

Desarrollo y aplicaciones de las tecnologías de radiotrazadores y ESCANEО gamma

Mario Conejo¹
Oscar Chaverri²
Bruno Chinè³
Celso Vargas⁴

Fecha de recepción: 11/09/2007

Fecha de aceptación: 05/02/2008

Las tecnologías de radiotrazadores y de escaneo gamma representan herramientas muy consolidadas para el estudio, análisis y evaluación de los procesos industriales. En este trabajo se reportan los resultados del desarrollo de las tecnologías de escaneo gamma y radiotrazadores en algunas aplicaciones de laboratorio y en sistemas de mayor complejidad.

Palabras clave

Ensayos no destructivos, radiotrazador, escaneo gamma, tecnología nuclear en procesos industriales.

Key words

No destructive testing, gamma scanning, radiotracers, nuclear technology in industrial processes.

Resumen

Las tecnologías de radiotrazadores y de escaneo gamma representan herramientas muy consolidadas para el estudio, análisis y evaluación de los procesos industriales. En este trabajo se reportan los resultados del desarrollo de las tecnologías de escaneo gamma y radiotrazadores en algunas

aplicaciones de laboratorio y en sistemas de mayor complejidad. La tecnología de radiotrazadores fue empleada para estudiar la difusión de boro durante el proceso de curado de la madera, evaluar una laguna de tratamiento de aguas negras con plantas de lirio acuático y realizar experimentos con variables controladas en un circuito hidráulico de laboratorio (flow-rig). La técnica de escaneo gamma se utilizó para analizar una torre prototipo de nuestros laboratorios. Los principales resultados obtenidos en los experimentos fueron los siguientes: 1) la absorción de boro como agente de curado de la madera, es muy variable según sea la sección de la madera expuesta a la solución de curado; 2) durante las pruebas con radiotrazador Yodo 131 las plantas de lirio acuático de la laguna de tratamiento absorben parte del radiotrazador, lo que dificulta la

1. Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: mconejo@itcr.ac.cr
2. Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: ochaverri@itcr.ac.cr
3. Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: bchine@itcr.ac.cr
4. Escuela de Ciencias Sociales, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Apartado 159-7050, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: celvargas@itcr.ac.cr

El escaneo gamma, por otro lado, se utiliza en columnas de destilación industriales (para la determinación las condiciones de funcionamiento de las columnas mismas, las deficiencias en los procesos de separación, caída de platos, exceso de espuma, lluvia, inundación, obstrucciones de diverso tipo, sedimentación, entre otros), en columnas de lecho empaquetado (bed packed) para determinar la eficiencia en los procesos de mezclado y la determinación de niveles; también, se utiliza en intercambiadores de calor para determinar su integridad, en condensadores, en válvulas, entre otras aplicaciones.

determinación de los tiempos de residencia; 3) la sensibilidad que se obtiene al emplear un sistema con fuente de Cesio-137 y detector es lo suficientemente alta como para permitir detectar la presencia de materiales de baja absorción de radiación, dentro de columnas con paredes de acero.

Abstract

The radiotracers and gamma scanning technologies are very consolidated tools for studying, analyzing and evaluating industrial processes. In this work we report the development and the results of radiotracers and gamma scanning techniques applied in laboratory and more complex systems. The radiotracers technique was used to study boron diffusion in wood treatment and water treatment process with aquatic iris plants and to carry out experimental work in a closed hydraulic circuit (flow rig). The gamma scanning technique was used to analyze a pilot tower in our laboratory. The main results achieved with the experiments are: 1) the boron absorption in the wood treatment process depends on the region of wood which is being treated; 2) during the tests effectuated with Iodine 131, the aquatic iris plants situated in the water treatment lagoon absorb part of the radiotracer, making difficult the residence time determination; 3) the sensibility of the system Cesium 137 source and detector is sufficiently high and can detect low radioactive absorption materials situated inside columns with steel walls.

Introducción

Desde 1998 y con un incremento muy significativo, a partir del 2001, la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales del ITCR, con la gran colaboración del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), ha venido introduciendo dos tecnologías de un importante impacto en el estudio de los procesos industriales:

la tecnología de radoradiotrazadores y el escaneo gamma. En casi todos los casos, ambas tecnologías presentan ventajas económicas y ambientales considerables respecto a otras alternativas de estudio, en aquellos casos cuando éstas últimas estén disponibles. Como indica el OIEA (ARCAL, 2000, pp.v) “Se acepta generalmente que los beneficios que provienen de las aplicaciones de los radioisótopos superan diversas veces los costos del equipamiento y de las análisis. Basado en un análisis retrospectivo de los datos, la relación costo-beneficio ha sido muchas veces de hasta 1:20”.

