a la investigación nacional

La CCHEN contribuye a políticas públicas sectoriales con una de sus tareas principales, como es la instalación de capacidades propias para investigación básica y aplicada. De esta manera, aporta a la producción de conocimiento en el país con investigaciones de valor para ámbitos de desarrollo productivo, académico y social.

A las investigaciones en sectores clave de la sociedad reseñadas en el capítulo anterior, se suman otras iniciativas que suman valor público a los esfuerzos nacionales por articularse con desafíos científicos de interés mundial, tales como la caracterización de partículas subatómicas y el estudio de la física de plasmas y la fusión nuclear.

Proyectos de investigación en ciencias físicas

- **Proyecto Anillo ACT 172101: “Física de Plasmas y Potencia Pulsada para Energía y Vida: Efectos y Aplicaciones en Materia Viva y Materiales”**

Este proyecto reúne a investigadores del Laboratorio de Física de Plasmas y Fusión Nuclear de la CCHEN, y del Laboratorio de Genómica del Cáncer de la Universidad de Chile, quienes han abordado investigaciones, tanto en física básica, biología y aplicaciones de plasmas pulsados y continuos, como en temas de energía, materiales y biomedicina.

- **Proyecto FONDECYT Regular (1171127): “Maximum entropy and maximum caliber principles in computational statistical mechanics: from fundamentals to applications”**

El proyecto desarrolla métodos estadísticos de simulación y análisis de datos aprovechando la perspectiva Bayesiana y las técnicas inspiradas en física estadística, con la idea de derivar nuevas identidades fundamentales y de aplicarlas a la simulación de materiales, plasma y otros fenómenos físicos.

- **Proyecto FONDECYT Regular (1171467): “Experimental neutron studies using a wide energy range multipurpose neutron spectrometer system based on Bonner’s sphere method and proportional counter detectors”**

Su propósito es diseñar, construir y probar un espectrómetro de neutrones (nSA: neutron Spectrometer Array), basado en el método de las esferas de Bonner, capaz de medir flujos neutrónicos de distintas fuentes, en un amplio rango.

- **Proyecto Colaboraciones Internacionales en Estructura Nuclear: “Estudio de las transiciones Gamow-Teller en el $T_z = -2$ Se-64 y $T_z = -1$ Se-66”**

Se terminó la reconstrucción de los esquemas de desintegración y niveles de los núcleos $T_z = -2$ ^{64}Se y del $T_z = -1$ ^{66}Se , que involucran también el estudio de la desintegración beta de los núcleos hijos, el $T_z = -1$ ^{64}As , $T_z = -1/2$ ^{63}Ge , y $T_z = 0$ ^{66}As . Los resultados marcan el término del experimento realizado en el Laboratorio RIKEN-Nishina Center (Japón, 2015).

- **Proyecto Colaboraciones internacionales en Simulación Monte Carlo: “Flujo de Neutrones en un Reactor Experimental, mediante método Monte Carlo con Dependencia Temporal”**

Las Simulaciones Monte Carlo de la interacción de neutrones con la materia existente en un reactor experimental pueden obtener soluciones que son análogas a resolver la ecuación de transporte de neutrones, siempre y cuando se incluya tiempo dependencia en la simulación y se utilicen las librerías físicas de secciones eficaces apropiadas.

- **Proyectos FONDECYT Regular (1151471): “Experimental Study of Singular Plasma Domains in Small Plasma Accelerators of Type Plasma Focus: Plasma Filaments”**

Hay un nuevo entendimiento de algunos tipos de singularidades de plasma que se observan en las descargas de Plasma Focus. Para experimentos realizados con diferentes longitudes de ánodo y sin barras de retorno, las estructuras de plasma observadas dan cuenta de una región de plasma aislada, formada por material metálico residual de fase de ruptura eléctrica, que permanece alojada en una región de la lámina de plasma (un cinturón), lejos de la región de compresión. La discontinuidad observada en los filamentos de plasma sugiere descartar la hipótesis de los filamentos de corriente.

De los resultados experimentales relacionados con los experimentos mencionados se observa una alta producción de rayos-X duros y de neutrones, con velocidades radiales características más altas. Se logra incrementar la producción de neutrones en un orden de magnitud para dispositivos plasma focus que operan a igual energía de carga y corriente.

- **Proyecto FONDECYT Regular - 1190677 (2019-2022): “Experimental Characterization of Pulsed Radiations and Particles Generated by Low and Very Low Energy Plasma Focus Devices and Study of Theirs Effects on Matter”**

Este proyecto, enmarcado en el área de Física de Plasma y Fusión Nuclear (radiaciones pulsadas y sus efectos en materiales vivos e inertes), busca explicar y caracterizar las radiaciones pulsadas provenientes de un dispositivo plasma focus de baja energía (kJ).

- **Proyecto FONDECYT Postdoctorado (3190184): “Optimization and modification of a kilo joule plasma focus device, pulsed radiation (X-rays, Neutrons) and charged particle measurements and its applications in organic and inorganic material sciences”**

Se obtuvo la optimización del equipo plasma foco PF-2kJ para una mayor emisión de rayos-X con seis condensadores, y mediciones de rayos-X en PF-2kJ (con seis condensadores), usando fotomultiplicadores y dosimetría de rayos- X.

A su vez, se obtuvieron depósitos de materia (plomo) en superficie de silicio y se efectuaron irradiaciones de células cancerosas con rayos-X emitidos por la descarga plasma focus PF-2kJ con seis condensadores, en la búsqueda de potenciales efectos de las investigaciones en ciencia de materiales y tratamientos de salud.

- **Iniciativa Laboratorio Subterráneo Internacional ANDES**

La iniciativa ANDES (Agua Negra Deep Experiment Site) se gestó a partir de la inquietud de físicos chilenos y argentinos por construir un laboratorio subterráneo en el interior del futuro túnel Agua Negra, que cruzará la Cordillera de Los Andes a la altura de Coquimbo (Chile) y San Juan (Argentina).

El laboratorio se situará a 1.700 mts bajo la montaña, será el primero en el Hemisferio Sur y el tercero más profundo del mundo. Esto atraerá a científicos de todas partes para realizar experimentos en baja radiación de fondo, protegido de los rayos cósmicos, en áreas como física de partículas, astrofísica nuclear, geofísica, geología, sismología y biología.

El Consejo Directivo CCHEN ratificó la decisión de incluir a dos investigadores de la Comisión como participantes. Esto se formalizó en una carta de apoyo enviada al director del proyecto, Dr. Claudio Dib.

Participación de investigadores de física en actividades nacionales e internacionales

– Iniciativas de Cooperación Nacional

Al alero de proyectos en ejecución, se han realizado y mantenido colaboraciones nacionales con universidades: Técnica Federico Santa María; de Chile; Pontificia Católica de Chile; Andrés Bello y Adolfo Ibáñez.

– Iniciativas de Cooperación Internacional

Instituto de Física Corpuscular de Valencia y la Universidad Politécnica de Cataluña. Gracias a esas colaboraciones, se ha participado en experimentos en grandes instalaciones de física nuclear.

Participación del Laboratorio de Investigación Nuclear en el experimento “Estudio de la desintegración beta del ^{100}Sn y sus núcleos vecinos usando un espectrómetro de absorción total TAS”, en el Laboratorio RIKEN, Japón.

Visita científica de investigador del Laboratorio de Plasmas y Fusión Nuclear al Instituto de Fusión Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid (España).

Así mismo, se mantienen colaboraciones con investigadores del Departamento de Física Teórica del Royal Institute of Technology (KTH), Suecia; Institute for Plasma Research, India; Centre of Plasma Physics, India; National Institute of Technology, Dimapur, India; Gauhati University, India; University of Malaya, Malaysia.

Participación de investigadores en conferencias nacionales e internacionales

- 3ª Reunión CRP-OIEA “Pathways to Energy from Inertial Fusion: Materials beyond Ignition” | Austria, del 21 al 23 de enero de 2019.
- Conferencia “Statistical Physics of Complex Systems” | Suecia, del 6 al 11 de mayo de 2019.
- 61st Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics | Estados Unidos, del 21 al 25 de octubre de 2019.
- Conference “International symposium on high voltage engineering” | Hungría, del 26 al 30 de agosto de 2019.
- Workshop of Statistical Physics | Universidad Católica del Norte (Antofagasta), del 19 y 20 de diciembre de 2019.
- Technical Meeting on Uranium Production Feasibility Studies: Processing, Economic, Social and Environmental Aspect | Austria, 21 al 25 de enero de 2019.
- 15th EERRI Research Reactor Group Fellowship Training Course | Austria-República Checa-Eslovenia, 23 de septiembre al 01 de noviembre de 2019.

Centro Nacional de Datos (CND) del sistema de Vigilancia del Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares (TPCE)

El CND es responsable de generar una base de datos 24/7, que reúne información relevante para utilizar con fines científicos y civiles. Es impulsado en Chile por la CCHEN.

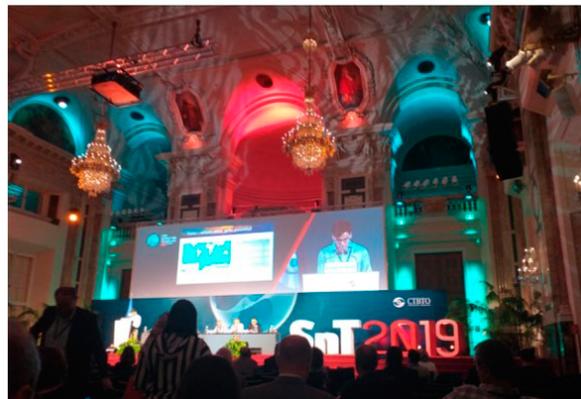
En ese contexto, se promovió la participación nacional en la Conferencia de Ciencia y Tecnología, organizada por el TPCE en Austria, del 24 al 28 de junio de 2019.

