



CCHEN
Ministerio de Energía

Gobierno de Chile

MEMORIA

Comisión Chilena de Energía Nuclear

2019



ÍNDICE

3	Saludo Director Ejecutivo	
5	División Investigación y Aplicaciones Nucleares	
	Departamento Ciencias Nucleares	[5]
	Departamento Reactores de Investigación	[13]
	Departamento Materiales Avanzados	[14]
	Departamento Tecnologías Nucleares	[21]
	Departamento Gestión de Innovación y Transferencia	[32]
34	División Producción y Servicios	
	Departamento Producción de Radiofármacos	[34]
	Departamento Servicios de Caracterización e Irradiación	[44]
	Departamento Servicios de Protección Radiológica	[57]
	Departamento Comercial	[70]
75	División Seguridad Nuclear y Radiológica	
	Departamento Estudios de Seguridad	[75]
	Departamento Evaluación y Fiscalización	[76]
	Oficina Control de Gestión	[77]
78	División Corporativa	
	Departamento Protección Radiológica	[79]
	Departamento Metrología de Radiaciones Ionizantes	[85]
	Departamento Gestión Integral	[86]
	Departamento Administración Financiera	[87]
	Departamento Logístico	[88]
	Departamento Ingeniería y Mantenimiento	[89]
	Departamento Tecnología de la Información y Comunicaciones	[92]
	Oficina Asesora de Cooperación Técnica y Relaciones Internacionales	[94]
	Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares	[95]
	Oficina Asesora Eficiencia Energética	[98]
99	División Gestión y Desarrollo de Personas	
	Departamento Administración de Personal	[99]
	Departamento Desarrollo Organizacional	[100]
	Departamento Bienestar y Calidad de Vida	[101]
	Oficina Asesora de Prevención de Riesgos	[101]
	Oficina Asesora de Comunicaciones Internas	[103]
104	Oficina Asesora de Auditoría y Control Interno	
105	Oficina Asesora de Control de Ventas de Litio	
107	Oficina Asesora de Comunicación Corporativa	
112	Oficina de Asesoría Jurídica	
114	Oficina Asesora de Planificación y Control de Gestión	
115	Oficina Asesora de Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia	
118	Siglas	

Memoria Institucional 2019 Saludo Director Ejecutivo



Jaime Salas Kurte, Director Ejecutivo de la CCHEN

Tengo el agrado de presentar a la ciudadanía un resumen de las principales actividades desarrolladas por la Comisión Chilena de Energía Nuclear en 2019.

A través de sus 56 años de vida, la CCHEN ha sido testigo de grandes cambios que han ocurrido en Chile, en materia de desarrollo económico, tecnológico y en los ámbitos políticos y sociales.

Así, la Comisión ha ido adaptándose a los de su más directa competencia, como son aquellos de carácter científico y tecnológico, en particular, los del área nuclear, para mantenerse al día en su labor de ir año a año agregando valor público a su quehacer.

Así, también hemos ido adoptando los avances internacionales de la tecnología nuclear, en áreas como la medicina nuclear; y las aplicaciones de tecnología nuclear en la minería, industria, agricultura, alimentos, medio ambiente y ciencias básicas.

También hemos investigado y desarrollado aplicaciones tecnológicas, aprovechando el talento CCHEN y el trabajo en redes. Asimismo -con legítimo orgullo- podemos decir que también hemos contribuido al conocimiento internacional en áreas de investigación de punta, como es el caso de los desarrollos alcanzados en física de plasmas.

Si bien, esta es la memoria del año 2019, me permito la licencia y solicito su comprensión, para referirme a los hechos por lo que atraviesa toda la humanidad en estos días, me refiero a la pandemia de Covid-19.

Esta situación nos ha permitido renovar nuestro compromiso de apoyo a las más diversas áreas que impactan en el bienestar de las personas y en el desarrollo del país.

Como servicio público, y en medio de esta crisis sanitaria sin precedentes, hemos seguido trabajando con mayor fuerza, ya sea desde nuestros hogares u operando nuestras instalaciones críticas, gracias a la labor

de nuestros funcionarios y funcionarias, podemos continuar poniendo a disposición insumos fundamentales para la medicina nuclear y la industria, garantizar la protección radiológica y contribuir al desarrollo de la ciencia y tecnología, en áreas de impacto social y económico.

En esencia, se trata del esfuerzo de una Institución centrada en la entrega de valor público.

Desde sus inicios, la CCHEN ha estado fuertemente ligada a las necesidades del país. El doctor y senador Eduardo Cruz-Coke Lassabe propuso, en 1955, un proyecto de ley para crear la Institución que utilizaría en aquel entonces la novel energía nuclear para usos pacíficos. La Comisión Nacional de Energía Nuclear, nombre con el que se inicia esta Institución, se crea casi 10 años después, el 16 de abril de 1964.



Senador Eduardo Cruz-Coke Lassabe.

La primera gran meta fue la construcción de un Centro de Estudios Nucleares, en la comuna de Las Condes, hoy denominado CEN La Reina, con el primer reactor nuclear de investigación en Chile, el cual abriría camino a la elaboración de radioisótopos para la industria, la agricultura, el medio ambiente y el desarrollo de las ciencias y tecnologías nucleares.

Paralelamente, se introdujo la tecnología de irradiación con fuentes radiactivas, principalmente de cobalto, que permitió acceder a los beneficios de la sanitización, la inocuidad o eliminación de bacterias y contaminantes, y el estudio de los efectos positivos sobre especies vegetales de consumo y uso humano.

Con el ciclotrón, un acelerador de partículas, y sus laboratorios, se obtuvo la capacidad completa, junto al reactor nuclear, para aumentar y diversificar la producción de radiofármacos y otros insumos médicos, para diagnóstico y tratamiento de enfermedades catastróficas y de este modo, generar valor público, al lograr que hospitales y clínicas puedan brindar una atención del más alto nivel a sus pacientes, en el propio país, sin dependencia externa, con materiales de aplicación única.

En la década de los 70 se sumaría el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre, en Pudahuel. Con nuevas edificaciones especializadas, Chile se incorporó a la lista de fabricantes de combustible nuclear para el suministro a sus reactores y delineó una potencial proyección a la exportación, en una industria de los más elevados estándares de calidad.

En este mismo centro nuclear se habilitó la primera planta multipropósito de uso industrial, que utiliza las radiaciones provenientes de una fuente de cobalto para que la industria alimentaria y de diversas materias primas ofrezca al mercado productos con mejores propiedades y mayor durabilidad, en un mundo que tiene desafíos cada vez mayores para asegurar alimentos y proveer elementos libres de patógenos o contaminantes.

Sobre minería y materiales, en este mismo centro nuclear se han implementado procesos tecnológicos de gran utilidad, que han permitido a esa industria expandir el conocimiento sobre los materiales nucleares y otros, incluyendo las potencialidades de explotación de minerales en sus relaves y depósitos. Cada actividad ha tenido componentes de ingeniería o investigación, en la que profesionales y técnicos adaptan y desarrollan los sistemas para una óptima utilización de los isótopos y las radiaciones ionizantes.

En su historia, la CCHEN ha hecho un esfuerzo adicional en las ciencias dedicadas a la energía, en especial, aquella basada en la fusión nuclear. En casi tres décadas, se han desarrollado tecnologías e ingenios innovadores, la mayoría de ellos de fabricación propia, contribuyendo con gran dedicación al área de plasma y fusión nuclear, y a la investigación mundial en la materia. Gracias a esta labor sostenida, se han sumado capacidades para la investigación de física nuclear, en red con otras instituciones de investigación en el mundo.

Además, evaluamos y fiscalizamos instalaciones cada vez más numerosas y complejas, gracias al trabajo de profesionales y técnicos sometidos a altas exigencias y requerimientos de responsabilidad, sumado a la robustez de equipos e instalaciones. Hoy, fiscalizamos más de 400 instalaciones radiactivas, en industria, medicina y academia, a lo largo del país, las que generan claros beneficios a la sociedad, con un desempeño responsable respecto de personas y medio ambiente.

Nuestra contribución a la economía y a la salud se evidencia a través de irradiaciones en la industria de exportación, y en la ionización de sangre y tejidos biológicos. Ello nos permite estar presentes en el tratamiento de personas con grandes quemaduras, traumatología y odontología. Solo en 2019, la irradiación involucró 1.800 toneladas de alimentos, 11.000 cajas de material médico-quirúrgico y 100 toneladas de otros materiales.

Por otra parte, aseguramos la protección radiológica de ambientes y personas ocupacionalmente expuestas, en diversos centros radiológicos e industrias, a través de la vigilancia y el control dosimétrico, y la gestión de desechos radiactivos, a nivel nacional.

Además, participamos activamente en el desarrollo de capacidades nacionales para el desempeño en ambientes radiológicos, en las áreas de medicina, minería, medio ambiente e industria, a través de la capacitación en protección radiológica operacional para profesionales y técnicos que se desempeñan en esas áreas y a estudiantes, así como a organizaciones en un amplio rango de áreas de desempeño.

Finalmente, continuamos la generación de conocimiento y desarrollo innovador de diversas técnicas en minería, agricultura, hidrología y medio ambiente, en un variado espectro de aplicaciones, enfocadas en generar impacto en temas prioritarios.

Estos logros, así como aquellos a los cuales nos encontramos dedicados en la actualidad, han sido posibles a través del trabajo profesional, el esfuerzo y la labor honesta de quienes forman parte de nuestra Institución, en sus diferentes roles y puestos.

Nuestro quehacer demanda un trabajo colaborativo, que abarca equipos administrativos, de apoyo y soporte técnico, junto a la creatividad y conocimiento altamente especializado de los investigadores y de quienes se ocupan de que el resultado de tales esfuerzos técnicos se materialice en desarrollos y nuevas aplicaciones de la tecnología nuclear, en beneficio de las personas.

Además, están quienes dedican todo su esfuerzo a que los productos y servicios de la CCHEN lleguen a los ciudadanos y ciudadanas que los requieren, en forma oportuna y cumpliendo los más altos estándares. A ello se suman todas las personas que deben cumplir con las más diversas exigencias que una administración pública moderna demanda hoy.

Así, la semilla implantada por un médico y senador de la República, emprendedor y visionario, se ha convertido en una Institución multidisciplinaria, que busca mantener e incrementar su aporte continuo, en los temas de relevancia nacional en que centra su entrega de valor público.



DIVISIÓN INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES NUCLEARES

Responsable: Mauricio Lorca Miranda | Adriana Nario Mouat (03/09/2019 al 01/03/2020)
Desde el 02/03/2020: Luis Huerta Torchio (luis.huerta@cchen.cl)

OBJETIVO

Orientar e incentivar el desarrollo de actividades científico-tecnológicas, de acuerdo a las políticas en materias de gestión estratégica de investigación, desarrollo e innovación. Esto de la mano de propósitos definidos, receptores identificados y actores articulados en redes.

HITOS 2019

- Adjudicación de cinco nuevos proyectos de I+D con financiamiento externo: síntesis de nanopartículas de litio (FONDEF), radiaciones pulsadas y sus efectos en materiales vivos e inertes (FONDECYT Regular), optimización de equipo PF-2kj (FONDECYT Postdoctorado), evaluación del rol de los ARNs no codificantes en exosomas secretados por células expuestas a radiación (FONDECYT Postdoctorado) y desarrollo de una metodología de control y prevención de la enfermedad Loque americana en Chile (PAI - CONICYT).
- En total, 13 proyectos de investigación y desarrollo, en ejecución 2019, en distintos niveles de participación: dirección, investigadores titulares, coinvestigadores y asociados. Se trata de un proyecto coordinado de investigación del OIEA (CRP, por sus siglas en inglés), dos FONDEF, tres FONDECYT regular, dos FONDECYT Postdoctorado, cuatro Programas Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado (PAI) y un proyecto Anillo del Programa de Investigación Asociativa (PIA) de CONICYT.
- Seis proyectos semilla de I+D, que contaron con financiamiento CCHEN para obtener en ocho meses los resultados base que sirvan de soporte a futuras postulaciones a concursos de financiamiento externo.
- 21 publicaciones de investigadores de la DIAN, en asociación con investigadores y profesionales de instituciones colaboradoras.
- Consolidación de prácticas de Gestión de Proyectos de I+D+i para formalizar las actividades, responsabilidades, interacciones, canales de comunicación, documentos y flujos de información para asegurar la eficiencia y eficacia de la gestión de proyectos de I+D+i de la Institución.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NUCLEARES

Responsable: José Moreno Martínez (jose.moreno@cchen.cl)

OBJETIVO

Implementar y gestionar las líneas de investigación y desarrollo en las áreas de Física Nuclear y Reactores, y Física de Plasma y Fusión Nuclear, a través del diseño, postulación y ejecución de proyectos científicos.

Para dar cumplimiento a sus funciones, este Departamento está conformado por profesionales y técnicos altamente calificados:

- Dr. José Moreno Martínez, físico investigador. Jefe Departamento de Ciencias Nucleares
- Dr. Leopoldo Soto Norambuena, físico investigador. Coordinador Consejo Científico-Tecnológico de la División de Investigación y Aplicaciones Nucleares
- Dr. Gonzalo Avaria Saavedra, físico investigador
- Dr. Cristian Pavez Morales, físico investigador
- Dr. Francisco Molina Palacios, físico investigador
- Dr. Sergio Davis Irarrázaval, físico investigador
- Dr. Biswajit Bora, físico investigador
- Dr. Marcelo Zambra Yáñez, físico investigador
- Sr. Marcelo Vásquez Manqui, técnico en mecánica industrial, mención mantención.
- Dr. Jalaj Jain, físico investigador postdoctoral
- Dr. Rodrigo Andaur, bioquímico, investigador postdoctoral
- Dra. Karla Kauffmann Figueroa, física investigadora postdoctoral (hasta mayo de 2019)
- Dra. Mirtha Ríos, bioquímica investigadora postdoctoral (desde diciembre de 2019)

HECHOS RELEVANTES

Proyectos

- Proyecto Anillo ACT 172101:

Título: "Física de Plasmas y Potencia Pulsada para Energía y Vida: Efectos y Aplicaciones en Materia Viva y Materiales"

Participantes: Leopoldo Soto (director), Cristian Pavez y Sergio Davis (investigadores titulares), Katherine Marcelain (investigadora titular, Universidad de Chile), Biswajit Bora y José Moreno (investigadores asociados), Jalaj Jain, Rodrigo Andaur y Héctor Araya (investigadores postdoctorales)

Inicio: diciembre de 2017

Estado: en ejecución

Avances 2019:

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. Entre ellos:

- Física de plasmas densos producidos por descargas eléctricas de potencia pulsada
- Emisión de pulsos de rayos X y neutrones
- Escalamiento y miniaturización de dispositivos plasma focus
- Efecto radiaciones pulsadas y choques de plasma en materiales de interés en reactores de fusión nuclear
- Efecto de radiaciones pulsadas en materia viva y orgánica
- Plasmas de radiofrecuencia, continuos y antorchas de plasmas

El proyecto incluye actividades de formación y entrenamiento de estudiantes de pre y postgrado, actividades de divulgación a público general y desarrollo de redes nacionales e internacionales de colaboración.

Resultados obtenidos en 2019

Investigación:

Se publicaron:

- Cuatro artículos en revistas internacionales
- Un artículo en prensa
- Cinco artículos (en revisión) en revistas
- Un artículo en un documento técnico del OIEA
- Ocho presentaciones en conferencias

Educación, entrenamiento de estudiantes e investigadores jóvenes:

- Tres postdoctorados han trabajado en el proyecto
- Un estudiante de doctorado finalizó su tesis
- Un estudiante de magister continúa su tesis
- Dos estudiantes de pregrado finalizaron su tesis
- Cuatro estudiantes de pregrado están trabajando en el proyecto

• **Proyecto FONDEF (ID19I10399):**

Título: 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

Participantes: Biswajit Bora (director), Gonzalo Avaria (director alterno), Julio Urzúa y Mirtha Ríos (investigadores), Marcelo Vásquez (técnico mecánico), Marlene Arismendi (investigadora, Nanotec S.A.), Pamela Quintuprai (administración y gestión) y Daniela Ulloa (propiedad industrial)

Inicio: 01 de diciembre de 2019

Estado: En ejecución



Imagen N° 1: (De izq. a der.) Drs. Gonzalo Avaria y Biswajit Bora, a cargo de proyecto Síntesis de nanopartículas.

Avances 2019:

En la búsqueda de materiales de electrodos para dispositivos de almacenamiento de energía de alta densidad, la comunidad internacional se ha concentrado en materiales basados en sulfuro de litio (LS). Este material presenta dos grandes desafíos: enorme cambio en el volumen y el mantenimiento de una estructura de electrodo electroquímicamente favorable durante el ciclo de carga-descarga a largo plazo.

En investigaciones internacionales, los electrodos compuestos de una mezcla de carbono y sulfuro de litio mostraron la formación de fuertes uniones. En esas investigaciones, las pruebas de carga/descarga para las celdas compuestas de LS-carbono mostraron una mejor utilización de LS, en comparación con las de las

celdas de polvo mezcladas con LS + carbono.

Los estudios sobre nanopartículas de LS (alrededor de 100 nm) muestran que las partículas de LS más pequeñas exhiben capacidades de descarga significativamente mejoradas en comparación con las partículas más grandes. Los estudios sobre nanopartículas de LS encapsuladas con grafeno multicapa demostraron la efectividad de la capa. Por lo tanto, las nanopartículas LS menores de 100 nm mezcladas/recubiertas/encapsuladas con carbono esperan obtener mejores propiedades electroquímicas.

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.

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, es decir, nanopartículas de LS mezcladas/recubiertas/encapsuladas con carbono más pequeñas (menos de 100 nm), y en estudiar sus características electroquímicas para aplicaciones de almacenamiento de energía.

Las actividades desarrolladas en diciembre de 2019 se relacionan con la puesta en marcha del proyecto (firma de convenios, traspaso de fondos, creación de centros de costos, cotizaciones y licitaciones públicas para la compra de equipamiento), así como también con la contratación de la investigadora postdoctoral, la Dra. Mirtha Ríos.

- Proyecto FONDECYT Regular (1171127):

“Maximum entropy and maximum caliber principles in computational statistical mechanics: from fundamentals to applications”

Participantes: Gonzalo Gutiérrez (investigador responsable, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile), Sergio Davis (coinvestigador) y Vivianne Olguín (ingeniera Física)

Inicio: marzo de 2017

Estado: en ejecución

Avances 2019:

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 aplicarlas a la simulación de materiales, plasma y otros fenómenos físicos.

En 2019 se continuó trabajando en la búsqueda de resultados fundamentales en el formalismo de superestadística, relacionado a la no existencia de estimadores intrínsecos de temperatura en tal teoría. Los principales avances obtenidos se relacionan con la determinación de las posibles familias de modelos superestadísticos compatibles con plasmas no colisionales (Phys. Rev. E 100, 023205 [2019]) y, en general, para sistemas en contacto con un entorno fluctuante (J. Phys. A: Math. Theor. 53, 045004 [2020]).

Por otra parte, se publicaron los resultados obtenidos por Vivianne Olguín, en su tesis de Ingeniería Física (J. Chem. Phys. 151, 064507 [2019]) de la Universidad Andrés Bello y se dio inicio a la tesis de doctorado de Haridas Umpierrez, en la misma universidad, titulada preliminarmente “Temperature and equilibrium in a Bayesian formulation of Statistical Mechanics”.

- 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”

Participantes: Francisco Molina (investigador responsable), Marcelo Zambra (investigador), Pablo Aguilera y Jaime Romero (estudiantes de doctorado), Byron Parra y Andrés Ruiz (estudiantes de magister), Franco López (estudiante de magister), Hugo Arellano (colaborador, Universidad de Chile), Jorge Agramunt (colaborador, Instituto de Física Corpuscular de Valencia, España), Ariel Tarifeño (colaborador Universidad Politécnica de Catalunya, España)

Estado: 3er año de ejecución

Avances 2019:

El propósito de este proyecto 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 y en un amplio rango.

Durante dos semanas en marzo se realizó la primera campaña experimental, en colaboración con el Laboratorio de Física de Plasmas y Fusión Nuclear, utilizando los dispositivos plasma focus PF-400J y PF multipropósito. El objetivo fue probar en condiciones experimentales reales un subgrupo de tres detectores que componen el espectrómetro de neutrones, para estudiar la distribución de energía de neutrones en cada pulso.

Tras un detallado análisis, en septiembre se obtuvieron las primeras distribuciones pulso a pulso de neutrones. El sistema de detección utilizado en la campaña fue exitoso, no obstante, el resultado más relevante fue que cerca del 50-60% de los neutrones detectados provenían de dispersiones con objetos que

rodeaban el experimento (room scattering), lo que motivó una segunda campaña experimental, a realizarse entre enero y febrero de 2020, en una instalación transitoria de bajo scattering de neutrones a montarse en la Sala Multiusos del CEN La Reina.

Cabe mencionar que estas campañas son parte de la tesis de magíster del investigador Byron Parra, que será entregada y defendida en 2020.

En cuanto a las medidas en campos neutrónicos continuos, se trabajó junto al Departamento de Reactores de Investigación para caracterizar la línea experimental #1 de neutrones: Beam neutrografía. Para eso, en agosto se montó un subgrupo de cuatro detectores del espectrómetro de neutrones (nSA) en el Beam #1 de neutrografía. Como resultado, a diciembre de 2019 se realizaron cinco irradiaciones exclusivas a baja potencia (desde 50- 2kW).

El análisis de estos datos está a cargo del estudiante de Magister, Andrés Ruiz, cuya tesis será presentada y defendida en 2020.

- 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”

Participantes: Francisco Molina (investigador responsable), Pablo Aguilera (estudiante de doctorado), Berta Rubio (colaboradora, Instituto de Física Corpuscular de Valencia, España) y Hugo Arellano (director de tesis)
Estado: en ejecución

Avances 2019:

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

La tesis de Pablo Aguilera está en etapa de revisión por parte de los directores de tesis, Sr. Hugo Arellano, Dra. Berta Rubio y Dr. Francisco Molina, para ser presentada y defendida en 2020. Se espera publicar los resultados en una revista de alto impacto (Physical Review C).

- Proyecto Colaboraciones Internacionales en Simulación Monte Carlo:

“Flujo de Neutrones en un Reactor Experimental, mediante método Monte Carlo con dependencia Temporal”

Participantes: Francisco Molina (investigador responsable), Jaime Romero (estudiante de doctorado), J.I.

Márquez (colaborador, Centro Atómico de Bariloche)
Estado: en ejecución

Avances 2019:

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.

En 2019 el estudiante de doctorado del DCN, Jaime Romero, continuó con la implementación de dependencia temporal en código Monte Carlo OPENMC. Se hicieron pruebas exhaustivas de consistencia de transporte de neutrones y conservación de pesos estadísticos totales con técnicas de reducción de varianza.

Luego que esas pruebas fueron satisfactorias, se estudió un sistema mono energético con un grupo de precursores emisores de neutrones retardados. En este sistema se implementaron rutinas de tiempo dependencia a partir del cálculo de flujo transiente para $t=0$, estudiando cuatro configuraciones: a) subcrítica, b) supercrítica c) crítica y d) crítica con inserción de reactividad positiva y negativa “on-line”.

En todos estos casos se obtuvieron resultados exitosos concordantes con las soluciones de la ecuación de cinética puntual. A fines de 2019 comenzó el estudio de un caso real (tipo reactor), que incluye secciones eficaces dependientes de la energía (no mono energéticos). Se espera que en 2020 se presente y defienda la tesis doctoral de Jaime Romero, cuyos resultados podrían ser publicados en, al menos, dos revistas de alto impacto.

- Iniciativa Laboratorio Subterráneo Internacional ANDES:

Participantes: Marcelo Zambra y Francisco Molina (investigadores)

Antecedentes: la iniciativa ANDES (Agua Negra Deep Experiment Site) se gestó a partir de la inquietud entre físicos de Chile y Argentina 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.

Laboratorios como este hay pocos en el mundo: 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 de la CCHEN (sesión 30 de octubre de 2015) analizó la iniciativa y resolvió manifestar

interés en su desarrollo, quedando de manifiesto en una carta del Director Ejecutivo (CCHEN(O) N° 26/038, 9 de junio de 2016), donde nombra como representantes de la Institución en el Comité ANDES-Chile a los investigadores Francisco Molina y Marcelo Zambra.

Posteriormente, el mismo Consejo Directivo ratificó esta decisión (sesión 17 de mayo de 2019), formalizada en una carta de apoyo enviada al director del proyecto, Dr. Claudio Dib (30 de enero de 2020).

- Proyectos FONDECYT Regular (1151471):

“Experimental Study of Singular Plasma Domains in Small Plasma Accelerators of Type Plasma Focus: Plasma Filaments”

Participantes: Cristian Pavez (investigador responsable) y Leopoldo Soto (coinvestigador)

Estado: finalizó en 2019, con informe técnico final aprobado

Avances 2019:

La información documentada resume los resultados principales obtenidos durante la ejecución del proyecto.

Investigación:

- 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 permanecen alojados 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”

Participantes: José Moreno (investigador responsable), Valentina Verdejo y Sergio Davis (coinvestigadores)

Inicio: abril de 2019

Estado: en ejecución

Avances 2019:

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).

En una primera fase, se hicieron pruebas de rendimiento y optimización con distintas geometrías de ánodos. Adicionalmente, se hicieron estudios de la dosis de rayos-x emitido para la condición óptima, y pruebas de irradiación de distintos tipos de células sanas y de cáncer para estudiar los efectos de dosis pulsada en materia viva con daño y sin daño celular.

- 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”

Participantes: Jalaj Jain (investigador principal) y José Moreno (patrocinante)

Inicio: marzo de 2019

Estado: en ejecución

Avances 2019:

- Optimización de equipo PF-2kJ para una mayor emisión de rayos x con 6 condensadores.
- Mediciones de rayos X en PF-2kJ (con seis condensadores), usando fotomultiplicadores y dosimetría de rayos X.
- Depósitos de materia (plomo) en superficie de silicio.
- Irradiaciones de células cancerosas con rayos X emitidos por la descarga plasma focus PF-2kJ con seis condensadores.

- Proyecto FONDECYT Postdoctorado (3190396):

“Rol de los ARNs no codificantes exosomales en la inducción del daño en el ADN, secundario a la radiación ionizante”

Participantes: Rodrigo Andaur (investigador principal) y Leopoldo Soto (patrocinante)

Inicio: marzo de 2019

Estado: en ejecución

Avances 2019:

En este proyecto se evaluó el rol de los ARNs no codificantes en exosomas secretados por células expuestas a radiación, para indagar en 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.

Artículos publicados en 2019, ISI-WoS/Scopus:

- “Hard X-ray emission detection using deep learning analysis of the radiated UHF electromagnetic signal from a plasma focus discharge”
Autores: Avaria, G.; Ardila-Rey, J.; Davis, S., Orellana, L.; Cevallos, B.; Pavez, C.; Soto, L.
IEEE Access 7, 74899-74908 (2019). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2921288>
- “On the Relationship between the Electromagnetic Burst and Inductive Sensor Measurement of a Pulsed Plasma Accelerator”
Autor: Orellana, L.; Ardila-Rey, J.; Avaria, G.; Díaz, M. A.; Pavez, C.; Schurch, R.; Soto, L.
IEEE Access 7, 133043-133057 (2019). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2941466>
- “Experimental evidence of more than one ions acceleration mechanisms in plasma focus device: observations and interpretations”
Autores: Jain, J.; Moreno, J.; Davis, S.; Bora, B.; Pavez, C.; Avaria, G.; Soto, L.
Physics of Plasmas 26, 103105 (2019). <https://doi.org/10.1063/1.5108810>
- “Experimental measurements of high-energy photons in X-rays pulses emitted from a hundred joules plasma focus device and its interpretations”
Autores: Jain, J.; Moreno, J.; Davis, S.; Bora, B.; Pavez, C.; Avaria, G.; y Soto, L.
Results in Physics 16, 102915 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.102915>
- “Emergence of Tsallis statistics as a consequence of invariance”
Autores: Davis, S.; Gutiérrez, G.
Physica A 533, 122031 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.122031>
- “Single-particle velocity distributions of collisionless, steady-state plasmas must follow Superstatistics”
Autores: Davis, S.; Avaria, G.; Bora, B.; Jain, J.; Moreno, J.; Pavez, C.; Soto, L.
Physical Review E 100, 023205 (2019). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.100.023205>
- “Extended correlations in the critical superheated solid”
Autores: Olguín-Arias, V.; Davis, S.; Gutiérrez, G.; Journal of Chemical Physics 151, 064507 (2019). <https://doi.org/10.1063/1.5111527>
- “Experimental study of Gamow-Teller transitions via the high-energy-resolution $^{18}\text{O}(^3\text{He},t)^{18}\text{F}$ reaction: Identification of the low-energy “super” - Gamow-Teller state”
Autores: H. Fujita, Y. Fujita, Y. Utsuno, K. Yoshida, T. Adachi, A. Algora, M. Csatlós, J. M. Deaven, E. Estevez-Aguado, C. J. Guess, J. Gulyás, K. Hatanaka, K. Hirota, R. Hutton, D. Ishikawa, A. Krasznahorkay, H. Matsubara, F. Molina, H. Okamura, H. J. Ong, G. Perdikakis, B. Rubio, C. Scholl, Y. Shimbara, G. Süsoy, T.

Suzuki, A. Tamii, J. H. Thies, R. G. T. Zegers, and J. Zenihiro
Phys. Rev. C 100, 034618, <https://www.doi.org/10.1103/PhysRevC.100.034618>

- “ ^{67}Kr two-proton radioactivity: Results and theoretical interpretations”
Autores: T. Goigoux, P. Ascher, B. Blank, M. Gerbaux, J. Giovinazzo, S. Grévy, T. Kurtukian Nieto, C. Magron, D. S. Ahn, P. Doornenbal, N. Fukuda, N. Inabe, G. Kiss, T. Kubo, S. Kubono, S. Nishimura, H. Sakurai, Y. Shimizu, C. Sidong, P. A. Söderström, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda, P. Vi, J. Wu, Y. Fujita, M. Tanaka, J. Agramunt, A. Algora, V. Guadilla, A. Montaner-Piza, A. I. Morales, S. E.A. Orrigo, B. Rubio, W. Gelletly, P. Aguilera, F. Molina, F. Diel, D. Lubos, G. de Angelis, D. Napoli, C. Borcea, A. Boso, R. B. Cakirli, E. Ganioglu, J. Chiba, D. Nishimura, H. Oikawa, Y. Takei, S. Yagi, K. Wimmer, G. De France, S. Go, B. A. Brown.
Acta Physica Polonica B 50, 399-404 (2019) DOI: <https://www.doi.org/10.5506/APhysPolB.50.399>
- “Beta decay of the $T_z=-2$ nucleus ^{64}Se and its descendants”
Autores: B. Rubio, P. Aguilera, F. Molina, J. Agramunt, A. Algora, V. Guadilla, A. Montaner-Pizá, A.I. Morales, S.E.A Orrigo, W. Gelletly, B. Blank, P. Asher, M. Gerbaux, J. Giovinazzo, S. Grevy, T. Kurtukian, C. Magron, J. Chiba, D. Nishimura, H. Oikawa, Y. Takei, S. Yang, D. S. Ahn, P. Doornenbal, N. Fukuda, N. Inabe, G. Kiss, T. Kubo, S. Kubono, S. Nishimura, Y. Shimizu, C. Sidong, P.-A. Söderström, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda, P. Vi, J. Wu, Y. Fujita, M. Tanaka, F. Diel, D. Lubos, G. de Angelis, D. Napoli, C. Borcea, A. Boso, R. B. Cakirli, E. Ganioglu, G de France, S. Go
Journal of Physics: Conference Series, Volume 1308 (2019) 012018, <https://www.doi.org/10.1088/1742-6596/1308/1/012018>.

Participación nacional e internacional

Iniciativas de Cooperación Nacional:

Al alero de proyectos en ejecución, se han realizado y mantenido colaboraciones nacionales con la Universidad Técnica Federico Santa María (Jorge Ardila y Marcelo Ruiz), Universidad Católica de Chile (Julio Valenzuela y Herman Bhuyan), Universidad Andrés Bello (Joaquín Peralta), Universidad Andrés Bello (Claudia Loyola), Universidad Adolfo Ibáñez (Alejandra Montecinos), Universidad de Chile (Gonzalo Gutiérrez, Hugo Arellano, Marcos Díaz y Katherine Marcelain).

Iniciativas de Cooperación Internacional:

Se han mantenido colaboraciones científicas con el Instituto de Física Corpuscular de Valencia (Alejandro Algora, Enrique Nacher, Berta Rubio y Jorge Agramunt) y la Universidad Politécnica de Cataluña (Francisco Calviño y Ariel Tarifeño). Gracias a esas colaboraciones se ha participado en experimentos en grandes instalaciones de física nuclear.

En junio de 2019, el Dr. Francisco Molina, investigador del Laboratorio de Investigación Nuclear, participó 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. Además, estudia presentar una propuesta de medición del núcleo ^{42}Ti en el laboratorio de ISOLDE-CERN (Suiza-Francia), en colaboración con Enrique Nacher del Instituto de Física Corpuscular.

En enero de 2019, el Dr. Leopoldo Soto realizó una visita científica al Instituto de Fusión Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid (España), donde trabajó en colaboración con los investigadores Prof. Manuel Perlado, Dra. Raquel González, Dr. Antonio Rivera y Sr. Miguel Panizo.

Asimismo, se mantienen colaboraciones con investigadores del Departamento de Física Teórica del Royal Institute of Technology (KTH), Suecia (Dres. Anatoly Belonoshko y Rogelio Díaz-Méndez); Institute for Plasma Research, India (Dr. S. Gupta); Centre of Plasma Physics, India (Dr. S. S. Kausik); National Institute of Technology, Dimapur (Dr. J. P. Borah); Gauhati University (Dr. B. K. Sarmah) y University of Malaya, Malaysia (Dr. S. L. Yap). Capacitación, seminarios, congresos, simposios u otras instancias de difusión:

- Se recibieron más de 800 visitas en el Laboratorio de Plasmas y Fusión Nuclear de la CCHEN, incluyendo público general, estudiantes y autoridades, en el marco de actividades de “puertas abiertas” organizadas por la Institución.
- Los doctores Cristian Pavez y Leopoldo Soto apoyaron y participaron, mediante charlas, en la exposición “Tesla, el futuro me pertenece”, que incluyó exposiciones y demostraciones de los fenómenos asociados a la potencia pulsada y de los altos voltajes generados en una bobina de Tesla. La exposición se realizó en Santiago, Antofagasta e Iquique, y más de 50.000 personas la visitaron. A raíz de esta exposición el Dr. Leopoldo Soto participó en diversas entrevistas radiales y dio charlas en colegios de Santiago e Iquique.

- El Dr. Leopoldo Soto participó como panelista permanente en sección de ciencias del programa “Palabras sacan Palabras”, de Radio Futuro FM 88.9 MHz, que cuenta con cerca de 10.000 auditores.
- A partir de la serie HBO “Chernobyl”, el Dr. Gonzalo Avaria participó en diversas entrevistas radiales: programa “#LoCreasONo” de la radio USEK, programa “TXSTopic” de TXS Radio, programa “Rockstars” de TXS Radio y programa “República Escéptica” de la radio U. de Chile.
- El Dr. Gonzalo Avaria participó en el programa “1000 Científicos, 1000 Aulas” de CONICYT, en el marco del cual realizó 11 charlas en establecimientos educacionales de la Región Metropolitana (Renca, Padre Hurtado, Ñuñoa, Peñalolén y Recoleta).
- En coordinación con Fundación Planetario, la Oficina Asesora de Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia y la Oficina Asesora de Comunicación Corporativa de la CCHEN, los Dres. Francisco Molina y Gonzalo Avaria participaron como asesores científicos en el desarrollo de un corto animado que se proyecta en las funciones regulares del Planetario. “Luciana y los galletones mágicos” cuenta la historia de un papá y su hija pequeña, que le plantea preguntas sobre los procesos de fisión y fusión nuclear.



Imagen N° 3: entrevista a Leopoldo Soto en radio Duna sobre “Tesla, el futuro me pertenece”.



Imagen N° 4: entrevista Gonzalo Avaria en radio USEK sobre mitos de la energía nuclear.

Conferencias nacionales e Internacionales:

- El Dr. Leopoldo Soto participó en 3ª Reunión de CRP-OIEA “Pathways to Energy from Inertial Fusion: Materials beyond Ignition” | Austria, del 21 al 23 de enero de 2019. Expuso “Material studies for inertial fusion devices using pulsed plasma shocks from a repetitive table top plasma focus device: Power flux and damage factor tunable based in table top plasma focus technology” (L. Soto, C. Pavez, S. Davis, G. Avaria, B. Bora, M. J. Inestrosa-Izurieta, J. Moreno, J. Jain, y D. Zanelli).
- El investigador Sergio Davis participó en la conferencia “Statistical Physics of Complex Systems” | Suecia, del 6 al 11 de mayo de 2019. Presentó “Temperature is not an observable in superstatistics” (S. Davis, G. Gutiérrez) y “Extended correlations in the critical superheated solid” (V. Olgún-Arias, S. Davis, G. Gutiérrez), ambas en póster.



Imagen N° 2: Leopoldo Soto tras una charla a escolares del colegio Academia Hospicio en Iquique.

- Luis Orellana, alumno de Magíster en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica Federico Santa María participó en la conferencia ISH 2019 Conference “International symposium on high voltage engineering” | Hungría, del 26 al 30 de agosto de 2019.
Presentó dos trabajos en modalidad póster:
 - “Introducing An Inductive Loop Sensor As An Alternative To Record The Phenomena Of A Dense Plasma Focus Of 400J” (Luis Orellana, Jorge Ardila, Gonzalo Avaria, Cristian Pavez, Roger Schurch, Benjamín Cevallos y Leopoldo Soto).
 - “On The Use Of UHF Sensors In The Detection And Characterization Of Pulsed Plasma Discharges” (Luis Orellana, Jorge Ardila, Gonzalo Avaria, Cristian Pavez, Roger Schurch, Benjamín Cevallos y Leopoldo Soto).
- El investigador Jalaj Jain participó en “61st Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics” | Estados Unidos, del 21 al 25 de octubre de 2019.
Presentó el trabajo “Effects of Pulsed X-rays on Cancer Cells compared with Conventional X-rays Irradiation” (Jalaj Jain, José Moreno, Sergio Davis, Diana Morales, Biswajit Bora, Cristian Pavez, Gonzalo Avaria, Leopoldo Soto, Rodrigo Andaur, Katherine Marcelain).
- El investigador Sergio Davis participó en el “Workshop of Statistical Physics” | Universidad Católica del Norte (Antofagasta), del 19 y 20 de diciembre de 2019.
Se presentaron las contribuciones “Mecánica Estadística Predictiva: La visión de Jaynes y una nueva fundamentación” (S. Davis), “Superestadística y la búsqueda del significado de la temperatura” (S. Davis) y “Un modelo estadístico general para tiempos de espera hasta el colapso de un sistema” (V. Olguín-Arias, S. Davis, G. Gutiérrez), todas en formato charla.

Trabajo de prácticas y tesis:

- “Medición de radiofrecuencia mediante antenas para diagnóstico complementario en dispositivos plasma foco” | Luis Orellana, tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Federico Santa María.
Jorge Ardila (director, UTFSM), Roger Schurch (codirector, UTFSM), Gonzalo Avaria (correferente externo).
Tesis fue defendida el 18 de diciembre de 2019, siendo evaluada con la máxima nota.
- “Flujo de neutrones en un reactor experimental mediante método Monte Carlo con dependencia temporal” | Jaime Romero, tesis de Doctorado en Ciencias, mención en Física, Universidad de Chile.
Hugo Arellano (Director, Universidad de Chile), Francisco Molina y Berta Rubio (codirectores)
Tesis se encuentra en su 4° año. Se espera depósito y defensa en 2020.
- “Study of Gamow-Teller transitions of $T_z=-2$ ^{64}Se and $T_z=-1$ ^{66}Se ” | Pablo Aguilera, tesis de Doctorado en Ciencias, mención en Física, Universidad de Chile.
Hugo Arellano (director, FCFM-U. de Chile) y Francisco Molina (codirector).

Tesis se encuentra en su 4° año. Se espera depósito y defensa en 2020.

- “Función Respuesta de detección y medida de flujos neutrónicos pulsados en dispositivos Plasma Foco” | Byron Parra, tesis Magíster en Ciencias, mención en Física, Universidad de Chile.
Hugo Arellano (director, FCFM-U. de Chile) y Francisco Molina (codirector).
Tesis se encuentra en su 2° año. Se espera depósito y defensa en 2020.
- “Detección de flujo continuo de neutrones de energías en el rango de micro a mega electronvoltios” | Andrés Ruiz, tesis Magíster en Ciencias, mención Física, Universidad de Chile.
Hugo Arellano (director, FCFM-U. de Chile) y Francisco Molina (codirector).
Tesis se encuentra en su 2° año. Su defensa se realizará en 2020.

Postulación a proyectos de financiamiento externo

- En marzo se presentó el proyecto “Synthesis of Li-S-C nanoparticles for high density energy storage devices by supersonic thermal plasma expansion method” al concurso FONDEF IDeA I+D 2019, con un equipo multidisciplinario compuesto por Biswajit Bora (director), Gonzalo Avaria (director alterno), Julio Urzúa (investigador), Marlene Arismendi (investigadora, Nanotec S.A.), Marcelo Vásquez (técnico mecánico), Pamela Quintuprai (administración y gestión), Daniela Ulloa (propiedad industrial).
- Este proyecto fue adjudicado en agosto y hoy está en ejecución.
- En junio se presentaron cinco proyectos al concurso FONDECYT Regular 2020, a cargo de los investigadores Biswajit Bora, Sergio Davis, Gonzalo Avaria, José Moreno y Leopoldo Soto.

Adjudicación de dos proyectos FONDECYT de Postdoctorado:

- “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”. FONDECYT Postdoctorado 3190184, Dr. Jalaj Jain.
- “Rol de los ARNs no codificantes exosomales en la inducción del daño en el ADN, secundario a la radiación ionizante”. FONDECYT Postdoctorado 3190396, Dr. Rodrigo Andaur.

DEPARTAMENTO DE REACTORES DE INVESTIGACIÓN

Responsable: Eugenio Vargas Cárdenas (eugenio.vargas@cchen.cl)

OBJETIVO

Operar en forma segura y eficiente los reactores nucleares de investigación, mediante el desarrollo de capacidades y personal entrenado para emplear los instrumentos e instalaciones que usan los neutrones directamente en el núcleo del reactor o en el área experimental.

Prestar servicios de irradiación de materiales, satisfaciendo los requerimientos internos y externos de la Institución, y promover el conocimiento de los reactores nucleares experimentales y su utilización en investigación y docencia a nivel nacional.

HECHOS PRINCIPALES

- Actividades de irradiación con neutrones:

Durante 2019, el reactor RECH-1 operó 97 veces, acumulando un total de 1127 horas de funcionamiento, lo que representa 5313,11 MWh de energía generada.

Para mejorar la calidad de los radioisótopos producidos en base a la irradiación en el reactor, se determinó que estas operaciones se realizan los días martes, viernes y sábado de cada semana. Esto a solicitud del Departamento Producción de Radiofármacos, a cargo de procesar los blancos irradiados, para luego distribuir el producto (Iodo-131 y Tecnecio-99) a hospitales y clínicas, para el tratamiento y diagnóstico temprano de pacientes que padecen cáncer.

Por otra parte, el reactor también fue utilizado para irradiar muestras enviadas por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), que utilizan las técnicas nucleares para determinar la data de muestras minerales. Estas muestras son irradiadas en una posición diseñada y fabricada íntegramente en la CCHEN.

Adicionalmente, se empleó el reactor para otro tipo de usos pacíficos de la energía nuclear. Se trata del estudio y posterior optimización de procesos productivos de interés nacional, como es el caso de la minería y de la producción de hidrocarburos.

- Algunas actividades rutinarias:
 - Se realizaron los cálculos neutrónicos necesarios para realizar la configuración N° 78 del núcleo del reactor RECH-1 (Agosto 2019).

- En 2019, ingresaron al núcleo del reactor dos nuevos elementos combustibles de bajo enriquecimiento en 235U (<20%), fabricados por la Planta Fabricación de Elementos Combustibles de la CCHEN.
- Una de las actividades fundamentales y permanentes de toda instalación nuclear es proteger la salud de su personal frente al trabajo rutinario con radiaciones ionizantes. Por este motivo, se fortalecieron nuevamente los protocolos de protección radiológica de los trabajadores, lo que resultó en una nueva disminución de las dosis, que hoy está muy por debajo de los límites autorizados (dosis actual: 20 mSv).

- Actividades de capacitación y entrenamiento:

Profesionales del Departamento participaron en diferentes actividades de capacitación y entrenamiento, siendo la actividad más relevante el curso realizado por Francisco Cabrera, quien culminó con éxito el Curso de Especialización en Seguridad Nuclear, dictado por la Autoridad Regulatoria Nacional de Argentina.

Entre el 22 y el 26 de julio de 2019, el Departamento organizó la visita del experto en cálculos de gestión de núcleo, Eduardo Villarino (Argentina), quien se reunió con el equipo de Reactores de Investigación y del Laboratorio de Investigaciones Nucleares (ambos de la División de Investigación y Aplicaciones Nucleares), para revisar los conceptos teóricos de modelaciones, matemáticas de física de reactores y neutrónica.

Los resultados obtenidos permitieron fortalecer los modelos existentes, e identificar y abordar brechas de conocimientos. Adicionalmente, los modelos fueron utilizados como datos de entrada para una visita posterior, en relación con mediciones experimentales en reactores de investigación.

Dado que los datos obtenidos son teóricos, debieron ser validados a través de mediciones experimentales, lo que dio paso a una nueva misión liderada por Juan Longhino (Argentina), experto en mediciones de parámetros físicos en reactores de investigación, quien visitó nuestro país entre el 2 y el 13 de diciembre. Participaron los equipos de Reactores de Investigación y del Laboratorio de Investigaciones Nucleares.

Durante su estadía se revisaron los conceptos teóricos de las mediciones más importantes de parámetros de seguridad y de caracterización de reactores de investigación y su posterior puesta en práctica, a través de experiencias realizadas en el reactor RECH-1. Con los resultados experimentales obtenidos se validaron los modelos teóricos de la instalación.

Uno de los proyectos con financiamiento de instituciones externas que maneja el Departamento de Reactores de Investigación consiste en la actualización de los sistemas de instrumentación y control del Reactor RECH-1. Por eso, entre el 3 y 07 de junio, Tonatiuh Rivero, del Instituto de Investigaciones Nucleares (México), visitó la CCHEN. Dada su experiencia en actualización de sistemas de instrumentación y control de reactores de investigación, fue clave conocer de primera fuente las lecciones aprendidas en proyectos similares.

- Actividades de difusión:

Como un aporte a la divulgación científica y tecnológica, se recibieron delegaciones de distintos estamentos del país como: colegios, universidades, organismos del Estado, municipalidades, juntas de vecinos, entre otras organizaciones.

Asimismo, para los días del Patrimonio Cultural, el Reactor Nuclear RECH-1 abrió sus puertas al público: más de 800 personas fueron recibidos por el equipo del Departamento.

Debido al interés surgido por la serie Chernobyl de HBO, que relata los hechos ocurridos tras el accidente nuclear de la central de potencia, miembros del Departamento participaron en entrevistas solicitadas por diversos medios de comunicación, para explicar los eventos ocurridos y aclarar las diferencias físicas y tecnológicas que existen entre ese tipo de centrales nucleares y el reactor RECH-1.



Imagen N° 5: delegación de estudiantes durante una visita a la sala de control del RECH-1.

- Participación internacional:

El Departamento gestionó el proyecto de actualizaciones críticas del ciclotrón y reactor, con el fin de dar continuidad operacional a las instalaciones, mediante la actualización de sus sistemas de instrumentación y control. Este proyecto continuará en desarrollo en 2020.

La asistencia de profesionales a las distintas reuniones de trabajo organizadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica, ha tenido un impacto importante en la contribución al aumento del conocimiento relativo a la seguridad y explotación de los reactores de investigación, fortaleciendo áreas específicas como la gestión de instalaciones nucleares, la gestión de residuos radiactivos de reactores de investigación y la seguridad física, radiológica y nuclear de la instalación.

DEPARTAMENTO DE MATERIALES AVANZADOS

Responsable: María José Inestrosa Izurieta (mariajose.inestrosa@cchen.cl)

OBJETIVO

Desarrollar y mantener conocimiento, tecnologías o capacidades en las diferentes etapas del ciclo del combustible nuclear, los Materiales Atómicos Naturales (MAN) y Materiales de Interés Nuclear (MIN), así como implementar y gestionar investigación y desarrollo que resulten de beneficio a la sociedad, fomentando la generación de conocimiento y la exploración de aplicaciones en las áreas del combustible nuclear, metalurgia de MAN y MIN, y nuevos materiales.

HECHOS PRINCIPALES

En 2019, continuó desarrollándose un plan de trabajo que plantea mejoras en la componente de investigación básica-aplicada y una nueva visión de la componente de producción y desarrollo del Departamento. De esta forma, se busca un mayor desarrollo de las áreas declaradas, con el fin de apuntar hacia una investigación sinérgica y multidisciplinaria, de excelencia y pertinente para el país.

Las principales directrices del Departamento apuntan a la investigación y desarrollo tecnológico, para impulsar una minería con enfoque de economía circular y que agregue valor al litio y a otros materiales estratégicos para la electromovilidad y las energías renovables, abordadas principalmente desde las áreas "Metalurgia de MAN y MIN" y "Nuevos materiales". A ello se suma un propósito institucional, que es el desarrollo en la fabricación de combustibles nucleares, blancos y dispositivos para irradiación, para avanzar en el objetivo de posicionarnos como proveedor confiable, que cumple con los requisitos para la exportación.

NUEVOS MATERIALES

Sus líneas de trabajo apuntan a:

- Producción y tratamiento de nuevos materiales, actualmente enfocados en la síntesis, caracterización y aplicación de nuevos materiales en almacenamiento energético y procesos hidrometalúrgicos.
- Fabricación y caracterización de dispositivos fotovoltaicos, actualmente enfocados en síntesis de materiales semiconductores con propiedades optoelectrónicas para uso en dispositivos fotovoltaicos.

Los principales resultados del Área se indican a continuación:

- Puesta en marcha del Laboratorio Químico de Nuevos Materiales:
El laboratorio, equipado y destinado a la síntesis química de nuevos materiales orgánicos e inorgánicos, se ubica en el CEN Lo Aguirre.



Imagen N° 6: nuevas dependencias del Laboratorio Químico de Nuevos Materiales.

- Proyecto Semilla IoNanofluidos, materiales híbridos para transferencia de calor:

Este proyecto Semilla 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 termo-física de materiales híbridos, entre líquidos iónicos y nanotubos de carbono, llamados IoNanofluidos. Está demostrado que la incorporación de nano-materiales a diferentes fluidos térmicos puede aumentar considerablemente la capacidad calórica y conductividad térmica.

Este proyecto busca optimizar los resultados obtenidos previamente en la mezcla de líquidos iónicos, como material alternativo, en los sistemas de almacenamiento de energía solar, donde se logró aumentar la capacidad calórica en las mezclas equimolares de líquidos iónicos. En concreto, se busca evaluar los cambios que experimentan los líquidos iónicos y sus mezclas, en combinación con nanotubos de carbono como Fluido de Transferencia de Calor (HTFs), dada su alta conductividad térmica.

A diferencia de los estudios previos, en este se analizará la densidad de almacenamiento térmico, propiedad que permite comparar directamente los nuevos materiales híbridos con materiales convencionales utilizados en almacenamiento térmico solar.

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.

- Desarrollo de dispositivos fotovoltaicos orgánicos en estructura, tándem a partir de compuestos de litio:

- El proyecto nació del Concurso Nacional Inserción de Capital Humano Avanzado en el sector Productivo - CONICYT, 2ª convocatoria 2017, con la investigadora, Dra. Gloria Neculqueo, a su cargo. El fin es mejorar la eficiencia de las celdas fotovoltaicas orgánicas (OPV), empleando estructura tándem. 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 armó y calibró un equipo evaporador para depósito de las capas delgadas. Los compuestos que se utilizaron para la calibración y que luego son utilizados para preparar el dispositivo, son:

- Óxido de molibdeno (MoOx), cumple la función de capa inyectora de agujeros (HIL)
- 1,1-bis-(4-bis(4-metil-fenil)-amino-fenil)-ciclo-hexano (TAPC), como material dador de electrones y capa transportadora de agujeros (HTL)
- Carbono-60, como material aceptor de electrones y capa transportadora de electrones (HTL)
- 4,7-difenil-1,10-fenantrolina (Bphen), como capa inyectora de electrones EIL
- 8-hidroxiquinolinato de litio (Liq), como material dopante tipo n+ de la capa inyectora de electrones
- Aluminio (Al), como cátodo

Se comenzó con la fabricación de dispositivos de estructura simple, para lo cual se evaluaron los espesores de los compuestos a utilizar en el dispositivo fotovoltaico, obteniendo la siguiente configuración:

ITO/MoOx (8nm)/TAPC: C60 (5%:95%) (40nm) /Bphen (8nm) /Liq (1nm)/Al (100nm)

Una vez estandarizado el dispositivo fotovoltaico simple, se armó y midió la estabilidad de estos, bajo cuatro condiciones diferentes de luz y sin luz, y en aire y con vacío. Para este estudio se utilizaron dispositivos preparados con y sin hidroxiquinolinato de litio (Liq).

De los resultados obtenidos se observó que el Liq no afecta en la degradación del dispositivo, ya que presenta el mismo comportamiento en el dispositivo preparado con y sin Liq.

Al observar cómo afecta la degradación en el voltaje de circuito abierto (Voc), los dispositivos que no fueron expuestos a la luz se mantuvieron estables en relación a los dispositivos que se mantuvieron con luz, los que fueron rápidamente degradados entre un 40 y 50%. Esto nos está indicando que ocurre una fotodegradación en la interface óxido de molibdeno (MoOx) y Carbono-60.

Con respecto al estudio de degradación, en relación a la densidad de corriente de cortocircuito Jsc, se observó que los dispositivos que se mantuvieron con vacío fueron estables durante el tiempo del estudio, mientras que los dispositivos que fueron expuestos al aire, se degradaron entre un 40% y 50%. Esta degradación se debería a la cristalización del TAPC y/o C60, lo que no permite una correcta movilidad de carga y afecta en la corriente.