La tecnología de radiotrazadores se utiliza en la determinación de fugas de material, de tiempos de residencia de distintos componentes de procesos, en mediciones de flujos, eficiencia de mezclas, en piezas sometidas a procesos de fricción, en el seguimiento de rutas de contaminantes y dispersiones de estos, etc. Las empresas que cuentan con mezcladores, con tuberías no superficiales, la industria del cemento, las industrias petroquímicas, la industria de la caña de azúcar y la geotermia están entre los sectores que directamente pueden resultar beneficiados con la utilización de este tipo de tecnología.

El escaneo gamma, por otro lado, se utiliza en columnas de destilación industriales (para la determinación las condiciones de funcionamiento de las columnas mis-mas, las deficiencias en los procesos de separación, caída de platos, exceso de espuma, lluvia, inundación, obstrucciones de diverso tipo, sedimentación, entre otros), en columnas de lecho empaquetado (bed packed) para determinar la eficiencia en los procesos de mezclado y la determinación de niveles; también, se utiliza en intercambiadores de calor para determinar su integridad, en condensadores, en válvulas, entre otras aplicaciones.

En términos generales, el método de trazadores es una técnica para obtener

información de un sistema o parte de este, mediante la observación del comportamiento de una sustancia específica, el trazador, que ha sido agregado al proceso (ARCAL, 2000, pp.7). Se marca con el trazador, para hacerla identificable, una fase o una parte determinada del sistema denominada material marcado. El trazador debe comportarse de forma similar al material marcado y tener una propiedad que lo distinga de este, para que sea fácilmente detectable en presencia de otros materiales.

Los radiotrazadores o trazadores radiactivos cumplen muy bien con los requisitos señalados; además, su detección a bajas concentraciones es inequívoca. Si se emplean como radiotrazadores isótopos radiactivos de cortos periodos de semidesintegración, se minimizan además los riesgos radiológicos ya que, después de un tiempo corto, los niveles de radiación emitidos son sumamente bajos.

La técnica de escaneo gamma, utiliza la emisión de rayos por una fuente de radiación sellada de baja actividad y la detección posterior por parte de un detector

(sistema fuente-detector) encuentra muchas aplicaciones en la industria (ARCAL, 2000, p.163). En efecto, cuando se interpone un material entre una fuente gamma y un detector, la intensidad del haz de radiación original registrado por el detector resulta disminuido a causa de las diversas interacciones que ocurren entre la radiación y la materia. Esta técnica de diagnóstico nuclear se basa en este principio y consiste en desplazar una fuente y un detector a lo largo de una estructura cerrada que contiene objetos o materiales en su interior. De esta manera, se puede registrar una respuesta que representa la cantidad o “contaje” de los rayos gamma que logran atravesar la estructura cerrada y que permite mostrar su contenido en la forma de un perfil de densidades.

Actividades experimentales

El trabajo experimental llevado a cabo (Conejo, 2007) ha desarrollado el uso de la tecnología de radiotrazadores en el estudio de difusión de boro durante el proceso de curado de la madera, la evaluación de una laguna de tratamiento de aguas negras con plantas de lirio acuático y la realización de experimentos con variables controladas en un circuito hidráulico de laboratorio (flow-rig). Finalmente, la técnica de perfilaje gamma ha sido empleada en el análisis de una torre prototipo experimental presente en nuestros laboratorios. A continuación, se describe el trabajo experimental realizado.

Evaluación de procesos de difusión de boro en los procesos de preservación de la madera

El proceso de curado de la madera mediante la difusión de boro en esta se realiza después de haber facilitado la salida del aire de la madera mediante una bomba de vacío. El sistema de difusión al vacío, que se muestra en la Figura 1, tiene una capacidad para 20 litros de solución y sobre esta base se estima la cantidad de material radiactivo por utilizar, de tal manera que la detección sea

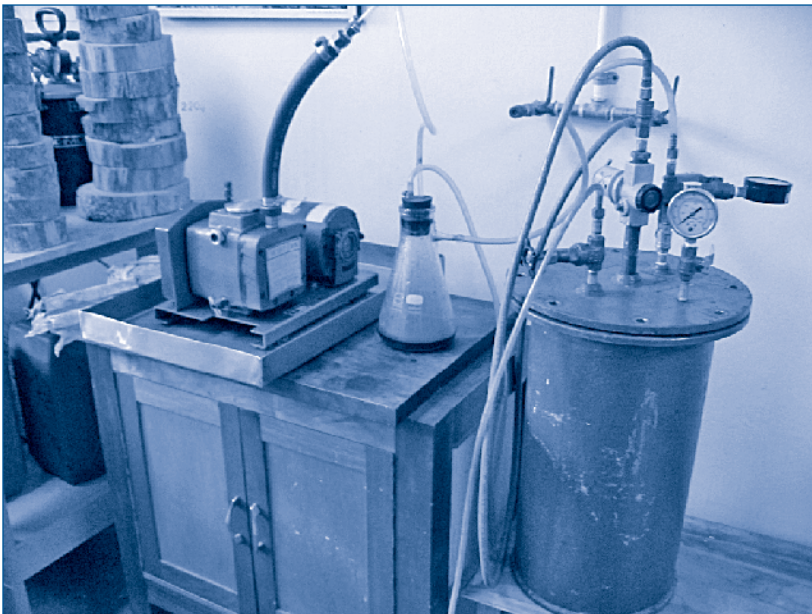


Figura 1. Sistema de difusión al vacío.