Los objetivos de esta actividad fueron ampliar el compromiso de la comunidad científica, para un mejor aprovechamiento de los datos que se utilizan para la verificación de las pruebas

y presentar a la comunidad, las necesidades de monitoreo y verificación de los ensayos nucleares.

Es un ambiente que promueve el intercambio de conocimientos e ideas entre el TPCE y la comunidad científica, buscando difundir el uso de la aplicación de técnicas, datos y productos disponibles en el Sistema Internacional de Vigilancia, para complementar estudios científicos y civiles.

Chile fue representado por la Universidad de Chile, que presentó una investigación sobre “Tablas de consulta con climatologías empíricas para detección de infrasonido, localización y caracterización de erupciones volcánicas de largo alcance”. Un integrante del Centro Sismológico Nacional actuó como moderador del panel “Incremento de la resolución de la red de monitoreo para mejorar la calidad de los datos detectados”.



Representantes chilenos en Science and Technology Conference.

CCHEN 24/7



**Contribución permanente
de valor público transversal**

CCHEN 24/7

CONTRIBUCIÓN PERMANENTE DE VALOR PÚBLICO TRANSVERSAL

Regulación nuclear y radiológica

– Marco Normativo

El Marco Normativo Nuclear es el conjunto que regula las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear, instalaciones, sustancias nucleares y materiales radiactivos que se utilicen en ellas, incluyendo transporte, prevención de apropiación indebida y uso ilícito. Esto con el fin de proteger la salud, seguridad y resguardo de las personas, bienes y medio ambiente.

En 2019, se elaboraron cuatro Normas de Seguridad, que fueron aprobadas por el Director Ejecutivo de la CCHEN. Estas son:

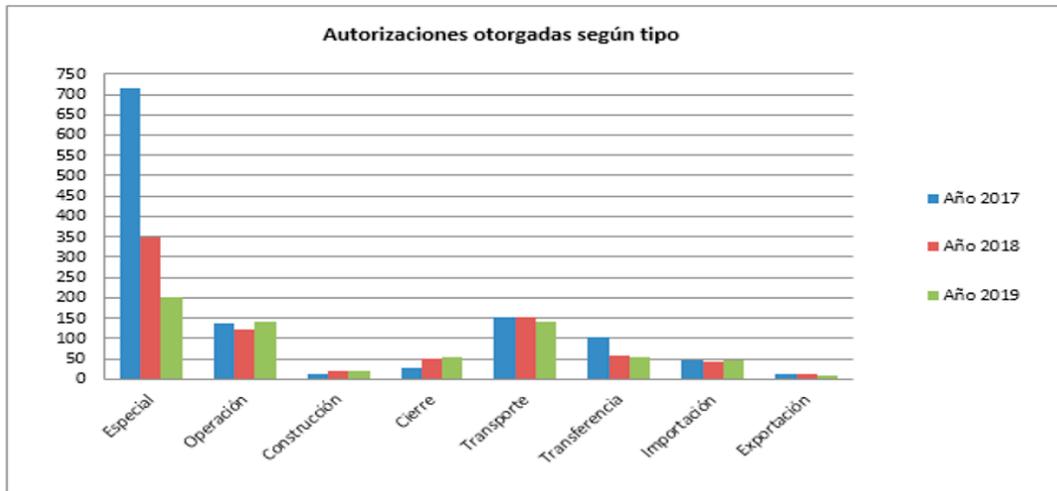
- “Requisitos de Seguridad para la Importación o Exportación de materiales radiactivos y/o equipos generadores de radiaciones ionizantes” (NS-13.0).
- “Contenido del Informe de Seguridad de instalaciones utilizadas para desarrollar el ciclo de combustible nuclear” (NS-14.0).
- “Contenido del Informe de Seguridad de Reactores Nucleares de Investigación” (NS-15.0).
- “Contenido del Sistema de Gestión de Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría” (NS-16.0).

– Evaluación de instalaciones para uso de fuentes radiactivas de 1ª categoría

Sobre su función vinculada a evaluación, la CCHEN recibió solicitudes de autorizaciones a usuarios de instalaciones, por parte de explotadores de instalaciones de 1ª categoría, que son aquellas que poseen mayor actividad radiactiva. Una vez evaluadas, dieron paso al otorgamiento de las respectivas autorizaciones.

En 2019, se otorgaron 657 autorizaciones a instalaciones radiactivas, correspondientes a:

- Operación: 141 autorizaciones
- Construcción: 19 autorizaciones
- Operadores y Oficiales de Protección Radiológica: 200 autorizaciones especiales
- Transporte de material radiactivo: 140 autorizaciones
- Importación de materiales radiactivos y equipos: 45 autorizaciones
- Exportación de materiales radiactivos y equipos: 9 autorizaciones
- Transferencia: 50 autorizaciones
- Cierre definitivo y temporal: 53 autorizaciones



Al 31 de diciembre de 2019, eran 307 instalaciones radiactivas de 1ª categoría con autorización vigente para las distintas prácticas, entre ellas: acelerador industrial, braquiterapia, ciclotrón, dependencia de almacenamiento industrial, dependencia de almacenamiento médico, fortín industrial, laboratorio de fraccionamiento, radiografía industrial, irradiador industrial, medicina nuclear, radiografía industrial, sala de hospitalización, teleterapia e instalaciones CCHEN.

– **Fiscalización de instalaciones para uso de fuentes radiactivas de 1ª categoría**



Inspectora realiza mediciones de radiación.

Sobre su función fiscalizadora, exclusiva en territorio nacional, cabe mencionar:

- Los inspectores/as CCHEN efectuaron 259 fiscalizaciones a instalaciones radiactivas, incluyendo inspecciones en transporte y protección física.
- Plan de Inspecciones 2019: se realizaron 231 inspecciones a instalaciones radiactivas a nivel nacional, considerando instalaciones externas (médicas e industriales) e instalaciones CCHEN.

- Se desarrolló el proyecto “Implementación de Plataforma de Fiscalización” para apoyar la función fiscalizadora de la autoridad reguladora, mediante el soporte del proceso de inspección a través de módulos de fiscalización para instalaciones, realizando un seguimiento y control de la fiscalización más rápido, organizado y trazable.

Para el año 2019 se comprometió el diseño y la implementación en la plataforma (módulos Radiofarmacia, Ciclotrón y Reactor), lo que implicó elaborar listas de verificación específica para esas instalaciones y adaptarlas en la plataforma.

– **Implementación Sistema de Gestión de Guía OIEA en División de Seguridad Nuclear y Radiológica**

Los continuos y dinámicos desafíos de seguridad nuclear y radiológica en el país impulsaron la adopción de esta iniciativa, para implementar un sistema de gestión integrado en la

unidad a cargo de la función reguladora de la CCHEN, siguiendo las recomendaciones del OIEA en su guía GSR Parte 2 “Liderazgo y Gestión en Pro de la Seguridad”.

En esta guía se estipulan los requisitos para establecer, evaluar, mantener y mejorar continuamente el liderazgo y gestión eficaz en pro de la seguridad en las organizaciones que se ocupan de los riesgos asociados a las radiaciones y en las instalaciones y actividades que los generan. Dentro de las actividades desarrolladas, cabe mencionar:

- Política de integración de la Seguridad Tecnológica y Física
- Matriz de Riesgos actualizada en los procesos actuales del órgano regulador
- Revisión y actualización de los procedimientos del órgano regulador
- Plan de Tratamiento de Riesgos de los procesos
- Plan de implementación para los próximos años

Protección Radiológica



La protección radiológica, una de las actividades que constituyen la misión de la CCHEN, compromete un alto nivel técnico y continuo desarrollo, basado en expertos, equipamiento, infraestructura y marco normativo.

Con este conjunto se brinda al país un sistema que permite a actores de sectores productivos, académicos y de la salud, públicos y privados, usar la tecnología nuclear y radiológica sin riesgos.

Así, se facilita que usuarios y beneficiarios reciban bienes y servicios tecnológicos de alto valor público, sin consecuencias negativas para la población, el medio ambiente y para quienes trabajan con la tecnología.

– Vigilancia Radiológica Ambiental

Red de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea

Las estaciones de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea pueden realizar mediciones permanentes de tasa de exposición en tiempo real, utilizando sondas que detectan niveles radiológicos muy bajos del nivel ambiental. En 2019 se llevaron a cabo actividades para la mejora sustantiva de esta Red.

- **Hito 1. Mejoramiento del Programa de Monitoreo Ambiental en el entorno de las instalaciones de la CCHEN.**
Los antecedentes recientemente expuestos quedaron registrados en la primera versión del Informe “Programa de Vigilancia Radiológico Ambiental”, aprobada en enero de 2019. Su versión final se generó en agosto de 2019.
- **Hito 2. Instalación y puesta a punto de los módulos de comunicación GPRS de las instalaciones de monitoreo radiológico ambiental en línea CCHEN.**
Entre 2010 y 2018 la transferencia de datos in situ se realizó vía radio frecuencia (RS-485). En 2019 se reemplazó por el servicio general de paquetes vía radio.
- **Hito 3. Mejoramiento de visualización y entrega de datos de las Estaciones de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea CCHEN.**
En noviembre entró en operación el Portal de Monitoreo en Línea de SEVRA. Las ventajas de este nuevo sistema es que permite visualizar gráficos con las mediciones diarias de las estaciones y un mapa dosimétrico mensual. Además, permite generar reportes y exportar reportes por estación.
- **Hito 4. Evaluación de factibilidad técnica de integración de datos del TPCE con la Red Nacional de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea.**
Si bien existen diferencias en las características y objetivos de cada Red, es posible generar una integración de ambos sistemas para tener datos en línea, simultáneamente. Pese a esto, se debe considerar que los datos del Sistema Internacional de Vigilancia del TPCE no son en tiempo real, ni con la misma frecuencia. No obstante, permitiría incluir en la red CCHEN parámetros que hoy no son medidos.

