

Presentacion General Servicios Trazado Nuclear



Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda. ◀

Trazadores y sus aplicaciones

Caudal en Ductos cerrados

Lixiviación

Caudal en Flujo Superficial

Comportamiento de Celdas de Flotación

Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y Columnas

Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda

Velocidades en Hidrología subterránea

Sobre Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

- Trazado Nuclear e Ingeniería fue fundada en el año 2012 con el objetivo de entregar mediciones confiables a distintas empresas industriales en armonía con el medio ambiente, de manera que ellos puedan optimizar sus procesos y operaciones.
- La empresa se especializa en la prestación de servicios para el estudio y mejora de procesos industriales, mineros, metalúrgicos, energéticos, recursos hídricos y ambientales, entre otros, mediante la aplicación de trazadores y sistema de control nucleónico.
- Los socios cuentan con más de 30 años de trayectoria utilizando esta tecnología. Ellos se involucran en cada uno de los proyectos, liderando a los equipos en la recopilación de datos en terreno, para su posterior análisis, asegurando la confiabilidad de los datos.
- Es formado por un grupo multidisciplinario de Ingenieros, Técnicos y Químicos, varios de ellos con postítulos en las mejores universidades del país y del extranjero.



Tenemos clientes en diversas industrias que han confiado en nuestros servicios

Nuestros clientes han confiado en nuestro servicios, ya que se adaptan a las condiciones específicas de cada empresa, caracterizando en forma eficiente los procesos que se requiera estudiar, otorgando seguridad, ahorro de tiempo, parámetros tanto cuantitativos como cualitativos.

Algunos de nuestros Clientes



Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

Trazadores y sus aplicaciones ◀

Caudal en Ductos cerrados

Lixiviación

Caudal en Flujo Superficial

Comportamiento de Celdas de Flotación

Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y Columnas

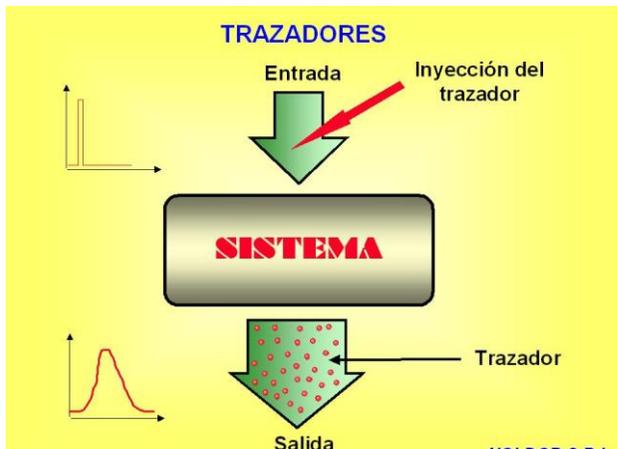
Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda

Velocidades en Hidrología subterránea

¿Qué son los trazadores?

Definición de Trazador

- Elemento que sirve para marcar una determinada sustancia que forma parte de un proceso.
- Los trazadores en general se pueden utilizar para seguir el movimiento de sustancias en cantidades grandes o pequeñas, y a nivel molecular o atómico.
- Las observaciones se realizan midiendo la cantidad de trazador cuando pasa por un punto del proceso, y nos entrega información detallada de su trayecto.
- Existen distintos tipos de trazadores, los cuales son seleccionados a partir de sus características específicas en cada proceso



Aplicaciones realizadas por Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

1- Procesos industriales:

- Trazado y detección de fugas en tuberías enterradas de transporte de líquidos y gases.
- Asesoría técnica en limpieza de tuberías mediante la marcación de raspadores.
- Medición de velocidad y determinación de caudales en:
 - Tuberías de transporte de agua potable e industrial
 - Tuberías de transporte de gases e hidrocarburos
 - Canaletas de relaves, etc.

2- Medición en flujos naturales de:

- Flujos en Ríos y Canales
- Velocidad y dirección de flujo de napas subterráneas
- Dispersión de contaminantes
- Dispersión y Difusión en Emisarios submarinos
- Determinación de filtraciones en estanque y/o represas hidráulicas

3- Distribución de Tiempos de Residencia de sólidos, líquidos y gases en:

- Molinos de bola y barra
- Espesadores
- Celdas y columnas de flotación
- Pilas de lixiviación

Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

Trazadores y sus aplicaciones

Caudal en Ductos cerrados ◀

Lixiviación

Caudal en Flujo Superficial

Comportamiento de Celdas de Flotación

Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y Columnas

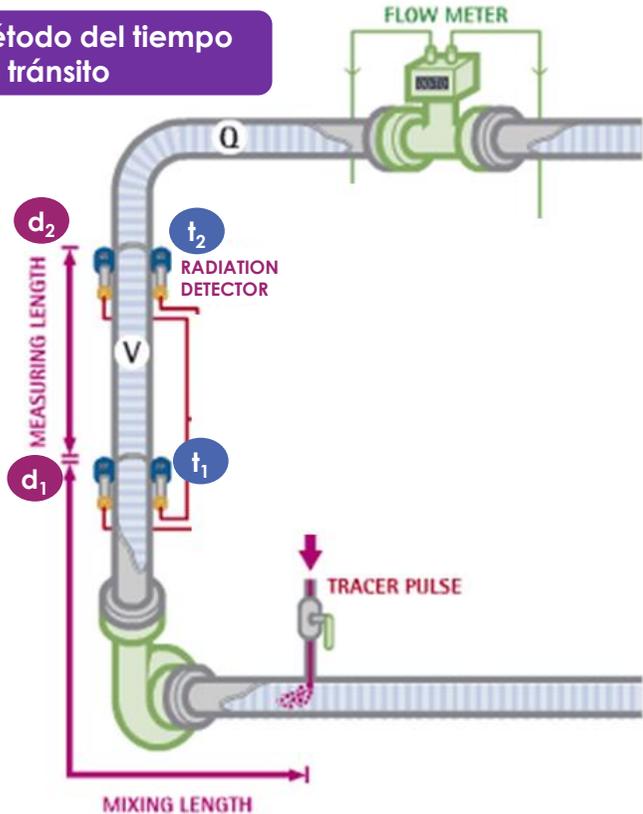
Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda

Velocidades en Hidrología subterránea

Determinación de Velocidad de flujo en cañerías mediante trazador radiactivo

- Este método se realiza inyectando un trazador radiactivo en una sección entre dos puntos de una tubería cuya distancia es conocida.
- El tiempo de tránsito se determina por la diferencia entre los tiempos de llegada del trazador radiactivo a cada uno de los puntos, los cuales son medidos por medio de detectores de actividad localizados en cada posición de dicha tubería.

Método del tiempo de tránsito



Ec. Distribución tiempo de residencia

$$t_{\text{exp}} = \frac{\int t C(t) dt}{\int C(t) dt}$$

t_{exp} : tiempo medio experimental.

t : tiempo al cual se recolecta la muestra.

$C(t)$: concentración de trazador en el tiempo t .

Determinación velocidad de flujo

$$V = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

V : velocidad del fluido

$d_2 - d_1$: distancia entre ambas sondas de detección

t_1 : tiempo medio de residencia del punto de medición 1

t_2 : tiempo medio de residencia del punto de medición 2

Determinación del caudal de Paso

$$Q = V * \left(\frac{\pi}{4} \right) d^2$$

V : velocidad del fluido

d : diámetro de la tubería

Inyección y detección de trazador radiactivo en ductos

1



Inyección de trazador

2

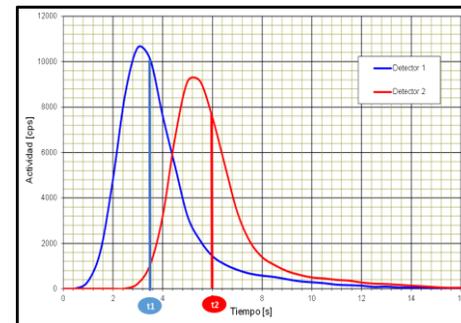


Detector instalado en ducto

3



Actividad vs tiempo



Registro de señal de los detectores

Ejemplo: Validación de Flujiómetros para Balance Metalúrgico en Minera, usando Trazadores Radiactivos

OBJETIVOS

- Conocer el flujo de las soluciones en cada uno de los procesos de obtención del cobre para mejorar y optimizar los procesos productivos.
- Se realizó una evaluación hidráulica de velocidades de fluido en diversas tuberías de transporte de soluciones de las instalaciones de una Minera, de manera de contrastar la información en línea de instrumentación y calibrarlos para fines de balances de flujo de soluciones y metalúrgicos más confiables.

Inyección del trazador



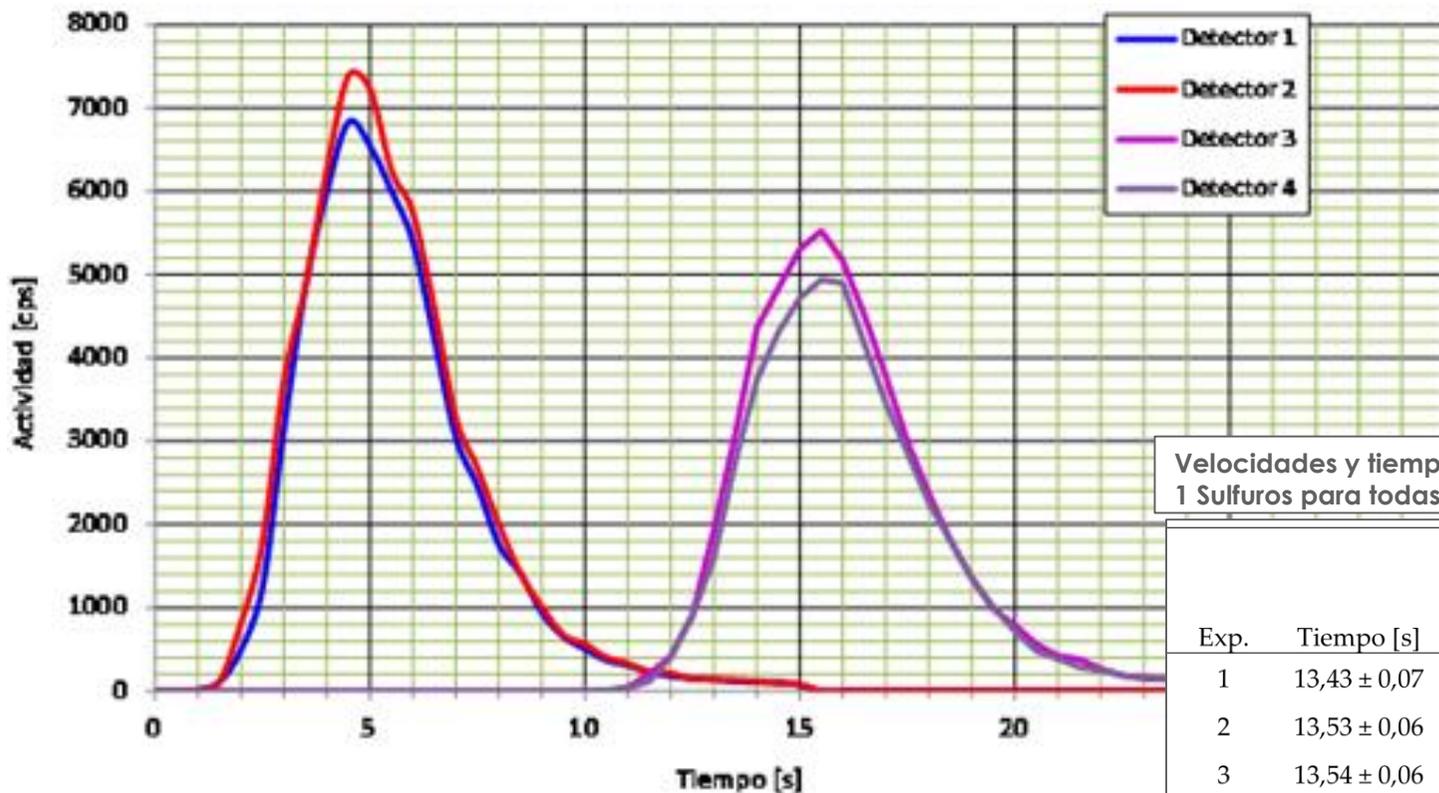
Detección del trazador



Laboratorio Móvil



Gráfico el tiempo de tránsito entre los detectores para la solución rica 1



Velocidades y tiempos de tránsito en solución Refino 1 Sulfuros para todas las experiencias realizadas.