la correcta. El trazador seleccionado fue Tecnecio-99m, con la actividad requerida y fue aportado por el Hospital CIMA de San José. Considerando el corto periodo de decaimiento radiactivo, se utilizaron 380 μ Ci de Tc-99m. En el Cuadro 1 se brindan los valores utilizados, estimados al momento de realizar el experimento (C/s = cuentas por segundo).

En el experimento se usó un trozo de madera de laurel donde se diferencian claramente la parte correspondiente a albura, duramen y médula, así como se muestra en la Figura 2. Las dimensiones de las probetas de madera ensayadas (véase Figura 3) fueron de 7,5 cm x 7,5 cm para la sección transversal, y 40 cm para la longitud.

Cuadro 1. Calculo inicial de la actividad del Tc-99m.

Cantidades		
Solución	20 l	20,000 ml
Tc-99m	380 microCi	14,060,000 C/s
Dilución		703 C/s por ml

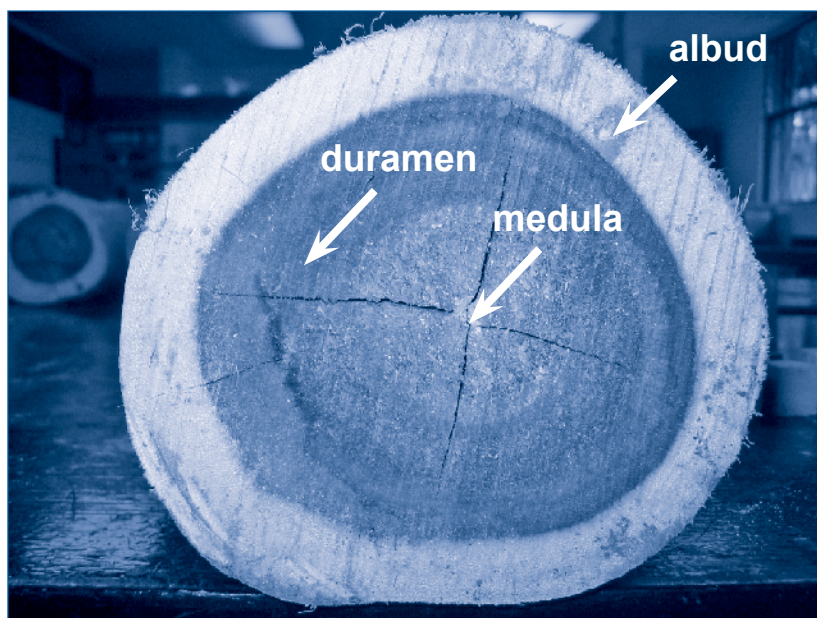


Figura 2. Regiones de madera laurel ensayada.

El objetivo principal de las pruebas con radiotrazador fue de determinar los porcentajes de absorción para cada uno de los componentes de la pieza mediante la determinación de radiotrazador absorbido en la madera misma. Para lograr este resultado se sometió la probeta al siguiente proceso: 1) se pesó la probeta al inicio de la prueba; 2) se extrajo el aire durante una hora; 3) se preparó la solución para tratar la madera y se adicionó el material radiactivo en las cantidades indicadas en en cuadro 1; 4) se inyectó la solución al sistema de difusión con un tiempo de difusión en la madera de una hora, valor estimado como suficiente para llegar a la saturación; 5) se secó la probeta completamente; 6) se procedió a determinar el nuevo peso y, así, calcular la cantidad de boro absorbida; 7) se seccionó la pieza en dos partes iguales: la primera se utilizó para la medición mediante calorimetría con el objeto de validar los resultados obtenidos con radiotrazadores, mientras la otra pieza se usó justamente para determinar la cantidad de radiación presente en esta; 8) finalmente, se dividió la probeta en cuatro partes de 10 cm cada una, y estas en tres segmentos iguales de manera que predominara la albura o el duramen o la médula según el caso. Se obtuvieron, así, doce trozos a partir de la probeta original en las cuales, mediante un detector, se determinó el número de cuentas en un tiempo de 1 min., a partir del momento en que el detector entregaba un valor constante de cuentas.

Evaluación de una laguna de tratamiento de aguas negras

El desarrollo de experticia en el uso de los radiotrazadores para el análisis y evaluación de procesos industriales debe comenzar por conocer aquellos elementos que permitan reducir las incertidumbres durante la realización de los experimentos. Dentro de estos elementos están los siguientes:

1. los arreglos geométricos,



Figura 3. Probetas de madera ensayadas.



