

Gestión de Pasivos Ambientales en el Complejo Minero Fabril San Rafael. Fase I

Grupo Trabajo Ingeniería CMFSR.¹
Comisión Nacional de Energía Atómica

RESUMEN

Gestión de Pasivos Ambientales en el Complejo Minero Fabril San Rafael. Fase I

En el CMFSR se llevó a cabo la explotación minera de los yacimientos de uranio y el tratamiento hidrometalúrgico de los minerales para obtener concentrado de uranio (bajo la forma de diuranato de amonio) como producto final. Al cese de operaciones del Complejo, quedó líquido remanente en las distintas canteras explotadas en el predio, la cual está compuesta principalmente por:

- ✓ Efluentes de la lixiviación del mineral de uranio, neutralizados.
- ✓ Agua que ingresa naturalmente a las canteras por efecto de lluvias o de influjo de corrientes subterráneas.

Además se tratarán 5.223 tambores de residuos sólidos provenientes de la refinación de Diuranato de amonio y la conversión del mismo a UO_2 .

La purificación de los Residuos Sólidos se llevará a cabo por medio de un tratamiento físico-químico que permite la recuperación de uranio.

El tratamiento de los efluentes líquidos consiste en la utilización de resinas de intercambio iónico para la extracción del uranio y la posterior precipitación del radio y arsénico. El tratamiento permite obtener agua con concentraciones de iones del orden de los permitidos en agua de bebida.

La Comisión Nacional de Energía Atómica, está comprometida a la gestión de estos pasivos existentes en el Complejo.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Ubicación del Proyecto

El Complejo Minero Fabril San Rafael (CMFSR), dependiente de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), se emplaza en un predio de 2007,6 ha ubicado en el Distrito Cuadro Benegas, Departamento San Rafael, Provincia de Mendoza, aproximadamente a 11 km al SO de la localidad de 25 de Mayo, a 38 km al Oeste de la ciudad de San Rafael y a 240 km al Sur de la ciudad de Mendoza.

El acceso al área se realiza por rutas pavimentadas.

¹ E-mail del Autor. judithramirez@cnea.gov.ar Complejo Minero Fabril San Rafael. GPMP-CNEA

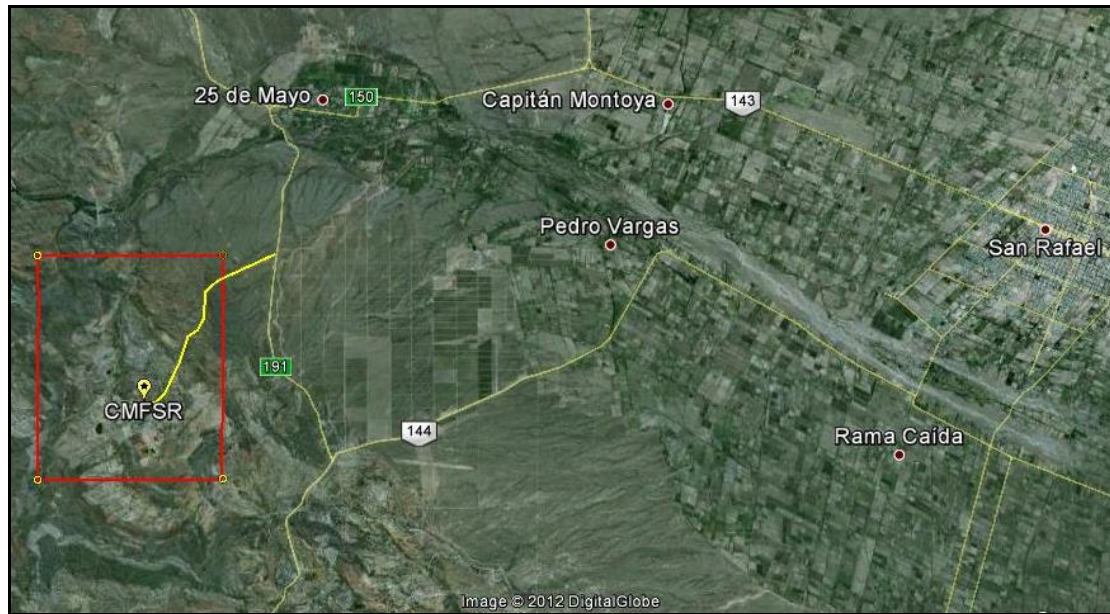


Figura 1. Ubicación del Complejo Minero Fabril San Rafael. El rectángulo rojo marca el área total asignada al mismo. (Gráfica realizada sobre una imagen de Google Earth®)

1.2 Antecedentes

En el CMFSR se llevó a cabo la explotación minera de los yacimientos de uranio y el tratamiento hidrometalúrgico de los minerales para obtener concentrado de uranio (bajo la forma de diuranato de amonio) como producto final.

Las actividades mineras fueron suspendidas a partir de julio de 1995 cuando, debido a la baja del precio del uranio, se consideró más conveniente desde el punto de vista económico importar el concentrado. Esto redujo las tareas en el CMFSR al reprocesamiento de tierras de diatomeas provenientes del ex Complejo Fabril Córdoba, operado por la Empresa DIOXITEK S.A., para recuperación del uranio contenido en las mismas, y la gestión provisoria de residuos sólidos (RS) provenientes de la etapa de purificación de DIOXITEK S.A.