Exp.	Tiempo [s]	Distancia entre detectores [m]	Velocidad de Flujo [m/s]
1	13,43 ± 0,07	17,37	1,29 ± 0,01
2	13,53 ± 0,06	17,37	1,28 ± 0,01
3	13,54 ± 0,06	17,37	1,28 ± 0,01
4	13,60 ± 0,05	17,37	1,28 ± 0,01
5	13,57 ± 0,05	17,37	1,28 ± 0,01

Comparación de las mediciones de flujo con trazadores y la de los flujómetros en línea

Soluciones	Diámetro interno [m]	Velocidad Promedio [m/s]	Flujo medio medido [lts/min]	Flujo en flujómetros [lts/min]	Diferencia entre flujos
Rica 1 Sulfuros	0,327	1,53	7.71	8.145	-5,65
Rica 2 Oxidos	0,397	1,59	11.785	10.52	10,74
Rica 3 Ripios	0,353	1,42	8.319	8.581	-3,14
Refino 1 Sulfuros	0,384	1,282	8.899	8.123	8,72
Refino 2 Oxidos	0,441	1,36	12.441	11.708	5,89
Refino 3 Ripios	0,397	1,24	9.191	9.392	-2,19
ILS 1 Sulfuros	0,409	1,52	11.994	12.394	-3,34
ILS 2 Oxidos	0,555	1,04	15.107	14.865	1,60
ILS 3 Ripios	0,555	0,582	8.454	7.917	6,35
Orgánico SX-1	0,290	2,30	9.115	9.802	-7,53
Orgánico SX-2	0,313	2,52	11.619	13.68	-17,74

Con estos datos de flujo se pueden realizar balances metalúrgicos confiables



Bajo error



Alto error



Alto error

Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

Trazadores y sus aplicaciones

Caudal en Ductos cerrados

Lixiviación ◀

Caudal en Flujo Superficial

Comportamiento de Celdas de Flotación

Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y Columnas

Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda

Velocidades en Hidrología subterránea

Determinación de tiempo de residencia en tambor de aglomeración

Objetivo del trabajo

- Caracterizar el comportamiento del tambor de aglomeración a distintas velocidades de rotación

Metodología

- Inyección de mineral marcado (por activación neutrónica) a la entrada del tambor de aglomeración y medido a la salida del mismo

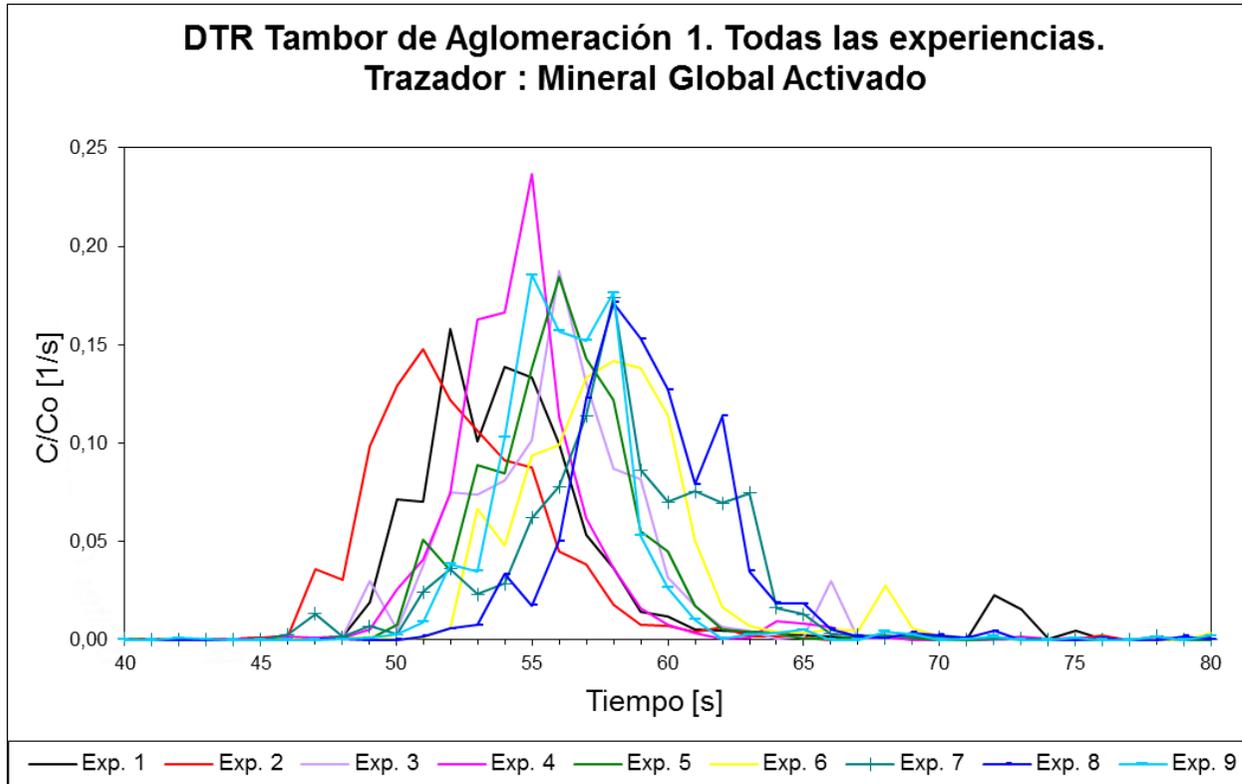
Inyección



Detección



Resultados obtenido en Tambor de Aglomeración



- Distribución de tiempos de residencia a distintas velocidades de rotación del tambor de aglomeración
- Esto permitió conocer el tipo de pilas de lixiviación que se están formando

Cada experiencia en una velocidad de rotación distinta

Determinación de DTR en pilas a distintas velocidades del tambor de aglomeración

Inyección



Objetivo del trabajo

- Caracterizar el comportamiento de pilas de lixiviación aglomeradas a distintas velocidades de rotación del tambor

Metodología

- Inyección de trazador (Br -82) en toda la superficie de la pila (mediante el sistema de riego) y se detectó en la salida

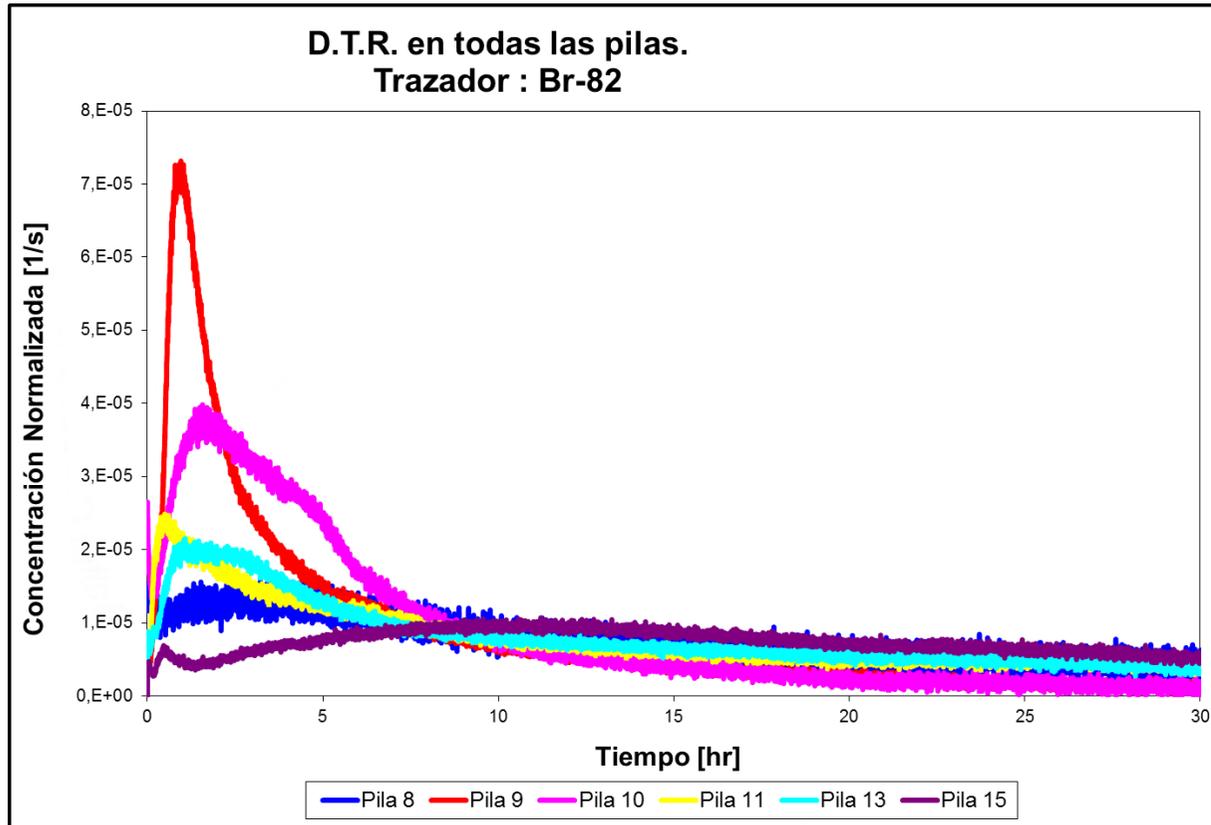
Detección



Sistema de medición



Distribución de tiempos de residencias en las distintas pilas de lixiviación

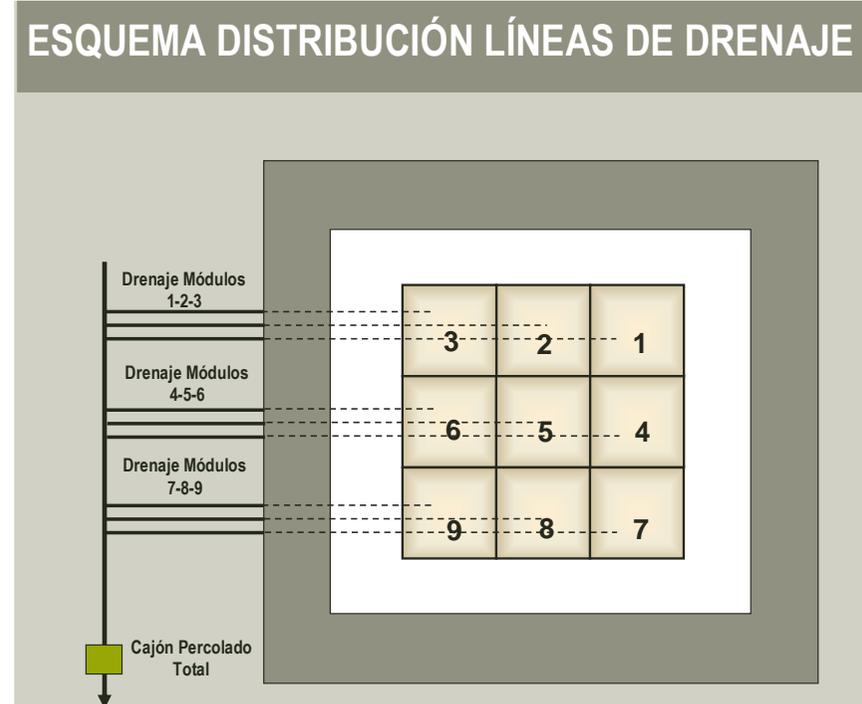
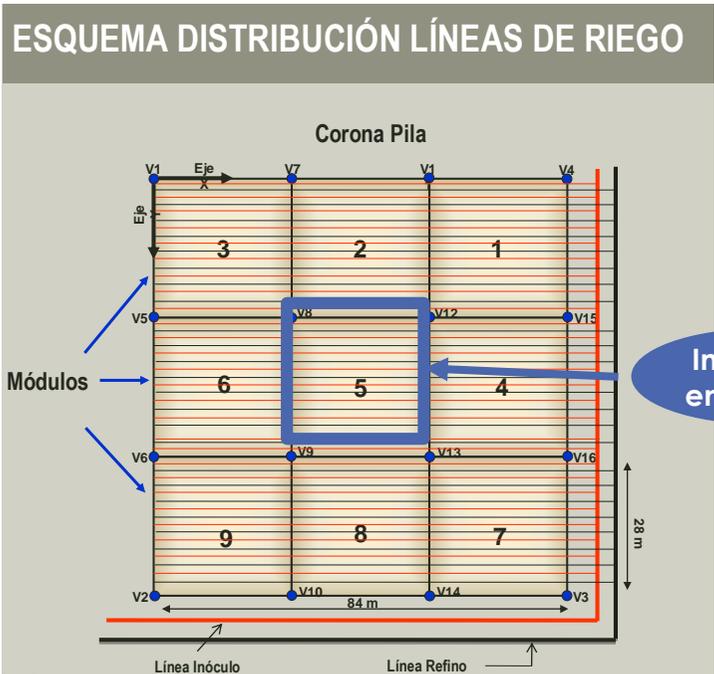


- Distribución de tiempos de las pilas de residencia a distintas velocidades de rotación del tambor de aglomeración
- Esto permite determinar la velocidad del tambor que optimiza el rendimiento metalúrgico

Caso: Estudio de Distribución de línea de riego

Objetivo; Conocer la distribución de tiempo de residencia del módulo 5 de la pila, y su cono de influencia en los otros módulos

Metodología: Inyección de tritio (trazador) en el modulo 5. y se recolectó a la salida de todos los módulos



VISTAS GENERALES LÍNEAS DE RIEGO CORONA PILA



VISTAS GENERALES LÍNEAS DE DRENAJE PILA



Inyección y muestreo de la solución

Inyección



Muestreo en distintas salidas



Gráficos de Variación de Concentración de Trazador en distintos Módulos

Gráfico N° 04: Variación de la Concentración de Tritio en Módulos 1, 2 y 3.
Pila de Lixiviación. BHP Billiton. Minera Escondida