Figura 4. Laguna de tratamiento de aguas negras del ITCR.

2. la corrección por decaimiento radiactivo,
3. el factor de calibración,
4. la estimación de la cantidad de radiotrazador requerido en un experimento,
5. el sistema de medición.

Por lo tanto, una parte importante del trabajo realizado consistió en alcanzar

un nivel de dominio en los factores antes mencionados mediante la efectucción de numerosas pruebas.

Para la laguna de tratamiento de aguas negras con plantas de lirio acuático, situada en el ITCR (véase Figura 4), se decidió estimar el tiempo de residencia de las aguas en la laguna mediante el análisis del tiempo de residencia del radiotrazador en la laguna misma. Para este fin, se empleó el sistema de medición continua y se usó una cantidad de 3 mCi de Yodo-131 como radiotrazador en el flujo de entrada del agua de tratamiento del sistema. La laguna tenía un volumen de, aproximadamente, 220 m³, con un caudal de descarga de alrededor de 60 m³/día. En el cuadro 2 se presentan los cálculos de la actividad del radiotrazador I-131 utilizado. Las pruebas fueron realizadas vertiendo el I-131 en la entrada de la laguna y registrando su presencia en la salida de la laguna misma, mediante un sistema de recolección de muestras manual, en correspondencia de intervalos de tiempo variables en el rango de 7÷10 horas. Esto, pues, se prefirió, por razones de seguridad, no dejar en el campo los detectores, la computadora portátil y el software que componen el sistema de registro automático. Las muestras así recolectadas fueron llevadas al laboratorio donde se midió la cantidad de radiotrazador presente en estas. Durante las pruebas se observó que una cantidad importante de radiotrazador quedaba adherida en el recipiente en el cual se manipulaba, y se hizo difícil su estimación.

Experimento con radiotrazadores en un circuito hidráulico de laboratorio (flow-rig)

En el circuito hidráulico de laboratorio (flow-rig) que se muestra en la Figura 5, es posible realizar experimentos con radiotrazadores en correspondencia de variables controladas y de instrumentación adicional que permite validar los resultados obtenidos.

Cuadro 2. Cálculo inicial de la actividad de I-131.

Cantidades		
Volumen laguna	220 m ³	
Caudal de descarga	60 m ³ /día	6.94 l/s
Actividad I-131	60 microCi	2,590,000 C/s
Útil actividad I-131 (89%)		2,305,000 C/s
Al cabo de 4 días		1,728,825 C/s
Cuentas por litro		28.81 C/l
Cuentas por segundo		200.10 C/s
Dilución en laguna		72.76 C/s

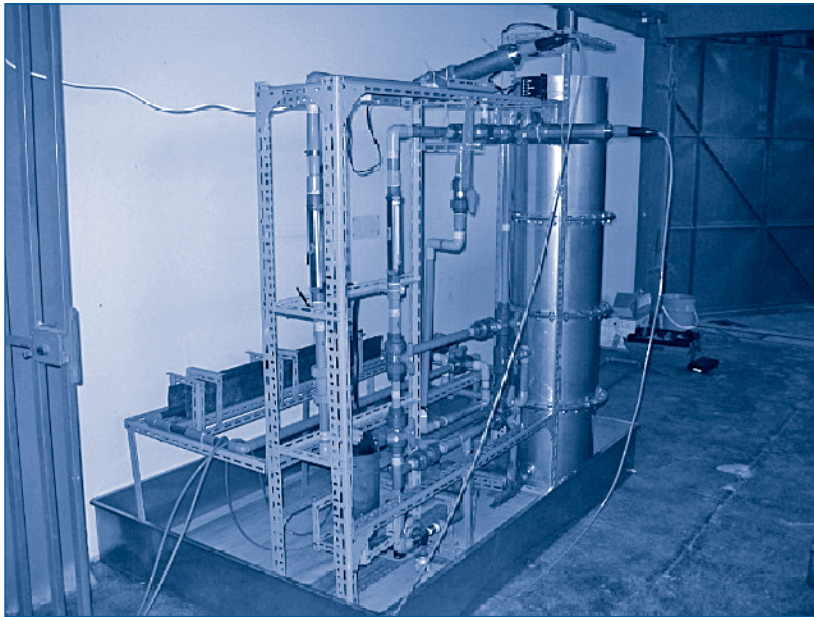


Figura 5. Circuito hidráulico de laboratorio (flow-rig).

El flow-rig se compone de tubería en material PVC, una bomba para impulsar el fluido, un rotámetro para la medición del flujo volumétrico, válvulas para el control de los flujos y un reactor cilíndrico metálico provisto de un sistema de agitación. Se decidió, así, realizar un experimento simple que permitiese desarrollar experiencia con el uso de los radiotrazadores, como es el de la medición de la velocidad de un fluido y por lo tanto

del flujo volumétrico, una vez conocida la sección de la tubería.