Entre los años 1998 y 2000 también se reprocesó concentrado de uranio proveniente de la ex Planta de Los Gigantes, Provincia de Córdoba.

2. SITUACION ACTUAL

Las actividades realizadas en el CMFSR, que se detallaron en el párrafo anterior, generaron residuos sólidos y líquidos, además de modificaciones en la topografía e hidrografía de la zona ocupada por las operaciones.

Del total de las 2.007 ha que cubren el área expropiada, 437 ha fueron afectadas directamente por la infraestructura construida y las actividades que se llevaron adelante en el Complejo afectando una superficie de aproximadamente 1.000 ha. El resto no sufrió cambios.

3. PASIVOS AMBIENTALES A TRATAR-ETAPA DE REMEDIACION FASE I

Los principales pasivos ambientales identificados en el CMFSR, el agua acumulada en las canteras y son los residuos sólidos (dispuestos en forma transitoria en el Complejo).

La Comisión Nacional de Energía Atómica, a través del CMFSR, está comprometida a la remediación de todos los pasivos existentes en el Complejo. Además, la Resolución N° 233/08 de la Secretaría Provincial de Medio Ambiente resuelve que la Dirección de Saneamiento y Control de la citada Secretaría debe arbitrar todas las medidas técnicas y legales, tendientes a que la CNEA realice la remediación de estos pasivos.

3.1 Efluentes Líquidos del proceso-Agua de Canteras (AC)

El proceso de lixiviación del mineral de uranio en el CMFSR produjo efluentes con bajo contenido de uranio. La mitad de los volúmenes producidos eran recirculados como agua de lixiviación del mineral. El resto del efluente (*no reciclable*) no podía reciclarse debido a su alto contenido de nitratos.

Los *líquidos reciclables* eran enviados al denominado “dique pulmón” desde donde se enviaban por bombeo a una planta de neutralización cercana a las canteras El Gaucho I y II; una vez neutralizados con cal se enviaban al fondo de las citadas canteras, donde muchos de los iones presentes precipitaban. De las canteras se extraían el agua clara producto de la neutralización de los efluentes mezclada con el agua que ingresaba a las canteras por la acción de lluvia y de surgentes naturales relacionadas con el arroyo El Toscal, para su re-uso como agua para la lixiviación del mineral de uranio.

Los efluentes *no reciclables* se neutralizaban con cal en otra planta ubicada en el Sector XIV y luego se descargaban en diques de evaporación.

Al cese de operaciones del CMFSR, quedó líquido remanente en las distintas canteras explotadas en el predio, en forma de efluentes de la lixiviación del mineral de uranio, neutralizados; y agua que ingresa naturalmente a las canteras por efecto de lluvias o de influjo de corrientes subterráneas de la cuenca del Arroyo El Tigre.

Tabla 1. Volúmenes de Agua de Cantera²

Reservorio	Volumen contenido (m ³)	Fecha de medición
Cantera La Terraza	70.913	Diciembre 2014
Cantera Tigre I	187.232	Diciembre 2014
Cantera Tigre III	607.278	Diciembre 2014
Cantera El Gaucho I-II	54.361	Diciembre 2014

² Fuente: CNEA-CMFSR, 2014

Reservorio	Volumen contenido (m ³)	Fecha de medición
TOTAL	919784	

En la Cantera El Gaucho I-II se encuentran **54.600 m³** de precipitados decantados³ para futura gestión. Las ubicaciones de cada una de las canteras en el Complejo se presentan en el plano N°1

Estas aguas son de tipo alcalino, con dureza media y conductividad alta (entre 1.300 y 2.100 µS/cm) debida al contenido de sales principalmente sódicas (sulfato, cloruro y carbonato/bicarbonato). También se detectó la presencia de aluminio, bario, berilio, boro, cadmio, cinc, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, nitratos, plata y plomo, cuyas concentraciones se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles de la legislación vigente para el **agua destinada a bebida humana**, (Niveles guía de Tabla 1 del Anexo II, del Decreto N° 831/93, reglamentario de la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos, que son en todos los casos iguales o más restrictivos que los límites de vertido establecidos por la RES 778/96 del DGI y sus modificatorias 627 y 697).

El alto contenido de uranio se debe a que las aguas de cantera (AC) se encuentran en contacto constante con áreas mineralizadas. Este efecto es más importante en la cantera La Terraza, en la que todavía existe mineral de alta ley en contacto con el agua.

Tabla 2. Registros más recientes de contenido de uranio y radio en las AC

Cantera	U (µg/l)	Ra (Bq/l)/(pCi/l)	Fecha de Muestreo
Gaucho I - II	2.002	0,090 / 2,42	Septiembre 2011
La Terraza	12.537	0,718 / 19,40	Septiembre 2011
Tigre I	6.208	0,711 / 19,22	Agosto 2011
Tigre III	3.146	0,151 / 4,09	Julio 2011

3.1.1 Cantidad y ubicación de efluentes líquidos no reciclables.

Actualmente los efluentes líquidos no reciclables se encuentran contenidos provisoriamente en el dique de evaporación DN3B que no contiene precipitados hasta que se realice su tratamiento y disposición final en los diques DN8-9 que se encuentra en la etapa acondicionamiento.

El dique DN3B se creó como “pulmón” para recibir el agua bombeada de los diques restantes del Sector XV, mientras se procede a la estabilización de los mismos.