Posteriormente, se preparó y estandarizó la estructura tándem con la siguiente configuración:

ITO/ MoOx (8nm)/ TAPC:C60(5%:95%) (40nm)/ Bphen(8nm)/ Liq(1)/Al(x)/ MoOx (8nm)/ TAPC:C60(5%:95%)(40nm)/ Bphen (8nm)/ Liq(1)/ Al (100 nm)

Se prepararon dispositivos con diferentes espesores de la capa de aluminio y se realizaron medidas de corriente-voltaje, obteniendo la mejor eficiencia en el dispositivo con 1 nm de espesor de aluminio, tal como se observa en la siguiente tabla:

	Voc (V)	Jsc (mA/cm ²)	FF	η (%)
Al (0)	1,00	0,3	0,14	0,06
Al (1)	1,45	2,8	0,47	2,4
Al (2)	1,20	2,1	0,42	1,3
Al (3)	0,85	2,4	0,45	1,1
Al (4)	0,80	2,5	0,51	1,3

Tabla N° 1: valores de Voc, Jsc, FF y rendimiento de dispositivos con distinto espesor de aluminio.

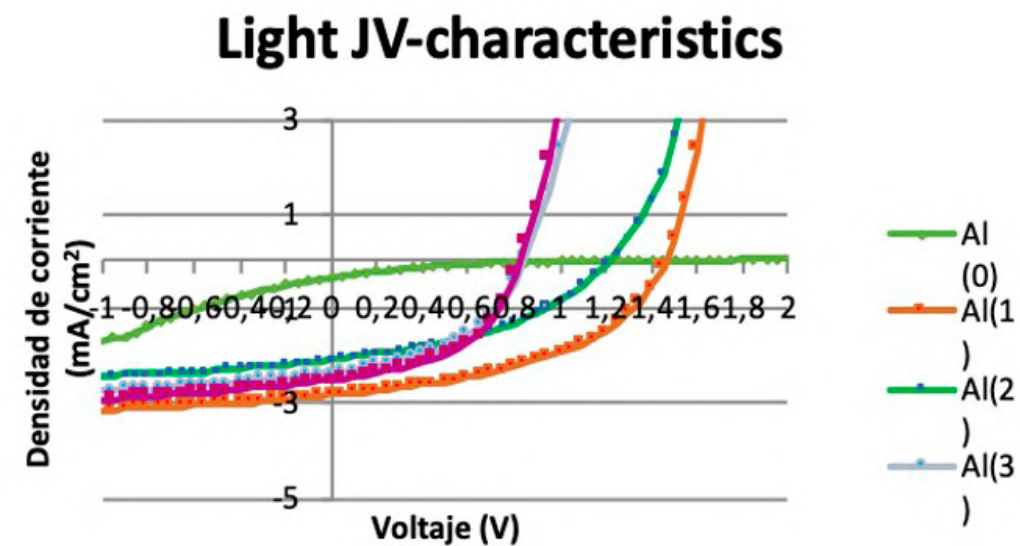


Gráfico N° 1: corriente-voltaje de dispositivos tándem con diferentes espesores de aluminio.

Además, se concluyó que el Liq puede dopar al Bphen, y generar un contacto óhmico (unión metal-semiconductor con una resistencia de unión despreciable en relación a la del resto del material semiconductor), debido a que el Voc casi se duplica en relación al valor de Voc del dispositivo de estructura simple.

- Implementación del Laboratorio de Caracterización Eléctrica: Implicó la reinstalación de equipos, comprobación de operatividad e instalación de líneas de gases.
- Colaboración con Laboratorio de Dosimetría:
 - Avances en la calibración de dosimetría de neutrones, con dosímetros tipo Hankins y PD3 (6/7) (diseño local).
 - Mantenimiento de la calibración de lectores de dosímetros tipo TLD-100, e intercomparación de sistema dosimétrico bajo coordinación del Instituto de Salud Pública.
 - Desarrollo de software de dosimetría de cristalino y evaluación de historial del personal de la CCHEN, en los últimos 3 años.
 - Desarrollo del programa para evaluación de dosis, desde lectores Harshaw 5500 y 6600, adaptándolo desde su etapa de pruebas exitosas a la de uso regular en el Laboratorio de Dosimetría Personal Externa de la CCHEN.

Publicaciones:

“Thermal storage density of ionic liquid mixtures: A preliminary study as thermal fluid”

Sebastián Mora, Gloria Neculqueo, Ricardo Tapia, Julio Urzúa | Journal of Molecular Liquids.

“Comparison of performances of organic photovoltaic cells using SubPc as central ambipolar layer in ternary structures and as electron acceptor in binary structures, Surface Review and Letter”

M. B. Siad, Z. El Jouad, A. Khelil, A. Mohammed Krarroubi, S. Morsli, G. Neculqueo, M. Addou, J. C. Bernéde, L. Cattin.

Memoria de pregrado en Ingeniería:

Memoria de Jennifer Cavieres para optar al grado de Ingeniero Civil Químico, bajo el título **“IoNanofluidos para almacenamiento y transferencia de calor”**, en la Universidad Técnica Federico Santa María.

METALURGIA EXTRACTIVA

Investigar y desarrollar la obtención de concentrados, bajo especificaciones normadas de Materiales Atómicos Naturales (MAN) y Materiales de Interés Nuclear (MIN), haciendo uso de tecnologías ya probadas y conocidas a nivel mundial.

Sus líneas de trabajo apuntan a:

- Desarrollar la metalurgia de los MAN y los MIN, con énfasis en uranio, litio, elementos de tierras raras y cobalto, su recuperación como subproducto de procesos productivos, de forma segura tanto radiológica como industrialmente.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la recuperación metalúrgica de elementos de interés económico presentes en minerales nacionales y residuos masivos mineros, con énfasis en trabajos orientados al desarrollo tecnológico de procesos.

Los principales resultados de esta área se indican a continuación:

- **Obtención de concentrados de Elementos de Tierras Raras (ETR), a partir de minerales prospectados en la III región de Chile, mediante la aplicación de procesos a escala piloto**

Objetivo: obtener un concentrado de óxidos de ETR, a partir de mineral nacional procedente del prospecto Cerro Carmen, ubicado en Diego de Almagro, Región de Atacama.

En 2019, finalizaron las actividades del proyecto “Obtención de concentrados de Elementos de Tierras Raras, a partir de minerales prospectados en la III región de Chile, mediante la aplicación de procesos a escala piloto” (código IT16M10027), en el marco del 1° Concurso Investigación Tecnológica Temático en Minería” del programa IDeA de FONDEF - CONICYT, liderado por Pedro Orrego, con la participación de académicos del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Santiago de Chile y el patrocinio de ENAMI.

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

Para dar cumplimiento a los requisitos exigidos en las bases del proyecto FONDEF se diseñó y operó una planta piloto para obtener concentrados de óxidos de ETR, utilizando los procedimientos y metodologías ya validadas.

El costo total del proyecto ascendió a \$273.550.000, de los cuales CCHEN aportó \$44.400.000 (aporte no pecuniario) y ENAMI, un total de \$27.500.000 (aporte pecuniario).

Algunas de las plantas y equipos utilizados en el escalamiento del proceso se muestran en las siguientes figuras:



Imagen N° 7: espiral Humphrey's, utilizado en la pre-concentración gravitacional de minerales.



Imagen N° 8: lixiviación minerales portadores de ETR en reactor de vidrio.



Imagen N° 9: planta de Extracción por Solventes para concentrar y purificar ETR.

Para cerrar el proyecto y presentar sus resultados, se realizó un evento que reunió a autoridades de la Universidad de Santiago de Chile y de la CCHEN, junto a empresas e instituciones vinculadas al ámbito minero, como JRI Ingeniería, Ecometales y Codelco Tech, entre otros.

También participaron representantes de Corporación Alta Ley, para exponer sobre los desafíos de la industria, que apuntan a una minería verde, sustentable e inclusiva.



Imagen N° 10: ceremonia oficial de cierre Proyecto FONDEF (IT16M10027).

- **Participación de CCHEN como institución coejecutora en el Programa “Investigación y Desarrollo para la recuperación de elementos de valor desde relaves” (16PTECME-66527)**

Objetivo: desarrollar procesos físicos y químicos, destinados a aumentar la concentración de elementos de valor, tales como Elementos de Tierras Raras, y lograr su disolución, a partir de muestras de relave o compósito de estos, que fueron proporcionadas por JRI-Ecometales.

Lo anterior se realizó mediante la aplicación de técnicas y procesos ya probados en minerales portadores de ETR (procedentes de la Región de Atacama), en los laboratorios de la Comisión.

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.

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

Objetivo: 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 contenían cobalto, para desarrollar un diagrama de proceso a nivel laboratorio.

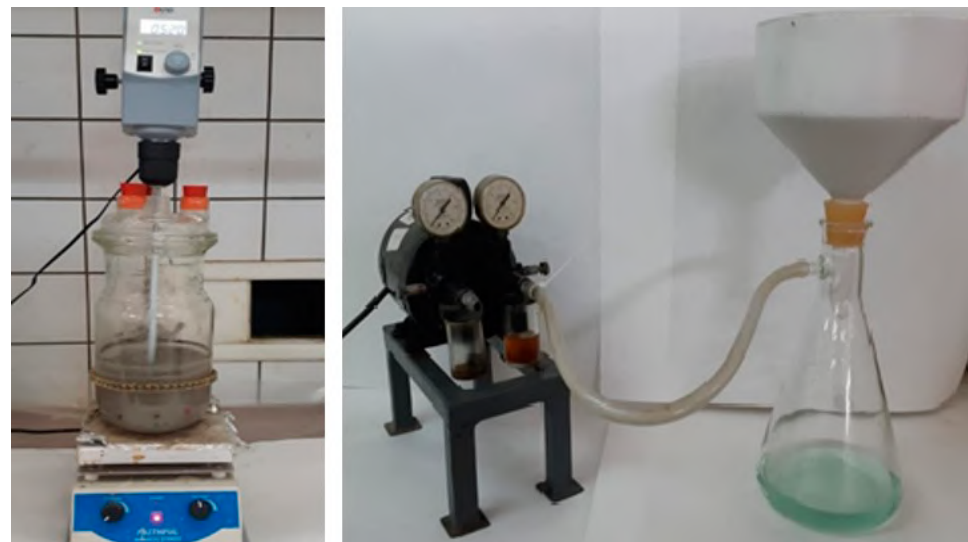


Imagen N° 11: sistema a nivel laboratorio de lixiviación y filtrado con bomba de vacío.

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

Objetivo: demostrar factibilidad técnica de recuperar ETR en una solución de lixiviación, 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, estudiando diversos valores de parámetros operacionales, tales como la temperatura del sistema, la concentración de ácido y razón S/L, entre otros, mediante el uso de tres tipos de soluciones ácidas por separado.

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. El desarrollo de este proyecto fue liderado por Peter Fleming y, además, dio paso a una tesis de postgrado académico.

Participación nacional e internacional:

- **Technical Meeting on Uranium Production Feasibility Studies: Processing, Economic, Social and Environmental Aspect** | Austria, 21 al 25 de enero de 2019.
Funcionario asistió a este evento, para obtener información a aplicar en la preparación de un proyecto financiero, social y medioambiental relacionado con el desarrollo de la minería del uranio. Además, expuso sobre “Uranium processing in Chile”.
- **15th EERRI Research Reactor Group Fellowship Training Course** | Austria-República Checa-Eslovenia, 23 de septiembre al 01 de noviembre de 2019.
Funcionario participó en este curso, donde adquirió conocimientos y herramientas enfocadas en comprender el funcionamiento y las aplicaciones de los reactores nucleares de investigación, considerando las etapas del ciclo del combustible nuclear y aspectos de seguridad radiológica, entre otros.

Publicaciones en el país y en el extranjero:

“Leaching study of Rare Earth Elements from a Davidite ore of the III Region of Chile” | José Hernández, Munir Dides, Jaime Tapia, Francisco Cubillos | Septiembre de 2019, Journal of Chemical Technology and Metallurgy.

“Design and analysis of a metallic uranium reactor type-pump using the magnesiothermy process” | Munir Dides, José Hernández, Luis Olivares | World Journal of Nuclear Science and Technology.

Memoria de pregrado en Ingeniería:

- Memoria “Estudio de mejoramiento de la eficiencia de lixiviación de minerales portadores de Elementos de Tierras Raras, proveniente de la Región de Atacama”, para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia | Felipe Rojas, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.
- Memoria “Estudio de evaluación técnica para la recuperación y concentración de cobalto desde una materia prima nacional”, para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia | Miguel Aravena, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.
- Memoria “Estudio de evaluación técnica para la recuperación y concentración de cobalto desde una materia prima nacional”, para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia | Rodrigo Martínez, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.
- Memoria “Estudio de evaluación económica del proceso de obtención de concentrados de Elementos de Tierras Raras, a partir de minerales nacionales”, para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia | Andree Lisboa, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.
- Memoria “Recuperación de ETR, desde ripios mineros”, para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Química | Felipe Pinilla, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.

PLANTA ELEMENTOS COMBUSTIBLES

La Planta Elementos Combustibles y el Laboratorio de Conversión conforman el Área de Combustibles de la CCHEN. Ambas instalaciones nucleares fueron construidas y licenciadas para desarrollar sus actividades en el CEN Lo Aguirre, con el fin de:

- Investigar, desarrollar, fabricar y suministrar elementos combustibles y componentes para la irradiación de materiales en reactores nucleares de investigación.
- Investigar y desarrollar metodologías y procesos para convertir y producir compuestos uraníferos y uranio metálico aptos, o que cumplan especificaciones, para su utilización en la fabricación de combustibles.

Parte de las principales actividades que desarrolló la Planta Elementos Combustibles en 2019 son:

- Fabricación de Elementos Combustibles para el Reactor RECH-1:

La fabricación de elementos combustibles se realizó según el plan de suministro solicitado por el RECH-1 para 2019. Durante el periodo se despacharon, desde la PEC al reactor, un total de cuatro elementos combustibles fabricados en base a uranio de bajo enriquecimiento.

- Fabricación de placas combustibles (contrato con el Departamento de Energía de EE.UU.):

Esta actividad se reinició con un nuevo Plan de fabricación de placas combustibles para el RECH-1, que comprometió para 2018-2019 la fabricación de 100 placas combustibles cada año.

Según la última versión del contrato DOE-CCHEN (N° DE-G109-09SR22685, Modificación 002), la CCHEN deberá certificar la fabricación de estas placas combustibles, que serán utilizadas para ensamblar y suministrar combustible para reactores chilenos. Así, en 2019 se fabricaron 105 placas combustibles en total: 14 externas y 91 internas.

- Fabricación de componentes para irradiación de materiales:

En 2019 se fabricaron 1051 cápsulas para irradiación de materiales. De ellas, 1007 unidades fueron despachadas al Departamento de Producción de Radioisótopos y Radiofármacos de la CCHEN.



Imagen N° 12: cápsulas para la irradiación de materiales.

La tabla resume los lotes de fabricación de cápsulas para irradiación desarrollados en 2019:

Lote fabricación	Fecha fabricación	N° cápsulas aprobadas	N° cápsulas fabricadas
Lote-51	31/01/2019	188	198
Lote-52	04/04/2019	333	333
Lote-53	19/08/2019	284	285
Lote-54	03/12/2019	234	235
Total		1039	1051

Tabla N° 2: resumen de fabricación de cápsulas en 2019.

- Proyecto internacional ARCAL “Promoción de Tecnologías de Ensayos no Destructivos para la Inspección de Estructuras Civiles e Industriales” (RLA/1/014), iniciado en 2018.

El proyecto, que partió en 2018, se formuló a partir del “Perfil Estratégico Regional para América Latina y el Caribe 2016-2021”, dado que 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, bajo ISO 9712 e ISO 17024, en aquellos países de la Región donde aún no se establece esta metodología, así como actualizar los sistemas de certificación, en cuanto a técnicas avanzadas de END, en los países donde ya se han implementado dichos sistemas.

En ambos casos, la formación se orientó a la inspección de estructuras civiles e industriales, para determinar el estado de su integridad estructural. También se analizó la creación de dos centros subregionales especializados en la inspección de estructuras civiles para proveer apoyo a los países de la región en caso de emergencias.

Dado esto, Chile, a través de la CCHEN, presentó su interés por ser uno de estos centros subregionales ante emergencias, siendo 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).

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.

El proyecto considera financiamiento del equipamiento, y capacitación de técnicos y expertos.

Resultados:

- En 2019, se realizaron acciones de sensibilización y difusión para consolidar la Asociación Chilena de Soldadura, Inspección y Ensayos No Destructivos en Chile.
- En cumplimiento del compromiso adquirido por el INN, en agosto de 2019, se materializó la emisión de la Norma ISO 9712, Ensayos no destructivos.
- El proyecto significó la consolidación y fortalecimiento de Chile, en materia de técnicas de END. En cuanto al trabajo conjunto realizado con los países de la región, implicó unificar criterios y avanzar en el aseguramiento de la confiabilidad de los resultados obtenidos en la inspección de estructuras civiles e industriales en beneficio de los ciudadanos.

Participación internacional:

Participación de funcionario en la Reunión Intermedia de Coordinación del Proyecto RLA/1/014 | Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (México), 21 al 25 de octubre de 2019.

Memoria de pregrado en Ingeniería:

- Memoria “Determinación de radiación natural de aceros de construcción”, para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia | Manuel Muñoz, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.
- Memoria “Evaluación bajo irradiación de plásticos industriales”, para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia | Camilo Bravo, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.
- Memoria “Evaluación bajo irradiación de plásticos industriales”, para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia | Pía Espina, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile.
- Memoria “Determinación de constantes elásticas de probetas de aluminio mediante técnica de ultrasonido”, para optar al título de Ingeniero Civil en Metalurgia | José Salamanca, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería, Universidad Andrés Bello.

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS NUCLEARES

Responsable: Adriana Nario Mouat | Sylvia Lagos Espinoza (03/09/2019 al 01/03/2020) | Desde 02/03/2020: Adriana Nario Mouat (adriana.nario@cchen.cl)

OBJETIVO

Identificar, preparar, presentar y desarrollar proyectos de I+D+i para dar respuestas y soluciones a problemas o demandas en el ámbito público-privado, mediante convenios nacionales e internacionales, donde el uso y aplicación de metodologías y técnicas isotópicas, complementadas a las convencionales, permitan fortalecer el conocimiento en salud humana, inocuidad alimentaria, agricultura y medio ambiente (suelo/agua/aire y su relación con la flora y fauna).

HECHOS RELEVANTES

En 2019, las actividades vinculadas a I+D se realizaron en el marco de un trabajo colaborativo con instituciones externas, con quienes se desarrollaron proyectos para desarrollar aplicaciones y capacidades. En ese contexto, el equipo dio continuidad a proyectos de años anteriores y también presentó nuevas iniciativas a diversas instancias de financiamiento.

Los principales resultados del Departamento se describen por Laboratorio y área de trabajo:

LABORATORIO DE ISÓTOPOS ESTABLES

Desarrollar y aplicar técnicas basadas en el uso de isótopos estables disponibles en la naturaleza: deuterio, oxígeno-18 (^{18}O), carbono-13 (^{13}C) y nitrógeno-15 (^{15}N).

Los isótopos estables son elementos no radiactivos. Gracias a sus propiedades únicas pueden utilizarse en una gran variedad de aplicaciones, como nutrición humana, gestión de agua y suelo, adulteración de alimentos, estudios medioambientales y otros.

En 2019, la CCHEN orientó dichas capacidades isotópicas a medio ambiente y alimentos.

Medio ambiente

- Participación en la Red de Monitoreo de Precipitaciones:

La CCHEN participó en 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 Monitoreo de Precipitaciones para el GNIP (Global Network for Isotopes Precipitation), coordinado por el OIEA y la Organización Mundial de

Meteorología (OMM).

El objetivo de este 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.

Alimentos

- Fructosa exógena como indicador de adulteración en mieles chilenas determinada por medio de isótopos:

Las principales fuentes de fructosa en la dieta humana son la sacarosa y el jarabe de maíz alto en fructosa, un endulzante posible encontrar en diversos alimentos procesados, incluyendo la miel, en cuyo caso el endulzante no es adicionado para enriquecer su dulzor, sino para modificar su composición, alterando su peso, mediante el uso de un aditivo menos costoso que el producto mismo.

La razón isotópica entre los isótopos $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de la miel y el $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ del extracto de la proteína asociada a esa miel, permite discriminar si una miel es pura o adulterada.

Para la investigación se recolectaron tres tipos de miel de reconocida pureza, en sus respectivos lugares de producción. Mediante Espectrometría de Masas, se verificó que la razón isotópica de la miel y la razón isotópica de su respectivo extracto proteico para las mieles estudiadas, permitió evaluar el grado de adulteración del producto.

Estos tres tipos diferentes de miel pura fueron adulterados en peso, con diferentes y conocidos porcentajes de azúcar de caña, endulzantes (10, 20, 30,40, 50), chancaca y jarabe de maíz de alta fructosa, totalizando 55 muestras, las que fueron analizadas por espectrometría de masas de razón isotópica, determinando la razón de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de la miel y su respectiva proteína.

Estos resultados determinaron que las mieles estudiadas son puras, siendo utilizadas como indicadores. Con ello, se creó la capacidad analítica y humana para detectar fraude de mieles.

LABORATORIO DE AGRICULTURA

Investigar y desarrollar estudios agroambientales, utilizando técnicas isotópicas y convencionales para resolver interrogantes de producción y sostenibilidad de manejo de cultivos en sistemas de producción agrícola.

En 2019, las líneas de trabajo en I+D -y sus resultados- fueron las siguientes:

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

Durante el periodo, se desarrolló el segundo año del proyecto regional de Cooperación Técnica del OIEA, “Mejora de las prácticas de fertilización en los cultivos mediante el uso de genotipos eficientes, macronutrientes y bacterias promotoras del crecimiento de las plantas”. Su objetivo 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 SAG y 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).

De esta fase se seleccionaron dos bacterias (*Azospirillum* sp. y *Azotobacter* sp.) para continuar con la fase 2, donde se evalúan las bacterias, en combinación con la dosis de 50, 75 y 100 unidades de nitrógeno en maíz en condiciones de invernadero.

Durante el periodo se realizaron, además, las siguientes actividades:

- Participación de integrante CCHEN en Curso Regional avanzado sobre técnicas de nitrógeno-15, para mejorar la eficiencia de los nutrientes y la productividad de los cultivos sobre el terreno | Centro de Energía Nuclear para la Agricultura (CENA), Sao Paulo, Brasil.
Objetivo: capacitar a los participantes del proyecto en el uso de nitrógeno-15 para evaluar la eficiencia del uso de fertilizante nitrogenado.
- Participación de integrante SAG en Curso Regional avanzado en manejo de Biofertilizantes para mejorar la eficiencia de nutrientes y la productividad de cultivos bajo condiciones de campo | Centro de Energía Nuclear para la Agricultura (CENA), Sao Paulo, Brasil.
Objetivo: capacitar a los participantes en el uso de bioestimulantes y biofertilizantes y su efecto en el crecimiento de cultivos.

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

Se desarrolló el 2° año del proyecto regional de Cooperación Técnica del OIEA “Mejora en la eficiencia en el uso del agua asociada a estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático en la agricultura”, en el que participan 13 países de la América Latina y el Caribe, buscando mejorar la producción de alimentos agrícolas y contribuir a la gestión apropiada del uso del agua en, al menos, un sistema de producción. 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 el efecto positivo del uso de riego por goteo, en términos de eficiencia, y su combinación con la dosis óptima de aplicación de 250 kg N ha⁻¹, alcanzando una eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) cercano al 40%.

Actualmente, se está cuantificando el efecto residual en ballica (cultivo de cobertera dentro de la rotación) del fertilizante nitrogenado aplicado en el cultivo de maíz 2018-2019. En tanto, en el cultivo de maíz, año 2020, se cuantificará la evapotranspiración de dicho cultivo (evaporación directa del suelo y la transpiración de la planta) mediante el uso de la composición de isótopos estables (oxígeno-18 e hidrógeno-2), en agua extraída de la matriz del suelo y de la planta para estimar la eficiencia del uso del agua.



Imagen N° 13: reunión funcionarios de CCHEN y Facultad de Ciencias Agronómicas de la U. de Chile.

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

Este proyecto fue base para el desarrollo de la tesis de Magíster de Suelos y Aguas, denominado “Determinación de la eficiencia de uso del nitrógeno en maíz (*Zea mays* L.), mediante técnicas isotópicas (15N)”, a cargo de Renato Díaz, ingeniero agrónomo de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

En el marco del mismo proyecto regional se realizaron las siguientes actividades:

- Funcionario asistió a reunión intermedia de coordinación | Uruguay, 18 al 21 de marzo de 2019.
Objetivo: evaluar avances del proyecto y ajustar las actividades programadas para 2020.
- Profesional de la Universidad de Chile asistió a curso regional “Modelo AquaCrop para mejorar el uso eficiente de agua y la productividad de cultivos”.

Objetivo: establecer recomendaciones y un plan de trabajo a desarrollar en 2019. Actualmente, el modelo fue validado para las condiciones de Chile. Se incorporarán los datos que se obtengan en 2020.

- **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. Las emisiones de óxido nitroso generadas por estos suelos se deben, principalmente, al proceso microbiológico de la nitrificación y desnitrificación del suelo.

Se pueden distinguir tres tipos de emisiones: directas desde el suelo, directas de óxido nitroso del suelo debido a la producción animal e indirectas generadas por el uso de fertilizantes. Para reducir la emisión de óxido nitroso, los fertilizantes químicos, los plaguicidas y el abono deben utilizarse muy conscientemente, junto con inhibidores de bajo costo que regulen los procesos del nitrógeno que se producen en el suelo.

Destacó 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, para evaluar los inhibidores de gases efecto invernadero en mediciones de óxido nitroso en el manejo agrícola.

El programa de trabajo consideró parte de la información y de los datos obtenidos en el proyecto “Minimización de los impactos de la agricultura sobre el cambio climático, mejorando la captura y almacenamiento de carbono y nitrógeno en agro-ecosistemas”. 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 N₂O y CO₂.



Imagen N° 14: reunión de trabajo durante la visita del experto Dr. Dong-Gill KIM.

- **Absorción y dinámica de radionúclidos en la agricultura (mitigación y remediación):**

Se trabajó en el desarrollo del proyecto “Monitoreo y predicción de la absorción y dinámica de radionúclidos para optimizar la remediación de la contaminación radiactiva en la agricultura”, en el marco de los Proyectos Coordinados de Investigación del OIEA.

Este proyecto involucra la participación de ocho países de diferentes continentes, buscando mejorar sus conocimientos, mediante la preparación y optimización de los medios de remediación de las áreas agrícolas afectadas por accidentes nucleares a gran escala, con innovadoras técnicas de seguimiento y predicción.

Como resultado, se busca desarrollar, probar y validar nuevas herramientas de modelado de campo, laboratorio y aprendizaje automático, para predecir y monitorear el destino de la absorción de radionúclidos por los cultivos y la dinámica relacionada a nivel del paisaje y de cultivos asociados.

Considera la adaptación de protocolos para sistemas de remediación de tierras agrícolas pensando en el soporte de decisiones espacio-temporales con operaciones integradas al Sistema de Información Geográfica.

Chile participa en este proyecto mediante el uso de isótopos estables (cesio y estroncio), como herramientas de monitoreo para predecir la absorción de radionúclidos y optimizar la remediación de contaminación en la agricultura.

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.

En 2020 continuará el desarrollo del proyecto, en el marco del cual se enviarán sub-muestras de estos suelos al OIEA para análisis específicos de radionúclidos y ser ingresadas en la base de datos para su uso en los modelos predictivos.

- Otros resultados:

- En 2019, se fortalecieron las redes estratégicas de colaboradores nacionales e internacionales. En el contexto nacional, destacan los proyectos colaborativos con el Ministerio de Agricultura, a través del SAG y ODEPA, así como también con la Universidad de Chile, Universidad Católica de Chile y Universidad Austral de Chile.
- El Laboratorio de Agricultura mantiene un convenio con el Laboratorio de Nutrición Frutal de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal (FAIF) de la Universidad Católica de Chile, con el fin de desarrollar investigaciones e innovaciones orientadas a resolver problemas emergentes y/o relevantes para el sector agropecuario del país, generando conocimiento e implementando avances tecnológicos para el área silvogropecuaria. Este convenio se enmarca en la línea de I+D de optimización de uso de nutrientes en la producción agrícola. En 2019, se desarrollaron investigaciones con el uso de técnicas isotópicas (^{45}Ca y ^{10}B), para evaluar y estudiar la dinámica de estos nutrientes en el sistema suelo-planta en diferentes cultivos.
- Estas investigaciones son base de artículos científicos, como el que se presentó al 70° Congreso Agronómico de Chile, bajo el título "Trazador ^{45}Ca en planta leñosa y herbácea" (Bonomelli, C.; Alcalde, C.; Nario, A.; Videla, X.; Rojas, X.).
- Con el Departamento de Ciencias Vegetales de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Universidad Católica de Chile, se desarrolló la tesis de pregrado, "Evaluación de la eficiencia de uso de nitrógeno en plantas de tomate injertadas sobre patrones de distinto vigor", donde las técnicas isotópicas permitieron evaluar la diferencia entre injertos y el vigor de crecimiento y desarrollo de la planta.
- En el marco del convenio entre CCHEN (Laboratorio Agricultura) y la Universidad Católica de Chile (Laboratorio de Nutrición Frutal), se han desarrollado investigaciones en el uso de técnicas isotópicas (^{45}Ca y ^{10}B), con el fin de mejorar el uso eficiente y estudiar la dinámica de estos nutrientes en el sistema suelo-planta en diferentes cultivos.
- 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.

LABORATORIO DE RADIOBIOLOGIA VEGETAL

Estudiar el efecto de la radiación ionizante (como agente hormético o agente mutagénico) sobre diversas variables del crecimiento y desarrollo de especies vegetales agrícolas y forestales. Su objetivo es contar con capacidad analítica a nivel de estudios fisiológicos (fotosíntesis, eficiencia de uso de agua), bioquímicos (metabolitos secundarios, enzimas, hormonas) y moleculares (expresión génica).

- Desarrollo y construcción de un irradiador gamma autoblandado:

En los últimos dos años, la CCHEN desarrolló la capacidad para diseñar y construir un equipo irradiador gamma experimental autoblandado, utilizando fuentes radiactivas en desuso de cobalto-60, provenientes de la Planta de Irradiación Multipropósito.

En 2019, finalizó la construcción del irradiador y se solicitó a la autoridad regulatoria las autorizaciones para la instalación de ocho fuentes de cobalto-60, que suman una actividad total de 1200 Ci. También se solicitó autorización para operar el equipo irradiador.

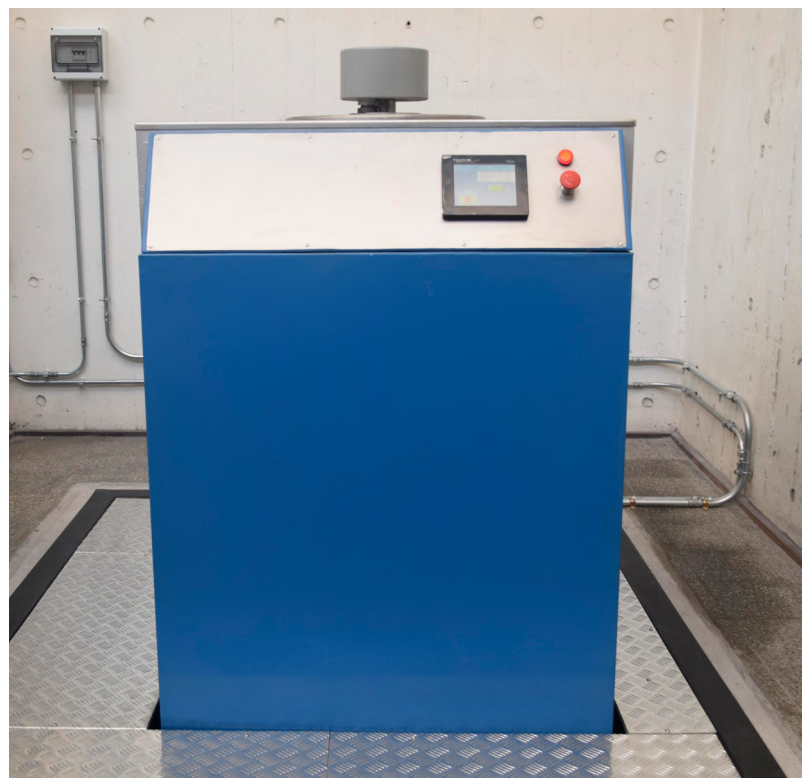


Imagen N° 15: irradiator Noratom, ubicado en el CEN La Reina.

- Implementación de un laboratorio elemental:

Con el fin de desarrollar investigación básica y aplicada, y a manejar radiaciones en tejidos vegetales, se habilitó un laboratorio y se adquirieron equipos para realizar análisis molecular, bioquímico y fisiológico.

Las actividades desarrolladas, tanto en el laboratorio como en el invernadero, buscan impactar en las líneas de investigación de radiohormesis y mutagénesis vegetal. Hoy se desarrolla un proyecto en radiohormesis de especies forestales y se está iniciando una propuesta de trabajo con una especie halófila (*Sarcocornia neei*), que tiene excelente desempeño en suelos contaminados (fitoremediación).

Se evalúa la radiohormesis como metodología para mejorar los parámetros de crecimiento de ciertas especies vegetales. La hormesis es un fenómeno que relaciona dosis y respuesta, bajo el principio que lo que resulta dañino a grandes dosis, puede ser beneficioso a bajas dosis.

Estas dos instalaciones se unen al Laboratorio de Cultivo de Tejidos, para desarrollar las líneas de trabajo previstas y proyectar desafíos en I+D con universidades e interesados del área.

LABORATORIO DE ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA

El análisis por activación neutrónica es un método de determinación cualitativa y cuantitativa de elementos basado en la medición de la radiación característica de los radionúclidos que se forman al irradiar materiales con neutrones. Se basa en la medición de la radiación liberada por el decaimiento de los núcleos radiactivos que se forman al irradiar un material con neutrones.

El reactor de investigación es la fuente más adecuada de neutrones para esta aplicación. Las muestras que pueden analizarse con este método proceden de distintos campos, como la medicina, nutrición, biología, química, ciencia forense, medio ambiente y minería.

Durante el periodo, el Laboratorio apoyó el desarrollo de los siguientes proyectos:

- **“Estudio de nanopartículas de oro y otros para detección y tratamiento de cáncer y alzheimer”.**
El objetivo fue obtener una metodología analítica con bajos límites de detección e incertidumbre, para determinar oro en muestras pequeñas de tejidos biológicos y nanopartículas, basada en la técnica de Análisis por Activación Neutrónica Instrumental.
Se analizaron 233 muestras de nanopartículas de oro-198, en el marco de un convenio colaborativo con la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Chile.
- **“Utilización de Técnicas Nucleares en Apoyo de la Conservación y la Preservación de Objetos del Patrimonio Cultural”.**
Objetivo: promover y armonizar el uso de técnicas nucleares para preservar, conservar y caracterizar el patrimonio cultural, en el marco de la cooperación técnica de ARCAL. Se analizaron 177 muestras de origen arqueológico (maderas y telas).
- **“Proceso de Extracción de Elementos de Tierras Raras (neodimio, disprosio e itrio) de bajo impacto ambiental a partir de relaves geoquímicamente catastrados”.**
El objetivo fue analizar elementos de tierras raras (Sm, Lu, Yb, La, Gd, Ce, Tb, Sc, Eu, Nd) en 61 muestras de relave y ripio.
- **“Obtención de concentrados de Elementos de Tierras Raras (ETR), a partir de minerales prospectados en la III región de Chile, mediante la aplicación de procesos a escala piloto”**
El objetivo fue producir concentrados de dióxido de ETR, aplicando metodologías basadas en procesos hidrometalúrgicos, a partir de minerales procedentes de la Región de Atacama. Participaron como instituciones beneficiarias la CCHEN y la Universidad de Santiago de Chile. En tanto, como socia contraparte, participó ENAMI.
- **“Evaluación de componentes de aerosoles atmosféricos en áreas urbanas para mejorar la gestión de**

la contaminación del aire y de cambio climático”.

Objetivo: cuantificar 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.

LABORATORIO ICP-MS

El ICP-MS (técnica analítica de plasma acoplado inductivamente) determina y cuantifica gran parte de los elementos del sistema periódico, aquellos que tienen un potencial de ionización menor que el potencial de ionización del argón, en cantidades traza.

Se analizaron 400 muestras de tierra raras (Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Sc), provenientes de los siguientes proyectos:

- “Proceso de Extracción de Elementos de Tierras Raras (ETR) (Neodimio, Disproso e Itrio) de bajo impacto ambiental a partir de relaves geoquímicamente catastrados”
- “Recuperación de Elementos de Tierras Raras (ETR), desde ripios mineros”
- “Obtención de concentrados de Elementos de Tierras Raras, a partir de minerales prospectados en la I y II región de Chile, mediante la aplicación de procesos a escala piloto”.

Asimismo, se analizaron muestras para otros proyectos nacionales, en el área de la salud:

- Se determinó ^{67}Zn 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 de colaboración con el Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Chile.

Otros resultados:

El Laboratorio 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.

Participaron 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.

BIOTERIO Y LABORATORIO DE RADIOBIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR

El uso de las técnicas nucleares que impactan en la salud humana es un proceso que requiere el constante fortalecimiento de las habilidades del personal y de las capacidades de infraestructuras disponibles, con fuerte orientación a I+D.

En este contexto, se detallan a continuación los resultados obtenidos en 2019:

El Laboratorio focalizó su trabajo en investigaciones, desarrollos tecnológicos y en la generación de capacidades técnicas para las áreas de salud humana y seguridad alimentaria. En esa materia, el equipo se centró en fortalecer sus líneas de investigación y establecer redes nacionales e internacionales de cooperación científico-tecnológica, para presentar proyectos de I+D.

Las líneas de trabajo fueron las siguientes:

- Estudio de los efectos biológicos de las radiaciones pulsadas
- Uso de tecnología de irradiaciones para aplicaciones en salud, seguridad alimentaria, mejoramiento y preservación de recursos naturales
- Desarrollo de pruebas preclínicas para radiofármacos y nuevas moléculas con aplicaciones en salud humana
- Fortalecimiento de capacidades para la I+D en la CCHEN

En el marco de estas líneas, se obtuvo los siguientes resultados:

- **“Desarrollo de Nanopartículas de oro-198 funcionalizadas para evaluar biodistribución in vivo y/o ex vivo, mediante detección de rayos gamma para su uso en enfermedades crónicas” (Proyecto Semilla 2019, colaboración).**
En 2019, el proyecto sentó las bases para poner a punto una metodología para el seguimiento de nanopartículas de oro funcionalizadas en estudios preclínicos. El Laboratorio contribuyó en una primera etapa de diseño de las experiencias y en pruebas piloto para la aplicación de nanopartículas activadas. La colaboración continuará en 2020.
- **“Estudio exploratorio para la eliminación de 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, se firmó un convenio entre el Instituto de Salud Pública de Chile y la CCHEN, para dar

continuidad a esta iniciativa durante 2020 y realizar actividades en conjunto con el Subdepartamento de Alimentos y Nutrición del ISP.

- **“Study and optimization of irradiation conditions in bones, causing minimal structural damage and determination of expiration time of irradiated skin tissue preserved at refrigeration temperature” (IAEA-CRP).**

Durante el año 2019, se completó el procesamiento y análisis de muestras para evaluar alteraciones estructurales y de matriz extracelular, presencia y calidad de fibras colágenas y elásticas, a través de técnicas histológicas y de microscopía. Los resultados de esta investigación serán reportados en una publicación científica.

- **“Armonización de criterios en Buenas Prácticas de Producción y Control de Radioisótopos y Radiofármacos”.**

Este proyecto, financiado por el Programa de Cooperación Técnica del OIEA, sentó las bases para la futura adecuación de los procesos de regulación sanitaria, basada en una mayor comprensión de los métodos de producción y control de calidad de los radiofármacos y sus riesgos asociados. Asimismo, se adquirieron herramientas teórico-prácticas orientadas a buenas prácticas en la producción y control de calidad de radiofármacos.

Se capacitaron en el extranjero dos profesionales del Instituto de Salud Pública y dos de la CCHEN.

Otros resultados:

En 2019, se aprobaron dos proyectos de Cooperación Técnica, con financiamiento del OIEA. Su preparación tuvo una duración de dos años, y su inicio se prevé para 2020:

- **“Strengthening Capacities for Irradiating Tissues as Scaffolds for Tissue Engineering to Use in Regenerative Medicine”**
- **“Strengthening Regional Human Resource Development in Different Areas of Radiopharmacy”**

A la convocatoria de Acuerdo Regional para América Latina y El Caribe (ARCAL, OIEA) 2022-2023, se presentó la propuesta **“Adquisición y fortalecimiento de capacidades para el desarrollo regional de radiofármacos basados en biomoléculas que contribuyen al mejor manejo, diagnóstico y tratamiento de enfermedades no transmisibles”.**

Otros proyectos Departamento de Tecnologías Nucleares

- **Proyectos Semilla:**

Los proyectos Semilla financian proyectos de I+D, con la capacidad de obtener información base que soporte

futuras propuestas a proyectos concursables a nivel nacional. Con ese fin, los proyectos adjudicados reciben presupuesto para ejecutarse en un plazo inferior a un año.

En 2019, el Departamento de Tecnologías Nucleares se adjudicó los siguientes proyectos:

- **“Proceso de Extracción de Elementos de Tierras Raras (ETR) (Neodimio, Disprosio e Itrio) de bajo impacto ambiental a partir de relaves geoquímicamente catastrados”.**

Objetivo: identificar zonas enriquecidas en tierras raras en el territorio nacional, a partir de estudios anteriores, y desarrollar un proceso de obtención, focalizado en neodimio, disprosio e itrio, debido al interés económico que representan. El estudio contribuirá al mercado económico nacional, actualmente concentrado en la minería del cobre, proporcionando información estratégica que diversifique el sector.

Resultados:

En el ámbito geológico, se determina la existencia de potenciales yacimientos de tierras raras en Chile, según lo observado en el relave Tranque Bellavista, donde se corrobora la heterogeneidad litológica y mineralógica del depósito, dos factores que controlan la distribución y variación de concentraciones de elementos de valor, como son las tierras raras.

Por otro lado, en la fase metalúrgica, se desarrollaron pruebas hidrometalúrgicas, cuyo resultado se traduce en la optimización del proceso de lixiviación de tierras raras totales (de Nd, Pr, e Y). Mediante el uso de ácido nítrico (HNO₃), los mejores resultados indican que mientras mayor sea la razón sólido-líquido y la temperatura, mayor será la masa recuperada. El incremento de estas variables hace más eficiente el proceso de lixiviación del material.

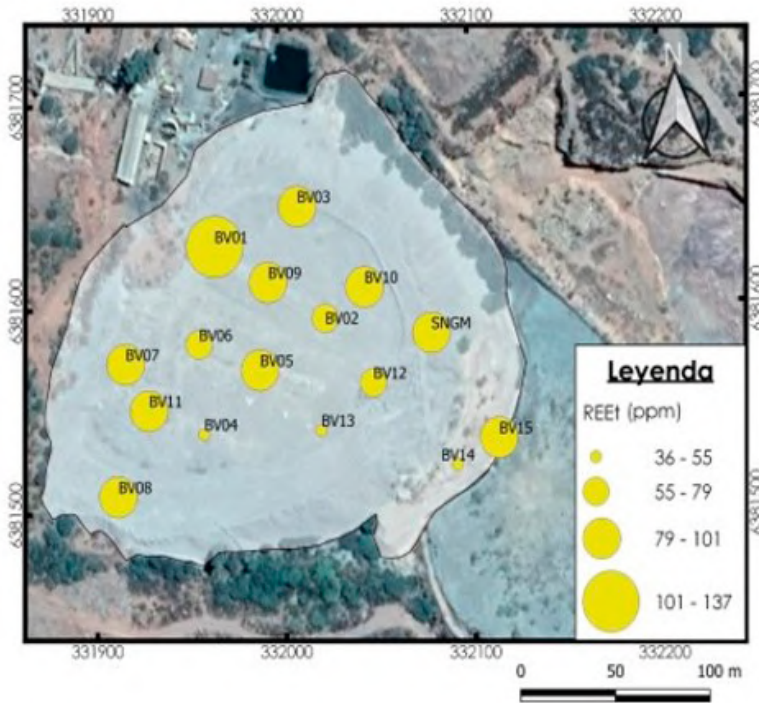


Imagen N° 16: mapa de distribución de concentración de REE totales (ppm). Círculos amarillos representan las 16 muestras tomadas.

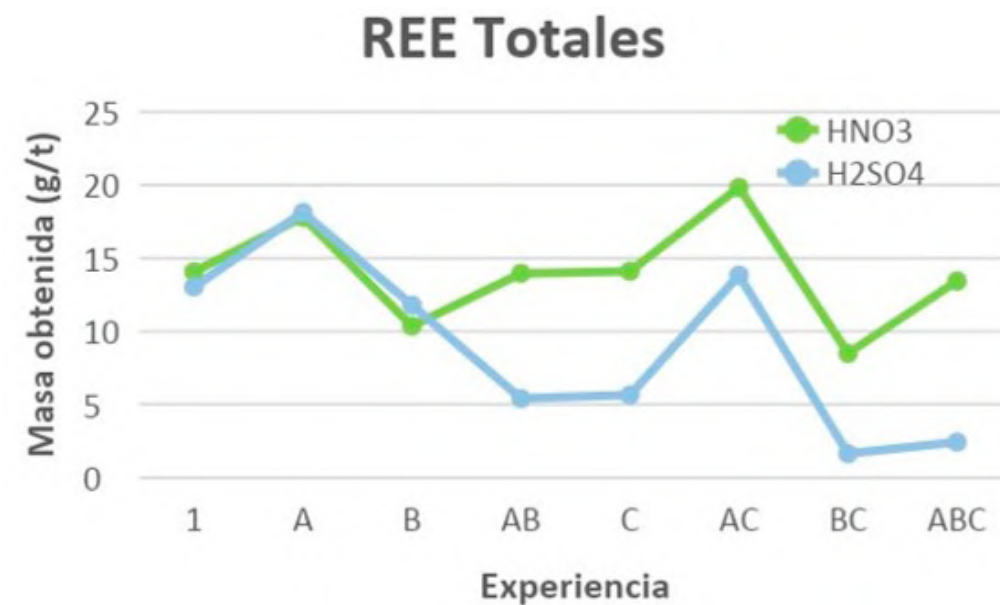


Gráfico N° 1: resultados pruebas de lixiviación por experiencia. 1: uso de variables a bajo nivel | A: valor alto de variable razón sólido-líquido | B: valor alto variable concentración de ácido | C: valor alto de variable temperatura.

Si bien es cierto, el uso de ácido nítrico (HNO_3) contribuye a la acidificación del medio ambiente, también es cierto que el impacto es menor respecto a otros ácidos comúnmente utilizados en procesos metalúrgicos,

como por ejemplo el ácido sulfuroso (H_2SO_4). En ese sentido, se debe evaluar el impacto que produce en relación al total utilizado que es mayor (cerca de un 25% superior al H_2SO_4).

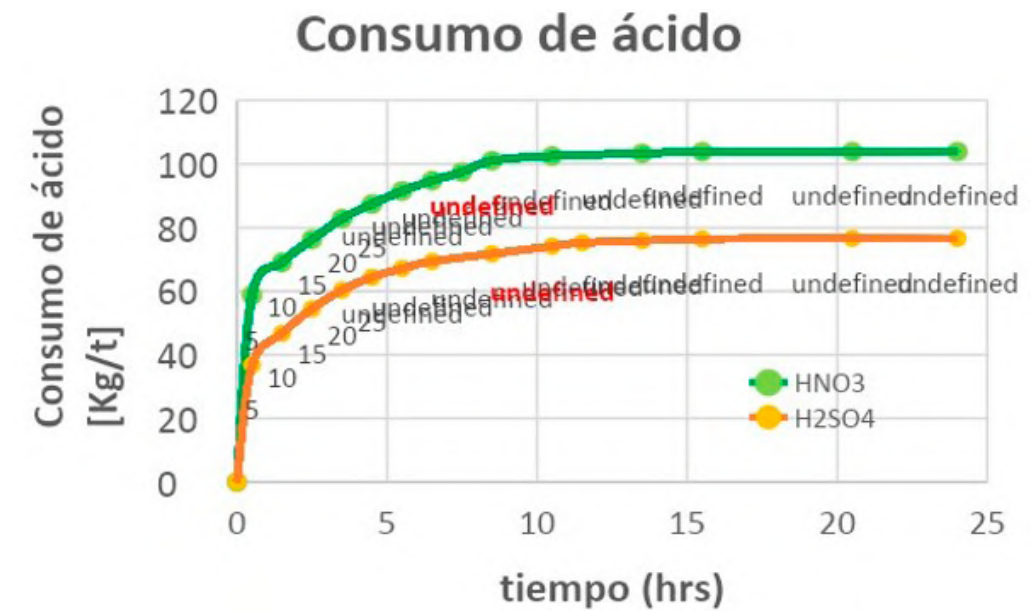


Gráfico N° 2: consumo de ácido en lixiviación de material del Tranque Bellavista.

- “Desarrollo de nanopartículas de oro-198 funcionalizadas para evaluar biodistribución in vivo y/o ex vivo mediante detección de rayos gamma para su uso en enfermedades crónicas”.

Objetivo: obtener una metodología para el seguimiento de nanopartículas de oro funcionalizadas en estudios preclínicos in vivo.

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 activadas. Al término del período, se logró obtener imágenes de un ensayo preliminar realizado in vivo, administrando las nanopartículas de oro-198 activadas.

La metodología permitirá incorporar una nueva herramienta basada en uso de nanopartículas de oro irradiadas, y así desarrollar nuevos tratamientos para terapia y diagnóstico de enfermedades crónicas y generar un mayor conocimiento biológico en el área de la medicina. El proyecto continúa su desarrollo, junto a investigadores de la Universidad de Chile.

- “Estudio de efectos biológicos de fuentes tipo plasma focus con potencial aplicación biomédica”.

Objetivo: establecer las condiciones experimentales básicas para estudiar el efecto de radiaciones pulsadas emitidas por dispositivos tipo plasma foco en modelos in vitro (cultivos celulares) y ex vivo (esferas de células malignas – modelo de cáncer) e investigar el efecto y los mecanismos celulares de

respuesta a la radiación pulsada, al mismo tiempo que contribuir a la caracterización de las fuentes de emisión pulsada desarrolladas en la CCHEN.

Resultados:

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 el estudio de las emisiones de fuentes pulsadas.

Asimismo, se fortaleció la relación interdisciplinaria con el Departamento de Ciencias Nucleares de la CCHEN, dando paso a nuevas colaboraciones para desarrollar la línea de investigación en radiobiología y contribuir a caracterizar fuentes de emisión pulsada.

- Inserción de Capital Humano:

Durante el 2019 se incorporaron tres profesionales PhD (áreas forestal, geoquímica ambiental e hidrogeología, e inocuidad alimentaria), a través de la convocatoria del Programa Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado (PAI) de CONICYT (actual Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo).

Esto ha permitido a la CCHEN fortalecer sus capacidades de investigación y desarrollo, fomentar la colaboración entre el sector productivo y la academia, y contribuir al aumento del campo laboral de investigadores.

Se iniciaron los siguientes proyectos a desarrollar en un plazo de 24 meses:

- **“Evaluación de la radio-hormesis como metodología para el mejoramiento de parámetros del crecimiento en Eucaliptus nitens y Peumus boldus”.**

Objetivo: determinar efecto de bajas dosis de radiación de gamma sobre la germinación, crecimiento inicial, desarrollo y fisiología de las especies forestales Eucalyptus nitens y Peumus boldus.

Resultados:

Se logró realizar la determinación experimental de las condiciones de irradiación y medición de dosis. Asimismo, se determinó la curva de tiempo de irradiación v/s la dosis (Gy) para el Irradiador GammaCel 220, bajo las condiciones de este proyecto (figura 1).

Se define la radio sensibilidad de las semillas de Eucaliptus nitens (Figura 2) y se logran avances en la definición de la radio sensibilidad para Peumus boldus.

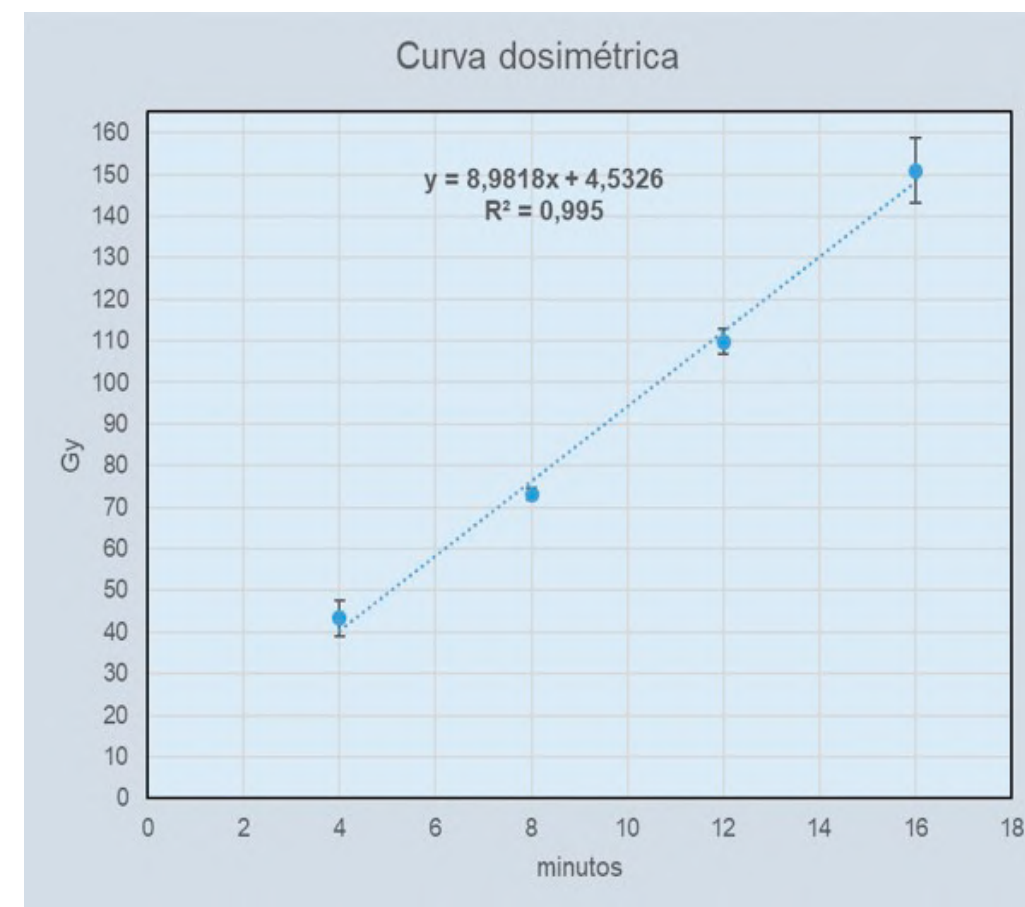


Gráfico N° 3: curva dosimétrica.

