



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

## DEPARTAMENTO MATERIALES NUCLEARES

Jefe Departamento: Ingeniero Civil Mecánico Sr. Gonzalo Torres Oviedo

[gtorres@cchen.cl](mailto:gtorres@cchen.cl)

### OBJETIVO

Disponer de conocimientos, tecnologías y capacidades en etapas del ciclo del combustible nuclear con el fin de satisfacer los requerimientos del estado chileno y los propios de la institución en conexión con la explotación de reactores nucleares, y en áreas de la ciencia de los materiales contribuyendo al desarrollo científico y tecnológico del país.

Todo ello, de acuerdo con el mandato legal de la CCHEN.

### DESCRIPCIÓN

El Departamento Materiales Nucleares se organiza en tres Secciones:

## SECCION COMBUSTIBLES NUCLEARES

Jefe Sección: Ingeniero Civil Metalúrgico Sr. Jorge Marín Espinoza

[jmarin@cchen.cl](mailto:jmarin@cchen.cl)

Esta Sección la integran el Laboratorio de Conversión, LCONV, y la Planta de Elementos Combustibles, PEC, ambas instalaciones ubicadas en el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre.

### 1. OBJETIVOS

- Desarrollar la tecnología para la obtención de uranio a partir de hexafluoruro de uranio,  $UF_6$ , apto para ser usado en la fabricación de combustible MTR.
- Desarrollar y producir elementos combustibles y componentes para irradiación para reactores nucleares de investigación Diseño y fabricación de combustibles con uranio de bajo enriquecimiento y componentes para irradiación de materiales en reactores nucleares de investigación.

### 2. LÍNEAS DE TRABAJO

#### 2.1. Laboratorio de Conversión

*Proceso Productivo de Conversión de  $UF_6$  en Uranio metálico*

Este proceso desarrollado algunos años atrás considera tres etapas, es decir tres procesos distintos que se explican a continuación:

1. Obtención de  $UO_2F_2$  por hidrólisis de  $UF_6$

Este proceso contempla la gasificación de hexafluoruro de uranio, ( $UF_6$ ), enriquecido al 19,99 % en  $U^{235}$ , mediante calentamiento controlado del cilindro que lo contiene, luego se hace avanzar el gas por una tubería de monel, aleación Ni-Cu, empujado por nitrógeno. Al momento de ingresar el gas  $UF_6$  a un estanque de polipropileno se pone en contacto con agua que recircula, la que entra al estanque mediante una fina llovizna. Producto de esta reacción de



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

hidrólisis se genera como producto una solución de  $\text{UO}_2\text{F}_2$  cuya concentración de uranio varía entre 70 y 90 gU/lit.

2. Obtención de  $\text{UF}_4$  por reducción de  $\text{UO}_2\text{F}_2$  mediante la adición de cloruro estanoso,  $\text{SnCl}_2$  y ácido fluorhídrico, HF.

Consiste en la reducción química de una solución de  $\text{UO}_2\text{F}_2$ , a temperatura y agitación constante, mediante la adición estaño como agente reductor, en la forma de  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , y de HF para formar  $\text{UF}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  en polvo. Este material se separa de la solución por filtrado seguido de secado al aire a  $100^\circ\text{C}$  y deshidratación a temperatura mayor en atmósfera inerte de argón.

3. Obtención de uranio metálico mediante reacción metalotérmica de  $\text{UF}_4$  con magnesio, Mg, en polvo.

Esta, que es la etapa final, considera el mezclado de polvo de  $\text{UF}_4$  deshidratado con polvo de Mg para en seguida introducir la mezcla en un crisol y este último dentro de un reactor de acero inoxidable refractario bajo atmósfera protectora de argón. La reacción procede cuando la temperatura interior alcanza un valor entre  $520$  y  $540^\circ\text{C}$ , condición necesaria para producir una reacción fuertemente exotérmica cuyo producto principal es uranio metálico.