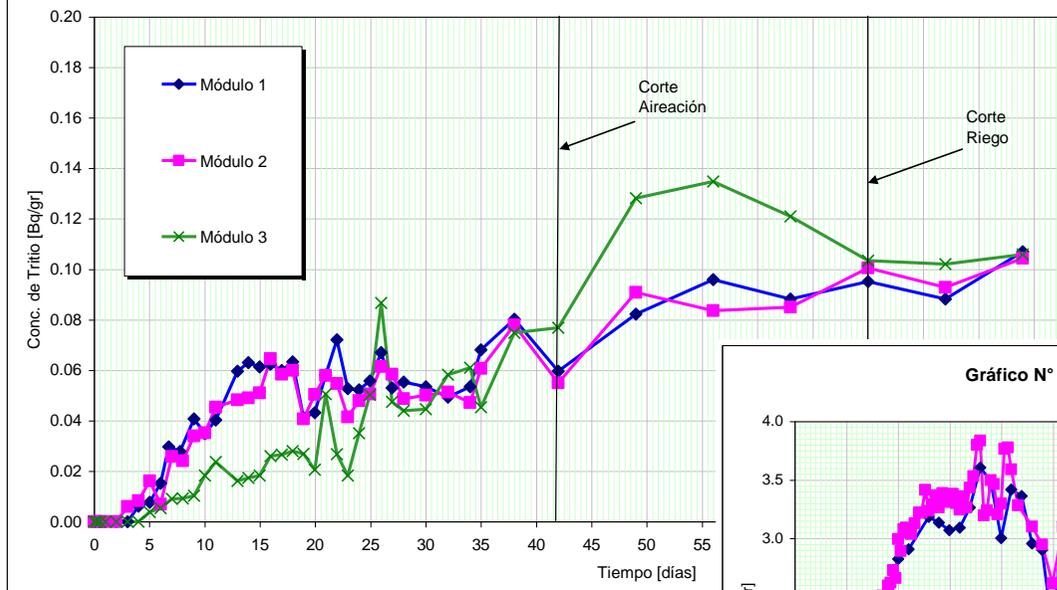


Gráfico N° 08: Variación de la Concentración de Tritio en Módulos 4, 5 y 6.
Pila de Lixiviación. BHP Billiton. Minera Escondida

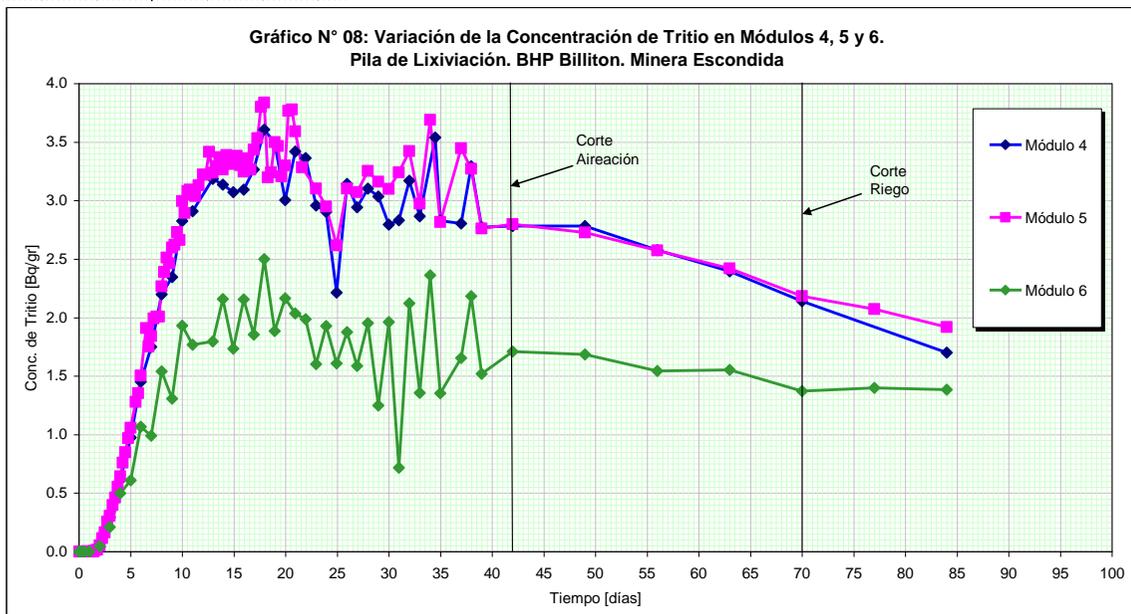
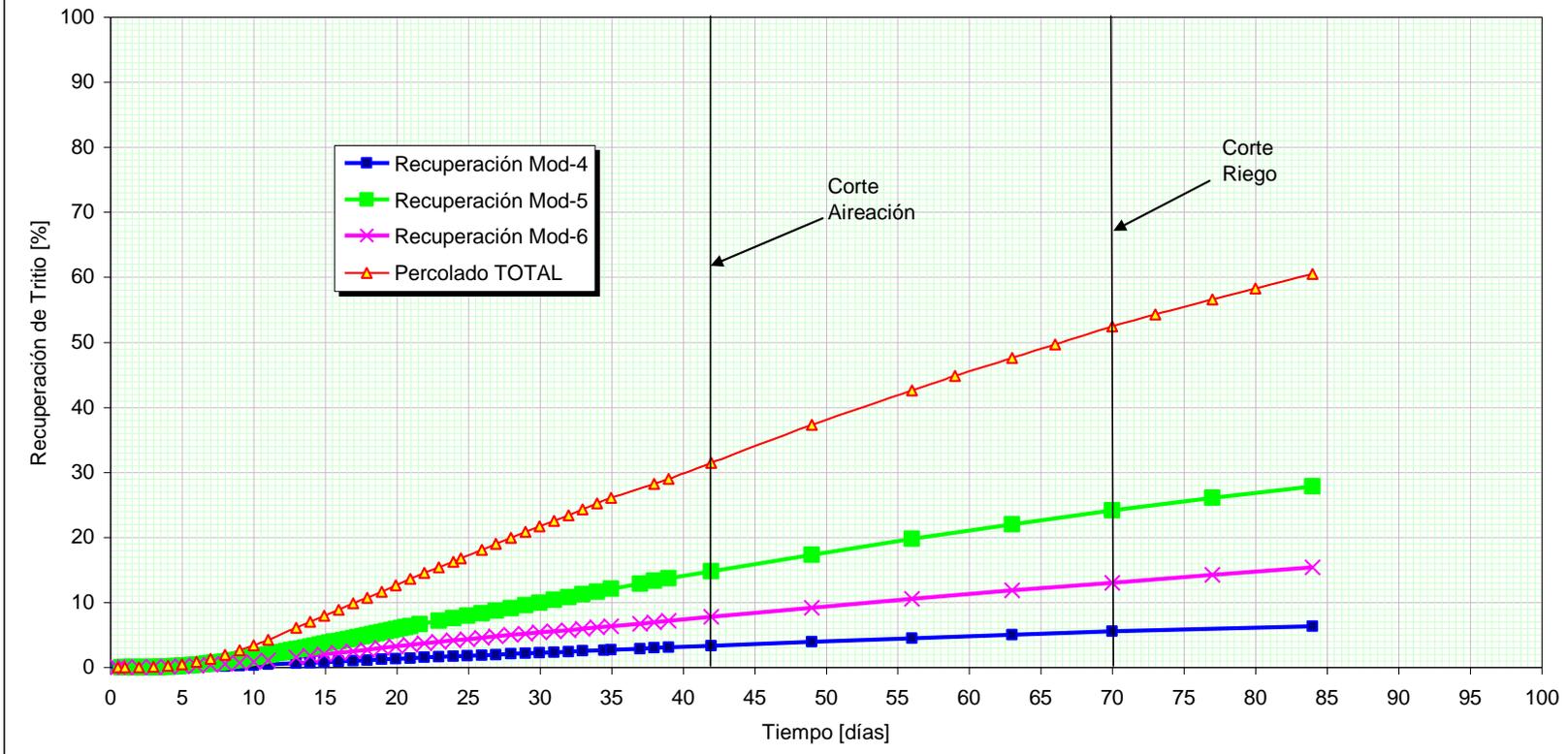


Gráfico de Variación de Recuperación de Trazador en Percolado Total y algunos módulos

Gráfico N° 14: Variación de la Recuperación de Tritio en Percolado Total y Módulos 4, 5 y 6 Pila de Lixiviación. BHP Billiton. Minera Escondida



Caso 2: Proyecto de Factibilidad de Lixiviación

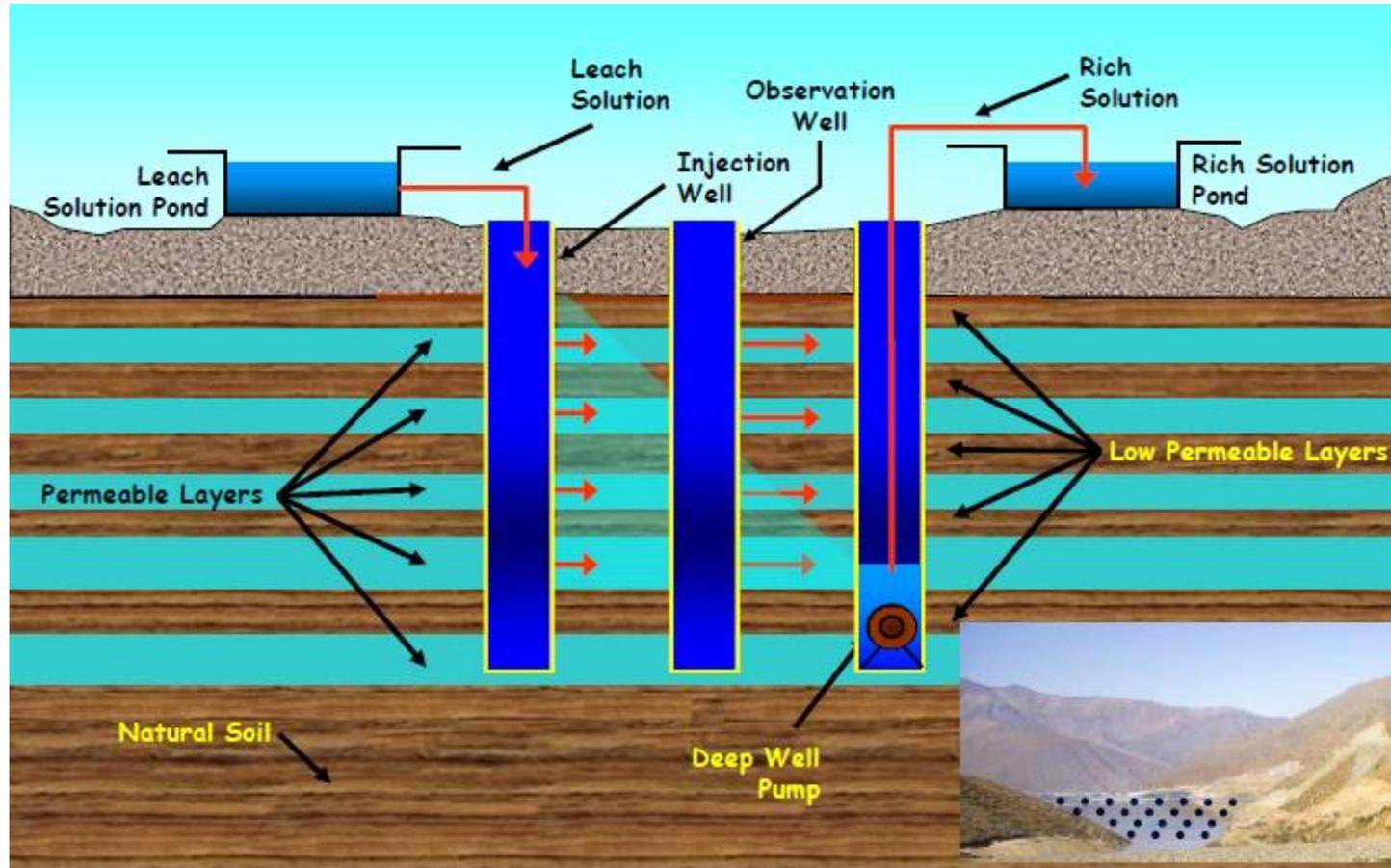
Contexto:

- Obtener la permeabilidad en función de la profundidad
- Capacidad de transporte de soluciones económicamente atractiva