Los resultados en los cuales se basó la evaluación de factibilidad técnica de integración corresponden a las características de cada sistema de monitoreo, descritos a continuación:

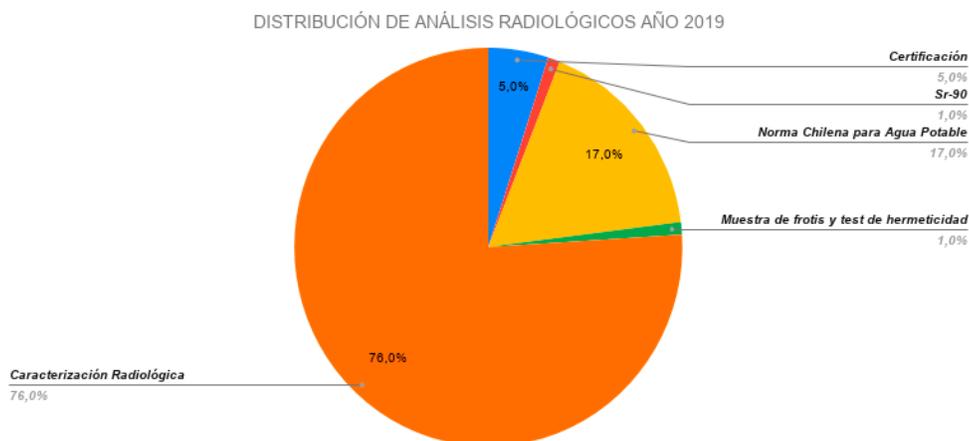
	Red Nacional de Monitoreo Radiológico Ambiental	Sistema Internacional de Monitoreo
Identificación de radionúclidos	No	Sí
Ubicación geográfica	A nivel nacional, excepto Región de Magallanes y la Antártica Chilena y territorio insular	Región de Magallanes y la Antártica Chilena y territorio insular
Frecuencia de muestreo	Diaria, muestreo c/1 minuto	Diaria
Frecuencia emisión de informes	Diaria	Diaria. Desfase de 3 días
Unidades de medición	uR/h	Bq/m ³

– Servicios de análisis

Con el fin de aportar información confiable sobre la presencia de material radiactivo en múltiples productos, elementos y equipamiento, se efectuaron los siguientes servicios para un total de 38 entidades, además de la propia CCHEN:

- Análisis por espectrometría gamma de alta resolución en alimentos, aditivos alimenticios y productos, como requisito comercial para exportación.
- Análisis de agua según NCh 409/10f.2005 por criterios para elementos radiactivos (Tipo III) para empresas pesqueras y de alimentos entre otras.
- Análisis radiológico de productos como combustible alternativo, lodos y chatarra, a solicitud de empresas nacionales.
- Análisis radiológico de frotis para pruebas de fuga en equipos de gammagrafía industrial y soluciones correspondientes a test de inmersión de fuentes radiactivas selladas.
- Caracterización radiológica a diversas muestras por requerimiento de secciones y laboratorios pertenecientes a CCHEN.

En total, fueron efectuados 1828 análisis de cinco tipos, presentados en el siguiente gráfico:



Distribución de los tipos de análisis radiológicos realizados en 2019.

Durante 2019, los tiempos de entrega de los resultados disminuyeron, producto de las mejoras implementadas en cuanto a reasignación de tareas y sistematización de ingreso de muestras.

A continuación, se presenta la comparación en el número de muestras analizadas y tiempos de entrega para los años 2018 y 2019.

Año	2018		2019	
Servicios	Cantidad de muestras	Promedio: tiempo de entrega (días)	Cantidad de muestras	Promedio tiempo de entrega (días)
Norma Chilena para Agua Potable (NCh409/1)	398	17,6	315	12,72
Muestras de frotis y test de hermeticidad	50	25,2	22	35
Caracterización radiológica	14	42,3	1389	10,66
Certificación	108	4,3	80	2,8
Sr-90	46	41	22	8,68

Resumen comparativo en tiempos promedio (días) de entrega año 2018-2019

– Vigilancia Médica

Su función es realizar seguimiento y control permanente de la salud de los funcionarios/as de la CCHEN, especialmente de los trabajadores operacionalmente expuestos (TOE), con el fin de que inicien, continúen o detengan sus labores con material ionizante, en caso de ser necesario. Mediante un control permanente, es posible detectar a tiempo cualquier condición que influya en su actividad laboral.

Avances y resultados relevantes de trabajos ejecutados:

- Seguimiento y control de salud del TOE: se actualizaron 138 fichas clínicas electrónicas.
- Se ejecutaron 28 certificados de salud para ingreso o renovación de licencias operacionales y licencias especiales.
- Participación de médico en emergencia externa (agosto de 2019): se abren 36 fichas clínicas, que corresponde a las personas evaluadas.
- Se realiza listado de TOE, según cargo, tipo de exámenes que requieren y actividad laboral que desempeñan. Documento será presentado a la Mutual de Seguridad.

– Dosimetría

En 2019 se mejoró el plazo de entrega del servicio de dosimetría, que beneficia a usuarios de radioactividad de todo el país. Mediante modificaciones de proceso que incluyeron a varias instancias institucionales, se redujo el tiempo de entrega de los informes dosimétricos de 35 a 2,1 días.

Esto permite que las empresas e instituciones responsables de trabajadores/as que manejan radiactividad, tengan información precisa, rápida y expedita sobre la dosis de radiación que reciben en sus labores.

– Gestión de desechos radiactivos

Su objetivo es operar y mantener la infraestructura operacional técnica y administrativa en la CCHEN, con el fin de satisfacer las necesidades de los generadores de desechos radiactivos del país. Para ello, centraliza todas las actividades relacionadas con la gestión de desechos radiactivos que se generen en el país como producto de aplicaciones para usos pacíficos de la energía nuclear, para proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente.

Para cumplir su objetivo, la CCHEN desarrolla su quehacer en las áreas de:

- Servicios:

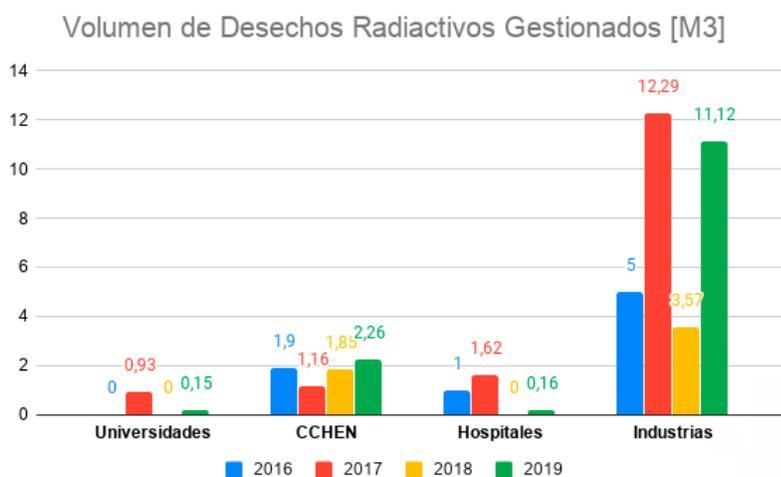
Gestión de desechos radiactivos

Corresponde a recepción, tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento de los desechos radiactivos entregados por generadores, tanto de instalaciones radiactivas y nucleares del país, como de la propia CCHEN.

En 2019, la Sección Gestión de Desechos Radiactivos (SEGEDRA) recibió 82 solicitudes de servicio, provenientes de clientes internos y externos de la CCHEN.

De este número, 32 pertenecen a generadores internos de la CCHEN, y 50, a clientes externos. De este último grupo, se recibieron desechos radiactivos desde 18 instalaciones generadoras del país.

Este gráfico muestra distribución, según volumen entregado por tipo de clientes:



Volumen de desechos radiactivos gestionados últimos cuatro años.

- Asesorías a generadores de desechos radiactivos del país

Se realizó asesoría en terreno a instalaciones generadoras de desechos radiactivos, entregando a los responsables un informe técnico con conclusiones de los análisis, condiciones, recomendaciones y costos para realizar la gestión de sus desechos. Empresas que solicitaron servicios:

Solicitudes externas	Total
Codelco - División El Teniente	3
Codelco - División Chiquicamata	3
Aza S.A.	3
Blumar S.A.	2
Compañía Siderúrgica Huachipato	2
Otros	37

Listado de empresas que solicitaron servicios.

- **Operación**

SEGEDRA cuenta con instalaciones para el tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento de desechos radiactivos en condiciones de seguridad física y radiológica, según la reglamentación nacional y las recomendaciones internacionales.

El volumen de desechos radiactivos recibidos durante 2019 fue de aproximadamente 13.7 m³ de clientes externos y de la propia CCHEN.

- **Patrones de calibración para equipos radiactivos**

El uso eficaz del equipamiento que genera radiactividad depende de la exactitud en la medición de la misma. La CCHEN posee instalaciones únicas en el país que representan el estándar nacional, alineado con el conocimiento mundial en la materia. De este modo, se contribuye a la protección de los usuarios y beneficiarios de la tecnología.

En 2019, se realizaron 336 calibraciones para usuarios externos e internos de la CCHEN. El desglose por sector: 82 calibraciones en Investigación, 177 en Industria y 77 en Salud.

La CCHEN disminuyó el tiempo de respuesta para los servicios de calibraciones externas, pasando de cuatro a tres meses en 2019.

