

# Evaluación de filtraciones de depósito de relaves en una mina ubicada en el sur del Perú

Rubén Rojas<sup>(1)</sup> [rrojas@ipen.gob.pe](mailto:rrojas@ipen.gob.pe); Regulo Visurraga<sup>(1)</sup> [rvisurraga@ipen.gob.pe](mailto:rvisurraga@ipen.gob.pe);  
José Maguiña<sup>(1)</sup> [jmaguiña@ipen.gob.pe](mailto:jmaguiña@ipen.gob.pe); Jorge Condori<sup>(1)</sup> [jcondori@ipen.gob.pe](mailto:jcondori@ipen.gob.pe)

(1) IPEN, Dirección General de Seguridad Radiológica. Dirección de Aplicaciones,  
Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

## Resumen

El presente estudio tiene como finalidad evaluar la hidrodinámica de las filtraciones surgidas adyacentes al dique de relaves de una mina ubicada en el Sur del país, empleando para ello trazador orgánico (Uranina) y radiactivo (Yodo -131).

## 1. Introducción

La técnica de trazadores consiste en la introducción de una masa muy pequeña (denominada trazador) en un sistema dinámico cuyas características se desea determinar; el monitoreo del desplazamiento del trazador a través del sistema permite determinar estas características. El trazador debe ser fácilmente detectable y la masa del trazador introducido comparada con la masa que se mueve en el sistema, debe ser muy pequeña a fin que no distorsione la dinámica del sistema. Los trazadores se introducen o inyectan en el sistema mediante diversos dispositivos en función de las características del sistema.

Los trazadores radioactivos que emiten radiación gamma como el I-131 son los más fáciles y directos de detectar y tienen además la ventaja de extinguirse con el tiempo, asimismo, el trazador utilizado debe tener características que le permitan seguir la dinámica del sistema sin reaccionar químicamente con el medio o quedar adsorbidos en el camino, razón por la cual en muchos casos se utiliza más de un trazador al mismo tiempo.

## Antecedentes

Información de estudios realizados en la zona, pero con técnicas convencionales empleando trazadores químicos (anilina), a

fin de determinar el origen de las filtraciones; indicaban que éstas provenían del depósito de relaves, razón por la que la empresa estaba interesada en determinar la trayectoria de las mismas.

En la inspección previa efectuada a la mina, se apreció la existencia de grietas de un ancho de un centímetro aproximadamente ubicadas muy cerca a la orilla de la margen izquierda del depósito de relaves, las grietas localizadas en un tramo de 20 y 30 metros aproximadamente del punto de contacto del dique con el terreno natural.

También se apreció la existencia de 4 puntos de filtraciones localizados al pie del dique, según se muestra en croquis adjunto, tres de ellas están ubicadas al fondo de una quebrada y cerca al área de contacto del dique con el terreno natural de la margen izquierda del depósito de relaves, y el cuarto punto de filtración se encuentra aproximadamente al pie del centro del dique, cerca al rebose de agua del depósito de relaves o "quena" actualmente en operación. De estas 4 filtraciones, fluye agua clara sin sedimentos, pero existen evidencias que al menos en la filtración F2, en algún momento, el agua salió con sólidos del depósito de relaves.

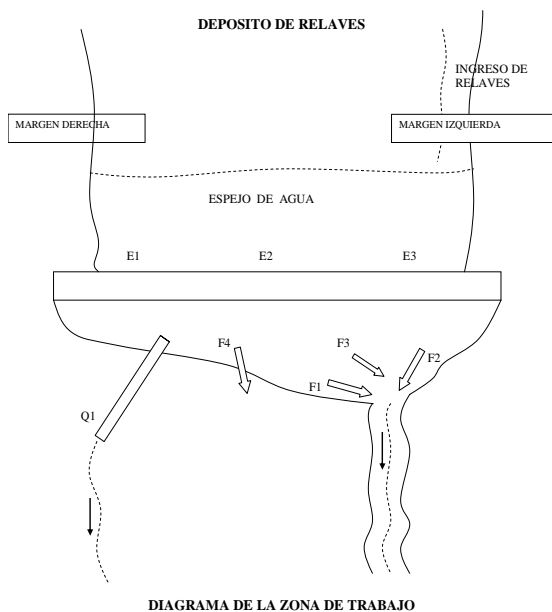


Figura 1. Zona de evaluación.