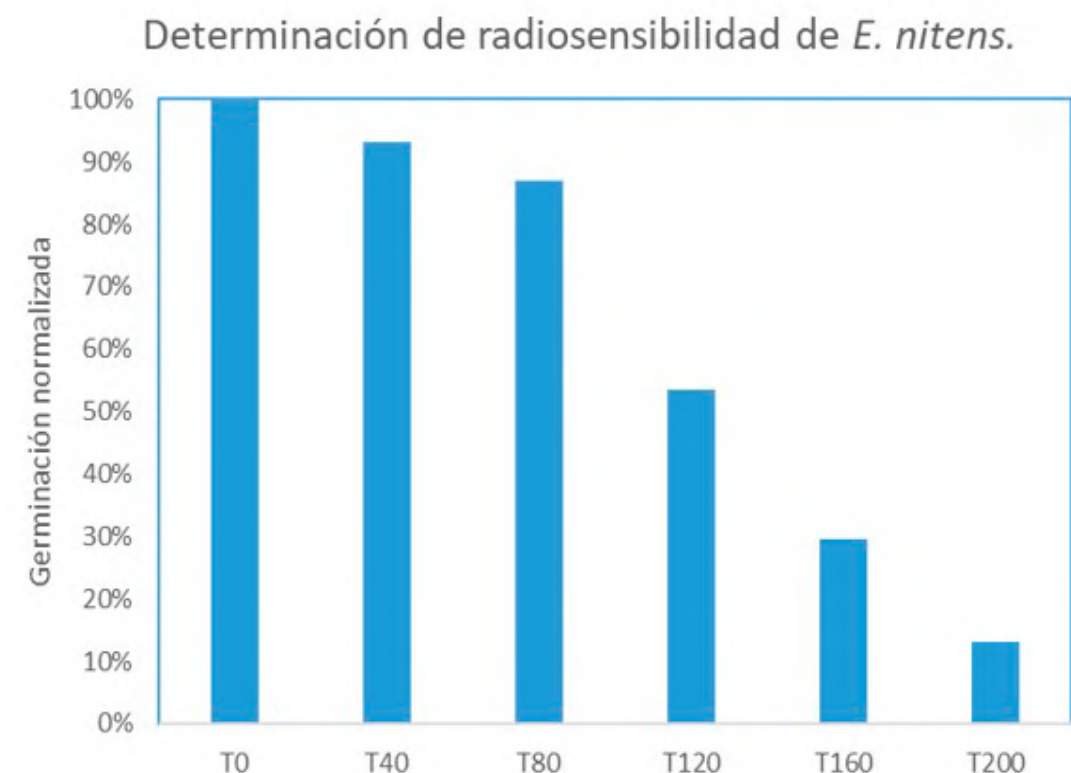


Gráfico N° 4: determinación de radio sensibilidad de semillas de *E. nitens* irradiadas con dosis crecientes de radiación gamma 0; 40; 80; 120; 160 y 200 Gy. La línea roja indica el 50% de germinación respecto al tratamiento testigo (T0). En base a lo anterior, se determinó que para *E. nitens* la DL50 se verifica al aplicar 160 Gy.

“Desarrollo y evaluación de una metodología efectiva de control y prevención de la enfermedad de Lo que americana en colmenas chilenas mediante el uso de irradiación gamma para el fortalecimiento de una apicultura nacional sustentable”.

Objetivo: desarrollar una metodología de control y prevención de la enfermedad de Loque americana en Chile, mediante la aplicación de radiación gamma en mieles, ceras y material inerte de colmenas (alzas y marcos).

Resultados:

El trabajo se enfocó en definir el número de apiarios y sus ubicaciones en el territorio nacional, para obtener y caracterizar muestras de mieles y ceras provenientes de colmenas ubicadas en zonas geográficas cercanas a lugares reportados con focos de Loque americana. Se logró el avance de un 40% al cierre de año.

Para la recolección de muestras e información relevante sobre apiarios y zonas aledañas de interés apícola, se planificaron salidas a terreno entre diciembre y febrero, coincidiendo con el periodo de producción de miel.

Los sitios de estudio fueron definidos en función de los periodos máximos de floración de las especies melíferas, para optimizar la disponibilidad de miel en esos sectores. Muestras de las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, Los Ríos y Los Lagos serán seleccionadas para ser sometidas a los procedimientos de irradiación y caracterización, según el plan de actividades experimentales de la propuesta.

▪ **“Bases Metodológicas para una Evaluación Piloto Epidemiológica-Ambiental, entre Anomalías Geoquímicas en Suelos de la Región de O’Higgins y su Asociación con la Mortalidad por Enfermedades Crónicas No Transmisibles”.**

Objetivo: abordar temas ambientales vinculados con 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 salud.

En 2019, junto a la Escuela de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, se seleccionaron las variables epidemiológicas, según la Clasificación Internacional de Enfermedades, correspondientes a la base de datos de mortalidad por comuna de la Región de O’ Higgins entre los años 2000 y 2015. Se seleccionaron aquellos grupos con mayor tasa de recurrencia, según los valores nacionales como regionales.

Los resultados preliminares evidencian coincidencia geográfica entre las tasas de mortalidad observadas y las anomalías geoquímicas identificadas en los suelos del área de estudio. Por esta razón, las variables epidemiológicas que están siendo analizadas en el proyecto son: mortalidad por enfermedades a las mamas, páncreas, EPOC, 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.

En la figura 1 se aprecia una correspondencia geográfica entre la distribución espacial de las principales tasas de mortalidad por enfermedad a las mamas y al páncreas, con concentraciones de arsénico mayores a los > 100 ppm (partes por millón) y con altas concentraciones que varían entre 0.58 wt% y 0.64 wt%.

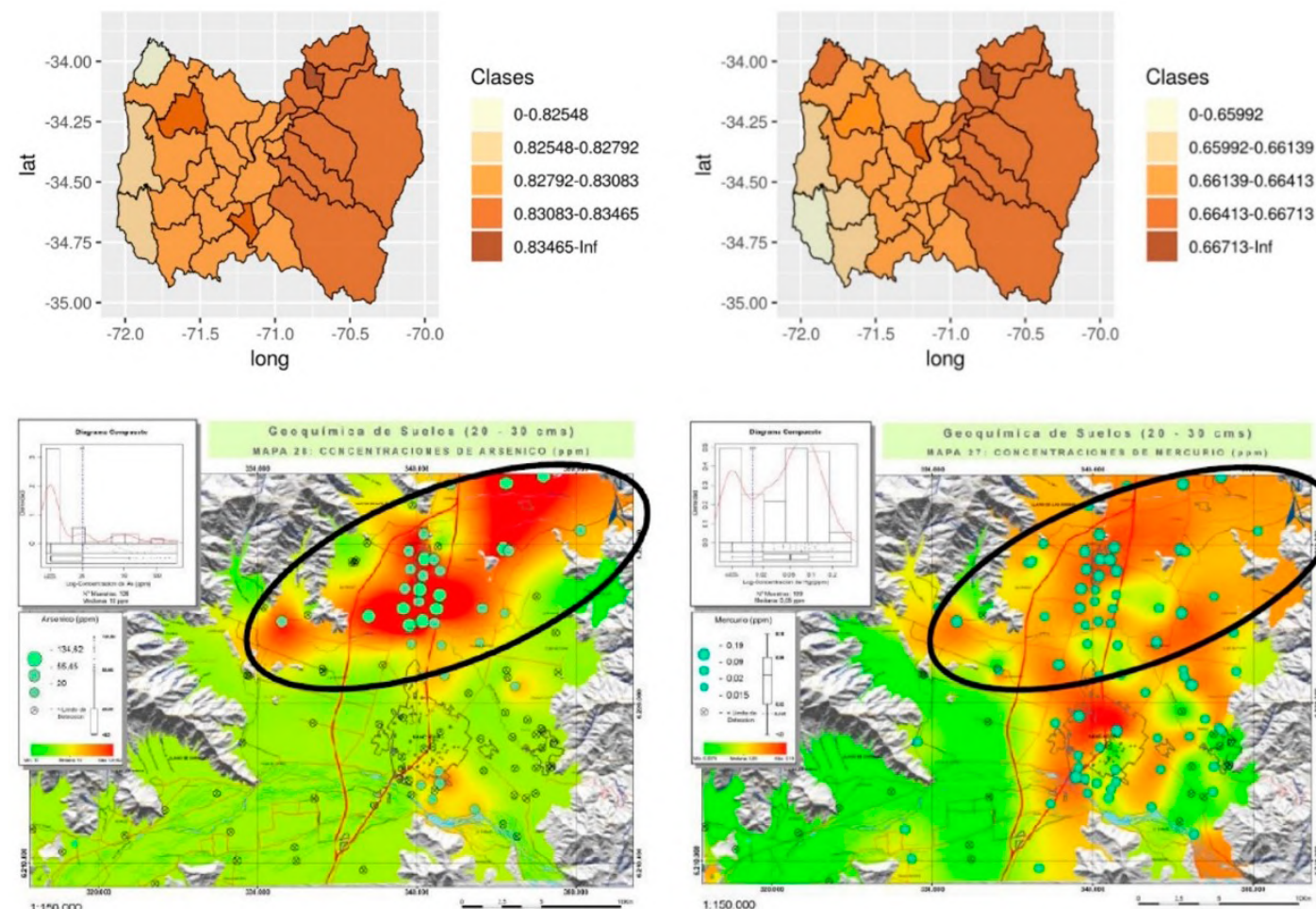


Gráfico N° 5: área de estudio (Graneros, Región de O´Higgins).

En el marco de este proyecto, se desarrolla el estudio de memoria para optar al título de Geólogo denominado “Extracción Secuencial y Evaluación de la Movilidad de Arsénico y Cromo en los suelos de la Región de O’Higgins”, realizado por la estudiante Josefa Velásquez, egresada de Geología de la Universidad de Concepción.

Se realizó la fase de terreno del estudio, que consistió en la toma de muestras, que serán sometidas a una etapa de análisis. Los resultados se entregarán en el segundo semestre de 2020.

Publicaciones de artículos científicos y presentaciones realizadas en 2019

- Groundwater Recharge Assessment in an Arid, Coastal, Middle Mountain Copper Mining District, Coquimbo Region, North-central Chile.

Autores: J. Oyarzún J. Núñez, J.P. Fairley, S. Tapia, D. Alvarez, H. Maturana, J.L. Arumí, E. Aguirre, A. Carvajal, R. Oyarzún | Mine Water and the Environment (2019) 38, 226–242.

- An integrated study of health, environmental, and socioeconomic indicators in a mining-impacted community exposed to metal enrichment.
Autores: Moya, P.; Arce, G.J.; Leiva, C.; Vega, A.S.; Gutiérrez, S.; Adaros, H.; Muñoz, L.; Pastén, P.A.; Cortés, S. | Environmental Geochemistry and Health (2019) 41(6), 2505-251.
- Coagulation Factor Xa Promotes Solid Tumor Growth, Experimental Metastasis and Endothelial Cell Activation.
Autores: M. Arce, M.P. Pinto, M. Galleguillos, C. Muñoz, S. Lange, C. Ramirez, R. Erices, P. Gonzalez, E.V. Velasquez, F. Tempio, M. Lopez, F. Salazar-Onfray, K. Cautivo, A.M. Kalergis, S. Cruz, A. Lladser, L. Lobos-González, G. Valenzuela, N. Olivares, C. Sáez, T. Koning, F. A. Sánchez, P. Fuenzalida, A. Godoy, P. Contreras Orellana, L. Leyton, R. Lugano, A. Dimberg | A.F.G. Quest and Gareth I. Owen. Cancers (2019) 11(8). pii: E1103.
- American Foulbrood and the Risk in the Use of Antibiotics as a Treatment.
Autor: E. Mejías | Chapter In Modern Beekeeping IntechOpen 2019 DOI: 10.5772/intechopen.903.
- “Determinación de la eficiencia de uso del nitrógeno en maíz (*Zea mays* L.) y de las pérdidas por lixiviación”.
Autores: R. Díaz, O.O. Salazar, M. Quemada, M. Alonso-Ayuso, A. Nario, X. Videla | Presentado en las XIV Jornadas de Estudios en la Zona no Saturada del Suelo.

DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA

Responsable: Daniela Ulloa Manzanarez (daniela.ulloa@cchen.cl)

OBJETIVO

Gestionar los procesos relativos a las actividades de investigación y desarrollo, y al proceso de transferencia tecnológica. Esto incluye actividades de vigilancia tecnológica, inteligencia competitiva, protección de propiedad industrial e intelectual y gestión de proyectos de I+D.

HECHOS RELEVANTES

OFICINA DE TRANSFERENCIA Y LICENCIAMIENTO NUCLEAR

En 2019 se ejecutó la segunda etapa del proyecto "Consolidación de la Oficina de Transferencia y Licenciamiento, OTL Nuclear de Chile", cuyos hitos más relevantes fueron:

- Boletines informativos:

Se elaboraron cuatro boletines para informar a la comunidad de avances y actividades desarrolladas, según plan de trabajo de la OTL. Se difundieron en redes sociales, sitio web de la OTL Nuclear y correo institucional.

- Vigilancia Tecnológica:

Se generaron ocho boletines tecnológicos para promover investigación y apoyar la formulación de proyectos:

Tema	Sector	Fecha
Detección de sustancias: cristalografía de rayos x y prompt gamma	Industria	Enero
Radiofármaco de diagnóstico y terapia para cáncer de próstata	Salud	Marzo
Caracterización química de restos arqueológicos	Industria	Abril
Valor agregado y recuperación de ETR en relaves mineros	Minería	Mayo
Análisis por activación neutrónica: últimos avances	Industria	Julio
Absorción oligoelementos en pacientes sometidos a cirugías bariátricas	Salud	Agosto
Control de contaminación atmosférica	Medio ambiente	Septiembre
Mutagénesis inducida, últimos avances	Industria	Octubre

- Charlas de difusión de I+D:

Se realizaron charlas de divulgación científica, sobre temas de interés de nuestros investigadores y de la comunidad en general. Las charlas, abiertas a todo público, se realizaron en el Centro Colaborativo NUCOLAB del CEN La Reina. Estas fueron:

Tema	Expositor	Fecha
Aspectos del agujero negro M87	Felipe Asenjo	24 de abril
Uso de drones para la reducción de riesgos de desastres	Fabiola Barrenechea	05 de junio
Análisis por activación neutrónica en la investigación criminal	Luis Muñoz	26 de junio
El otro problema del CO2: acidificación del océano y el caso de la costa de Chile	Marco A. Lardies	17 de julio
Reconstruyendo el Big-Bang con datos cosmológicos	Gonzalo Palma	07 de agosto
Una mirada moderna de los radiofármacos	Roberto Mercado	21 de agosto
La curiosidad como motor de la ciencia	Gabriel León	25 de septiembre

- Asistencia a encuentros de la Red de Gestores Tecnológicos de Chile (RedGT):

Los integrantes de la OTL Nuclear participaron en dos encuentros a cargo de la RedGT en 2019:

- Encuentro XVIII - Osorno

El evento se realizó del 8 al 10 de mayo, en la sede INACAP Osorno. En la primera jornada de trabajo se presentaron experiencias y desafíos tecnológicos en los sectores agropecuario, acuícola y smart-agro para la Agricultura 4.0. La segunda jornada incluyó un panel sobre Desafíos de la Transferencia Tecnológica a largo plazo en Chile.

- Encuentro XIX- Iquique

El evento se realizó del 21 al 23 de agosto de 2019, en la Universidad Arturo Prat de Iquique. La primera jornada fue un taller sobre creación de empresas de base tecnológica. La segunda, incluyó discusiones sobre la proyección de la industria minera, economía circular, big-data y transferencia tecnológica.

- Concurso capital Semilla CCHEN:

En el primer semestre de 2019, se lanzó el 3° Concurso Capital Semilla de I+D que, tras un proceso de evaluación efectuado por investigadores externos e internos, otorgó financiamiento a seis proyectos (ocho meses de ejecución cada uno), por un monto total de \$27.640.000.

Los proyectos fueron los siguientes:

- “IoNanofluidos, materiales híbridos para transferencia de calor” | Julio Urzúa, Departamento de Materiales Avanzados.
- “Obtención de sales de cobalto o cobalto metálico, mediante el uso de técnicas conocidas y probadas a nivel mundial, desde materia prima nacional” | Pedro Orrego, Departamento de Materiales Avanzados.
- “Recuperación de elementos de tierras raras (ETR), desde ríos mineros” | Peter Fleming, Departamento de Materiales Avanzados.
- “Proceso de extracción de Elementos de Tierras Raras (neodimio, disprosio e itrio) de bajo impacto ambiental a partir de relaves geoquímicamente catastrados” | Ana Valdés, Departamento de Tecnologías Nucleares.
- “Desarrollo de nanopartículas de oro-198 funcionalizadas para evaluar biodistribución in vivo y/o ex vivo mediante detección de rayos gamma para su uso en enfermedades crónicas” | Luis Muñoz y Paola Pismante, Departamento de Tecnologías Nucleares.
- “Estudio de los efectos biológicos de fuentes tipo plasma focus con potencial aplicación biomédica” | Ethel Velásquez, Departamento de Tecnologías Nucleares.

BIBLIOTECA

En 2019 se ingresaron 69 libros, 81 números de publicaciones periódicas, 13 normas y 14 informes.

Convenios:

Se mantuvo convenio 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 acceder a más de 5.000 títulos gratuitos de revistas científicas.

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:

- Se atendieron 2164 solicitudes de información de usuarios internos y externos, nacionales e internacionales.
- Se efectuaron 2047 préstamos de material bibliográfico.
- Se dio respuesta a 114 solicitudes de ubicación de referencias.
- Se realizaron 40 búsquedas bibliográficas en bases de datos INIS, en cd y en línea.
- Los países de la región atendieron 54 solicitudes de referencia de Chile, con el consiguiente beneficio para los usuarios en términos de tiempo-respuesta/precio. En ocasiones la respuesta, vía electrónica, fue inferior a 24 horas.

- Se atendieron 17 solicitudes de la región y seis solicitudes externas, nacionales.
- Chile aportó 56 registros de información a la base de datos del INIS (International Nuclear Information Systems), con sede en Austria, correspondiendo a temas de relevancia en el ámbito nuclear, escritos por chilenos o extranjeros en Chile. Destacó lo publicado en revistas como Alasbimn Journal (versión electrónica), revistas del área de la salud, ingeniería y tecnología y memorias efectuadas en la CCHEN.
- 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

Las temas más consultados en 2019 fueron: Energía Nuclear, Ingeniería Nuclear, Nucleoelectricidad, Medicina Nuclear y Radiofármacos, Protección Radiológica, Combustible Nuclear, Manejo de Residuos Radiactivos, Irradiación de Alimentos, Isótopos en Hidrología y Metalurgia.

Donaciones

En 2019, se recibieron donaciones nacionales, provenientes de:

- SERNAGEOMIN – Revistas “Andean Geology” (trimestral) y “Anuario de la Minería” e Informes generados por ellos, año 2013 (aproximadamente 12).
- INIA – Revista “Chilean Journal of Agricultural” (Trimestral).
- SONAMI - Revista “Boletín Minero” (Mensual).
- Empresa Periodística La Tercera S.A – Revista Que Pasa - Minería (Mensual).
- Ediciones Maipo – Revista Nueva Minería y Energía (Mensual).

A nivel internacional, las bibliotecas de la CCHEN reciben las publicaciones generadas por el OIEA. En esa línea, se reciben procedimientos realizados en el periodo. En 2019, se recibieron 14 procedimientos, que fueron ingresados a la colección de libros de nuestras bibliotecas.

Adicionalmente, se recibieron los siguientes documentos: Safety Standard Series, Safety Report Series, Nuclear Energy Series, Nuclear Securities Series, Human Health Reports, Radioisotopes and Radiopharmaceuticals Reports, Reference Data Series e IAEA-TECDO.

Otras donaciones provinieron de:

- BHABHA Atomic Research Centre – Revista “Barc Newsletter” (mensual)
- Commissariat A L’Energie Atomique – Revista “Clefs Cea” (mensual)
- Institute of Nuclear Chemistry and Technology - Revista “Nukleonika” (trimestral)
- International Atomic Energy Agency - Nuclear Fusion

DIVISIÓN DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

Responsable: Ernesto Correa Álvarez (ernesto.correa@cchen.cl)

OBJETIVO

Asegurar la disponibilidad de productos y servicios basados en las demandas y necesidades que tenga la comunidad en las áreas de la salud, industria y alimentación, mediante las capacidades, conocimientos e infraestructura que posee la CCHEN.

Cuenta con el Departamento Producción de Radiofármacos, Departamento Servicios de Protección Radiológica, Departamento Servicios de Caracterización e Irradiación y Departamento Comercial.

HITOS 2019

- Finaliza la implementación de nuevo laboratorio de síntesis de radiofármacos del Ciclotrón, de acuerdo a las definiciones de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM o GMP, por sus siglas en Inglés). Esto permite iniciar la fase de calificación y puesta en marcha de las nuevas instalaciones para su inicio de operaciones en 2020.
- Se inició la construcción de un nuevo almacén de fuentes en desuso, en instalaciones del CEN Lo Aguirre. Permitirá ampliar la capacidad actual para contener de manera segura las fuentes radiológicas en desuso y desechos con actividad radiológica. Se estima entrega para su puesta en marcha e inicio de operaciones durante el primer semestre de 2020.
- Mejora de los procesos de entrega de servicios de dosimetría externa, con el fin de asegurar la entrega de informes dosimétricos en menos de 3 días, en promedio.
- Se dio inicio a la producción de cápsulas de Iodo-131, producto de gran impacto en la medicina nuclear en Chile.
- En enero de 2019 se obtuvo la Adenda de Autorización de Operación del irradiador Noratom (N° IB 002-120-142-A01), por parte del órgano regulador. Este irradiador fue cargado con fuentes de cobalto-60 en desuso, mejorando las prestaciones de servicios de irradiación de productos sanguíneos de gran impacto para la salud. Además, el equipo presenta ventajas, en cuanto a la optimización de los tiempos de respuesta y a la mayor capacidad que ofrece para la entrega del servicio.

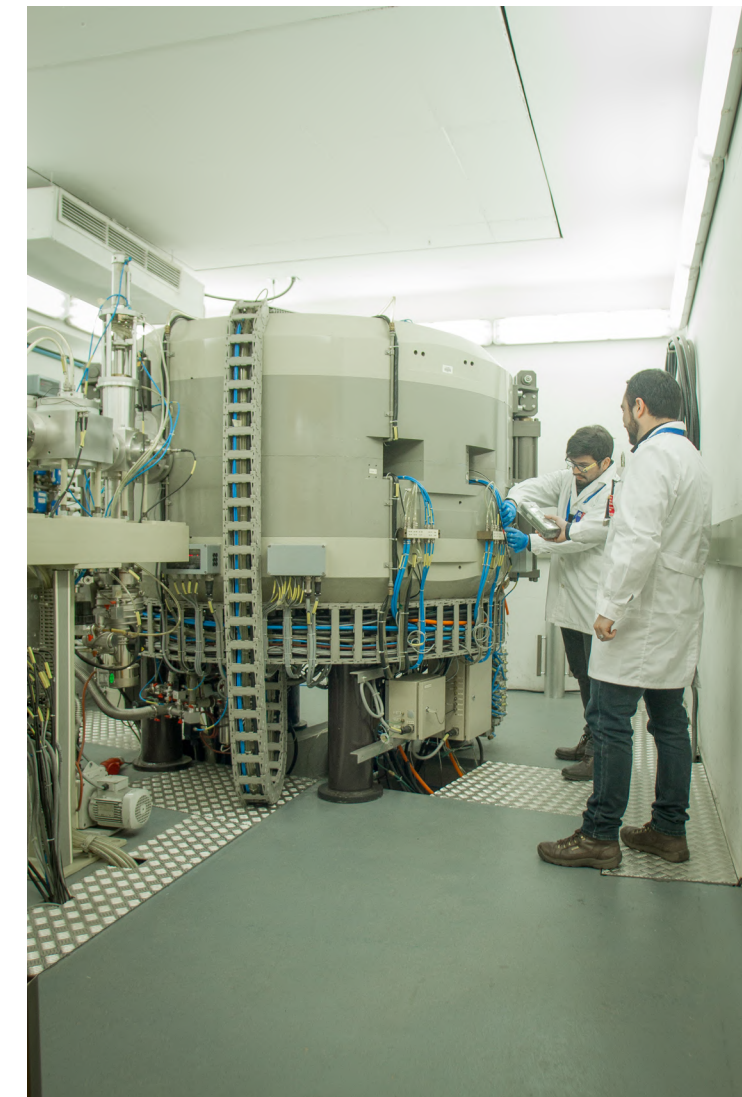
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN DE RADIOFÁRMACOS

Responsable: Andrés Núñez Salinas (andres.nunez@cchen.cl)

OBJETIVO

Asegurar la manufactura y entrega de productos destinados al área de la medicina nuclear, garantizando la calidad, seguridad y eficacia del producto, como asimismo, respetando y cuidando a las personas y al medio ambiente.

HECHOS RELEVANTES



El Departamento organizó y ejecutó sus funciones y tareas a través de dos secciones, más la Unidad de Aseguramiento de Calidad.

- Sección Control de Calidad: busca asegurar las especificaciones del producto terminado y con destino a la medicina nuclear.
- Sección Producción: apunta a la manufactura de productos destinados a la medicina nuclear. Tiene tres áreas: Radioisótopos de Reactor, Radioisótopos y Radiofármacos de Ciclotrón, y Liofilizados o kits.
- Aseguramiento de Calidad: revisar y controla el proceso productivo total.

Imagen N° 17: funcionarios operando el Ciclotrón.

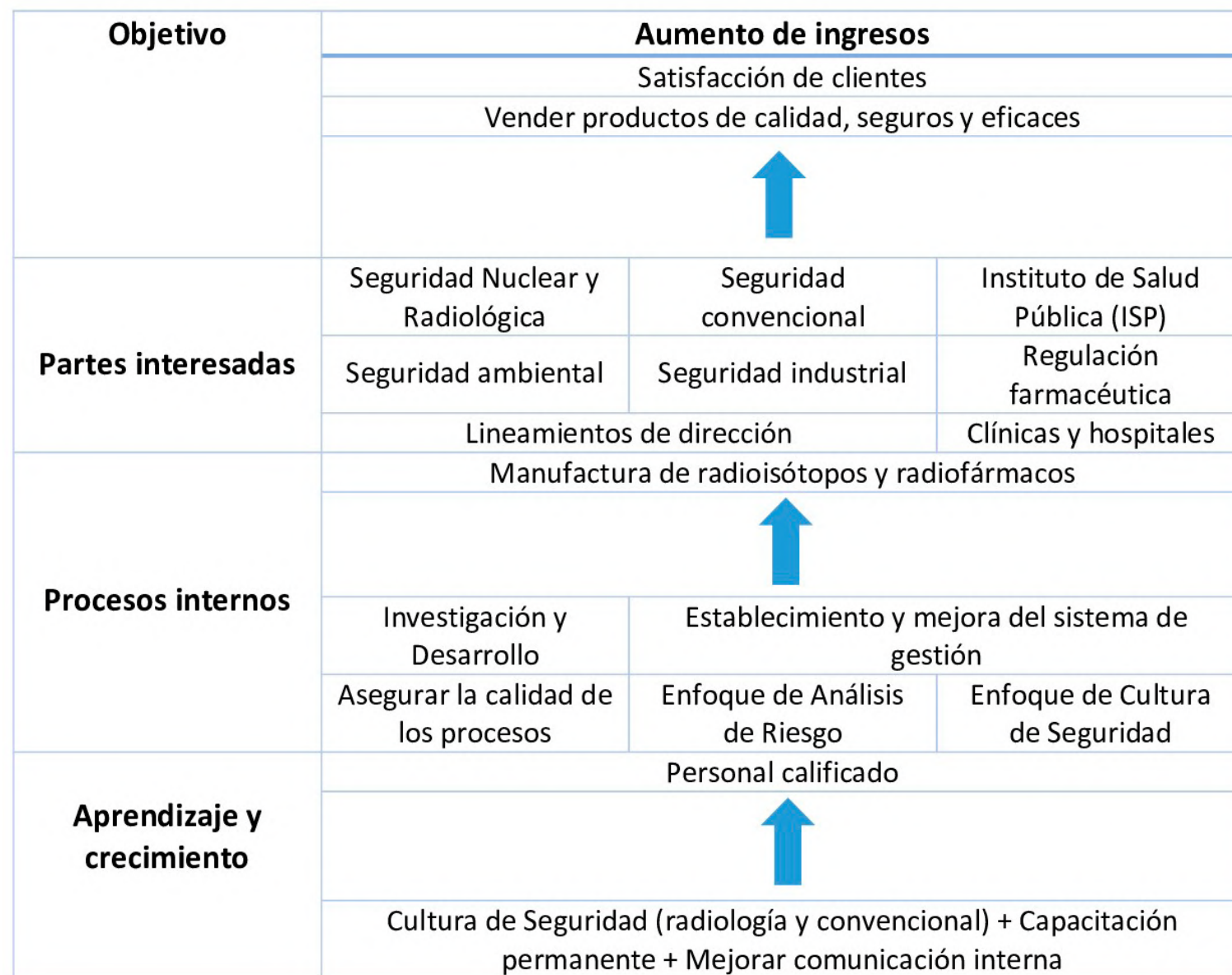


Imagen N° 18: mapa estratégico del Departamento de Producción de Radiofármacos.

Cada estrategia se alinea directamente con parte de los objetivos estratégicos de la Institución, con las metas de Convenio de Desempeño Colectivo y con metas internas del Departamento:

- Meta CDC:
Porcentaje de generación de ingresos por prestación de servicios de la División Producción y Servicios.

Centro Costo	Departamento o Sección	Ingresos acumulados 2016	Meta 2016	Cumplimiento
Departamento de Radiofarmacia				
129	Producción Radioisótopos y Radiofármacos	302.871.005	290.000.000	104%
576	Ciclotrón	661.557.665	540.000.000	123%
630	Control de Calidad	4.846.169	10.000.000	48%
Total Depto Radiofarmacia		969.274.839	840.000.000	115%

Tabla N° 3: ingresos por centro de costo e ingreso total generado por el DPR año 2016.

Centro Costo	Departamento o Sección	Ingresos acumulados 2017	Meta 2017	Cumplimiento
Departamento de Radiofarmacia				
129	Producción Radioisótopos y Radiofármacos	448.215.587	423.000.000	116%
576	Ciclotrón	764.534.351	680.000.000	108%
630	Control de Calidad	3.655.278	10.000.000	-30%
Total Depto Radiofarmacia		1.216.405.216	1.113.000.000	113%

Tabla N° 4: ingresos por centro de costo e ingreso total generado por el DPR año 2017.

Centro Costo	Departamento o Sección	Ingresos acumulados 2018	Meta 2018	Cumplimiento
Departamento de Radiofarmacia				
129	Producción Radioisótopos y Radiofármacos	603.000.000	509.000.000	118%
576	Ciclotrón	1.104.000.000	884.000.000	125%
630	Control de Calidad	1.000.000	4.000.000	-25%
Total Depto Radiofarmacia		1.708.000.000	1.397.000.000	122%

Tabla N° 5: ingresos por centro de costo e ingreso total generado por el DPR año 2018.

Centro Costo	Departamento o Sección	Ingresos acumulados 2019	Meta 2019	Cumplimiento
Departamento de Radiofarmacia				
129	Producción Radioisótopos y Radiofármacos	642.715.000	565.956.000	114%
576	Ciclotrón	858.708.000	1.085.764.000	79%
630	Control de Calidad	426.000	760.000	56%
Total Depto Radiofarmacia		1.501.850.000	1.652.480.000	91%

Tabla N° 6: ingresos por centro de costo/ingreso total generado por el Departamento en 2019.

Centro Costo	Departamento o Sección	Ingresos acumulados 2016	Ingresos acumulados 2017	Ingresos acumulados 2018	Ingresos acumulados 2019
Departamento de Radiofarmacia					
129	Producción Radioisótopos y Radiofármacos	302.871.005	448.215.587	603.000.000	642.715.000
576	Ciclotrón	661.557.665	764.534.351	1.104.000.000	858.708.000
630	Control de Calidad	4.846.169	3.655.278	1.000.000	426.000
Total Depto Radiofarmacia		969.274.839	1.216.405.216	1.708.000.000	1.501.850.000

Tabla N° 7: ingresos años 2016/2017/2018/2019.

- Cumplimiento del flujo de caja anual:

El flujo de caja del Departamento de Producción de Radiofármacos correspondió a un cumplimiento del 91,1%, según presupuesto neto al 25 de enero de 2020.

- Proyectos de Cooperación Técnica:

- Proyecto "Fortalecimiento y creación de capacidades tecnológicas para la provisión de Radiofármacos a la red pública de salud" (OIEA - CHI2016021) 2018-2019:

En 2016, el área del Ciclotrón presentó este proyecto para abordar el fortalecimiento de la plataforma tecnológica del Ciclotrón y dar continuidad y seguridad al suministro de 18F-FDG a clínicas y hospitales,

reemplazando y actualizando sus componentes críticos. El proyecto promueve las prioridades y necesidades del 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".

Con ese fin, se implementaron acciones coordinadas para garantizar una producción segura y confiable, que incluyeron, no solo la actualización de dispositivos y hardware, sino también de conocimientos y habilidades de los recursos humanos.

Además, en 2018, el OIEA gestionó una orden de compra por los componentes a implementar en la instalación. Los componentes instalados fueron:

- Actualización del sistema de enfriamiento de helio
- Actualización del controlador de jeringa electrónica
- Actualización completa del objetivo cónico 8 F18
- Dos nuevas válvulas de vacío
- Actualización de rack de radiofrecuencia de baja intensidad
- Una cámara IP (Internet Protocol)

Lo que respecta a los equipos de seguridad radiológica, la CCHEN recibió dos equipos, consistentes en un sistema de dosimetría personal (5 unidades, gamma/neutrón-EPD N2, Thermo Inc.) y un software RadSight Acces-Client Server para 25 usuarios. Quedó pendiente la llegada de un monitor de efluentes PET, detectores de 4 x 15 litros, FHT 8000 con 15 externos y de una red de monitoreo de radiación gamma.

En materia de capacitación, en septiembre de 2019, el Departamento contó con la visita de un experto del OIEA, que participó en la producción y control de calidad de 18F-PSMA 1007. Una vez que se generó esta nueva molécula, fue sometida a controles de calidad físico-químico, que no detectaron inconvenientes para su producción y comercialización.

- Proyecto Aumento de Capacidad de 18F-FDG:

En 2019, se continuó implementando este proyecto en el nuevo Laboratorio de Radioquímica. Los principales hitos fueron:

Enero - abril de 2019

- Montaje de celda marca ITD (Isotope Technologies Dresden) (Enero)
- Actualización del Ciclotrón (Febrero)
- Instalación de equipo test punto de burbuja (Febrero)
- Puesta a punto de equipo test punto de burbuja (Marzo)

- Instalación de equipos Synthera (Febrero)
- Calificaciones CERCAL de instalación, operación y desempeño (Abril)
- Programación de pruebas en caliente de transferencia
- Inspección por parte del órgano regulador. Solicita modificaciones en zona de descontaminación.

Abril de 2019

- Inspección del órgano regulador (Acta 092/19)

Julio de 2019

- Órgano regulador aprueba transferencia de F-18, AC 002-121-192-A02
- Se realizó la primera prueba de transferencia F-18 de 1 a 2 Ci
- Se realizó la segunda prueba de transferencia F-18 de 2 a 3 Ci

Agosto de 2019

- Se realizó la tercera prueba de transferencia F-18 de 4 a 5 Ci
- Se realizó la cuarta prueba de transferencia F-18 de 5 a 6 Ci

Septiembre de 2019

- Se realizó la primera prueba de síntesis de FDG de 1 a 2 Ci
- Se realizó la segunda prueba de síntesis de FDG de 3 a 4 Ci

Diciembre de 2019

- En reunión con Director Ejecutivo se decide que el proyecto terminó su fase gruesa de ingeniería para iniciar la fase de puesta en operación en 2020.

En 2020 se realizará la quinta prueba de transferencia de Flúor-18, de 6 a 7 Ci, y la síntesis de FDG.

▪ Cápsulas de Gelatina I-131:

En 2019, se realizaron diferentes actividades en el Laboratorio de Radioquímica del CEN Lo Aguirre, para introducir en el mercado las nuevas cápsulas de gelatina de Iodo-131, un producto de alta demanda en la actualidad.

Para su desarrollo, las principales actividades fueron:

- Puesta en operación de la celda de producción de I-131, comisionamiento y licenciamiento.
- Instalación de equipo fraccionador de cápsulas de gelatina en celda N° 4.
- Preparación de cápsulas para dosificación con Iodo-131.
- Prueba y retroalimentación de usuarios.

Los usuarios que participaron en las pruebas del producto fueron: Hospital Militar, Instituto Nacional del Cáncer, Hospital Gustavo Fricke, Hospital San Juan de Dios y Clínica Las Condes, entre otros. Las opiniones recibidas fueron positivas, desde el punto de vista de seguridad radiológica y de su calidad farmacéutica.

Hoy el producto ya está disponible en el mercado.

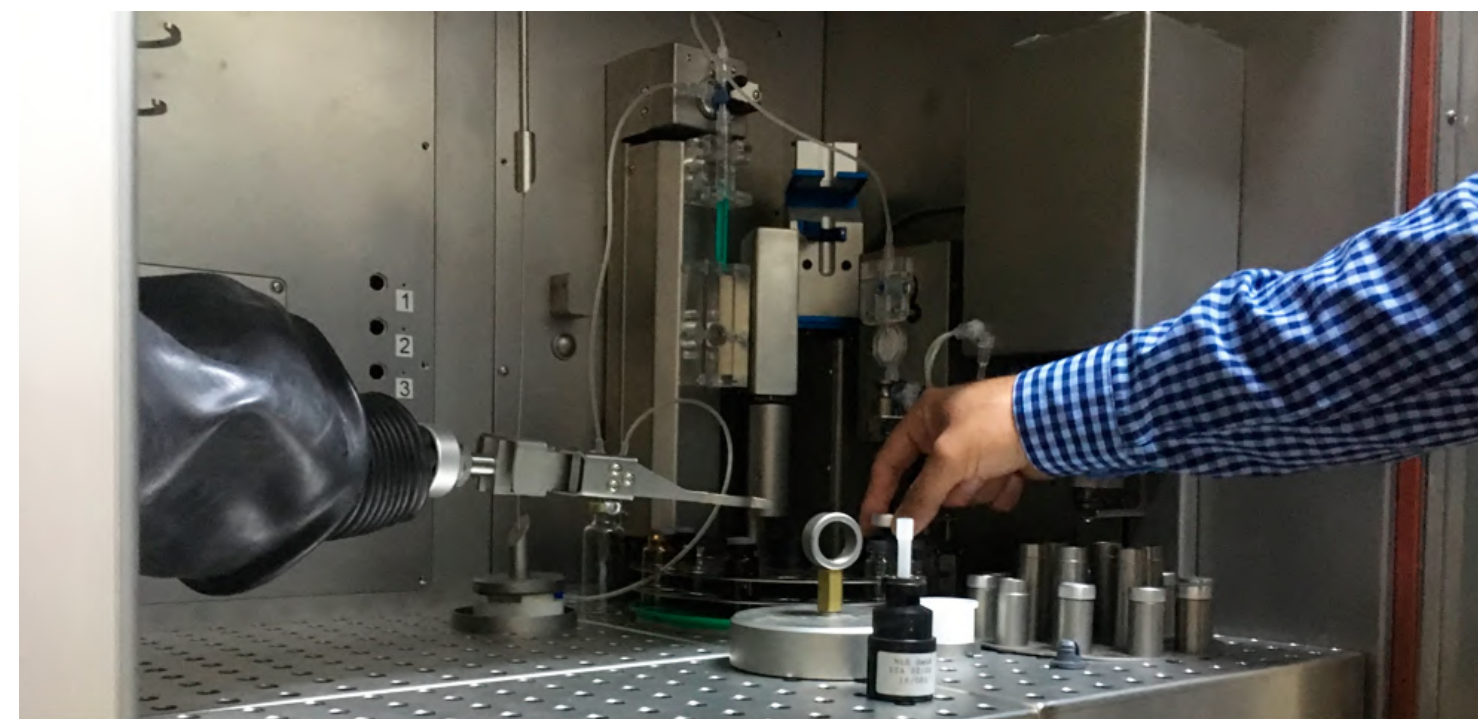


Imagen N° 19: las dos primeras celdas (de izq a der) son de síntesis, y la tercera, de fraccionamiento.

RESULTADOS POR SECCIÓN

SECCIÓN PRODUCCIÓN

ÁREA RADIOISÓTOPOS Y RADIOFÁRMACOS DE CICLOTRÓN

- Resultados del servicio y eficiencia de operaciones:

Hoy, el 18F-FDG es ampliamente utilizado para detectar cáncer. La siguiente tabla muestra cómo ha aumentado la demanda del radiofármaco en la CCHEN (considera dosis igual a actividad inyectada por paciente):

Año	Nº pacientes tratados
2003	267
2004	688
2005	759
2006	1290
2007	1471
2008	1570
2009	1988
2010	2492
2011	2108
2012	1442
2013	2198
2014	2497
2015	1441
2016	3018
2017	3347
2018	4884
2019	3829

Tabla N° 8: demanda histórica del 18F-FDG

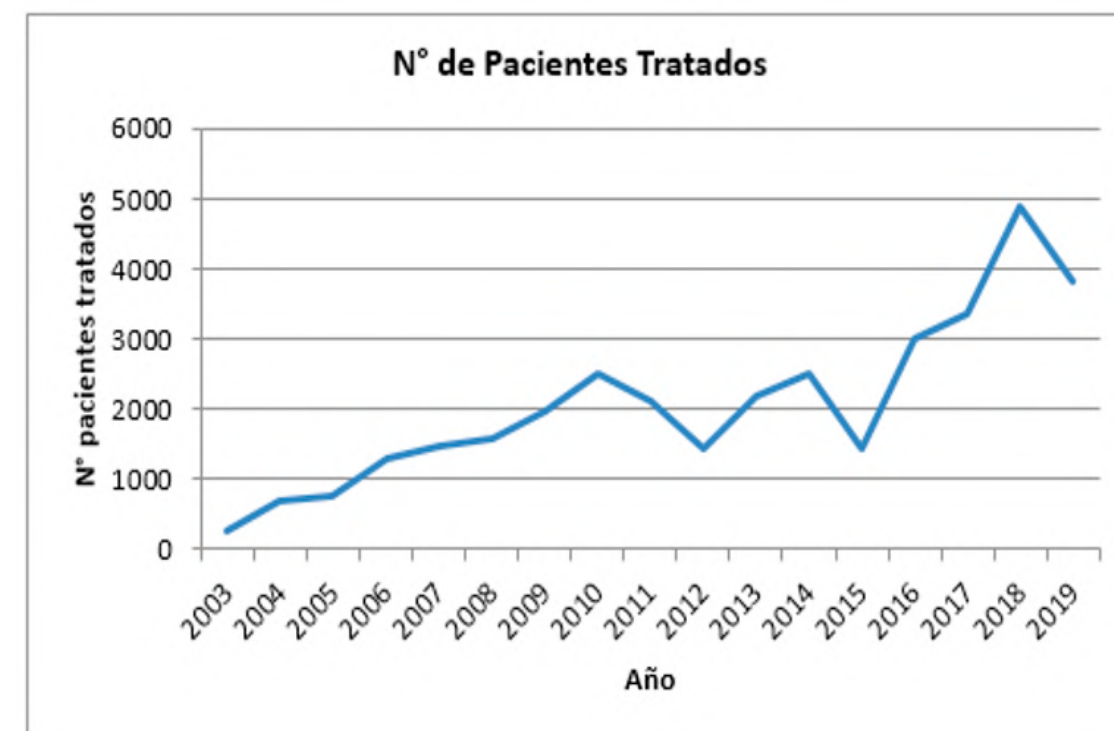


Gráfico N° 6: evolución de la demanda entre los años 2003 y 2019.

En 2019, se solicitaron 3934 dosis, de las cuales se enviaron 3829. Esto equivale a un 97,3% de cumplimiento en la entrega del producto a nuestros usuarios respecto a 2018 (99,1%). Se cumplió con el 98,6% de los indicadores de calidad.

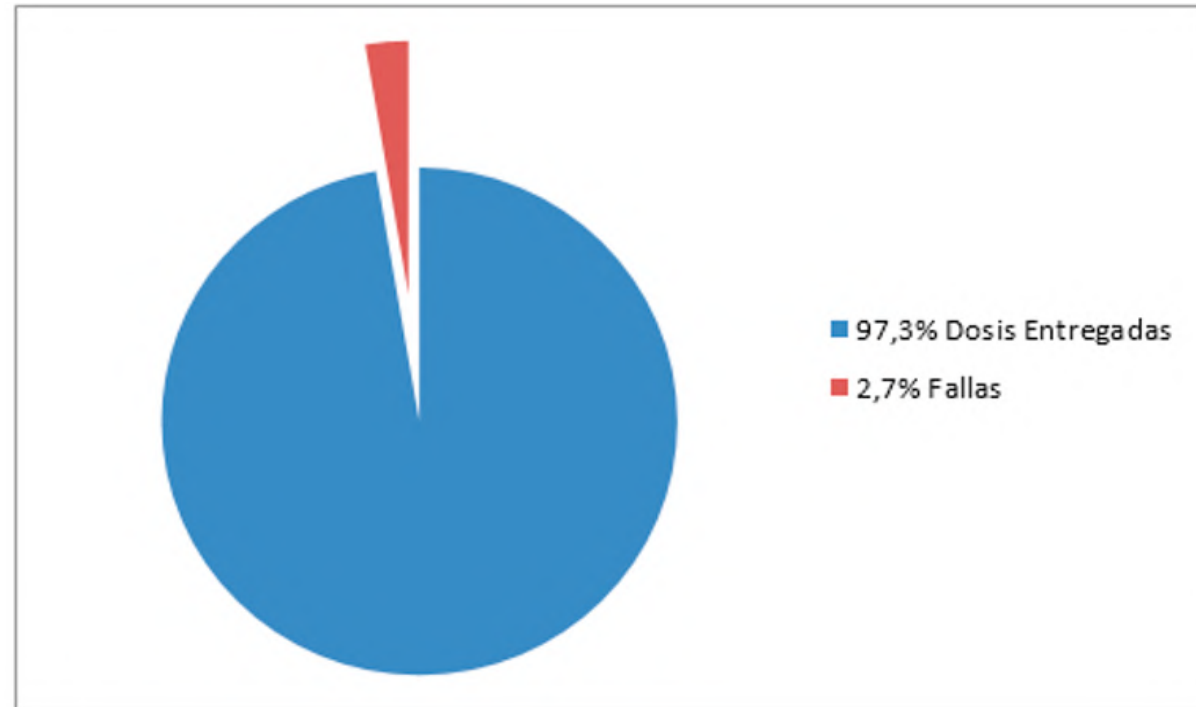


Gráfico N° 7: porcentaje de falla que presentó el proceso de 18F-FDG en 2019.

Dado el aumento en la demanda del radiofármaco 18F-FDG, se continúan ejecutando obras de remodelación de los laboratorios e implementando un nuevo sistema de transferencia, línea de transferencia y calificación de celda de fraccionamiento y equipos asociados, en el marco del proyecto Aumento de Capacidad del Ciclotrón.

- Recursos de la operación:

En 019, el presupuesto (Ítem 22) asignado para las operaciones de rutina y mantenimiento del Área de Ciclotrón fue de \$231.171.000.

- Mejoras:

Se ejecutaron obras de remodelación de laboratorios y se calificaron las nuevas celdas comerciales de producción (marcas COMECER e ITD), los módulos de síntesis y el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado de la nueva instalación, en el marco del proyecto Aumento de Capacidad del Ciclotrón.

En febrero de 2019, se realizó la actualización del equipo Ciclotrón, al que se incorporó un nuevo blanco de irradiación que permite incrementar la actividad que produce el radioisótopo 18-F hasta un máximo de 8Ci.

Por otra parte, se implementó una zona de descontaminación en el área de ingreso/salida al búnker del

Ciclotrón y se clasificaron las áreas de trabajo, según el riesgo de contaminación radiológica (ISO 17873:2004). En materia de seguridad, se realizaron charlas y capacitaciones sobre protección radiológica, con asesoría del personal de la Sección Protección Radiológica Ocupacional, abordando temas como seguridad en el transporte de material radiactivo, dosimetría y tratamiento de emergencias radiológicas.

En agosto, se realizó un simulacro anual de emergencia radiológica, en conjunto con los equipos de la Sección Protección Radiológica Operacional y Grupo de Apoyo de Primeros Auxilios.

Todas estas medidas contribuyen a la seguridad radiológica del personal del Área Ciclotrón, y van en línea con las recomendaciones del informe de la Misión ORPAS (noviembre de 2017).

Continuando con la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura, en marzo de 2019, el Instituto de Salud Pública realizó una Auditoría que arrojó, a diciembre de 2019, un total de 96% de hallazgos levantados.

Se entregó el Informe de Funcionamiento y Seguridad Radiológica, según la Norma 3.0 del órgano regulador.

- Personal y desarrollo de capacidades humanas:

Se realizó una capacitación sobre uso y manejo de equipo AMS-4 de monitoreo ambiental, de determinación de Concentración Derivada en Aire (DAC) y límite de incorporación anual (ALI).

En cuanto a capacitación del personal, los Oficiales de Protección Radiológica del área participaron en los siguientes talleres:

- Taller Planes de Protección Física, organizado por Departamento de Energía, EE.UU. | Chile, enero de 2019.
- Taller Regional de Monitoreo del Puesto de Trabajo | CEN La Reina, diciembre de 2019.
- Taller Mapas de Riesgos CCHEN. La actividad contó con apoyo de experto de la Mutual de Seguridad.

ÁREA RADIOISÓTOPOS DE REACTOR

- Resultados del servicio y eficiencia de operaciones:

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 Iodo-131).

El año pasado se dio respuesta a 118 solicitudes de irradiación de blancos para la producción de tecnecio y yodo, con un total de 998 cápsulas de aluminio, de las cuales 925 son de óxido de molibdeno (MoO₃) y 73, de dióxido de telurio (TeO₂), ambas orientadas a la producción de Tecnecio-99 y Iodo-131, respectivamente.

En comparación a 2018, se observa el crecimiento de un 17% con respecto al número de irradiaciones.

Asimismo, se aprecia el incremento de un 13% en el número de cápsulas que contienen óxido de molibdeno y un decrecimiento de un 20% en las de dióxido de telurio.

Con la utilización de tecnología del Reactor se vendieron 1151,2 Ci de Tecnecio-99 y 52,0 Ci de Iodo-131. En comparación a 2018, hubo un crecimiento del 20% (Tecnecio-99) y un decrecimiento del 28% (Iodo-131) para la actividad vendida.

Radioisótopo [Ci]	Año						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tecnecio-99	721,0	800,1	778,4	877,5	940,3	1137,1	1151,2
Iodo-131	89,1	66,9	47,5	50,1	54,9	70,1	52,0
Samarium-153	28,0	38,5	84,0	0	0	0	0

Tabla N° 9: venta histórica de radioisótopos en mCi.

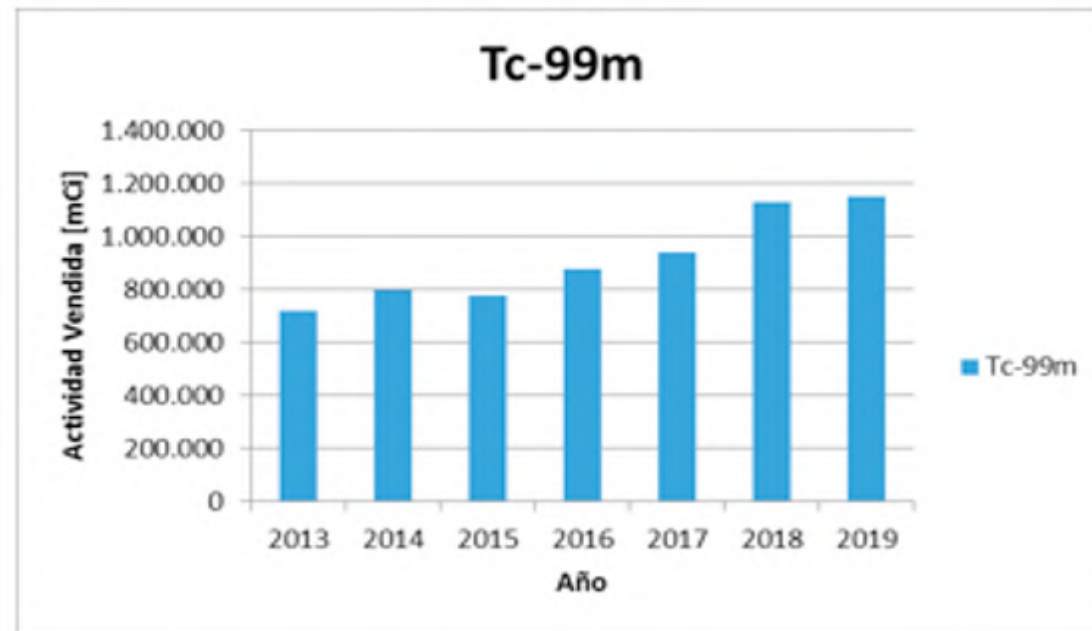


Gráfico N° 8: crecimiento anual de Tecnecio-99.

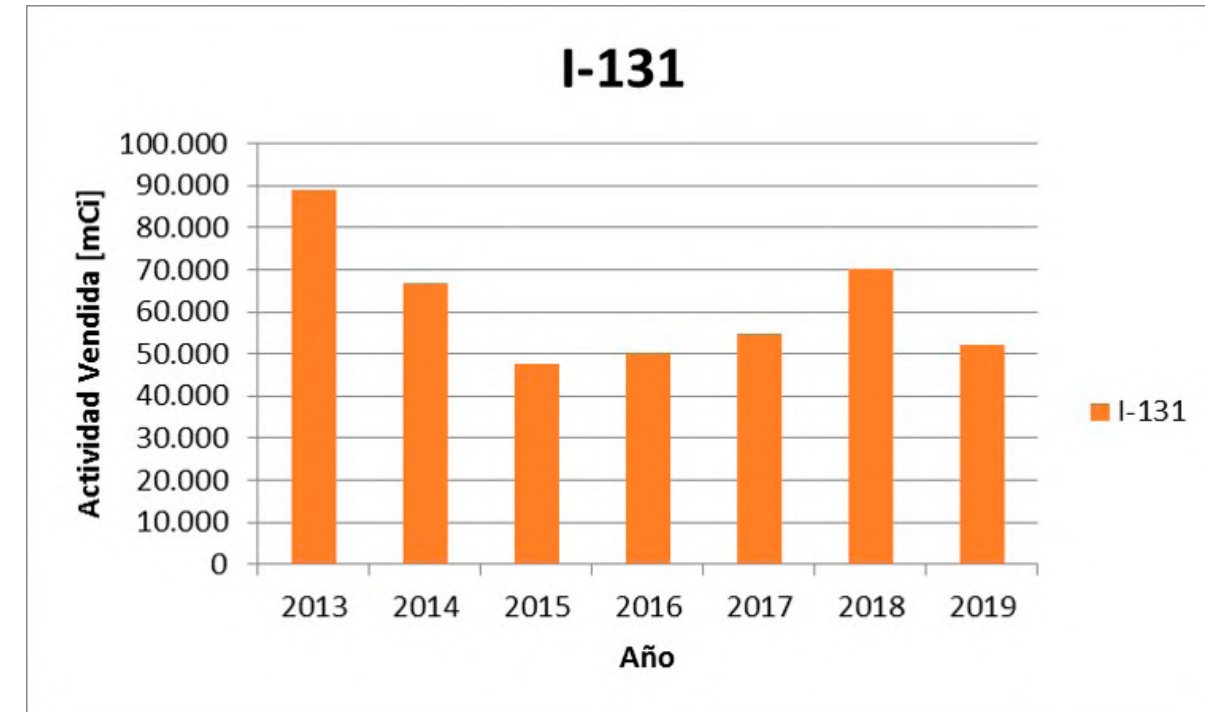


Gráfico N° 9: crecimiento anual de Iodo-131.

