

Evaluación de unidades de tratamiento de agua mediante estudios de tiempos de residencia, utilizando técnicas de radiotrazadores

Carlos Sebastián csebastian@ipen.gob.pe, Ruben Rojas, Enoc Mamani, José Maguiña

Dirección de Aplicaciones. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

Se presentan los resultados del estudio para la determinación de la distribución del tiempo de residencia en unidades de tratamiento de agua, utilizando técnicas de radiotrazadores. Fueron evaluados desarenadores, embalses de regulación, floculadores hidráulicos, sedimentadores y decantadores, pertenecientes a la planta de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Lima. Los resultados muestran una heterogeneidad en el funcionamiento para la batería de 12 desarenadores y una hidrodinámica homogénea en distinto grado, en la operación de los floculadores hidráulicos, sedimentadores y decantadores. La distribución de tiempos de residencia y los modelos de flujo encontrados en las diferentes instalaciones, tienen una influencia marcada en la eficiencia de las operaciones de potabilización, por lo que se sugieren medidas tendientes a optimizar la operación de cada una de las unidades mencionadas.

1 Introducción

El abastecimiento de agua potable en la ciudad de Lima proviene del tratamiento químico de las aguas del río Rímac, el cual se forma por la afluencia de los ríos San Mateo (llamado también río Blanco) y Santa Eulalia. Los procesos de tratamiento de las aguas del río Rímac con fines de potabilización, se realizan en plantas de tratamiento que cuentan a la vez con diversas unidades operativas, tales como: desarenadores, estanques de regulación, floculadores, sedimentadores y decantadores, entre otras unidades, que fueron motivo de evaluaciones por distribución de tiempos de residencia e investigación de modelos de flujo, haciendo uso de radiotrazadores producidos en el Centro Nuclear "RACSO".

2 Metodología

Para la evaluación de cada una de las unidades, se utilizó en todos los casos el método de estímulo-respuesta de un radiotrazador inyectado al ingreso de cada unidad; colocándose los detectores necesarios a la salida(s) de cada unidad, teniendo presente que las concentraciones se mantengan dentro de los límites de detección posibles y muy por debajo de los límites máximos permisibles para agua potable, estipulados en el Reglamento de Seguridad Radiológica.

En los casos que las unidades contaban con más de un punto de ingreso, como son los reservorios o estanques de regulación, la inyección del radiotrazador se efectuó simultáneamente en cada punto de ingreso, mientras que el monitoreo se realizó de manera continua durante la salida del mismo, utilizando para ello un moderno sistema multisonda de adquisición de datos.

La Figura 1 muestra la disposición experimental para la evaluación de los desarenadores.

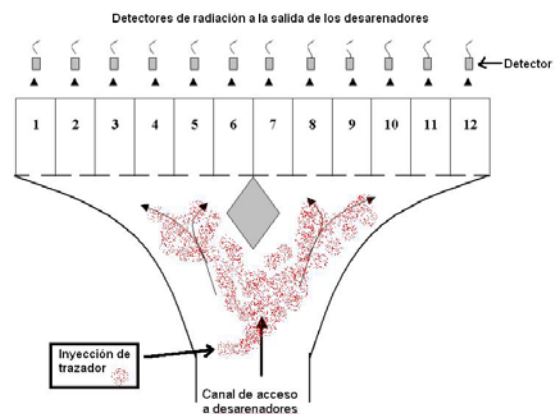


Figura 1. Arreglo experimental para la evaluación de la batería de 12 desarenadores, mostrando los puntos de inyección y detección del radiotrazador.

La Figura 2 muestra el arreglo experimental para la evaluación de los floculadores hidráulicos.

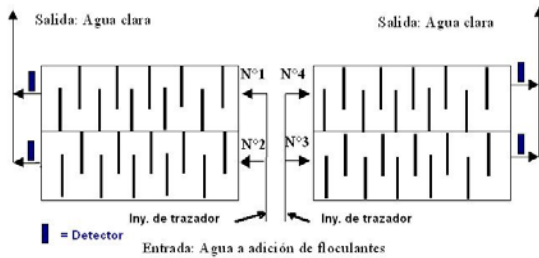
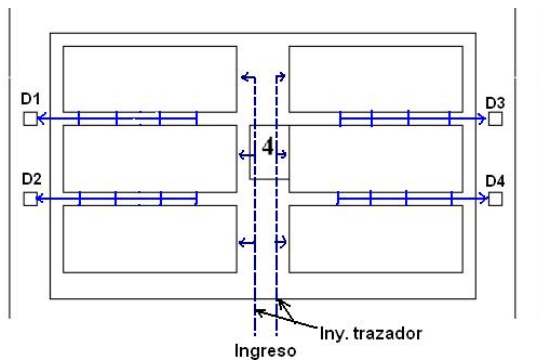


Figura 2: Arreglo experimental para la evaluación simultánea de las dos baterías de floculadores hidráulicos, mostrando los puntos de inyección y detección del radiotrazador.