³ Valores a Agosto de 2013

El dique DN3B cumple la doble función de actuar como reservorio temporal de los efluentes líquidos no reciclables y de proveer una amplia superficie de evaporación que permite la reducción de los volúmenes a tratar en una etapa posterior.

El dique DN3B está conformado por dos vasos impermeabilizados denominados vaso chico y vaso grande.

Tabla 3. Detalle del volumen de efluentes líquidos contenidos en el DN3B:

Dique DN3B	Volumen contenido (m ³)	Fecha de medición
Vaso Chico	7.265,86	Diciembre 2014
Vaso Grande	19.222,24	Diciembre 2014
Total	26.485,1	

3.1.2 Características químicas de efluentes líquidos no reciclables.

Los datos químicos del dique DN3B son los siguientes⁴:

Tabla 4. Datos químicos

DN3B			
	Unidades	Vaso Chico	Vaso grande
Uranio	µg/l	13.843,80	9533,40
Radio	pCi/L	1,27	1,96
pH		3,39	3,32

3.2 Residuos Sólidos en disposición transitoria (RS)

A fines de la década de 1990 la CNEA envió al CMFSR residuos generados en el Complejo Fabril Córdoba (CFC) durante la refinación de diuranato de amonio y la conversión del mismo a UO₂. Estos residuos, embalados en bolsas de plástico y colocados dentro de tambores de acero de 200 litros de capacidad, fueron acumulados en forma transitoria en el Sector XV bis.

⁴ Según muestreo realizado el 9 de Diciembre de 2014 (Informe de laboratorio N°: 2048).

Los tambores se ubicaron en trincheras dentro de las pilas de cola sólidas y fueron cubiertos por las mismas.

En el CMFSR se encuentran en disposición transitoria 5.223 tambores de residuos provenientes del Complejo Fabril Córdoba (CFC). Estos residuos equivalen a unas 1.067,60 toneladas de precipitados húmedos, con un contenido total de uranio de 14.249 kg, lo que da un tenor medio de 1,34 % U en los residuos.

Los radionucleidos presentes en estos residuos son fundamentalmente isótopos de uranio, generados al final del proceso productivo. Debido a esto, el contenido de uranio en este material es mucho mayor que el del material circundante (colas del proceso de lixiviación).

4. RIESGOS AMBIENTALES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 Riesgos Potenciales de la Acumulación Agua en las Canteras

Debido a que las canteras no tienen impermeabilización, una fracción del agua acumulada en ellas podría fluir a través del sistema de fisuras en la roca subyacente y eventualmente alcanzar cursos de agua vecinos. La otra forma en que los elementos contenidos en las AC podrían llegar a cuerpos de agua cercanos es en el caso de una inundación accidental que pudiese exceder la capacidad de contención de las canteras y producir un derrame de las aguas hacia la superficie que culminaría llegando al cauce del Arroyo El Tigre. Debido a la ubicación y condiciones de las canteras inundadas, un incidente como el descrito solo podría ser causado por una lluvia torrencial imprevista.

Además de ser muy improbable, no es de esperar que un incidente tal produjera impactos radiológicos en el área (Biurrun, 2002). Por un lado, el abundante flujo de agua en las canteras diluiría substancialmente el contenido de radionucleidos en el AC. Por el otro, las aguas del Arroyo El Tigre diluirían aún más los líquidos que derramaran desde las canteras. Por estas razones, no se prevé un aumento del contenido de uranio y/o radio en el Arroyo El Tigre por encima de los límites admisibles para agua de bebida humana.

La infiltración, por otro lado, no puede descartarse como un proceso que lentamente podría llevar radionucleidos hacia terrenos (y acuíferos) subyacentes. Sin embargo, la geología del sitio en que se emplaza el CMFSR es tal que no puede contener un acuífero en la zona donde se encuentran las canteras. Consecuentemente, el agua subterránea en el área fluirá en su mayor parte siguiendo la red de fisuras hasta llegar al colector local de la cuenca, el Arroyo El Tigre, con cuyas aguas dejará el área.

Considerando que El Tigre tiene un caudal diario de unos 15.000 m³, aún si toda el AC fuese descargada en un solo año, la dilución sería suficiente como para mantener los valores de uranio y radio en el citado arroyo por debajo de los límites admisibles para bebida humana. Siendo esta transferencia iónica lenta y gradual, es comparable a la que se produce naturalmente por lixiviación de los contenidos de uranio y radio presentes en las diferentes formaciones de la cuenca, por lo cual es aún menos probable un incremento en los contenidos normales de estos elementos en la descarga de El Tigre.

4.2 Riesgos Potenciales de la Disposición de RS en el CMFSR

Dado que los tambores de acero y las bolsas plásticas no son una barrera para la contención efectiva de radionucleidos, estos residuos podrían constituir un riesgo de contaminación a largo plazo.