- **Asesorías de protección radiológica y capacidades de respuesta**

La posibilidad de la ocurrencia de emergencias en el uso de tecnología de radiaciones de 1ª categoría requiere una capacidad permanente de respuesta y asesoría a las entidades usuarias, lo que se canaliza a través de un sistema de consulta telefónica centralizado y capacidades humanas y tecnológicas para atención en terreno y a distancia.

En 2019 se recibieron 27 llamados, de los cuales solo dos constituyeron una emergencia radiológica, que movilizaron a un equipo ampliado de la CCHEN. Estas dos emergencias fueron el robo de un equipo de gammagrafía industrial y la fundición de una fuente radiactiva, ambas en Santiago.

Tanto en el caso del equipo de gammagrafía robado como en la fundición de la fuente radiactiva se descartó consecuencias para la población, de acuerdo a las mediciones realizadas por el equipo CCHEN en terreno. El equipo robado fue encontrado en la misma comuna donde había sido sustraído. En el caso de la fundición mencionada, los mismos equipos de la instalación industrial detectaron el hecho, por lo que se concurre al lugar y se realizaron tomas de muestras y análisis ininterrumpidamente durante los días posteriores y luego, de manera sistemática las semanas siguientes.

En cuanto a la causa del total de llamados recibidos y validados, se debieron a: Detección de material radiactivo en chatarra (10); constatación del número telefónico de la CCHEN (7); consultas administrativas (4); transporte CCHEN (3); pérdida de un densímetro nuclear (1); robo equipo de gammagrafía (1) y solicitud de PDI (1).

No se produjo en la CCHEN ningún hecho de origen radiológico que activara el Plan de Emergencia de los centros nucleares. No obstante, el Plan de Emergencia del CEN Lo Aguirre se activó, de manera preventiva, debido al incendio forestal que se produjo el 25 de febrero de 2019 en el cerro Bustamante en Pudahuel.

Asesoría a Hospital El Salvador. Se evaluaron las condiciones radiológicas del lugar de construcción del nuevo hospital El Salvador y se verificó si los desechos hospitalarios encontrados en la excavación contenían material radiactivo. La evaluación indicó que estos no contenían material radiactivo, por lo que fueron liberados para su gestión como desecho convencional.

– **Contribución a los esfuerzos nacionales de protección civil**

- **Proyecto “Reforzamiento de capacidades nacionales ante Emergencias Radiológicas”. Participaron el Ministerio de Salud, ONEMI y CCHEN.**

La CCHEN actuó como coordinador nacional del proyecto, desarrollado entre 2016 y 2019. Su objetivo fue reforzar las capacidades técnicas de las organizaciones participantes y reforzar técnicas de laboratorio, así como organizar capacitación y becas de formación para profesionales de la CCHEN y para el Ministerio de Salud.

El resultado final consiste en la aprobación del Plan Nacional de Emergencia Radiológica, cuyo nivel de avance a la fecha es de un 85%. Para el año 2020 se espera su finalización y aprobación.

- En marzo de 2019, se integró a la CCHEN como **Miembro Permanente del Comité de Protección Civil de Pudahuel**. La CCHEN contribuyó al Plan de Emergencia Comunal (aprobado en abril de 2019), proporcionando la información técnica necesaria para incluir la variable de riesgo radiológico en el plan.
- **Proyecto OIEA para el “Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Detección de Material Radiactivo en Fronteras con Aduanas y Carabineros”.**

En 2019, la CCHEN continuó ejerciendo su rol de coordinador nacional de este proyecto. Las principales actividades fueron:

- Misión de experto del OIEA para actualizar y revisar el proyecto.
- Gestiones para que Carabineros de Chile recibiera equipamiento de detección de radiaciones por un monto de 80.000 euros, lo que se concretó en agosto de 2019.

Control de ventas del litio

La CCHEN representa el interés del Estado de Chile por otorgar autorizaciones en la minería del litio, contribuyendo así a la administración fiscal de un mineral estratégico a nivel mundial por su aporte a industrias como electromovilidad y energía.

– Autorizaciones

Lo siguiente es un resumen de las autorizaciones otorgadas por CCHEN, en relación a la venta de litio en 2019:

Empresa	N° Acuerdo Consejo Directivo CCHEN	Cantidad solicitudes autorizadas	Cantidad Res. Exentas emitidas por CCHEN para autorizar ventas de litio
SQM Salar S.A.	1576/1995	360	37
Albemarle Ltda.	801/1980	241	28
Total		601	55

Fuente Plataforma Control Venta Litio, año 2019.

El proceso de revisión administrativa, asociada a estas resoluciones, concluye una vez que se obtiene del Servicio Nacional de Aduanas, el detalle de los Documentos Únicos de Salida debidamente Legalizados, donde se validan, entre otros, los volúmenes exportados, y la clasificación de los productos.

– Implementación Plataforma Control Venta Litio

El objetivo de esta plataforma es controlar las autorizaciones y actos jurídicos relacionados con el litio y en especial, sobre la comercialización de los productos que se obtienen a partir de la extracción de las salmueras.

Esto ha permitido disminuir los tiempos de tramitación de Resoluciones de Autorización de Ventas, a menos de 10 días. En la implementación han participado dos profesionales de CCHEN y un equipo de trabajo compuesto por profesionales de CORFO y del Servicio Nacional de Aduanas.

También se redujo el uso de papel, de 28.000 hojas en 2016, a 500 en 2019.

– Resoluciones de cierre para las empresas

Las resoluciones de cierre informan el estado de situación oficial de las empresas, en relación al volumen de litio autorizado para comercializar y el efectivamente comercializado. Lo anterior se realiza tras desarrollar una serie de revisiones y controles dispuestos en un procedimiento de calidad de la Institución.

El detalle es el siguiente:

Empresa	N° Acuerdo Consejo Directivo CCHEN	N° Resolución de cierre	Cantidad Res. emitidas por autorizar ventas de litio	Exentas CCHEN	LME (Kg)	LME vendido (Kg)
SQM Salar S.A.	1576/1995	114/2019	53		16.122.579	8.791.223
Albemarle Ltda.	801/1980	113/2019	50		13.332.232	6.856.970
Total			103		29.454.811	15.648.193

Fuente: Resolución de cierre de SQM SALAR S.A. y Albemarle Ltda., a diciembre de 2019.

– Capacidades técnicas de apoyo al rol de la CCHEN en el litio

El Laboratorio de Caracterización Química informó los resultados de los análisis de las muestras obtenidas de carbonato de litio en la fiscalización realizada en 2018, en los que no se detectaron diferencias en las concentraciones de litio, informadas en los certificados de análisis químicos presentados por las empresas, al momento de exportaciones de dichos lotes de productos.

A fines de 2019, se presentó al Consejo Directivo de la CCHEN una nueva versión del procedimiento de calidad, con el fin de agilizar y fortalecer el control de las ventas de litio.



– Convenios de colaboración

- **Convenio Instituto Nacional de Normalización (INN)-CCHEN para la caracterización química de salmuera**
En 2019, se generaron dos de las tres normas técnicas para medir concentración de litio en salmueras. En ese marco, se realizaron actividades junto al INN, para estandarizar los procedimientos orientados a la caracterización de salmuera.
- **Acuerdo Uso de Plataforma CCHEN-CORFO**
De acuerdo a la Resolución N° 064/2019, se acuerdan las responsabilidades, obligaciones y condiciones de uso de la plataforma desarrollada para controlar las autorizaciones y actos jurídicos relacionados con el litio y en especial, sobre la comercialización de los productos que se obtienen a partir de la extracción de las salmueras.
- **Convenio CORFO-CCHEN-ADUANAS**
Durante 2019, se elaboró una propuesta de apertura para las subpartidas de litio (código arancelario), con el fin de clarificar la clasificación que deben realizar las empresas durante la exportación de los distintos productos derivados del litio.
La propuesta se materializó mediante el decreto exento N° 458, del 17 de diciembre de 2019, del Ministerio de Hacienda.

Asesoría técnica sobre generación de energía con centrales nucleares

Una de las funciones de la CCHEN es asesorar al Estado en materias nucleares y radiológicas, incluida la energía nuclear de potencia o nucleoelectricidad. En el marco de la Política Energética 2050 vigente, que mandata a la CCHEN a realizar estudios en materias relacionadas con energía nuclear de potencia, se realizaron tres trabajos principales: un estudio sobre Nuevas Tecnologías Nucleares de Potencia, un ejercicio de simulación para modelación económica y un informe recopilatorio.

El objetivo de estos trabajos es proporcionar información relevante sobre distintos aspectos de la energía nuclear de potencia. Lo anterior, para las consideraciones en la discusión que se efectuará durante el próximo proceso de revisión de la Política Energética 2050, originalmente planificado para el año 2020.

En estas actividades han participado, además de la CCHEN, consultores nacionales e internacionales, y el Ministerio de Energía. También se contó con apoyo en temas puntuales por parte del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Nuclear Energy Agency (NEA), ONEMI, Universidad de Chile y el Coordinador Eléctrico Nacional.

Los estudios realizados pueden encontrarse aquí: https://www.cchen.cl/?page_id=3681

El detalle de los trabajos es el siguiente:

– Ejercicio de Modelación Económica

En 2019, se realizó un ejercicio de simulación sobre la entrada en operación de una central nuclear en el mercado eléctrico nacional. Si bien en este ejercicio se simula la entrada forzada de una unidad al año 2023, se concluye que la tecnología nuclear -una vez instalada- resulta competitiva, operando como generación de base y con un alto factor de planta en todas las hidrologías, esto es, año de hidrología alta (mucho lluvia), año de hidrología media y año de hidrología baja (sequías).

Por el contrario, de no forzarse la entrada, la tecnología nuclear no logra entrar a operar por sí sola, lo que refuerza el argumento de que, para este tipo de energía, la principal barrera de viabilidad económica es su alto costo de inversión, ya que, desde lo operacional, resulta costo-eficiente para el sistema eléctrico.