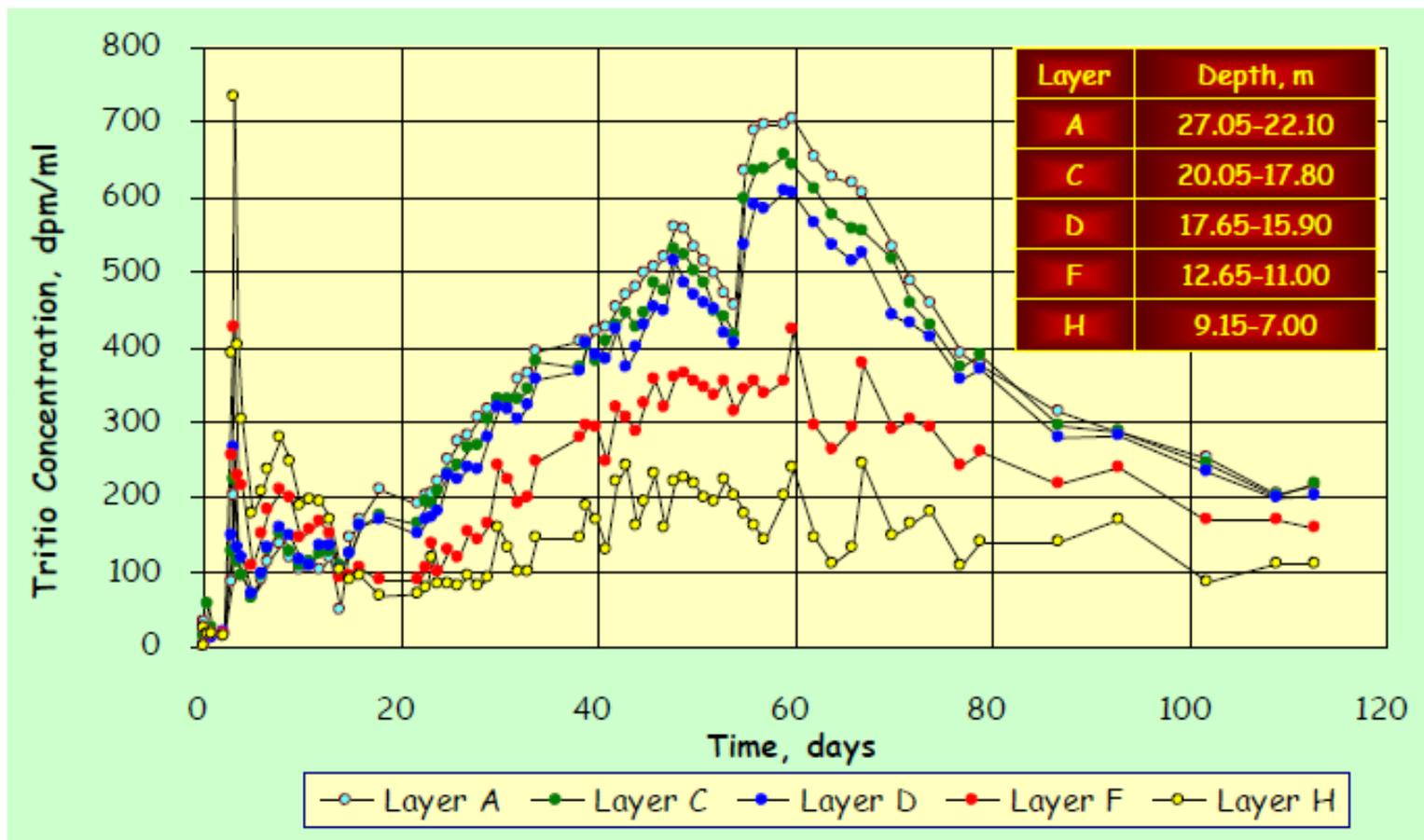
Condiciones:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| -Trazador: | Tritio |
| -Vida media de decaimiento: | 12.3 años |
| -Cola de Flotación: | 0.28%CuT,0.15%CuS,
70%-100#Tyler |
| -Punto de inyección: | pozo de inyección |
| -Punto de Control: | pozo de observación |

Arreglo del Pozo



Resultado a diferentes capas/profundidades en el tiempo



Caso: Ejemplo de baja permeabilidad en pila de lixiviación

Problema:

- Permeabilidad más baja de lo esperado
- Uniformidad en infiltración

Condiciones:

- | | |
|------------------------------------|--|
| -Trazador: | Tritio |
| -Vida media de decaimiento: | 12.3 años |
| -Dimensiones: | 40mx800mx10m
(ancho x largo x alto) |
| -Mineral de cobre: | 0.95%CuT, 0.45%CuS,
100%-1” |
| -Punto de inyección: | Sector de alimentación
de solución |
| -Punto de control: | Colector de soluciones |

El objetivo general del trabajo fue caracterizar el escurrimiento de la solución lixivante en varias pilas industriales de mineral de cobre.

Se realizaron experiencias donde se marcó las soluciones de riego con Tritio, en la forma de agua tritiada.

Patrón de Flujo



Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

Trazadores y sus aplicaciones

Caudal en Ductos cerrados

Lixiviación

Caudal en Flujo Superficial ◀

Comportamiento de Celdas de Flotación

Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y Columnas

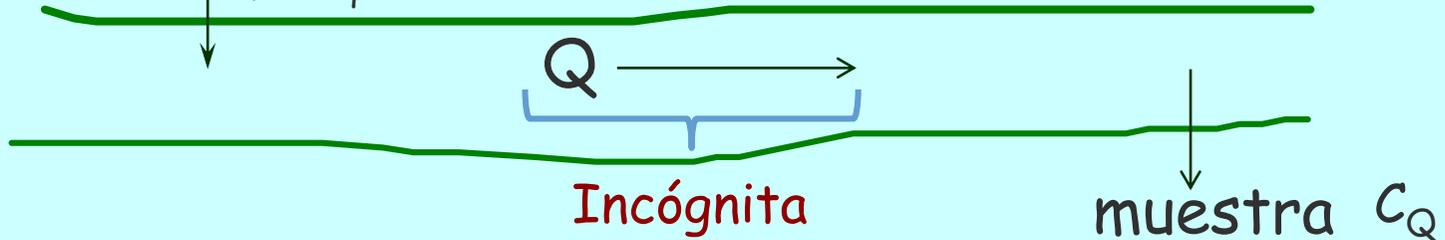
Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda

Velocidades en Hidrología subterránea

Método de Determinación de Caudal en Flujos Superficiales por medio de trazador fluorescente

1. El método consiste en la inyección continua en un curso de agua con un trazador fluorescente, Rodamina WT a una concentración conocida
2. La Rodamina WT que es inyectada es en concentraciones muy bajas, y tenemos los permisos de los Ministerios correspondientes para utilizarlo en aguas de uso domiciliario
3. Se instala un equipo de detección aguas abajo que asegure la mezcla perfecta del trazador con el fluido (largo que permita la buena mezcla, turbulencia de las aguas)

Inyección q, C_q



Balance de Masa del Trazador

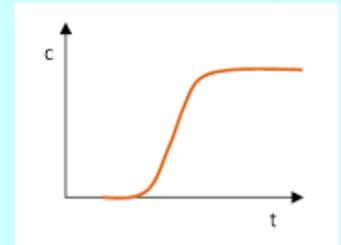
$$Q = \left(\frac{C_q}{C_Q} \right) * q$$