5. REMEDIACIÓN DEL AGUA DE CANTERA

5.1 Tratamiento industrial del Agua de Cantera (AC)-resinas de intercambio iónico.

El proceso de tratamiento se llevará a cabo en la Planta de Concentración del CMFSR el ión que primero se captará será el uranio. Posteriormente se procederá a la precipitación de Ra²²⁶ y As en una Planta de Precipitación que será construida en la zona cercana a los diques de efluentes. La extracción del uranio contenido en las aguas de cantera se realizará utilizando resinas de intercambio iónico.⁵

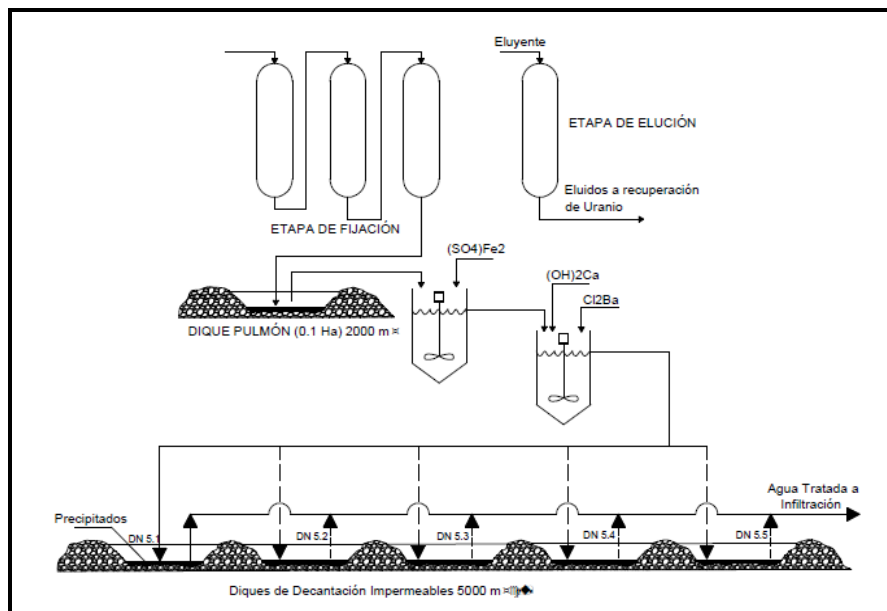


Figura 2. Esquema de tratamiento del agua de cantera. (CNEA, 2006)

El AC será conducida, a través de cañerías, hacia las cisternas colectoras ubicadas en las cercanías de la planta, que servirán de alimentación a la misma para realizar el tratamiento.

Etapas del Proceso:

Fijación

⁵ CNEA, 2006; Ramirez Santis et al., 2010

El agua de cantera almacenada en las cisternas, pasará a través de los filtros de arena para eliminar las partículas sólidas que pudiera arrastrar y se almacenará en un tanque pulmón de agua filtrada.

Luego el agua filtrada pasa a una serie de columnas de extracción donde se capta el uranio. Para esto se contará con cuatro columnas conteniendo resinas de intercambio iónico aniónicas (Amberlite IRA 400), lo cual permitirá una capacidad de tratamiento de 20 m³ de AC por hora, con tres columnas trabajando en fijación de los iones de uranio, mientras la restante se saca del circuito para ser eluida (limpiada de los iones adsorbidos). Durante la etapa de fijación, los iones de uranio presentes en las AC son adsorbidos en las resinas en la forma de carbonato de uranilo mientras que los demás iones presentes en el agua permanecen en la misma.

Al comienzo de la operación se trabaja con la serie de fijación en columnas 1-2-3. Cuando se satura la columna 1 se saca del circuito para enviarla a elución y se trabaja en fijación con la serie 2-3-4; luego, saturada la columna 2 se saca de circuito para elución y se trabaja en serie 3-4-1, ya que la columna 1 ya habrá sido eluida y podrá reingresar al circuito de fijación, continuándose con este proceso en forma continua.

Luego de su paso por las columnas de fijación, el agua de cantera parcialmente tratada es enviada a la cisterna colectora C1 y desde allí hacia un dique pulmón impermeable de 2000 m³.

Elución

La elución de las resinas se realizará empleando una solución de nitrato de amonio (1,2 - 1,3 M) y ácido sulfúrico (5 g/l).

El proceso de elución incluye las siguientes etapas:

- **Lavado ácido** en contracorriente y en co-corriente para fluidizar la resina, empleando una solución de ácido sulfúrico a pH 1. El caudal de la solución ácida debe ser el adecuado, de manera que produzca la elución en el menor tiempo posible pero sin arrastrarla resina fuera de la columna. Durante el lavado los grupos sulfato reaccionan con los grupos carbonato de uranilo retenidos en la resina formando aniones complejos de sulfato de uranilo, que permanecen adsorbidos, y dióxido de carbono gaseoso⁶. El líquido utilizado en este lavado ácido se retorna hacia las cisternas A o B.
- **Elución primera fracción** (cabeza), de bajo contenido de uranio, se retorna a las cisternas A o B (cisternas de dilución de RS).
- **Elución segunda fracción** (corazón), con alto contenido de uranio, se envía a precipitación.
- **Elución tercera fracción** (colas), de bajo contenido de uranio, se destina a la preparación de nuevos eluyentes.
- **Lavado ácido final**, que se emplea en la preparación de nuevos eluyentes, quedando la columna en condiciones de entrar en proceso de fijación.

Precipitación

La precipitación del uranio se realiza mediante la adición de amoníaco gaseoso que reacciona con el sulfato de uranilo y produce un concentrado compuesto en su mayor parte por diuranato de amonio.

⁶ Por esta razón, la elución de las columnas debe hacerse con una boca de hombre abierta para permitir la salida del gas y evitar que aumente la presión en el interior de la columna.

La pulpa obtenida se envía a una centrífuga donde se realiza una separación sólido-líquido obteniéndose un producto con un 50% de humedad, que cae por gravedad a un extrusor; de donde el precipitado es comprimido y sale en forma de pellets (pequeñas porciones) que se mandan al horno de secado.