Se realizaron 272 producciones en 2019, de las cuales 233 fueron de Tecnecio-99 y 39 de Iodo-131. En la siguiente tabla se comparan estas cifras con los dos años anteriores:

N° Producción	Año		
	2017	2018	2019
Tecnecio-99	237	242	233
Iodo-131	51	59	39
Total	288	301	272

Tabla N° 10: total de producciones realizadas año 2017, año 2019.

Se evidencia un decrecimiento -comparado a 2018- de un 3,7%, para el caso del Tecnecio-99 y de un 33,9% para el Iodo-131.

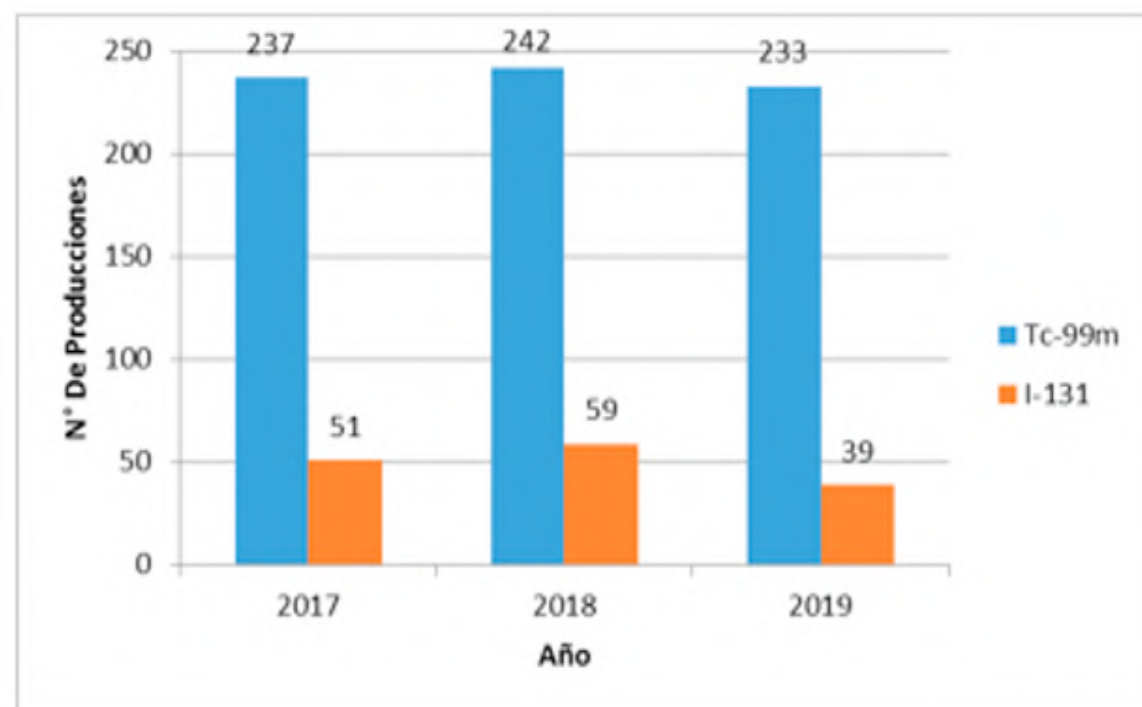


Gráfico N° 10: evolución de crecimiento anual.

- Recursos de la operación:

En 2019, el presupuesto asignado (ítem 22) para las operaciones de rutina y mantenimiento en el Área de Reactor fue de \$51.667.000.

- Mejoras:

- Capacitación continua a operadores en radioquímica aplicada y física de radiaciones ionizantes.
- Se entregó Informe de Funcionamiento y Seguridad Radiológica (Norma 3.0) del órgano regulador (Marzo de 2019).
- Se realizó la primera inspección del Instituto de Salud Pública al Laboratorio de Radioquímica del CEN Lo Aguirre (Marzo de 2019).
- Se inició modificación de la celda N° 1 para la instalación de nuevo autoclave.
- Se realizó Taller Mapa Riesgos de la Mutual de Seguridad.
- En diciembre de 2019, se realizó 2° simulacro de emergencia del Laboratorio Radioquímica.
- Se realizó 2° evaluación anual escrita a operadores autorizados en protección radiológica, en diciembre de 2019.
- Se realizó cambio de piso de la sala de operadores del CEN Lo Aguirre para mayor seguridad.
- Finalizó la modificación de la Celda N° 1 para la instalación de nuevo Autoclave.

- Capacitaciones realizadas:

Funcionario	Actividad	Fecha	Lugar
Sergio Solís	Sistema de protección radiológica en instalaciones nucleares y de radiación	08 al 12 de abril	Brasil
Sergio Solís	WNU - Summer Institute 2019	23 de junio al 27 de julio	Rumania y Suiza
Luis Gómez	CEPRO	17 al 28 de junio	Chile
Franco Aguilera	CEPRO	17 al 28 de junio	Chile
Juan Guerrero	CEPRO	17 al 28 de junio	Chile
Luis Gómez	Operación Segura de Autoclaves	10 de agosto	Chile
Franco Aguilera	Operación Segura de Autoclaves	10 de agosto	Chile
Juan Guerrero	Operación Segura de Autoclaves	10 de agosto	Chile
Sergio Solís	WNU - 5th School on Radiation Technologies	14 al 25 de octubre	Federación Rusa

Tabla N° 11: capacitaciones realizadas en 2019.

ÁREA DE LIOFILIZADOS / KITS

- Resultados del servicio y eficiencia de operaciones:

El Área Liofilizados cumple la función de producir ocho tipos de kits para marcación con Tecnecio-99. Estos son: MDP, MIBI, DMSA, ECD, DTPA, COLOIDE-S, FITATO y GR in VIVO.

En 2019 se alcanzó un ingreso por venta de kits liofilizados de \$141.607.423, un 11,7% más que lo obtenido en 2018 (ver siguiente tabla).

Producto	Ingreso 2016 (\$)	Ingreso 2017 (\$)	Ingreso 2018 (\$)	Ingreso 2019 (\$)
MDP	8.923.764	15.353.363	28.888.550	32.562.180
MIBI	37.015.184	58.777.200	72.951.180	84.050.180
DMSA	2.887.613	5.671.871	7.790.946	7.172.492
ECD	8.271.765	10.478.811	14.025.416	12.264.469
DTPA	402.227	925.152	700.401	1.577.386
COLOIDE-S	446.209	470.780	1.029.424	1.298.916
FITATO	289.386	188.100	377.454	551.760
GR IN VIVO	345.436	656.317	1.007.266	2.130.040
Total	\$58.581.584	\$92.521.594	\$126.730.638	\$141.607.423

Tabla N° 12: comparación de ingresos por kits/liofilizados.

En el gráfico N° 15, se observa que MIBI representa el 59% de los ingresos percibidos en 2019 en el Área Liofilizados. El 95% de los ingresos se logra por la venta de MIBI, MDP, ECD y DMSA.

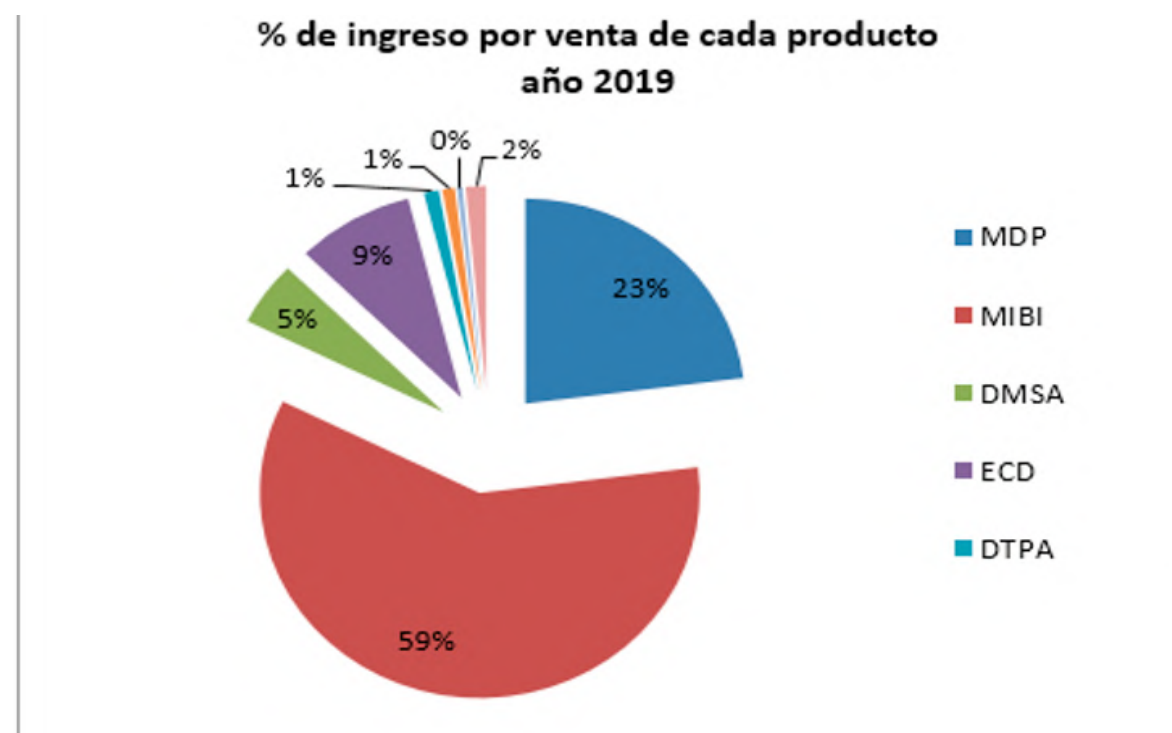


Gráfico N° 11: ingreso por kits/liofilizado.

De las 52 partidas producidas entre enero y diciembre de 2019, el 100% cumplió con todos los ensayos de control de calidad aprobados.

Además, se respondió oportunamente al total de las 131 solicitudes recibidas, lo que significó abastecer a 25 clientes, entre hospitales, clínicas y laboratorios clínicos; de los cuales 20 son de Santiago y 5 de regiones.

Se realizaron cinco procesos de liofilización de hormona liberadora de gonadotropina (LH-RH) y un proceso para la hormona adrenocorticotropa (ACTH), percibiendo un ingreso de \$3.824.005 por estos servicios.

Además, el Laboratorio de Liofilizados preparó 16 partidas de envases acondicionados estériles para el envasado de los radioisótopos Tecnecio-99 y Iodo-131, para abastecer al Área Producción de Reactor.

- Recursos de la operación:

En 2019 el presupuesto asignado (ítem 22) para las operaciones de rutina y mantenimiento en el Área Liofilizados fue de \$29.000.000 (en 2018 fue de \$22.000.000 y 2017, \$20.000.000).

- Mejoras:

Tras 30 años de uso, en febrero de 2019, se reemplazó la campana de flujo laminar clase II, por un nuevo gabinete de bioseguridad con la certificación respectiva, mejorando las condiciones de envasado aséptico de los fármacos y cumpliendo en un 100% con las exigencias normativas.

En el año se realizaron varias mejoras en cuanto a documentación, registros, monitoreo de variables de proceso y equipamiento del laboratorio, esto como parte del tratamiento de los hallazgos detectados en la Auditoría de Buenas Prácticas de Manufactura Farmacéutica, realizada en marzo por el Instituto de Salud Pública.

Se asignaron nuevos recursos para equipamiento, logrando concretar la adquisición de un nuevo refrigerador farmacéutico para almacenar en condiciones controladas los kits producidos. Con ello, se dio conformidad a uno de los hallazgos más importantes detectados en la auditoría.

A diciembre de 2019, se contaba con las planillas de producción, de etiquetado y de empaque de todos los juegos de reactivos implementadas en el Área Liofilizados, significando una mejora considerable en la trazabilidad y en el control de la producción.

Además, durante todo el año se trabajó en la generación y actualización de gran parte de los formularios e instructivos técnicos que dan cuenta de las actividades realizadas en el área.

SECCIÓN CONTROL DE CALIDAD

- Resultados del servicio y eficiencia de operaciones:

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

En cuanto a los resultados del área, se realizaron 1145 ensayos de control de calidad a productos producidos en la CCHEN, según la siguiente distribución: 233 ensayos de Tecnecio-99, 40 de Iodo-131, 4 de cápsulas de Iodo-131, 259 de 18-FDG, 214 de compuestos liofilizados y 554 análisis a reactivos e insumos a utilizar en manufactura.

Los días 18, 19, 20, 21 y 25 de marzo, esta Área se sometió a una inspección del ISP sobre Buenas Prácticas de Manufactura y Laboratorio del Departamento Producción de Radiofármacos. Tras ello, y hasta la entrega del informe, la Sección Control de Calidad hizo el levantamiento de una serie de hallazgos, que fueron enviados al ISP el 31 de diciembre de 2019.

- Recursos de la operación:

El presupuesto 2019 (ítem 22) fue de \$70.637.535. Este permitió solventar la cantidad de análisis ejecutados en 2019 y mantener el funcionamiento normal de la instalación. Tras la visita del ISP y la obligatoriedad de realizar un solo método de esterilidad (filtración por membrana) se solicitó presupuesto extra para insumos de esterilidad. Así, el monto final (ítem 22) fue de \$97.540.000.

- Desarrollo de capacidades humanas:

Se puso en marcha el desarrollo del método analítico de determinación del radiofármaco PSMA. Para ello se coordinó la visita de un experto, con el fin de orientar y entregar detalles de la metodología. A la fecha se han obtenido resultados aceptables para algunos análisis fisicoquímicos como son la determinación por HPLC y GC.

Capacitaciones nacionales:

- Funcionario asistió a curso "Interpretación, Análisis, Norma ISO 17025:2017 Sistema Gestión de Calidad" | INN, agosto de 2019.
- Tres funcionarios asistieron a curso "Análisis de Endotoxinas" | Empresa Concolor, diciembre de 2019.

Participaciones en el extranjero:

- Funcionario asistió a capacitación de Buenas Prácticas de Fabricación en la Producción de Radiofármacos

utilizados en PET | Uruguay, octubre de 2019.

- Funcionario asistió a capacitación de Buenas Prácticas de Fabricación en la Producción de Radiofármacos utilizados en SPECT | Brasil, septiembre a octubre de 2019.
- Visita de experto Emilliano Cazzola para "Producción y Control de Calidad del Radiofármaco PSMA" | Septiembre de 2019.

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Durante el año 2019, el Departamento Producción de Radiofármacos -en su calidad de productor de radioisótopos, radiofármacos y kit de reactivos destinados al tratamiento y diagnóstico de enfermedades en el ámbito de la Medicina Nuclear- 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, según Decreto 3 "Reglamento del Sistema Nacional de Control de los Productos Farmacéuticos de Uso Humano", 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:

Continuando con el Programa Anual de Auditorías e Inspecciones Internas de la CCHEN, se realizó una auditoría de autoinspección al Laboratorio Control de Calidad, para constatar el cumplimiento de buenas prácticas de manufactura exigidas por el órgano regulador, sobre los procesos de producción y control de calidad de los productos.

Para esta actividad se utilizó como herramienta de referencia la "Guía de Inspección de Buenas Prácticas de Manufactura para la Industria de Productos Farmacéuticos". Los aspectos auditados corresponden a:

- Control de Calidad:

La autoinspección se centró en infraestructura y seguridad del laboratorio, instrumental con calibraciones, calificaciones al día y registros, revisión del estado de los reactivos con su correcta rotulación, revisión de los medios de cultivo según exigencias normativas y verificación de uso y manipulación correcta de los estándares de referencia. En esta primera auditoría interna se reflejó un importante avance, no obstante, se dio inicio a un trabajo focalizado de corto y mediano plazo, con personal calificado, para resolver lo pendiente.

- Documentación Buenas Prácticas de Manufactura:

La normativa vigente tiene un alto grado de exigencia para la documentación y registro de cada proceso,

buscando respaldar apropiadamente cada actividad ejecutada. Para ello se continuó haciendo un levantamiento de la documentación requerida, para complementar lo existente. El detalle es el siguiente:

- Fórmulas maestras para cada producto DPR.
 - Especificaciones técnicas para la adquisición, control y uso de materias primas y materiales de envase y empaque, utilizados para manufactura de productos.
 - Actualización o elaboración de nuevas planillas de fabricación para productos.
 - Nuevos procedimientos transversales para Departamento Producción de Radiofármacos.
- Calificación de equipos críticos con empresa externa (IQ, PQ, OQ):

Se continuó con la tarea de calificar los equipos considerados críticos para las actividades del Departamento, lo que se trabajó con una empresa externa.

Para el año 2020, se explora la posibilidad de abarcar todos los equipos críticos y de realizar una renovación de los mismos.

- Control microbiológico ambiental:

Finalizada la implementación del monitoreo microbiológico ambiental en las áreas productoras de Ciclotrón y Liofilizados (en paralelo con el Laboratorio Control de Calidad), se realizó el seguimiento de los resultados obtenidos, siendo ello documentado en un boletín de análisis.

A esta operación, se incluyó el área de Reactor del CEN Lo Aguirre, con el fin de abarcar todas las líneas productivas. El objetivo es robustecer las condiciones ambientales asépticas de fabricación, observar permanentemente las condiciones ambientales que entrega la infraestructura y las condiciones de manipulación de los operadores del proceso, entre otros, para constatar el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura.

DEPARTAMENTO DE SERVICIOS DE CARACTERIZACIÓN E IRRADIACIONES

Responsable: Manuel Escudero Vargas (manuel.escudero@cchen.cl)

OBJETIVO

Entregar servicios oportunos y de calidad en las áreas de Caracterización Química y Física en distintas matrices, como también entregar servicios de irradiación a través de la Planta de Irradiación Multipropósito y del Laboratorio de Irradiadores Experimentales, cubriendo un amplio espectro que incluye la irradiación de materiales médicos quirúrgicos, alimentos, productos sanguíneos y no sanguíneos, especias y materias primas.

El Departamento está compuesto por dos secciones: Caracterización e Irradiaciones.

HECHOS RELEVANTES

A continuación, se describen las actividades realizadas por ambas secciones en 2019:

SECCIÓN CARACTERIZACIÓN

Su función es entregar servicios analíticos a las líneas de investigación desarrolladas por diferentes proyectos pertenecientes a la CCHEN. Está compuesta por el Laboratorio de Caracterización Química y el Laboratorio de Caracterización Física.

Esta Sección presta servicios analíticos en la determinación y cuantificación de elementos mayoritarios y trazas en distintas matrices (Laboratorio de Caracterización Química). Además, realiza análisis de caracterización física (Laboratorio de Caracterización Física) a materiales de los proyectos del Departamento de Materiales Avanzados y a proyectos externos e internos de la CCHEN.

LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

- Servicios internos:

Este Laboratorio presta servicios analíticos a distintos proyectos internos de la CCHEN, detallados en la siguiente tabla:

Procedencia	N° proyecto	Encargado proyecto
Depto. Servicios de Protección Radiológica	125	Marcelo Mendoza
Depto. Caracterización e Irradiaciones	130	Sebastián Olave
	163	Jorge Gamarra
Departamento Protección Radiológica	151	Alejandro Fuentes
Oficina Asesora de Prevención de Riesgos	153	Marcela Sánchez
Departamento Materiales Avanzados	420	Jaime Lisboa
	671	Pedro Orrego
	Sem Co	Pedro Orrego
	Sem TR	Peter Fleming
	Uranio	Pedro Orrego
	695	Patricia Rojas
Departamento Tecnologías Nucleares	531	Paola Pismante
Departamento Reactores de Investigación	617	Renzo Crispieri
Departamento Producción de Radiofármacos	3101	Juan Carlos Jiménez

Tabla N° 13: solicitudes de clientes internos.

• Servicios externos:

En 2019, se recibieron solicitudes de los siguientes clientes externos:

- ENAMI PAIPOTE (Departamento de Medio Ambiente): solicita 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.

• Resultados en materia de Producción de Bienes y Servicios:

A continuación, se presenta un detalle de las órdenes de trabajo generadas, el número de muestras ingresadas al Laboratorio y el número de determinaciones realizadas en 2019, provenientes de clientes internos, externos y de ensayos de aptitud en los que se participó.

Servicio	Órdenes de trabajo	Muestras	%	Determinaciones	%
Interno	450	2458	96,9	7970	89,8
Externo	15	71	2,8	737	8,3
Ensayos de Aptitud	3	8	0,32	168	1,8
Total	468	2537	100	8875	100

Tabla N° 14: órdenes de trabajo generadas, N° muestras ingresadas y N° determinaciones realizadas en 2019.

A continuación, se muestran el detalle de clientes internos y externos, que en 2019 solicitaron servicios:

Cientes (proyectos)	Órdenes de trabajo
125	2
130	2
151	1
153	197
163	175
420	7
531	1
617	22
671	14
695	2
3101	1
Sem. Co	15
Sem. TR	5
Uranio	6
Ensayos de Aptitud	3
Externos	15
Total	468

Tabla N° 15: órdenes de trabajo de clientes internos, externos y participación en ensayos de aptitud.



Gráfico N° 12: representación gráfica del N° de órdenes de trabajo por cliente.

Se observa que el mayor número de órdenes de trabajo proviene del proyecto 153, que corresponde al control de cloro y turbidez realizado a diario a muestras de agua proveniente de diferentes puntos de muestreo del CEN Lo Aguirre.

Otro proyecto que implica un alto número de órdenes de trabajo es el 163, de la Sección Irradiaciones, al que diariamente se le informan las dosis calculadas que arrojan los dosímetros que portan quienes operan la Planta de Irradiación Multipropósito.

Las órdenes de trabajo generadas por proyecto (Gráfico N° 8), consideran una cierta cantidad variable de muestras, como también, un número diverso de analitos a cuantificar, lo que implica un variado número de determinaciones o de análisis realizados por cada una de las órdenes de trabajo.

En las tablas siguientes se detallan el número de muestras ingresadas y el número de determinaciones realizadas:

Cientes (proyectos)	N° de muestras
125	23
130	23
151	5
153	848
163	726
420	16
531	4
617	34
671	206
695	9
3101	2
Sem. Co	269
Sem. TR	157
Uranio	136
Ensayos de Aptitud	8
Externos	71
Total	2537

Tabla N° 16: N° de muestras de clientes internos, externos y de ensayos de aptitud.



Gráfico N° 13: representación gráfica del N° de muestras por cliente.

Cientes (proyectos)	N° de determinaciones	% determinaciones
125	180	2,0
130	134	1,5
151	55	0,62
153	1696	19,1
163	1452	16,4
420	47	0,53
531	4	0,05
617	84	0,95
671	1446	16,3
695	7	0,08
3101	2	0,02
Sem. Co	1253	14,1
Sem. TR	927	10,4
Uranio	683	7,7
Ensayos de Aptitud	168	1,9
Externos	737	8,3
Total	8875	100,0

Tabla N° 17: N° determinaciones realizadas, provenientes de clientes internos, externos y ensayos de aptitud.



Imagen N° 19: Planta de Irradiación Multipropósito (PIM), ubicada en el CEN Lo Aguirre.



Gráfico N° 14: representación gráfica de las determinaciones por cliente.

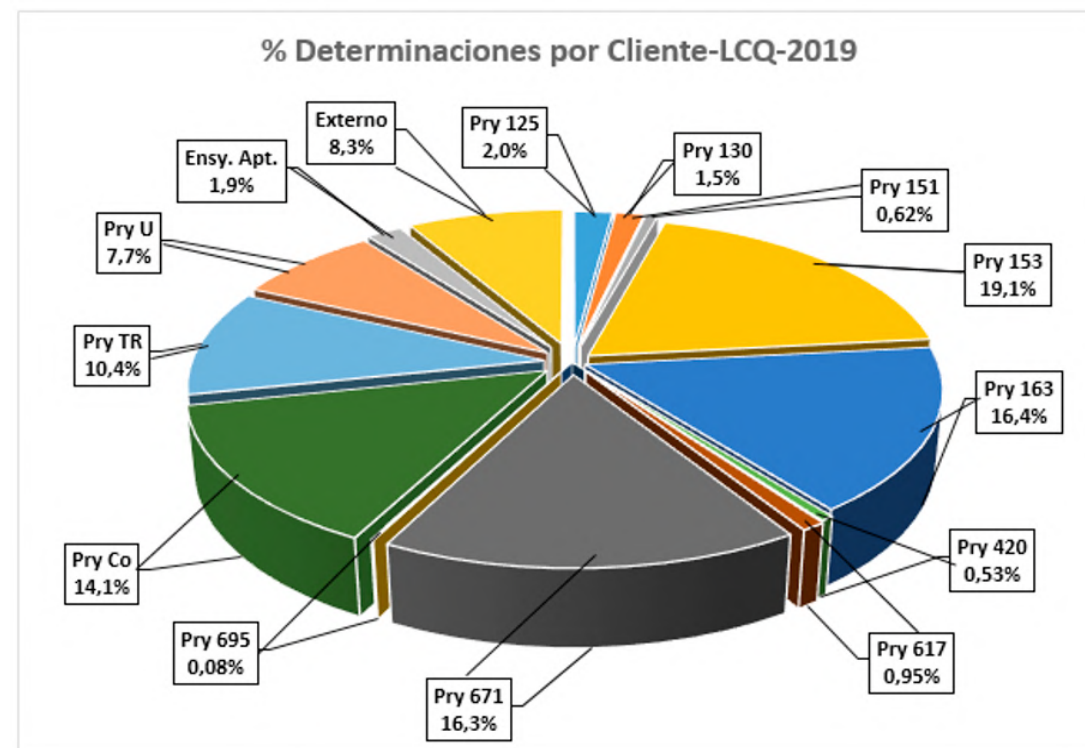


Gráfico N° 15: representación porcentual de las determinaciones.

LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA

- Servicios internos:

Procedencia CCHEN	N° de proyecto	Encargado/a proyecto
Departamento Materiales Avanzados	420	Jaime Lisboa
	Sem. Co	Pedro Orrego
	Sem. TR	Peter Fleming

Tabla N° 18: solicitudes de clientes internos.

- Servicios externos:

Durante el año se recibieron solicitudes de Farm. Acuicultura, Centrovét, Ausenco, Multiexport Ltda. y Salmones Antártica.

- Participación nacional e internacional:

- Dos funcionarios participaron en Comité Técnico del INN, para estudio de las siguientes normas:

- NCh-3359 Salmueras: "Determinación de boro mediante la valoración Potenciométrica ácido base".
- NCh-3349 Salmueras: "Determinación de Metales Alcalinos mediante EAA"

Ambas normas están en etapa de revisión por parte del Comité. No obstante, el proyecto de NCh-3358 Salmueras fue postergado por el momento.

Por otra parte, la Sección de Caracterización continúa como contraparte técnica en el convenio tripartito CORFO, Aduanas y CCHEN, para implementar y validar técnicas analíticas en los laboratorios de Aduanas y CCHEN. El detalle del trabajo realizado en 2019 es:

ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA (EAA)

- Se implementaron las metodologías para la determinación de metales alcalinos en muestras de carbonato de litio (Li_2CO_3) grado batería.
- Se validaron las metodologías para determinar metales alcalinos (Na, K, Ca y Mg) en muestras de carbonato de litio, grado batería, por espectroscopía de absorción atómica.
- Para la validación del método, se preparó material de control interno, analizando 50 veces una muestra de carbonato de litio Li_2CO_3 , grado batería.

	Na	Ca	Mg	K
LD (mg/L)	0,049	0,060	0,050	0,029
LDC (mg/L)	0,074	0,098	0,089	0,052
Sesgo (%)	0,18	1,82	2,25	-1,75
Precisión (%)	2,02	2,96	1,95	5,32
Rango lineal (mg/L)	0,2 - 1,2	0,1 - 0,75	0,1 - 0,75	0,2 - 1,2

Tabla N° 19: parámetros de validación de carbonato de litio (Li₂CO₃).

- Para validar la metodología, se determinó porcentaje de pureza en muestras de carbonato de litio, mediante técnica volumétrica de retro titulación.
- Para validar el método, se utilizó el mismo material de control descrito en la validación de los alcalinos.

% Pureza	Sesgo (%)	Precisión (%)
99,71	0,16	0,095

Tabla N° 20: parámetros de validación de pureza de carbonato de litio.

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.
- Para implementar metodología a seguir, se efectuaron mediciones de TP en las muestras de carbonato de litio, en diferentes condiciones de análisis. Se continuó con los ensayos variando sus condiciones, para ir definiendo los parámetros de velocidad de agitación, tiempo de retraso y aplicación o no de ultrasonido ex-situ.
- Sobre la densidad, mediante la técnica de Picnometría de helio, los valores obtenidos están dentro de lo esperados en diferentes tipos de muestras de carbonato de litio.

ESPECTROSCOPIA 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.
- Está pendiente la determinación de otros elementos de interés como el B, S y Ba. Se espera sean incorporados al trabajo del año 2020.
- Los parámetros de validación del método fueron los siguientes (ver tabla) y para la determinación de incertidumbre se considera la aportada por cada etapa en la determinación, tomando como base la Eurachem.

	Fe	Ni	Cu	Pb	Cr	Zn	Mn	Cd
Resultado (µg/g)	9,80 ± 0,45	9,82 ± 0,71	9,96 ± 0,18	9,74 ± 0,72	10,2 ± 0,59	10,1 ± 0,80	9,79 ± 0,57	10,3 ± 1,2
Incertidumbre Ue (%)	4,63	7,27	1,83	7,38	5,85	7,87	5,83	11,91
LD (mg/L)	0,0008	0,0080	0,061	0,013	0,0090	0,009	0,009	0,010
LD (µg/g)	0,15	0,22	0,17	0,127	0,18	0,28	0,28	0,24
Sesgo (%)	-1,97	1,78	0,39	2,61	-1,70	1,27	2,06	-2,94
Precisión (%)	3,14	3,00	7,63	1,83	3,81	3,63	7,89	14,4
Rango lineal (mg/L)	0,10-5,0	0,10-5,0	0,10-5,0	0,10-5,0	0,10-5,0	0,10-5,0	0,10-5,0	0,10-5,0
Rango de trabajo (µg/g)	0,15-100	0,22-100	0,17-100	0,13-100	0,18-100	0,28-100	0,28-100	0,24-100
Recuperación	98,0%	98,2%	99,6%	97,3%	101,7%	101,3%	97,9%	102,9%

Tabla N° 21: parámetros de validación metales traza en carbonato de litio.

- Asimismo, es relevante la participación en rondas de intercomparación, dado que buscan asegurar el buen desempeño de las metodologías, de las técnicas analíticas y la expertise del personal de la Sección.
- 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 1° 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.

- Resultados en materia de Producción de Bienes y Servicios:

A continuación, un detalle de las órdenes de trabajo generadas, número de muestras ingresadas al laboratorio y número de determinaciones realizadas, provenientes de clientes internos y externos.

Servicio	Órdenes de trabajo	Muestras	%	Determinaciones	%
Interno	6	17	20,0	24	24,1%
Externo	14	68	80,0	68	73,9%
Total	20	85	100	92	100

Tabla N° 22: muestras y determinaciones realizadas a clientes internos y externos.

Cientes (proyecto)	N° de Muestras
Proyecto 420	8
Proyecto Sem. Co	4
Proyecto Sem. TR	5
Externos	68
Total	85

Tabla N° 23: N° de muestras ingresadas, provenientes de clientes internos y externos.

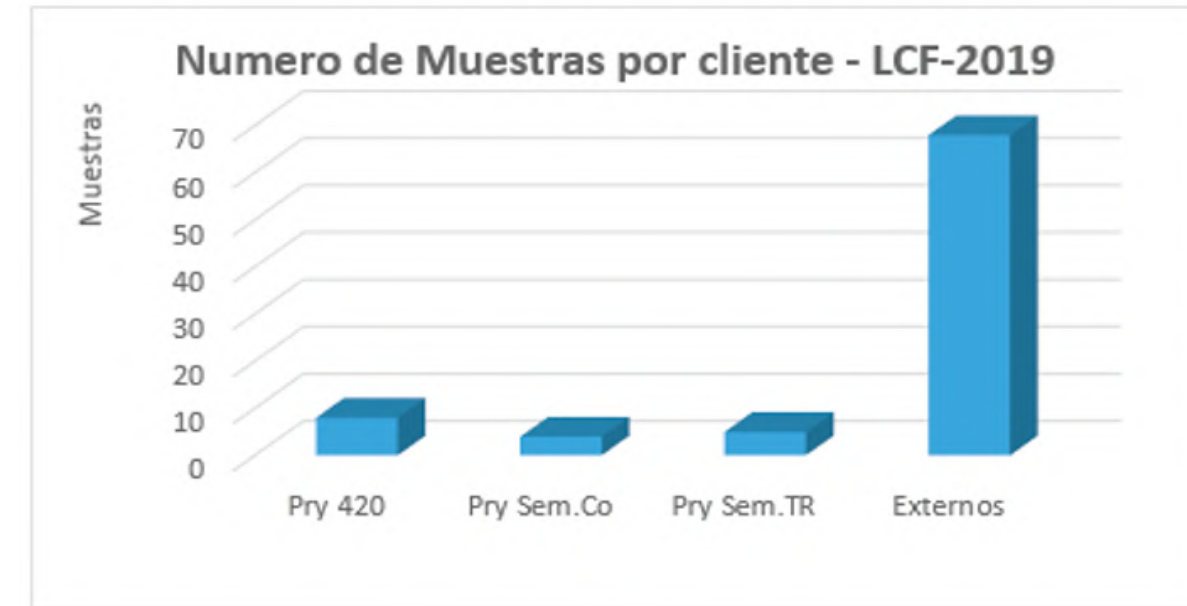


Gráfico N° 16: representación gráfica del N° de muestras por cliente.

Cientes	N° Determinaciones	% Determinaciones
Pry 420	10	10,9
Pry Sem. Co	4	4,3
Pry Sem. TR	10	10,9
Externos	68	73,9
Total	92	100

Tabla N° 24: N° determinaciones realizadas para clientes internos, externos y de ensayos de aptitud.

Número de Determinaciones por Cliente- LCF-2019

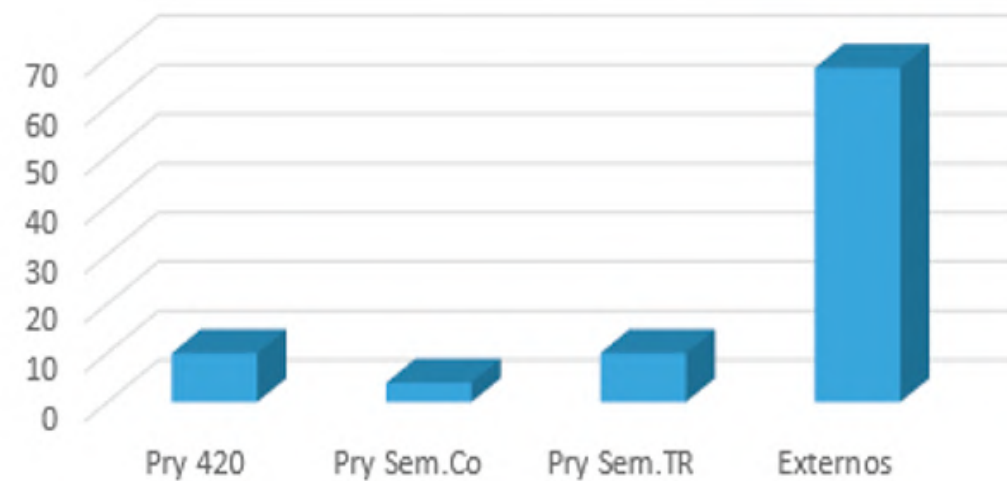


Gráfico N° 17: representación gráfica de las determinaciones por cliente.

% Determinaciones por Cliente-LCF-2019

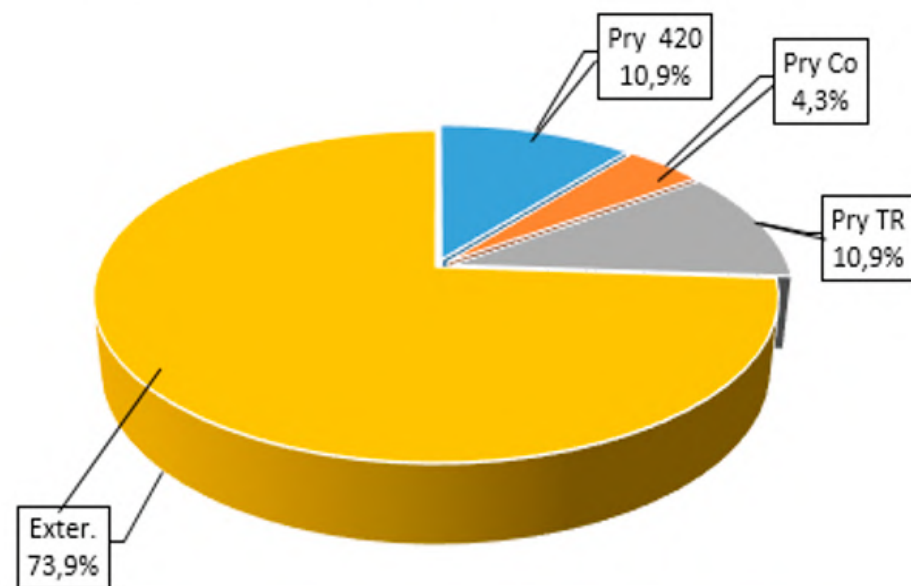


Gráfico N° 18: representación en forma porcentual de las determinaciones.

- Resumen anual de actividades:

En la siguiente tabla se presenta la evolución anual de las órdenes de trabajo, del número de muestras y número de determinaciones, entre 2013 y 2019.

Parámetro	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
Órdenes de trabajo	280	328	347	325	324	458	493
N° muestras ingresadas	1232	1645	2047	1751	1652	2142	2596
N° Determinaciones	4878	5269	8850	6409	5803	7250	8961

Tabla N° 25: órdenes de trabajo, N° de muestras y determinaciones, entre 2013 y 2019.

Variación demanda de Trabajo 2013 al 2019

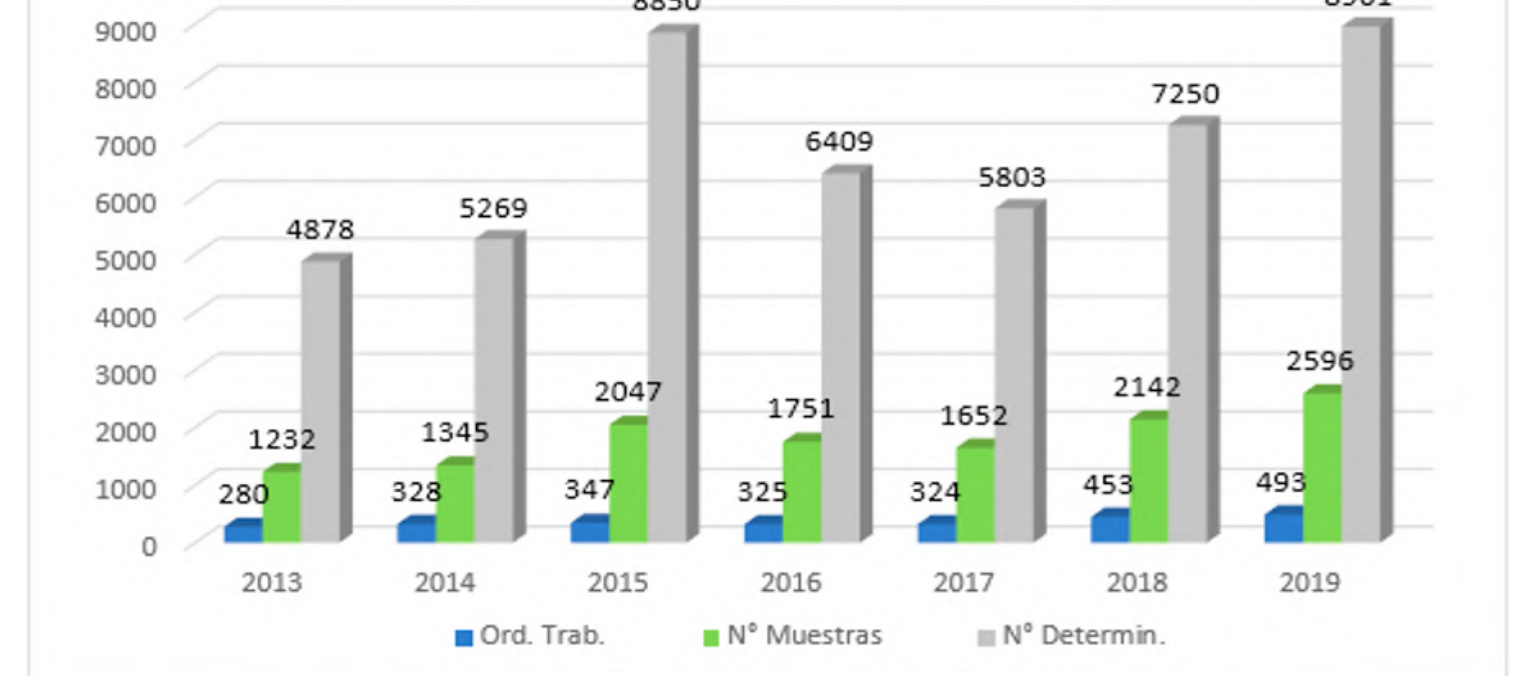


Gráfico N° 19: demanda del servicio, considerando N° de muestras y determinaciones entre 2013 y 2019.

El gráfico anterior muestra el aumento en 2019 -con respecto a 2018- de un 8,8% en las órdenes de trabajo, un 21,2% en el número de muestras y un 23,6% en el número de determinaciones.

Para responder a requerimientos de análisis, la Sección cuenta con las siguientes técnicas:

Laboratorio de Caracterización Química:

- ICP-OES : Espectroscopia de Plasma Acoplado Inductivamente
- EAA : Espectrofotometría de Absorción Atómica
- EAM : Espectrofotometría de Absorción Molecular
- HPLC : Cromatografía Líquida de Alta Resolución
- POT : Técnicas Potenciométricas (pH, Volumetría, Conductividad)
- TQC : Técnicas Químicas Clásicas (molienda, tamizado)
- ESPEC : Espectrofotometría
- NEF : Nefelometría
- FOT : Fotómetro

Laboratorio de Caracterización Física:

- TP : Distribución de Tamaño de Partículas
- PyHe : Picnometría de Helio

Técnica	Nº Determinaciones	% Determinaciones
ICP	2330	26,0
EAA	1651	18,4
EAM	522	5,8
HPLC	145	1,6
POT	1065	11,9
TQC	14	0,16
ESPEC	1452	16,2
NEF	848	9,5
FOT	848	9,5
TP	72	0,80
DEN	14	0,16
Total	8961	100

Tabla Nº 26: Nº determinaciones por técnica y su expresión porcentual.

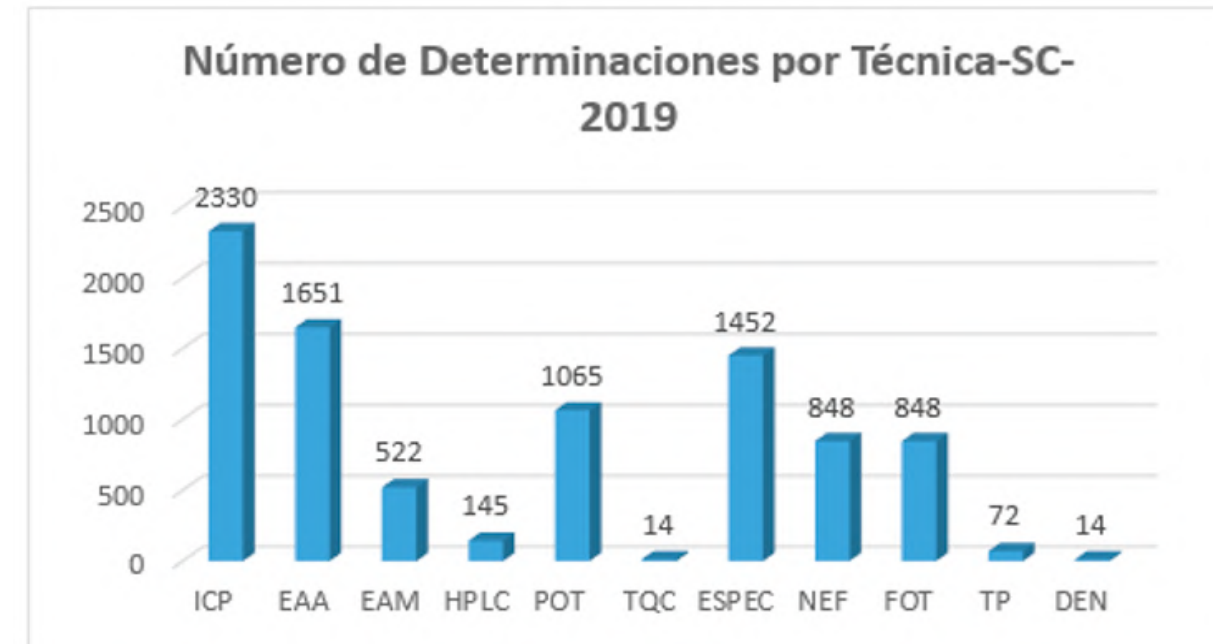


Gráfico N° 20: representación gráfica del N° de determinaciones por técnica.

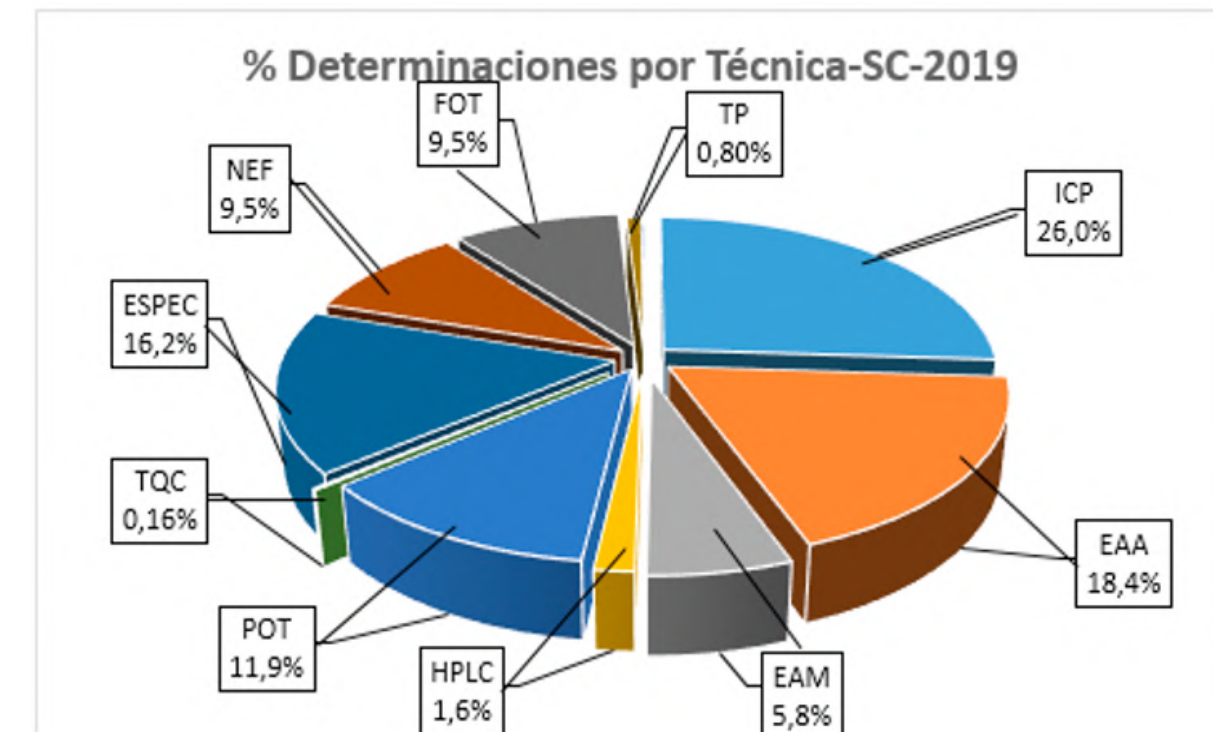


Gráfico N° 21: representación en forma porcentual, de la demanda de análisis por técnica.

- Iniciativas de mejoramiento de gestión relevantes:
 - Se presentó documentación corregida de ambos laboratorios de Caracterización, para gestionar autorizaciones definitivas para funcionar como instalaciones de 1ª categoría, por parte del órgano regulador.
 - En noviembre de 2019, se otorgó la autorización de operación (N° LC 002-102-124) al Laboratorio de Caracterización Física.
 - En septiembre de 2019, funcionaria recibió Autorización Especial (N° AE 1179-095-159) para cumplir función de Oficial de Protección Radiológica de la Sección de Caracterización.
- Actividades de capacitación:
 - Funcionaria participó en el curso “International Training Course on Nuclear Material Accounting and Control for Nuclear Security Purposes at Facilities” | República de Corea, agosto de 2019.
 - Funcionario participó en la capacitación NCh-ISO 17025-2017 “Laboratorios de Ensayo y Calibración | INN, noviembre de 2019.

SECCIÓN IRRADIACIONES

Entregar servicios de irradiación a la industria nacional, en diversos ámbitos (alimentos, materias primas, hemocomponentes, tejidos, etc.).

Este servicio, único en el país, se realiza en el Laboratorio de Irradiaciones (CEN La Reina), donde se aplican pequeñas dosis en volúmenes reducidos, y en la Planta de Irradiación Multipropósito (CEN Lo Aguirre), donde se aplican dosis altas en volúmenes grandes.

Laboratorio de Irradiación:

Prestar servicios de irradiación de productos sanguíneos a hospitales y clínicas para pacientes inmunodeprimidos. Por ejemplo, se irradian tejidos para ser injertados a pacientes de hospitales.

Planta de Irradiación Multipropósito:

Presta servicios de irradiación a la industria, además de fomentar y desarrollar el uso de la radiación ionizante a escala semi-industrial en diversas áreas de la industria nacional, tales como alimentos, farmacéutica, cosmética y de material médico quirúrgico.

- Equipos utilizados para la entrega de servicios:

Laboratorio de Irradiación:

Cuenta con tres irradiadores. Dos de ellos, Gammacell (tasa de dosis baja) y Noratom (tasa de dosis alta),

contienen fuentes de Cobalto-60, mientras que un tercer irradiador utiliza una fuente de Cesio-137.

Planta de Irradiación Multipropósito:

Cuenta con una celda de irradiación que en su interior posee un rack de fuentes de Cobalto-60, que son utilizadas para irradiar productos a nivel semi-industrial. La dosis aplicada dependerá de la densidad y tipo de producto a irradiar.

- Resultados en materia de producción de bienes y servicios:

Planta de Irradiación Multipropósito:

Para el proceso de irradiación, la Planta emplea rangos de dosis de 1 a 25 kGy, utilizando dos sistemas:

- **Sistema Continuo:** utiliza dosis de 5, 10, 15 y 25 kGy, para dimensiones y peso definidos.
- **Sistema Semi continuo:** utilizado para dosis de 1 a 10 kGy. Para productos que estén envasados en formatos a granel, se trabaja por ciclos. Cada ciclo comprende nueve jaulas, donde cada una soporta hasta 200 kg, lo que significa que durante un ciclo se puede llegar a procesar 1,8 toneladas de productos a una dosis específica.

En 2019, la Planta recibió 1.375 solicitudes de servicio, de las cuales 805 solicitudes corresponden al tipo de sistema continuo, y 570 al semi continuo. En la siguiente tabla, se observa la demanda de trabajo:

Dosis (kGy)	N° Solicitudes
1	25
2	25
2,5	56
4	3
5	375
10	626
12,5	6
13	2
15	187
25	70

Tabla N° 27: descripción de dosis solicitadas.

Los productos alimenticios más procesados en la Planta fueron el pimentón rojo, ajo en polvo, cebolla en polvo, hierbas de infusión y langostinos, entre otros.

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

	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

Tabla N° 28: evolución de la demanda de una muestra de clientes CCHEN.

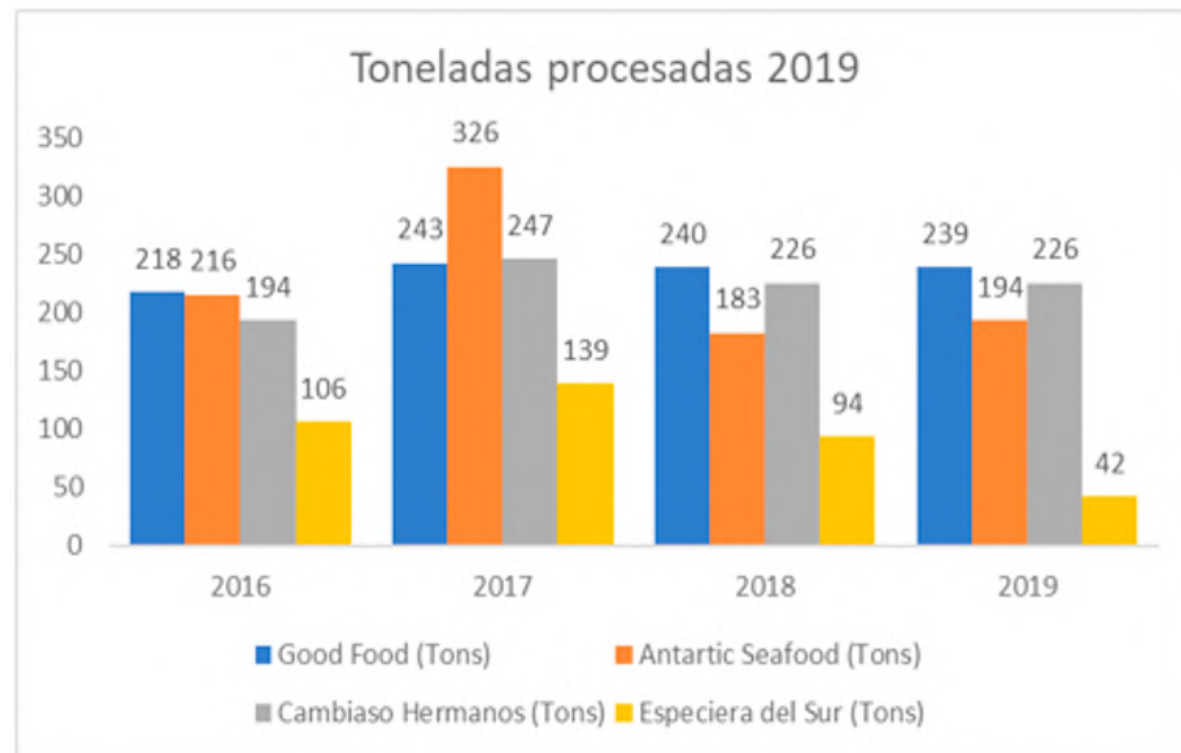


Gráfico N° 22: representación gráfica de la demanda de una muestra de clientes CCHEN.