Los resultados de este y otros ejercicios se podrán encontrar en el informe recopilatorio 2020 para la Política Energética.

– Informe de Nuevas Tecnologías Nucleares de Potencia

En 2019, se realizó el informe titulado “Revisión de las Nuevas Tecnologías Nucleares de Potencia - Ventajas Comparativas y Desafíos Tecnológicos”. En él se revisaron distintas tecnologías nucleares que se están desarrollando en la actualidad, de manera de visualizar cuáles serían adecuadas en el horizonte futuro de un potencial programa nuclear de potencia en el país.

Este informe abarcó aspectos de seguridad y parámetros técnicos de operación de seis distintas familias de reactores innovadores y de los reactores modulares pequeños (SMR, por sus siglas en inglés) que están en desarrollo. Lo anterior, para mostrar una comparación entre dichos parámetros y analizar aspectos relevantes de los nuevos ciclos de combustibles y sus desechos asociados.

– **Informe recopilatorio 2020**

Se terminó el informe de consolidación del estado actual de temáticas relacionadas con seguridad nuclear, emplazamiento, medio ambiente, marco regulatorio, mercado eléctrico y aspectos económicos. Estas temáticas son clave para una conversación acerca de la matriz energética en la etapa que hoy se encuentra Chile.

Este documento será publicado en 2020 y aportado a la revisión de la Política Energética 2050, hito previsto por el Ministerio de Energía desde el inicio del Proceso.

SERVICIO PÚBLICO



Identificados con el servicio público. Gestión de las capacidades

IDENTIFICADOS CON EL SERVICIO PÚBLICO GESTIÓN DE LAS CAPACIDADES

Participación del público, vinculación e interacción

Participación de la comunidad

– Consejo de la Sociedad Civil (COSOC)

Los estamentos y organizaciones que componen el actual COSOC son:

Organizaciones vecinales: Junta de vecinos 14 Reina Alta (La Reina), Junta de vecinos C-15 Santa Rosa de Apoquindo y Junta de vecinos C-5 Los Descubridores (Las Condes), Junta de vecinos Lomas de Lo Aguirre y Comité Operativo de Emergencia Rural (Pudahuel).

Academia: Universidad Bernardo O'Higgins, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE), Sociedad Chilena de Física (SOCHIFI).

Gremios: Colegio de Tecnólogos Médicos de Chile AG., Colegio de Ingenieros de Chile A.G. y Sociedad de Física Médica Chilena.

Organizaciones medioambientales o de desarrollo: Centro de Información sobre Energía Nuclear de Chile (CIEN Chile), Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS Chile) y Bomberos de Chile.

El Consejo de la Sociedad Civil sesionó en cinco oportunidades, para abordar los siguientes temas:

- Revisión contenidos y participación presencial en Cuenta Pública CCHEN (dos sesiones).
- Rol de la CCHEN en el litio y sus usos en energía.
- Principales lineamientos y énfasis de la gestión institucional, presentados por nuevo Director Ejecutivo de la CCHEN.
- Diseño del diálogo ciudadano en torno a la Agenda Social del gobierno central.

– Cuenta Pública Participativa

Se realizó en forma presencial el 31 de mayo de 2019, en el CEN La Reina. Asistieron 47 invitados/as. El documento con observaciones fue publicado en el sitio web de la CCHEN.

– Comunidades educativas

Para promover la reflexión y discusión de los temas nucleares y radiológicos en comunidades educativas escolares y universitarias, se diseñaron y realizaron pilotos de actividades para relacionarse en una instancia de diálogo.

- Universidades:
Talleres atomLab, cuyo objetivo es desarrollar una idea práctica relacionada con una o más carreras, para la solución de una problemática u oportunidad de la ciencia y tecnología nucleares.
AtomLab ámbito técnico. Ingeniería en Geomensura y Cartografía, Universidad

Bernardo O ´ Higgins. Tema: estrategia inserción territorial de un centro nuclear. AtomLab ámbito gestión. Periodismo. Cátedra Periodismo Científico, Universidad de Las Américas. Temas: comunicación de emergencias para centro nuclear e información para medio radial sobre desafíos de seguridad nuclear y protección radiológica.

- **Colegios:**
Se diseñaron estrategias para incorporar en 2020 temas nucleares y radiológicos a los contenidos educativos orientados a Aprendizaje Basado en Proyectos, en dos establecimientos educacionales de la Región Metropolitana: Centro de Educación Integral de Adultos Teresa Moya (Puente Alto) y Liceo Polivalente Manuel Rodríguez (Til Til).

– **Iniciativas de Puertas Abiertas**

La CCHEN abre espacios de participación en el plano de la información y el diálogo, tanto en iniciativas propias como en las que contempla la Ley 20.500 de Participación Ciudadana.

- **Día del Patrimonio Cultural en la CCHEN**
La CCHEN se sumó por tercer año consecutivo al Día del Patrimonio Cultural, organizado por la Dirección de Monumentos Nacionales.

Asistieron 823 personas a un circuito que incluyó el reactor de investigación RECH-1, Laboratorio de Irradiaciones y Laboratorio de Plasmas y Fusión Nuclear. La actividad se realizó y contó con el apoyo de colaboradores internos y externos de la Institución.

- **Visitas guiadas a los Centros de Estudios Nucleares**



La CCHEN contó en 2019 con un programa regular de atención de visitas, principalmente dirigido a estudiantes de educación superior y a delegaciones de entidades de diversa índole, que fueron atendidas en los Centros Nucleares La Reina y Lo Aguirre.

El total fue de 46 delegaciones, provenientes de universidades e institutos de educación del país.

El detalle es el siguiente:

Nº de visitas al CEN La Reina: 699 personas.

Nº de visitas al CEN Lo Aguirre: 111 personas.

Nº total de personas atendidas: 810 personas.

Difusión científica y tecnológica

– **Boletines informativos para público académico y profesional**

Se elaboraron cuatro boletines para dar a conocer a la comunidad los principales avances y actividades desarrolladas, según plan de trabajo de la Oficina de Transferencia Tecnológica. Estos boletines se difundieron en redes sociales, sitio web de la OTL Nuclear y correo institucional.

– Vigilancia tecnológica

En 2019 se generaron ocho boletines tecnológicos, desarrollados para promover la investigación y servir de apoyo a la formulación de proyectos. Estos fueron:

Temas:

Tema	Sector
Detección de sustancias: cristalografía de rayos x y prompt gamma	Industria
Radiofármacos de diagnóstico y terapia para cáncer de próstata	Salud
Caracterización química de restos arqueológicos	Industria
Valor agregado y recuperación de ETR en relaves mineros	Minería
Análisis por activación neutrónica: últimos avances	Industria
Estudios de absorción de oligoelementos en pacientes sometidos a cirugías bariátricas	Salud
Control de contaminación atmosférica	Medio ambiente
Mutagénesis inducida, últimos avances	Industria

– Charlas de difusión de I+D

Con el fin de vincular más profundamente a la CCHEN con temas de interés en la comunidad científica y que pueden ser relevantes para el público general, se realizaron charlas de difusión científica que contaron con relatores que forman parte del entorno profesional de los investigadores de la Institución. Se incluyó temas de la propia CCHEN. Las charlas, abiertas a todo público, se realizaron en el Centro Colaborativo Nucolab del CEN La Reina.

Tema de la charla	Expositor
Aspectos del agujero negro M87	Felipe Asenjo
Uso de drones para la reducción de riesgos de desastres	Mauricio Tapia
El análisis por activación neutrónica en la investigación criminal	Luis Muñoz
El otro problema del CO ₂ : acidificación del océano y el caso de la costa de Chile	Marco A. Lardies
Reconstruyendo el Big-Bang con datos cosmológicos	Gonzalo Palma
Una mirada moderna de los radiofármacos	Roberto Mercado
La curiosidad como motor de la ciencia	Gabriel León

Charla “NDCs y NAMAs de Chile: compromisos en el marco del Acuerdo de París”

Esta charla se desarrolló al alero del “Programa de Desarrollo Ejecutivo en Implementación de Políticas de Cambio Climático para el sector energético” de la Organización Latinoamericana de Energía. Expuso Paula González, de la Oficina Asesora Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia.

Medios de interacción y canales de acceso a la información

– Cortometraje educativo “Luciana y los Galletones Mágicos”



Pensado para una educación y divulgación masiva de los principios de la energía nuclear, este cortometraje fue visto por 117.611 personas, principalmente estudiantes y público adulto, entre mayo y diciembre de 2019.

La pieza audiovisual, elaborada por un equipo interdisciplinario de la CCHEN y de Fundación Planetario (USACH), entre 2018 y 2019, comenzó a ser exhibido como

parte de las funciones regulares de dicha entidad, por un período de tres años, mediante sistema FullDome para planetarios en 360 grados.

Cabe destacar que este trabajo fue seleccionado para su exposición en un evento internacional de divulgación en planetarios, realizado en Buenos Aires, Argentina.

Paralelamente, se elaboró el contenido para paneles gráficos que son exhibidos en dependencias de Fundación Planetario, en lo que respecta a los temas de radiaciones y aplicaciones nucleares, como complemento de la información difundida a través del cortometraje “Luciana y los Galletones Mágicos”. De igual modo, se colaboró en revisión de diseño y contenido de una versión digital (formato libro) del cortometraje.

– Charlas y participación en ferias

En el marco de una labor de involucramiento con temas de interés de la comunidad y la visibilización de gestores de la contribución institucional, se logró la participación de profesionales de la CCHEN en eventos públicos, entre los que destacan:



Los Dres. Cristian Pavez y Leopoldo Soto participaron, mediante charlas, en la exposición “Tesla, el futuro me pertenece”.

