

07. 71. 02

EN-20/56

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1971

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE ENERGIA

DETERMINACION DEL TRANSPORTE DE MATERIA EN UN HORNO ROTATORIO
DE CEMENTO, UTILIZANDO RADIOISOTOPOS

Héctor R. Gómez - Osvaldo Cuello - Silvio Rey

Departamento de Radioisótopos - División Aplicaciones

Buenos Aires - octubre 1971

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE ENERGIA

DETERMINACION DEL TRANSPORTE DE MATERIA EN UN HORNO ROTATORIO
DE CEMENTO, UTILIZANDO RADIOISOTOPOS

Experiencia realizada en la Fábrica Argentina de Cemento Portland San Martín,
Paraná, Entre Ríos

Héctor R. Gómez - Osvaldo Cuello - Silvio Rey
Departamento de Radioisótopos - División Aplicaciones

Buenos Aires - octubre 1971

CONTENIDO

<u>SECCION</u>	<u>PAG.</u>
1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS	2
2. SELECCION DE LOS TRAZADORES	3
3. EQUIPOS E INSTRUMENTAL	6
4. PARTE EXPERIMENTAL	6
5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS	9

NOTA: Figuras y tablas al final del texto.

RESUMEN

Para determinar el tiempo de residencia y el comportamiento de los materiales sólidos en un horno rotatorio de cemento, ha sido utilizado el $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$, mientras que el comportamiento de la fracción volátil ha sido estudiado usando $\text{CO}_3 \text{H}^{24}\text{Na}$.

Con miras a futuros balances de masas de los materiales que salen como clinker o tienden a escapar por la chimenea, se realizó esta experiencia utilizando simultáneamente ambos trazadores.

Los resultados obtenidos permitieron apreciar la conveniencia de utilizar $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ como trazador de la fracción sólida que se convierte en clinker y comprobar además aspectos parciales de la dinámica del $\text{CO}_3 \text{H}^{24}\text{Na}$ que contribuyen a valorar su posible identificación con la fracción volátil del material crudo que alimenta el horno de cemento.

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

El estudio dinámico de las operaciones unitarias y procesos químicos que tienen lugar en un horno rotatorio de producción de cemento (transporte, secado, calcinación, etc. del material crudo) contribuye a resolver el cómputo o balance de masas y energías, que es indispensable para establecer las condiciones técnico-económicas óptimas del funcionamiento del horno, tales como velocidad de rotación, temperatura, extensión de la zona de cadenas o de calcinación, etc. (1)

Determinando la relación existente entre el "estímulo" o inyección de un trazador radiactivo en el horno y la "respuesta" a aquel, materializada por la detección del trazador al pasar por secciones prefijadas del mismo, es posible conocer los tiempos de residencia de los materiales en ese medio, parámetros estos que contribuyen a resolver dicho balance

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, desde el exterior del horno;
- Mediante la selección conveniente del trazador radiactivo es posible asegurar una estrecha identidad físico química con el material cuyo comportamiento se desea seguir;
- La "hostilidad" particular de este medio de reacción, debida a las condiciones extremas imperantes en el horno (elevada temperatura, abrasión, etc.) no permiten usar otro tipo de trazadores;

- El empleo simultáneo de dos trazadores radiactivos de diferentes características físico-químicas permite seguir el comportamiento de las fracciones volátiles y no volátiles del crudo y facilitar el cálculo de la proporción de materiales que escapan por la chimenea o salen como clinker por el enfriador.

La experiencia fue programada con el objeto de determinar:

- El tiempo de residencia del material crudo entre la entrada del horno y varias secciones intermedias, 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 (Fig. 1).
- Si el comportamiento dinámico de los 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.

2. SELECCION DE LOS TRAZADORES

Teniendo en cuenta los objetivos fijados, es necesario determinar las características que deben reunir los trazadores radiactivos a emplear. En primer lugar han de ser emisores de radiación gamma de energía compatible con las posibilidades de detección y medición desde el exterior del horno, el cual tiene un espesor de 20 mm de hierro y aproximadamente 150 mm de refractario. En segundo lugar, han de poseer períodos de semidesintegración suficientemente largos como para permitir el trasvase, acondicionamiento y transporte desde el centro de producción al lugar de la experiencia (Reac-

tor RA3 en Buenos Aires - Fábrica de Cemento en Paraná, Pcia. de Entre Ríos), y realización de la experiencia (aproximadamente medio día); al mismo tiempo deben ser suficientemente cortos como para que no sea necesario adoptar medidas de seguridad que posterguen el envase y despacho de cemento siguiendo el ritmo normal de producción y distribución en fábrica.