La Figura3 muestra el arreglo experimental para la evaluación de los decantadores.



Distribución de detectores e inyección de trazador

Figura 3. Arreglo experimental para la evaluación simultánea de los decantadores, mostrando los puntos de inyección y detección del radiotrazador.

2.1 Cálculo del tiempo de residencia teórico

A fin de estimar la duración del estudio y la cantidad de trazador a utilizar en cada caso, se calculó el tiempo de residencia medio para el caso de sistemas ideales, a partir del volumen teórico de la unidad, según la siguiente ecuación:

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t \cdot E(t) dt = \frac{V}{Q}$$

,donde:

V = Volumen del recipiente

Q = Descarga de la unidad

\bar{t} = Tiempo medio de residencia medio

V/Q es el llamado tiempo medio de permanencia o tiempo medio de residencia, en el caso de sistemas ideales.

El tiempo de residencia real (experimental) se ha obtenido a partir de la curva de distribución del tiempo de residencia (DTR), haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\bar{t} = \frac{\int_0^{\infty} t \cdot c(t) dt}{\int_0^{\infty} c(t) dt}$$

3 Resultados

En las respectivas curvas de respuesta del radiotrazador, establecidas como curvas de distribución del tiempo de residencia (DTR), se muestra la concentración del trazador en cuentas por segundo (CPS) en función del tiempo (minutos o segundos, según el dimensionamiento de la unidad). El resumen de los resultados de análisis de las mencionadas curvas, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de Tiempo de Residencia Medio para cada una de las unidades consideradas.

Unidad	Trazador	Volumen (m3)	Actividad (mCi)	t (min)
Desarenador	I - 131	1600	5	19,59 ± 3,87
Sedimentador	I - 131	7800	30	533,4 ± 283,7
Floculador	I - 131	1650	5	47,12 ± 12,67
Decantador	I - 131	6280	30	71,34 ± 10,03
Estanque de Regulación	I - 131	500 000	300	442,0 ± 87,0

4 Análisis y Discusión de Resultados

Del análisis de la información y de los resultados obtenidos, se observa lo siguiente:

Se presentan cortos circuitos y volúmenes muertos en las unidades de mayor tamaño, especialmente en los estanques de regulación.

Los sedimentadores también presentan desviaciones en el mismo sentido.

Los floculadores hidráulicos y los sedimentadores presentan comportamientos muy cercanos al ideal, especialmente los primeros que presentan una DTR típica de los modelos de mezcla completa.

Los desarenadores presentan heterogeneidad entre ellos, a pesar de ser unidades geoméricamente uniformes. Esto se debe principalmente a la gran variación en la concentración de sedimentos de las aguas en la zona de bocatomas.

5 Conclusiones

Para obtener la máxima eficiencia de una instalación de tratamiento de agua en circuito abierto, intervienen los factores que influyen sobre el tiempo de residencia. Para tal efecto se deben tener en cuenta los siguientes factores: volumen medio de la descarga a cada unidad, geometría o diseño de la instalación y regímenes de tratamiento (niveles, concentración de sedimentos, etc.).

Bajo operación en estado estacionario, las unidades investigadas pueden ser tratadas como un reactor de mezclado completo y continuo, lo cual es importante con fines de modelación del proceso.

Es necesario adecuar los tiempos medios de residencia determinados con radiotrazadores, a cada caso en particular, con miras a una futura optimización de la operación de las unidades.

6 Referencias

- [1] International Atomic Energy Agency. Practical Guidebook for Radioisotope-Based Technology in Industry. IAEA/RCA - RAS/8/078, 1999.
- [2] International Atomic Energy Agency. Technical Report Guidebook. Aplicaciones de Radiotrazadores y Fuentes de Radiación en la Industria. 2001.
- [3] IPEN – SEDAPAL. Evaluación de las unidades de tratamiento de agua de La Atarjea utilizando técnicas de trazadores. 1998.