A continuación, se observan las cargas procesadas en los Laboratorios de Irradiación, 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

Tabla N° 29: cargas procesadas desde el año 2016 al 2019.

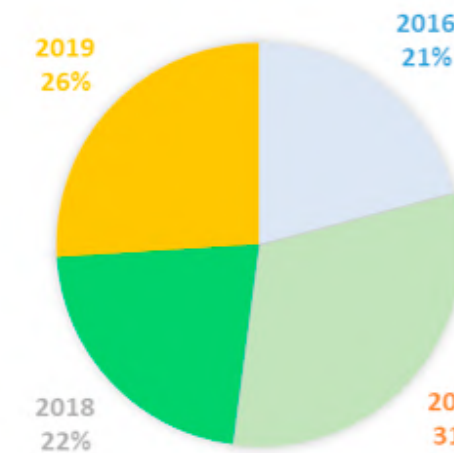


Gráfico N° 23: alimentos procesados en la PIM, entre 2016 y 2019.

En el gráfico anterior se observa que en 2017 hubo un aumento de los productos alimenticios procesados, mientras que en 2018 hubo una disminución, muy similar a la que se apreció en 2016. En 2019 hubo un aumento.

En el siguiente gráfico se aprecia un aumento en la solicitud de servicios de irradiación de productos no alimenticios en 2017, mientras que los años 2018 y 2016 presentan una baja similar.

Sin embargo, 2019 fue el año que, en mayor medida, mostró una disminución de este servicio. Esto último se debió, principalmente, a que la demanda se concentró en el tratamiento de productos alimenticios y de material médico quirúrgico.

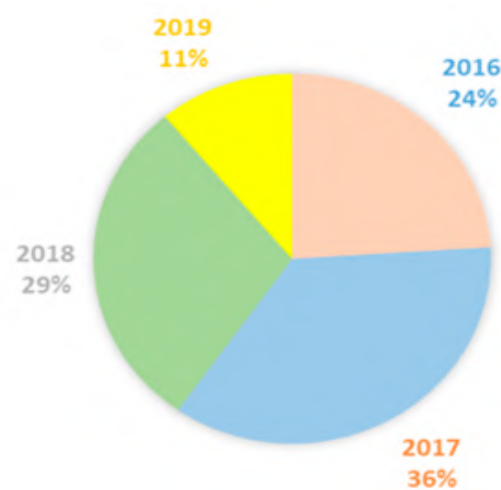


Gráfico N° 24: productos no alimenticios procesados en la PIM, entre 2016 y 2019.

Finalmente, la imagen a continuación grafica la demanda constante que se mantiene entre 2016 y 2019, en relación a la solicitud de servicios de irradiación de materiales médicos quirúrgicos y afines.

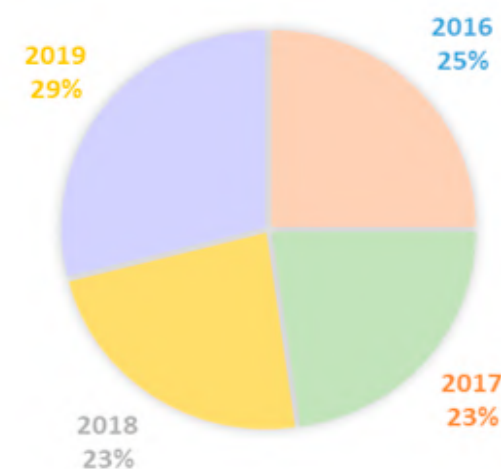


Gráfico N° 25: material médico quirúrgico y afines irradiados entre 2016 y 2019.

Laboratorio de Irradiaciones:

El Laboratorio de Irradiaciones está compuesto por los siguientes irradiadores:

- BPCDI: utiliza como fuente el isótopo de Cesio-137. Es utilizado, generalmente, para la irradiación gamma de tejidos y productos no sanguíneos.
- Gammacell: utiliza como fuente el isótopo de Cobalto-60. Es utilizado, generalmente, para la irradiación de productos sanguíneos y no sanguíneos.
- NORATOM: utiliza como fuente el isótopo de Cobalto-60. Es utilizado, principalmente, para la irradiación gamma de productos sanguíneos.

En el siguiente gráfico se puede ver la demanda por cada irradiador:

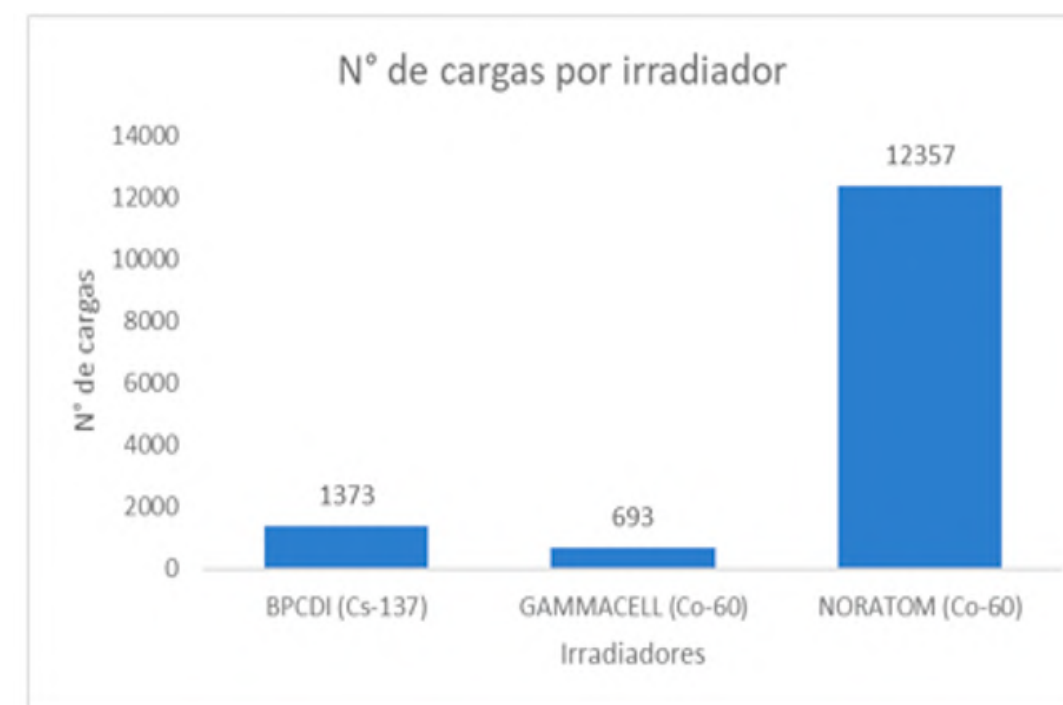


Gráfico N° 26: carga de trabajo por irradiador.

Del gráfico se desprende que la irradiación de productos sanguíneos es el servicio con mayor demanda en el Laboratorio de Irradiaciones. De hecho, ese aumento es sostenido 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, el que al -al tener una actividad mayor- puede tratar productos más rápido.



Gráfico N° 27: productos sanguíneos tratados entre 2016 y 2019.



Gráfico N° 28: productos no sanguíneos tratados entre 2016 y 2019.

En 2019 se observa un incremento significativo en las solicitudes para irradiar productos no sanguíneos, lo que se debe a la cantidad de muestras que procesan los investigadores del Departamento de Tecnologías Nucleares en el irradiador Gammacell.

- Proyectos de inversión (equipamientos, laboratorios):

En 2019 se renovaron los dosímetros de lectura directa, adquiriéndose tres nuevos dosímetros en reemplazo de los que actualmente se utilizan en el Laboratorio de Irradiaciones y en la Planta de Irradiación Multipropósito.

- Iniciativas de mejoramiento de gestión relevantes:

Durante 2019, se contactó a cuatro empresas de distintos países para evaluar la posibilidad de recargar Cobalto-60 en la Planta de Irradiación Multipropósito en 2020. Esto, tomando en cuenta los resultados del Estudio de Mejoramiento de la PIM (2018), que estableció la necesidad de realizar recargas en forma periódica, para hacer más eficiente el proceso.

- Capacitaciones:

- Un funcionario realizó Curso Específico de Protección Radiológica (CEPRO) | CEN La Reina, junio de 2019.
- Un funcionario obtuvo licencia para conducir grúa horquilla | Enero de 2019.
- Un funcionario asistió a curso regional "Desarrollo de planes de seguridad de las instalaciones radiactivas" | Santiago, enero de 2019.

- Otros hitos:

- Se automatizó el contador de tiempo en el Irradiador BPCDI y se logró controlar el tiempo de exposición, la salida de la fuente y la abertura de la puerta.
- En enero se recibió la Adenda de Autorización de Operación del irradiador Noratom (N° IB 002-120-142-A01), por parte del órgano regulador.
- En enero comenzó a operar oficialmente el Noratom, con fuentes de Cobalto-60 que provienen de fuentes en desuso de la PIM, cuyo valor agregado es dar utilidad a fuentes en desuso, para prestar un servicio de gran impacto para la salud. Además, este equipo presenta ventajas, en cuanto a la optimización de los tiempos de respuesta y a la mayor capacidad que ofrece para la entrega del servicio.

DEPARTAMENTO SERVICIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Responsable: Vivian Pereira Campos (vivian.pereira@cchen.cl)

OBJETIVOS

Fue creado en junio de 2016, para centralizar los servicios de protección radiológica que entrega la CCHEN, con el fin de garantizar a los usuarios la seguridad y calidad de las mediciones radiológicas, según parámetros establecidos internacionalmente, para proteger la salud, la vida, bienes y medio ambiente, en lo que respecta al desarrollo y aplicación de los usos pacíficos de la energía nuclear.

Asimismo, actúa como órgano técnico de soporte de autoridades reguladoras, en materia radiológica, siendo su misión entregar resultados confiables, según la normativa, reglamentos y guías de seguridad asociados al personal, a las instalaciones y al medio ambiente.

Está formado por la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental (SEVRA), Sección Vigilancia Radiológica Individual (SEVRI) y Sección Gestión Desechos Radiactivos (SEGEDRA).

En 2019, el Departamento contó con un presupuesto asignado de \$164.020.000.

Presupuesto asignado		SEVRA	SEVRI	SEGEDRA
2019	Sub. 21	\$187.130	\$0	\$501.252
	Sub. 22	\$31.000.000	\$113.530.000	\$19.500.000
	Sub. 29	\$8.840.000	\$789.000	\$2.725.000
Total		\$40.027.130	\$114.319.000	\$22.726.252

Tabla N° 30: presupuesto 2019 asignado por Sección.

Subt. 21: Considera presupuesto para gastos en viáticos

Subt. 22: Considera presupuesto para gastos de operación

Subt. 29: Considera presupuesto para adquisición de equipos

HECHOS PRINCIPALES

SECCIÓN VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

Realizar vigilancia radiológica ambiental, mediante mediciones y evaluaciones periódicas de los niveles radiológicos ambientales -de origen natural y artificial- presentes en el país, para estimar la dosis a público y evaluar potenciales riesgos para la salud de las personas y el medio ambiente, en especial en los sitios donde se emplazan las instalaciones nucleares de la CCHEN.

También le corresponde actuar como laboratorio referente nacional para la medición y evaluación de contaminantes radiactivos en alimentos, muestras ambientales y productos de exportación.

Las principales tareas desarrolladas en 2019 son:

- Medición y evaluación radiológica de muestras ambientales:

En 2019, se realizó medición semanal de aerosoles en el CEN Lo Aguirre, principalmente de Iodo-131, en el marco de las actividades del Laboratorio de Radioquímica. Para esta actividad, se consideraron 12 horas de muestreo semanal, utilizando un equipo de aspiración de aire de mediano flujo (10 - 50 pie³/min), que utiliza un filtro de carbón activado (FCA) de 8"x10". Tras recolectar los filtros, estos son adaptados a la geometría de conteo para luego ser analizados mediante técnica de Espectrometría Gamma de Alta Resolución.

La cantidad total de filtros programados para 2019 fueron 52, de los cuales, efectivamente, se recolectaron y midieron 50.

El valor de dosis equivalente estimada para el año 2019 por incorporación de Iodo-131 para la persona más expuesta del CEN Lo Aguirre, es de 0,020 (mSv/año), lo que equivale a un 0,20 % del valor de dosis recomendada para el público, según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (1mSv/año) y un 0,04% del valor que indica la norma chilena vigente (5mSv/año).

En 2019, se adquirió un equipo de aspiración para utilizar en la recolección semanal de aerosoles y evaluar las emisiones del Laboratorio de Control de Calidad del CEN La Reina.

La cantidad de filtro de carbón activado no estuvo sujeta a programación, ya que el equipo fue recepcionado por esta Sección en noviembre de 2019. Con él se efectuó la recolección de cinco filtros, que fueron medidos por Espectrometría Gamma de Alta Resolución.

El valor de dosis equivalente estimada con los datos recolectados en el CEN La Reina durante el cuarto trimestre de 2019 por incorporación de Iodo-131 para la persona más expuesta, es de 0,0066 (mSv/año), lo

que equivale a un 0,66 % del valor de dosis recomendado para el público según ICRP (1mSv/año) y un 0,13 % del valor que indica la normativa chilena vigente (5mSv/año).

- Monitoreo radiológico ambiental y estimación de dosis a público:

El Sistema de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea que maneja la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental es constituido por:

- Red Nacional de Monitoreo Radiológico Ambiental Nacional: cuenta con nueve estaciones, ubicadas en Arica, Iquique, Antofagasta, La Serena, Valparaíso, Santiago, Concepción, Temuco y Puerto Montt.
- Red CCHEN: cuenta con diez estaciones, distribuidas en cinco puntos por cada Centro Nuclear.

En 2019, el estado operativo de ambas redes fue el siguiente:

RED	Nacional	CEN La Reina	CEN Lo Aguirre
Estaciones instaladas	9	5	5
Estaciones operativas	9	4	3
% operación	100%	80%	60%

Tabla N° 31: estado operativo Redes de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea.

- Convenio de Desempeño Colectivo:

En 2019, la División de Producción y Servicios comprometió cuatro indicadores en el CDC suscrito con el Ministerio de Energía. De ese convenio, a la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental le correspondió implementar el tercer indicador, asociado a un 75% de cumplimiento de los hitos del proyecto “Mejora de Sistema de Monitoreo Radiológico Ambiental”.

Al 31 de diciembre, el estado de cumplimiento fue de un 133%. A continuación, se resume cada hito:

- Hito 1. Mejoramiento Programa de Monitoreo Ambiental en entorno de las instalaciones de la CCHEN:

En enero de 2019, la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental definió un programa de control de sitio para realizar mediciones correspondientes a monitoreo de rutina. Se determinó:

- Tipo de muestras a recolectar.
- Puntos de muestreo para la red de Vigilancia Radiológica Ambiental.

- Frecuencias de muestreo.
- Instrumentación necesaria.
- Procedimientos para muestreo y análisis radioquímico de muestras.
- Detección y tratamiento de los resultados obtenidos, correspondientes a los niveles de concentración de radiactividad natural y artificial.

Los antecedentes recientemente expuestos quedaron registrados en la primera versión del Informe “Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental”, aprobada en enero de 2019.

Su versión final se generó en agosto de 2019, por lo que este hito se declaró cumplido.

- Hito 2. Instalación y puesta a punto de los módulos de comunicación GPRS de las instalaciones de monitoreo radiológico ambiental en línea CCHEN:

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. Es apto para situaciones de emergencia. Entre 2010 y 2018 la transferencia de datos in situ se realizó vía radio frecuencia (RS-485).

Para desarrollar el hito N° 2, correspondiente a la “Instalación y puesta a punto de los módulos de comunicación de las Estaciones de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea CCHEN”, en mayo se solicitaron recursos adicionales para reemplazar los módulos de radio frecuencia por el servicio general de paquetes vía radio.

Tras adjudicarse este servicio a la empresa SIELCO (junio de 2019), en julio se realizó un levantamiento en terreno para verificar el estado operativo de las estaciones. Tras realizarse pruebas de comunicación, en noviembre se hizo entrega de la instalación y se puso a punto los módulos en las estaciones. De esta forma, este hito finalizó de manera exitosa.

- Hito 3. Mejoramiento de visualización y entrega de datos de las Estaciones de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea CCHEN:

El formato de visualización de datos fue desarrollado por la contraparte técnica del área de proyectos de la CCHEN, y utilizado entre 2010 y 2019. El almacenamiento de datos enviados por las cinco estaciones se realizó en servidores dispuestos en los Centros Nucleares La Reina y Lo Aguirre. Dicho formato permitía el respaldo diario de 1440 datos por cada estación de monitoreo, los que eran transferidos a una planilla para su tratamiento estadístico.

En mayo de 2019, la encargada del proyecto “Mejora de Sistema de Monitoreo Radiológico Ambiental”

solicitó al área Informática de CCHEN el desarrollo, implementación y ejecución de un nuevo sistema de visualización. En noviembre entró en operación el Portal de Monitoreo en Línea de SEVRA (<http://plasma.cchen.cl/PortalMonitoreo-RedCCHEN-SEVRA/index.aspx>).

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.

En la actualidad, ya se encuentran instalados dos monitores, que permiten visualizar el estado operativo efectivo de las estaciones.

▪ Hito 4. Evaluación de factibilidad técnica de integración de datos del CTBT con la Red Nacional de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea:

Para evaluar la factibilidad técnica se realizaron reuniones entre la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental (SEVRA) y los administradores del Centro Nacional de Datos, perteneciente al Sistema Internacional de Vigilancia de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (OTPCE) en Chile.

El objetivo fue identificar ambas redes de monitoreo, los tipos de detectores que utilizan, ubicación geográfica, frecuencia de captura de datos y emisión de informes, además de analizar la disponibilidad de datos que, en el caso de la OTPCE, no son públicos.

Tras ello se genera un informe en el que se promedian las mediciones agrupadas cada 10 minutos, que luego se consolidan en promedios diarios.

Por su parte, la red de radionúclidos de la OTPCE consta de 80 estaciones a nivel mundial, que utilizan muestreadores de aire para detectar partículas radiactivas o gases nobles que podrían provenir de explosiones nucleares o de alguna otra fuente. De esta forma, entrega datos de concentración de actividad en Bq/m³ para cada radionúclido detectado durante el muestreo. Cabe destacar que esta red proporciona cobertura global y posee un alto nivel de detección.

El tiempo de muestreo es de 24 horas y los reportes (“Automatic Radionuclide Report” y “Reviewed Radionuclide Report”) son entregados diariamente, con un desfase de tres días, puesto que los análisis se realizan en Austria. Esta información es descargable desde la plataforma SWP: Secure Web Portal, desde la cual también se puede acceder al boletín “Standard Screened Radionuclide Event Bulletin”, para encontrar la posible región fuente de algún evento de tipo nuclear.

Asimismo, gracias a investigaciones mundiales, estos datos aportan a:

- Aumentar el conocimiento del intercambio de contaminantes a largo plazo, a través del seguimiento del transporte de masas de aire o validación de modelos de transporte atmosférico.
- Monitorear el intercambio estratosfera / tropósfera y validar modelos climáticos globales utilizando radionúclidos como trazadores.
- Monitorear variaciones estacionales y anuales de radionúclidos específicos que podrían estar relacionados a variaciones climáticas.
- Determinar la cantidad de polvo y polen presente en un período de tiempo, así como la evolución de la química del contenido en el polvo, para analizar el impacto climático de mega ciudades o tendencias en la circulación de un monzón.
- Monitorear los cambios actuales de la actividad solar y volver a analizarlos.

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, muestras cada 1 minuto	Diaria
Frecuencia de emisión de informes	Diaria	Diaria, con desfase de 3 días
Unidades de medición	uR/h	Bq/m ³

Tabla N° 32: comparación de características Redes de Monitoreo SEVRA – CTBTO.

En conclusión, 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 de la OTPCE no son en tiempo real, ni con la misma frecuencia. No obstante, permitiría incluir en la red CCHEN parámetros que hoy no son medidos.

Respecto a la ubicación geográfica, esta representa un aporte para la CCHEN, por cuanto los datos del Sistema Internacional de Vigilancia de la OTPCE cubren áreas que la Red CCHEN aún no monitorea. Si bien estos no se pueden utilizar como sistema de alerta temprana, sí serían de utilidad para evaluar situaciones de riesgo o cambios en los niveles de radiación de fondo.

Toda esta información quedó registrada en el Informe “Evaluación de factibilidad técnica de integración de datos del CTBT con la Red Nacional de Monitoreo Radiológico Ambiental en Línea”, con lo cual se dio cumplimiento a este hito.

- Servicios de Análisis Radiológicos:

En 2019, la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental prestó los siguientes servicios:

- Análisis por espectrometría gamma de alta resolución en alimentos, aditivos alimenticios y productos, como requisito comercial para exportación.
- Análisis de agua según NCh 409/1Of.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.

Asimismo, cabe mencionar que la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental actuó como parte del equipo de primeros respondedores durante emergencia radiológica que afectó a una empresa nacional (agosto de 2019).

A la fecha, la Sección continúa proporcionando el servicio de caracterización a muestras ambientales, de polvos y frotis.

- Clientes externos:

En 2019, la cartera total de clientes de la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental fue de 38:

Cientes facturados en 2019
Acciona Agua S.A. U. Agencia en Chile
Aceros AZA S.A.
Agrícola San José de Peralillo S.A.
Algas Marinas S.A. Algamar
Análisis Ambientales S.A.

Aquagestion S.A.
Biodiversa S.A.
Carozzi S.A.
Celulosa Arauco y Constitución S.A.
Cervecera CCU Chile Ltda.
Cesmec S.A.
Cial Alimentos S.A.
Colun Ltda.
Corthorn Quality (Chile) SA
Dictuc S.A.
Dole Chile
Extractos Naturales Gelymar S.A.
Frigorifico Karmac SpA.
Laboratorio de Analisis de Servicios Avanzados SpA.
Laboratorios Neovida Ltda.
Lacteos Osorno LTDA
Lakeblue SpA.
Mediciones Geolec de Chile SpA.
Mostos del Pacifico S.A.
Nestle Chile S.A.
Oil Test International de Chile S.A.
Quality Lab
Quillayes de Peteroa Ltda.
S.G.S. Chile Ltda.
Servicio Agrícola y Ganadero
Servicio Nacional de Pesca
Silob Laboratorio Puerto Montt Ltda.
Soc. Com. Jose Marin Antonin y Cia. Ltda.

Soc. Procesadora de Leche del Sur S.A.
South AM Freeze Dry
Surlat Industrial SpA.
UC Christus Servicios Ambulatorios SpA.
Watt´s S.A.

Tabla N° 33: clientes externos SEVRA en 2019.

En 2019, la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental realizó un total de 1828 análisis:

Análisis Radiológico	Cantidad de muestras
Norma Chilena para Agua Potable (NCh409/1)	315
Muestras de frotis y test de hermeticidad	22
Caracterización radiológica	1389
Certificación	80
Sr-90	22

Tabla N° 34: análisis solicitado a SEVRA durante el año 2019.

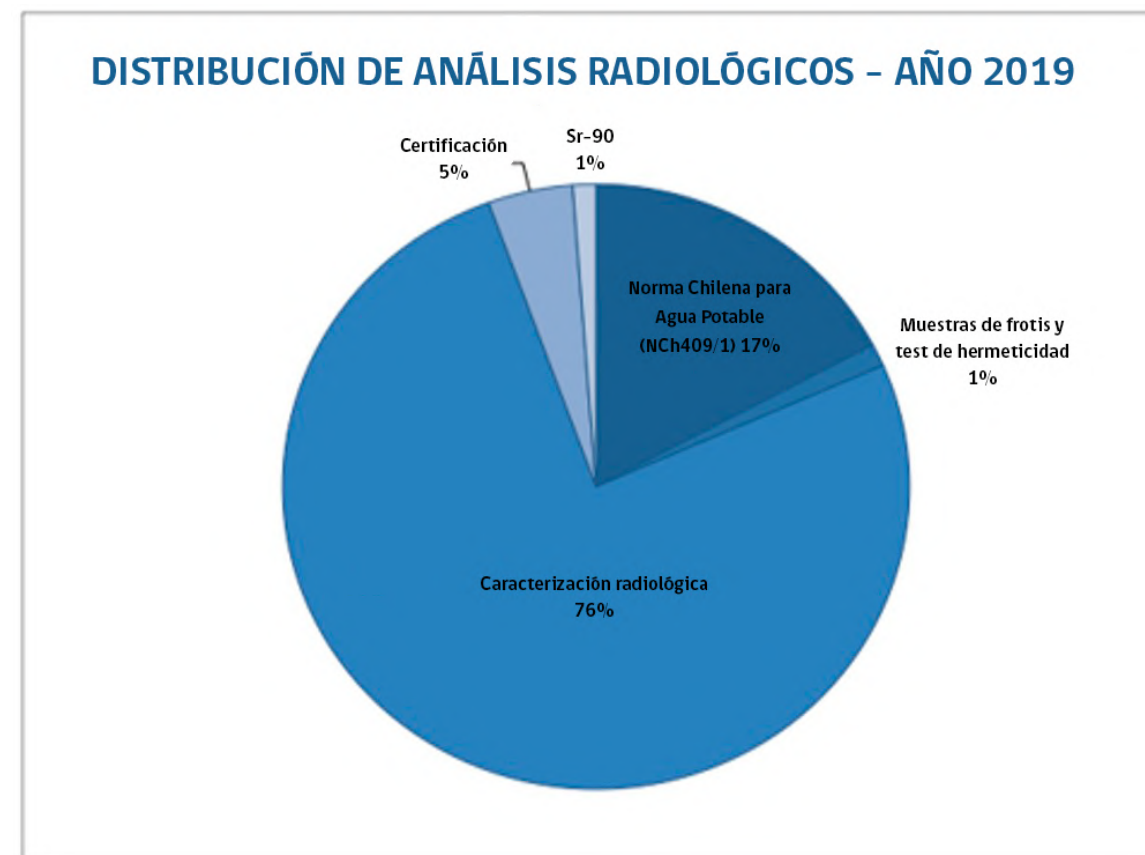


Gráfico N° 29: distribución de análisis radiológicos año 2019.

Resumen histórico de análisis de clientes externos:

Durante los últimos 12 años, la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental ha prestado 6690 servicios de análisis radiológico a clientes que requieren caracterización radiológica de muestras.

Análisis radiológico	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Norma Chilena para Agua Potable (NCh 409/1)	112	249	243	266	215	236	271	239	303	305	398	315
Muestras de frotis y test de hermeticidad	51	60	86	163	13	70	62	24	62	37	50	22
Caracterización radiológica	31	33	18	9	12	41	20	52	31	11	14	1389
Certificación	87	79	128	105	91	91	87	38	80	93	108	80
Sr-90	0	0	0	0	0	0	4	5	8	25	46	22
Total	281	421	475	543	331	438	444	358	484	471	616	1828

Tabla N° 35: resumen de Análisis solicitados a SEVRA en los últimos 12 años.

• Clientes internos:

En 2019, SEVRA realizó 164 análisis radiológicos por espectrometría gamma de alta resolución, que fueron solicitados por clientes internos, como se describe a continuación:

Cliente interno	Cantidad de muestras
Sección Gestión Ambiental	29
Sección Protección Radiológica Operacional	2
Departamento de Reactores (RECH-1)	2
Sección Irradiaciones (Planta de Irradiación Multipropósito)	1
Sección Control de Calidad	1
Sección Gestión de Desechos Radioactivos	1
Sección Vigilancia Radiológica Ambiental - Emergencia	66
Departamento de Materiales Nucleares	55
Departamento Servicios de Protección Radiológica	3

Tabla N° 36: clientes Internos SEVRA durante el año 2019.

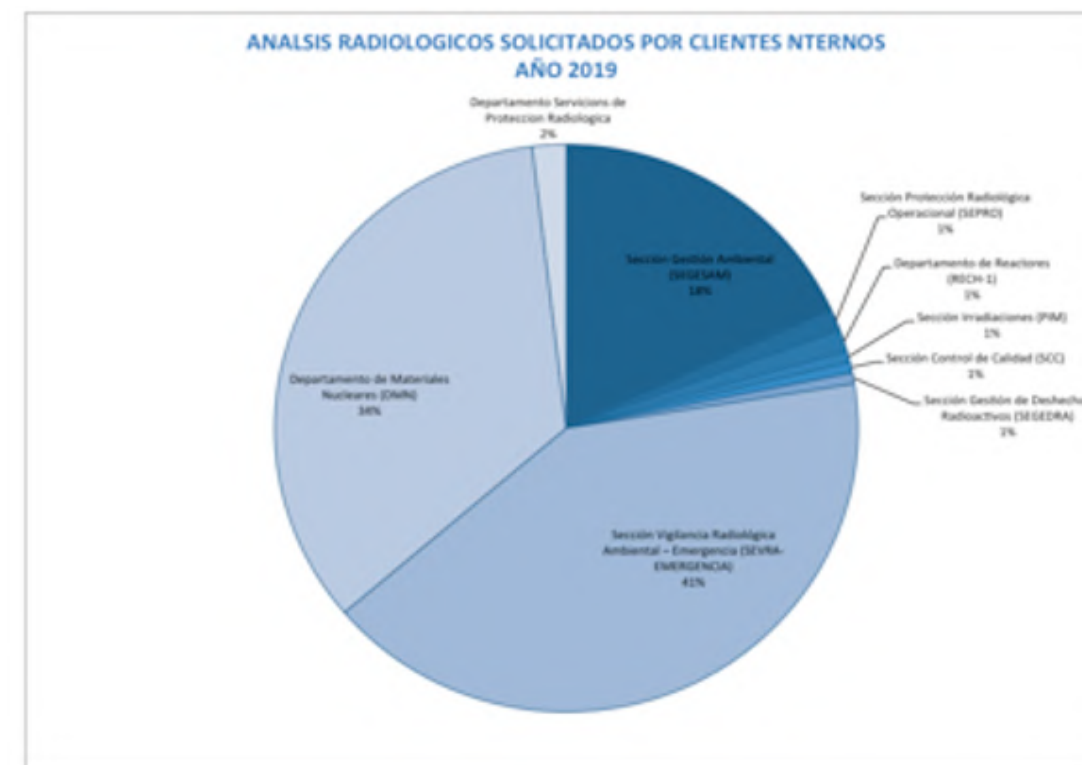


Gráfico N° 30: Análisis radiológicos solicitados por clientes internos año 2019.

Resumen histórico de análisis de clientes internos:

Durante los últimos cinco años, la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental ha prestado 455 servicios de análisis radiológico a clientes internos, tal como se describe a continuación:

Cliente interno	2015	2016	2017	2018	2019
Sección Gestión Ambiental	0	4	19	30	29
Sección Protección Radiológica Operacional	4	3	2	57	2
Sección Vigilancia Radiológica Individual	3	3	3	3	0
Sección Irradiaciones (Planta de Irradiación Multipropósito)	1	4	1	1	1
División Seguridad Nuclear y Radiológica	0	0	2	6	0
Sección Gestión de Desechos Radioactivos	0	1	0	11	1
Sección Vigilancia Radiológica Ambiental – Emergencia	0	0	0	75	66
Área Producción Radioisótopos de Reactor	0	0	7	13	0
Sección Control de Calidad	0	9	0	0	1
Departamento de Materiales Nucleares	0	0	24	0	56
Sección Vigilancia Radiológica Ambiental-Emergencia-Minsal	0	0	5	0	0
Departamento Servicios de Protección Radiológica	0	0	0	0	6
Departamento de Reactores (RECH-1)	0	0	0	0	2
Total anual	8	24	63	196	164

Tabla N° 37: resumen de Análisis solicitados por clientes internos a SEVRA en los últimos 5 años.

- Eficiencia de operación:

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	
Servicio	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

Tabla N° 38: resumen comparativo en tiempos promedio (días) de entrega año 2018 – 2019.

- Mejoras:
En 2019, la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental realizó mejoras en sus procesos:
 - Asignación de tareas específicas:
 - Se asignaron tareas específicas a cada integrante de la Sección, lo que permitió disminuir los tiempos de realización de los ensayos.
 - Habilitación de sala de recepción de muestras:
 - Se habilitó en el Laboratorio N° 1 una sala exclusiva para recepcionar muestras y almacenarlas por tipo de análisis.
 - Mejoras del sistema de monitoreo en línea CCHEN:
 - Las mejoras aplicadas al Sistema de Monitoreo Radiológico en Línea permitirán disminuir las H/H asignadas al tratamiento estadístico de los datos.
- Cursos y capacitaciones:
 - En mayo de 2019, un funcionario participó en Curso Monitoreo y Mapeo Ambiental, en Hungría, para desarrollar nuevas metodologías de determinación de radiaciones ionizantes en terreno, lo que fortalece a la Institución en vigilancia radiológica ambiental y en su actuación en incidentes/accidentes.
 - En octubre de 2019, un funcionario participó en Taller Implementación del Sistema Internacional de Información de Monitoreo de Radiación (IRMIS).
 - En noviembre de 2019, una funcionaria participó en reunión regional sobre “Remediación de sitios de prospección de uranio, minería, procesamiento y sitios afectados por NORM”, donde informó el estado país y el diagnóstico realizado por la Sección en relación a las empresas generadoras de NORM.

SECCIÓN VIGILANCIA RADIOLÓGICA INDIVIDUAL

Su objetivo es cuantificar dosis en escenarios de exposición a las radiaciones ionizantes para trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) por irradiaciones externas y contaminaciones internas, y para casos accidentales en los que esté involucrado el público. Luego se evalúa el efecto que dichas dosis de radiación pueden causar en las personas.

Esta Sección cumple funciones transversales en la CCHEN, como la evaluación periódica de los trabajadores expuestos a radiaciones (dosimetría personal externa e interna) y otros tipos de análisis específicos, que permiten conocer individualmente las dosis de radiación incorporadas y garantizar un desarrollo adecuado de la actividad laboral.

Además, es referente nacional en Dosimetría Interna "In vitro" e "In vivo" y en dosimetría biológica.

Vigilancia Médica

Su función es realizar el seguimiento y control permanente de la salud de los funcionarios/as, 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 y tipo de exámenes que requieren, según actividad laboral que desempeñan. Documento será presentado a la Mutual de Seguridad.

Dosimetría interna

Gracias al aporte del OIEA, se realizó la compra de un nuevo detector, cuya ventaja es que permite realizar mediciones más específicas, por lo que se espera optimizar la calidad de la información proporcionada a partir del análisis de los resultados obtenidos.

Para 2020-2021, se proyecta realizar una nueva calibración del sistema incluyendo todos los relacionados con detección. Por eso, hoy se están realizando las gestiones necesarias para adquirir un fantoma de

calibración, específico para uso en sistemas de contador de cuerpo entero.

Una de las recomendaciones necesarias para mejorar la infraestructura que bajará el nivel de fondo de la medición in vivo se refiere al blindaje que se deberá agregar al piso del contador de cuerpo entero. Actualmente, existe alta contribución de radionúclidos naturales, lo que hace que niveles bajos de contaminación en trabajadores ocupacionalmente expuestos o en personas con indicios de contaminación, no puedan ser detectados.

- Plazos:

Los plazos de entrega de los informes están establecidos dentro de los términos y condiciones del servicio. Estos son:

Clientes externos: 15 días hábiles, en condiciones normales de servicios.

Clientes internos: informes dosimetría in-vitro 30 días hábiles. Informes de mediciones in-vivo, se entregan solo cuando se debe reportar dosis.

Para los clientes internos, los informes son individuales y según programa de vigilancia de contaminación interna fijada anualmente. Este programa se realiza en base al trabajo realizado y a la instalación donde se desempeñe el TOE.

La Dosimetría Interna cuenta con dedicación de un 30% a dosimetría in-vitro y labores asociadas a esta área, 20% a dosimetría in-vivo, 25% a cálculo de dosis, 15 % a vigilancia médica a personal expuesto y 10% como encargado de calidad.

- Calidad del producto:

El Laboratorio de Dosimetría in-vitro implementó en 2014 la norma ISO-NCh 17025:2005 en el proceso de Cuantificación de Radionúclidos en muestras por técnica de espectrometría Gamma, bajo el sistema de gestión de calidad (SGC) CCHEN.

- Usuarios:

Actualmente, el Laboratorio de Dosimetría Interna in-vitro e in-vivo cuenta con clientes internos y externos. En su mayoría, los clientes externos se caracterizan por ser usuarios provenientes de servicios de la medicina nuclear; y los internos, de labores orientadas a la producción de radiofármacos.

De 2019 a la fecha se han realizado 2097 análisis de ambos procesos. De esa cifra, 459 corresponden a muestras de orinas de clientes externos sujetos a control rutinario, 120 a muestras de orina provenientes

de eventos no programados, 427 a análisis del contador de cuerpo entero y 1091 a clientes internos, derivados de 14 instalaciones de los Centros Nucleares Lo Aguirre y La Reina.

El flujo de ingreso de análisis no es homogéneo mes a mes, siendo la base promedio entre 160-180 análisis mensuales, cada uno con diferentes tiempos de estudio y diversas complejidades.

Laboratorio de Dosimetría Citogenética:

- Mejoras en las instalaciones:

En 2019, el Laboratorio adquirió, a través del Proyecto Nacional de Seguridad, un detector portátil alfa-beta, que permitirá realizar una detección previa en el contador de cuerpo entero.

- Plazos:

El solicitarse un servicio de dosimetría biológica, se debe evaluar la pertinencia en cada caso. En caso de aceptarse la solicitud, se realiza una entrevista con la persona presuntamente sobreexpuesta, para luego tomar una muestra de sangre. El informe con los resultados del ensayo se entrega en un plazo aproximado de 15 días hábiles.

En casos particulares, según el escenario de sobreexposición, el plazo puede extenderse debido a que en la etapa de recuento de ACI se debe duplicar el número de células a analizar (1000 células en vez de 500).

- Calidad del producto:

En 2018, el Laboratorio se sometió a una auditoría de diagnóstico para la norma ISO-NCh 17025, no obstante, aún se está a la espera de los resultados para programar un plan de trabajo y evaluar la implementación de la norma.

- Clientes:

Esta área no cuenta con clientes definidos. Solo actúa en caso de una emergencia radiológica, en la que haya exposición por parte de trabajadores o público general.

El año 2019 no se recibió ninguna solicitud de dosimetría biológica.

- Actividades de investigación y desarrollo:

El Laboratorio 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.

El Laboratorio trabaja en un proyecto de investigación en el marco de un Proyecto Coordinado de Investigación, denominado "Applications of Biological Dosimetry Methods in Radiation Oncology, Nuclear Medicine, Diagnostic and Interventional Radiology (MEDBIODOSE)" CRP E35010. En ese marco, en colaboración con el Área de Radioterapia de la Clínica Las Condes, realiza el seguimiento de pacientes con cáncer de mama, evaluando su estado citogenético a partir de herramientas biodosimétricas.

El proyecto se inició en 2018 y finaliza en 2021. En su segundo año de ejecución se ha realizado el seguimiento de los pacientes reclutados, utilizando la técnica de micronúcleos con bloqueo de la citocinesis, logrando monitorear el daño citogenético de los pacientes a lo largo de su tratamiento.

En 2019, mediante el VII Concurso de Equipamiento Científico y Tecnológico Mediano 2018, donde la CCHEN participó en calidad de institución externa, el Laboratorio se adjudicó financiamiento para comprar un gabinete de irradiación para utilizar en investigación en oncología radioterápica.

Cabe mencionar que este proyecto fue presentado por la Dra. Beatriz Sánchez, profesora asociada del Instituto de Física de la Universidad Católica de Chile. Este será instalado en dependencias de la Universidad y será posible utilizarlo para ensayos planificados por el Laboratorio de Dosimetría Citogenética de la CCHEN.

Adicionalmente, tras la adjudicación del proyecto FONDECYT "Experimental Characterization of Pulsed Radiations and Particles Generated by Low Energy Plasma Focus Devices and Study of Theirs Effects on Matter", por parte del Departamento de Ciencias Nucleares, el Laboratorio de Dosimetría Citogenética prestará apoyo, realizando ensayos para evaluar los efectos biológicos provocados por la radiación ionizante que emiten los dispositivos plasma focus. Para ello se identificarán y cuantificarán las aberraciones cromosómicas en muestras biológicas expuestas a la emisión de rayos X en estos dispositivos.

Dosimetría Biológica

Dosimetría Personal Externa

- Equipamiento:

Los equipos que actualmente utiliza esta área corresponden a:

Equipos utilizados			
Equipo	Marca	Modelo	N° Serie
Lectores	Harshaw	5500 TLD	0505299
	Harshaw	5500 QS	961114
	Harshaw	6600 Lite	1202362
	RadPro	RE 2000 A	360018
	Harshaw	3500	9305051
Irradiadores	HP (rayos X)	43804N	1714A00177
	JL Shepherd (Gamma; Cs-137)	MARK IV Model TLD	568
Hornos	PTW	PTW-TLDO	1321-1252
	RadPro	TLD Heat	A2184/18-3
Detectores de contaminación radiactiva	Eberline	RM-14	2646
	Sonda externa	HP 360	01771
	Ludlum	177-61	185026
	Sonda externa	44-9	PR193834

Tabla N° 39: listado de equipos.

- Servicios:

Dosimetría Personal Externa cuenta con los siguientes servicios disponibles:

- PD3 (gamma Hp (10))
 - PD4 (gamma) Hp (10)
 - PD 6/7 (Gamma y neutrones) Hp (10)
 - PD8 (Rayos gamma y rayos X) Hp (10)
 - Anillo (Gamma) Hp (10)
 - Cristalino (Gamma) Hp(0.07)
- Mejoras:
 - Se avanzó con la mejora en la calibración de la dosimetría de neutrones (TLD 600- TLD 700), realizando una nueva irradiación de dosímetros en el Departamento Metrología de Radiaciones Ionizantes.
 - Se realizó la modificación de la base de datos para el Registro Nacional de Dosis que solicita el Instituto de Salud Pública de Chile.
 - Se mejoró el sistema de gestión de dosímetros, utilizando un sistema web que permite agregar más tipos de dosímetros, lo que significa una ventaja en relación al sistema PROYDOSIM.
 - Dos funcionarios obtuvieron autorizaciones de desempeño ante la Secretaría Regional Ministerial de Salud Metropolitana.
- Plazo entrega del servicio:

En el marco del PMG 2019 de la Unidad, se requirió que, una vez llegados los dosímetros por parte del cliente, los informes de dosis respectivos no demoren más de cuatro días en su envío.

Así, en 2019 se logró reducir el tiempo de entrega de los informes dosimétricos de 35 a 2,1 días. A continuación, se observa una comparativa entre los años 2017 y 2018.

Tiempo promedio de tramitación 2019			
Mes	Cantidad de trámites	N° de días corridos del trámite	Indicador
Enero	381	978	2,6
Febrero	258	939	3,6
Marzo	329	1248	3,8
Abril	362	780	2,2
Mayo	304	339	1,1
Junio	308	347	1,1
Julio	335	359	1,1
Agosto	242	251	1,0
Septiembre	252	484	1,9
Octubre	225	139	0,6
Noviembre	257	318	1,2
Diciembre	266	1211	4,6
Resultado final	3519	7393	2,1

Tabla N° 40: desglose envío informe de dosis año 2019 para pmg-2019.

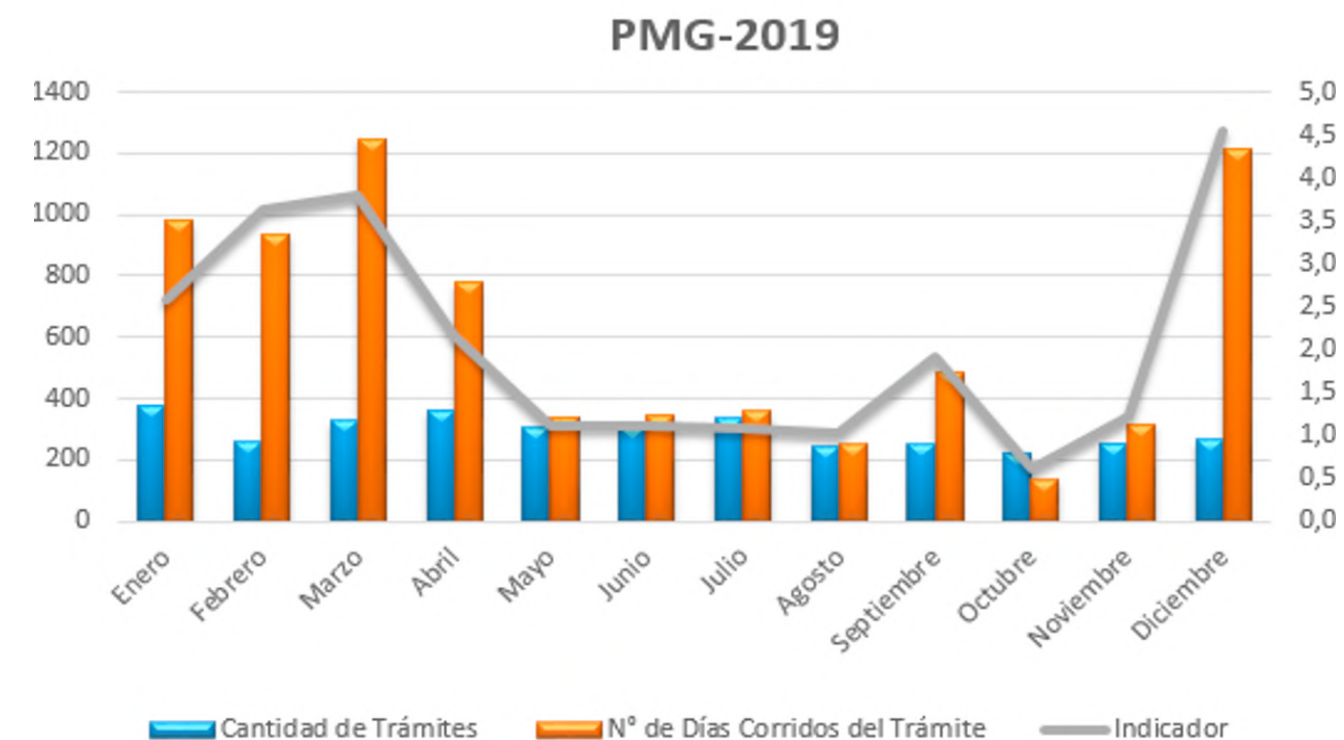


Gráfico N° 31: estado de cumplimiento mensual PMG 2019

Control CCHEN

En lo referente al control dosimétrico del personal de la CCHEN, se realizaron 4.597 controles, para los cuales se utilizaron 2113 dosímetros de cuerpo entero PD4, 174 dosímetros PD3, 1407 dosímetros de extremidades Anillo, 623 dosímetro Albedo y 280 dosímetro de cristalino. Esto significó el aumento de un 4,6% por concepto de este servicio, en relación a 2018.

- Actividades y capacitaciones:
 - En 2019 se participó por 6ª vez consecutiva en una ronda de intercomparación europea (PROCORAD), que contempla la medición de emisores gamma y uranio natural en orina. El objetivo es incrementar la calidad de las técnicas a nivel de los laboratorios de Dosimetría Interna de Latinoamérica. Como laboratorio de referencia en el país, en 2019, por primera vez se logró participar en la reunión final de intercomparaciones.
 - Tres funcionarios aprobaron el curso NCh-ISO IEC 17025:2017 - Laboratorios de Ensayo y Calibración del INN.
 - Funcionario realizó el curso de postgrado de especialización en Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación.

SECCIÓN GESTIÓN 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 Sección 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, SEGEDRA recibió aproximadamente 13.7 m³ de desechos radiactivos para su tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento en forma segura. La distribución, según volumen entregado por tipo de clientes, se presenta en el siguiente gráfico:

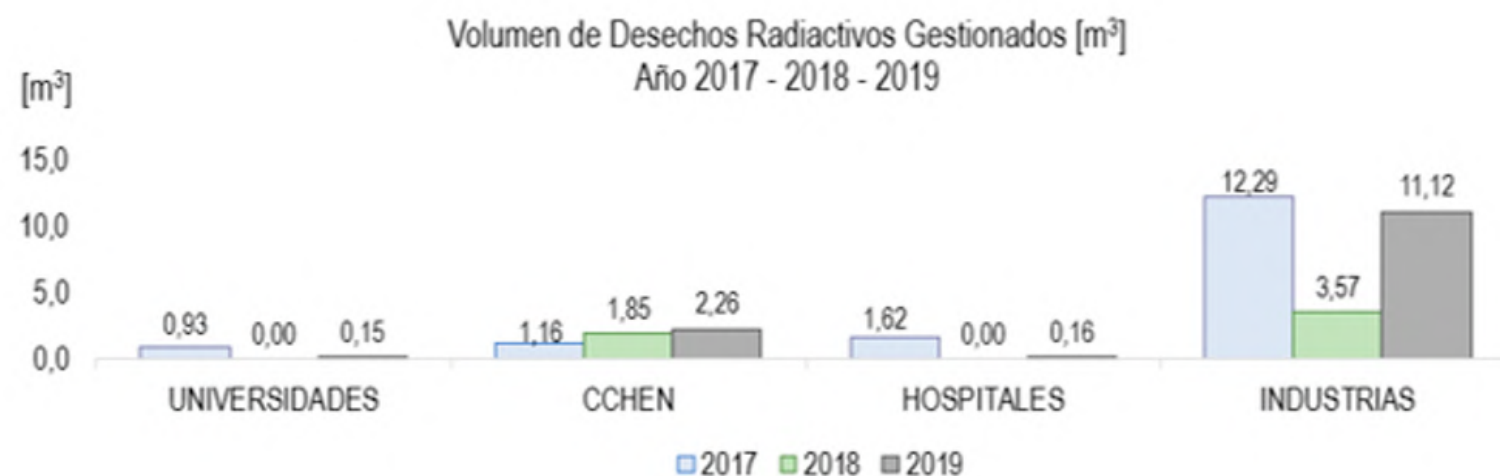


Gráfico N° 32: volumen de desechos radiactivos gestionados últimos tres años.

Los desechos radiactivos recibidos en 2019 corresponden a 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.

Las solicitudes de servicio de clientes externos, de los últimos tres años, se muestra en el siguiente gráfico.

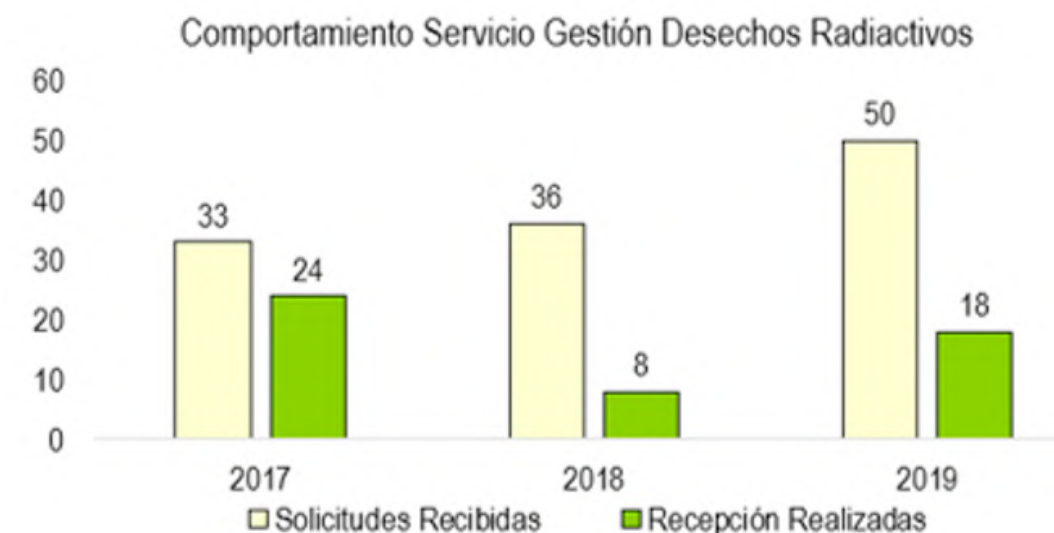


Gráfico N° 33: comportamiento Servicios Gestión desechos Radiactivos.

- Asesorías a generadores de desechos radiactivos del país: Se realizó una asesoría en terreno a instalaciones generadoras de desechos radiactivos, entregando a los responsables las conclusiones de los análisis, condiciones, recomendaciones y costos para realizar la gestión de sus desechos. Todo esto es reportado a través de informes técnicos.

La instalación que solicitó el servicio de evaluación en terreno fue Codelco Norte, División Chuquicamata.

- Empresas que solicitaron servicios:

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

Tabla N° 41: listado de empresas que solicitaron servicios.

- Solicitudes externas ejecutadas en 2019:

Instalaciones	Tipo de servicio	Cantidad
ENAER	Gestión	1
ESSITY CHILE SA	Gestión	1
AZA S.A.	Gestión	1
Hospital G. Grant Benavente	Gestión	1
Minera Candelaria	Gestión	1
IANSAGRO	Gestión	1
Camanchaca	Gestión	1
BLUMAR S.A.	Gestión	1
Anglo American Sur	Gestión	1
Clínica Dávila y Servicios Médicos S. A.	Gestión	1
Instituto Nacional Cáncer	Gestión	1
Weatherford Internacional Chile S.A.	Gestión	1
Pesquera Bahía Caldera S.A.	Gestión	1
Compañía Siderúrgica Huachipato	Gestión	1
Maderas Arauco	Gestión	1
SIRPAC LTDA	Gestión	1
Universidad de Chile	Gestión	1
CODELCO Norte - División Chuquicamata	Gestión y Evaluación	2

Tabla N° 42: listado Instalaciones que realizaron gestión de desechos radiactivos el 2019.

- 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 en 2019 fue de 13.7 m³, donde el 83,5% corresponde a clientes externos y un 16,5% proviene de las aplicaciones, investigaciones y desarrollos de la CCHEN.

