

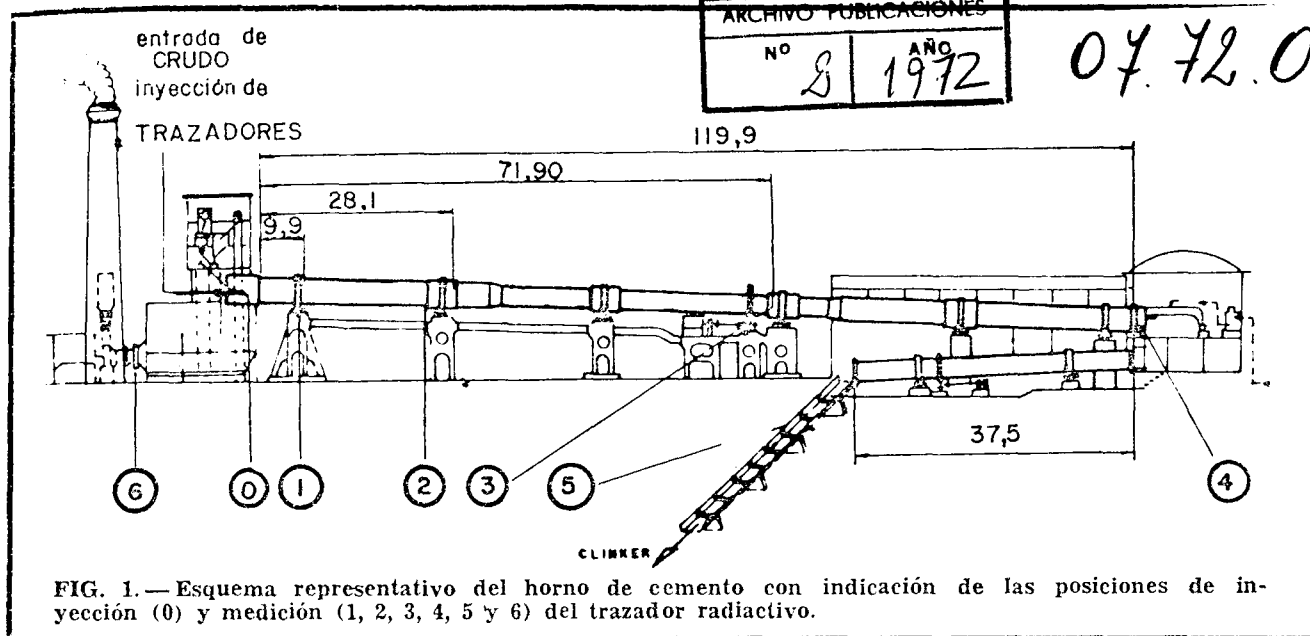


FIG. 1.—Esquema representativo del horno de cemento con indicación de las posiciones de inyección (0) y medición (1, 2, 3, 4, 5 y 6) del trazador radiactivo.

RADIOISOTOPOS

Determinación del transporte de materia y tiempo de residencia

(En reactores químicos, hornos y secadores rotatorios, etc.)

por Héctor R. Gómez, Osvaldo Cuello y Silvio Rey *

El estudio dinámico de las operaciones unitarias y procesos químicos que tienen lugar en este tipo de instalaciones industriales (transporte, secado, calcinación, etc., del material procesado) contribuye a resolver el cómputo o balance de masas y energías, que es indispensable para establecer las condiciones técnico-económicas óptimas del funcionamiento de los mismos, tales como velocidad de rotación, temperatura, extensión de zona de cadenas o de calcinación, etc. (1).

El tiempo de residencia depende del caudal de entrada, dimensiones y forma del tanque o reactor y de las condiciones de alimentación y desagüe. También influyen las características físicas y químicas del producto procesado.

En la industria es habitual definir el tiempo de residencia nominal (T) como el cociente entre el volumen útil del recipiente (v) y el caudal (q) de alimentación.

$$T = \frac{v}{q}$$

En esta expresión no se tienen en cuenta los reciclados, canalizaciones preferenciales o regiones estacionarias tan frecuentes en las

instalaciones industriales de esta naturaleza. Por otra parte el volumen útil (v) es difícil de estimar con aceptable exactitud en la mayoría de los casos.

En nuestro país han sido utilizados en numerosas oportunidades los trazadores radiactivos para resolver estudios dinámicos de este tipo en hornos rotatorios de cemento, secadores rotatorios, piletas de separación de hidrocarburos y reactores químicos.

Técnica nuclear

Determinando la relación entre el "estímulo" o inyección de un trazador radiactivo en el horno o reactor y la "respuesta" a aquél, materializada por la detección del trazador al pasar por la salida u otras secciones prefijadas del mismo, es posible conocer los tiempos de residencia de los materiales en ese medio, parámetros éstos que contribuyen a resolver el balance antes mencionado.