Para este experimento se usó radiotrazador Tecnecio 99m con una actividad total de 1.95 mCi, siendo el volumen inicial de la muestra de 1 ml, y la cantidad inyectada de 0.5 ml. Se posicionaron dos detectores en correspondencia de dos puntos de la tubería con una distancia Δs entre ellos de 11.62 m, asegurándose que los detectores pudieran discriminar valores superiores a la radiación de fondo, que resultó ser de 33.5 C/s. Finalmente, se conectaron los detectores a la computadora portátil provista de software para la adquisición y el análisis de la data instrumental. Una vez realizada la inyección del radiotrazador en el flow-rig, este fue transportado por convención por el fluido. Mientras tanto, los detectores registraron durante la radiación en el tiempo.

Análisis de una torre prototipo mediante escaneo gamma

La técnica de diagnóstico nuclear mediante escaneo gamma fue aplicada a una torre de laboratorio de paredes metálicas, que simula una torre industrial de destilación con una altura global de 130 cm, provista de una base inferior, 4 platos intermedios y un plato superior, con distancia entre ellos de 25 cm, así como se muestra en la Figura 6. La existencia de problemas que afectan el correcto funcionamiento de una torre industrial se traduce en diversas alteraciones del perfil de densidad de la materia atravesada por las radiaciones gamma. Para simular situaciones de mal funcionamiento de una torre industrial, se implementaron las siguientes condiciones experimentales entre las paredes metálicas de la torre prototipo de laboratorio, como se indica en la Figura 6:

- región a) : presencia de solo aire entre la base y el plato intermedio 1,
- región b) : presencia de agua entre plato 1 y 2,

Finalmente, los puntos de medición se posicionaron a 5 cm de distancia cada uno, comenzando desde la base inferior, por un total de 26 puntos. El perfil de densidades mediante escaneo gamma se realizó con una fuente sellada de Cs-137 debidamente blindada y colimada la cual tenía una actividad de 16 mCi, deslizándola con el auxilio de cables, desde la base inferior de la columna hasta la región superior.

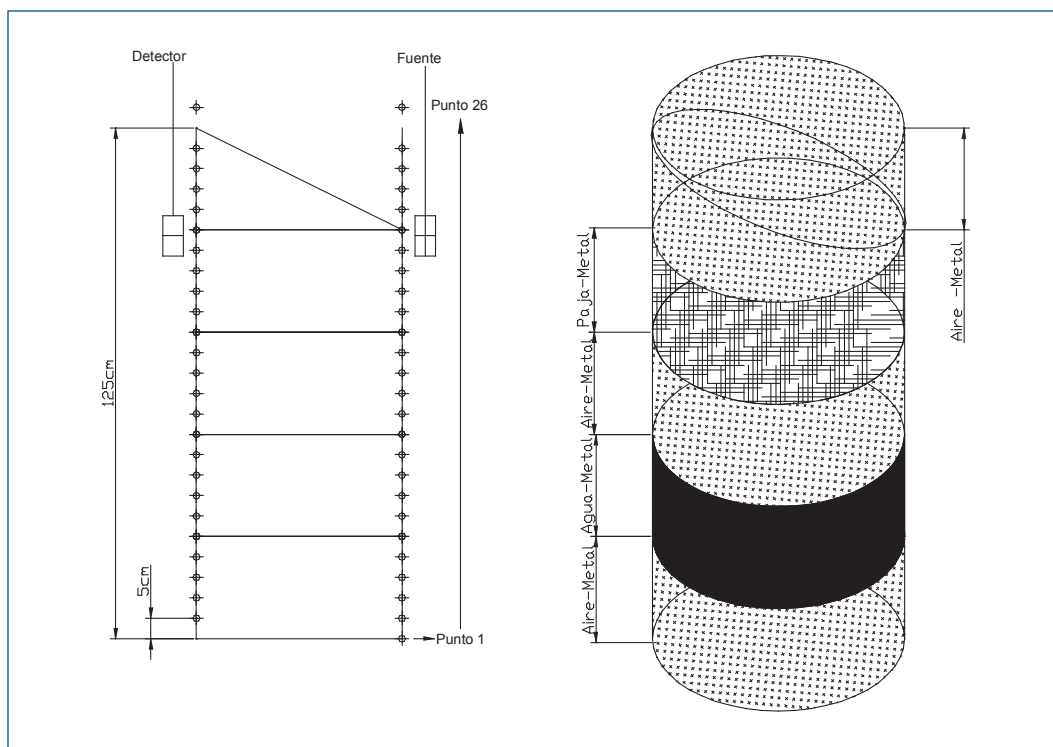


Figura 6. Torre de laboratorio, arreglo de platos y puntos de medición.