En resumen, el procedimiento descrito funcionará bajo los siguientes parámetros:

- Régimen de trabajo: 24 h/d, de lunes a viernes.
- Cantidad de columnas: 3 en fijación y una en elución.
- Tipo de resina: aniónica Amberlite IRA 400.
- Volumen de resina por columna: $2,2 \text{ m}^3$
- Caudal de tratamiento: $20 \text{ m}^3/\text{h}$ ($100.000 \text{ m}^3/\text{a}$)
- Volúmenes de lecho (VL) a pasar para cargar una columna: 13.000 VL
- Cantidad de líquido para cargar una columna: $2,2 \text{ m}^3/\text{VL} \cdot 13.000 \text{ VL} = 28.600 \text{ m}^3$
- Tiempo de carga de una columna: $28.600 \text{ m}^3/20 \text{ m}^3/\text{h} = 1430 \text{ h} = 60 \text{ días}$
- Valor guía para definir el fin del ciclo de carga, de acuerdo a estudios de laboratorio: 1000 mg/l de U en efluente de 1° columna
- Elución: solución de sulfato de amonio
- Destino de los eluidos: precipitación y separación de uranio.

Precipitación de arsénico y radio

El agua almacenada en el dique pulmón después de la extracción del uranio contenido, se envía a un tanque agitado (Figura 2, más arriba) donde se precipita el arsénico utilizando una solución de sulfato férrico (precipitante) y sulfato de aluminio (coagulante).

La mezcla pasa luego a otro tanque agitado donde se mezcla con una solución de cloruro de bario para precipitar el radio y con una solución de cal para corregir el pH.⁷ Luego, se envía a los diques de decantación DN5, donde se dispone de cinco reservorios impermeables de 5.000 m^3 cada uno, denominados DN5.1 a DN5.5 (a construir).

Una vez que un dique está lleno se realizan análisis químicos del líquido sobrenadante y, cuando los resultados se encuentran dentro de los valores estipulados según Res 778/96 de DGI, el agua se envía al campo de vertido.(A.C.R.E)

Se procesarán en la planta de concentración aproximadamente $100.000 \text{ m}^3/\text{año}$ de AC, trabajando de lunes a viernes, 24 h/día. El balance de masa (CNEA: Piastrellini et al., 2009) indica que se deberá realizar una elución cada tres meses de trabajo, con una producción mensual promedio de 28,98 kg de Uranio, tomando como base de cálculo una mezcla del agua de las canteras Tigre I, Tigre II y La Terraza.

En resumen, la precipitación de As y Ra funcionará bajo los siguientes parámetros:

- Volumen dique de recepción de líquidos: 2000 m^3
- Régimen de trabajo: 8 h/d, de lunes a viernes.
- Caudal de operación: $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ($100.000 \text{ m}^3/\text{a}$)
- Volumen tanque precipitación arsénico: 14 m^3

⁷ Más información sobre este procedimiento de precipitación de As y Ra se pueden encontrar en la Nota Técnica NT-DTPU-061-07 (Heffner, 2007).

- Cantidad de sulfato férrico a agregar: 80 mg/l
- Volumen tanque de ajuste de pH y precipitación de radio: 14 m³
- Cantidad de cal a agregar: 58 mg/l
- Cantidad de cloruro de bario a agregar: 10 mg/l
- Cantidad de sulfato de aluminio a agregar: 50 mg/l

Valores promedio de composición del agua sin tratar y del agua tratada que se obtendría con la metodología descripta

Tabla 5. Composición química del agua de cantera a la entrada y salida del circuito

Elemento	Entrada al circuito ⁽¹⁾	Salida del circuito	Límites
Uranio (µg/l)	3000-4000	<50	100 ⁽²⁾
Radio (pCi/l)	10-15	<1	5 ⁽³⁾
Arsénico (µg/l)	40-167	< 10	50 ⁽²⁾
Nitrato (µg/l)	<5000	< 5000 ⁽⁵⁾	10.000 ⁽²⁾
Amonio (µg/l)	<500	< 500	1500 ⁽⁴⁾
Sulfato (mg/l)	280	< 400	200 - 400 ⁽⁴⁾
Sodio (mg/l)	220	< 250	250 ⁽⁴⁾
Cloruro (mg/l)	98	< 200	200 ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Rango posible de variación de concentración de agua de cantera

⁽²⁾ Límites para agua de bebida humana - Ley 24.051 de Residuos Peligrosos

⁽³⁾ Valor recomendado por la OIEA

⁽⁴⁾ Normas para vertido de líquidos a cuerpos receptores - DGI-Resolución 778

⁽⁵⁾ Los estudios de laboratorio dan valores de contenido de NO₃⁻ de 1000µg/l

Vertido del agua tratada

Una vez que el agua tratada alcanza los parámetros de vuelco estipulados por el Departamento General de Irrigación de la Provincia de Mendoza, se la envía a un área de aproximadamente 10 ha, ubicada dentro del predio de la CNEA, para proceder a su gestión (CNEA: Ramírez Santis *et al.*, 2010). La ubicación del campo de vertido se muestra en el Plano 1 como Área de Cultivos Restringidos Especiales (A.C.R.E.), cumpliendo con la Resolución N° 627/00 del DGI.