- Participación internacional:

- Reunión técnica “Métodos y tecnologías de caracterización para cumplir los requisitos de aceptación de desechos” | Austria, 14 al 17 de mayo de 2019.
- Funcionario participó en Red Internacional de Laboratorios de Caracterización de Desechos Radiactivos (LABONET), para conocer enfoque, desarrollos y prácticas de los países de la red en temas de caracterización de desechos radiactivos.
- Curso regional de capacitación sobre gestión de residuos radiactivos | Autoridad Reguladora Nacional en Radioprotección (ARNR), Uruguay, 21 al 25 de octubre de 2019.
- Funcionario asistió a entrenamiento sobre actividades de gestión de desechos radiactivos, cuyo objetivo es potenciar las capacidades de funcionarios/as con menos de 5 años de experiencia en el rubro.
- Reunión Técnica “International Radioactive Waste Technical Committee” | Austria, 2 al 5 de abril de 2019.
- A solicitud del OIEA, la jefa del Departamento de Servicios de Protección Radiológica fue nombrada representante del país ante el Comité Técnico Internacional de Gestión de Desechos, debiendo participar en la primera reunión de dicho Comité, donde expuso sobre “Safeguards in a smaller programme”.
- Reunión de coordinación “Enhancing Nuclear Security through the Sustainable Management of Disused Sealed Radioactive Sources in Latin America, Africa and Pacific” | Austria, 2 al 5 de abril de 2019.
- Funcionaria participó en esta reunión, como contraparte del proyecto. Su finalidad apunta al desarrollo de actividades que permitan asegurar el control y resguardo de las fuentes de radiación selladas en desuso.
- Reunión técnica “Experiences in the Management of Depleted Uranium Shielding Used in Radioactive Source Containers”.
- Funcionaria participó en esta reunión realizada en la Sede OIEA en Viena, Austria, del 19 al 23 de agosto de 2019.

- Misiones de experto:

- Misión de experto para la revisión de la información existente en el Inventario Nacional de Fuentes Radiactivas de 1ª y 2ª Categoría | 08 al 12 de abril de 2019.
La experta de la Sección de Seguridad Nuclear de Materiales e Instalaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica, Aniuska Betancourt, visitó Chile para revisar la información existente en el Inventario Nacional de Fuentes Radiactivas de 1ª y 2ª categoría.

- Plan para la Gestión de Fuentes Radiactivas Selladas y Fuentes Radiactivas Selladas en Desuso | 18 al 22 de noviembre de 2019.
El experto William Stewart, de la Sección de Tecnología de los Desechos del OIEA y especialista en fuentes radiactivas selladas en desuso, viajó a Chile para discutir y entregar una propuesta en el plan nacional de gestión de las fuentes selladas de la CCHEN.

DEPARTAMENTO COMERCIAL

Responsable: Richard González Zúñiga (richard.gonzalez@cchen.cl)

OBJETIVOS

Atender a cada uno de los clientes, usuarios y beneficiarios de la CCHEN, promoviendo la venta de los productos y servicios tecnológicos que elabora.

Los principales sectores atendidos son la medicina nuclear, a través de hospitales públicos, clínicas y centros médicos y dentales, industria de alimentos y materiales médicos quirúrgicos, además del sector industrial, a través de empresas constructoras, de ingeniería y minería, entre otros.

HECHOS RELEVANTES

- Ingresos operacionales:

A continuación, se muestran los ingresos de operación al cierre contable 2019, los que totalizaron \$2.704 millones, equivalente a un 102% de la meta del CDC 2019.

Se observa que el Departamento de Radiofarmacia totalizó \$1.502 millones (91% de cumplimiento). Posteriormente, se encuentra el Departamento de Servicios de Protección Radiológica, que alcanzó \$682 millones (127% de cumplimiento) y, finalmente, el Departamento de Irradiaciones y Caracterización, con \$520 millones (112% de cumplimiento).

Ingresos División de Producción y Servicios					
Departamento	Nombre Unidad	Cód. Unidad	Meta CDC (M\$)	Ingresos (M\$)	% cumplimiento
Radiofarmacia	Ciclotrón	576	1.085.764	858.708	79%
	Producción	129	565.956	642.715	114%
	Control de Calidad	630	760	426	56%
Total Depto. Radiofarmacia			1.652.480	1.501.850	91%
Protección Radiológica	Gestión de Desechos	125	60.847	102.221	168%
	Radiomedicina	124	19.732	23.175	117%
	Dosimetría	119	325.186	348.958	107%
	Servicios Vigilancia Radiológica	121	61.021	147.948	242%
	Cursos	101	69.540	60.058	86%
Total Depto. Protección Radiológica			536.326	682.360	127%
Irradiaciones y Caracterización	PIM	163	395.421	428.843	108%
	Irradiadores La Reina	348	70.262	81.450	116%
	Análisis Químico	130	511	9.596	1879%
Total Depto. Irradiación y Caracterización			466.194	519.889	112%
Total División Productos y Servicios			2.655.000	2.704.099	101,85%

Tabla N° 43: ingresos División de productos y Servicios.

En el siguiente gráfico, se observa que los ingresos del Departamento de Radiofarmacia, que lograron un total de \$1502 millones, representan el 91% de cumplimiento. La apertura de ingresos de dicho Departamento está compuesto por la Sección Ciclotrón, que alcanzó \$859 millones, equivalentes a 79% de cumplimiento.

En segundo lugar, se observa la Sección de Producción Radioisótopos de Reactor y Liofilizados, que alcanzó \$643 millones, equivalentes a 114% de cumplimiento. Por su parte, Control de Calidad solo se indica como estadística, ya que su propósito es entregar soporte a unidades de la CCHEN, y no a la generación de ingresos de operación.

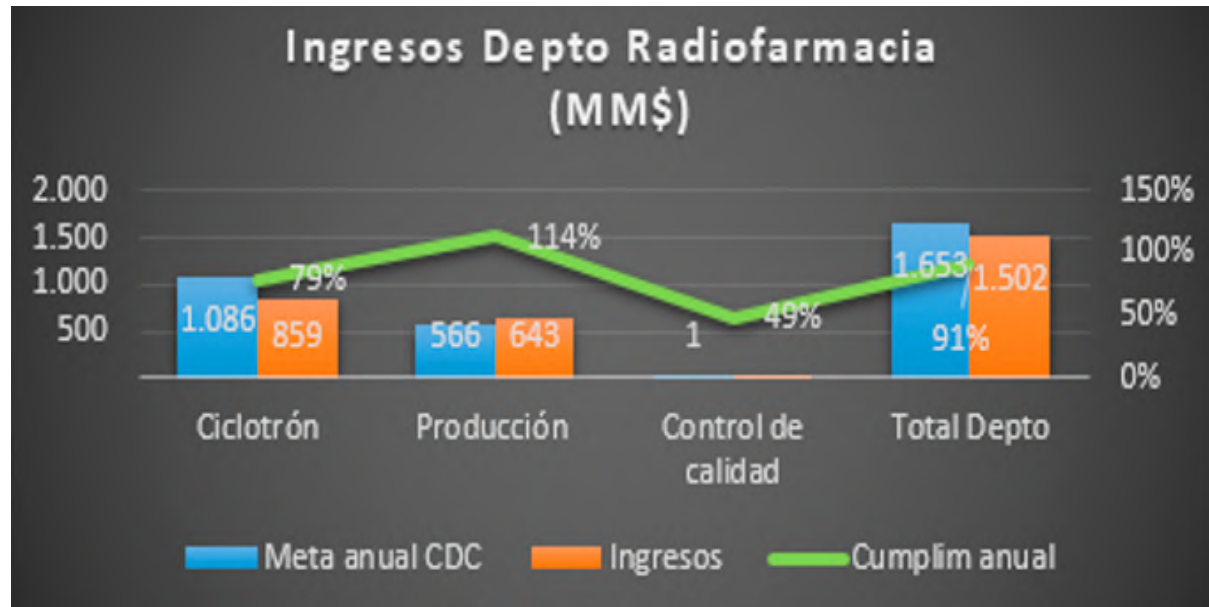


Gráfico N° 34: ingresos Departamento Radiofarmacia.

El Departamento de Servicios de Protección Radiológica alcanzó un total de ingresos de \$682 millones, equivalentes a 127% de la meta CDC 2019. Destacó el área de Dosimetría Personal que totalizó \$349 millones (107% de cumplimiento) y la Sección Servicios de Protección Radiológica que alcanzó \$148 millones (242%).

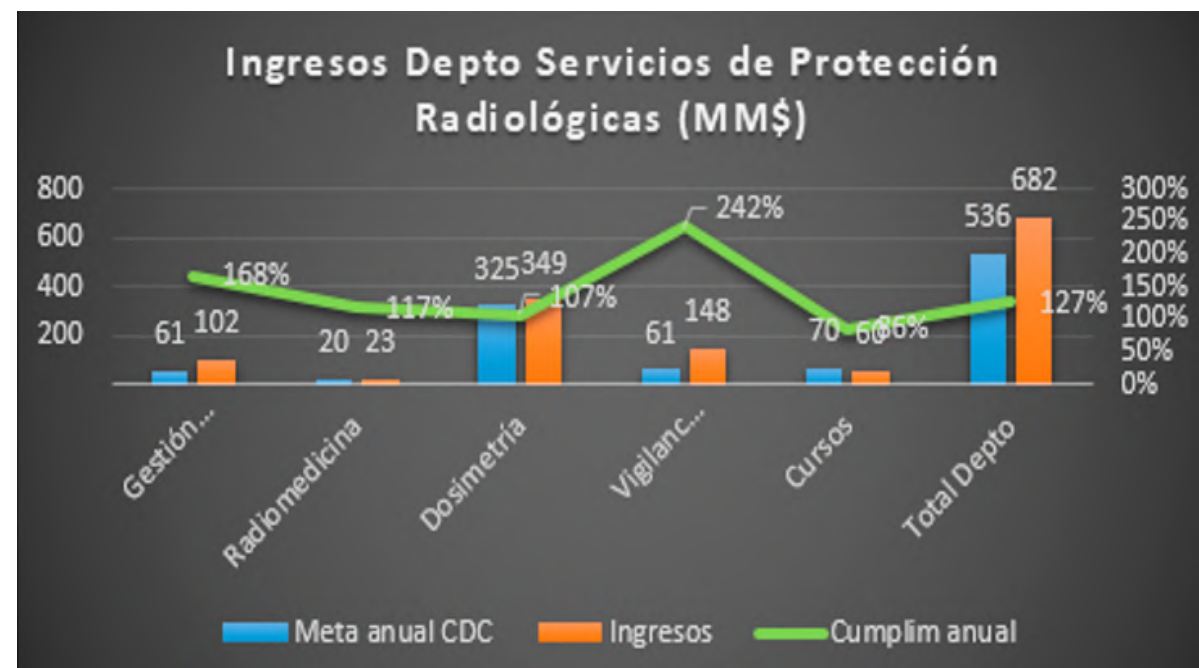


Gráfico N° 35: ingresos Departamento servicios de Protección Radiológica.

Por su parte, el Departamento de Caracterización e Irradiación obtuvo un total de \$520 millones, alcanzando 112% de la meta anual. La Planta de Irradiación de Lo Aguirre totalizó \$429 millones, equivalentes a 108% de la meta de ingresos. Destacó la Unidad de Irradiaciones de La Reina que logró un cumplimiento de 116%, por \$81 millones. El detalle a continuación:

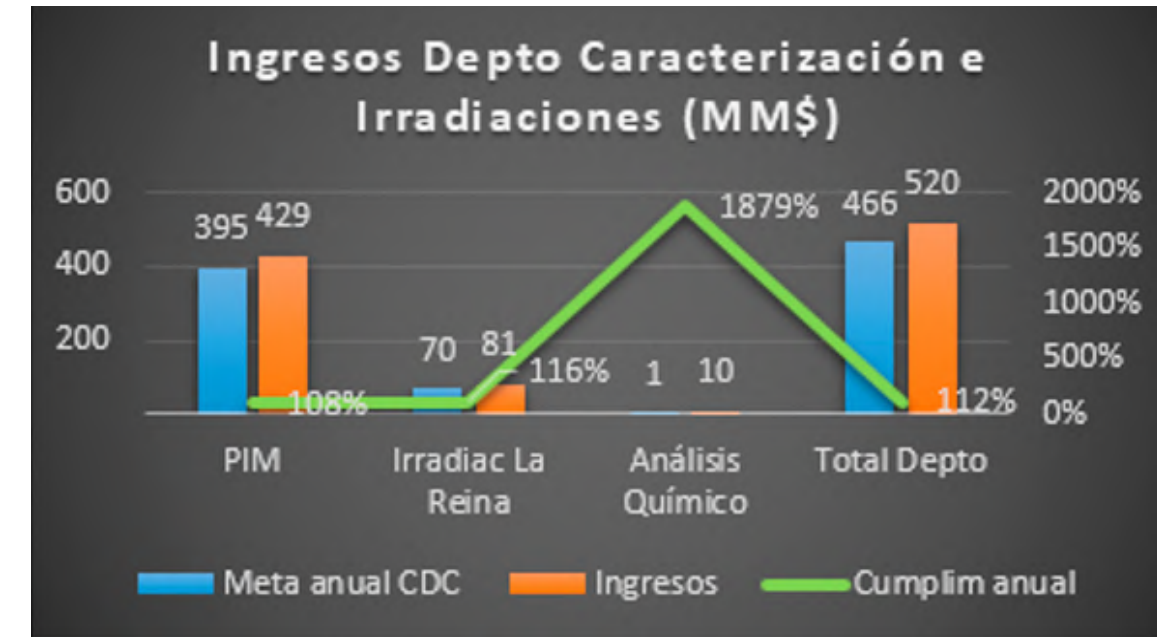


Gráfico N° 36: ingresos Departamento Caracterización e irradiaciones.

- Comparativo de Ingresos respecto al periodo anterior:

Esta División tuvo un decrecimiento en ingresos respecto a 2018. El Departamento de Radiofarmacia mostró la mayor variación con un -12%, seguido del Departamento Servicios de Protección Radiológica con una variación positiva de 6% y, finalmente, el Departamento de Irradiaciones con una variación de -8%. El detalle se aprecia en la siguiente tabla y gráfico:

Ingresos División Producción y Servicios 2018-2019							
Depto	Nombre Unidad	Cod. Unidad	Ingresos 2016	Ingresos 2017	Ingresos 2018	Ingresos 2019	Variación 2018-2019
Radiofarmacia	Ciclotrón	576	669	765	1104	859	-22%
	Producción	129	313	448	603	643	7%
Total Departamento			982	1213	1707	1501	-12%
Protección Radiológica	Gestión Desechos	125	77	130	71	102	45%
	Radiomedicina	124	18	20	13	23	83%
	Dosimetría	119	376	343	418	349	-17%
	Vigilancia Radiológica	121	55	58	85	148	75%
Total Departamento			526	552	586	622	6%
Irradiaciones	PIM	163	397	538	487	429	-12%
	Irradiadores La Reina	348	49	62	73	81	11%
	Análisis Químico	130	1	15	2	10	317%
Total Departamento			447	615	563	520	-8%
Total División Producción y Servicios			1956	2380	2856	2644	-7%

Tabla N° 44: variación Ingresos División Producción y Servicios.

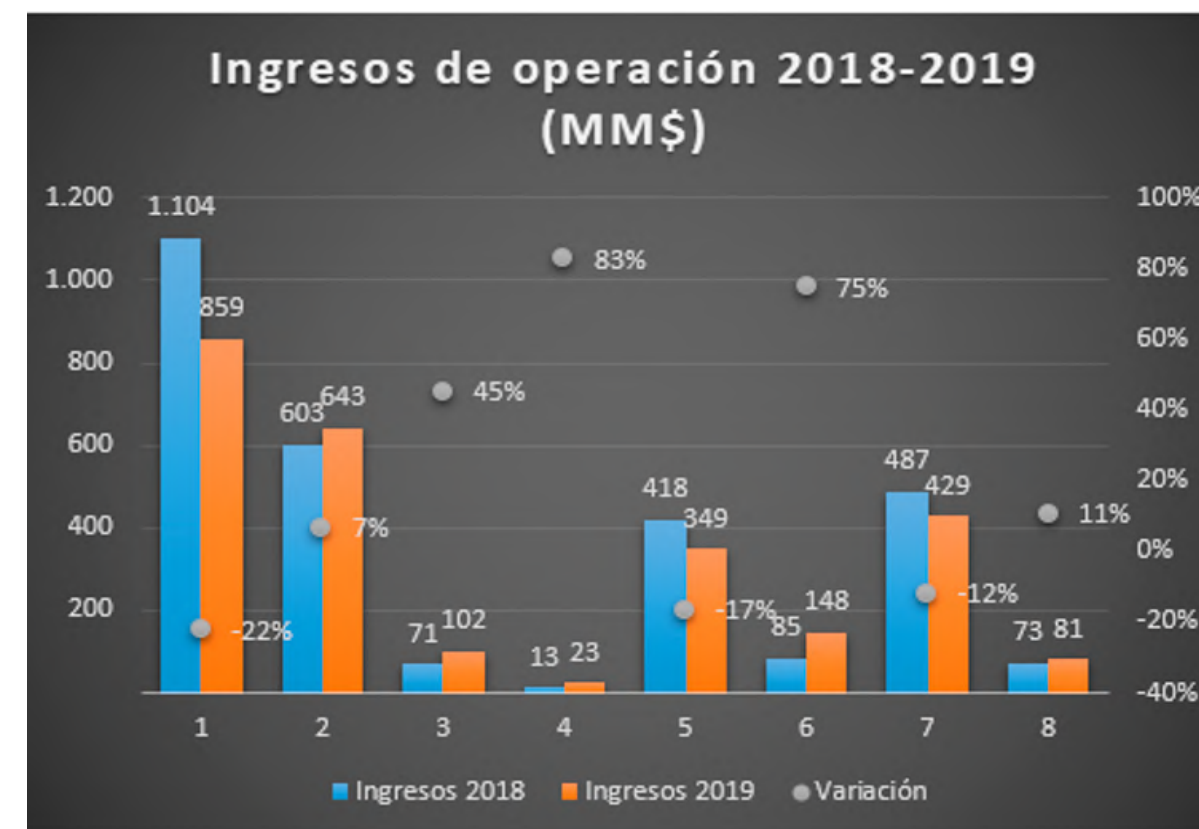


Gráfico N° 37: variación de ingresos 2018-2019.

- Clientes atendidos a través del Portal de Productos y Servicios:

Durante 2019, la CCHEN recibió un total de 6874 solicitudes de servicios, de las cuales el 36% correspondió a Radioisótopos de Reactor y Radiofármacos, un 18% a Radiofármacos de Ciclotrón y un 11% a Servicios de Irradiaciones. El detalle se visualiza a continuación:

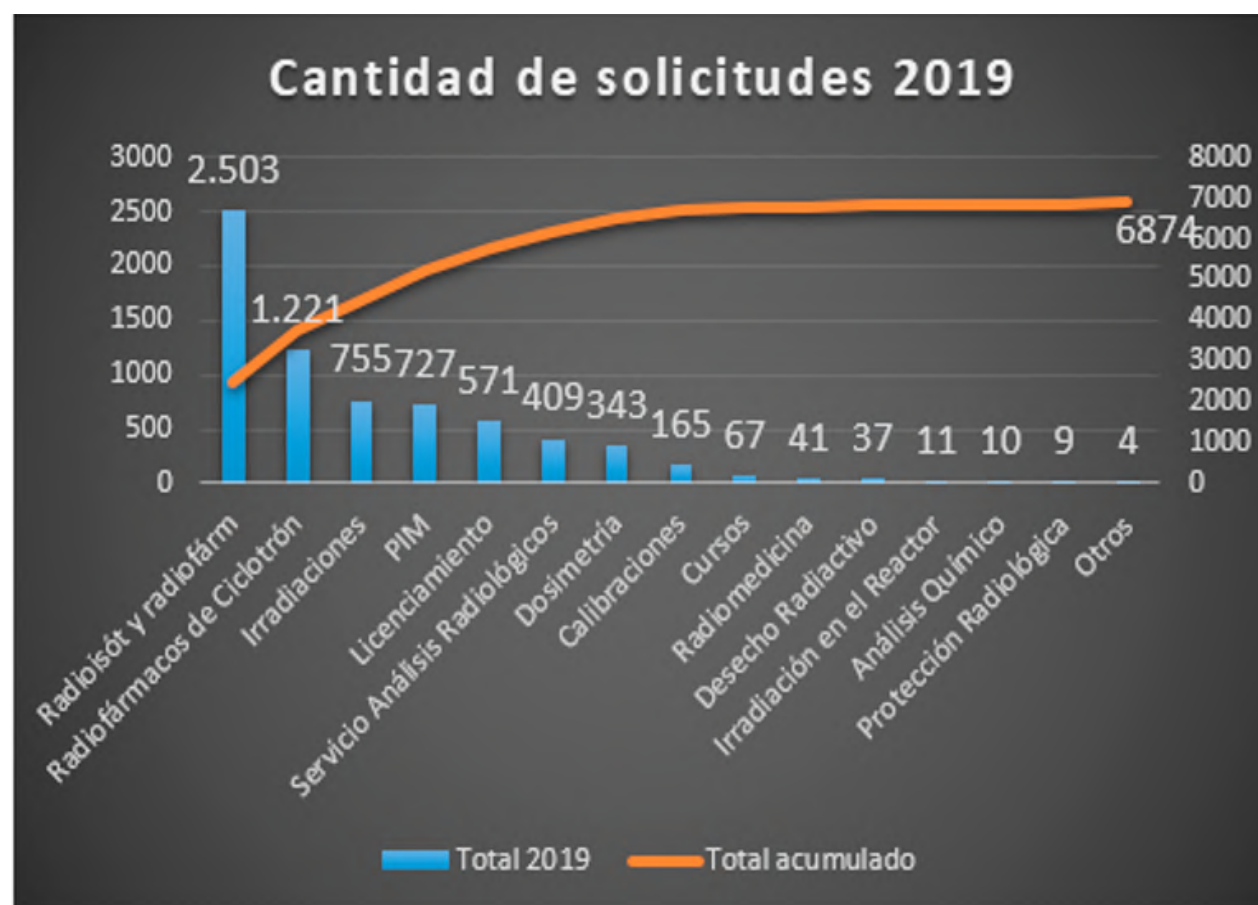


Gráfico N° 38: solicitudes de servicio.

- Facturación de Productos y Servicios:

En 2019, el Departamento de Comercialización emitió 6885 facturas (574 facturas mensuales) y 236 notas de crédito, totalizando en 7121 documentos tributarios.

La Sección de Irradiaciones emitió 1929 facturas, equivalentes al 28% de la facturación total, la Sección de Dosimetría obtuvo un 25% y la Sección de Radiofármacos y Radioisótopos alcanzó un 13%. El resto de productos y servicios se puede ver en la siguiente tabla:

Unidad	Factura	Distribución
Irradiadores	1926	27,97%
Dosimetría	1729	25,11%
Radioisótopos y Radiofármacos	919	13,35%
Planta Irradiación Multipropósito	673	9,77%
Licenciamiento	384	5,58%
Radiofármacos de Ciclotrón	366	5,32%
Servicios Análisis Radiológico	284	4,12%
Liofilizados	227	3,30%
Calibraciones	166	2,41%
Radiomedicina	57	0,83%
Cursos	54	0,78%
Análisis Químico	28	0,41%
Otros	24	0,35%
Desechos Radiactivos	23	0,33%
Irradiación Reactor	15	0,22%
SEPRO	5	0,07%
Biodistribución	3	0,04%
Metrología Química	1	0,01%
CTBTO	1	0,01%
Total	6885	100%

Tabla N° 45: cantidad facturas asociadas a productos y servicios.

- Licitaciones públicas y órdenes de compras:

La División de Producción y Servicios, a través del Departamento Comercialización, participa activamente en la gestión de licitaciones y compras en Mercado Público. En 2019 se revisaron 58 licitaciones públicas, de las cuales se postuló a 15, resultando ocho adjudicadas, por un total de \$67.183.770.

Adicionalmente, se recibieron 411 órdenes de compras de Mercado Público. El detalle se muestra en los siguientes gráficos:

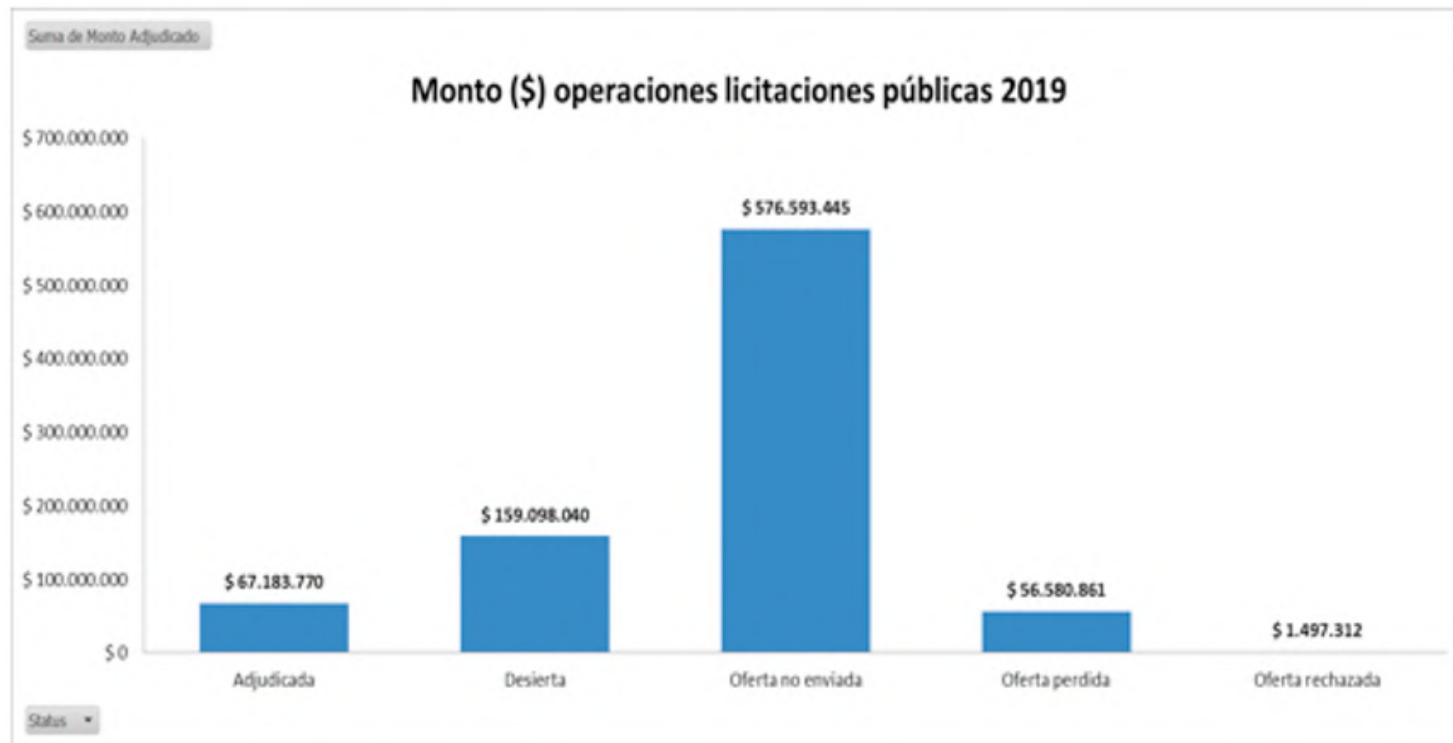


Gráfico N° 39: participación en licitaciones públicas.

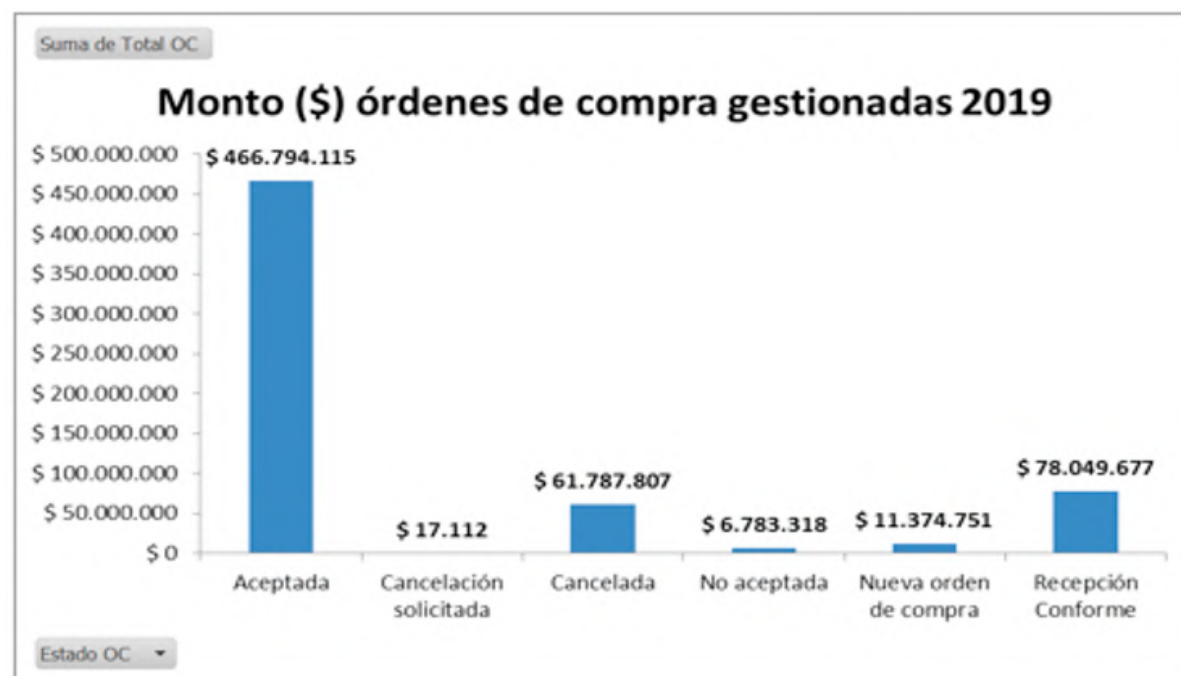


Gráfico N° 40: gestión de órdenes de compra.

• Gestión 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:

- Reactor Nuclear
- Transporte de radioisótopos
- Planta de Elementos Combustibles
- Laboratorio de Producción de Radioisótopos
- Desechos radiactivos
- Compra de insumos críticos

A continuación, se muestran las oportunidades de mejora detectadas por cada área CCHEN.



Gráfico N° 41: Oportunidades de Mejora por área.

DIVISIÓN DE SEGURIDAD NUCLEAR Y RADIOLÓGICA

Responsable: Mauricio Lichtemberg Villarroel
Desde 02/02/2020: Hugo Briso Concha (hugo.briso@cchen.cl)

OBJETIVO

Prevenir los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes sobre las personas y el medio ambiente, velando por el cumplimiento de las exigencias nacionales e internacionales, en materia de seguridad nuclear, tecnológica, física y de salvaguardia de las instalaciones nucleares y radiactivas del país.

HITOS 2019

- En octubre de 2019, se generó la Resolución Exenta N° 015/2019, conteniendo el instructivo que fija los requisitos para el otorgamiento de Autorización Especial para trabajar en instalaciones radiactivas de 1ª categoría, y suspende aplicación de la Circular N° 1/2017. Fue publicada en el Diario Oficial, el 15 de octubre de 2019.
- En noviembre de 2019, se generó la Resolución Exenta N° 024/2019, que fija las condiciones y plazos para autorizaciones de instalaciones radiactivas de 1ª categoría, materiales radiactivos y equipos generadores de radiaciones ionizantes, y deja sin efecto la Circular N°1/2014.
- Fue publicada en el Diario Oficial, el 20 de diciembre de 2019.
- En octubre de 2019, un equipo de inspectores del OIEA y de esta División realizó inspecciones al sistema de contabilidad y control de materiales nucleares del Reactor Nuclear RECH-1 del CEN La Reina.
- En 2019, se desarrolló el proyecto “Mejoramiento de la Cultura de Seguridad en Explotadores Externos - Fase 2019”, para impulsar la Cultura de Seguridad en explotadores de instalaciones radiactivas de 1ª categoría de todo el país.
Se realizaron seis talleres, en los que se reforzó este concepto, de modo de reconocer su importancia en las organizaciones e identificar las herramientas de recolección de información, que permita realizar un diagnóstico.
Los talleres se realizaron en Antofagasta (1), Valparaíso (1), Concepción (1), Punta Arenas (1) y Santiago (2). Además, se generó y distribuyó material promocional, enfocado en liderazgo y cultura de seguridad, al 100% de los explotadores externos.

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE SEGURIDAD

Responsable: Cristián Sepúlveda Soza (cristian.sepulveda@cchen.cl)

OBJETIVO

Proponer, para aprobación de la autoridad institucional, los textos legales, disposiciones reglamentarias, normativas y guías técnicas sobre la seguridad nuclear, radiológica, física, salvaguardias y desempeño del personal asociado a instalaciones nucleares y radiactivas de competencia de la CCHEN.

HECHOS RELEVANTES

El Marco Normativo Nuclear es un conjunto de normas que regulan las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear, instalaciones, sustancias nucleares, 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).

DEPARTAMENTO EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN

Responsable: Patricio Fonseca Fonseca (patricio.fonseca@cchen.cl)

OBJETIVO

EVALUACIÓN:

- Establecer criterios de seguridad que permitan reducir, a niveles aceptables, los riesgos potenciales de las radiaciones y desarrollar técnicas de análisis y evaluación de esos riesgos y sus criterios de aceptación.
- Evaluar las solicitudes para el emplazamiento, construcción, puesta en servicio, operación, cierre, desmantelamiento u otra actividad pertinente de las instalaciones nucleares y radiactivas de 1ª categoría. Proponer las autorizaciones respectivas a la autoridad institucional.
- Evaluar las solicitudes de autorizaciones para la importación, exportación, transporte y transferencia de sustancias nucleares y materiales radiactivos. Proponer las autorizaciones a la autoridad institucional.
- Evaluar las solicitudes de personal que opere y ejerza en las instalaciones nucleares y radiactivas de 1ª categoría. Proponer las autorizaciones respectivas a la autoridad institucional.

FISCALIZACIÓN:

- Verificar el cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y normativas sobre seguridad tecnológica, física y salvaguardias, establecidas como límites y condiciones de operación en las autorizaciones emitidas para cada práctica nuclear y radiactiva de 1ª categoría que opere en el país.

HECHOS RELEVANTES

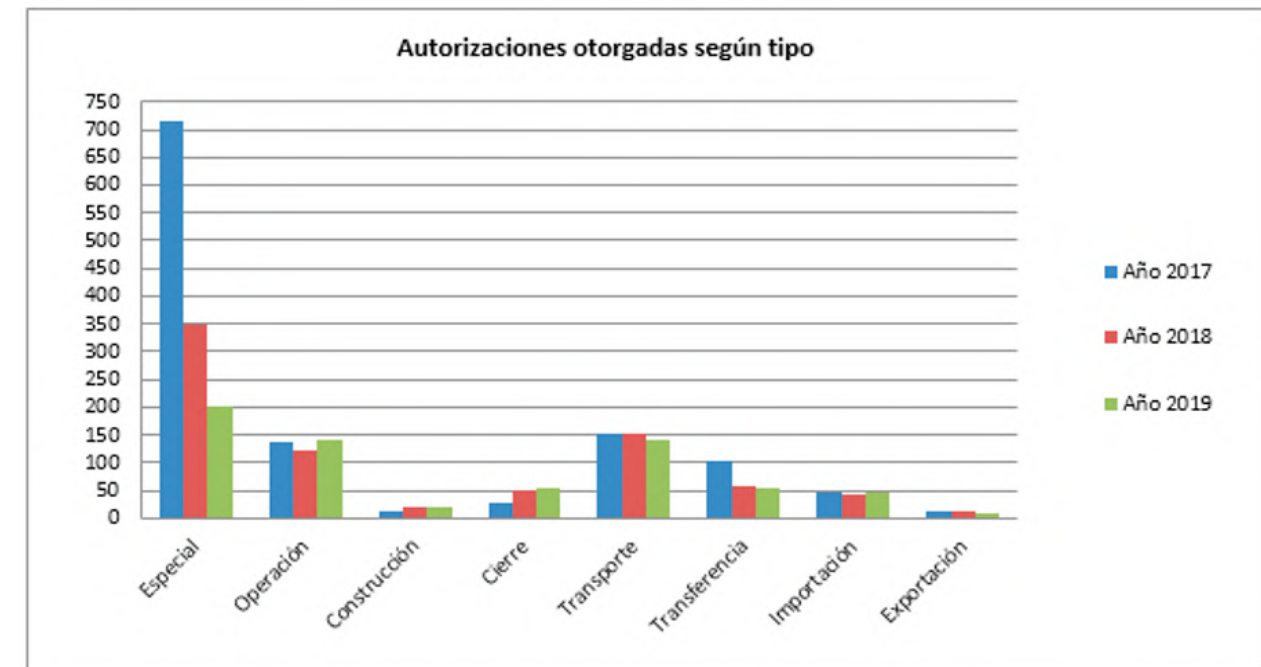
Sobre su función vinculada a evaluación, este Departamento realizó las siguientes actividades:

Se recibieron solicitudes de autorizaciones, por parte de explotadores de instalaciones radiactivas. Una vez evaluadas, dieron paso al otorgamiento de las respectivas autorizaciones.

En 2019, se otorgaron 657 autorizaciones, correspondientes a:

- 141 autorizaciones de operación de instalaciones radiactivas de 1ª categoría.
- 19 autorizaciones de construcción de instalaciones radiactivas de 1ª categoría.
- 200 autorizaciones especiales para operadores y Oficiales de Protección Radiológica de instalaciones radiactivas de 1ª categoría.
- 140 autorizaciones de transporte de material radiactivo asociado a instalaciones radiactivas de 1ª categoría.
- 45 autorizaciones de importación de materiales radiactivos y de equipos asociados a instalaciones radiactivas de 1ª categoría.

- 9 autorizaciones de exportación de materiales radiactivos y de equipos asociados a instalaciones radiactivas de 1ª categoría.
- 50 autorizaciones de transferencia para instalaciones radiactivas de 1ª categoría.
- 53 autorizaciones de cierre definitivo y temporal para instalaciones radiactivas de 1ª categoría.



Al 31 de diciembre de 2019, hay 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 de la CCHEN.

Lo que respecta a su función vinculada a fiscalización, cabe mencionar:

- Se fiscalizaron 259 instalaciones radiactivas de 1ª categoría, incluyendo transporte y protección física.
 - Plan de Inspecciones 2019: se realizaron 231 inspecciones a instalaciones radiactivas de 1ª categoría a nivel nacional, considerando instalaciones externas (médicas e industriales) e instalaciones de la 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 seguimiento y control de la fiscalización de manera rápida, organizada y trazable.
- En 2019 se comprometió el diseño e implementación de la plataforma (módulos Radiofarmacia, Ciclotrón y Reactor), debiendo elaborar listas de verificación específica para esas instalaciones y adaptarlas.

OFICINA DE CONTROL DE GESTIÓN

Responsable: Marcela Ortiz Rodríguez (marcela.ortiz@cchen.cl)

OBJETIVO

Realizar el control y seguimiento de los indicadores de la DISNR y sus procesos para efectos de la gestión y toma de decisiones.

HECHOS RELEVANTES

En 2019 se desarrolló el proyecto “Implementación de Sistema de Gestión de la Guía OIEA en División Seguridad Nuclear y Radiológica”, con el fin de implementar un sistema de gestión integrado en la unidad a cargo de la función reguladora de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, siguiendo las recomendaciones de la guía del OIEA 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.

Al respecto, se cumplieron los dos hitos de este proyecto:

- Diseño del Plan de Implementación
- Ejecución del 100% de tareas comprometidas en el Plan de Implementación 2019

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 DISNR
- Revisión y actualización de los procedimientos del DISNR
- Plan de Tratamiento de Riesgos de los procesos
- Plan de implementación para los próximos años



Imagen N° 20: inspectora en terreno, realizando mediciones de radiación.

DIVISIÓN CORPORATIVA

Responsable: Marco Auspont Guasp (marco.auspont@cchen.cl)

OBJETIVO

Colaborar en la implementación de la gestión institucional de la CCHEN, conduciendo sus procesos estratégicos y de apoyo, y alineando y coordinando las acciones de todas las unidades de gestión, para producir sinergia, asegurar la entrega efectiva de los servicios comprometidos a los usuarios/as y colaborar en articular adecuadamente a la Comisión frente a otras instituciones en Chile y el extranjero.

HITOS 2019

- Se cumplieron en un 100% las metas consignadas en el Convenio de Desempeño Colectivo (CDC) de la División, así como también sus indicadores del Programa de Mejoramiento de la Gestión (PMG).
- Se optimizaron los estándares de atención a solicitudes de clientes internos, a través de la mesa de servicios, aumentando al 97% los indicadores de satisfacción y de mejora en tiempo de respuesta, en relación al 2018 (95%).
- Se elaboró el Manual Orgánico y de Funcionamiento de la División Corporativa (MAC-CCHEN-005), que hoy está en fase de validación.
- Se desarrollaron actividades en materia de prevención del delito funcionario, lavado de activos y financiamiento del terrorismo, mediante un programa de fortalecimiento de la detección, prevención y capacitación, ante el Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno (CAIGG).
- Con apoyo de un equipo de funcionarios/as responsables de instalaciones productivas, se desarrolló el Plan de Acción Inmediata ante amenazas externas.
- Se obligó un total de \$1.702 millones, devengando el 97% al cierre del año presupuestario.
- Se participó activamente en la elaboración del Plan Nacional de Respuesta ante Emergencias Radiológicas, liderado por la Comisión de Seguridad en Emergencias Radiológicas (CONSER).
- El Departamento de Administración Financiera recaudó por concepto de Cobranzas M\$ 2.895.414,

correspondiente a un 84% del total adeudado por clientes hasta 2019.

- El Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes disminuyó el tiempo de respuesta de los servicios de calibraciones externas, pasando de cuatro a tres meses en 2019.
- El Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes fue reconocido por el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo como Laboratorio Designado e integrante de la Red Nacional de Metrología.
- El Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicaciones desarrolló la fase de diseño de los proyectos de mejora tecnológica "Cero Papel" y "Cloud", ambos asociados a metas del CDC. Alcanzó un 100% de cumplimiento.
- Se realizó un levantamiento completo del inventario institucional, cuya base de datos se utilizará en el ERP corporativo en 2020, para validar la contabilización del patrimonio.
- El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento ejecutó siete obras relevantes de infraestructura. La más importante fue el inicio de la construcción del nuevo Almacén de Desechos Radioactivos en el CEN Lo Aguirre.
- Habiendo cumplido con los requisitos, con el apoyo del Departamento de Gestión Integral y la Oficina de Eficiencia Energética, CCHEN fue reconocida por el Programa Huella Chile.
- A través del Centro Nacional de Datos y las Estaciones de Monitoreo del CTBT, se mantiene constante supervisión de dichas instalaciones y su mantenimiento.
- 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.

DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Responsable: María José Yáñez Aguilera (maria.yanez@cchen.cl)

OBJETIVO

Verificar que la operación de las instalaciones nucleares, radiactivas y convencionales, junto con el desempeño de sus actividades, se efectúen en forma segura, para proteger a las personas, bienes y medio ambiente de los eventuales riesgos derivados de su uso.

HECHOS RELEVANTES

PROTECCIÓN FÍSICA

- Se renovaron las barreras de acceso y se amplió la cobertura del circuito cerrado de televisión, controlado desde la CAS del CEN La Reina, mediante la instalación de cámaras en circuito secundario y en la sala de ventilación del Reactor Nuclear RECH-1. Estas mejoras facilitan los controles de acceso al CEN La Reina y amplían la vigilancia de zonas sensibles ante emergencias.

SECCIÓN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

- Entrenamiento en el uso de equipos de detección e identificación de radiaciones a Primeros Actuantes en Emergencias del Grupo de Operaciones Especiales (GOPE) de Carabineros de Chile, Policía de Investigaciones (PDI), Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) y Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile (DIRECTEMAR).
- La Sección Protección Radiológica Operacional participó activamente en la búsqueda y rescate de un equipo de gammagrafía industrial sustraído durante un portonazo ocurrido en Quilicura (julio de 2019), donde actuó junto a personal de la División de Seguridad Nuclear y Radiológica, como apoyo técnico de Carabineros de Chile.
- Asesoría radiológica para recuperar las condiciones normales de operación de una empresa de fundición, tras una emergencia ocurrida en agosto de 2019, producto de la fundición de una fuente radiactiva huérfana (Cesio-137). Durante tres meses, la CCHEN asesoró a la empresa.
- En el marco del Plan de Seguridad Nuclear Física, y como parte del equipo ampliado de la CCHEN para la Respuesta ante Emergencias e Incidentes, la Sección Protección Radiológica Operacional participó en los preparativos para cubrir los eventos APEC y COP25, en su calidad de asesores radiológicos de las instituciones públicas a cargo de la seguridad de esos eventos.
- Se realizó una evaluación radiológica para la detección de materiales radiactivos en cargas de chatarra y en portal detector (de acceso), perteneciente a empresa de fundición.
- Se supervisó Simulacro de Emergencia Radiológica en una de las instalaciones del CEN La Reina.

- Asesorías externas y Respuesta a Emergencias:
Asesoría a Hospital El Salvador | 21 de marzo de 2019

Objetivo: evaluar las condiciones radiológicas del lugar de construcción del nuevo hospital El Salvador y verificar si los desechos hospitalarios encontrados en la excavación contenían material radiactivo. La evaluación indicó que no contenían dicho material, siendo liberados para su gestión como desecho convencional.



Imagen N° 21: personal de la CCHEN evaluó desechos de insumos hospitalarios.

Búsqueda instrumental y rescate de equipo de gammagrafía industrial sustraído en Quilicura | 18 de julio de 2019

El equipo se encontró abandonado en la población Parinacota de Quilicura, el 22 de julio de 2019. Gracias al trabajo colaborativo de CCHEN y OS-9 de Carabineros, el equipo fue rescatado y asegurado. Por orden de la Fiscalía Centro-Norte, es custodiado temporalmente en la Sección Gestión de Desechos Radiactivos del CEN La Reina.



Imagen N° 22: evaluación radiológica durante rescate de equipo de gammagrafía industrial.

En 2019, se realizaron diez asesorías radiológicas para detectar e identificar material radiactivo en cargas de chatarra.

Atención del Oficial de Protección Radiológica en Alerta (OPRA)

La respuesta y asesoría remota del OPRA se orientó, principalmente, al sector industrial:

- Se recibieron 27 llamados, de los cuales dos constituyeron una emergencia radiológica, que movilizaron a un equipo ampliado de la CCHEN. Estas dos emergencias fueron el robo del equipo de gammagrafía industrial y la fundición de una fuente radiactiva, ambas en Santiago.
- Se recibieron varios llamados para constatar los números de emergencia del OPRA, por parte de personal de instalaciones radiactivas autorizadas y por consultas generales del público.
- La causa de los llamados recibidos y validados se debió a:

Detección de material radiactivo en chatarra (10), constatación del número telefónico del OPRA (7), consultas administrativas (4), incidente transporte CCHEN (3), pérdida de un densímetro nuclear (1), robo equipo de gammagrafía (1) y solicitud de PDI (1).

Asesorías en Protección Radiológica a unidades de la CCHEN

Se apoyaron las pruebas de transferencia de Fluor-18, desde el Ciclotrón a las nuevas celdas de producción y fraccionamiento de FDG. Se evaluaron los niveles de radiación gamma en diferentes puntos de la línea de transferencia, se realizó vigilancia radiológica de la nueva sala de síntesis y se midió la concentración derivada en aire en diversos puntos de la instalación.



Imagen N° 23: nuevas dependencias del Laboratorio Ciclotrón.

Cursos y capacitaciones

Participación internacional

Train the Trainers Course for Radiation Protection Officers | Instituto Peruano de Energía Nuclear (Perú), 03 al 07 de junio de 2019.

Capacitación sobre criterios de formación para los Oficiales de Protección Radiológica y metodologías de enseñanza de materias nucleares.

Radiation Protection System at Radiation and Nuclear Facilities | Brasil, 08 al 12 de abril de 2019.

Fortalecimiento de los conocimientos aplicados a la regulación de la protección radiológica en instalaciones nucleares y radiactivas, como también a los sistemas de protección radiológica y roles de los profesionales del área en el ámbito nuclear.

Participación nacional

- Regional Workshop Responsibilities of End-Users in Workplace Monitoring | 02 al 06 de diciembre 2019. Desarrollar prácticas de monitoreo y evaluación del puesto trabajo en diferentes tipos de instalaciones controladas del CEN La Reina.
- Programa de capacitación a proveedores de empresa AZA | 19 de diciembre de 2019. La Sección Protección Radiológica Ocupacional instruyó a proveedores de chatarra sobre los riesgos radiológicos presentes en la manipulación de fuentes radiactivas huérfanas.
- Train the Trainers Oficiales de Primera Línea (FLO) de OS-5 y GOPE de Carabineros de Chile | Junio 2019. Preparación para la aplicación de la seguridad nuclear física en grandes eventos. El curso entregó conocimientos prácticos sobre medidas de protección a considerar ante acciones maliciosas en lugares con alta densidad de público. Incluyó variable de riesgo radiológico.
- Entrenamiento para Oficiales de Primera Línea (FLO) de OS-5, Grupo de Operaciones Especiales (GOPE), Laboratorio de Criminalística de Carabineros (LABOCAR), OS-9 y Centro de Formación Técnica (CENCO) | 30 de septiembre, 1 y 2 de octubre de 2019. Se preparó al personal de apoyo que participaría en los eventos masivos APEC y COP25.

SECCIÓN EMERGENCIAS Y SEGURIDAD FÍSICA

- Se aprobó Protocolo de Comunicación y Entrega de Información ante Incidentes Radiológicos, entre Subsecretaría de Energía y CCHEN, mediante Decreto Supremo Exento N° 278 (29/10/2019), del Ministerio de Energía. Constituyó el cierre del trabajo conjunto entre la CCHEN (Sección Emergencias y Seguridad Física-Punto Focal de la División de Seguridad Nuclear y Radiológica) y la Unidad de Gestión de Riesgos del Ministerio, iniciado en 2018.

- En marzo de 2019, se integró a la CCHEN como Miembro Permanente del Comité de Protección Civil de Pudahuel.

La Institución alcanzó un 100% de participación, lo que le significó un Diploma de Distinción por su contribución en la Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (Marco de Sendai 2015-2030 de la ONU) y por cumplir con la normativa legal vigente en Chile, en materia de preparación y respuesta ante emergencias.

La Sección Emergencias y Seguridad Física 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.

- Coordinación, enlace y supervisión de emergencias radiológicas externas, en particular de aquellas que requirieron la activación del Equipo Ampliado CCHEN de Respuesta a Emergencias.
- En 2019 hubo dos emergencias radiológicas que requirieron la participación del Equipo Ampliado CCHEN de Respuesta a Emergencias en terreno.

La primera ocurrió en julio de 2019, producto del robo y posterior recuperación de un equipo de gammagrafía industrial, en Quilicura. La segunda fue en agosto de 2019, cuando se fundió una fuente radiactiva huérfana en una fundición nacional. La actuación del equipo ampliado de la CCHEN en el primer evento, permitió recuperar el equipo, sin daño para los trabajadores, para la población ni el medio ambiente.

- Avances Mesa de Trabajo Tripartita ONEMI-Ministerio de Salud-CCHEN para elaborar Plan Nacional de Emergencias por Variable de Riesgo Radiológico.

Este trabajo, desarrollado en el marco de la CONSER por mandato del Director Nacional de la ONEMI, presenta el avance de un 85% a la fecha.

La mesa de trabajo significa la dedicación permanente de dos miembros de la Sección Emergencias y Seguridad Física y uno de la División de Seguridad Nuclear y Radiológica.

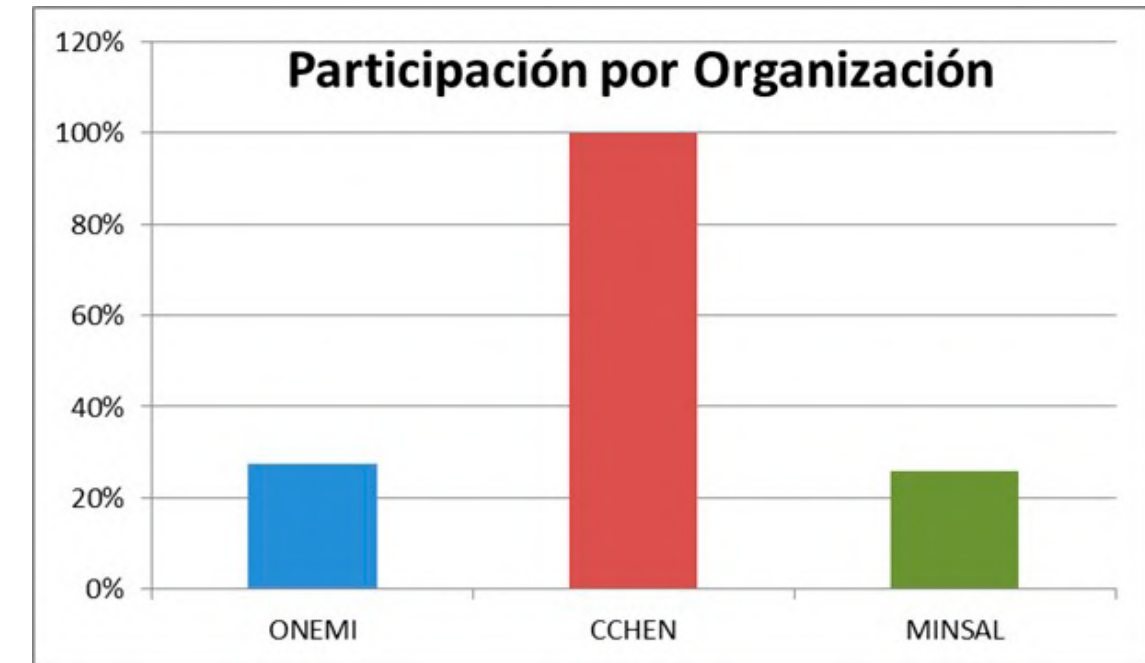


Gráfico N° 42: participación de CCHEN, ONEMI y Minsal en la CONSER.

- Elaboración del plan de implementación y constitución del equipo de trabajo ampliado para aplicar el Plan de Seguridad Nuclear Física en Grandes Eventos: APEC y COP-25.

La preparación para esta actividad, coordinada por la Sección de Emergencias y Seguridad Física en apoyo a la Agencia Nacional de Inteligencia (ANI) y a Carabineros de Chile, se extendió por más de tres meses. En ese periodo, se desarrolló, además, una misión de experto del OIEA, entre el 22 y 26 de septiembre de 2019.