C_q : Concentración de inyección

q : Caudal de inyección

C_Q : Valor constante del trazador en flujo de agua

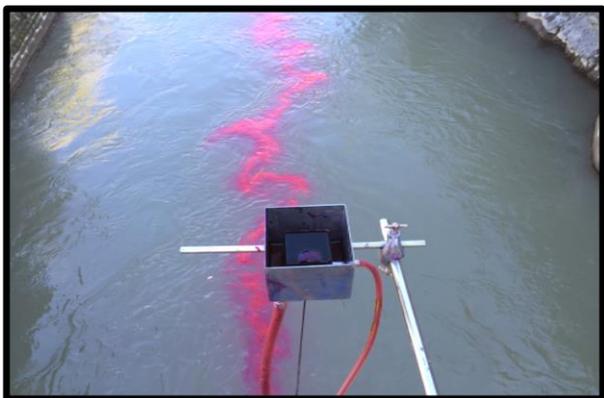
Q : Caudal del flujo de agua a medir



Inyección y detección de trazador fluorescente

Aguas Superficiales

Inyección

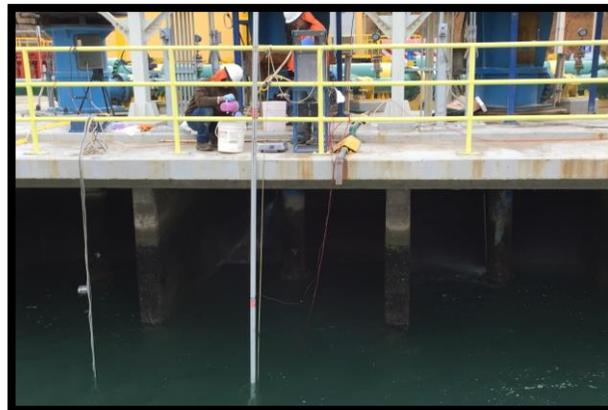


Detección



Ductos Cerrados

Inyección

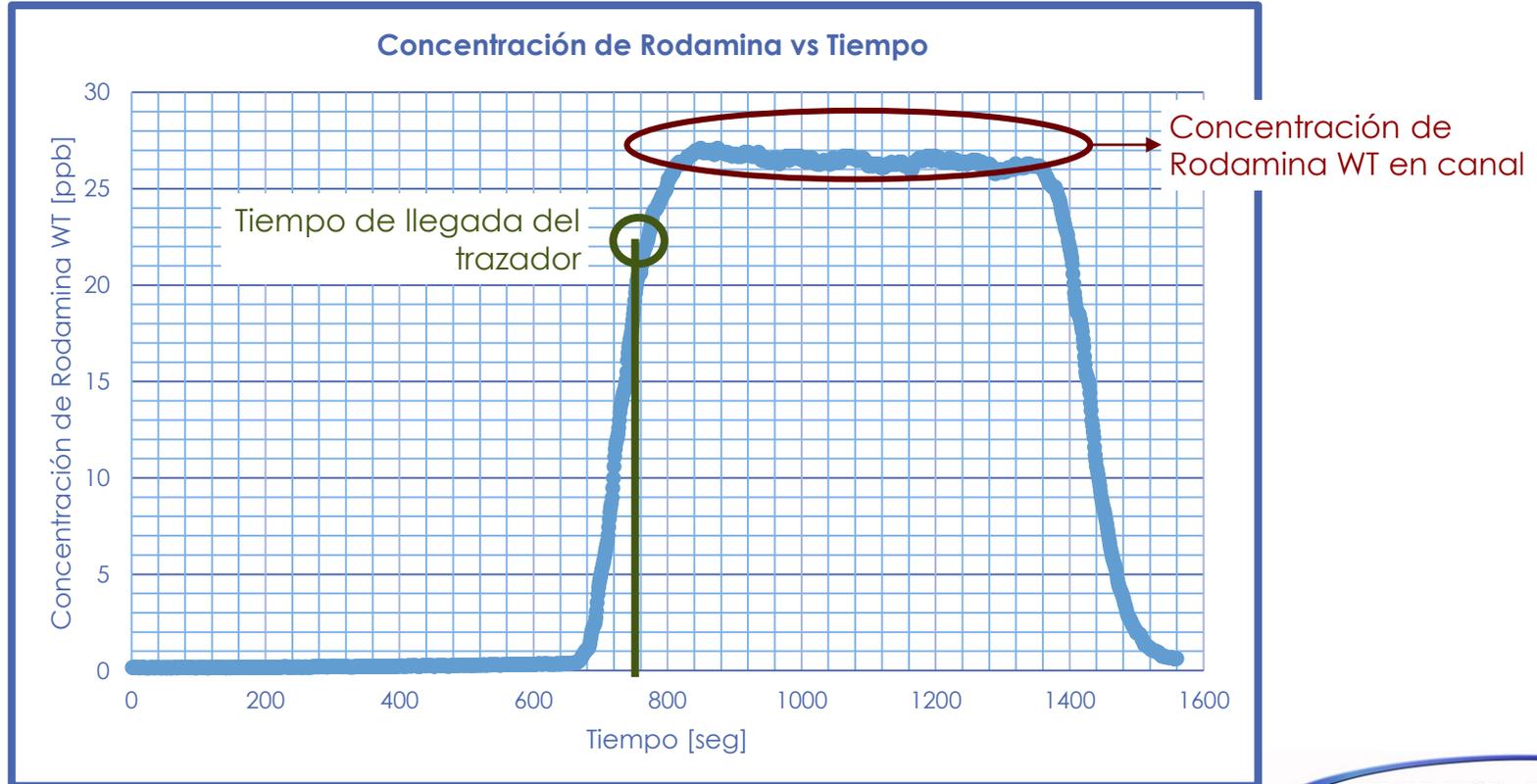


Detección

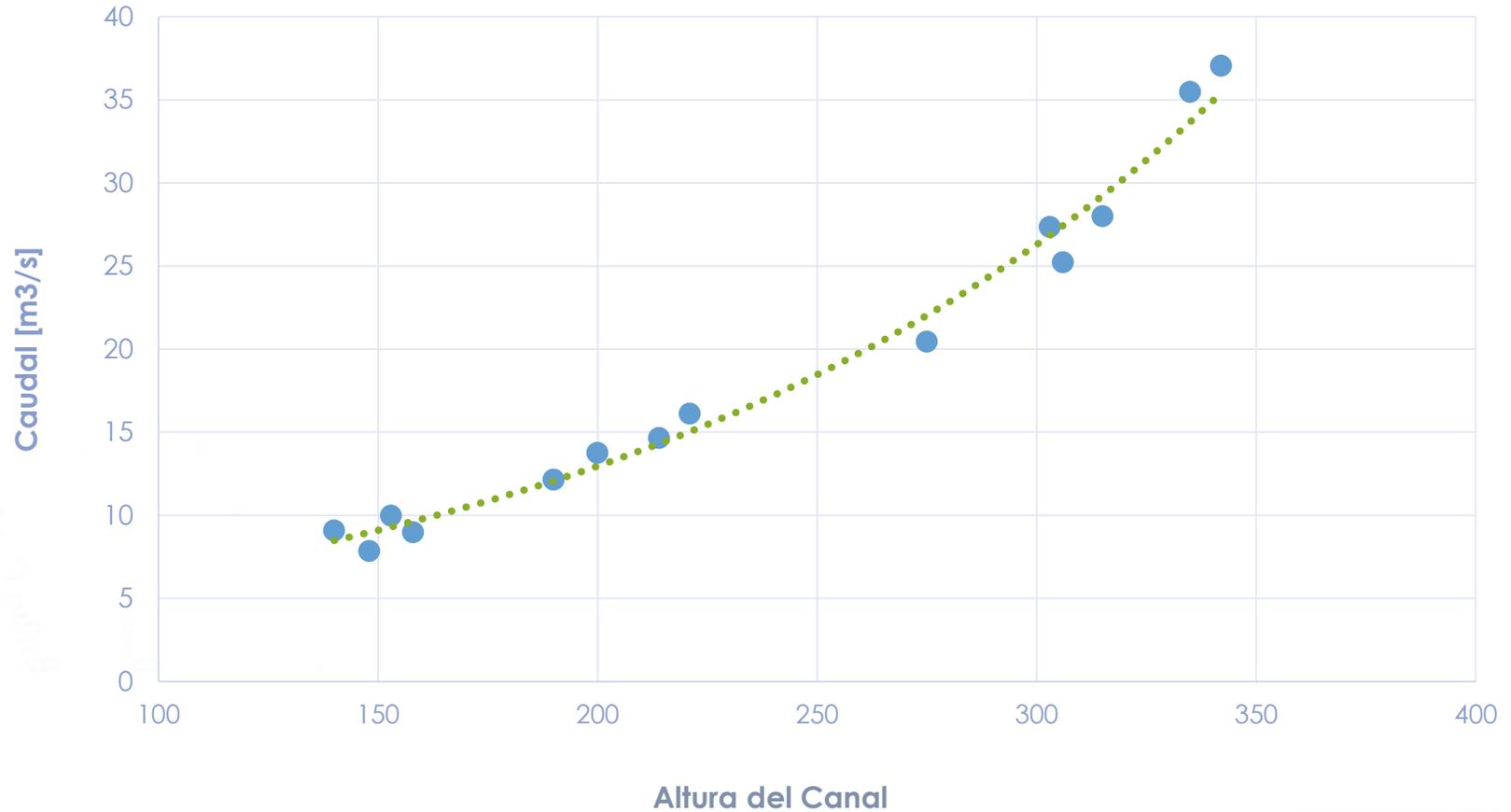


Como resultado podemos obtener el tiempo de pasada (y por lo tanto la velocidad), y la concentración de trazador en el canal (y por balance de masa el caudal)

Resultados obtenidos mediante la medición en equipo



Ejemplo de Curva de Gasto obtenida



Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

Trazadores y sus aplicaciones

Caudal en Ductos cerrados

Lixiviación

Caudal en Flujo Superficial

Comportamiento de Celdas de Flotación ◀

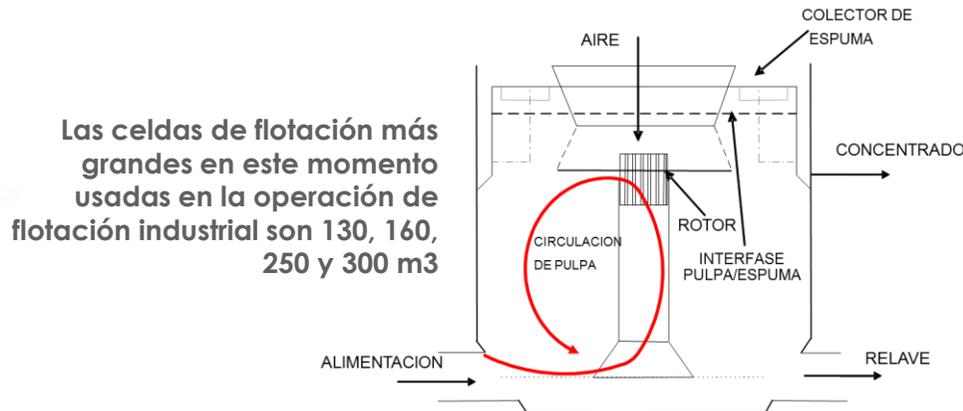
Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y Columnas

Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda

Velocidades en Hidrología subterránea

Determinación del comportamiento de hidrodinámico de celdas de flotación gigantes

- Se usa la técnica de marcaje radiactivo para medir la distribución de tiempo de residencia (DTR) del líquido y sólido en un banco de flotación industrial Rougher
- La DTR es medida introduciendo un trazador radiactivo dentro del sistema a la entrada, y posteriormente se instalan detectores en distintos puntos de la instalación de manera de conocer el tiempo de paso del trazador por cada uno de los puntos.
- Se realizan pruebas directas con partículas sólidas del mismo proceso (idénticas propiedades físico-químicas, misma distribución granulométrica, forma de las partículas, etc.)
- Se inyecta una solución de Br como trazador líquido, mientras relave mineral es usado como trazador sólido no flotable en tres clases de tamaño: grueso, intermedio y fino para evaluar segregación de los sólidos
- Capacidad de medidas en línea en varios puntos dentro del sistema sin perturbaciones relacionadas a procesos de muestreo, usando sensores no invasivos localizados directamente en el tubo de descarga de cada celda.



Panorámica de celdas de flotación



Diagrama de Banco de Flotación y sus RTD asociados

Arreglo en Bancos de Flotación.

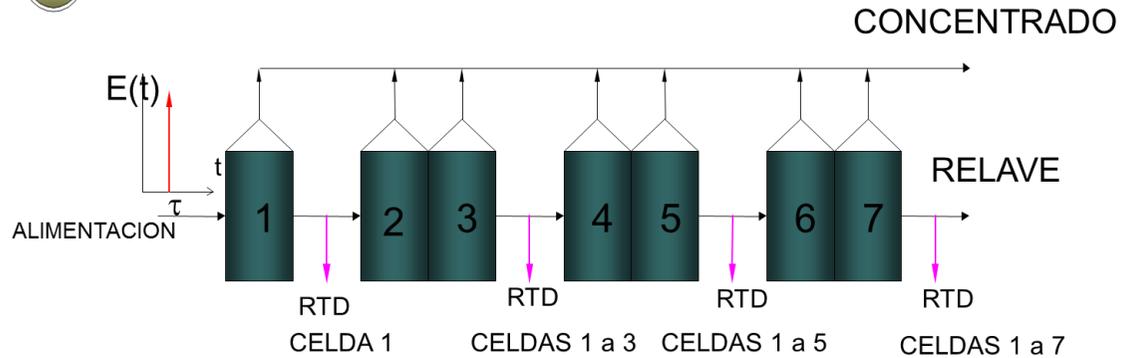
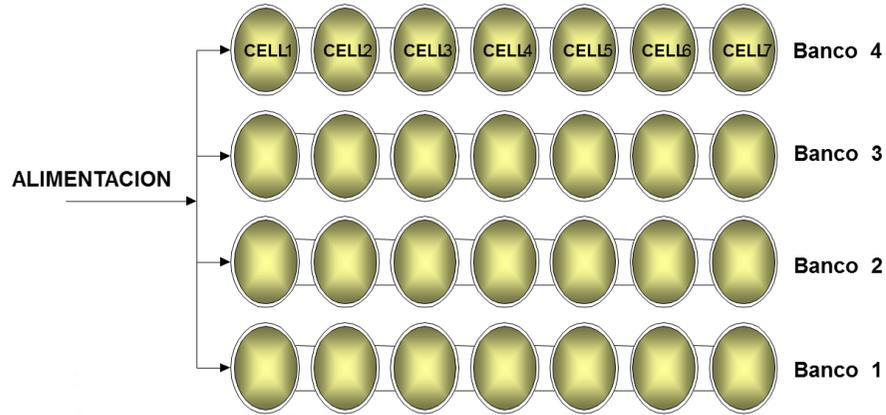


Diagrama de inyección y detección de trazador

Inyección de Trazador Radiactivo



Detector de Traspaso de relaves



Detector en canaleta de concentrado



Resultados obtenidos

Tabla.- Tiempo Medio de Residencia de Relave Fino en Salidas de Concentrado y Relaves

Número de Celda	1	2	3	4	5	6	7
Tiempo en Concentrado, s	227.4	473.8	711.1	994.8			
Tiempo en relaves, s	283.5		782.3		1331		1858
Razón de Tiempos: conc./relave	0.80		0.91				

Ejemplo de resultados que podemos obtener con esta experiencia

- Los resultados en esta experiencia confirmaron que el modelo clásico de N tanques en serie era adecuado para la valoración de la DTR de bancos de flotación que consisten en diferentes número de celdas, donde N representa el número real de celdas en serie.
- Se confirmó que el régimen de flujo en celdas de flotación gigantes autoaspirantes no se comporta como un tanque perfectamente mezclado, y mejor puede ser descrito por el modelo de LSTS, que combina estanques grandes y pequeños perfectamente agitados en serie más un tiempo muerto.

Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

Trazadores y sus aplicaciones

Caudal en Ductos cerrados

Lixiviación

Caudal en Flujo Superficial

Comportamiento de Celdas de Flotación

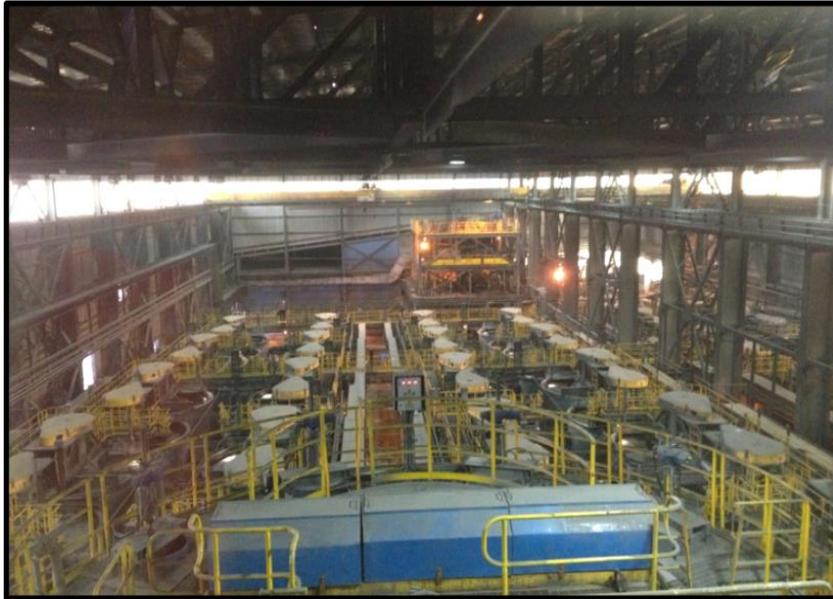
**Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y
Columnas** ◀

Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda

Velocidades en Hidrología subterránea

Diagrama de la instalación

Vista global del Circuito de Flotacion Rougher interior



Vista global del Circuito de Flotación Scavenger interior



Configuración de Circuitos de Flotación Rougher y Scavenger

Fig 1: Configuración 1, Circuito de Flotación Rougher

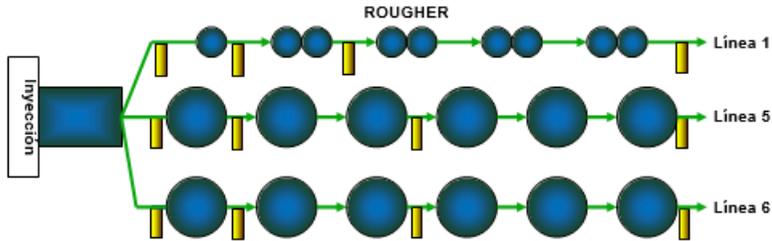


Fig 2: Configuración 2, Circuito de Flotación Rougher

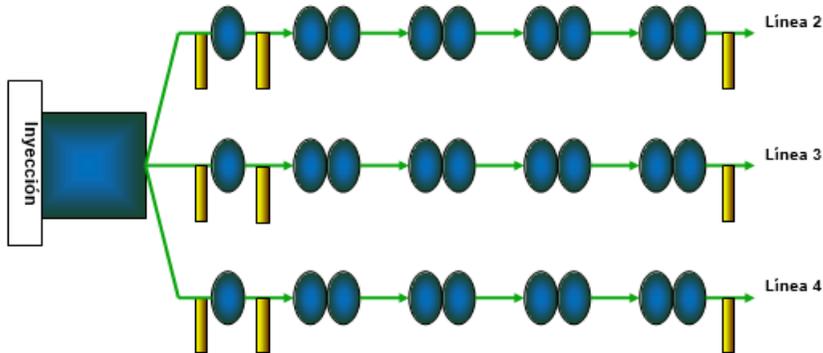


Fig 3: Configuración 3, Circuito de Flotación Rougher

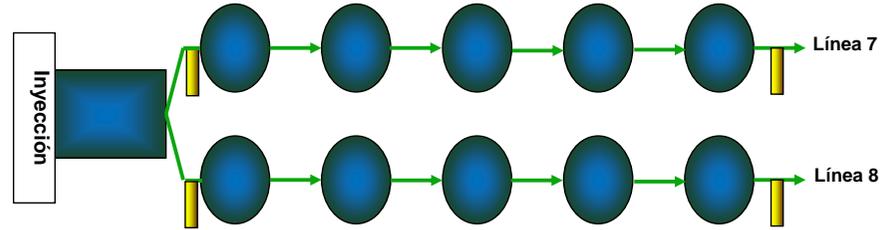
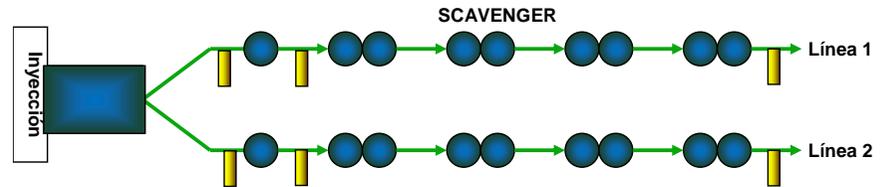


Fig 4: Configuración 4, Circuito de Flotación Scavenger



Circuito de Flotación de Columnas

Fig 5: Configuración 5, Circuito de Flotación Columnas

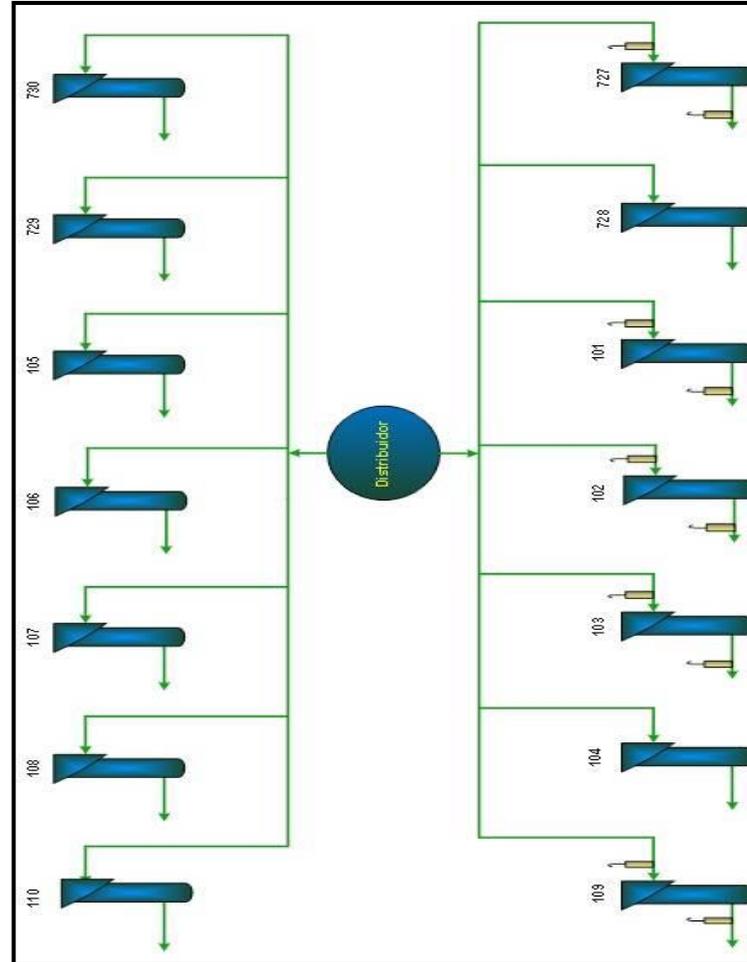


Diagrama de inyección y detección de trazador

Inyección de Trazador Radiactivo



Detector en Entrada a una Columna de flotación



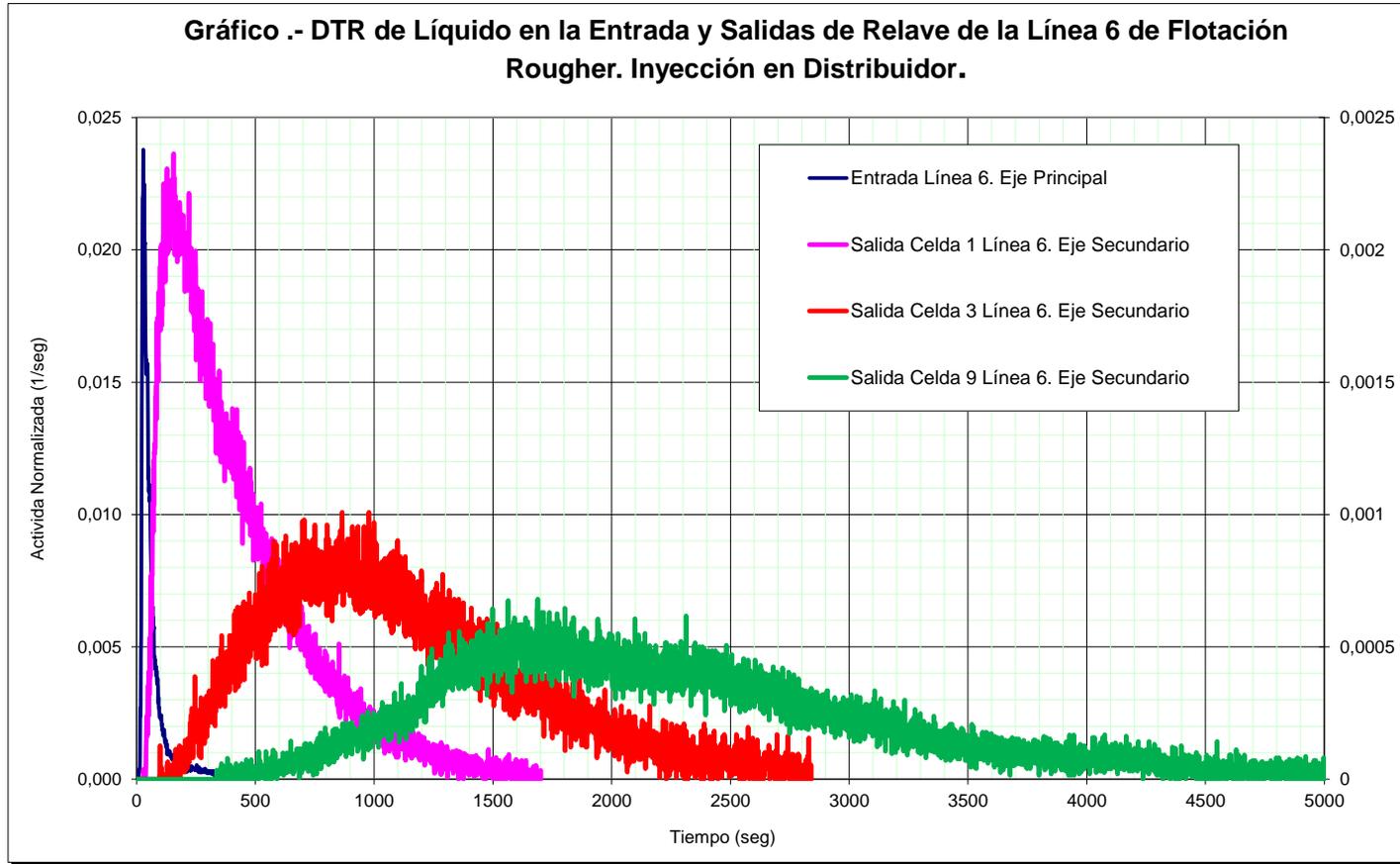
Detector Traspaso entre Celdas



Sistema de Adquisición de Datos

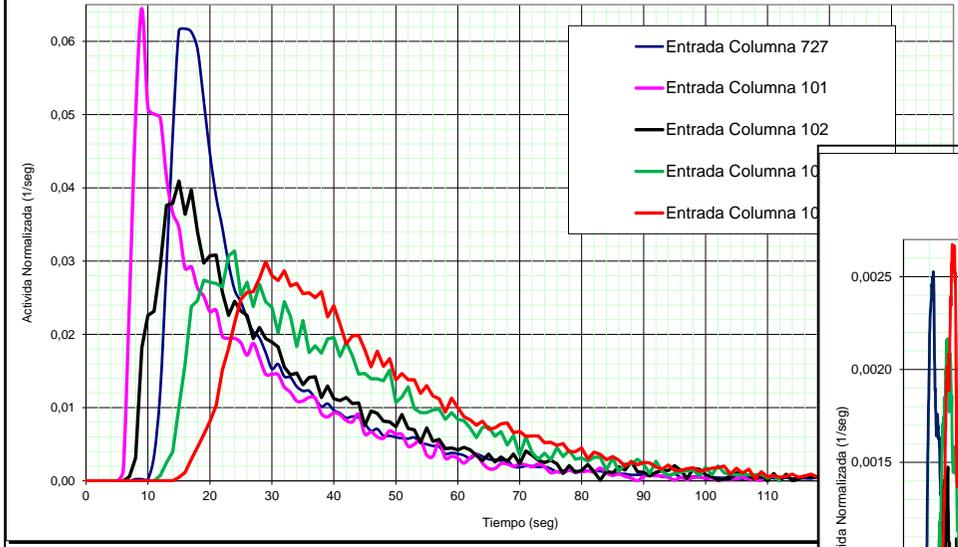


Resultado en la Flotación Rougher



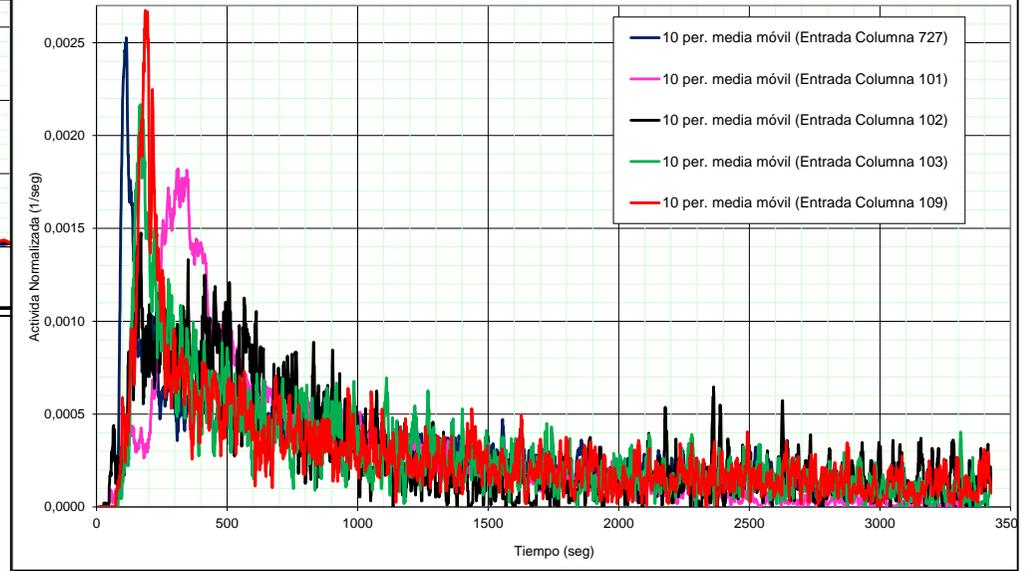
Resultado en la Flotación de Columnas

Gráfico .- DTR de Líquido en las Entradas de las Columnas de Flotación . Inyección en Distribuidor.



DTR a la Salida de la Columna

Gráfico .- DTR de Líquido en Salida de Relave de las Columnas de Flotación. Inyección en Distribuidor.



