

# EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL RESERVORIO LA ATARJEA, UTILIZANDO TÉCNICAS DE TRAZADORES

Sebastian C.<sup>(1)</sup> [csebastian@ipen.gob.pe](mailto:csebastian@ipen.gob.pe), Maghella G.<sup>(1)</sup> [gmaghella@ipen.gob.pe](mailto:gmaghella@ipen.gob.pe),  
Mamani E.<sup>(1)</sup> [emamani@ipen.gob.pe](mailto:emamani@ipen.gob.pe), Maguiña J.<sup>(1)</sup> [jmaguiña@ipen.gob.pe](mailto:jmaguiña@ipen.gob.pe)

(1) Dirección de Aplicaciones – IPEN / Lima, Perú

## 1. RESUMEN

En este trabajo se evaluó el comportamiento hidráulico de las diversas unidades de tratamiento de agua de la planta La Atarjea, mediante la técnica de trazadores. Como es sabido, las aguas provenientes del río Rímac son colectadas y tratadas en las Plantas 1 y 2, a través de los desarenadores, estanques de regulación, sedimentadores, floculadores, decantadores, filtros, en los cuales luego del respectivo tratamiento químico y biológico, son destinadas a los tanques reservorios para su distribución a la red de agua potable de la ciudad. Debido a que se requería conocer las condiciones de trabajo de las diversas unidades de procesamiento del agua, se vio la necesidad de determinar los parámetros hidráulicos de las mismas, mediante métodos no convencionales. Para esto se emplearon dos trazadores, los cuales, mediante la técnica de inyección instantánea, describieron el comportamiento de estas unidades a través del análisis de las curvas de respuesta del trazador a la salida de las mismas. El trazador en todos los casos fue un material radiactivo emisor gamma (Iodo-131 y Tecnecio-99m) en solución acuosa de concentración baja. Los resultados obtenidos sirvieron para determinar el funcionamiento hidráulico así como la eficiencia de las unidades de tratamiento de agua.

## 2. CONTENIDO

Las unidades de tratamiento de agua no tienen la eficiencia esperada debido principalmente a deficiencias de orden hidráulico que ocasionan distorsiones en el flujo dentro de los sistemas y por ende, en las distribuciones de los tiempos de residencia. Las técnicas de trazadores permiten obtener información del sistema o parte de él, mediante la observación del comportamiento del

trazador añadido al proceso, durante su recorrido por el sistema o al salir del mismo.

Si consideramos que un fluido está constituido por pequeños elementos que pueden tener igual o diferente comportamiento hidrodinámico en su paso a través de un sistema, podemos definir algunos parámetros cuantitativos de las funciones de distribución de población, utilizadas en nuestro estudio.

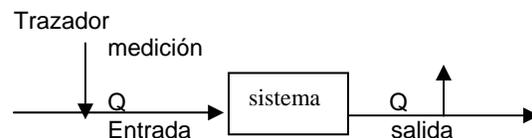


Figura 1. Esquema de una experiencia con trazadores.

El trazador a su paso a través del sistema determina un tiempo de residencia. Este es el tiempo que transcurre desde el instante en que entra al sistema hasta que lo abandona.

La distribución del tiempo de residencia o la frecuencia de la distribución de edades para la corriente que sale de un recipiente son dos nombres diferentes de la misma función  $E(t)$ . La función se normaliza de tal forma que:

$$\int_0^{\infty} E(t) dt = 1 \quad (1)$$

El tiempo de residencia se obtiene a partir de:

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t.E(t) dt = \frac{V}{Q} \quad (2)$$

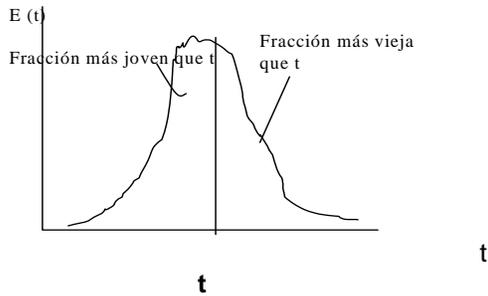
donde:

V = Volumen del sistema.

Q = Descarga.

$\bar{t}$  = Tiempo medio de residencia.