Los trazadores ideales serían los que provienen de la irradiación o activación del crudo que alimenta al horno, ya que estos trazadores naturales son los que presentarían un comportamiento exactamente igual al del material a seguir.

En nuestro caso, la irradiación del material crudo sólo produce un nucleído que reúne las condiciones para ser empleado como trazador; el ^{24}Na . La fig. 3 corresponde al espectro de energía obtenido al irradiar una muestra de crudo durante dos días en el reactor RA3 de la Comisión Nacional de Energía Atómica; el tiempo de espera o lapso transcurrido entre el fin de la irradiación y la medición fue también del mismo orden.

Como puede apreciarse, en este espectro se destacan nítidamente los picos característicos del ^{24}Na formado por reacción (n, γ) .

Otros nucleídos que seguramente se forman en la irradiación están enmascarados en este espectro debido a la baja actividad específica obtenida en relación con la del ^{24}Na . En el caso particular del aluminio, que también figura en la composición química del crudo, su activación produce radioisótopos de período de semidesintegración muy corto, por lo que ya habían decaído en el momento de la medición. Otros elementos, como Ca, Si, O, etc, producen radionucleídos que tienen actividades específicas despreciables por su baja sección eficaz o bien son emisores de radiación beta.

El uso de material crudo irradiado como trazador presenta también otros inconvenientes de orden práctico, ya que para obtener una actividad específica de ^{24}Na compatible con las necesidades se deben activar cantidades significativas (del orden del kilogramo) incompatibles, generalmente, con los espacios de irradiación disponibles en los reactores nucleares. Por otra parte, ensayos de laboratorio han permitido comprobar que a las temperaturas de las zonas más calientes del horno (1400-1500°C) el grado de sublimación de los álcalis constituyentes de los minerales de alimentación oscila entre el 50% y el 100% (3) (4). En nuestro caso, esta proporción podría ser menor, ya que, debido a la formación de nódulos, el Na ocluido vería dificultada su volatilización y parte saldría con el clinker.

Sobre la base de estas consideraciones, y estimando agotada la instancia natural, se decidió utilizar trazadores radiactivos artificiales.

Para estudiar el comportamiento de los álcalis que subliman, el compuesto seleccionado fue $^{24}\text{Na HCO}_3$ 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 previsibles.

La experiencia se realizó por lo tanto, utilizando el ^{140}La y el ^{24}Na .

3. EQUIPOS E INSTRUMENTAL

En las zonas críticas hemos utilizado instrumental equipado con cristales de INa (Tl) para la detección y medición de la radiación en virtud de la alta eficiencia de estos detectores frente a la radiación gamma; se reduce, de esta manera, la actividad a emplear en la experiencia. Por otra parte, en caso necesario se pueden discriminar energías y comprobar si la actividad medida pertenece a uno o los dos nucleidos (^{140}La y/o ^{24}Na). Para medir el paso de actividad en áreas de acceso directo (sin espesores blindantes interpuestos) al material marcado se usó en cambio instrumental equipado con tubos tipo Geiger Muller.

Las muestras extraídas fueron medidas y analizadas con un detector tipo cristal de centelleo de INa (Tl) asociado a espectrómetro multicanal.

4. PARTE EXPERIMENTAL

En la fig. 1 está esquematizado el horno de cemento en el cual se efectuó la experiencia; se han señalado, siguiendo la secuencia cronológica del proceso, la posición de inyección de trazadores (estación 0) 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 asociados antes mencionados.

El ^{24}Na y el ^{140}La utilizados fueron producidos en el Reactor RA3 de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Centro Atómico Ezeiza). En la Tabla I se exponen las características de las irradiaciones 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 operativas 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 $\overline{T}_R$ fueron determinados de acuerdo a la expresión:

$$\overline{T}_R = \frac{\int_0^{\infty} A(t) t dt}{\int_0^{\infty} A(t) dt}$$

$\overline{T_R}$: 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 $\overline{T_R}$ 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 las velocidades de transporte, mientras que el ángulo de reposo, θ , de los diversos sectores del horno, se halló de acuerdo a la expresión:

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

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);

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

ϕ : pendiente del horno (5% en este caso).