DTR a la Entrada a la Columna

Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

Trazadores y sus aplicaciones

Caudal en Ductos cerrados

Lixiviación

Caudal en Flujo Superficial

Comportamiento de Celdas de Flotación

Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y Columnas

Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda ◀

Velocidades en Hidrología subterránea

Usos de trazadores en circuito de molienda

- En circuito de moliendas el uso de trazadores radiactivos permite apoyar al proceso de caracterización y balances para una condición de alimentación dada
- Permite determinar las Distribuciones de Tiempos de Residencia (DTR) de los equipos de molienda: molinos de bolas y molinos SAG
- Además permite Identificar la distribución de flujos desde los molinos SAG hacia las baterías de hidrociclones de los molinos de bolas

Vista General Molinos de Bolas y SAG's

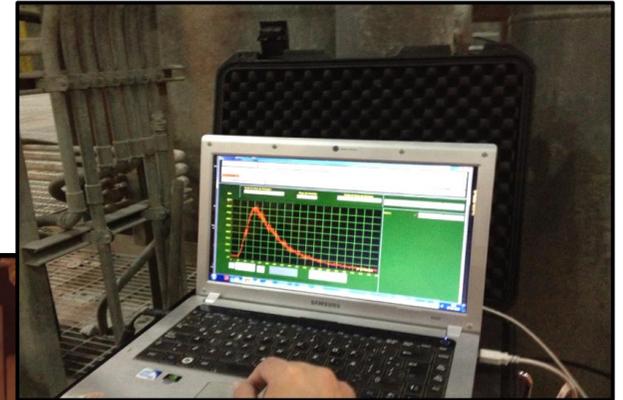


Instalación en circuito de molienda

Inyección de trazadores en SAG1 para distribución de flujos



Sistema de adquisición de datos



Detector hacia batería de Ciclones
para distribución de flujos

Diagrama de experiencia en Molino SAG y Resultados obtenidos

Diagrama 1.- Lugar de inyección y ubicación de detectores para las experiencias de distribución de flujos de Molinos SAG1 y SAG2

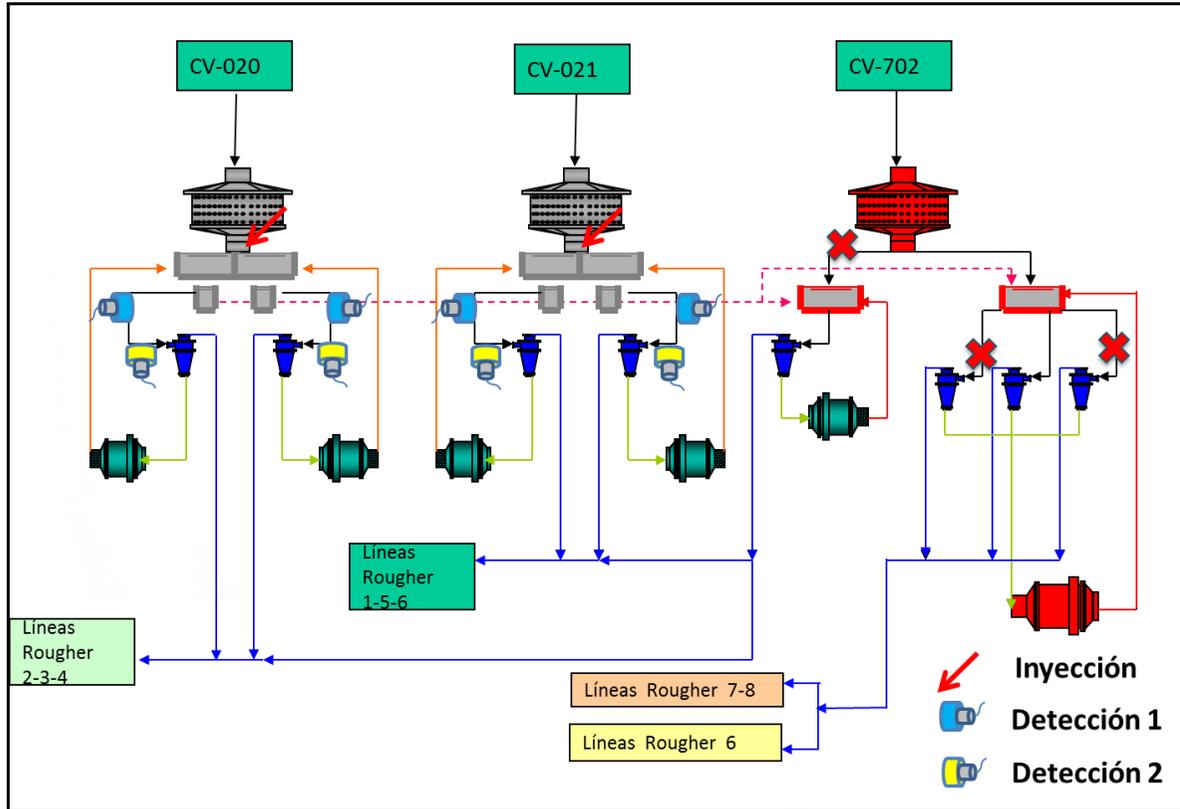


Diagrama de experiencia por obtener DTR en Molino de Bolas y Resultados obtenidos

Diagrama 2.- Lugar de inyección y ubicación de detectores para las experiencias de DTR en Molinos de Bolas

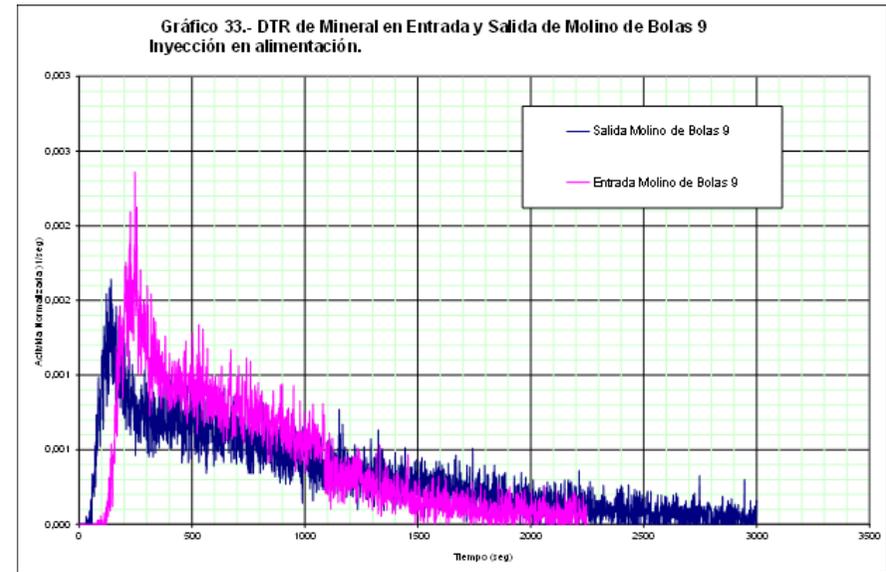
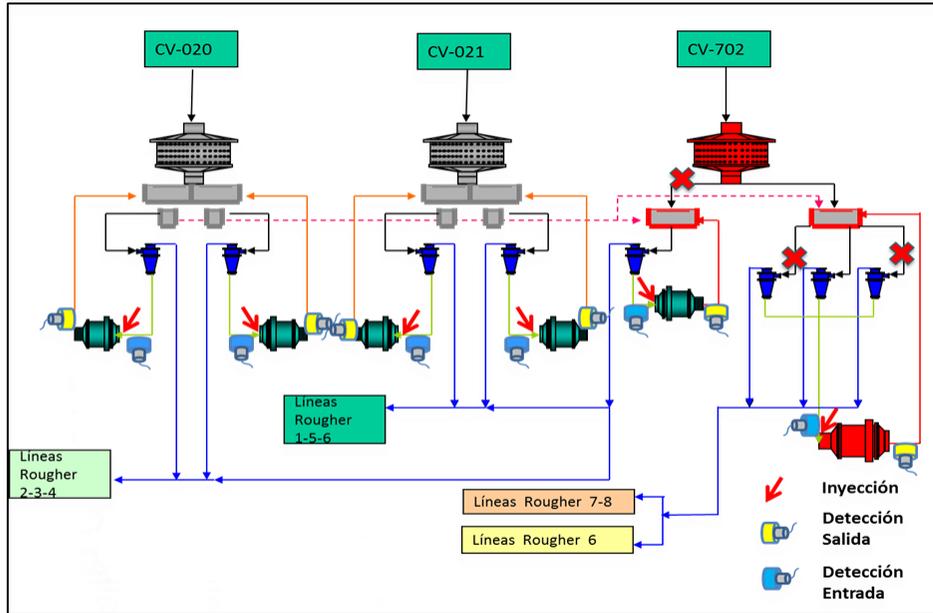
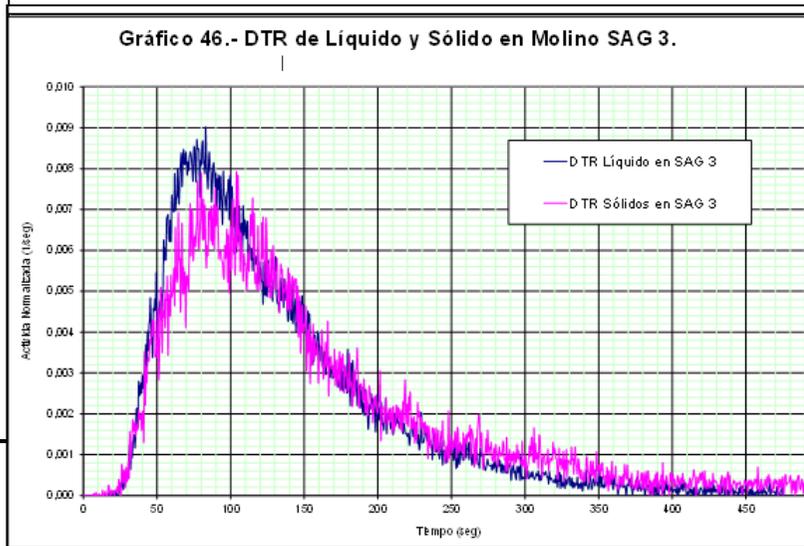
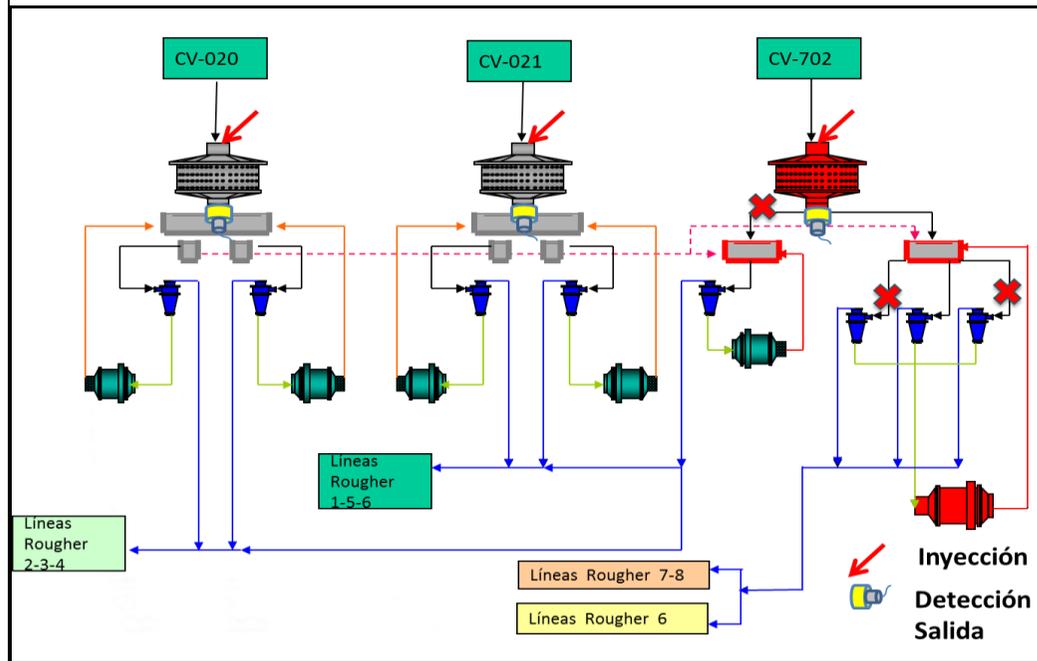


Diagrama de experiencia para obtener DTR en Molino SAG y Resultados obtenidos

Diagrama 3.- Lugar de inyección y ubicación de detectores para las experiencias de DTR en los Molinos SAG



Agenda

Presentación de Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

Trazadores y sus aplicaciones

Caudal en Ductos cerrados

Lixiviación

Caudal en Flujo Superficial

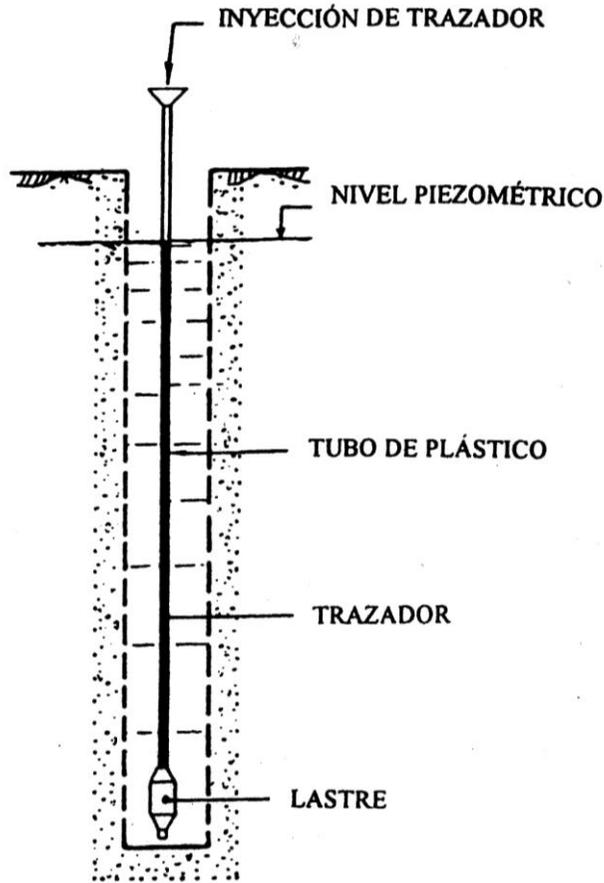
Comportamiento de Celdas de Flotación

Comportamiento en Celdas de Flotación Rougher, Scavenger y Columnas

Distribución de Tiempo de Residencia y Flujos en circuito de Molienda

Velocidades en Hidrología subterránea ◀

Método de marcado de columna de agua en pozo único



Trazadores:

Solución saturada NaCl

Solución de ^{131}I , ^{82}Br , etc.