- región c) : presencia de solo aire entre plato 2 y 3,
- región d) : presencia de material sólido vegetal (paja) de baja densidad entre plato 3 y 4,
- región e) : presencia de un plato caído, colocando el plato superior en posición inclinada, situación común en la industria.

Finalmente, los puntos de medición se posicionaron a 5 cm de distancia cada uno, comenzando desde la base inferior, por un total de 26 puntos. El perfil de densidades mediante escaneo gamma se realizó con una fuente sellada de Cs-137 debidamente blindada y colimada la cual tenía una actividad de 16 mCi, deslizándola con el auxilio de cables, desde la base inferior de la columna hasta la región superior. Previamente al ensayo, se realizó la medición de la radiación de fondo, y se obtuvo obteniéndose un valor de 150

C/s que fue restado de las cuentas totales registradas por el detector.

Resultados obtenidos y análisis

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de las actividades experimentales descritas anteriormente y el análisis respectivo.

Evaluación de procesos de difusión de boro en los procesos de preservación de la madera

Durante las primeras experiencias se obtuvieron algunos resultados preliminares, donde se evidencia que el número de cuentas por segundo del Tc-99m y, consecuentemente, la cantidad de boro es mayor en aquellos probetas en los que predominan albura y médula, mientras los valores menores corresponden al duramen. Estos resultados son indicativos pues el

experimento enseña que, para garantizar una mayor confiabilidad en los datos, será necesario adoptar las siguientes acciones en nuevos experimentos:

- 1) colimar el detector de manera que se reduzca la influencia de la radiación adyacente;

- 2) no secar la pieza sino hasta después de realizada la medición a fin de evitar posible evaporación del material radiactivo durante el proceso de secado;
- 3) utilizar procedimientos continuos para la medición de la tasa de radiación;
- 4) a fin de evitar errores en la medición, utilizar periodos de tiempo mayores a 1 min (ejemplo, 5 min.) para el conteo de la radiación.

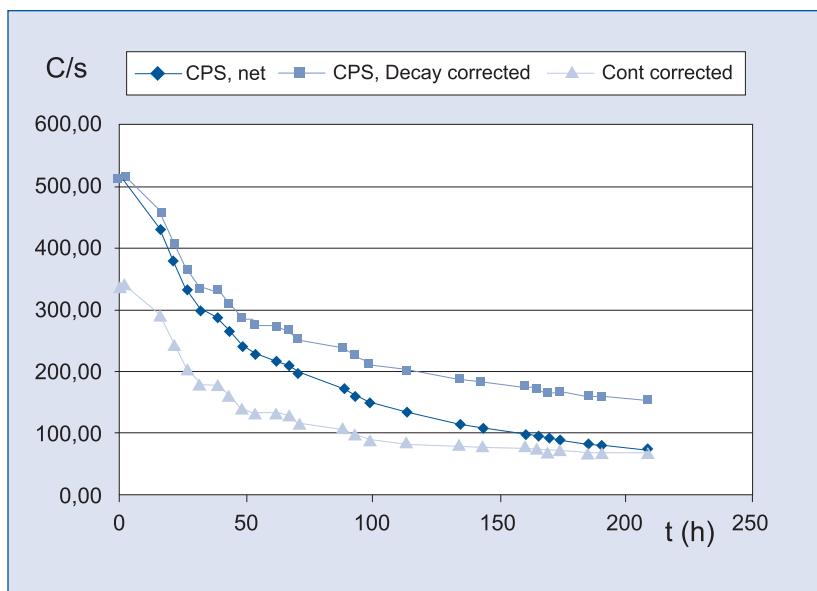


Figura 7. Decaimiento de I-131 en el tiempo, en las muestras recolectadas.

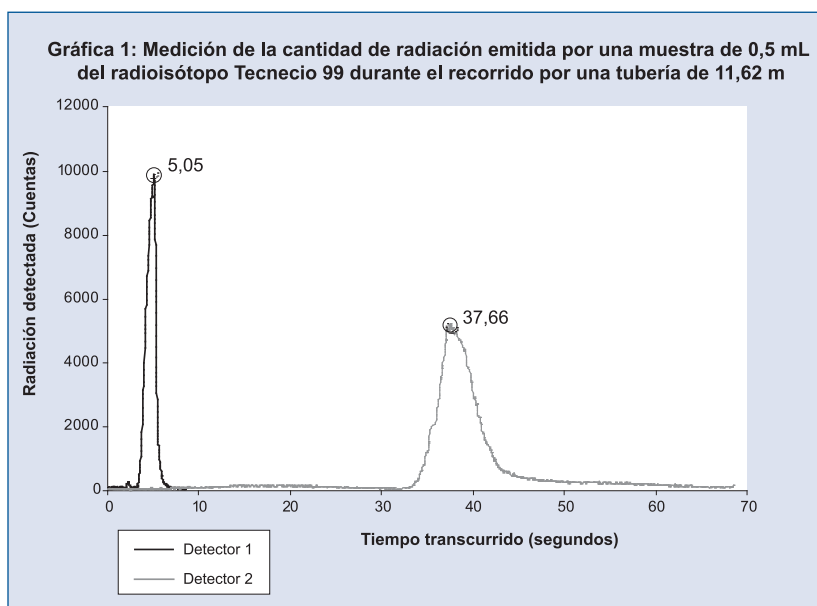


Figura 8. Perfil de radiación registrado en el flow-rig.