Esta se realizó en Santiago, Antofagasta e Iquique, y contó con la visita de más de 50.000 personas. En este marco, Soto participó en entrevistas radiales y charlas en colegios de Santiago e Iquique. En la foto se encuentra junto a alumnos de Alto Hospicio.

Se realizaron charlas y participaciones en ferias en seis establecimientos escolares de Santiago, a las que accedieron más de 600 estudiantes.

El Dr. Gonzalo Avaria participó en el programa “1000 Científicos, 1000 Aulas” de CONICYT, realizando 11 charlas en establecimientos educacionales de la Región Metropolitana (Renca, Padre Hurtado, Ñuñoa, Peñalolén y Recoleta).

– Medios de prensa

Sobre noticias vinculadas a la CCHEN aparecidas en medios de comunicación, cabe mencionar que se obtuvo 93 apariciones en medios digitales e impresos. Las publicaciones se relacionaron con temas propios de la Comisión, litio y energía nuclear en general. Este último punto, capturó especial atención, debido al estreno de la serie de HBO “Chernobyl”.

– Relación con el público en Redes sociales

A fines de 2018, la CCHEN comenzó a dar sus primeros pasos en el conjunto de redes sociales, esto es, Facebook, Instagram, LinkedIn y Twitter. Esta última fue abierta con anterioridad, sin embargo no fue hasta 2019 cuando se comenzó a mantener un diálogo mucho más fluido y permanente con el público, por medio de estos canales.

Así, las redes sociales son el canal priorizado por la Institución, en lo que se refiere a interacción y alcance de públicos variados.

Algunos de los resultados que dan cuenta de estos primeros pasos son:

Twitter:

- 3.623 seguidores: en relación a 2018, en 2019 tuvimos 958 nuevos seguidores (26%)
- 304 tuits y retuits: aumentó en un 5%, en relación a 2018
- 7.477 interacciones: aumentó en un 52%, equivalente a 3892 interacciones más que en 2018
- 965.300 impresiones totales: aumentó en un 71%, equivalente a 689.816 impresiones más que en 2018

YouTube:

- 107.120 reproducciones de videos

Facebook:

- 1.363 seguidores: aumentó en un 74%, equivalente a 1002 nuevos seguidores
- 1.314 “me gusta”: aumentó en un 73%, equivalente a 958 nuevos “me gusta”
- 289 publicaciones en 2019
- Alcance: 313.467 usuarios
- 41.283 interacciones

CCHEN.cl:

- 76 notas publicadas sobre visitas, charlas, seminarios, investigaciones, convocatorias, misiones de experto, etc. En total, 18.460 usuarios visitaron 83.522 páginas del sitio.

– Acceso a la información

Transparencia Pasiva:

Estos procesos son canales de comunicación con la ciudadanía (OIRS, bibliotecas, contactos telefónicos, links desde el sitio web institucional).

A continuación, se describen los resultados del periodo correspondiente a ambas leyes:

- **Implementación Ley 20.285 - Transparencia en la Gestión Pública**
En 2019, la CCHEN recibió 112 solicitudes de acceso a la información pública y fueron respondidas 115 solicitudes (considerando aquellas que quedaron pendientes desde diciembre de 2018). El 97% de las solicitudes fueron respondidas en un plazo menor o igual a 15 días hábiles, por lo que se dio cumplimiento al compromiso institucional de dar respuesta al 80% de las solicitudes en el plazo indicado.
- **Implementación Ley 19.880 - Sistema Integral de Información y Atención Ciudadana**
En 2019, 2.413 solicitudes fueron procesadas por el SIAC. De ellas, 2.163 fueron ingresadas a través de bibliotecas, 168 por medio del buzón virtual, 77 mediante correo electrónico, 3 por el mesón y tres vía teléfono.

Sobre los temas consultados por el público, la mayoría se refirió a servicios bibliotecarios (89,7%). El resto de consultas fueron sobre cursos de radioprotección, energía nucleoelectrónica, física y química nuclear, visitas a las instalaciones y servicios/productos de la Comisión.

Biblioteca:

- **Convenios**
En 2019, se mantuvo el convenio de colaboración con el Consorcio para el Acceso a la Información Científica Electrónica (CINCEL), para participar en el programa BEIC (Biblioteca Electrónica de Información Científica), que permite a los funcionarios/as de la CCHEN tener acceso gratuito a más de 5.000 títulos de revistas científicas editadas por las principales editoriales internacionales.

En 2019, se efectuó el proceso de revalidación de 71 cuentas de usuarios CCHEN, y se ingresaron cuatro nuevos usuarios al sistema, arrojando un total de 75 usuarios a fines de año.

- **Servicios**
Destacan la atención de 2164 solicitudes de información de usuarios internos y externos, nacionales e internacionales y el aporte de Chile de 56 registros de información a la base de datos del INIS (International Nuclear Information Systems), con sede en Viena, Austria, correspondiendo a temas de relevancia en el ámbito nuclear, escritos por chilenos o extranjeros en Chile.

Siendo la biblioteca un espacio de atención del SIAC institucional, las solicitudes (2164) fueron procesadas a través del sistema común de registros de ese Sistema.

Temas más solicitados: Energía Nuclear, Ingeniería Nuclear, Nucleoelectricidad, Medicina Nuclear y Radiofármacos, Protección Radiológica, Combustible Nuclear, Residuos Radiactivos, Irradiación Alimentos, Isótopos en Hidrología y Metalurgia.

Capital humano

– Equipo de trabajo CCHEN

- **Dotación:**

A diciembre de 2019, la dotación fue de 303 funcionarios/as, alcanzando el 96% de lo autorizado (313 personas). Distribución de funcionarios/as:

Estamento	Calidad jurídica		Sexo	
	Planta	Contrata	Hombre	Mujer
Directivo	5	-	5	-
Profesional	28	155	123	60
Técnico	5	52	41	16
Administrativo	10	47	33	24
Auxiliar	-	1	-	1
Total	48	255	202	101

- **Reclutamiento:**

El proceso de reclutamiento y selección permitió la contratación de 12 funcionarios/as, alcanzando un 75% de las incorporaciones a través del portal Empleos Públicos. Respecto a la contratación por género, del total de personas que ingresaron a la CCHEN, 17% son mujeres y 83% son hombres.

La CCHEN se encuentra consolidando su equipo humano en torno a la figura de contrata, habiendo incorporado a ese estamento a la mayoría de las personas que estaban a honorarios. A su vez, se dio prioridad a la contratación de personas para las tareas de investigación y producción. Aunque no hubo medidas específicas en el ámbito de género para esta actividad de gestión de personas, sí se incorporó el tema en la Mesa de Género institucional, que se encuentra impulsando el desarrollo de nuevas acciones en este sentido, que ya son parte de los compromisos Ministeriales en Igualdad de Género 2018-2022.

- **Cultura de la seguridad:**

En el marco del programa homónimo, la CCHEN impulsó acciones para disminuir las conductas de riesgo de los funcionarios/as y aumentar aquellas más seguras, con el objetivo de velar por la integridad de las personas y mejorar su desempeño en el puesto de trabajo, dentro de un contexto de seguridad.

- **Comisiones de servicio para la participación en actividades profesionales y técnicas:**

El equipo de trabajo de la CCHEN participó en actividades en Chile y en el extranjero, orientadas a la capacitación, entrenamiento y establecimiento de redes, imprescindibles para el desempeño regular de las personas en sus labores administrativas, científicas, tecnológicas y de gestión.

Estas comisiones de servicio son un componente fundamental en la gestión del conocimiento y acceso a instancias formativas, ya que permite traer al país y a la Institución información técnica actualizada y relevante para cumplir sus funciones. A su vez, nutre las redes institucionales que el equipo CCHEN construye en el país, en la región latinoamericana, otras zonas de América y en el resto de los continentes.

El número de actividades y temas a los que se accedió fueron: protección radiológica (4), seguridad nuclear (3), manejo de reactores (2), técnicas nucleares (4), técnicas de laboratorio (2), gestión de desechos radiactivos (7), nucleoelectricidad (2), metrología (5), comunicaciones (3) y gestión del conocimiento (2).

Los temas específicos, detalles y participantes se pueden revisar en la Memoria Institucional aquí: https://www.cchen.cl/?page_id=213

- **Gestión del conocimiento:**
A partir del catálogo digital realizado en 2018, y considerando que el mayor volumen de las fuentes catastradas pertenecían al Departamento de Reactores de Investigación -conocimiento único de la CCHEN-, se formó un equipo integrado por cinco funcionarios/as de la Comisión, para revisar la documentación, verificar su estado y tipología. A partir de eso, se digitalizaron 794 documentos técnicos, que se prevé publicar en 2020 para uso interno.
- **Bienestar:**
Se generaron 16 actividades del plan de Calidad de Vida Laboral, Familiar y Personal, incluyendo efemérides como el Día Internacional de la Mujer, jornadas de beneficios en las tres sedes de la CCHEN, charla de prevención del sobreendeudamiento, charla de conciliación de la vida familiar personal y laboral, campaña de vacunación anti influenza y despedida de funcionarios/as acogidos a retiro.

Con base en un fondo solidario cofinanciado por aportes de funcionarios/as y la Institución, en Educación se entregaron seis becas de enseñanza superior. En Salud se otorgaron 148 beneficios sociales y se gestionaron 6179 prestaciones médicas de afiliados activos, 2.401 prestaciones médicas de afiliados pasivos y 3037 prestaciones médicas de cargas legales. A su vez, se gestionaron 17.752 prestaciones médicas a través de un seguro complementario de salud externo.

- **Capital humano del país:**

Programa capacitación en protección radiológica

En 2019, se realizaron 14 cursos de Protección Radiológica y se capacitó a 294 personas. Los cursos externos de Protección Radiológica dictados por la CCHEN comprenden CEPRO (Curso Específico de Protección Radiológica) y CUBEPRO (Curso Básico de Protección Radiológica); cátedras de Protección Radiológica en universidades y seminarios a oficiales de Primera Línea para respuesta a Emergencias Radiológicas e Instructores de oficiales de Primera Línea para Carabineros de Chile y Policía de Investigaciones.