## 2.2 Planta de Elementos Combustibles

1. Desarrollo de Elementos Combustibles MTR de alta densidad para reactores de investigación.

Durante el 2007 se inició la irradiación en el reactor RECH-1 de un elemento combustible experimental con una placa combustible fabricada en base al compuesto  $\text{U}_3\text{Si}_2$  con la más alta densidad de uranio licenciada para este tipo de compuesto ( $4,8 \text{ gU/cm}^3$ ). El propósito es calificar bajo irradiación tanto el elemento combustible, su proceso de manufactura y el sistemas de aseguramiento de calidad aplicados por la Planta de Elementos Combustibles.

2. Desarrollo de Blancos (Targets) para producción de Mo de Fisión.

Línea de trabajo iniciada el 2006, como parte de un proyecto coordinado de investigación (CRP) del OIEA, y que tiene como propósito fundamental el desarrollo de la tecnología de obtención del Molibdeno de fisión para aplicaciones médicas a partir de la irradiación de blancos fabricados con uranio metálico de bajo enriquecimiento (LEU).

3. Mantenimiento del Sistema de Gestión de Calidad.

Actividades tendientes a mantener y mejorar el sistema de gestión de calidad basado en el estándar ISO 9000 que posee la instalación, cuya primera certificación fue otorgada el 2003 por la empresa Bureau Veritas Quality International, BVQI, con acreditación internacional otorgada por ANSI-RAB de EEUU. Durante el 2007 el Sistema de gestión de Calidad de la PEC fue nuevamente auditado por parte de VBQI como parte de un proceso institucional de certificación. Durante el periodo también se registraron avances en la actualización de documentación y en la integración del SGC de la PEC con el Sistema Integral de Calidad de la CCHEN.

4. Desarrollo de combustibles nucleares basados en aleaciones U-Mo

Actividad en directa conexión con la actualización del “estado del arte” mundial en combustibles para reactores experimentales. El propósito fundamental es investigar y



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

desarrollar nuevos compuestos de materiales para combustibles nucleares tendiente a lograr densidades de uranio por sobre los 8 gU/cm<sup>3</sup>, que favorecen la conversión del combustible a LEU con mayor eficiencia para los reactores experimentales en el mundo.

#### 5. Desarrollo de láminas de uranio metálico producción de molibdeno de fisión.

Esta línea de trabajo guarda directa relación con la línea de desarrollo de blancos para producción de Mo de Fisión y consiste en diseñar, planificar y ejecutar actividades tendientes a disponer de una metodología validada experimentalmente para la manufactura y aseguramiento de calidad de láminas delgadas de uranio metálico tales que cumplan especificaciones internacionales de calidad y seguridad para este tipo de productos.

### 3. RESULTADOS RELEVANTES DEL PERÍODO

#### 3.1. Laboratorio Conversión

Es necesario señalar que el pequeño monto de material tratado en cada operación en las 3 etapas se debe a la restricción impuesta por el Departamento de Seguridad Nuclear, en el sentido de evitar la posibilidad de masa crítica considerando que el proceso se aplica a uranio enriquecido en el isótopo 235. Durante el 2007 se llevaron a cabo las siguientes actividades:

##### 1. Obtención de UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> por hidrólisis de UF<sub>6</sub>

Se realizaron 5 operaciones de Hidrólisis que permitieron extraer 15.745 g de UF<sub>6</sub> (con uranio enriquecido al 19,99 % en U<sup>235</sup>) completando 71.184 g de UF<sub>6</sub> extraído.

Desde el inicio de la producción se ha procesado un 96,5 % respecto del total, 73.764 g de UF<sub>6</sub>, contenidos en 3 cilindros de tipo 5-B y dos cilindros de tipo 2-S.

Las hidrólisis llevadas a cabo durante 2007 permitieron alcanzar una cifra total acumulada de solución de UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> de 606,32 litros con una concentración promedio de 76,23 gU/lit.

La nebulización lograda del agua que recircula en el hidrolizador permite una altísima eficiencia de reacción alcanzando un rendimiento casi perfecto 99,9%.

##### 2. Obtención de UF<sub>4</sub> por reducción de UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> mediante la adición de cloruro estano, SnCl<sub>2</sub> y ácido fluorhídrico, HF.