El área será dividida en cinco sectores de 2 ha cada uno. A su vez, cada sector de 2 ha se subdividirá en 3 sub-sectores de 0,66 ha cada uno. En cada sub-sector se colocarán cinco aspersores con un caudal de 8 m³/h cada uno.

Los aspersores funcionarán alternativamente por subsector. Es decir que cada grupo de cinco aspersores funcionará un tiempo corto (aproximadamente 15 minutos) y luego se detendrá; entonces se pondrá en marcha el grupo de cinco aspersores dentro de otro sub-sector. Esta secuencia se seguirá hasta haber regado todos los subsectores. Este ciclo se repite varias veces al día hasta obtener un tiempo de riego de 12 h/día, de lunes a viernes.

Con una secuencia de este tipo, se estima que los aspersores de cada sector de 2 ha funcionarán aproximadamente un día por semana; mientras que los aspersores de cada sub-sector funcionarán ocho veces en un día. De esta forma se favorecerá la infiltración de los líquidos, a efectos de no provocar una saturación del suelo para no generar escorrentía superficial.

Debe destacarse que se ha seleccionado el riego para el vuelco del agua tratada debido a que el agua que quedará como resultante del tratamiento de las aguas de cantera cumplirá con la Res.627/00 del DGI, y por ende, resultara compatible con la actividad propuesta.

6. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Para proceder con las tareas de gestión de los residuos sólidos (RS) enterrados en las trincheras ubicadas dentro de las pilas de colas de mineral del CMFSR, los cuales fueron descriptos en el parágrafo 3.2 de este informe, se deberán retirar los tambores de las escombreras extrayendo el material sólido (colas de mineral) que está tapando los tambores.

Será necesario retirar los tambores de las trincheras y proceder a su transporte y apertura segura para poder extraer los RS y someterlos a tratamiento. Para esto los profesionales de la CNEA han desarrollado un sistema de apertura segura de los tambores, que se construirá para el manejo de los mismos.

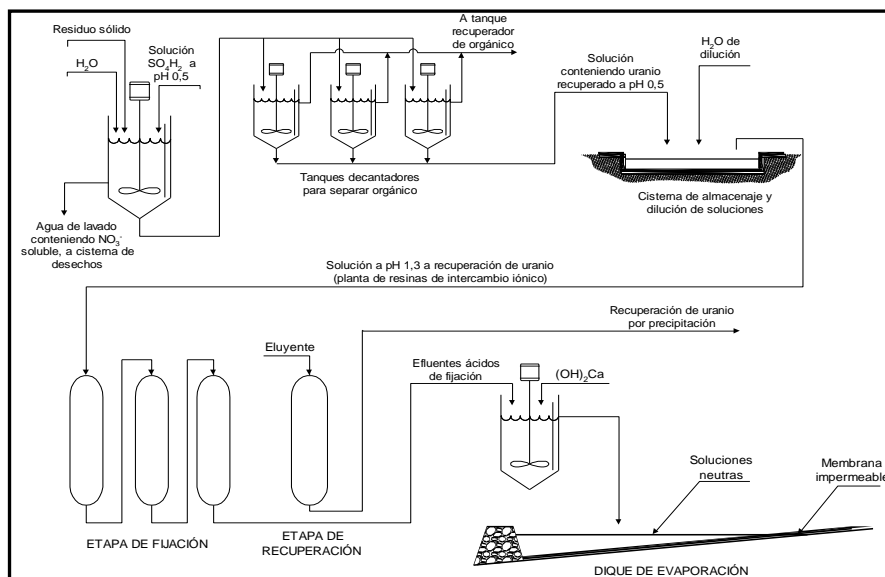


Figura 3. Esquema de Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos (RS)

6.1 Pasos del tratamiento de los RS:⁸

- a) Lavado de los residuos sólidos (RS) con agua (se empleará agua de cantera) para eliminar nitrato soluble.

⁸ En detalle, el tratamiento de los RS se llevará a cabo como indica (CNEA: Ramirez Santis et al., 2010)

Cada tambor es alojado en un soporte adecuado, elevado y volcado en el tanque disolutor, disponiéndose de un sistema de chorro de agua dirigido al interior del tambor, para asegurar la evacuación total del contenido del tambor.

Una vez en el tanque, los RS serán primeramente lavados con agua (3 lavados), para extraer el nitrato soluble (NO_3^-).

Los vestigios de materia orgánica que contiene la pulpa de RS, también se eliminarán en esta etapa de lavado. Esto se consigue extrayéndola por un rebosadero del tanque una vez decantada la pulpa en cada uno de los lavados y antes de separar la solución sobrenadante. Es importante eliminar la materia orgánica antes de la disolución sulfúrica, ya que dificulta el tratamiento posterior por resinas.

El orgánico recuperado se acumulará en tambores y serán almacenados en un galpón hasta que se decida su destino final.

El agua de lavado será trasladada a la cisterna de desechos (ver Figura 4.3.1); desde allí al dique pulmón nuevo y luego a la planta de neutralización, para ser enviada finalmente a los diques de evaporación DN8-DN9.

b) Disolución del residuo sólido (RS) con solución de ácido sulfúrico hasta pH 0,5.