## 2. Metodología

La metodología establecida para determinar el origen de las filtraciones en el depósito de relaves de la mina consistió en dividir el perímetro del espejo de agua en 3 tramos mayores:

Frente al dique  
Margen izquierda y  
Margen derecha

Tramos donde se inyectaron los trazadores I-131 (radioactivo, proporcionado por la Planta de Producción de Radioisótopos, PPR) y Uranina (fluorescente), cuya presencia o ausencia se monitoreó en las 4 filtraciones arriba mencionadas y en la "quena". Dependiendo de los resultados, y en función de los requerimientos de la empresa se preveía repetir los estudios inyectando los trazadores en tramos de menor longitud a fin de determinar las zonas donde se originan las filtraciones con mayor precisión.

Como parte de los trabajos preliminares, en primer lugar se determinaron los valores ambientales o naturales de radioactividad y fluorescencia de las aguas del depósito de relaves, filtraciones y "quenas"; asimismo, se determinaron los valores de conductividad eléctrica y temperatura de estas masas de agua.

Finalmente, se inyectaron los trazadores I-131 y Uranina en los tres sectores del espejo

de agua arriba indicadas, y los detectores del trazador fueron ubicados en los 4 puntos de filtración referidas anteriormente y la "quena" en operación. Los sectores evaluados tuvieron una longitud total de 250 metros aproximadamente: 150 metros frente al dique, 50 metros en la orilla de la margen izquierda y 50 metros de la orilla de la margen derecha.

### Trabajos de campo

Se empleó el trazador radioactivo emisor gamma I-131 ( $t_{1/2}$  8.3 días), y el trazador fluorescente Uranina, los que fueron inyectados en las siguientes zonas:

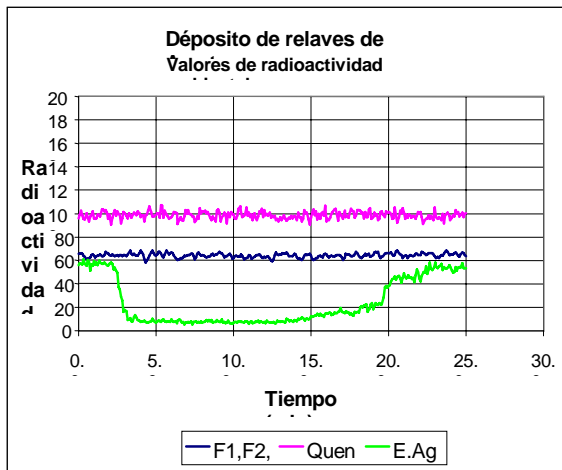
- Espejo de agua paralelo a 5 metros aproximadamente del dique de relaves, en una longitud de 150 metros aproximadamente
- Espejo de agua paralelo a 5 metros aproximadamente de la margen derecha del depósito de relaves, en una longitud de 50 metros aproximadamente
- Espejo de agua paralelo a 5 metros aproximadamente de la margen izquierda del depósito de relaves, en una longitud de 50 metros aproximadamente

La Uranina que le dio una coloración verdosa se utilizó básicamente para tener una información visual del desplazamiento del trazador radioactivo en el espejo de agua; al parecer, este trazador al atravesar las zonas con sedimentos quedó adherido a estos, razón por la cual no se registró su paso (al menos visualmente) en las filtraciones.