Evaluación de una laguna de tratamiento de aguas negras

En la Figura 7 se muestran algunos de los resultados obtenidos durante la experiencia con radiotrazadores en la laguna de tratamiento que evidencian el decaimiento del radiotrazador I-131 en el tiempo para las muestras recolectadas.

En los datos de la Figura 7 no se observa ningún pico (o incremento de la radiación) en las actividades del radiotrazador en la salida de la laguna, patrón característico de un proceso de flujo continuo. Descartando la posibilidad de que el radiotrazador haya cruzado la laguna muy rápidamente y con un flujo tipo pistón, se formulan diversas hipótesis. Entre la más probable, la posible interferencia del radiotrazador con las plantas de lirio acuático. Para valorar lo anterior se tomó una muestra de lirio acuático antes de verter el radiotrazador y se procedió a realizar el conteo de la actividad por un tiempo de 30 minutos. Se efectuó lo mismo con una muestra idéntica de lirio extraída de la laguna después de haber inyectado el I-131 y se logró constatar que había un aumento significativo de las cuentas de radioactividad, confirmando la condición hipotizada.

Experimento con radiotrazadores en un circuito hidráulico de laboratorio (flow-rig)

En la Figura 8 se muestran el perfil de radiación registrado por los dos detectores colocados en dos puntos de la tubería

del flow-rig en función del tiempo. En la Figura es posible apreciar el momento en el cual el detector registra un pico de radiación. Sabiendo el tiempo exacto que tardó el trazador desde su inyección para llegar a estos dos puntos, se calcula el tiempo requerido para que el líquido fluyera del primer punto al segundo:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 37.68 - 5.05 = 32.63 \text{ s}$$

Finalmente, se determina la velocidad del flujo, dividiendo Δt por la distancia Δs entre los detectores:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{11.62 \text{ m}}{32.63 \text{ s}} = 0.36 \text{ m/s}$$

Se observa que el pico de la lectura del primer detector es mucho más cerrado que el del segundo debido a que el primero registra la radiación en el momento de inyectar el radioisótopo, mientras que el segundo detecta los datos cuando el trazador ha tenido, además, el tiempo de difundir en el fluido, por lo que el detector lo percibe durante un mayor periodo.

Análisis de una torre prototipo mediante escaneo gamma

En la Figura 9 se presentan los resultados obtenidos mediante el escaneo gamma de la torre de laboratorio.

Como se observa en la Figura 9, el número de cuentas detectadas en la región a es aproximadamente 32.81 kC/s y se muestra como una línea parcialmente vertical. En esta región hay, solamente, aire y efectivamente este tipo de patrón obedece, normalmente, a un plato faltante. En la región superior b llenada con agua, el perfil es opuesto al anterior, i.e. un perfil de tendencia vertical con baja radiación detectada, patrón típico de un nivel inundado en una torre de destilación industrial. El número de cuentas promedio para este nivel es de 17.65 kC/s. La región c, como era de esperar, presenta un perfil prácticamente idéntico al de la región a con un valor aproximado a 32.47 kC/s lo que indica que, también, hay ausencia de material en dicho nivel. Para la región d, donde se encuentra material de baja densidad, las cuentas detectadas fueron ligeramente inferiores a las de una región con aire, aproximadamente, iguales a 29.09 kC/s. Finalmente, en la región del plato caído (región e), las cuentas captadas disminuyeron con respecto a los niveles