La elección de una técnica nuclear para hallar esta relación, está avalada por los hechos siguientes:

- Los trazadores radiactivos pueden ser detectados y medidos fácilmente, en forma continua y sin contacto con el medio marcado (desde el exterior del horno o reactor) cuyo comporta-

miento dinámico se desea estudiar.

- Mediante la selección conveniente del trazador radiactivo es posible asegurar una estrecha identidad físico-química con el material a marcar.
- La "hostilidad" frecuente en hornos, secadores o reactores químicos, debida a las condiciones extremas imperantes en ellos (elevada temperatura, abrasión, etc.), no permiten usar otro tipo de trazadores.
- El empleo simultáneo de dos o más trazadores radiactivos de diferentes características físico-químicas permite seguir el comportamiento de distintas fracciones (volátiles, sólidas, etc.) y facilitar el cálculo de la proporción de materiales que salen por diferentes vías o escapan por chimeneas.
- La elevada sensibilidad con que pueden ser detectados y medidos los trazadores radiactivos es, por último, una de sus ventajas más significativas.

Selección de los trazadores radiactivos

El trazador debe seguir fielmente el movimiento del material marcado sin precipitación, intercambio iónico, absorción física o química, etc. El trazador ideal es, luego, aquel que se identifica con el medio y responde a las mismas leyes dinámicas. Teniendo en cuenta este principio y los objetivos fijados en la experiencia, es necesario determinar las características que han de reunir él o los trazadores radiactivos a emplear.

Han de ser emisores de radiación gamma, de energía compatible con las posibilidades de detección y me-

* Departamento de Radioisótopos - División Aplicaciones Comisión Nacional de Energía Atómica.

dición desde el exterior del horno o instalación; la radiación gamma debe atravesar generalmente elevados espesores de hierro y materiales refractarios.

El período de semidesintegración del nucleído seleccionado ha de ser también compatible con el lapso que media entre la producción del radioisótopo en el reactor nuclear y el fin de la experiencia en la fábrica.

El costo y la disponibilidad de los centenares de radioisótopos existentes también debe tenerse en cuenta al efectuar la selección. El costo por unidad de actividad depende del tiempo de irradiación en el reactor nuclear el que a su vez es función de la sección eficaz, del número de átomos presentes en el nucleído original y del flujo de irradiación.

Descripción de una experiencia

En la figura 1 está esquematizado el horno rotatorio de cemento en el cual se realizó una experiencia programada con el objeto de determinar:

- El tiempo de residencia del material crudo entre la entrada del horno y varias secciones intermedias (1), incluyendo el extremo final del horno y enfriador. Con estos valores fue posible determinar las velocidades de transporte de material y el ángulo de reposo (2) del mismo en el interior del horno (figura 1).
- Si el comportamiento dinámico de dos trazadores radiactivos hasta su separación por sublimación, en la zona de calcinación del horno, es el mismo.
- Si todo el trazador volátil se dirige, en contra corriente, hacia la chimenea y si todo el trazador no volátil sale por el enfriador, con el clinker, con miras a futuros balances de masas de material.

Han sido señaladas también en la figura 1, siguiendo la secuencia cronológica del proceso, la posición

TABLA I. — Características de la irradiación y de los trazadores

	^{140}La	^{24}Na
Forma química del trazador	La_2O_3	CO_3HNa
Masa utilizada (g)	0,550	4,96
Tiempo de irradiación en Reactor RA3 (min)	170	50
Flujo de neutrones térmicos ($\text{n}/\text{cm}^2 \text{ seg}$)	10^{13}	10^{13}
Actividad utilizada al principio de la experiencia (mc)	155	87

de inyección de trazadores (estación 6) y las posiciones de detección y medición (estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6) donde operaron los detectores de radiación gamma e instrumental electrónico asociado.

Para estudiar el comportamiento de los álcalis que subliman, el compuesto seleccionado fue $^{24}\text{Na HC O}_3$ en razón de que éste pierde H_2O y CO_2 bajo los 270°C (zona de cadenas del horno) y el óxido restante sublima a los 1300°C . (5) (6).

Como trazador de los sólidos que siguen el proceso principal en el interior del horno, se seleccionó el ^{140}La bajo la forma de óxido, ya que la energía y el período de semidesintegración de este nucleído, son compatibles con las necesidades antes expuestas. Además, su inactividad química y alto punto de fusión (superior a los 2000°C) aseguran que se mantendrá en el medio sin volatilizarse ni participar en las reacciones previsible.