Tras esa misión, el OIEA envió recomendaciones para nuestro país, con el fin de implementar el plan de seguridad física de estos dos grandes eventos. Posterior a la Misión, la CCHEN desarrolló el Plan de Implementación de dichas recomendaciones.

Aunque estos eventos fueron suspendidos, la fase de preparación permitió al equipo de la CCHEN familiarizarse con el tema y desarrollar gran parte de las actividades planificadas, constituyendo así una experiencia valiosa en términos de Seguridad Física de Grandes Eventos.

El trabajo fue desarrollado por el equipo ampliado, integrado por miembros de la División de Seguridad Nuclear y Radiológica, División Corporativa (Departamento Protección Radiológica y Departamento Metrología de Radiaciones Ionizantes) y División de Producción y Servicios (Departamento Servicios de Protección Radiológica).

- Consolidación del ejercicio del Rol CCHEN en la Secretaría Ejecutiva de la CONSER. Este trabajo se refleja en una serie de documentos, que incluyen actas mensuales, cuentas anuales, además

de la preparación previa de cada reunión. El trabajo en la CONSER es relevante para la CCHEN, tanto en su rol técnico asesor como de organismo regulador en materia nuclear y radiológica en el país, para la resolución oportuna y eficaz de una emergencia radiológica.

El alto nivel de coordinación y la mejora de las capacidades nacionales quedaron demostradas en el manejo de la emergencia radiológica ocurrida en julio, cuando se produjo el robo y la posterior recuperación de un equipo de gammagrafía industrial. Sobre esta experiencia expusieron las principales organizaciones involucradas (Carabineros, Fiscalía y CCHEN) en la reunión ordinaria de la CONSER realizada en agosto de 2019, destacando la coordinación oportuna y eficaz de las organizaciones que posibilitó la pronta resolución de la emergencia sin daños.

Dos hitos que marcaron el 2019 fueron la preparación del Plan Nacional de Emergencia Radiológica y la realización de las reuniones ordinarias de la CONSER en dependencias de las organizaciones integrantes, lo que permitió mejorar el nivel de conocimiento práctico de las capacidades de cada institución.

Otro aspecto destacado fue la generación de una Base de Datos Nacional de Incidentes Radiológicos, a partir de la información contenida en las notificaciones R2, R24 y R360, que son aquellas que se levantan cuando ocurre una emergencia o una potencial emergencia. Esta información es compartida en las reuniones de la CONSER, para ampliar la discusión y establecer acciones preventivas.

- Finalización del proyecto “Reforzamiento de capacidades nacionales ante Emergencias Radiológicas” (CHI-9022).

Participaron el Ministerio de Salud, ONEMI y CCHEN (secciones Protección Radiológica Ocupacional, Vigilancia Radiológica Individual, y Emergencias y Protección Física). A través de la Sección Emergencias y Protección Física, la Comisión actuó como coordinador nacional del proyecto, desarrollado entre 2016 y 2018, pero que arrastró actividades pendientes al primer semestre de 2019.

Su objetivo fue reforzar las capacidades técnicas de las organizaciones participantes, incluyendo nuevo equipamiento de detección de radiaciones y un software especializado. Asimismo, implicó el reforzamiento de técnicas de laboratorio, capacitación y becas de formación para profesionales de la CCHEN (Dosimetría Citogenética, Dosimetría Interna y Radiomedicina) 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.

- 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 del proyecto. Principales

actividades:

- Misión de experto del OIEA para actualizar y revisar el proyecto | 26 al 30 de agosto de 2019.
- Finalizaron las gestiones para que Carabineros recibiera equipamiento de detección de radiaciones por un monto de 80.000 euros, lo que se concretó en agosto de 2019.

- Actividades permanentes más relevantes:

- Proceso de Evaluación Ex-Ante de la Dirección de Presupuestos (DIPRES) para la capacitación de integrantes de la CONSER:

Este proyecto busca apalancar financiamiento regular. Dado que obtuvo una calificación técnica favorable, se aprobaron recursos por \$1.200 millones, en cuatro años, con el siguiente desglose para 2020: \$40.2 millones para cursos (subtítulo 22) y \$12.3 millones para honorarios (subtítulo 21).

- Procedimientos:

Generación de Planos de Riesgos para Bomberos: la Sección Emergencias y Seguridad Física solicitó una evaluación técnica por parte de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) entre enero y marzo de 2019, en ambos Centros Nucleares. Asimismo, está a cargo de realizar el seguimiento de la aplicación de las recomendaciones.

- Plan de Contingencia por Crisis Social:

En noviembre de 2019, la Sección Emergencia y Seguridad Física preparó propuesta del Plan de Acción Inmediato en Seguridad Física, que fue revisado por las áreas involucradas y aprobado por el Director Ejecutivo (diciembre). Hoy está en fase de implementación.

- Participación a nivel nacional e internacional:

Nacional:

- Taller Variable de Riesgo Nuclear y Radiológico: Fundamentos, Situación en Chile y Preparación ante Emergencias | Academia de Protección Civil, 22 de agosto de 2019.

La jefa de la Sección Emergencia y Seguridad Física expuso sobre “Capacidades de respuesta ante Emergencias Nucleares y Radiológicas. Estudio de casos”.

- Comité de Protección Civil de la Municipalidad de Pudahuel | 05 de septiembre de 2019.

La jefa de la Sección Emergencia y Seguridad Física expuso sobre “Capacidades de respuesta ante emergencias nucleares y radiológicas en Chile”.

- Curso Operaciones Ayuda Humanitaria, dirigido a alumnos de instituciones de las Fuerzas Armadas, Carabineros de Chile, PDI y civiles que participan en operaciones de paz | Centro Conjunto para

Operaciones de Paz de Chile (CECOPAC), 03 de diciembre de 2019.

La jefa de la Sección Emergencia y Seguridad Física expuso sobre “Capacidades de Respuesta ante emergencias nucleares y radiológicas, CCHEN y Nacional. Casos reales”.

Internacional:

- Technical Meeting on Human Resource Development in Nuclear Security | Austria, 07 y 08 de octubre de 2019. Funcionario expone “Chilean Experience in Human Resource Development to Nuclear Security”.

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En 2019, se realizaron 14 cursos de Protección Radiológica y se capacitó a 294 personas.

Tras cada curso se realizó una encuesta de satisfacción al cliente, para recoger su opinión en dos dimensiones: aspectos de gestión (apuntes y presentaciones) y aspectos técnicos de la actividad y calidad docente, además de preguntas abiertas para recabar sugerencias y recomendaciones.

La encuesta ofrece cuatro alternativas de respuesta: Muy bueno y Bueno, consideradas Aceptable; y Regular o Malo, consideradas Deficiente.

La evaluación general de la encuesta arrojó los siguientes resultados:

Aspectos de gestión: Muy bueno: 93,36% | Regular o malo: 6,64%
 Aspectos técnicos y calidad docente: Muy bueno o bueno: 95,02% | Regular o malo: 4,98%

- Actividades y evaluación:

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 Universidad de Chile, Universidad de Valparaíso y Universidad Mayor de Santiago; cátedra de Protección Radiológica en Magíster en Física Médica de la Universidad de la Frontera y seminarios para Carabineros y PDI.

Sobre los seminarios, estos evolucionaron en 2019 a Entrenamiento a Oficiales de Primera Línea para respuesta a Emergencias Radiológicas y a Capacitación para Instructores de Oficiales de Primera Línea.

A continuación, se presenta el detalle de las actividades realizadas:

Curso, seminario o cátedra	Lugar	Fecha	Asistentes
Cátedra Protección Radiológica, Universidad Mayor (Santiago)	Facultad Medicina y CCHEN La Reina	06/03 al 05/06	21
Cátedra Protección Radiológica, Universidad de Chile	Facultad Medicina y CCHEN La Reina	11/03 al 26/06	17
Cátedra Protección Radiológica, Universidad de Valparaíso	Facultad Medicina y CCHEN La Reina	22/03 al 09/07	39
Diplomado Tecnología Nuclear, UTEM	Santiago	Marzo a diciembre	7
CUBEPRO cerrado, AZA	Santiago	10, 11 y 13 de septiembre	18
CUBEPRO I	CCHEN La Reina	25 al 27 de marzo	14
Seminario Protección Radiológica, PDI	CCHEN La Reina	29 al 31 de julio	25
Seminario Protección Radiológica, Carabineros de Chile	CCHEN La Reina	30/09 al 02/10	70
CEPRO I, Industria	CCHEN La Reina	26/08 al 06/09	17
CEPRO, Funcionarios/as CCHEN	CCHEN La Reina	17 al 28 de junio	14
CEPRO, DGAC	CCHEN La Reina	7 al 11 de octubre	20
CEPRO II, Salud	CCHEN La Reina	14 al 25 de octubre	18
CUBEPRO II	CCHEN La Reina	18 al 20 de noviembre	11
Laboratorios Magíster en Física Médica, UFRO	CCHEN La Reina	Diciembre	3

Tabla N° 46: cursos, seminarios y cátedras de Protección Radiológica dictados por la CCHEN en 2019.

- Carga docente CCHEN asociada a capacitación en Protección Radiológica:

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. El detalle se presenta a continuación:

División	Docentes participantes	h/h empleador	Participación por división (%)	h/h anual total por profesional (%)
Producción y Servicios	3	115	12,39%	2,4%
Investigación y Aplicaciones Nucleares	2	6	0,64%	0,2%
Seguridad Nuclear y Radiológica	1	3	0,32%	0,2%
Corporativa	8	804,5	86,62%	6,29%
Total	14	928,5	99,97%	

Tabla N° 47: horas hombre dedicadas a capacitaciones en 2019.

- Evolución de los ingresos generados por capacitación en Protección Radiológica:

En 2019, los cursos en Protección Radiológica generaron ingresos por \$60.058.000, correspondiente a un 86% de la meta propuesta de \$69.540.000. Esta disminución se debió a cambios en la legislación vigente, que modificaron los requisitos asociados a las Autorizaciones para Operadores de Instalaciones Radiactivas de Primera Categoría, afectando la demanda habitual de estos cursos.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo del periodo 2009-2019:

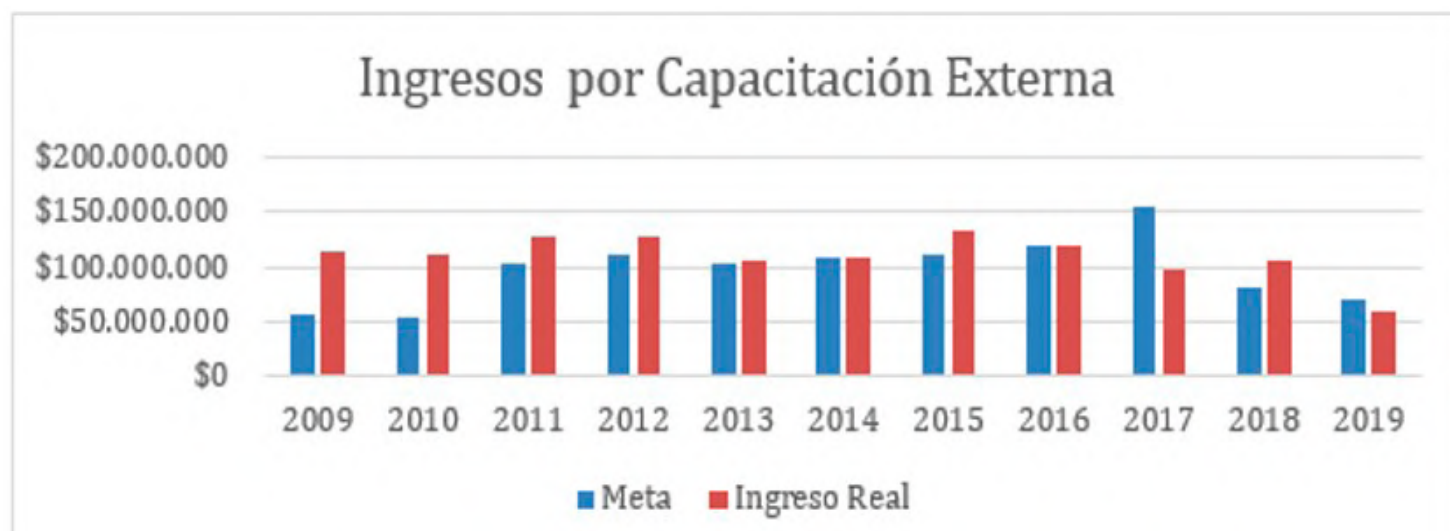


Gráfico N° 43: ingresos v/ ingreso real por año en relación a los cursos de Protección Radiológica.

Año	Meta	Ingreso real
2009	\$ 56.000.000	\$ 113.831.000
2010	\$ 55.115.000	\$ 110.456.000
2011	\$ 103.000.000	\$ 128.362.000
2012	\$ 110.000.000	\$ 127.310.692
2013	\$ 102.900.000	\$ 105.155.972
2014	\$ 108.000.000	\$ 108.323.399
2015	\$ 110.000.000	\$ 132.156.709
2016	\$ 120.000.000	\$ 118.249.000
2017	\$ 154.000.000	\$ 98.000.000
2018	\$ 80.000.000	\$ 104.782.450
2019	\$ 69.540.000	\$ 60.058.000

Tabla N° 48: metas de ingresos v/ ingreso real por año de cursos de Protección Radiológica.

Independiente de los ingresos generados en 2019, en 2020 ingresará como fondos de administración de terceros, la suma de \$988.750, por parte de la Universidad de La Frontera, por concepto de laboratorios prácticos del Magíster de Física Médica, en el marco del convenio institucional firmado con la Universidad.

DEPARTAMENTO METROLOGÍA DE RADIACIONES IONIZANTES

Responsable: Humberto Peñaloza Castillo (humberto.penalozacchen.cl)

OBJETIVO

Establecer, mantener y fabricar patrones estándar de radiactividad para establecer una máxima comparabilidad y confiabilidad de las medidas de las características de las radiaciones ionizantes que se utilizan en la CCHEN y en el país.

Desarrollar técnicas orientadas a mantener consistencia en las medidas de dosis efectuadas con diversos instrumentos y según variados objetivos, junto con disponer de la estructura metrológica adecuada para la calibración y estandarización de generadores de radiaciones y detectores de radiaciones, rayos X, neutrones y partículas cargadas.

HECHOS RELEVANTES

- El DMRI disminuyó el tiempo de respuesta para los servicios de calibraciones externas, pasando de cuatro a tres meses en 2019. Se cumplió la meta anual establecida en el CDC.
- 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.
- El DMRI mantiene su condición de “Laboratorio Designado para las Magnitudes de Radiaciones Ionizantes” de la Red Nacional de Metrología, formalizado en CDC y Transferencia de Recursos, firmado entre el Instituto Nacional de Normalización (INN) y la CCHEN.
- El DMRI 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, cuyos 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.
- Capacitación y representación internacional:
 - En marzo de 2019, dos funcionarios realizaron una pasantía en laboratorios del Consejo Nacional de Investigación de Canadá.
 - Dos funcionarios participaron en capacitación OIEA “Metrología de Radionúclidos” | Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones, Cuba, 27 al 31 de mayo de 2019.
 - El DMRI fue invitado a participar como observador en la reunión del “Comité Consultivo para Radiaciones Ionizantes - Grupo I” | Oficina Internacional de Pesas y Medidas, Francia | Se propuso

que Brasil y Chile fueran incorporados como miembros del Comité, siendo aceptado por la Asamblea General | 05 y 06 de junio de 2019.

- Funcionario participó en el “Taller de Estadística y Metrología”, dictado por profesionales del Centro Nacional de Metrología, México | INN, 29 de julio al 09 de agosto de 2019.
- Presentación de resultados de intercomparación en la Conferencia Internacional de Física Médica 2019: “Comparison of the standards of air kerma and absorbed dose to water in Co-60 radiation for the NRC, Canadá and CCHEN, Santiago, Chile” | 8 al 11 septiembre de 2019.
- Dos funcionarios participaron en la capacitación internacional “EURAMET-BIPM Training Course on Organisation and Piloting of Intercomparisons in Ionising Radiation” | National Physical Laboratory (NPL), UK | 09 al 11 de octubre de 2019.
- Dos funcionarios participaron en Taller Regional del OIEA “Monitorización del lugar de Trabajo” | CEN La Reina de la CCHEN, 02 al 06 de diciembre 2019.



Imagen N° 24: equipo del Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes.

DEPARTAMENTO GESTIÓN INTEGRAL

Responsable: Verónica Sepúlveda Gutiérrez (verónica.sepulveda@cchen.cl)

OBJETIVO

Asegurar la mantención y actualización del Sistema de Gestión de Calidad en la Institución, permitiendo desarrollar las actividades de una manera estandarizada, para dar cumplimiento a los requerimientos de los clientes internos y externos.

Asegurar el cumplimiento legal ambiental vigente aplicable a las instalaciones de los Centros Nucleares La Reina y Lo Aguirre de la CCHEN, por clasificar como industriales.

HECHOS RELEVANTES

- Gestión de Calidad:

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.

Como parte de los resultados del Departamento, cabe citar que se entregaron las evidencias de PMG Reclamos, en los plazos establecidos, a la Red de Expertos de la Dirección de Presupuestos (DIPRES).

- Gestión Ambiental:

- En 2019, se atendieron 57 solicitudes de clientes internos para la gestión de residuos No peligrosos, Peligrosos y Especiales (biopeligrosos y fármacos). El tiempo de respuesta máximo fue de 10 días hábiles para el retiro de los residuos generados desde las instalaciones. El detalle se indica en el cuadro a continuación:

Mes	N° de solicitudes
Enero	3
Febrero	5
Marzo	7
Abril	7
Mayo	1
Junio	7
Julio	5
Agosto	5
Septiembre	1
Octubre	2
Noviembre	9
Diciembre	5
Total	57

Tabla N° 49: solicitudes para gestionar residuos No peligrosos, Peligrosos y Especiales.

- 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.

- Gestión de Riesgos:

- Se actualizó y aprobó la Política de Riesgos de la CCHEN (Resolución Exenta N° 1111/2019).
- Se designaron roles y responsabilidades en la gestión de riesgos (Resolución Exenta N° 1112/2019).
- Se actualizó la Matriz de Riesgos 2019 y el Plan de Tratamiento de Riesgos Críticos priorizados con sus Señales de Alerta de Lavado de Activos, Financiamiento al Terrorismo y Delito Funcionario (LA/FT/DF), según se informó al Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno (CAIGG).

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

Responsable: José Maldonado Osorio (jose.maldonado@cchen.cl)

OBJETIVO

Proporcionar apoyo para el desempeño efectivo de las actividades de la Institución, desarrollando los procesos que provean los recursos financieros, materiales y de otro tipo, que permitan lograr el funcionamiento normal requerido por las unidades, incluyendo el desarrollo de los procesos de adquisición, comercialización, contabilidad, ejecución presupuestaria, cobranzas, distribución y gestión de inventarios, y servicios generales de los Centros Nucleares.

Gestionar el flujo financiero y registrar contable y presupuestariamente las operaciones que se realizan en la Institución, conforme a la normativa vigente. Parte de sus responsabilidades es entregar información contable, financiera y presupuestaria a los niveles directivos de la Institución y a organismos externos, como el Ministerio de Energía, Ministerio de Hacienda y Contraloría General de la República.

HECHOS RELEVANTES

- Se cumplió oportuna y eficazmente con la entrega de los informes exigidos por la Dirección de Presupuestos y la Contraloría General de la República, a través de la plataforma SIGFE 2.0.
- El total recaudado en 2019 por concepto de cobranzas ascendió a M\$2.895.414, correspondiente a un 84% del total adeudado por clientes a esa fecha.
- Del total, M\$2.445.280 corresponde a la recuperación de servicios facturados en 2019 y M\$ 450.134 a facturas pendientes de años anteriores. El porcentaje de ingresos de operación comprometido con el Ministerio de Hacienda por acciones de cobranzas, respecto al monto total facturado por ingresos de operación en 2019, fue de un 86%, del cual se recaudó un 84%. Sobre la cobranza de años anteriores, se logró recuperar un 91,84%.
- Se constituyó un equipo para abordar la nueva Normativa del Sistema de Contabilidad General de la Nación. En 2019, su principal tarea fue poner en marcha acciones para que la CCHEN realice sus labores, según las Normas Internacionales de Contabilidad para el Sector Público.

Estado consolidado de resultado monetario Ingresos percibidos y gastos efectivos

Periodo: 01 de enero al 31 de diciembre de 2018 y 2019
(Moneda nacional en miles de pesos)

Curso, seminario o cátedra	Al 31/12/2019	%	Al 31/12/2019	%
Fuentes operacionales	12.620.404	100%	13.207.488	100%
Transferencias corrientes	-	0,00%	363.512	2,72%
Rentas de la propiedad	334.094	2,65%	225.034	1,70%
Ingresos de operación	2.446.486	19,39%	2.819.402	21,35%
Otros ingresos corrientes	129.181	1,02%	134.756	1,02%
Aportes fiscales	8.834.704	70,00%	9.150.806	69,28%
Venta de activos no financieros	7.809	0,06%	-	0,00%
Recuperación de préstamos	469.194	3,72%	383.555	2,90%
Saldo inicial de caja	398.936	3,16%	130.423	0,99%
Menos:				
Usos operacionales	11.483.574	100%	12.808.505	100%
Gastos en personal	7.682.413	66,90%	7.838.370	61,20%
Bienes y servicios de consumo	2.419.005	21,06%	2.292.143	17,90%
Prestaciones de seguridad social	530.054	4,62%	1.467.384	11,46%
Transferencias corrientes	32.523	0,28%	30.752	0,24%
Reintegros al Fisco	62.388	0,54%	148.326	1,16%
Adquisición de activos no financieros	165.885	1,44%	213.751	1,67%
Iniciativas de inversión	197.606	1,72%	238.262	1,86%
Servicios de la deuda	393.700	3,43%	579.517	4,52%
Superávit operacional	1.136.830	100%	398.983	100%

Procedimiento de cálculo: se basa en comparación de ingresos percibidos y gastos pagados, provenientes de actividades propias de la CCHEN. Las cifras 2018 solo se incluyen para efectos comparativos.

DEPARTAMENTO LOGÍSTICO

Responsable: Jimena Arenas Fuentes (jimena.arenas@cchen.cl)

OBJETIVO

Entregar apoyo y soporte en la cadena de suministros de la Institución. Adicionalmente, ejecuta los procesos que permitan proveer servicios a clientes internos, y productos a clientes externos, mediante la ejecución de procedimientos de adquisiciones, almacenamiento e inventario, servicios generales y transporte.

HECHOS RELEVANTES

SECCIÓN ADQUISICIÓN Y CONTRATOS

Entre las compras más relevantes generadas por el área de Adquisiciones y Contratos destacan:

- Licitación para la construcción de una instalación centralizada de almacenamiento de desechos radiactivos: \$1.202.680.303.
- Suscripción contrato por servicios de telecomunicaciones, internet y telefonía: \$46.073.000.
- Elaboración y seguimiento del Plan Anual de Compras, informado trimestralmente a los jefes de División y de Oficinas Asesoras, y en formal bianual en el portal de Chileproveedores.

SECCIÓN SERVICIOS GENERALES

Destacó el trabajo conjunto entre las sedes de la CCHEN, en cuanto al levantamiento de información sobre servicios como aseo, alimentación y transporte privado de funcionarios/as. Con esta información se elaboraron bases de licitación que consideraron mejoras contractuales y aumento de asignaciones presupuestarias para esos servicios.

A fines de 2019 se publicaron las licitaciones “Servicio de Alimentación de Centros Nucleares” y “Servicio de Aseo y mantención de áreas verdes en la Comisión”, en Chileproveedores (ID 872-150-LR19 y 872-151-LR19, respectivamente).

INVENTARIOS, ACTIVO FIJO Y BODEGA CENTRAL

- En marzo de 2019, se actualizó el inventario de activos fijos.
- Se realizó la gestión de activos fijos, interviniendo el Laboratorio de Química y Física, el galpón de transferencia y el sector de soldadura.
- Se emitieron las resoluciones exentas de Administración, para dar de baja más de 500 bienes muebles y tres vehículos, para remate. El detalle es el que sigue:

- N°16/2019, baja de 18 bienes muebles en abril.
- N°17/2019, baja de un bien vehículo en abril.
- N°68/2019, baja de dos bienes vehículos en noviembre.
- N°70/2019, baja de 81 bienes muebles sin enajenación y dispuestos a SEGESAM en noviembre.
- N°71/2019, baja de 300 bienes muebles con enajenación en noviembre.

- Se publicó licitación “Servicio de Remate Bienes de Baja” en Chileproveedores (ID 872-1-L120).

TRANSPORTE

Se mejoró la eficiencia productiva respecto de las entregas de radiofármacos a clientes, al cumplimiento de contratos y a la racionalización de la logística. Entre estas últimas, cabe mencionar:

- Protocolo de entrega de productos radiactivos a clientes.
- Actualización diaria planillas de control horario de entrega de productos radiactivos a clientes.
- Generación de nuevos ruteos por sector, en función de hospitales y clínicas.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO

Responsable: Paulina Parra Terán (paulina.parra@cchen.cl)

OBJETIVO

Proveer servicios de ingeniería, mantenimiento de infraestructura y equipamiento en las sedes de la CCHEN, para lograr la máxima disponibilidad de la instalación y optimizar los recursos existentes, buscando preservar la calidad del servicio y evitar el deterioro prematuro de las instalaciones, mediante acciones preventivas o correctivas, de ser necesario.

HECHOS RELEVANTES

SECCIÓN DE INGENIERÍA Y PROYECTOS

- Instalación centralizada de desechos radiactivos en el CEN Lo Aguirre
La CCHEN desarrolló el proyecto para ejecutar la "Instalación centralizada de almacenamiento de desechos radiactivos", cuya superficie proyectada es de 598.52 m².

Materializada con la técnica de hormigón visto, las instalaciones que complementan las obras son de seguridad, control de acceso, detección de incendios, detección de radiación y comunicaciones, entre otras. El inicio de la obra partió el 07 de octubre de 2019, y su ejecución considera 180 días corridos.



Imagen N° 25: construcción del nuevo almacén de equipos y fuentes gastadas en el CEN Lo Aguirre.

- Reparación y mantención de tres techumbres en el CEN La Reina
Una de las techumbres pertenece a los camarines de la Sala Multiusos, cuya reparación fue necesaria tras la caída de un árbol. La segunda es la cubierta de protección de las bombas de la piscina del canal El

Bollo, y el tercer techo es del Galpón de Transferencia Tecnológica.



Imagen N° 26: techo camarines CEN La Reina.

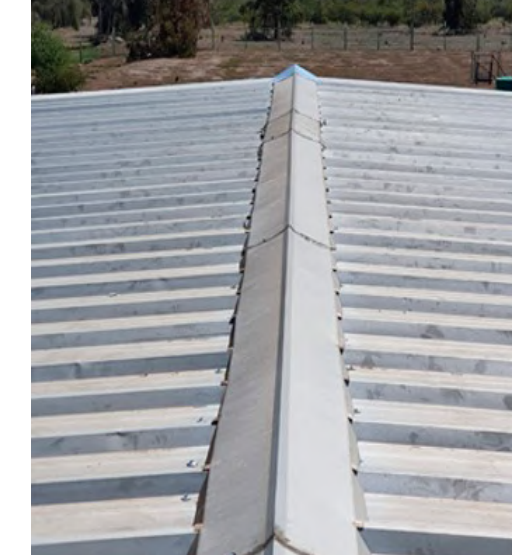


Imagen N° 27: techo galpón Transferencia Tecnológica.



Imagen N° 28: techo Bombas.

- Expansión del Laboratorio de Investigación Nuclear en el CEN La Reina
Se amplió una plataforma metálica del Galpón de Transferencias Tecnológicas, para generar una superficie total de 72 m² en el segundo nivel. Considera iluminación en ambos niveles y una escalera de acceso desde el exterior que, además, cumplirá la función de salida de escape.



Imagen N° 29: labores de ampliación del Laboratorio de Investigación Nuclear.

- Construcción de losa colaborante en el balcón del casino de funcionarios/as del CEN La Reina
Se trata de la instalación de losa colaborante, construcción de cubierta y cielo falso para balcón de uso por parte de funcionarios/as de la CCHEN.



Imagen N° 30: trabajos de remodelación del balcón del casino del CEN La Reina.

- Remodelación de oficinas para funcionarios/as en el CEN La Reina
La obra requirió demoler tabiques, aislar muros de la humedad, aplicar pintura en cielo y muros, instalar piso flotante y cortinas, y modificar instalaciones eléctricas.
- Rampa de acceso para personas con discapacidad en el CEN La Reina
Este trabajo se realizó para que las personas con capacidad reducida puedan acceder a nuestras instalaciones de forma más sencilla.



Imagen N° 31: rampas ubicadas en el acceso principal del CEN La Reina.

- Mantenimiento y remodelación Bioterio en el CEN La Reina
Parte de los cambios consistieron en remodelar el baño, crear un espacio para la cocina, aplicar pintura, instalar piso flotante y cambiar luminarias.



Imagen N° 32: dependencias del Bioterio, ubicado en el CEN La Reina.

SECCIÓN DE CONTINUIDAD OPERACIONAL

Entre las principales actividades que realizó esta Sección, cabe mencionar la gestión de:

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

SECCIÓN TALLERES Y MANTENIMIENTO

En los talleres opera personal técnico especializado en Electricidad Industrial, Electrónica Industrial, Mecánica Industrial y Soplado de Vidrio, quienes prestan servicios de mantenimiento preventiva y correctiva, diseño, construcción y montaje de equipos.

Es responsable de mantener operativas las instalaciones de la Institución. Además, tiene a cargo el Área de Mantenimiento Menor, que supervisa los servicios básicos de agua potable y se ocupa de la mantención básica de sus construcciones.

La prestación de servicios proviene de la demanda de clientes internos mediante Mesa de Servicios.

Resultados relevantes:

- Mantención preventiva y correctiva de las instalaciones y equipos del RECH-1, permitiendo cumplir con la programación de su operación anual.
- Renovación electrónica de ocho módulos de circuito de sensores de caudal, temperatura, delta de temperatura y diferencial de entrada de agua.
- Apoyo en el ejercicio de caracterización del núcleo del RECH-1, con el desarrollo conjunto de un reactivímetro en tiempo real.
- Mantención preventiva y correctiva de las instalaciones de Ciclotrón.
- Diseño y fabricación del sistema de transferencia de flúor desde el Ciclotrón a las salas de síntesis.
- Mantención preventiva y correctiva de los laboratorios Producción de Radioisótopos y Radiofármacos.
- Modificación de la celda de producción para instalar una nueva autoclave tipo industrial.
- Mantención preventiva y correctiva de las instalaciones y equipos de los laboratorios del CEN La Reina, CEN Lo Aguirre y Sede Amunátegui.
- Mantención de los equipos irradiadores de cesio y cobalto.
- Mantención preventiva y correctiva de la Planta de Irradiación Multipropósito, permitiendo mantenerla en operación continua.
- Mantención preventiva y correctiva de la Planta Elementos Combustible.
- Gestión y supervisión de la mantención preventiva y correctiva de los transformadores eléctricos de los Centros Nucleares.
- Supervisión de servicios de terceros (proveedores): mantención del sistema de aire acondicionado, suministro eléctrico, sistema de alarmas contra incendio y sistemas de ascensores y montacargas.
- Mantención operativa y administración de la red y de la planta telefónica del CEN La Reina, CEN Lo Aguirre y Sede Central.
- Fabricación de piezas y apoyo técnico necesario para el área experimental.
- Fabricación y maquinado de blindajes de plomo y contenedores de acero inoxidable.
- Mantención preventiva y correctiva del sistema de captación de agua del CEN lo Aguirre.
- Fabricación y reparación de artículos de vidrio, como mirillas, extractores, destiladores, equipos y líneas de laboratorio, y otros en vidrio tipo boro silicato y cuarzo.
- Mantención operativa, preventiva y correctiva de la máquina productora de nitrógeno líquido.
- Fabricación de piezas y montaje de Irradiador de Cobalto-60.
- Continuidad de la fabricación de piezas para el nuevo Irradiador ITIEC, que implicó la participación del área técnica de Mecánica Industrial, Electricidad y Electrónica.

- Fabricación, diseño y reparación de artículos y equipos en vidrio tipo borosilicato y cuarzo para proceso de producción de iodo y tecnecio, entre otros.
- Apoyo en bases de licitación y supervisión para instalar nuevos equipos de aire acondicionado.
- Apoyo y supervisión de trabajos de área Informática para aumentar capacidad de planta telefónica.

DEPARTAMENTO TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

Responsable: Raúl Riquelme Rojas (raul.riquelme@cchen.cl)

OBJETIVO

Proporcionar a la CCHEN las capacidades de tecnologías de la información y comunicaciones, para colaborar y contribuir al logro de los objetivos, procesos y servicios que entrega la Institución.

HECHOS RELEVANTES

- 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 entregó evidencia de dos PMG a la contraparte técnica (Red de Expertos): Seguridad de la Información y Digitalización de Trámites.
- Metas CDC: se cumplieron los hitos de dos proyectos: "Cero papel" e "Implementación Cloud", para incrementar la disponibilidad de los servicios que entrega la Institución mediante aplicaciones informáticas.
- ERP SAP Business One: se mantiene la operación de la plataforma de este sistema de gestión institucional, utilizado para los procesos de adquisiciones, comercialización y gestión de los servicios y productos que son solicitados a la Institución.
- Se cumplen los hitos de dos instructivos presidenciales: transformación digital y ciberseguridad.
- Transparencia Activa: en 2019 se realizaron oportunamente las publicaciones mensuales de la Institución, dando cumplimiento a la Ley de Acceso a la Información Pública N° 20.285.
- Mejoras en el Servicio Enlace de Datos y Telefonía: se incorporaron mejoras en el ancho de banda de Internet, enlace entre sedes, aumento de teléfonos digitales, mejora enlace de alta disponibilidad y respaldos, etc., en la renovación de contrato de telecomunicaciones.
- Se renovó contrato de Portal Monitoreo CCHEN en Línea.

A continuación, se presentan los hechos relevantes de las cuatro unidades del Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones:

SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

Velar por el cumplimiento de las normativas de seguridad de la información establecidas en la CCHEN e implementar las políticas de seguridad entregadas por el Estado de Chile. Las principales actividades de esta Sección en 2019 fueron:

- Se entregó evidencia de cumplimiento de 109 controles de la NCH-ISO 27001, de un total de 114 controles. A la fecha, se ha implementado el 95,6% de esta Norma.

- Se cumplieron hitos del instructivo presidencial de Ciberseguridad: <https://www.ciberseguridad.gob.cl/>
- Se realizó un diagnóstico de ciberseguridad a la plataforma que opera en la CCHEN.

CENTRO DE ATENCIÓN AL USUARIO

Gestionar en forma centralizada y oportuna las solicitudes de servicios informáticos, ofreciendo una primera línea de atención, que permite resolver en forma eficiente y en el menor tiempo posible los requerimientos de los usuarios/as. Las principales actividades de esta Sección en 2019 fueron:

- Mesa de Servicio DTIC: el tiempo promedio de respuesta en 2019 fue 1,94 días, que es el considerado cuando la solicitud no requiere proveedores externos (garantías, adquisición de repuestos o habilitación de servicios de terceros).

El gráfico muestra la cantidad de requerimientos resueltos por el CAU en los últimos cinco años.

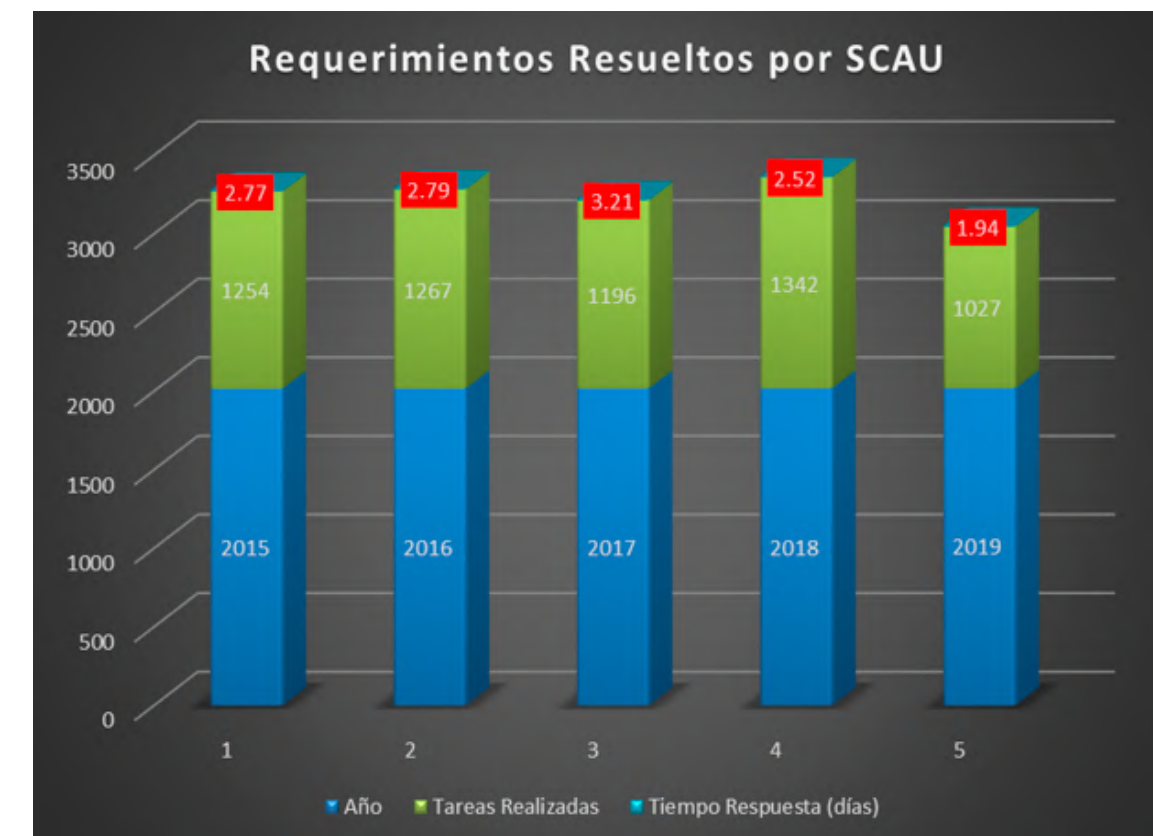


Gráfico N° 44: requerimientos resultados por el Centro de Atención al Usuario entre 2015 y 2019.

PROYECTOS TECNOLÓGICOS INFORMÁTICOS

Entregar soluciones innovadoras en el ámbito de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones a las necesidades y problemáticas de las unidades de la CCHEN, para detectar oportunidades que posibiliten emprender y aplicar proyectos informáticos que conlleven un valor agregado para las áreas y procesos. Las principales actividades de esta Área en 2019 fueron:

- PMG Trámites Digitales

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”.

A fines de diciembre, se entregaron los medios de verificación de este PMG, que incluyó 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. Se informa un 82% de avance en el cumplimiento de esta meta.

- 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 costos impresión en un 23,4% respecto a 2018, lo que equivale a un ahorro de \$4.996.789.

- 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.

- Portal Monitoreo CCHEN en línea de la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental

Se desarrolló una aplicación web (<http://plasma.cchen.cl/PortalMonitoreo-RedCCHEN-SEVRA/index.aspx>), para visualizar en línea la información recopilada por la Sección Vigilancia Radiológica Ambiental desde las diez estaciones de monitoreo distribuidas en los Centros Nucleares de la CCHEN. El sitio web muestra gráficos, informes y datos en línea.

- Sistema de Calificaciones (versión 2.0)

En el marco del nuevo Reglamento Especial de Calificaciones de la CCHEN, se desarrolló y puso en operación una nueva versión del Sistema de Evaluación de Desempeño y Calificaciones (http://plasma.cchen.cl/SICAL/CCHEN_SICAL_Web/).

SOPORTE, INFRAESTRUCTURA Y REDES

Gestionar y administrar la infraestructura computacional, y mantener una plataforma de red segura y estable.

Las principales actividades desarrolladas en 2019 fueron:

- Mejoramiento del enlace de telecomunicaciones: aumentó la señal de enlace entre las tres sedes de la CCHEN, a través de las siguientes actividades:

- El CEN Lo Aguirre aumentó la señal de comunicaciones entre sedes a 100Mb.
- La Sede Amunátegui aumentó las comunicaciones a 100Mb en el enlace nacional e internacional.
- El CEN La Reina aumentó su señal de enlace MPLS a 200Mb, y también aumentó su velocidad del enlace nacional e internacional a 200Mb.
- El enlace de respaldo aumentó la velocidad de las comunicaciones a 100Mb, para MPLS e Internet. Se rediseñó la topología, incorporando y configurando nuevos equipos de comunicaciones.

- Mejoras en datacenter del CEN La Reina: se instaló nuevo equipamiento de comunicaciones, con el fin de mejorar la disponibilidad de los servicios que se alojan en sus servidores.

- Ampliación de wifi: se instalaron nuevos router wifi, para entregar mayor cobertura y estabilidad a la señal institucional.

OFICINA ASESORA DE COOPERACIÓN TÉCNICA Y RELACIONES INTERNACIONALES

Responsable: María Loreto Torres Barrientos (maria.torres@cchen.cl)

OBJETIVO

Integrar a la Comisión y a las instituciones nacionales en el ámbito de la cooperación técnica internacional del área nuclear, para incorporar, actualizar y fortalecer sus capacidades científico-tecnológicas en beneficio de la sociedad.

Asimismo, en su área de desempeño, busca mantener vínculos con organismos externos, para que el país cumpla con su rol en la comunidad nuclear.

HECHOS RELEVANTES

- Capacitaciones, congresos, seminarios, simposios y otras participaciones en el extranjero:

Durante el 2019, 122 funcionarios participaron en 105 actividades de capacitación en el extranjero, que incluyeron cursos, talleres, reuniones técnicas, conferencias, congresos, becas y visitas científicas.

Por su parte, el OIEA financió 107 cometidos en el extranjero, de los cuales 50 se enmarcaron en proyectos nacionales (CHI), regionales (RLA) e interregionales (INT). El detalle es el siguiente:

- 5 actividades correspondieron a tres proyectos nacionales (CHI)
- 41 actividades correspondieron a 14 proyectos regionales (RLA)
- 4 actividades correspondieron a tres proyectos interregionales (INT)

Por otro lado, a través del Encargado Nacional de Enlace (NLO, por sus siglas en inglés) se dio apoyo país a la nominación de 147 candidatos de entidades externas. Estas instituciones son:

Aduanas de Chile, Agencia Nacional de Inteligencia, Dirección General de Aguas, Instituto Nacional del Cáncer, Instituto Radio Oncológico Santiago, Instituto de Salud Pública, Ministerio de Energía, Ministerio de Salud, Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio del Interior, Policía de Investigaciones, Servicio Agrícola y Ganadero, Instituto Forestal, Instituto Nacional de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Comisión Nacional de Energía, Coordinador Eléctrico Nacional, Carabineros de Chile y Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas.

Asimismo, se apoyó a representantes de centros hospitalarios, como:

Clínica Las Condes, Hospital Clínico :Regional de Concepción, Hospital Base de Valdivia, Hospital Clínico de la Universidad de Chile, Hospital Clínico José Joaquín Aguirre y Hospital Regional de Antofagasta, además de universidades, como la Universidad Católica de Chile, Universidad Austral de Chile, Universidad Adolfo Ibáñez, Universidad Andrés Bello, Universidad Santo Tomás, Universidad Tecnológica Metropolitana, Universidad de Antofagasta, Universidad de Concepción, Universidad de Talca y Universidad de Santiago.

TRATADO DE PROHIBICIÓN COMPLETA DE ENSAYOS NUCLEARES

Responsable: Paola García Peña (paola.garcia@cchen.cl)

OBJETIVO

Para dar cumplimiento al Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares (TPCE), el gobierno de Chile encargó a la CCHEN ocuparse de la operación y mantenimiento de las siete estaciones pertenecientes al Sistema Internacional de Vigilancia y del Centro Nacional de Datos, ubicado en Santiago de Chile.

Cabe mencionar que todas estas estaciones, que cuentan con tecnología de infrasonido, hidroacústica, sísmica y radionúclidos, se han mantenido funcionando correctamente.

HECHOS RELEVANTES

- Reemplazo de boya de señalización del Sistema Internacional de Vigilancia del TPCE en Bahía Cumberland de la Isla Juan Fernández

Entre abril y mayo de 2019, la empresa Bentos realizó el reemplazo de la boya de señalización de la “zona de prohibición de fondeo”, que es parte del sistema de protección de los cables submarinos que llegan a la Isla con la información captada por la Estación Hidroacústica HA03.

El proyecto consideró una amplia coordinación logística, en Santiago y en la Isla. En tanto, la mantención y reinstalación fue encargada a Bentos, y contó con el apoyo de la Ilustre Municipalidad de Juan Fernández y de la Capitanía de Puerto. Desde el 01 de mayo, los cables de la estación están debidamente señalizados y protegidos.

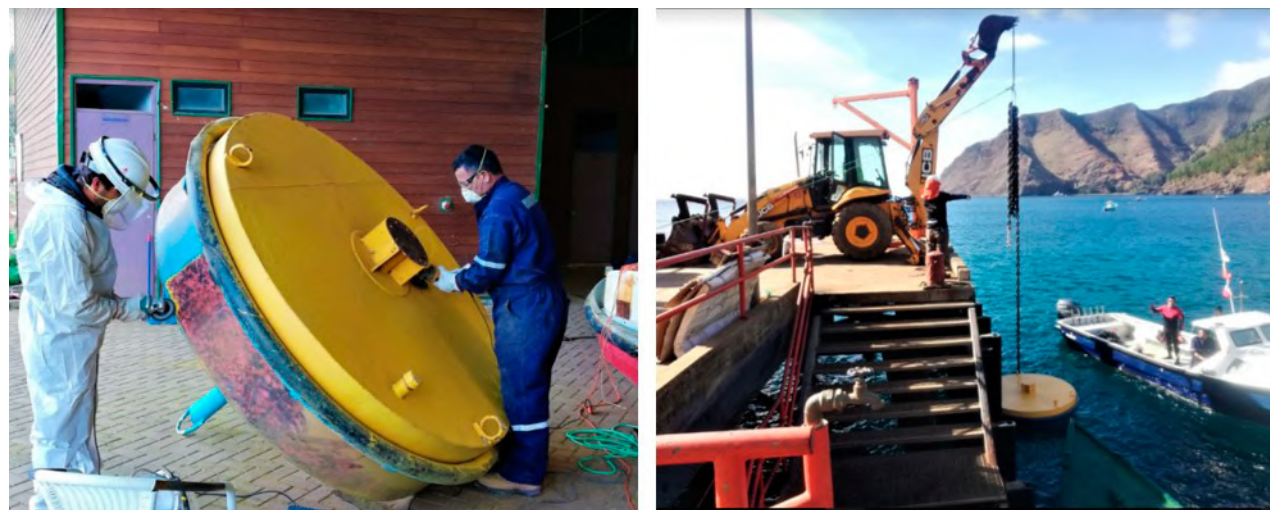


Imagen N° 33: restauración y traslado de boya. Labor de buzos ubicando los cables submarinos.

El sistema de monitoreo hidroacústico posee dos subsistemas, uno localizado al norte de la isla (HA03N) y otro al sur (HA03S). Cada uno consta de un cable submarino que recoge datos y provee energía a tres hidrófonos ubicados en el canal SOFAR, a 2000 mts de profundidad.

Esta estación forma parte del Sistema Internacional de Vigilancia de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (CTBTO, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es monitorear ensayos nucleares, mediante estaciones de monitoreo basadas en diversas tecnologías y localizadas alrededor del mundo.

- Visita técnica estaciones de monitoreo de la Isla Juan Fernández

Entre el 05 y 08 de marzo de 2019, la encargada de las Estaciones de Monitoreo TPCE, Paola García, junto a la empresa Bentos, realizó una visita de inspección a las estaciones HA03 e IS14. En la oportunidad, también sostuvo una reunión con autoridades locales, para explicarles la función de la estación hidroacústica y el rol de la Capitanía de Puerto en la comunicación con las embarcaciones. Esto, dado que existen solo seis estaciones de este tipo en el mundo, capaces de detectar la presencia de ensayos nucleares bajo el agua. Además, son un aporte valioso a la investigación y a la sociedad civil.

Durante la visita también se revisaron los equipos del centro de control de ambas estaciones y se verificaron los trabajos pendientes y los cables submarinos.

- Participación en reuniones de trabajo del Grupo B en 2019

Cada año se realizan dos reuniones del Grupo de Trabajo B de la Organización del Tratado de Prohibición de Ensayos Nucleares. En 2019, se efectuaron del 25 de marzo al 05 de abril y del 26 de agosto al 06 de septiembre, en Viena, donde expertos técnicos y de misiones permanentes de los 183 estados firmantes

discutieron sobre los avances del régimen de verificación.

Cabe mencionar que el órgano plenario de esta Organización recibe asistencia de dos Grupos de Trabajo. El Grupo de Trabajo A se ocupa de cuestiones presupuestarias y administrativas, en tanto que el Grupo de Trabajo B examina asuntos científicos y técnicos relacionados con el Tratado. Ambos Grupos de Trabajo presentan propuestas y recomendaciones para su examen y aprobación por la Comisión en sesión plenaria.

En 2019, Chile lideró el grupo de Latinoamérica y el Caribe. En su declaración se discutió sobre:

- Publicación documento de las Naciones Unidas titulado “Asegurar nuestro futuro común: un programa de Desarme”, que reconoce importancia de la norma contra ensayos como un objetivo clave de desarme y no proliferación. El Grupo ratifica su rol en la adopción del Tratado para la Prohibición de Armas Nucleares como un paso relevante hacia la eliminación de este tipo de armas de destrucción masiva.
- Comunicado de los Estados Miembros del OIEA para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina y el Caribe, en el 52° Aniversario del Tratado de Tlatelolco, y a la Declaración especial sobre los 20 años de Apertura a la firma del TPCE.
- Grupo reitera llamado urgente a Estados Miembros del Anexo 2 -que aún no lo han hecho- a que ratifiquen el TPCE. Chile reiteró su compromiso de trabajar por un mundo más seguro y libre de armas nucleares.



Imagen N° 34: reunión N° 52 y 53 del Grupo de Trabajo B.

- Simulacro de Inspecciones in situ (OSI Build Up Exercise)



Imagen N° 35: grupo que participó en OSI Build Up Exercise en 2019.

En cooperación con los Estados Firmantes, la División de Inspecciones On-site de la OTPCE coordinó un ejercicio, del 11 al 15 de noviembre de 2019, para reproducir la fase de lanzamiento, validación y preparación de una inspección in situ.

En el marco del Tratado de Prohibición de Ensayos Nucleares, la inspección en terreno es la forma de verificación final del Tratado, establecida para descartar o no un evento sospechoso que pudiera considerarse una explosión nuclear.

El objetivo de estos ejercicios es evaluar el desempeño del Centro de Operaciones en Viena y de los funcionarios/as de la Organización del OTPCE que actúan como inspectores. Por parte de Chile, fue seleccionada una inspectora de la CCHEN, quien fue invitada a participar como Oficial de Documentación.

La próxima fase del ejercicio será en junio y septiembre de 2020, en Eslovaquia.

- Conferencia de Ciencia y Tecnología 2019

Los objetivos de esta actividad son 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 OTPCE y la comunidad

científica, buscando identificar oportunidades y soluciones para optimizar el monitoreo de ensayos nucleares y difundir el uso de la aplicación de técnicas y de datos y productos disponibles en el Sistema Internacional de Vigilancia, para complementar estudios científicos y civiles. Esto porque se reconoce que el desarrollo y la cooperación de la comunidad científica son clave en el logro de los objetivos del Tratado.

En ese contexto, Rodrigo de Negri, estudiante de doctorado en geología de la Universidad de Chile, representó a nuestro país con su investigación sobre “Tablas de consulta con climatologías empíricas para detección de infrasonido, localización y caracterización de erupciones volcánicas de largo alcance”. Esto se realizó en el marco del evento “CTBT: Science and Technology Conference”, que tuvo lugar del 24 al 28 de junio de 2019, en Austria.

En esa misma instancia participó el director del Centro Sismológico Nacional, Sergio Barrientos, en calidad de moderador del panel sobre “Incremento de la resolución de la red de monitoreo para mejorar la calidad de los datos detectados”.



Imagen N° 36: participación Rodrigo de Negri y Sergio Barrientos en Science and Technology Conference.



Imagen N° 37: nuevo logo del Centro Nacional de Datos de la CCHEN.

- Imagen N° 15: Participación Rodrigo de Negri y Sergio Barrientos en Science and Technology Conference.
- Actualización de hardware en estación de radionúclidos de Punta Arenas

Personal de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares realizó la actualización de un hardware, a solicitud de la estación a cargo de la detección de radionúclidos RN18, ubicada en el campus de Punta Arenas de la Universidad de Chile.

- Programa de Impulso Científico

Al alero del Centro Nacional de Datos del Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares se presentó el Programa Impulso Científico, por el que se contrató a dos profesionales, y se determinaron las etapas a seguir: coordinación y aprendizaje, lanzamiento y operación. En 2020 se proyecta la entrada en funcionamiento de las dos primeras fases, para finalizar con su difusión.

Cabe mencionar que el Centro Nacional de Datos es responsable de generar una base de datos 24/7, que engloba información relevante para utilizar con fines científicos y civiles. De hecho, la tecnología del Sistema Internacional de Vigilancia recoge datos que son utilizados en los países firmantes del Tratado.

OFICINA ASESORA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Responsable: Luis Manríquez López (luis.manriquez@cchen.cl)

OBJETIVO

Controlar y analizar todos los puntos de consumo energético actuales y futuros, con el fin de reducir dicho consumo sin disminuir la calidad del servicio prestado e incluso, donde sea posible, mejorarlo.

HECHOS RELEVANTES

- Tarifa Eléctrica Libre:

Se cumplió en un 100% con las exigencias del PMG de Eficiencia Energética, en relación con las actividades y gestiones descritas a continuación:

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, en relación a 2018, se tiene:

La Reina	Consumo total kWh	Total costo de la energía (\$)	Total facturas (\$)
2018	1,903,267	\$109,087,754	\$182,795,776
2019	1,743,325	\$80,708,905	\$156,234,769
Lo Aguirre	Consumo total kWh	Total costo de la energía (\$)	Total facturas (\$)
2018	703,516	\$40,559,671	\$68,573,890
2019	691,824	\$31,598,143	\$60,585,832
Total LR+LA	Consumo total kWh	Total costo de la energía (\$)	Total factura (\$)
2018	2,606,783	\$149,647,425	\$251,369,666
2019	2,435,149	\$112,307,048	\$216,820,601

Tabla N° 50: consumo y tarifa desglosada por cada Centro Nuclear.

Aunque aún no se cumple un año del régimen de esta nueva tarifa, con los datos que se cuenta a la fecha se puede observar que 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.