Participantes del CEPRO Industria. Septiembre de 2019.

Se realizaron tres actividades de formación y entrenamiento en protección radiológica en las que participaron: el Grupo de Operaciones Especiales (GOPE); OS-9; Laboratorio de Criminalística de Carabineros (LABOCAR) y Centro de Formación Técnica (CENCO) de Carabineros de Chile; Policía de Investigaciones (PDI); Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC); Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile (DIRECTEMAR); y agentes proveedores de chatarra metálica.

En 2019, 13 profesionales de la CCHEN dedicaron 928,5 h/h a capacitación externa en Protección Radiológica, incluyendo clases y ejercicios prácticos en cátedras, seminarios y cursos abiertos.

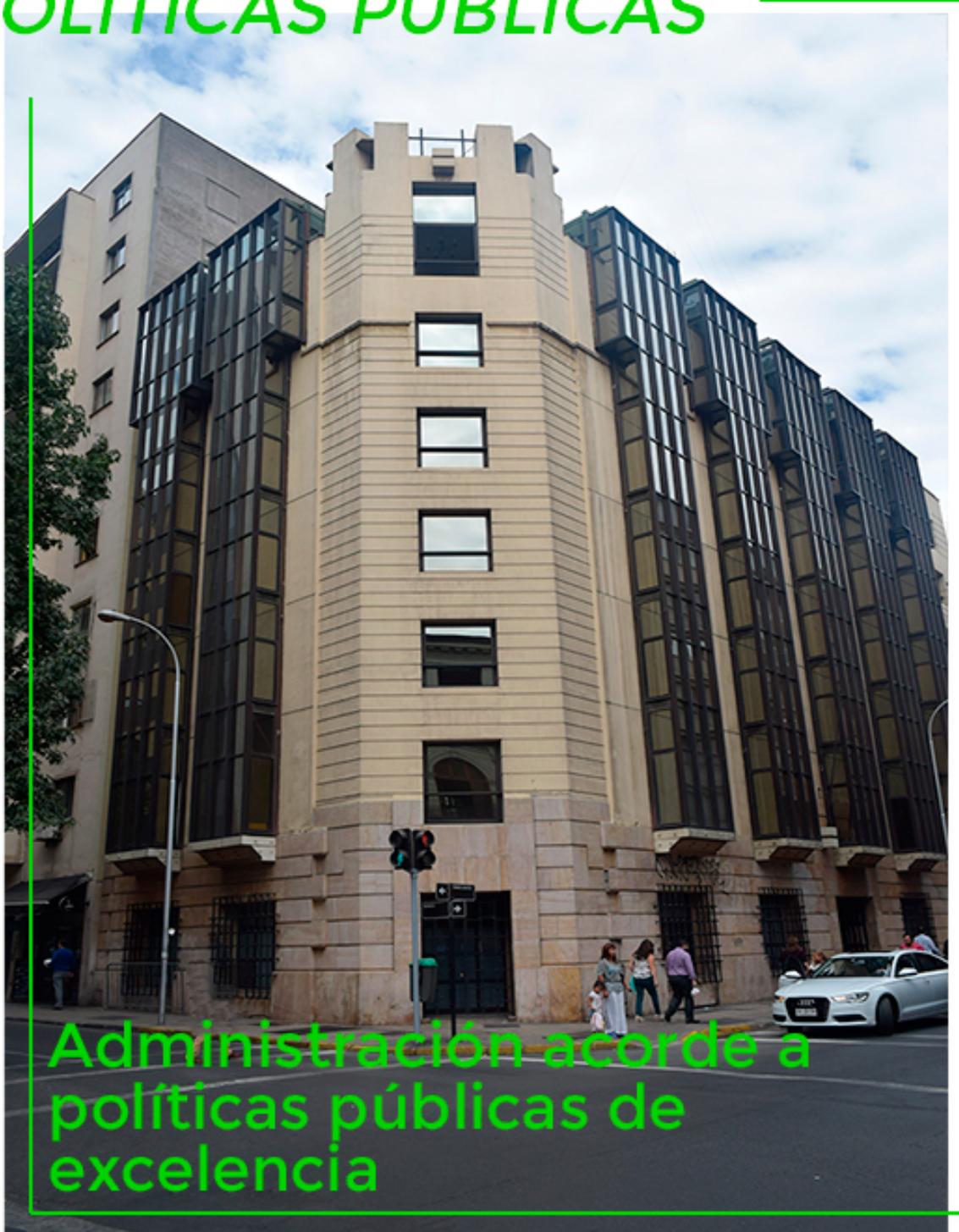
Capacidades de respuesta ante emergencias nucleares y radiológicas

La CCHEN efectuó tres actividades de formación para: Academia de Protección Civil; alumnos de instituciones de las Fuerzas Armadas, Carabineros de Chile, PDI y civiles que participan en operaciones de paz; y para el Comité de Protección Civil de la Municipalidad de Pudahuel.

Actividades académicas del área científica y tecnológica (Tesis).

Se coordinó con instituciones educacionales el siguiente número de actividades y temas para prácticas y tesis: ciencias físicas, tesis de doctorado (2) y tesis de magíster (2); ciencias de la Ingeniería, tesis de magíster (2) y tesis de pregrado (10).

POLÍTICAS PÚBLICAS



ADMINISTRACIÓN ACORDE A POLÍTICAS PÚBLICAS DE EXCELENCIA EN EL SERVICIO

Cumplimiento de metas

La CCHEN, como todas las instituciones públicas del país, suscribe una serie de compromisos.

En primer lugar, mantenemos un Compromiso de Desempeño Colectivo con el Ministerio de Energía, el que es evaluado por un comité triministerial. Por otra parte, asumimos el compromiso con la Dirección de Presupuestos, en el marco del Programa de Mejoramiento de la Gestión (PMG), cuyas metas son evaluadas por el Ministerio de Hacienda, el que concede un incentivo monetario en relación a la ejecución eficiente, eficaz y de calidad por parte del Servicio.

Las metas del CDC y PMG 2019, junto con su nivel de cumplimiento se pueden revisar aquí: https://www.cchen.cl/?page_id=2785

Actualización de estándares

Los estándares son un elemento de primera prioridad en una Institución como la CCHEN, que requiere garantizar una excelencia en las tareas que realiza, tanto en los ámbitos de la administración como en los de análisis y producción, como por ejemplo Radiofarmacia, donde existen Buenas Prácticas de Manufactura asociadas a esta industria.

Por otro lado, el funcionamiento correcto de los equipos emisores y generadores de radioactividad es de vital importancia para los usuarios, tanto en la CCHEN como en el conjunto de instituciones en el país, ya que se debe tener la garantía de que los dosis son las que se espera irradiar. Esto es fundamental en sectores como el de la salud, en el que los pacientes deben recibir la dosis exacta si se quiere obtener los resultados esperados en un tratamiento o diagnóstico.

Del mismo modo, es imprescindible que los equipos que miden la presencia y dosis absorbida de radioactividad arrojen datos exactos, que permitan tomar las precauciones requeridas.

– Seguridad Nuclear

En el marco del proyecto denominado “Strengthening National Infrastructure for Radiation Safety and Security” (CHI/9/023), en agosto de 2019, se recibió al experto Iván Recarte García-Andrade, del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) de España.

El objetivo fue hacer un diagnóstico en la aplicación de la Guía GSR Parte 2 “Liderazgo y gestión en pro de la seguridad” del OIEA, que busca establecer, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión eficaz, con miras a garantizar la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante.

– Aseguramiento de calidad en radiofarmacia

En 2019, el Departamento Producción de Radiofármacos se mantuvo en proceso de regularizar su actividad frente a la autoridad sanitaria, representada por el Instituto de Salud Pública. En una primera etapa, se obtuvo autorización de instalación y funcionamiento

como Laboratorio de Producción Farmacéutica.

En ese mismo marco, se estableció la necesidad de crear una Unidad de Aseguramiento de Calidad, la que hoy se encuentra en funcionamiento.

Las principales actividades realizadas en 2019 fueron:

- Autoinspecciones de Buenas Prácticas de Manufactura.
- Autoinspecciones de Control de Calidad.
- Documentación de Buenas Prácticas de Manufactura.
- Fórmulas maestras para cada producto.
- Calificación de equipos críticos con empresa externa (IQ, PQ, OQ).
- Control microbiológico ambiental.

– **Metrología de radiaciones ionizantes**

La CCHEN mantiene su condición de “Laboratorio Designado para las Magnitudes de Radiaciones Ionizantes” de la Red Nacional de Metrología y firmado entre el Instituto Nacional de Normalización (INN) y la CCHEN.

El Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes participó en la comparación bilateral para el rango de protección radiológica operacional (Cesio-137), en abril de 2019, con el Consejo Nacional de Investigación de Canadá.

Los resultados fueron informados en el Reporte NRC PIRS-2869 “Comparison of the standards of air kerma in Cs-137 radiation of the Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes, Comisión Chilena de Energía Nuclear and the National Research Council Canadá”, lográndose una razón CCHEN/NRC igual a 0,9957, con incertidumbre standard de 0,9%. Se confirmó la equivalencia de mediciones entre ambos laboratorios.

– **Dosimetría biológica**

El laboratorio de dosimetría biológica participó en dos ejercicios organizados por la Red Latinoamericana de Dosimetría Biológica (LBDNet) en 2019, con el objetivo de homogeneizar y armonizar criterios.

El primer ejercicio de escritorio consistió en plantear un escenario de emergencia radiológica en el cual se debió estimar la dosis absorbida, evaluar el cálculo de dosis absorbida y redactar un informe.