Una vez evacuada el agua del último lavado, se efectuará la disolución de los RS con ácido sulfúrico hasta pH: 0,5. La disolución es trasvasada a una serie de tanques de decantación para separar impurezas y restos de líquido orgánico que pueda quedar.

c) Dilución hasta pH 1,3

La disolución limpia será diluida con agua en las cisternas A y B (Figura 4.3.1), para obtener un líquido de pH: 1,3. Este líquido de disolución, conteniendo el uranio recuperado de los RS, será procesado en la Planta de Concentración en forma convencional.

La etapa de lavado de los residuos se efectuará empleando agua de cantera parcialmente tratada, mientras que para la de disolución sulfúrica y la etapa de dilución se utilizará agua de cantera sin tratar, de modo tal de producir al mismo tiempo la gestión de los volúmenes utilizados de esta forma.

d) Neutralización con cal de efluentes ácidos de proceso para reducción de la acidez y precipitación de potenciales contaminantes.

Los efluentes líquidos provenientes del proceso de fijación en resinas de intercambio iónico, previo paso por la planta de neutralización y tratamiento con cal para llevar el pH a 7, serán enviados al dique DN8-DN9 donde se producirá la separación de los precipitados, por decantación natural.

e) Acumulación de precipitados en diques construidos a este efecto con amplias condiciones de seguridad, y evaporación natural dentro de la misma área de soluciones neutras.

Se procesarán 800 kg de RS (aproximadamente 4 tambores) por batch y por día, trabajando de lunes a viernes. De acuerdo al balance de masa realizado por Ramírez Santis et al.(2010), se estima efectuar aproximadamente 2 eluciones por mes, con una producción mensual de 214 kg de uranio.

Los precipitados a obtener tendrán una composición similar a los precipitados del tratamiento de los minerales y características que permitirán su remediación final, sin

diferenciarlos del resto de los residuos. Cabe acotar que el contenido de uranio de estos precipitados será más bajo que el de los precipitados obtenidos en el tratamiento de minerales, dado la mayor parte de este elemento (un 95%) fue extraída en el proceso de purificación.

6.1.1 Consumo de Agua

Tanto la etapa de lavado de los residuos como la de disolución sulfúrica, se efectuará empleando agua de cantera, de modo tal de producir al mismo tiempo la gestión de los volúmenes utilizados de esta forma, estimados en 65.000 m³/año.

6.1.2 Gestión de los tambores y plásticos. Preparación y localización

Los tambores liberados de los residuos (RS) serán gestionados siguiendo los siguientes pasos:

1. Separación de las bolsas plásticas.
2. Lavado de los tambores.
3. Preparación de trincheras ubicadas por coordenadas en un plano, con la base impermeabilizada empleando suelo cohesivo, como parte del programa de remediación final de las mismas.
4. Ubicación de las bolsas en un sector separado de los tambores (recomendación de UTN-FRA).
5. Compactado y ubicación de los tambores en las trincheras.
6. Cobertura de los tambores con material estéril y posterior compactación.

6.1.3 Efluentes de Proceso

En el tratamiento de AC y RS, se generarán aproximadamente 27.000 m³/a de efluentes líquidos, que provienen de los distintos efluentes de operación de planta, como agua de lavado de RS, efluentes de columnas de fijación de RS, agua de lavado de filtros y de columnas de intercambio. A éstos se sumarán 4.500 m³/a correspondientes a efluentes cloacales, de laboratorio, agua de lavado de los equipos y de limpieza de los pisos de planta. Por lo tanto, se generarán un total de 31.500 m³/a de efluentes. (CNEA: Ramírez Santis et al, 2010).

Los efluentes líquidos producidos, se conducirán hacia la cisterna de desechos desde donde serán enviados al dique pulmón para ser tratados posteriormente en la planta de neutralización, mediante el agregado de lechada de cal, preparada a partir de cal hidratada.

Una vez neutralizados, los líquidos serán conducidos a los diques de evaporación DN8-DN9, donde decantarán los desechos y se evaporará el agua naturalmente.