Una de las muestras del clinker que sale por el enfriador (estación 5, fig. 1) fue analizada por espectrometría gamma conjuntamente con una muestra del polvo recogido en la base de la chimenea (estación 6, fig. 1). Como puede apreciarse en la fig. 4, 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 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.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos con los dos trazadores radiactivos utilizados simultáneamente para determinar el tiempo de residencia de los materiales sublimables 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 $\text{CO}_3\text{H}^{24}\text{Na}$ 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. Estimamos necesario realizar más de una experiencia (con velocidades de rotación distintas, por ejemplo) para llegar a conclusiones de utilidad para el dimensionamiento de hornos o la eventual reforma del horno experimentado.

BIBLIOGRAFIA

- 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., Myshlyaeva, V. V., and Osokina, T. A., Tsement, 23, No 5, 9 (1957).
- 5.- Partington, J.R., General and Inorganic Chemistry, Mc. Millan Co. Londres, Pags. 302 y 503, (1951).
- 6.- Hodgman, Handbook of Chem. and Phys., 56st Ed., The Chem. Pub. Co, pags. B-185, B-222 y B-223, (1970/71).

	^{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 ($\text{n/cm}^2 \text{ seg}$)	10^{13}	10^{13}
Actividad utilizada al principio de la experiencia (mc)	155	87

Tabla I.- Características de la irradiación y de los trazadores.

Posiciones	T_R	$\overline{T_R}$	V_m	Posiciones	V_m	Angulo de Reposo
	min	min	m/min		m/min	$^\circ$
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			

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

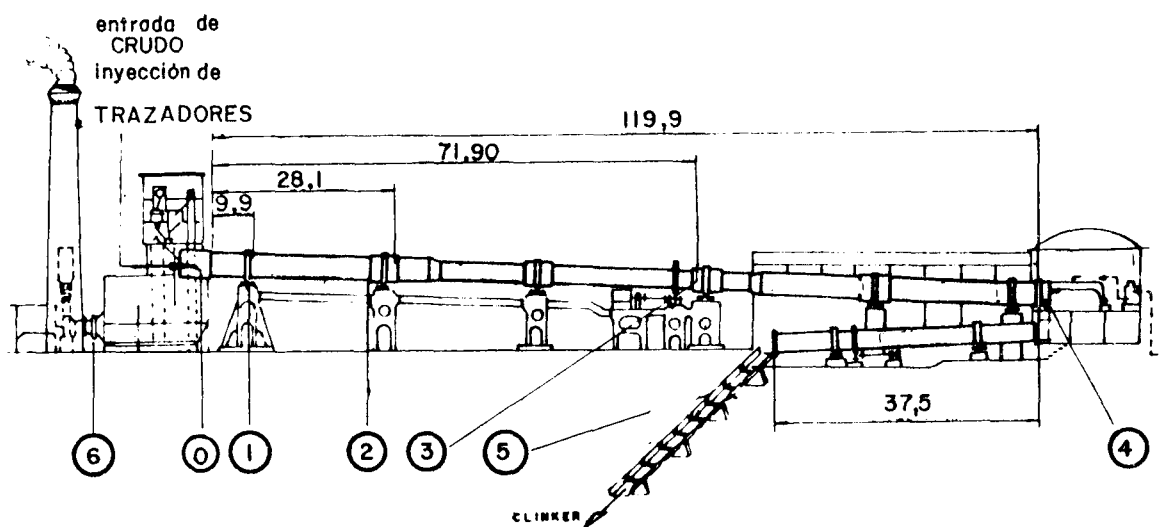


Fig. 1.- Esquema representativo del horno de cemento con indicación de las posiciones de inyección (0) y medición (1, 2, 3, 4, 5 y 6) del trazador radiactivo.