- Firma de Convenio de Colaboración Técnica:

En octubre de 2019, se firmó un convenio con la Agencia de Eficiencia Energética, para realizar un análisis de factibilidad de medidas de eficiencia energética a implementar en el CEN Lo Aguirre. A partir es eso, se desarrollará un proyecto bajo modelo de negocios ESCO en 2020.

- Sello de Cuantificación de Gases de Efecto Invernadero:

Junto al Departamento de Gestión Integral se gestionó la incorporación de la CCHEN al Programa Huella Chile del Ministerio del Medio Ambiente.

Esta iniciativa involucró al CEN La Reina, donde se identificó que el consumo de electricidad es la principal fuente de emisión que tiene esa sede. Este trabajo significó obtener reconocimientos por cuantificar los gases de efecto invernadero correspondiente a los años 2016, 2017 y 2018.



DIVISIÓN GESTIÓN Y DESARROLLO DE PERSONAS

Responsable: Óscar Barahona Padilla | Francisco Rodríguez Cavallari (03/10/2019 al 03/03/2020) | Desde 04/03/2020: Gonzalo Ponce Olmos (gonzalo.ponce@cchen.cl)

OBJETIVO

Diseñar, elaborar y ejecutar políticas y procedimientos de gestión de personas, a través del desarrollo de condiciones laborales adecuadas, que promuevan una cultura colaborativa, gestión del conocimiento y una mejor calidad de vida, según las políticas y normativas que la rigen, para garantizar la máxima contribución al cumplimiento de la misión institucional.

HITOS 2019

- El proceso de reclutamiento y selección permitió la contratación de 12 funcionarios/as (75%), a través del portal Empleos Públicos.
- Se implementó el nuevo Reglamento Especial de Calificaciones.
- Se capacitó a 142 funcionarios/as (46,86%), con un total de 728 horas efectivas.
- Se elaboró y aprobó la Política de Gestión del Conocimiento para la Seguridad en la CCHEN.
- Se creó un equipo permanente de gestores del conocimiento institucional.
- Se generaron 16 actividades en el marco del plan de Calidad de Vida Laboral, Familiar y Personal.
- Se gestionaron 6.179 prestaciones médicas de afiliados activos, 2.401 de afiliados pasivos y 3.037 de cargas legales.
- Se gestionaron 17.752 prestaciones médicas a través del seguro complementario de salud.
- En 2019 se trabajó en la fase V "Ejecución de medidas" del protocolo de implementación ISTAS (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud).
- En el marco del programa Cultura de Seguridad, la CCHEN impulsó acciones para velar por la integridad de las personas y mejorar su desempeño en el puesto de trabajo, dentro de un contexto de seguridad.
- Se lanzó el nuevo portal de Intranet institucional "CCHEN en línea".

DEPARTAMENTO ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL

Responsable: Víctor Aravena González

OBJETIVO

Supervisar y controlar la gestión de los procesos administrativos, asociados a la vida funcionaria, para el cumplimiento de los objetivos y metas comprometidas por la Institución, en el marco legal que la regula.

Supervisar y controlar la gestión presupuestaria, en relación a remuneraciones y a la contratación de personas, bajo criterios de probidad, transparencia, eficacia y eficiencia.

HECHOS RELEVANTES

- 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

- 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.
- El 100% de las nuevas contrataciones recibieron inducción de la CCHEN e inducción correspondiente a la administración del Estado (Contraloría General de la República).
- Se generaron 1.408 resoluciones exentas por actos administrativos.
- Se recibieron y procesaron 600 licencias médicas de 189 funcionarios/as.
- Se acompañó a 10 funcionarios/as en el proceso de retiro voluntario de la Institución.

- Se implementó el nuevo Reglamento Especial de Calificaciones, en conjunto con el nuevo sistema de Evaluación del Desempeño.
- Se ejecutaron 39 actividades con cargo al presupuesto de capacitaciones año 2019.
- Se ejecutaron 26 actividades programadas (70%), en el marco del Plan Anual de Capacitación (PAC) 2019.
- Se desarrollaron 13 actividades fuera del PAC, lo que equivale al 35% del total de las capacitaciones desarrolladas.
- Se capacitó a 160 funcionarios/as, lo que significa un 53% de la dotación al 31 de diciembre de 2019, con un total de 882 horas de capacitación efectiva.
- Presupuesto ejecutado por capacitaciones año 2019, asciende a \$40.454.252, lo que equivale a un 83% del total asignado para este ítem.

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ORGANIZACIONAL

Responsable: Bélgica Villalobos Pino (belgica.villalobos@cchen.cl)

OBJETIVO

Contribuir al logro de las metas institucionales a partir del desarrollo de competencias efectivas de los funcionarios/as de la CCHEN, de la detección y gestión del talento, del desarrollo de carrera y de una adecuada gestión del conocimiento, con el fin de lograr altos estándares de desempeño técnico y mejora organizacional.

HECHOS RELEVANTES

- 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.
- Se participó en la Comunidad de Práctica de Gestión del Conocimiento, bajo el rol de respondedora y como parte del grupo de análisis para un Estudio Nacional del Estado del Arte de la Gestión del Conocimiento a nivel país.
- Se elaboró la Política de Gestión del Conocimiento para la Seguridad en la CCHEN, que ya fue aprobada.
- Se creó un equipo permanente de gestores del conocimiento institucional, conformado por un Comité Facilitador de Herramientas Metodológicas, un Consejo y Facilitadores, para implementar estrategias que se desprendan de la política que las regula.
- Se desarrollaron dos actividades de transferencia de conocimiento a funcionarios/as sobre los riesgos radiológicos en instalaciones de 1ª categoría de la CCHEN. Ambas actividades se desarrollaron en el primer semestre de 2019, y contaron con la participación de 50 funcionarios/as.

DEPARTAMENTO DE BIENESTAR Y CALIDAD DE VIDA

Responsable: Rayen Carrasco Hermosilla (rayen.carrasco@cchen.cl)

OBJETIVO

Contribuir a la calidad de vida laboral de los funcionarios/as, proporcionándoles asistencia social, económica y otros beneficios que se determinen, con una atención integral.

HECHOS RELEVANTES

- Se generaron 16 actividades del plan de Calidad de Vida Laboral, Familiar y Personal, incluyendo la conmemoración del 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, despedida de funcionarios/as acogidos a retiro, Día de la Secretaria y fiesta familiar de fin de año.
- Se entregaron seis becas de enseñanza superior.
- Se pagaron 148 beneficios sociales.
- Se gestionaron 6179 prestaciones médicas de afiliados activos, 2.401 prestaciones médicas de afiliados pasivos y 3037 prestaciones médicas de cargas legales.
- Se gestionaron 17.752 prestaciones médicas a través del seguro complementario de salud.

OFICINA ASESORA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS

Responsable: Marcela Sánchez Saavedra (marcela.sanchez@cchen.cl)

OBJETIVO

Mediante el Programa de Seguridad e Higiene Industrial, esta Oficina se encarga de eliminar o controlar los factores de riesgo, para disminuir la probabilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, que pudiesen afectar a los funcionarios/as en el ejercicio de sus actividades y evitar posibles daños a los bienes e instalaciones de la CCHEN.

HECHOS RELEVANTES

- ISTAS 21

En 2019 se trabajó en la fase V “Ejecución de medidas” del protocolo de implementación ISTAS (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud).

Cabe acotar que, solo bajo un marco legal, el protocolo exige solo a las instituciones con riesgo “Alto” conformar grupos de discusión. Al respecto, la CCHEN calificó con riesgo “Medio” y “Bajo” en sus tres centros:

- Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre: Riesgo Medio
- Sede Amunátegui: Riesgo Medio
- Centro de Estudios Nucleares La Reina: Riesgo Bajo

El Comité de Aplicación ISTAS-21 de la CCHEN conformó grupos de discusión para abordar en detalle las problemáticas observadas en los resultados que evidenciaron mayor riesgo, esto es Claridad del Rol, Estima, Exigencias Psicológicas Emocionales; seguidas por Apoyo Social en la Empresa, Calidad del Liderazgo y Doble Presencia.

Mediante estos grupos se profundizó en los resultados obtenidos, para confeccionar el Plan de Medidas de Mitigación, aprobado por el Director Ejecutivo, con el fin de promover una mejora en la salud y calidad de vida de los funcionarios/as y, en consecuencia, la reducción indirecta de enfermedades profesionales y accidentes del trabajo relacionados.

A los grupos de discusión, se sumó un grupo específico de jefaturas, entre los meses de mayo y julio de 2019. De esta forma, participaron 203 funcionarios/as en total.

Según los resultados obtenidos en 2018, plasmados en el informe “Resultado Grupos de Discusión” en 2019, se definió trabajar en la identificación de medidas de mitigación y protección, de acuerdo a los factores de

riesgo detectados.

En base a los factores de riesgo identificados (Claridad del Rol, Estima, Exigencias Psicológicas Emocionales; seguidas por Apoyo Social en la Empresa, Calidad del Liderazgo y Doble Presencia), cada grupo propuso actividades y medidas para mejorar aspectos que contribuyan a las dimensiones con posibilidad de riesgo mayor, arrojando:

- Exigencias psicológicas:
 - Formación o entrenamiento en resolución de conflicto.
- Control sobre los tiempos de trabajo:
 - Discutir proyectos y metas con los equipos de trabajo.
 - Participación de los funcionarios/as en la elaboración de programas y planes (por ejemplo, Plan Anual de Capacitación).
- Claridad del Rol:
 - Reuniones mensuales con jefaturas.
 - Reuniones de División cada 3 o 4 meses.
 - Presentaciones de avances e indicadores a las áreas de trabajo.
 - Actualización de los perfiles de cargo.
- Calidad del Liderazgo:
 - Reuniones periódicas de Gestión con cada División.
 - Gestionar perfiles y concursos internos de jefaturas.
 - Plan de Reconocimientos.
- Calidad de la Relación con sus superiores:
 - Capacitación en Liderazgo.
 - Talleres o charlas para realizar contrato de tareas.
 - Curso de prevención y manejo de conflicto.
 - Solicitar cotización para proponer implementación de Psicólogo Laboral.

Estas actividades consideran plazos y encargados, que serán monitoreados en 2020, durante la etapa VI "Monitoreo de las Medidas".

• CULTURA DE LA SEGURIDAD

Mapa de riesgos:

En el marco del programa Cultura de Seguridad, 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.

En una primera instancia, los funcionarios/as debieron reconocer los riesgos ocupacionales a los que están expuestos. Por eso se definió como prioridad identificar estos riesgos a partir de la construcción de un "Mapa de Riesgos", que consiste en una evaluación cualitativa de los riesgos existentes en las instalaciones, mediante su representación gráfica con colores: riesgo alto (rojo), medio (amarillo) y bajo (verde), para facilitar su visualización.

Estos talleres contaron con la participación y el compromiso de 131 funcionarios/as, lo que posibilitó la elaboración de los mapas.

Estos, por su parte, permitieron localizar, controlar, monitorear y representar gráficamente los agentes generadores de riesgos que ocasionan accidentes o enfermedades profesionales en el trabajo, contribuyendo positivamente a la Cultura de Seguridad de la CCHEN.

Precisamente, para seguir fortaleciendo la Cultura de Seguridad, se continuará trabajando en la segunda fase, relacionada con Matrices de Riesgos (MIPER), una herramienta que permite determinar, objetivamente, cuáles son los riesgos relevantes para la seguridad y la salud de los trabajadores.

OFICINA ASESORA DE COMUNICACIONES INTERNAS

Responsable: Carolina Medina Poblete (carolina.medina@cchen.cl)

OBJETIVO

Promover una cultura colaborativa, informada y empoderada del quehacer institucional, mediante un sistema de comunicación interna transversal a la organización.

HECHOS RELEVANTES

- Se ejecutó el Plan de Comunicaciones Internas de la CCHEN
- Se actualizó la Política de Comunicaciones CCHEN
- Se lanzó un nuevo portal de Intranet Institucional denominado “CCHEN en línea”
- Se realizaron y difundieron campañas internas

Difusión:

Se enviaron 775 mailings en 2019, que incluyeron:

- Boletines sobre actividades desarrolladas por las divisiones y las oficinas asesoras
- Noticias
- Documentos
- Instructivos
- Invitaciones
- Fotografías
- Videos

Además, se apoyó el desarrollo de campañas de difusión sobre:

- Ciclo de charlas institucionales
- Sistema de Prevención del Delito
- Gestión del Conocimiento y Cultura de Seguridad
- Sistema de Prevención del Delito
- Código de Ética
- Comité ISTAS 21
- Campaña “Cero Papel”
- Plan de reconocimiento e incentivos no monetarios (cumpleaños, despedida funcionarios/as acogidos al retiro, entre otros)

- Eventos institucionales (Aniversario, Fiestas Patrias, Fiesta Familiar de Navidad, Jornada de Reflexión CCHEN)
- Iniciativas, campañas estatales/ministeriales
- Actividades y convenios del Departamento de Bienestar y Calidad de Vida
- Actividades o campañas de instancias de participación CCHEN: Comité Bipartito de Capacitación; Comité Paritario; Grupo de Apoyo de Primeros Auxilios; Comité de Deporte y Recreación; Comité de Igualdad de Oportunidades, Equidad de Género, Prevención y Sanción del Maltrato; Acoso Laboral y Sexual
- Hitos y actividades institucionales
- Empleos Públicos (reporte semanal del Servicio Civil)
- Convocatorias del Organismo Internacional Energía Atómica (OIEA)

OFICINA ASESORA DE AUDITORÍA Y CONTROL INTERNO

Responsable: Luis Hernán Narváez Pedrero (luis.narvaez@cchen.cl)

OBJETIVO

Proveer un servicio de aseguramiento y consulta que permita ayudar a la Institución a cumplir sus objetivos, a partir de un enfoque sistémico y disciplinado. Mediante una constante evaluación y mejoramiento de la eficacia de los procesos de gestión de riesgos, control y gobierno, se contribuye en materia de eficiencia, eficacia y economía.

HITOS 2019

- Cumplimiento de acciones planificadas en 2019:

En el marco de las acciones regulares asociadas a esta Oficina, en 2019 estas se incrementaron en un 33% respecto de lo realizado en 2018. El detalle es el siguiente:

Cumplimiento de Objetivos Gubernamentales de Auditoría Interna:

- Objetivo N° 1: Actividades asociadas a la Probidad Administrativa.
Auditoría de Aseguramiento al Proceso de Compras Públicas, establecido para su reporte a noviembre de 2019.
- Objetivo N° 2: Evaluación de los Sistemas de Control Interno, ponderando las observaciones y recomendaciones de la Contraloría General de la República.
Auditoría de Aseguramiento del Sistema de Control Interno de Organizaciones Gubernamentales, establecido para su reporte a septiembre de 2019.
- Objetivo N° 3: Acciones de mantención y mejoramiento de las actividades asociadas al Proceso de Gestión de Riesgos.
Auditoría de Aseguramiento al Proceso de Gestión de Riesgos Institucional, cuyo reporte se materializó en abril de 2019.
- Objetivo N° 4: Ejecución permanente de acciones de aseguramiento sobre operaciones financiero - contables.
Auditoría de Aseguramiento sobre Operaciones Financiero - Contables, establecido para su reporte a

noviembre de 2019.

Cumplimiento de Objetivos Ministeriales de Auditoría Interna:

Mediante ORD. N° 1857 (20/11/2018), el Ministerio de Energía estableció como Objetivos Ministeriales de Auditoría Interna a desarrollarse en 2019, los siguientes:

- "Aseguramiento al Proceso de Gestión Documental".
- "Aseguramiento al Proceso de Control de Asistencia".

Cumplimiento de Objetivos Institucionales de Auditoría Interna:

En el marco del Plan Anual de Auditoría Interna 2019, se ejecutaron las siguientes auditorías:

- Auditoría a Proceso de Fiscalización, Regulación y Evaluación, cuya ejecución finalizó en agosto.
- Auditoría al Proceso de Servicios de Irradiación, cuya ejecución finalizó en agosto.

Lo anterior, junto a la ejecución de las actividades de aseguramiento correspondiente a los Objetivos Gubernamentales y Ministeriales de Auditoría, permitió el cumplimiento del 100% de las acciones programadas.

Adicionalmente, esta Oficina desarrolló las siguientes actividades:

Cumplimiento de Instructivos Presidenciales:

- Informes trimestrales (4), en materias asociadas al cumplimiento del Instructivo Presidencial N° 02/2019, referido a Austeridad y Eficiencia en el uso de los Recursos Públicos.
- Informes trimestrales (4), en materias de Aseguramiento Financiero Contables, asociadas al cumplimiento del ORD. N° 20 (01/06/2018) del Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, en el marco del Instructivo Presidencial N° 004 (23/05/2018), que estableció los Objetivos Gubernamentales de Auditoría para el período 2018-2022.

Cumplimiento de Actividades de Seguimiento y Rutinarias asignadas al rol de auditoría interna:

- Seguimiento de compromisos pendientes de auditoría al proceso de compras 2018 (DT N°102/2018).
- Seguimiento de compromisos pendientes de auditoría al control Interno institucional 2018 (DT N°103/2018).
- Seguimiento de compromisos pendientes de auditoría al proceso de materias Financiero - Contables 2018 (DT N°106/2018).

- Seguimiento de compromisos pendientes de auditoría al proceso de Gestión de Riesgos 2018 (DT N°105/2018).
- Se actualizó el Plan Estratégico Unidad de Auditoría (DT N° 83/2015).
- Se verificó el cumplimiento de los Convenios de Desempeño Colectivo, previo a su verificación por parte de Auditoría Ministerial.
- Se revisó, analizó y consolidó la información necesaria para que el Director Ejecutivo suscriba la Certificación en Origen que cada año debe presentar ante el Ministro de Energía.
- Se realizó el seguimiento y reporte de la implementación de los Planes de acción comprometidos por las unidades auditadas, para subsanar las observaciones formuladas en los Informes de Auditoría.
- Se realizó reporte al Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, sobre avance en la ejecución del Plan Anual de Auditoría.
- Se preparó informe interno de gestión sobre el avance en metas de la Oficina Asesora de Auditoría y Control Interno.
- Se preparó informe semanal para el Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, sobre Quiebres de Control Institucional e Informes de Contraloría General de la República.
- Se asistió a reuniones institucionales y reuniones externas (Auditora Ministerial, Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno, etc.).
- Revisión y Certificación de los estados financieros del servicio de Bienestar.

OFICINA ASESORA DE CONTROL DE VENTAS DE LITIO

Responsable: Mauricio Maureira Vargas (mauricio.maureira@cchen.cl)

OBJETIVO

Verificar el cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones otorgadas por la CCHEN, en virtud del Art. 8 de la Ley N° 16.319.

Algunas de las tareas que son responsabilidad de esta Oficina son:

- Mantener un control sobre los actos jurídicos de litio extraído, sus concentrados, derivados y compuestos, de acuerdo a los procedimientos fijados para estos efectos.
- Gestionar la generación de capacidades técnicas que se requieran para ejercer los controles sobre las condiciones establecidas en los acuerdos de Consejo Directivo de la CCHEN.
- Mantener una coordinación con los organismos fiscalizadores sectoriales correspondientes.

Cabe mencionar que esta Oficina se constituyó oficialmente como Oficina Asesora Control de Ventas de Litio en 2019 (Memodirej N° 171/2019 de agosto 2019).

HITOS 2019

- Control de ventas de litio:
A continuación, el siguiente cuadro da cuenta de un resumen de las autorizaciones otorgadas por la CCHEN, en relación a la venta de litio en 2019:

Empresa	N° Acuerdo Consejo Directivo CCHEN	Cantidad solicitudes autorizadas	Cantidad de Resoluciones Exentas emitidas por CCHEN para autorizar ventas de litio
SQM Salar S.A.	1576/1995	360	27
Albemarle S.A.	801/1980	241	28
Total		601	55

Tabla N° 51: 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 los 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 compuesta por profesionales de CORFO y del Servicio Nacional de Aduanas.

Esto también ha permitido reducir el uso del papel, que bajó de 28.000 hojas en 2016, a 500 en 2019.

- Se emitieron las resoluciones de cierre (año 2018) 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 (PRC-CCHEN-088).

El detalle es el siguiente:

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

Tabla N° 52: solicitudes de autorización y consumo de litio por empresa (2018).

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

- El laboratorio caracterización química informo los resultados de los análisis químicos de las muestras obtenidas de Carbonato de litio en la fiscalización realizada el año 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 CCHEN una nueva versión del procedimiento PRC-088, con el objetivo de agilizar y fortalecer el control de las ventas de litio.
- Convenios de colaboración:

Convenio 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 en conjunto con el Instituto Nacional de Normalización, para estandarizar procedimientos orientados a la caracterización de salmuera.

Se espera que las sean publicadas por el INN en 2020.

Las propuestas de normas presentadas por CCHEN fueron elaborados por profesionales del Laboratorio de Caracterización Química de CCHEN.

Acuerdo Uso de Plataforma CCHEN-CORFO:

De acuerdo a la Resolución N° 064/2019 (julio de 2019), se acuerdan las responsabilidades, obligaciones y condiciones de uso de la plataforma desarrollada para controlar las autorizaciones y los 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.

OFICINA ASESORA DE COMUNICACIÓN CORPORATIVA

Responsable: Rosamel Muñoz Quintana (rosamel.munoz@cchen.cl)

OBJETIVOS

Apoyar el relacionamiento de la Institución con el público, tanto en la concreción de actividades comunicativas de iniciativa propia o en conjunto con otros, como de aquellas realizadas en cumplimiento de las disposiciones legales.

En esta línea, el área se encarga de establecer mecanismos de trabajo con comunidades educativas y sectores de la sociedad civil, para extender el alcance de la CCHEN y generar un mayor conocimiento de la labor científica y tecnológica que desarrolla.

En todos los casos, las actividades de divulgación sobre los usos pacíficos de la energía nuclear, de las radiaciones ionizantes y, en general, del quehacer de la CCHEN, se efectúan en cumplimiento de la Ley 16.319.

Por otra parte, la promoción de la participación ciudadana en la CCHEN forma parte de las funciones de esta Oficina, en respuesta a los mecanismos establecidos en la Ley 20.500 y en el Instructivo Presidencial N° 7 de 2014, además de iniciativas propias.

Lo que respecta a la información pública de la CCHEN, esta es habilitada y puesta a disposición de la comunidad en general, lo cual se hace efectivo dando respuesta a las solicitudes de acceso a la información pública (Ley 20.285) y de acuerdo a las instrucciones generales que dicta el Consejo para la Transparencia. Asimismo, atendiendo a la Ley 19.880 publicada en 2003, la CCHEN es parte del Sistema Integral de Atención Ciudadana (SIAC), compuesto por cinco espacios de atención.

EDUCACIÓN

Reconociendo la importancia de disponer de actividades de divulgación científica dirigidas a docentes, escolares, estudiantes y público en general, la Comisión impulsó el desarrollo de las siguientes actividades:

Charlas y participación en ferias:

- Charla en el Liceo 7 José Toribio Medina (Ñuñoa) | 03 de abril de 2019 | Asistieron 80 estudiantes de Enseñanza Media.
- Charla en el Colegio Becard III (La Calera) | 29 de mayo de 2019 | Asistieron 250 personas, entre estudiantes

de 3° y 4° medio, y docentes.

- Charla en el Colegio Corazón de María (San Miguel) | 09 de agosto de 2019 | Asistieron 45 estudiantes de 1er año básico.
- Un profesional de la Oficina participó en la Feria Científica Escolar en el Colegio El Bosque (Puente Alto), en calidad de jurado invitado | 23 de agosto de 2019.
- Charla en el Colegio Lincoln International Academy (Lo Barnechea) | 10 de septiembre de 2019 | Asistieron 120 estudiantes de Enseñanza Media.
- Charla en el Colegio Simón Bolívar (Macul), en el marco del “Programa 1000 Científicos, 1000 Aulas”, del programa PAR Explora RM Sur-Oriente. Contó con la participación y colaboración de un profesional de la División de Investigación y Aplicaciones Nucleares. Asistieron 40 estudiantes de Enseñanza Media | 04 de octubre de 2019.
- Charla en el Colegio Mater Dei (Cerrillos) | 11 de octubre de 2019 | Asistieron 30 estudiantes de 4° medio.

Cortometraje educativo y material complementario:

- Coordinación, divulgación y aspectos protocolares de la ceremonia de lanzamiento del cortometraje “Luciana y los Galletones Mágicos”, realizada el 30 de abril de 2019, en Fundación Planetario de la Universidad de Santiago. La ceremonia contó con la participación del Subsecretario del Ministerio de Energía, la Directora de Fundación Planetario y el Director Ejecutivo de la CCHEN.

Este cortometraje, elaborado por un equipo interdisciplinario de la CCHEN (en que participó un profesional de esta Oficina) y de Fundación Planetario, entre 2018 y 2019, comenzó a ser exhibido desde el 02 de mayo de 2019, como parte de las funciones regulares de dicha entidad, por un período de tres años, mediante sistema FullDome para planetarios en 360 grados.

En el período de mayo a diciembre de 2019, el cortometraje fue visto por 117.611 personas, principalmente estudiantes y público adulto.

Cabe destacar que este trabajo fue seleccionado para su exposición en el III Congreso de la Red LANENT (Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear) y para su exhibición en el XI Encuentro de Planetarios de América del Sur APAS-2019, desarrollado en el Planetario de la Ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina, entre el 2 y 6 de diciembre de 2019.

- Un profesional de la Oficina elaboró propuesta de 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, colaboró en revisión de diseño y contenido de una versión digital (formato libro) del cortometraje.



Imagen N° 38: cortometraje educativo transmitido en Planetario Chile de la USACH.

Mesa de Educación del Ministerio de Energía:

- Profesional de la Oficina fue ratificado para participar de la Mesa de Educación Intersectorial del Ministerio de Energía, a cargo de la División de Energías Sostenibles de dicha repartición, con el fin de revisar e implementar la estrategia de educación y formación de capital humano que consolide y articule las distintas iniciativas ejecutadas por el Ministerio de Energía y sus instituciones asociadas.

MEDIOS DE COMUNICACIÓN

La CCHEN ha mantenido una política de puertas abiertas con los medios de comunicación, por lo que ha atendido solicitudes de información de periodistas y, además, ha enviado comunicados de prensa a los medios sobre hitos clave de la Institución.

En relación al envío de comunicados, los temas tuvieron relación, principalmente, con:

- Quehacer propio de la CCHEN:
 “Exitosa primera operación de irradiador reacondicionado en la CCHEN” (23 de enero de 2019)
 “CCHEN ampliará cobertura a pacientes de la medicina nuclear” (13 de febrero de 2019)
 “Investigadores de la CCHEN se adjudican fondos CONICYT” (13 de agosto de 2019)

- Emergencias radiológicas:
 “Incendio forestal afecta a zona aledaña al Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre” (25 de febrero de 2019)
 “CCHEN reitera robo de fuente radiactiva y su peligrosidad” (19 de julio de 2019)
 “CCHEN informa que fuente radiactiva continúa extraviada” (21 de julio de 2019)

Sobre la atención de consultas por parte de los medios, estas se relacionaron con:

- Energía Nuclear y quehacer de la CCHEN: El Definido, El Empresario, Revista Sábado (El Mercurio), Entel Empresas, CONICYT, TXS Radio, TVN y TVN señal internacional.
- Seguridad Nuclear y Radiológica: La Segunda, Radio Universidad de Chile, Radio Universo y Las Últimas Noticias.
- Exposición “Tesla, el futuro me pertenece”: Radio Duna, Radio Futuro, Radio Dinámica FM (Iquique) y Canal Nortevisión Iquique.
- Acuerdo de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL): TXS Radio
- Chernóbil (a propósito de la serie de HBO estrenada en 2019): Las Últimas Noticias, Radio Universidad SEK, Radio Universidad de Chile, T13 Radio, Publimetro y TXS Radio.

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”.

COMUNICACIÓN DIGITAL

Sitio web institucional:

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

Redes sociales:

- 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 (clics, “Me gusta” y retuits): aumentó en un 52%, equivalente a 3892 interacciones más que en 2018.
 - 965.300 impresiones totales (total de veces que usuarios vieron las publicaciones de CCHEN en Twitter): aumentó en un 71%, equivalente a 689.816 impresiones más que en 2018.

- YouTube (a diciembre de 2019):
 - 107.120 reproducciones de videos.
- Facebook CCHEN:
 - 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 (clics, reacciones, comentarios, compartidos).

Mailing:

- Mailing: invitación lanzamiento de cortometraje “Luciana y los Galletones Mágicos” (18 de mayo de 2019), invitación Día del Patrimonio Cultural en la CCHEN (10 de mayo de 2019), invitación charla sobre radiofármacos (14 de agosto de 2019), invitación charla de ciencias con Gabriel León (13 de septiembre de 2019), saludo navideño (24 de diciembre de 2019) y envío publicación “Liderazgo en Cultura de Seguridad” (30 de diciembre de 2019).
- Boletines ARCAL: se envió una publicación sobre Convocatoria de Proyectos de Cooperación Técnica del Bienio 2022-2023 (29 de octubre de 2019).

PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y PUERTAS ABIERTAS



Imagen N° 39: Día del Patrimonio Nacional en la CCHEN 2019.

Visitas guiadas a los Centros de Estudios Nucleares:

La CCHEN cuenta con un programa regular de atención de visitas, principalmente dirigido a entidades de educación superior y delegaciones de entidades de diversa índole. En 2019 el programa nuevamente se abrió a delegaciones, que fueron atendidas en los Centros Nucleares La Reina y Lo Aguirre de la CCHEN.

Así, en total, se atendieron 46 delegaciones, provenientes de universidades e institutos de educación del país. El detalle es el siguiente:

N° de visitas al CEN La Reina: 699 personas
 N° de visitas al CEN Lo Aguirre: 111 personas
 N° total de personas atendidas: 810 personas

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, 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 sesionó en siete oportunidades, para abordar los siguientes temas:

- Revisión de contenidos y participación presencial en Cuenta Pública de la 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 las 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, 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, temáticas nucleares y radiológicas 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).

ACCESO A LA INFORMACIÓN

Transparencia Pasiva:

Los procesos referidos a transparencia pasiva (leyes 19.880 sobre consultas ciudadanas y 20.285 sobre acceso a la información pública) están radicados en la Oficina Asesora de Comunicación Corporativa de la CCHEN. 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 de la 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 de la 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.

Solicitudes ciudadanas:

Desglose por tipo de solicitud:

Tipo de solicitud	Nº solicitudes	%
Consulta	2330	96,6%
Felicitaciones	0	0%
Opinión	0	0%
Petición	65	2,7%
Reclamo	5	0,2%
Sugerencia	0	0%
Otro	13	0,5%
Total de solicitudes	2413	100,0%

Desglose por actividad del usuario:

Actividad	Nº solicitudes	%
Dueña de casa	0	0,0%
Empleado/a	26	1,1%
Estudiante Básica	2	0,1%
Estudiante Media	6	0,2%
Estudiante Post título	5	0,2%
Estudiante Universitario	76	3,1%
Otra	62	2,6%
Profesional	1547	64,1%
Sin actividad	689	28,6%
Total de solicitudes	2413	100,0%

Desglose por grupo etario:

Edad	N° solicitudes	%
Entre 0 y 18 años	6	0,2%
Entre 19 y 25 años	59	2,4%
Entre 26 y 30 años	532	22%
Entre 31 y 35 años	936	38,8%
Entre 36 y 40 años	224	9,3%
Entre 41 y 45 años	28	1,2%
Entre 46 y 50 años	192	8%
Entre 51 y 55 años	365	15,1%
Entre 56 y 60 años	56	2,3%
Entre 61 y 65 años	9	0,4%
Entre 66 y 70 años	4	0,2%
Entre 71 y 75 años	2	0,1%
Más de 75 años	0	0,0%
Sin edad	0	0,0%
Total de solicitudes	2413	100,0%

Desglose por género

Sexo	N° solicitudes	%
Femenino	681	28,2%
Masculino	1650	68,4%
Si registro	82	3,4%
Total	2413	100,0%

COMUNICACIÓN DE EMERGENCIAS

Dos profesionales del área, liderados por el jefe de la Oficina Asesora de Comunicación Corporativa, forman parte activa del equipo de emergencias de la Institución. El objetivo de este grupo de trabajo -conformado durante una situación de potencial emergencia- es mitigar cualquier posible efecto que pudiera tener en las personas, bienes y medio ambiente el uso no controlado de las radiaciones.

En tanto, lo que respecta al área de comunicaciones, el rol de los profesionales es mantener comunicación con el público y medios de comunicación en tales situaciones, de manera de reducir la percepción de riesgo de la ciudadanía y velar por la imagen de la Institución.

El equipo de Comunicaciones ha participado activamente en las siguientes instancias:

- Se colaboró comunicacionalmente durante la búsqueda y rescate de una fuente de gammagrafía industrial, sustraída en Qulicura (18 de julio de 2019).
- Asistencia permanente a las sesiones regulares y especiales de la CONSER, integrada por instituciones relacionadas con la respuesta a emergencias de tipo radiológicas.
- Elaboración de protocolos de actuación frente a emergencias radiológicas.
- Participación en la revisión de protocolos relacionados con accidentes y/o emergencias radiológicas de la Institución.
- Participación en ejercicios (tipo simulación) relacionados con el manejo de emergencias, organizados a distancia por el OIEA.

PARTICIPACIÓN INTERNACIONAL

- Una funcionaria de esta Oficina, junto a funcionaria del SAG, asistió a “Taller sobre Comunicación de Riesgos asociados con los contaminantes orgánicos Persistentes”, en el marco de proyecto ARCAL “Mejora de la gestión de la contaminación causada por contaminantes orgánicos persistentes a fin de reducir su impacto en las personas y el medio ambiente” (RLA5069) | Ecuador, 22 al 26 de abril de 2019.
El objetivo fue elaborar un plan comunicacional para difundir los avances y resultados de los proyectos en cada uno de los países participantes.
- Funcionaria asistió a reunión técnica “Stakeholder Involvement and Communication for New and Expanding Nuclear Power Programmes” | Austria, 11 al 14 de junio de 2019.
Se trata de un encuentro de países que están iniciando un programa nuclear o bien, que están considerando la idea, para discutir sobre los planes y estrategias de comunicación con el público. El objetivo fue aprender a desarrollar encuestas de percepción del público, para luego abordar una estrategia comunicacional. La funcionaria expuso sobre “How do we communicate the benefits from the use of the ionizing radiation?”, que trató de las principales actividades de comunicación y divulgación que desarrolla la CCHEN en el país.

- Jefe de la Oficina Asesora de Comunicación Corporativa asistió como experto a “Reunión Regional sobre el Diseño de Productos de Comunicación para Entornos Marinos y Costeros” (RLA/7/022) denominado “Fortalecimiento de la monitorización y respuesta regionales para la sostenibilidad de entornos costeros y marinos” | Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Colombia), 29 de abril al 03 de mayo de 2019. El objetivo fue elaborar y presentar el Plan Regional de Comunicaciones del proyecto, y coordinar el establecimiento de grupos de trabajo para elaborar productos definidos.
- Funcionario asistió a curso regional “Development of e-learning-based material for education and training in nuclear science and technology” | Instituto de Radioprotección y Dosimetría de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (Brasil), 01 al 05 de julio de 2019. El objetivo fue adquirir conocimientos tecnológicos y pedagógicos para el desarrollo de información o cursos a distancia, mediante la modalidad e-learning.
- Dos funcionarios asistieron al curso regional “Nuclear knowledge management”, organizado por la Universidad Nacional de Asunción, en el marco del proyecto RLA 0057 | Paraguay, 18 al 22 de noviembre de 2019. El objetivo fue conocer y comprender los temas que sustentan la aplicación de la gestión del conocimiento a nivel organizacional y su relación con los temas de comunicación corporativa, educación y capacitación.

OFICINA DE ASESORÍA JURÍDICA

Responsable: Gloria Zárate Pérez (gloria.zarate@cchen.cl)

OBJETIVO

Asegurar que las actividades y procesos que desarrolle o tengan relación con la Comisión, o con aquellos que sean solicitados a esta, cumplan con los requisitos que el ordenamiento jurídico impone y con los criterios propios del área de desempeño de donde provenga la solicitud.

Asimismo, en su ámbito de acción, le corresponde mantener los vínculos con los organismos externos, para que el país dé cumplimiento a su rol en la comunidad nuclear.

HECHOS RELEVANTES

Se asesoró, elaboró y tramitó un total de 18 convenios:

N° Convenio	Contraparte Convenio	N° Resolución	Descripción	Duración
043/2018	Comité de Minería No Metálica	017/2019	Término Convenio N° 043/2018 desde el 01/01/2019.	-
015/2019	Instituto Forestal	018/2019	Desarrollo conjunto del proyecto “Uso de tecnologías nucleares para el mejoramiento vegetal en especies forestales, a través de la aplicación de radiación gamma, así como la generación de redes que incorporen otras técnicas complementarias”.	3 años
024/2019	Fundación para el Desarrollo Frutícola	022/2019	Convenio de cooperación en ámbitos de mutuo interés.	Indefinido
060/2019	Fundación para el Desarrollo Frutícola	060/2019	Evaluación exploratoria del efecto de la irradiación de energía ionizante en la calidad y condiciones en uva de mesa.	Hasta el 30/04/2020

102/2018	Universidad de Chile	061/2019	Modificar Art. 4° del convenio N° 102/2018 para la integración de dinero correspondiente a proyecto Anillo ACT-172101. Esta modificación responde a requerimiento de CONICYT sobre las rendiciones técnicas y financieras del proyecto.	Hasta el 31/12/2020
064/2019	Universidad Católica del Norte	063/2019	Colaboración conjunta para la ejecución de proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, respecto a áreas de interés común, ya sea a través de fondos públicos, privados o proyectos patrocinados entre ambas instituciones.	5 años prorrogable
063/2019	Corporación de Fomento de la Producción	064/2019	Corfo autoriza a CCHEN a ingresar a plataforma para utilizar funcionalidades descritas en convenio, cuyo fin es establecer un trabajo colaborativo vinculado a las actividades de autorización y control de los actos jurídicos relativos al litio.	Indefinido
065/2019	Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura	067/2019	Trabajo conjunto para diseñar, ejecutar y evaluar programas, proyectos y acciones colaborativas, prácticas y perfeccionamiento profesional, asesorías especializadas, cooperación técnica, investigación u otras de interés común.	Indefinido
066/2019	Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación	069/2019	Trabajo conjunto para diseñar, ejecutar y evaluar programas, proyectos y acciones colaborativas, prácticas y perfeccionamiento profesional, asesorías especializadas, cooperación técnica, investigación u otras de interés común.	5 años renovable
070/2019	Instituto de Salud Pública de Chile	070/2019	Convenio colaborativo para concretar actividades de interés común.	Indefinido

072/2019	Fundación Parque Científico Tecnológico de la Universidad Católica del Norte	074/2019	Regular la colaboración conjunta, en relación a actividades y acuerdos necesarios para realizar transferencia tecnológica y concretar nuevos servicios tecnológicos e innovación, propiciar el fortalecimiento y complementación de capacidades en identificación y protección	5 años
080/2019	Centro FONDAP de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería	079/2019	Trabajo conjunto para diseñar, ejecutar y evaluar programas, proyectos y acciones colaborativas, prácticas y perfeccionamiento profesional, asesorías especializadas, cooperación técnica, investigación u otras de interés común.	5 años renovable
089/2019	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica	088/2019	Proyecto "Desarrollo y evaluación de una metodología efectiva de control y prevención de la enfermedad de loque americana en colmenas chilenas mediante el uso de irradiación gamma para el fortalecimiento de una apicultura nacional sustentable".	24 meses
098/2019	FONDECYT-CONICYT	095/2019	Proyecto "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" N° 3190184).	3 años
102/2019	Agencia Chilena de Eficiencia Energética	099/2019	Convenio de colaboración técnica, enmarcado en la Ruta Energética 2018-2022, impulsada por el Ministerio de Energía. Uno de sus ejes apunta a mejorar el desempeño energético de los edificios públicos y apoyar en la consolidación de la industria de servicios energéticos en el país, proponiendo como meta la intervención de 100 edificios públicos con "modelo ESCO".	Hasta el 31/12/2021

106/2019	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica	106/2019	Regular y reglamentar la ejecución del proyecto "Synthesis of li-s-c nanoparticles for high density energy storage devices by supersonic thermal plasma expansión method".	24 meses
108/2019	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica	111/2019	Aprobación del proyecto "Experimental characterization of pulsed radioations and particles generated by low energy plasma focus devices and study of heirs effects on matter" (N° 1190677).	4 años
109/2019	Consultorías y Servicios Mineros S.A.	112/2019	Trabajo conjunto para diseñar, ejecutar y evaluar programas, proyectos y acciones colaborativas, prácticas y perfeccionamiento profesional, asesorías especializadas, cooperación técnica, investigación u otras de interés común.	3 años
120/2019	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica	004/2020	CONICYT declara que en concurso FONDECYT de postdoctorado 2019 se aprobó proyecto "Rol de los ARNS no codificantes exosomales en la inducción del daño en el ADN, secundario a la radiación ionizante" (N° 3190396).	3 años
123/2019	Gobernación Provincial de Isla de Pascua	007/2020	Convenio firmado para promover cooperación y colaboración, en virtud de que ambas entidades tienen un legítimo interés en la realización de actividades de su competencia en pro de la comunidad.	Validez depende de la concesión marítima

OFICINA ASESORA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN

Responsable: Felipe Muñoz Nieto (felipe.munoz@cchen.cl)

OBJETIVO

Administrar el proceso de planificación y control de gestión institucional, identificando los factores que intervienen en su ámbito de desempeño, así como las desviaciones que permiten a la Dirección Ejecutiva adoptar las medidas preventivas y correctivas para el mejoramiento de las actividades y proyectos, correspondientes a las previsiones de desarrollo de la Comisión.

HITOS 2019

Programa de Mejoramiento de la Gestión (PMG) 2019:

En 2019, el Programa de Mejoramiento de la Gestión institucional incluyó tres objetivos de gestión:

- **Gestión Eficaz:**
Objetivo: mejorar procesos que contribuyan a disminuir los riesgos de seguridad de la información, los riesgos laborales, inequidades, brechas de género, procesos de fiscalización, planificación y control de gestión, y los resultados operacionales que contribuyan al logro de la efectividad de la Institución.
- **Eficiencia Institucional:**
Objetivo: contribuir al buen uso de la energía y a un mejor desempeño financiero de las instituciones.
- **Calidad de los Servicios:**
Objetivo: determinar el grado de satisfacción e insatisfacción de usuarios/as y/o ciudadanos/as, así como la gestión de reclamos y procesos clave de atención a usuarios/as y digitalización de los trámites.

En el banner "Gestión Institucional" de www.cchen.cl, se dispuso información sobre los indicadores que conforman los mecanismos de incentivos de remuneraciones a nivel institucional.

Convenio de Desempeño Colectivo (CDC) 2019:

Respecto al CDC, CCHEN comprometió 26 indicadores asociados a seis grupos de trabajo. Cada uno de los seis equipos de trabajo obtuvo un cumplimiento igual o superior a 90%, por lo que los

funcionarios/as participantes tendrán derecho a percibir en 2020, el total del Incremento por Desempeño Colectivo (8%).

Gestión Presupuestaria:

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.

La ejecución del presupuesto de gastos alcanzó los \$12.102,9 millones, lo que representa un 92,9% del presupuesto en trámite.

Ley de Presupuesto 2020:

La Ley de Presupuestos 2020 se aprobó con un presupuesto total de \$ 11.493,8 millones, dentro del cual se contempla el financiamiento de las siguientes inversiones:

- Almacén de Desechos Radiactivos: \$488,8 millones
- Adquisición de Cobalto-60 para la Planta de Irradiación Multipropósito: \$435,0 millones
- Adquisición de activos no financieros: \$282,8 millones

Gestión Corporativa de Proyecto:

En este ámbito, se han mantenido los esfuerzos en mejorar la madurez en gestión de proyectos, tomando como referencia lo desarrollado por la organización internacional PMI (Project Management Institute).

En particular, durante 2019, se realizaron seis Comités Estratégicos y 31 Comités Tácticos, en las que participaron las jefaturas de las divisiones y oficinas asesoras de la Comisión.

OFICINA ASESORA DE DESARROLLO ESTRATÉGICO Y ENERGÍA NUCLEAR DE POTENCIA

Responsable: Bárbara Nagel Araya (barbara.nagel@cchen.cl)

OBJETIVOS

Apoyar a la Dirección Ejecutiva en proveer información de valor que apoye la toma de decisiones estratégicas en materia nucleoelectrónica. En esa línea, le corresponde generar y difundir la información resultante de estudios y consultorías de mediano y largo plazo, relacionados con los fines de la Comisión, en particular, en materia de nucleoelectricidad, para contribuir a la toma de decisiones estratégicas.

HITOS 2019

- Estudios realizados en nucleoelectricidad:

En el marco de la Política Energética 2050, que mandata a la CCHEN a realizar estudios en materias relacionadas con energía nuclear de potencia, se realizaron los siguientes estudios:

- Modelación económica:

En 2019 se realizó un ejercicio de simulación sobre la entrada en operación de una central nuclear en el mercado eléctrico nacional. Esta simulación corresponde a la continuación de un ejercicio iniciado en 2018, desarrollado junto al Ministerio de Energía.

Para ello se utilizaron los parámetros y supuestos empleados en el Informe de Actualización de Antecedentes 2019 del Ministerio de Energía, como parte de la actualización de los resultados obtenidos en la Planificación Energética de Largo Plazo 2018-2022, que considera cambios en las tendencias económicas, la infraestructura existente, la demanda energética y los escenarios de retiro de centrales a carbón, entre los puntos más importantes.

Para la simulación se utilizaron algunos escenarios empleados en la Planificación Energética de Largo Plazo, más uno adicional adecuado a la energía nuclear. Si bien, en este ejercicio se fuerza la entrada 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).

Sin embargo, de no forzar 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.

- Informe de Tecnologías Nucleares:

Para reforzar los temas que aborda la Oficina regularmente, y complementar el trabajo de recopilación y síntesis de temas, en 2019 se realizó el informe sobre tecnología nuclear 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 modo de poder visualizar cuáles podrían ser 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 desarrolló un informe de consolidación del estado actual de ciertas 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.

- Actividades de difusión:

Parte de las funciones de la Oficina Asesora Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia es aportar al debate nacional, mediante actividades de divulgación sobre energía nuclear de potencia. En ese marco, se desarrollaron las siguientes actividades en 2019:

- Charla “NDCs y NAMAs de Chile: Compromisos en el marco del Acuerdo de París”. Esta charla se enmarcó en el “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 | CEN La Reina, 24 de abril de 2019.
- El 30 de abril de 2019, se lanzó el proyecto audiovisual “Luciana y los Galletones Mágicos”, desarrollado junto a Fundación Planetario de la Universidad de Santiago de Chile. Se trata de un cortometraje de 8:44 minutos, realizado en sistema FullDome 360°, y proyectado en las funciones diarias del Planetario durante 36 meses.



Imagen N° 40: lanzamiento cortometraje “Luciana y los Galletones Mágicos” en Planetario Chile.

Este audiovisual, elaborado para promover la enseñanza de los usos y aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, trata sobre las ciencias nucleares y su relación con las ciencias astronómicas, mostrando al espectador que la energía nuclear ha sido utilizada por el ser humano para diversas aplicaciones en Chile y el mundo.

Entre el 2 de mayo y el 21 de diciembre de 2019, el cortometraje fue visto por 117.611 personas, entre preescolares, escolares de enseñanza básica y media (establecimientos particulares, municipales y subvencionados) y público general.

- Charla “Consideraciones para la incorporación de la energía nuclear en la red eléctrica nacional” | Expuso: Erick Zbinden, jefe del Departamento de Integridad del Sistema del Coordinador Eléctrico Nacional | CEN La Reina, 02 de octubre de 2019
- En el marco de un convenio colaborativo firmado con Fundación Planetario, se realizó el montaje de un panel gráfico en dependencias del Planetario sobre la energía nuclear, como complemento al trabajo realizado en el cortometraje “Luciana y los Galletones Mágicos” | 29 de noviembre de 2019.
- Se realizó charla “Tecnología Nuclear de Potencia, una mirada al futuro” | Expuso: Gustavo Ribbeck, Of. Asesora Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia | CEN La Reina, 05 de diciembre de 2019.

- Otras actividades:
 - Participación en la 1° Conferencia Internacional sobre Cambio Climático y el Papel de la Energía Nucleoeléctrica". En esta instancia, que fue organizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), se presentó el paper "Nuclear Energy and Climate Change Policies in Chile" | Participó Paula González, Oficina Asesora Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia | Austria, 07 al 11 de octubre de 2019.
 - Finalización del proyecto coordinado de investigación (CRP, por sus siglas en inglés) "Assessments of the Potential Role of Nuclear Energy in National Climate Change Mitigation Strategies", desarrollado entre 2016 y 2019.
Por parte de la CCHEN, participó el equipo de la Oficina Asesora de Desarrollo Estratégico y Energía Nuclear de Potencia, junto a la jefa del Departamento Servicios de Protección Radiológica, Vivian Pereira. Chile participó junto a países como Armenia, Australia, China, Croacia, Ghana, Lituania, Pakistán, Polonia, Sudáfrica, Turquía, Ucrania, Vietnam y Chile.



Imagen N° 41: Paula Díaz y Gustavo Ribbeck (ODENP) exponen en charlas organizadas por la Oficina Asesora.

Conclusión Proyecto CRP:

La energía nuclear es una opción relevante para mitigar las emisiones de efecto invernadero. Sin embargo, actualmente, las principales barreras para implementar un programa nuclear de potencia en Chile son la opinión pública y los costos de inversión.

La energía nuclear en Chile, como en otros lugares del mundo, se ve afectada por la percepción de "riesgo". De ello se desprende que sus aplicaciones y beneficios no se han extendido lo suficiente a la población, por lo que no es asociada como una energía limpia, a diferencia de otros tipos de energía.

En tanto, desde el punto de vista económico, la energía nuclear representa costos de inversión más altos que otras tecnologías de generación energética. No obstante ello, desde el punto de vista operacional, estas plantas resultarían costo-eficientes para el sistema eléctrico.

En esa misma línea, si se consideran y cuantifican otros costos (ambiental, social y de salud), podría incrementarse la competitividad de la energía nuclear. Pero, para que sus ventajas competitivas puedan ser consideradas, se requieren políticas que aborden los problemas de diseño de los mercados, para así otorgar reconocimiento monetario a las cualidades que ofrece: confiabilidad, seguridad y generación con cero emisiones.

SIGLAS

AIDIS Chile	: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental	ETR	: Elementos de Tierras Raras
ALI	: Límite de Incorporación Anual	END	: Ensayos No Destructivos
ANDES	: Agua Negra Deep Experiment Site	EUN	: Eficiencia de Uso de Nitrógeno
ANI	: Agencia Nacional de Inteligencia	FDG	: Fluorodesoxiglucosa
ARCAL	: Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnologías Nucleares en América Latina y el Caribe	FLO	: Oficiales de Primera Línea
ARNR	: Autoridad Reguladora Nacional de Radioprotección (Uruguay)	FONDEF	: Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico
BEIC	: Biblioteca Electrónica de Información Científica	FONDECYT	: Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico
BPM	: Buenas Prácticas de Manufactura	GAPA	: Grupo de Apoyo de Primeros Auxilios
CAIGG	: Consejo de Auditoría Interna General de Gobierno	GEI	: Gases de Efecto Invernadero
CAS	: Central de Vigilancia y Alarma	GOPE	: Grupo de Operaciones Especiales
CDC	: Convenio de Desempeño Colectivo	HIL	: Capa Inyectora de Agujeros
CEAZA	: Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas	HTL	: Cepa Transportadora de Agujeros
CECOPAC	: Centro Conjunto para Operación de Paz de Chile	HTFs	: Fluido de Transferencia de Calor
CEPRO	: Curso Específico de Protección Radiológica	INFOR	: Instituto Forestal de Chile
CENA	: Centro de Energía Nuclear para la Agricultura	ININ	: Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (México)
CENCO	: Centro de Formación Técnica	INN	: Instituto Nacional de Normalización
CEN La Reina	: Centro de Estudios Nucleares La Reina	INTA	: Instituto Nacional de Nutrición y Tecnología de los Alimentos
CEN Lo Aguirre	: Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre	IPEN	: Instituto Peruano de Energía Nuclear
CGL	: Capa Generadora de Cargas	ISP	: Instituto de Salud Pública
CINCEL	: Consorcio para el Acceso a la Información Científico Electrónica	ISTAS	: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud
CIEN Chile	: Centro de Información sobre Energía Nuclear	LABONET	: Red Internacional de Laboratorios de Caracterización de Desechos Radiactivos
CORFO	: Corporación de Fomento de la Producción	LANENT	: Red Latinoamericana para la Educación y la Capacitación en Tecnología Nuclear
CONAF	: Corporación Nacional Forestal	LBONet	: Red Latinoamericana de Dosimetría Biológica
CONSER	: Comisión de Seguridad en Emergencias Radiológicas	MAN	: Materiales Atómicos Naturales
COSOC	: Consejo de la Sociedad Civil	MIN	: Materiales de Interés Nuclear
CND	: Centro Nacional de Datos	Minsal	: Ministerio de Salud
CNE	: Comisión Nacional de Energía	NLO	: Encargado Nacional de Enlace
CSN	: Consejo de Seguridad Nuclear (España)	ODEPA	: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
CTBT-Chile	: Tratado para la Prohibición Completa de Ensayos Nucleares	OIEA	: Organismo Internacional de Energía Atómica
DAC	: Concentración Derivada de Aire	OMM	: Organización Mundial de Meteorología
DIPRES	: Dirección de Presupuestos	ONEMI	: Oficina Nacional de Emergencias
DIRECTEMAR	: Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile	OPRA	: Oficial de Protección Radiológica en Alerta
DGAC	: Dirección General Aeronáutica Civil	OPV	: Celda Fotovoltaica Orgánica
DOE	: Departamento de Energía de Estados Unidos	OSI	: Inspecciones In Situ
		OTL	: Oficina de Transferencia y Licenciamiento
		PAC	: Programa Anual de Capacitaciones
		PAI	: Programa Atracción e Inserción de Capital Humano Avanzado
		PDI	: Policía de Investigaciones
		PMG	: Programa de Mejoramiento de la Gestión

RedGT	: Red de Gestores Tecnológicos
SAG	: Servicio Agrícola y Ganadero
SERNAGEOMIN	: Servicio Nacional de Geología y Minería
SIAC	: Sistema Integral de Atención Ciudadana
SIG	: Sistema de Información Geográfica
SIV	: Sistema Internacional de Vigilancia
SOCHIFI	: Sociedad Chilena de Física
SONAMI	: Sociedad Nacional de la Minería
TOE	: Trabajador Ocupacionalmente Expuesto
TPCE	: Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares
UMCE	: Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación



CCHEN
Ministerio de Energía

Gobierno de Chile

Memoria

Comisión Chilena de Energía Nuclear

2019