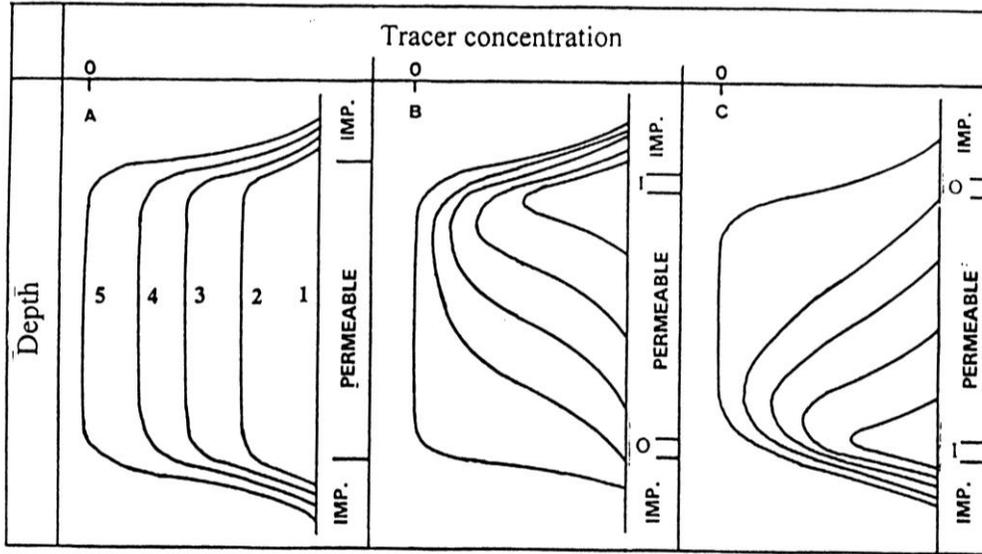
Volumen:

Calculado como el producto del área del tubo por la altura de la columna de agua

Concentración de trazador:

Medido con Sondas sumergibles a intervalos regulares

Identificación del esquema de flujos a través de los perfiles de concentración de trazador como una función de tiempo transcurrido desde la inyección



IMP. = IMPERMEABLE; I = INFLOW; O = OUTFLOW

Determinación de la componente de flujo horizontal

$$\frac{dC}{dt} = -\frac{C}{V} \frac{dV}{dt} = Q \frac{C}{V}$$

$$Q = \frac{V}{t} \ln \frac{C_0}{C_t}$$

$$v = \frac{1,81d}{\alpha t_{1/10}}$$

C – Concentración de Trazador

t - Tiempo

V - Volumen

Q - Flujo

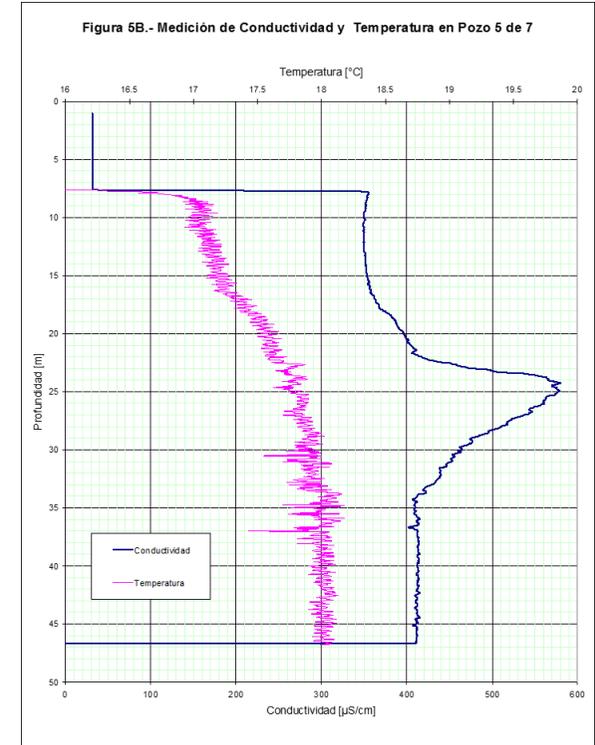
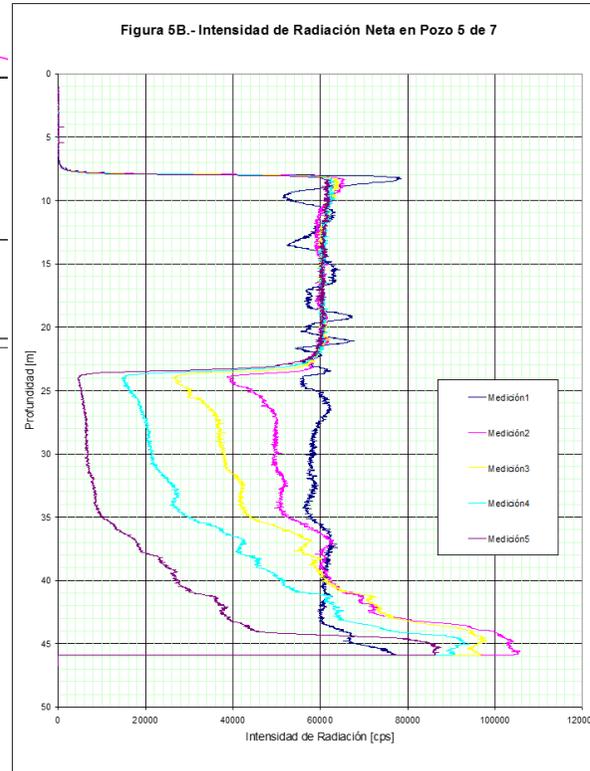
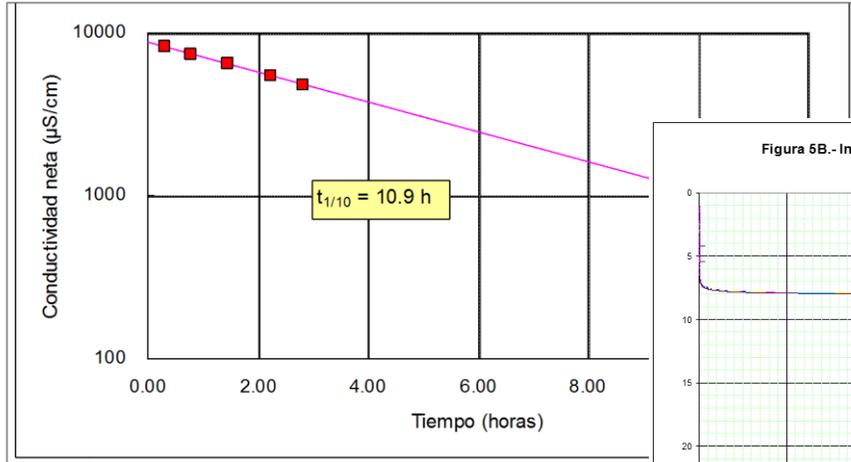
d – Diámetro interno del pozo

a - Efecto dispersivo del pozo al modelo natural del flujo de agua

$t_{1/10}$ – Tiempo requerido para reducir a un 10% la concentración inicial (C_0) de trazador en el volumen marcado

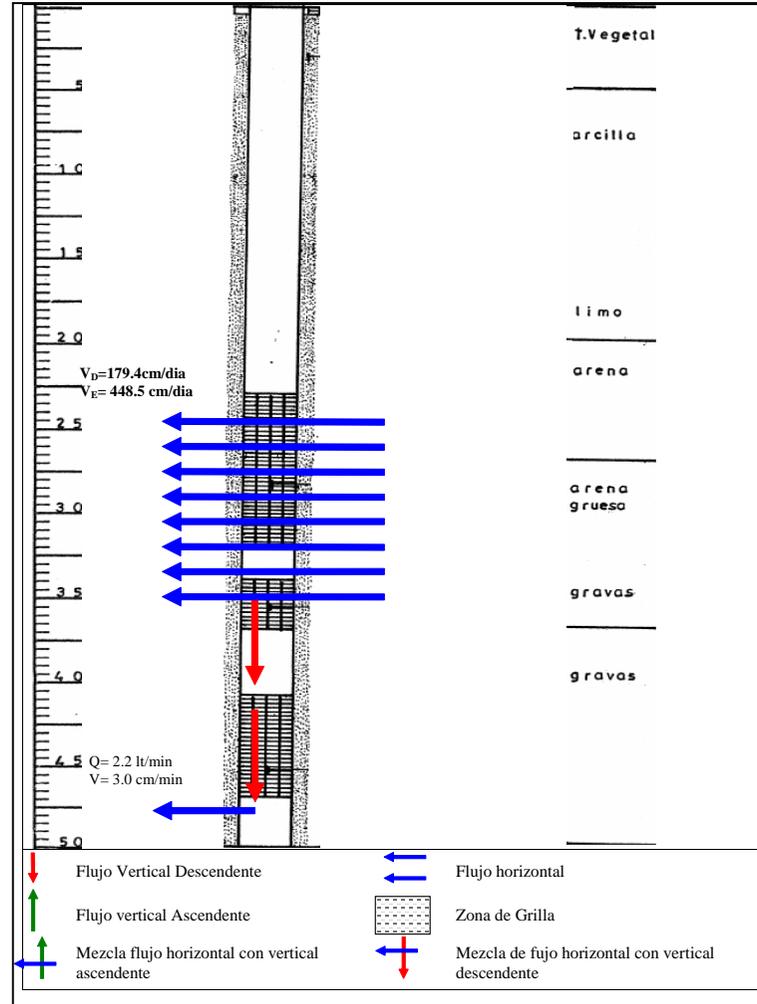
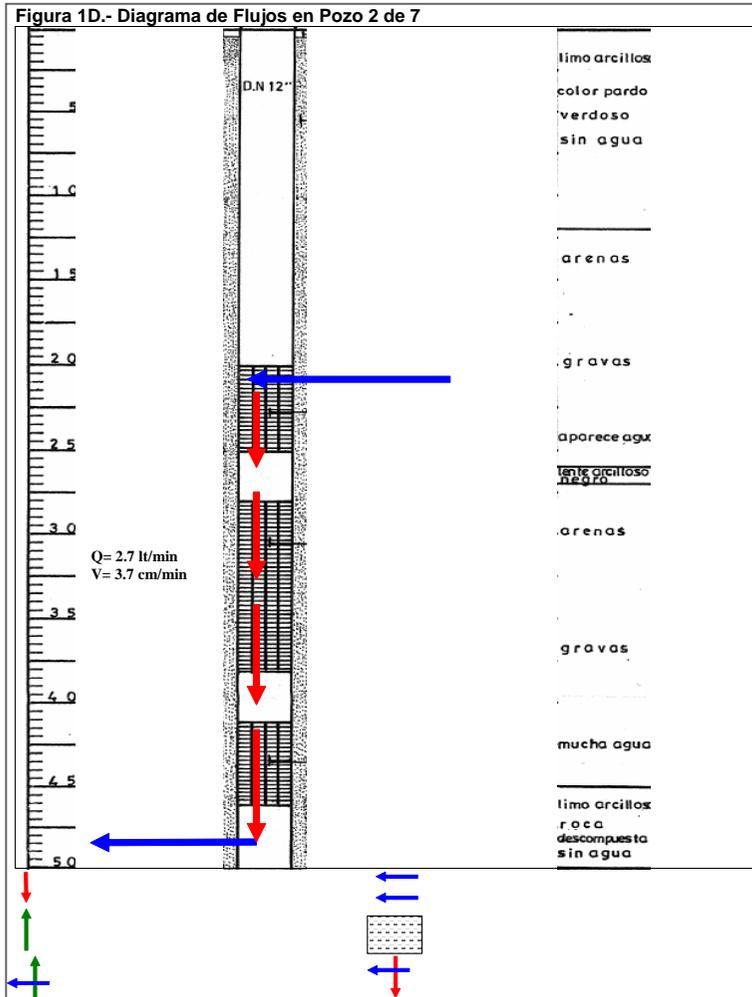
Determinación de Velocidad de Flujo, Intensidad de radiación, conductividad y temperatura en pozos

Cálculo de velocidad de flujo



Diagramas de Flujo en Pozos

Figura 1D.- Diagrama de Flujos en Pozo 2 de 7



Presentacion General Servicios Trazado Nuclear