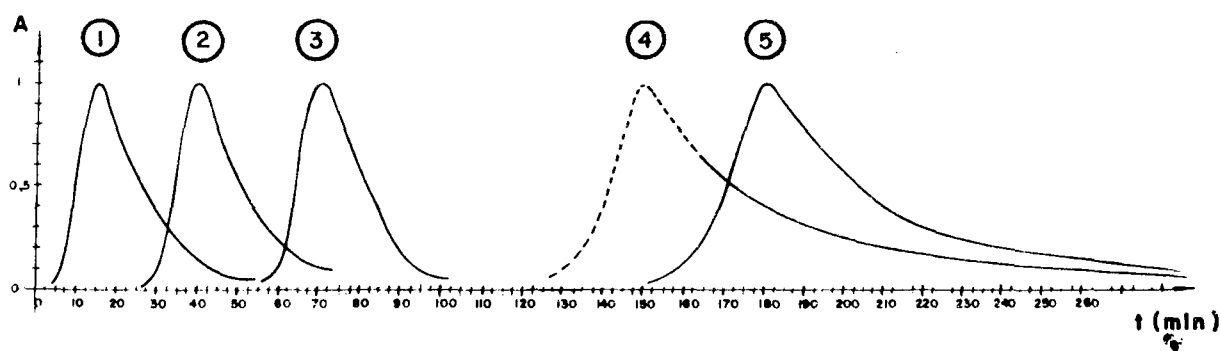


Fig. 2.- Curvas experimentales obtenidas (normalizadas) correspondientes a las posiciones de medición indicadas en la Fig. 1.-

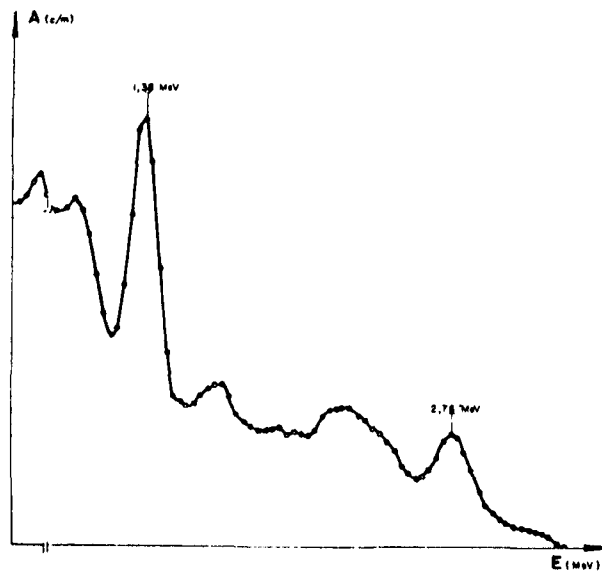


Fig. 3.- Espectro de energía de una muestra de "crudo" (materia prima del cemento) activada en el Reactor RA3 de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

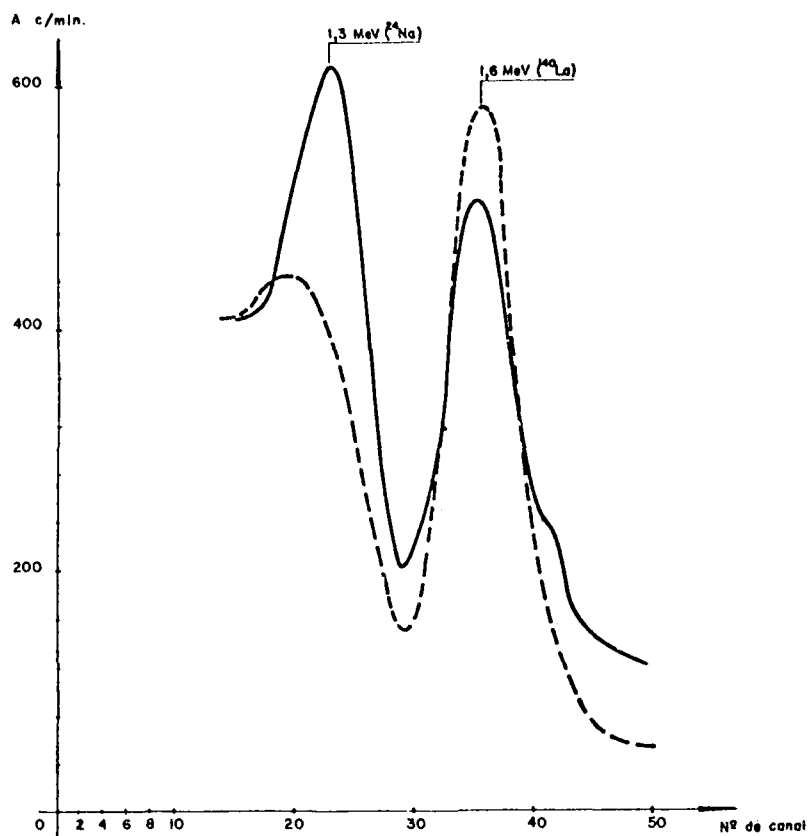


Fig. 4.- Espectro de energía obtenido a partir de muestras de clinker y polvo recogido en la chimenea. Línea punteada muestra de clinker y línea llena muestra recogida en chimenea (estaciones 5 y 6 respectivamente de la Fig. 1).