Durante 2007 se continuó el proceso de precipitación iniciado el año anterior, se llevaron a cabo 25 operaciones de precipitación de UF<sub>4</sub> a partir de solución de UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, produciendo un total de 40.016,1 g de UF<sub>4</sub> deshidratado en atmósfera de argón, cifra que representa un 63.1 % del total esperado a producir; lo que da un acumulado total de UF<sub>4</sub> producido de 84,6%.

La eficiencia de reacción de este proceso durante el año fue de 97,1 % y la global es de 96,5 % debido a que las primeras operaciones realizadas el año anterior tuvieron rendimientos menores.

##### 3. Obtención de uranio metálico mediante reacción metalotérmica de UF<sub>4</sub> con magnesio, Mg, en polvo.



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

Se efectuaron 5 operaciones metalotérmicas en las que se hizo reaccionar  $UF_4$  más Mg produciendo 23.607 g de uranio metálico, es decir, se ha completado el 58,6% del total esperado a producir, con un rendimiento promedio de 88,4 %.

### 3.2 Planta de Elementos Combustibles

1. Desarrollo de Elementos Combustibles MTR de alta densidad para reactores de investigación.
  - Inicio del programa de calificación bajo irradiación de un elemento combustible experimental tipo RECH-1 con diseño modificado, constituido por una placa combustible fabricada con uranio de bajo enriquecimiento y 15 placas de aluminio. Los objetivos principales de esta actividad han sido calificar bajo irradiación con la mayor densidad licenciada internacionalmente con  $U_3Si_2$ , ( $4,8gU/cm^3$ ), además de evaluar las capacidades de la PEC en cuanto a optimización del diseño de combustibles nucleares y también en el seguimiento y calificación de elementos combustibles. Hasta la fecha de emisión de este reporte el desempeño del elemento combustible experimental ha sido de acuerdo a lo esperado y tanto las inspecciones visuales, los controles dimensionales y los cálculos de quemado han dado resultados satisfactorios.
2. Desarrollo de Blancos (Targets) para producción de Mo de Fisión
  - En cuanto al desarrollo de blancos para la producción de molibdeno de fisión a partir de LEU, durante el 2007 se ha validado el diseño y se ha completado el montaje de las maquinas y equipamientos para: ensamble de los blancos, sellado por soldadura TIG, corte transversal y longitudinal de blancos irradiados, sistema de desarme para blancos irradiados. Se completó la fabricación de prototipos bajo especificaciones incluyendo uno con lámina de uranio natural y se avanzó en la puesta a punto de una metodología de evaluación de fugas de sellado basada en un detector de He.
3. Mantenimiento del Sistema de Gestión de Calidad.
  - Se ha continuado en la integración al Sistema Integral de Calidad de la CCHEN. Se logró superar exitosamente una nueva auditoria de Certificación de Calidad aplicada por Bureau Veritas VBQI International en el marco de un proceso de Certificación Institucional que considera múltiples secciones tanto operativas como de gestión y apoyo de la CCHEN. No obstante lo anterior, la PEC mantiene su certificación de calidad, renovada el 2006 y con vigencia de tres años por la Compañía Bureau Veritas VBQI International y la acreditación internacional por parte de ANAB (Ex ANSIRAB de USA).
4. Desarrollo de combustibles nucleares basados en aleaciones U-Mo
  - Durante el 2007 se lograron importantes avances en el desarrollo de láminas delgadas de aleaciones UMo. A través del procesos de conformado en caliente fue posible obtener láminas con espesores cercanos a los 320 micrones, materia prima fundamental para combustibles nucleares avanzados conocidos como combustibles monolíticos los cuales constituyen hoy en día la mas promisoría alternativa en el desafío mundial de bajada de enriquecimiento de uranio utilizado en los reactores de investigación. También durante el 2007 se completaron los estudios de interacción de la fase UMo con la matriz de aluminio, evaluando la influencia de modificaciones de composición química tanto de la fase fisionable como de la matriz soportante que constituyen los combustibles nucleares tipo disperso. Se completaron los estudios de



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

swelling fuera del núcleo en miniplacas de combustible tipo disperso y se difundieron los resultados más relevantes en foros científicos nacionales e internacionales.