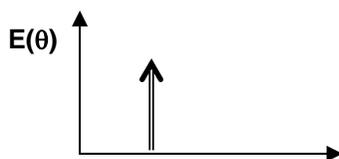
$V/Q$  es el llamado tiempo medio de permanencia o tiempo medio de residencia en el caso de sistemas ideales.



**Figura 2.** Distribución de tiempos de residencia.

Existen dos tipos de modelos de flujo ideales que son descripciones físicas y matemáticas del flujo y de las características de mezcla de los fluidos en sistemas tales como recipientes, tuberías, reactores químicos, entre otros. Los dos modelos ideales de flujo entre los cuales se encuentran comprendidos los procesos reales son: el flujo pistón y el flujo de mezcla perfecta. Por lo general, uno de estos extremos es suficiente para caracterizar una serie de sistemas; sin embargo, en aquellos que trabajan a gran escala, los esquemas de flujo pueden estar lejos del comportamiento ideal. Cuando se quieren caracterizar los tipos de flujo no ideal, se utilizan modelos simples tales como el de tanques perfectamente mezclados en serie o en paralelo; o también, unos más complicados como los denominados modelos combinados. En el caso del flujo pistón, cada elemento del fluido que ingresa al sistema pasa a través de él sin mezclarse con otros elementos de fluido que entran antes o después. En términos matemáticos, la fracción de fluido a la salida con edad mayor o menor que  $t$  es cero y la fracción total tiene una edad igual a  $t$ . la función que representa este comportamiento es la función delta de Dirac, y la curva  $E(\theta)$  es del tipo,

$$E(\theta) = \delta(\theta - 1)$$

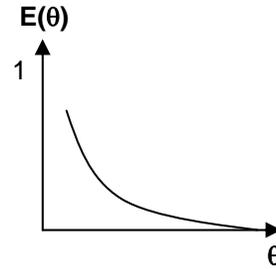


**Figura 3.** Curva  $E(\theta)$  para flujo tipo pistón.

El flujo con mezcla perfecta, supone que la concentración en el equipo es perfectamente homogénea y su composición es igual a la de la corriente de salida. En este caso la curva  $E(\theta)$  corresponde a una ley de decaimiento exponencial de primer orden:

$$E(\theta) = \bar{t}E(t) = e^{-t/\bar{t}}$$

la forma de la curva  $E(\theta)$  es la que se muestra en la figura 3.



**Figura 4.** Curva  $E(\theta)$  para mezcla perfecta.

Existen dos situaciones anómalas que también se presentan al analizar comportamientos del fluido. Se trata de los espacios muertos y los cortocircuitos. El primero de ellos corresponde a la región de un sistema que retiene elementos de fluido durante tiempos mucho mayores que el tiempo medio de residencia del fluido total. Y el segundo ocurre en aquellos casos en que algunos elementos del fluido pasan a través del sistema en un tiempo mucho más corto que otros.

La metodología de trabajo implicó la inyección de un trazador radiactivo ( $^{131}\text{I}$  y algunas veces  $\text{Tc-99m}$ ) mediante la técnica de inyección instantánea, para lo cual se colocaron las sondas a la salida de la unidad evaluada. Una vez obtenida la curva de respuesta del trazador y la DTR, se hizo el análisis de las curvas mediante las ec. De Wolf Resnick, a fin de caracterizar el comportamiento del fluido en el sistema a través de las diferentes zonas que se presentan bajo la curva y que se representan como porcentajes de las llamadas mezclas completas, flujo tipo pistón, volúmenes muertos, cortocircuitos.

A partir de los resultados obtenidos se observó que el funcionamiento de varios desarenadores de la Planta 1 presentaba zonas muertas del orden de 45 y 73%. Asimismo, algunos

sedimentadores presentaban volúmenes activos bajos debido a las excesivas zonas muertas (45 y 67%). La Planta 2 presenta más uniformidad en los tiempos de residencia de sus unidades, principalmente en los desarenadores y decantadores, resaltándose el hecho que el Estanque de Regulación de la Planta 2 tiene mejor performance que el de la Planta 1, con

valores bajos relativos a zonas estancadas o muertas.

## **REFERENCIAS**

- [1] International Atomic Energy Agency. Radiotracer Technology for Engineering Unit Operation Studies and Unit Processes Optimization. Poland, 1999.