La experiencia se realizó por lo tanto, utilizando el ^{140}La y el ^{24}Na producidos en el Reactor RA3 de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Centro Atómico Ezeiza). En la Tabla I se exponen las características de la irradiación y sus resultados.

Los dos compuestos marcados fueron mezclados con una muestra del material crudo que ingresaba al horno e inyectado en la entrada del mismo como puede apreciarse en la fig. 1. Las secciones de medición fueron seleccionadas teniendo en cuenta las posibilidades ope-

rativas y la conveniencia de controlar aquellos sectores donde el horno presenta cambios de diámetro en sus secciones interiores y exteriores.

También se colocó un detector a la salida del enfriador (estación 5), sobre la cinta transportadora, para hallar el tiempo de residencia total. En esta estación de medición también se extrajeron muestras de clinker cada 2 minutos con el objeto de controlar la actividad específica y analizar los trazadores que llegaban.

En la fig. 2 están expuestas las curvas experimentales que permitieron hallar los tiempos de residencia y las velocidades de transporte del material. Estas curvas están normalizadas para facilitar su interpretación. Parte de la curva correspondiente a la sección o estación 4 está punteada debido a que inconvenientes de medición no permitieron el registro continuo de la actividad que pasaba por la misma durante el primer lapso de medición.

En todas las estaciones de medición se mantuvo, durante la experiencia, una geometría de medición constante (posición relativa del detector respecto del horno) para obtener resultados reproducibles. Se trató, además, de mantener constante la velocidad de rotación del horno 0,9 revoluciones por minuto. La pendiente del mismo es del 5 %.

Los tiempos de residencia parciales y totales T_R fueron determinados de acuerdo a la expresión:

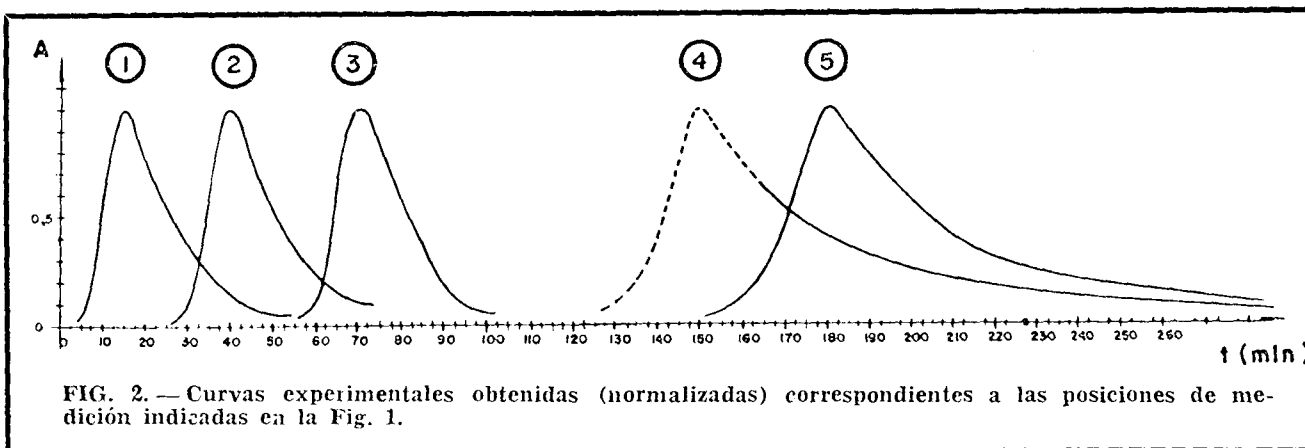


FIG. 2. — Curvas experimentales obtenidas (normalizadas) correspondientes a las posiciones de medición indicadas en la Fig. 1.

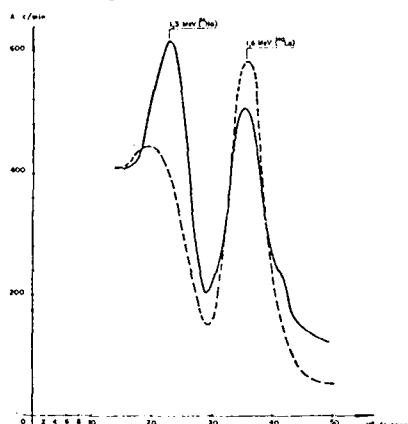
$$\bar{T}_R = \frac{\int_0^{\infty} A_{(t)} t dt}{\int_0^{\infty} A_{(t)} dt}$$

$\bar{T}_R$: tiempo de residencia (min);
 $A_{(t)}$: actividad medida (ctas/min);
 t : tiempo transcurrido a partir de la inyección del trazador en el horno.