#### 5. Desarrollo de láminas de uranio metálico producción de Mo de fisión

- Durante el 2007 la PEC desarrollo una nueva línea de acción tendiente a la obtención de láminas delgadas de uranio metálico para su utilización como blancos de irradiación para la producción del isótopo de uso médico  $^{99}\text{Tc}$  a partir de molibdeno de fisión. A este respecto, durante el año pasado se logró, a través de una metodología de deformación en caliente, obtener láminas delgadas de uranio natural con espesores cercanos a los 210 micrones, cifra muy cercana al espesor especificado y que se espera ajustar sin mayor dificultad durante el 2008 hasta contar con una metodología propia para la producción de láminas de uranio bajo especificaciones internacionales para este tipo de aplicación. Esta actividad también forma parte de los esfuerzos internacionales por bajar el enriquecimiento del uranio utilizado a nivel mundial, en este caso para una aplicación médica que constituye, mundialmente, el radioisótopo de mayor uso en medicina nuclear.

## 4. PARTICIPACION INTERNACIONAL

### Participación en Licitación Internacional

Invitación del OIEA a la presentación de propuestas técnico-económicas para el suministro de elementos combustibles y elementos de control para reactor nuclear de investigación europeo (MARIA – Polonia).

### Proyecto de Cooperación Técnica

La PEC, representada por su Jefatura y con la participación de todos sus integrantes han contribuido durante el 2007 al desarrollo de un Proyecto Coordinado de Investigación (CRP - T1.20.18) patrocinado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) bajo el título de “Developing Techniques for Small-Scale, Indigenous Production of  $^{99}\text{Mo}$  Using Low-Enriched Uranium (LEU) or Neutron Activation”.

### Participación en eventos Internacionales

- En Septiembre del 2007 los ingenieros de la PEC Sres. Jorge Marín y Jaime Lisboa participaron en calidad de expositores en el 7º Congreso Binacional de Metalurgia y Materiales, SAM/CONAMET 2007, realizado en San Nicolás, República Argentina. El propósito de esta actividad, además de la interacción con científicos y grupos afines al tema de combustibles y materiales nucleares, fue la difusión de resultados obtenidos en la PEC en temas relacionados con estudios de swelling fuera del núcleo e interacción química entre fase fisiónable UMo y matriz de aluminio en miniplacas combustibles tipo disperso elaboradas en la PEC.
- A fines de Septiembre del 2007 los ingenieros de la PEC Jorge Marín y Luis Olivares participaron en calidad de expositores en la versión N°29 del International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactor - RERTR realizado en Praga, República Checa. El propósito fue la interacción con grupos de otros países afines a la temática de combustibles nucleares, además de la presentación de una publicación con resultados de las actividades del programa de bajada de enriquecimiento en la CCHEN, especialmente en temas relativos a resultados del desarrollo de combustibles en base



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

a aleaciones UMo y de calificación bajo irradiación en el reactor chileno RECH-1 de un combustible experimental en base a  $U_3Si_2$  fabricado en la PEC.

- En Octubre del 2007 el ingeniero Sr. Mario Barrera participó como expositor en la IV Conferencia Panamericana de Ensayos No Destructivos realizada en Buenos Aires, República Argentina. El propósito fue la presentación de un trabajo científico relativo al tema de inspección por scanning de ultrasonido de placas combustibles fabricadas en la PEC.

## 5. PUBLICACIONES

PRESENTACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES			
TITULO	AUTORES	PRESENTADO EN	FECHA PRESENTACION
Estudio de Swelling y Estudio de Interacción en Miniplacas en Base a Aleaciones Uranio Molibdeno	Jorge Marín, Luis Olivares, Mario Barrera, Jaime Lisboa, Alberto Soto.	7º Congreso Binacional de Metalurgia y Materiales SAM/CONAMET San Nicolás, República Argentina.	4 al 7 de septiembre 2007
Nuclear Fuel Development Based on UMo Alloys. Under Irradiation Evaluation of LEU $U_3Si_2 - 4,8 \text{ gU/cm}^3$ Test Fuel	Luis Olivares, Jorge Marín, Mario Barrera, Gonzalo Torres, Jaime Lisboa.	29 <sup>th</sup> International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors - RERTR Praga, República Checa	23 al 27 de septiembre 2007
Inspección Ultrasonica por Inmersión de Placas Combustibles para Reactores Nucleares de Investigación	Mario Barrera, Jorge Marín, Jaime Lisboa, Luis Olivares, Rodrigo Zuñiga.	IV Conferencia Panamericana de END Buenos Aires, República Argentina	22 al 26 de octubre 2007.