El segundo ejercicio consistió en analizar imágenes de placas metafásicas en modo convencional (500 metafases) y modo triage, con el fin de estimar la dosis absorbida en tres casos, y así realizar una intercomparación entre los resultados obtenidos por los laboratorios de la región.

– **Análisis**

En el marco del aseguramiento de la calidad analítica, el Laboratorio de Agricultura participó en la Ronda Internacional entre Laboratorios de Ensayos de Aptitud Analítica en la determinación de Nitrógeno Total (%) y ^{15}N átomos en exceso (%) en muestras de vegetales, obteniendo excelentes resultados de precisión. Cabe destacar que el análisis (%) de ^{15}N a.e. (átomos exceso), por espectrometría de emisión óptica, es una técnica única en el país.

El Laboratorio también participó en la Ronda Internacional entre Laboratorios de Ensayos de Aptitud Analítica IAEA NAEL TEL 2019, para determinar radionúclidos naturales y antropogénicos en agua, camarones y muestras simuladas de aerosoles.

El laboratorio ICP-MS (técnica analítica de plasma acoplado inductivamente) participó en el ensayo PROCORAD, entidad que organiza intercomparaciones de radiotoxicología para evaluar la calidad de los resultados del análisis médico, y así promover buenas prácticas de laboratorio.

– **Dosimetría**

Se participó en actividad junto a 74 laboratorios de alto nivel, especializados en Dosimetría Interna, con el fin de armonizar técnicas, comparar análisis y mejorar protocolos a nivel mundial.

En este contexto, se organizaron intercomparaciones con muestras que contenían los radionúclidos presentes con mayor frecuencia durante la exposición ocupacional (muestras tratadas con el fin de eliminar cualquier riesgo biológico). De esta forma, se determinó la presencia de uranio, utilizando las señales para m/z 235 U y 238 U. Los resultados alcanzados, permiten asegurar la calidad de las mediciones para la técnica señalada.

– **Caracterización Química**

A nivel internacional, el Laboratorio de Caracterización Química participó en dos programas de intercomparación con el Programa Anual Ensayos de Aptitud Interlaboratorios de la World Meteorological Organization - Global Atmospheric Watch: 60th and 61st Inter-Laboratory Comparison Study, para determinar cationes y aniones en muestras sintéticas de lluvias ácidas.

Se participó en el 1º Ensayo de Aptitud en Muestras de Carbonato de Litio, organizado por el Instituto Nacional de Tecnología, Estandarización y Metrología Ltda., donde se informaron los resultados obtenidos en: Na, K, Ca, Mg, B, Fe y %pureza.

Gestión de recursos

– Programa Huella Chile

En febrero de 2019, el CEN La Reina de la CCHEN asumió el compromiso de formar parte del Programa Huella Chile del Ministerio del Medio Ambiente, y así sumar nuevas acciones tendientes a mitigar los Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En octubre, se validó el proceso de nuestra cuantificación de GEI, por lo cual la CCHEN fue reconocida por el Programa con los logos “Cuantificación”, para los años 2016, 2017 y 2018.



– Uso de la energía

La Oficina de Eficiencia Energética consolidó un contrato de suministro eléctrico para ambos Centros Nucleares, posibilitando el ahorro promedio de un 12% en este gasto. En febrero de 2019 comenzó a regir nueva tarifa eléctrica para el CEN Lo Aguirre y La Reina.

Comparando los números de cliente para los que rige la nueva tarifa, se tiene:

Centros Nucleares	Consumo total kWh	Total costo energía (\$)	Total factura (\$)
Año 2018	2,606,783	\$149.647.425	\$251.369.666
Año 2019	2,435,149	\$112.307.048	\$216.820.601

Consumo y tarifa desglosada por cada Centro Nuclear.

A diciembre de 2019, se consumió un 6,6% menos de energía, lo que se tradujo en una reducción del 25% en costo de la energía, y en un 13,7% en el total de la factura.

– Gobierno digital

- En 2019 se digitalizó el 88% de los trámites incorporados en el Registro Nacional de Trámites (<https://tramites.gob.cl/>), aquellos que la Institución presta al ciudadano, usuarios y empresas.
- Se realizaron mejoras de acceso y organización de la información del Portal de Trámites Digitales Institucional y del trámite “Autorización para operadores de reactores nucleares de investigación”.
- Se logró la digitalización de 15 trámites institucionales (de un total de 17, según catastro 2018), de los cuales 14 corresponden a compromiso institucional asumido en 2019.
- Plataforma SUPER (Sistema Unificado de Permisos). Se trata de una plataforma de gobierno que entrega a los ciudadanos/as las herramientas tecnológicas necesarias para simplificar, racionalizar y disponer los trámites públicos online. En 2019, se realizó la integración informática de la plataforma SUPER y los cinco permisos sectoriales institucionales comprometidos.

– Proyecto “Cero Papel”

Se planificó y ejecutó el proyecto “Cero Papel”, para reducir su uso en la Institución y contribuir al cuidado del medio ambiente. Además, permite automatizar procesos, aprovechando la tecnología existente. Se definieron y ejecutaron medidas inmediatas, cuyos resultados fueron:

- Reducción del uso del papel en un 31% respecto a 2018, ahorrando 461 resmas de hojas.
- Reducción de los costos directos de impresión (uso de tóner y cartridge de impresora) en un 23,4% respecto a 2018. Esto equivale a un ahorro de \$4.996.789 pesos.

– Gestión interna de proyectos

En 2019, con el fin de fortalecer, optimizar y mejorar procesos clave de la CCHEN, se dio continuidad al Proyecto de Eficiencia de la Producción, para determinar las capacidades productivas del proceso y visibilizar las etapas, unidades y recursos requeridos para dar continuidad al flujo productivo. Esto se tradujo en acciones de mejora que impactaron los siguientes procesos de la CCHEN y visibilizaron oportunidades de mejora detectadas por cada área CCHEN:



Nº de oportunidad de mejora detectadas por área.

– Continuidad operativa

Entre las principales actividades que realizó la CChEN en este ámbito, cabe mencionar la gestión de:

- Contrato mantención de sistema de alarmas contra incendios.
- Contrato mantenimiento de aire acondicionado y ventilación.
- Contrato mantenimiento de ventilación laboratorio de Control de Calidad y Liofilizados.
- Contrato mantenimiento preventivo de ascensores y montacargas.
- Contrato mantenimiento preventivo de ventilación de Ciclotrón.
- Mantenimiento red de agua potable y alcantarillado.
- Mantenimiento sistema de red húmeda y red seca.
- Mantenimiento transformadores.
- Mantenimiento generadores.

GESTIÓN PRESUPUESTARIA



Eficiencia en el uso de los
recursos públicos

GESTIÓN PRESUPUESTARIA

Presupuesto de la CCHEN

	2016	2017	2018	2019
Presupuesto generado por CHEN	2.420.252	2.982.798	3.587.942	3.638.991
Presupuesto otorgado por Hacienda	11.706.329	10.713.675	12.158.085	11.797.484

Presupuesto de la CCHEN (cifras informadas en pesos chilenos).

La Ley de Presupuestos 2019 autorizó un presupuesto total de \$11.797,5 millones, el que se incrementó, una vez autorizadas las diversas modificaciones presupuestarias, a \$13.026,2 millones. El presupuesto institucional incluye fondos extrapresupuestarios, como se aprecia en la tabla (cifras informadas en pesos chilenos).

Tipo	Organismo	Programa	Ingresos (\$)
Nacional	CONICYT	ANILLO	150.000.000
		FONDECYT	145.284.636
		FONDEF	14.666.958
		PAI	114.320.000
Total Nacional			424.271.594
Internacional	CTBTO	CTBTO	396.340.904
	DOE	DOE	0
	OIEA	No incluye proyectos	107.591.045
Total Internacional			503.931.949
TOTAL			924.842.748

Ejecución presupuestaria

La ejecución del presupuesto de gastos alcanzó los \$12.102,9 millones, lo que representa un 92,9% del presupuesto en trámite. La ejecución del gasto tuvo un resultado de subejecución en algunos subtítulos, dando el siguiente resultado:

Comisión Chilena de Energía Nuclear						
Subt.	Ítem	Asig.	Descripción	Ley Presupuesto 2019	Presupuesto vigente	Total ejecutado 2019
21			Gastos en personal	7.908.725	8.138.488	7.870.383
22			Bienes y servicios de consumo	2.857.400	2.857.400	2.719.933
23			Prestaciones de seguridad social	10	530.064	530.055
	01		Prestaciones previsionales	0	0	365.973
	03		Prestaciones sociales del empleador	10	530.064	164.082
24			Transferencias corrientes	32.960	32.960	32.523
	07		A organismos internacionales	32.960	32.960	32.523
		001	Organismo Internacional de Energía Atómica	32.960	32.960	32.523
25			Integros al Fisco	10	70.010	62.388
	01		Impuestos	10	70.010	62.388
29			Adquisición de activos no financieros	203.940	203.940	192.613
	03		Vehículos	30.900	30.900	30.900
	04		Mobiliario y otros	5.150	5.150	4.826
	05		Máquinas y equipos	87.550	87.550	83.572
	06		Equipos informáticos	20.600	20.600	20.224
	07		Programas informáticos	59.740	59.740	53.092
31			Iniciativas de inversión	794.439	794.439	301.307
	02		Proyectos	794.439	794.439	301.307
34			Servicio de la deuda	0	398.936	393.700
	07		Deuda flotante	0	398.936	393.700
				11.797.484	13.026.237	12.102.902



CCHEN
Ministerio de Energía

Gobierno de Chile

Cuenta Pública Participativa

Comisión Chilena de Energía Nuclear

2019

Av. Nueva Bilbao 12.501, Las Condes
+56 2 2364 6100 | oirs@cchen.cl