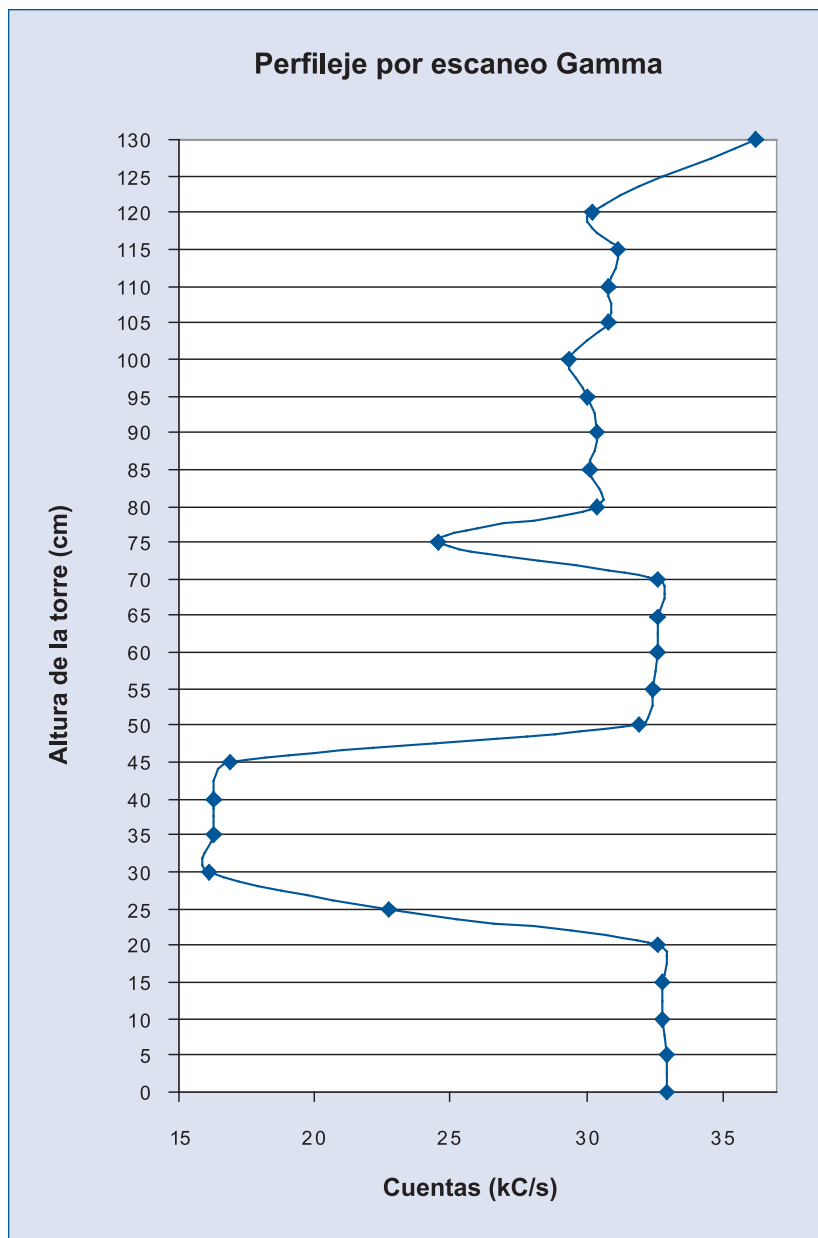


Figura 9. Perfilaje gamma de la torre de laboratorio.

En particular las técnicas han sido usadas para estudiar la difusión del boro durante el proceso de curado de la madera, evaluar una laguna de tratamiento de aguas negras con plantas de lirio acuático, realizar experimentos con variables controladas en un circuito hidráulico de laboratorio (flow-rig) y analizar una torre prototipo de laboratorio.

donde solo se tenía la presencia de aire y fueron ligeramente mayores a las de la región d. La disminución de la intensidad captada es justamente ocasionada por el espesor de metal adicional en la sección transversal atravesada por la radiación gamma.

Conclusiones

Las actividades de desarrollo y las aplicaciones de la tecnologías de radiotrazadores y escaneo gamma descritas en este trabajo han permitido a lo autores desarrollar una importante experiencia y conocimientos en el campo de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear. En particular las técnicas han sido usadas para estudiar la difusión del boro durante el proceso de curado de la madera, evaluar una laguna de tratamiento de aguas negras con plantas de lirio acuático, realizar experimentos con variables controladas en un circuito hidráulico de laboratorio (flow-rig) y analizar una torre prototipo de laboratorio. En particular, los principales resultados obtenidos en los experimentos han demostrado que la absorción de boro como agente de curado de la madera es muy variable según sea la región de la madera expuesta a la

solución de curado; durante las pruebas con radiotrazador Yodo 131 las plantas de lirio acuático de la laguna de tratamiento absorben parte del radiotrazador, lo que dificulta la determinación de los tiempos de residencia; la sensibilidad que se obtiene al emplear un sistema con fuente de Cesio-137 y detector es lo suficientemente alta como para permitir detectar la presencia de materiales de baja absorción de radiación dentro de columnas con paredes de acero.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del ITCR mediante el proyecto “*Desarrollo y Aplicaciones de las Tecnologías de Perfilaje gamma y Radioradiotrazadores*” código 5402-1490-1201 y los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Materiales del ITCR.

Bibliografía

- 1) ARCAL, Proyecto RLA/8/024 (Arcal XLIII), “*Aplicaciones Industriales de la Tecnología de Trazadores y Sistema de Control Nucleónico*”, OIEA, 2000.
- 2) Conejo M., Chaverri O., Chiné B., Vargas C.,