## 6. INFORMES TECNICOS Y DOCUMENTACION

### Planta de Elementos Combustibles

#### *Informes Técnicos*

- INFORME 2-2007. Desarrollo de Metodología de Obtención de Láminas de Uranio Metálico. Programa de Desarrollo de Blancos para Obtención de Molibdeno de Fisión – DMN-SCN-PEC, Lo Aguirre, Diciembre 2007
- INFORME 1-2007. Desarrollo de Sistema de Fusión y Colada para Obtención de Laminas Delgadas de Uranio Metálico - DMN-SCN-PEC, Lo Aguirre, Septiembre 2007

#### *Documentación*

La PEC elaboró y actualizó en el año 2007 alrededor de 10 documentos de su Sistema de Gestión de Calidad, con los propósitos de actualizar sus contenidos, satisfacer los



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

requerimientos de auditorias internas y externas y optimizar la integración de su Sistema de Gestión de Calidad al Sistema Integral de Calidad de la CCHEN.

El LCONV actualizó en el año 2007 alrededor de 15 documentos técnicos de su SGC, debido a cambios en sus procesos, optimizando así su integración al Sistema Integral de Calidad de la CCHEN.

## SECCION MATERIALES AVANZADOS

Jefe Sección: Licenciada en Química Sra. Silvia Lagos Espinoza  
[slagos@cchen.cl](mailto:slagos@cchen.cl)

### 1. OBJETIVO

Desarrollar proyectos en el área de Materiales fundamentalmente dirigidas a la fabricación de precursores, al comportamiento de materiales y la caracterización de sus propiedades físicas químicas.

Brindar soporte técnico a proyectos internos y a usuarios externos mediante la utilización de laboratorios especializados y técnicas instrumentales de Caracterización de Materiales.

### 2. LINEAS DE TRABAJO

Durante el año 2007 se desarrollaron cuatro líneas de trabajo:

#### 2.1. Uso de Cobre para Contenedores hlw

*Objetivo del proyecto:*

Estudiar la corrosión del cobre dopado con fósforo, tipo UNS C10100 en particular el efecto del ión sulfuro y el efecto de las radiaciones ionizantes. La importancia del material radica en su aplicación en la fabricación de contenedores para desechos radiactivos de alta actividad

#### 2.2. Control de la Corrosión en Reactores de la CCHEN

*Objetivo del proyecto:*

Evaluación de algunos sistemas que componen el reactor RECH-2 con la finalidad de establecer el estado actual de su estructura desde el punto de vista de corrosión. Los resultados de esta evaluación permitirán proponer medidas para minimizar el efecto de la corrosión y asegurar la integridad estructural del sistema o sistemas en el tiempo.

#### 2.3. Estudio de sensibilidad de $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$ a la humedad relativa

*Objetivo del proyecto:*

Se estudia la sensibilidad de la conductancia eléctrica a la humedad ambiental en pastillas y películas gruesas de  $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$ . De estudio previo, la sensibilidad es muy alta (varios órdenes de magnitud desde 0,5% a 10%, a temperatura de 23 °C), y rápida (bajo los 40 s). Este nivel de respuesta, hace a este material promisorio para sensores de humedad. Además, la forma detallada de la respuesta es de gran interés para determinar los modos de conducción que controlan la respuesta.



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

## 2.4. Caracterización de Materiales

*Objetivo del proyecto:*

El Servicio de Caracterización de Materiales, tiene como objetivo la prestación de servicio en la medición de características y propiedades de los materiales, para ello cuenta con capacidad instrumental y personal competente.

## 3. RESULTADOS RELEVANTES DEL PERIODO

### 3.1 Uso de Cobre para Contenedores hlw

Se diseñó y fabricó una estructura experimental para realizar estudios de corrosión bajo irradiación, el cuál utilizará una fuente de Co-60 como fuente de radiación. Esta estructura permitirá simular la radiación que recibiría la pared interna de un contenedor de cobre debido a su carga de elementos combustibles gastados y que está en contacto con agua subterránea que atraviesa un repositorio nuclear.