La relación anterior se calculó en forma práctica, en base a las curvas experimentales halladas, siendo, por otra parte, el tiempo de residencia $\bar{T}_R$ el lapso transcurrido entre la inyección del trazador y el instante en que ha pasado por la sección de medición el 50 % del trazador radiactivo inyectado.

En base a los tiempos de residencia así determinados se calcularon

FIGURA 3
Espectro de energías



las velocidades de transporte, mientras que el ángulo de reposo θ , de los diversos sectores del horno, se halló de acuerdo a la expresión:

$$\text{sen } \theta = \frac{2 \pi R n \varnothing}{V_m}$$

θ : ángulo de reposo del material crudo en el interior del horno;

R : radio interior del horno (m);
 n : velocidad de rotación del horno (0,9 rev/min en este caso);

$\varnothing$: pendiente del horno (5 % en este caso).

V_m : velocidad de transporte del material (m/min);

Una de las muestras del clinker que sale por el enfriador estación 5, fig. 1) fue analizada por espec-

TABLA II. — Tiempos de residencia, velocidades medias y ángulos de reposo en distintas secciones del horno de cemento.

Posi- ciones	T_R	T_R	V_m	ciones Posi-	V_m	Angulo de Reposo °
	min	min	m/min		m/min	
0-1	15	17.5	0.56	1-2	0.71	37°
0-2	43	43	0.65	2-3	1.5	16°
0-3	70	74	0.97	3-4	0.56	50°
0-4	150	159	0.71	4-5	1.1	
0-5	180	191	0.79			

trometría gamma juntamente con una muestra del polvo recogido en la base de la chimenea (estación 6, fig. 1). Como puede apreciarse en la fig. 3, en ambos casos es apreciable el pico de energías del ^{140}La de 1.6 Mev mientras que el pico de 1.3 Mev correspondiente al ^{24}Na no se distingue sobre el fondo radiactivo en la muestra de clinker. Esto indica que la mayor parte del ^{24}Na inyectado sublimó en el interior del horno y salió por la chimenea, mientras que el ^{140}La siguió con el clinker y una fracción de éste, arrastrada en contra corriente por los gases presentes en el horno, salió con el polvo y se depositó en la base de la chimenea.

Los tiempos de residencia, ángulo de reposo y velocidades totales o parciales hallados experimentalmente están expuestos en la Tabla II.

Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos con los dos trazadores radiactivos utilizados simultáneamente para determinar el tiempo de residencia de los materiales sublimales y no sublimables en el interior del horno sugieren que la técnica es apropiada para resolver el balance de masas de los materiales que salen como clinker o se dirigen a la chimenea.

El uso de $\text{CO}_2\text{H}^{24}\text{Na}$ como trazador de la fracción volátil de material crudo tiene ventajas prácticas y es previsible, si bien difícil de asegurar, que su dinámica se identifique con la de otros álcalis que subliman en el interior del horno.

El $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$, según pudo comprobarse en esta experiencia, sigue con mucha fidelidad a los sólidos por lo menos en las primeras tres cuartas partes del horno ya que, como se aprecia en la fig. 2, ambos trazadores se desplazaron (hasta su separación) a la misma velocidad; si esto no hubiese ocurrido, las curvas señaladas presentarían discontinuidades características o similares a la de los procesos con reciclados o volúmenes muertos.

Las velocidades de traslación del material, determinadas en los distintos tramos del horno y en el enfriador, permitieron comprobar la influencia del diámetro del horno, acción de las cadenas, etc. en el desplazamiento del material.

Bibliografía

1. Gómez, H. R., Rocca, H., Ayala, L., Determinación del tiempo de permanencia en secadores rotatorios con trazadores radiactivos Publicación interna EN 2/7 C.N.E.A., Argentina (1968).
2. Rutle, J., Pit and Quarry, 48, Nº 1, (julio 1955).
3. Kirk - Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd Ed., 3, Intersc. Publ. Inc. 685 (1964).
4. Butt, Y. M., Myshlyayeva, V. V., and Osokina, T. A., Tsement, 23, Nº 5, 9 (1957).
5. Partington, J. R., General and Inorganic Chemistry, Mc. Millan Co. Londres, Págs. 302 y 503, (1951).
6. Hodgman, Handbook of Chem. and Phys., 56st Ed., The Chem. Pub. Co., Págs. B-185, B-222 y B-223, (1970/71).

ORO - PLATA - PLATINO - PALADIO

CLORURO Y CIANURO DE ORO

CIANURO Y NITRATO DE PLATA

CLORURO DE PALADIO

FABRICACION Y RECONSTITUCION DE TODO TIPO DE MATERIALES EN PLATA, ORO Y PLATINO

CATALIZADORES

BERCOVICH Y KONAN

Hernandarias 1340

21-8568