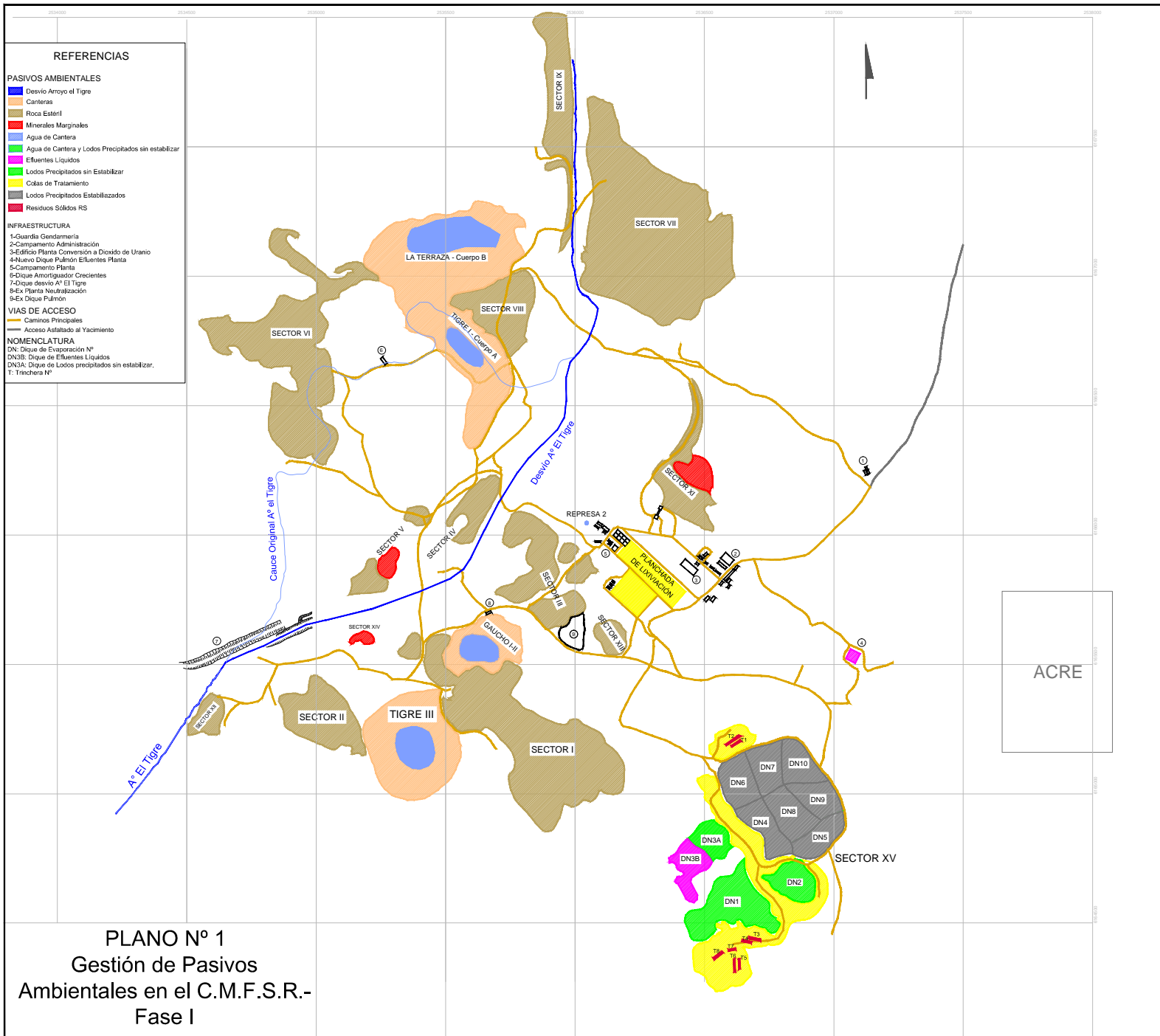
7. CONCLUSIONES

Las tareas ambientales que actualmente se desarrollan en el CMFSR se corresponden con la Manifestación General de Impacto Ambiental para la Gestión de Pasivos Ambientales existentes en el Complejo, presentada en abril de 2014, a la Dirección Protección Ambiental de la provincia de Mendoza que fue confirmado por la Resolución 1779/04, y lo considerado

en la Resolución 233/08, respecto a la remediación por orden de prioridades de los pasivos ambientales existentes en el Complejo Minero Fabril San Rafael.

8. REFERENCIAS

1. COMPLEJO MINERO FABRIL SAN RAFAEL “Manifestación General de Impacto Ambiental Etapa Remediación-Fase 1”. CNEA, 2013.
2. Ramírez Santis, J., Coria, G. y Tagliani, M. “Gestión de residuos sólidos (RS) y agua de cantera en la planta (AC) de concentración del CMFSR.” INF-PMP- CMFSR-P-008. 2010.
3. Piastrellini, A., Ramírez Santis, J. y Coria, G.: “Construcción de cañería de conducción de agua de cantera”, CNEA, Gerencia de Producción de Materias Primas – CMFSR. INF-30MP-007.2009.
4. Colombo, M. y Zelechower, G. ET-PMP-DTPU-105: “Dispositivo de Apertura Segura de Tambores de Residuos Sólidos”, CNEA, Gerencia de Producción de Materias Primas. 2009.
5. COMPLEJO MINERO FABRIL SAN RAFAEL “Manifestación General de Impacto Ambiental Gestión de Residuos en Disposición Transitoria”. CNEA, 2008.
6. Gestión de Residuos Sólidos (RS) y Agua de Cantera (AC) en la Planta de Concentración del CMFSR. INF-PMP-CMFSR-P-008 Rev.: 0. CNEA, 2008.
7. Heffner, Y. “Tratamiento de agua de cantera CMFSR. Precipitación de Ra y As”, CNEA, Gerencia de Producción de Materias Primas – Departamento de Producción de Uranio. NT-DPTU-061-07. 2007.
8. Grüner, R. “Manifestación general de Impacto Ambiental, Gestión de residuos sólidos y agua de cantera en el CMFSR”. UAAU, CNEA. INF-IP-125/05. 2005.
9. Asenjo, A. y J. Perrino, “Tratamiento de Residuos Sólidos del C.M.F.S.R. Metodología y Evaluación del Impacto Ambiental de las actividades”. INF-UEP-034-05, (CNEA). 2005.
10. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda –Grupo de Apoyo Tecnológico a la Industria – Departamento de Ingeniería Química. Evaluación de Impacto Ambiental “Remediación y Rehabilitación Sincrónica del Complejo Minero Industrial San Rafael e Integración de la Planta de Producción de Dióxido de Uranio”. 2004.
11. Biurrun, E. Study of Environmental Impact Assessment for the San Rafael Mining and Industrial Complex - Final Report. 2002.



PLANO N° 1
Gestión de Pasivos
Ambientales en el C.M.F.S.R.-
Fase I