En este período se retiraron soluciones preparadas en el año 2006 para estudiar el efecto del ion cloruro, sulfuro y calcio sobre la corrosión del cobre en ambiente reductor. La principal conclusión es la mayor disminución en la resistencia a la corrosión que causa el ion sulfuro en el cobre, respecto de los otros iones presentes. Sin embargo, también fue posible apreciar que la velocidad de corrosión disminuye en corto tiempo, debido a la formación de productos de corrosión, óxidos y sulfuros, que van sellando la superficie de cobre haciendo que el mecanismo difusional sea el mecanismo controlante de estas reacciones.

Se avanzó en el Modelo Electroquímico de Superficies de Cu Puro y Dopado, utilizando autómatas celulares pudiéndose obtener una simulación del avance del recubrimiento de una capa de óxido de cobre sobre un sustrato de cobre

### 3.2 Control de la Corrosión en Reactores de la CCHEN

De las inspecciones realizadas a algunos sistemas que componen el Reactor Experimental RECH-2, en condiciones de detención prolongada, se derivaron recomendaciones basadas en normas internacionales. El contenido de la información se encuentra en los informes técnicos:

- “Circuito Primario de Refrigeración del RECH-2”
- “Subsistema Aporte y tratamiento de agua al Circuito Secundario del RECH-2”

Se realizó la caracterización de un rack de corrosión que permaneció durante 3 años inmerso en la segunda piscina del RECH-1. Para ello, se realizó un registro fotográfico de los cupones para evaluar el daño por corrosión. Se evaluó el espesor de capa de óxido y se determinaron los tipos de corrosión que afectó a los cupones. Se encontró corrosión por picado, crevice y galvánica unas en mayor grado que otras. Se encontró además que un mayor flujo favorece la renovación de agua sobre los cupones de manera de minimizar el impacto de los sedimentos sobre ellos lo que pudiese dar inicio a corrosión por picado. También se evaluó la tasa de sedimentación de los reactores RECH-1 y RECH-2. y se logró identificar algunos compuestos.

### 3.3 Estudio de Sensibilidad de $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$ a la humedad relativa

Se estudió la respuesta de la conductividad eléctrica de películas gruesas de  $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$  (BTN) con electrodos interdigitados ante variación de la humedad relativa ambiental. La respuesta





aparece independiente de la posición de los electrodos: sobre la película, o entre ésta y el sustrato de alúmina. Durante este estudio se ha obtenido una respuesta de las películas gruesas (espesor aproximado de 0,03 mm) un factor 2 más rápida, y mayor en 2 órdenes de magnitud que la respuesta de las mejores pastillas estudiadas anteriormente (espesor aproximado de 0,7 mm).

### 3.4 Caracterización de Materiales

Se implementó en los Laboratorios de Caracterización de Materiales el Proceso para Cuantificar Sílice Respirable, aumentado con ello el número de prestaciones que se ejecutan en el servicio de Caracterización de Materiales.

El Laboratorio de Difracción de Rayos X con su técnica Análisis Cuantitativo de Sílice respirable para trabajadores profesionalmente expuestos, participó en dos programas de Evaluación de la calidad: el Programa Internacional de Evaluación de Muestras Certificadas por la Asociación de Higienistas Industriales Americanos ( AIHA) y el Programa de Evaluación Externa de Calidad dependiente del Instituto de Salud Publica. Los resultados para la participación del laboratorio fue 100% exitoso, esto es que todos los resultados para las muestras ciegas de sílice respirable mediante DRX en ambos programas fueron ejecutados sin errores, acreditando como competente al laboratorio para la ejecución del análisis de sílice respirable.

El Servicio de Caracterización de Materiales, fue auditado internamente. Se registraron 3 no conformidades, las que fueron trabajadas y levantadas de acuerdo a procedimientos de auditoría.