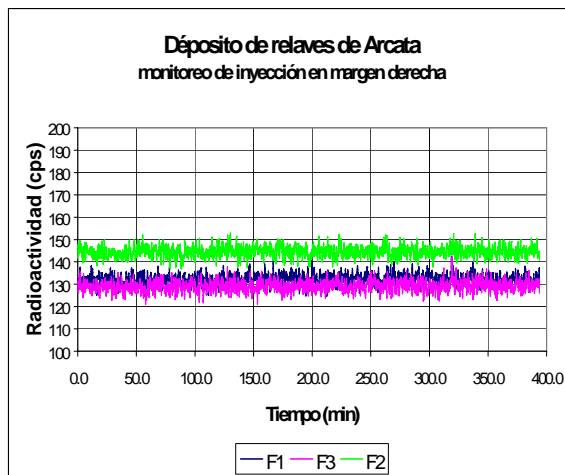
La inyección de los trazadores se efectuó mediante un dispositivo construido para tal fin, consistente en un depósito de 10 litros de capacidad con una salida graduada para el tiempo que tomaría la inyección, la inyección se efectuó a 15 centímetros aproximadamente por debajo del espejo de agua. El dispositivo de inyección se montó en un bote suministrado por la empresa y su desplazamiento para efectuar la inyección se efectuó mediante cables de nylon tirados desde tierra.

### Monitoreo del paso de los trazadores

A modo de ilustración, se muestran los Gráficos 1 y 2, en el que se consideró el paso de trazador Yodo -131 cada 5 segundos.



**Gráfico 1.** Valores de radioactividad ambiental en espejo de agua del depósito de relaves, "quena" y filtraciones al pie del dique.



**Gráfico 2.** Monitoreo de inyección en espejo de agua frente al dique.

### 3. Discusión de Resultados

El Gráfico 1 muestra los valores ambientales de radioactividad registrados en aguas de filtraciones del conjunto F1, F2 y F3 (el detector se colocó en la confluencia de estas filtraciones) y "quena", los que arrojan valores promedio de 60 y 100 cps (cuentas por segundo), y del espejo de agua que varía entre 10 a 60 cps, en estos últimos resultados se pudo notar que la radioactividad se incrementa en aguas poco profundas, es decir cuando el detector se encuentra a menor distancia de los sólidos o relaves.

En general, de este gráfico se puede concluir que valores mayores a 100 cps podrían ser indicios de la presencia del trazador I-131.

En el Gráfico 2, que corresponde al monitoreo de la inyección del trazador en el espejo de agua frente al dique, muestra que los valores de actividad en las filtraciones del conjunto F1, F2 y F3 permanecieron constantes durante las casi 6 horas que duró el monitoreo, lo cual significa que estas filtraciones no tienen interconexión hidráulica con el espejo de agua frente al dique. Los valores de hasta 1800 cps (bastante mayor que los 100 cps ambientales arriba mencionadas) en la "quena" muestra el paso obligado del trazador a través de este punto en una secuencia de picos menores concordante con la observación visual del paso del trazador fluorescente, y tiene solo un valor referencial.

### 4. Conclusiones

- De las 4 filtraciones existentes al pie del dique, solo la filtración F2 que tiene un caudal estimado en 0.3 l/s, se pudo establecer proviene del depósito de relaves, las otras 3 cuyo caudal total estimado en 1.7 l/s se hasta donde se efectuaron los estudios su origen.
- Las filtraciones F1, F3 y F4 no provienen de la orilla de la margen derecha del depósito de relaves, al menos no hasta los 50 metros del dique donde termina el espejo de agua.
- Ninguna de las 4 filtraciones existentes proviene del espejo de agua frente al dique.

### Referencia

- 1) Troisi, S., et.al. Aspects of hydrodynamics in fissured systems. A comparative study between laboratory and in situ tests. En: Isotope Techniques in the Study of the Hydrology of Fractured and Fissured Rocks. STI/PUB/790, IAEA, 1989.