Se realizó una encuesta de satisfacción a los clientes del Servicio de Caracterización de Materiales. Se elaboró un informe en el que se encuentra toda la información del análisis de la encuesta. En términos cualitativos los clientes declaran estar satisfechos con el servicio. Sin embargo, se determinó algunas acciones en respuesta a comentarios de los clientes.

Por concepto de facturación, el servicio ingresó un total de \$ 25.000.000. En el número de demandas de servicio internos y externos, pueden verse en el cuadro N° 1 y las demandas en años anteriores en el cuadro N° 2.

**TABLA N° 1 : Demandas de servicios 2007:**

#### Internas y Externas

TECNICA	Nº MUESTRAS INTERNAS	Nº ANALISIS INTERNOS	Nº MUESTRAS EXTERNAS	Nº ANALISIS EXTERNOS	Nº TOTAL MUESTRAS	Nº TOTAL ANALISIS	% MUESTRAS
ANÁLISIS TÉRMICO	0	0	18	67	18	67	1.4
ANÁLISIS DE TRITIO	541	541	0	0	541	541	41.6
ÁREA SUPERFICIAL	0	0	2	2	2	2	0.2
DIFRACCIÓN DE RAYOS X	41	45	86	86	127	131	9.8
PICNOMETRÍA	1	1	39	39	40	40	3.1



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

PROPIEDADES MECÁNICAS	0	0	60	60	60	60	4.6
TAMAÑO DE PARTÍCULAS	17	90	374	2490	391	2580	30.1
ENSAYO GRANULOMETRICO	1	1	0	0	1	1	0.1
SÍLICE RESPIRABLE	69	364	52	205	121	569	9.3
TOTAL	670	1042	631	2949	1301	3991	100

**TABLA N°2 : Tabla histórica de servicios prestados, año 2002 - 2007**

TECNICA	NUMERO DE MUESTRAS					
	AÑO 2002	AÑO 2003	AÑO 2004	AÑO 2005	AÑO 2006	AÑO 2007
ANÁLISIS TÉRMICO	150	99	150	146	53	18
ANÁLISIS DE TRITIO				47	350	541
ÁREA SUPERFICIAL	72		3	0	5	2
DIFRACCIÓN DE RAYOS X	277	140	273	159	188	127
PICNOMETRÍA	88	10	10	3	19	40
PROPIEDADES MECÁNICAS	10	7	67	83	23	60
TAMAÑO DE PARTÍCULAS	127	33	55	151	148	391
ENSAYO GRANULOMÉTRICO	-	-	-	-	3	1
SÍLICE RESPIRABLE	-	-	-	-	-	121
TOTAL	724	317	562	589	789	1301

#### 4. PARTICIPACION NACIONAL

Se trabajó en convenio de colaboración con el Instituto de Salud Pública, específicamente con el Laboratorio de Salud Ocupacional en el análisis de muestras de estudio y programas de intercomparación internacional de sílice libre fracción respirable. Este Convenio permitió eximirse del arancel en la inscripción en el Programa Nacional de Evaluación Externa de la Calidad para nuestro laboratorio.

#### 5. PUBLICACIONES INTERNACIONALES

Iván Escobar, Claudia Lamas, Lars Werme, Virginia Oversby. Study of the Susceptibility of Oxygen-Free Phosphorous Doped Copper to Corrosion in Simulated Groundwater in the Presence of Chloride and Sulfide. Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXX. Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 985, Warrendale, PA, 2007



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

## 6. PUBLICACIONES NACIONALES

1. R. E. Avila, E. Galuppo, D. Serafini, L. Dudik, y R. Romero, "Potencial de la Respuesta eléctrica de películas gruesas de  $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$  para medición de la humedad ambiental" Nucleotécnica, 2006, p. 18.
2. Lamas. C, Escobar. I., Klein. J, Calderón. D, Silva. E, Saud . M. "Vigilancia de la Corrosión de Elementos Combustibles Gastados de Aluminio de Reactores Experimentales en Chile". Revista Nucleotécnica Año 25, N° 39, Septiembre 2007, págs. 23-33.
3. S. Lagos, E. Silva, "La Difracción de Rayos x al Servicio del Control de Sílice Respirable en Ambientes de Trabajo", en proceso de revisión

## 8. INFORMES TÉCNICOS

1. Revisión bibliográfica RECH-2, C Lamas.
2. Circuito Primario de Refrigeración del RECH-2, C. Lamas.
3. Subsistema Aporte y tratamiento de agua al Circuito Secundario del RECH-2, C. Lamas.
4. Estudio de capas de óxido sobre placas de aluminio, C. Lamas
5. Estudio de sedimentos en las piscinas RECH-1 y RECH-2, . C. Lamas
6. Informe de Avance Velocidad de Corrosión del cobre OFP por Cambio de Masa", Iván Escobar.
7. Diseño, Fabricación e Implementación de una Estructura Experimental Usando Pozos de RECH-2 para Estudios de Corrosión Bajo Irradiación. Iván Escobar

## SECCIÓN DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

Jefe Sección: Geólogo Heriberto Fortín Medina

[hfortin@cchen.cl](mailto:hfortin@cchen.cl)

### 1. OBJETIVOS

- Establecer, incrementar y mantener una estimación geológica actualizada del potencial de los Materiales Atómicos Naturales (MAN) y Materiales de Interés Nuclear (MIN) del país.
- Desarrollar e investigar tecnologías destinadas a la obtención, concentración y purificación de Materiales Atómicos Naturales y Materiales Interés Nuclear y/o soluciones que los contengan.
- integrar y aplicar las distintas áreas del conocimiento geológico y desarrollo geotécnico nacional para implementar facilidades nucleares.

### 2. LINEAS DE TRABAJO

- Proyección y aplicación del conocimiento adquirido en la investigación geológica y metalúrgica de los minerales radiactivos a la búsqueda y recuperación de elementos de interés económico.
- Investigación geológica y metalúrgica del potencial nacional de los Materiales Atómicos Naturales y Materiales de Interés Nuclear.



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION CHILENA  
DE ENERGIA NUCLEAR

- Estudios de mejoramiento de la seguridad radiológica nacional en minería.

### **3. RESULTADOS RELEVANTES DEL PERÍODO 2007**

#### **3.1 Proyecto 519: Investigación Geológica del Potencial Uranífero**

- Se ha mantenido contacto con las empresas mineras nacionales y extranjeras interesadas en la exploración y producción de uranio en Chile, asesorándolos en sus consultas de la información pública disponible en CCHEN.
- Se realizó asesoría geológica en terreno a Compañía Minera del Pacífico, destinada a posicionamiento de sondeos exploratorios para recursos epitermales de oro.
- Venta de información geológica-uranífera a diversas empresas mineras nacionales y extranjeras

#### **3.2 Proyecto 607 Metalurgia**

- Servicios y asesorías en geología, metalurgia extractiva y temas afines, se participó en varias licitaciones, adjudicándose y facturando servicios por \$ 24.904.300, lo que representa un 24.52% sobre la meta establecida.
- Se ha continuado con la participación en nuevas licitaciones para desarrollar servicios durante el año 2008. Se espera obtener respuesta de Haldeman Mining Company S.A., IM2 (filial CODELCO), ZORIN S.A., Metalquim Ltda., entre otros.

#### **3.3 Gestiones Externas a CCHEN**

- Se avanzó en acuerdos con SERNAGEOMIN para participar en un proyecto de prevención de riesgos en minería subterránea en relación a la presencia de radón, en las regiones de Atacama y Coquimbo.

#### **3.4. Otras Actividades**

- Participación en el proyecto Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), Se ingresaron 35 Informes Técnicos al sistema.

### **4. PUBLICACIONES NACIONALES**

- Fortin, H., Geología Prospecto del Prospecto Cerro Carmen; Mineralización de Uranio y Tierras Raras. Región de Atacama, Chile. 2007. Revista Nucleotécnica, CCHEN.

### **5. INFORMES TÉCNICOS**

- Informe Final Contrato de Servicio N° 056/2007, “Optimización del Consumo de Ácido de Minerales Oxidados y Sulfurados de Minera Michilla S.A.”, 392 páginas, 9 Anexos.
- Informes de Avance, Orden de Compra N° 17755, “Obtención de Yellow Cake a partir de Soluciones de lixiviación de Minerales de Cobre”., Haldeman Mining Company S.A.