

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA COMO ADICIÓN MINERAL ACTIVA EN MATERIALES CEMENTÍCEOS

L. Anfossi⁽¹⁾, A. Benítez⁽¹⁾, P. Civitillo⁽²⁾, M. J. F. Sturla⁽¹⁾, E. Köber⁽¹⁾

abenitez@inti.gob.ar

⁽¹⁾ Dirección Técnica de Tecnología del Hormigón y Aglomerantes-SOCel-GOSI-INTI,

⁽²⁾ Dto. Estructuras-DT de Infraestructura y Geotecnia-SOCel-GOSI-INTI

Palabras Clave: Adiciones; Puzolana; Bagazo; Cemento; Sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad y el cuidado del ambiente representan un reto para la industria en general y en particular de la industria azucarera. Esta produce bagazo de caña de azúcar que se utiliza como biocombustible dentro del mismo proceso, generando cenizas, cuyo aprovechamiento productivo sería un valor agregado.

Con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ del proceso de fabricación de clinker, desde hace tiempo se estudia la incorporación de subproductos industriales como adiciones minerales activas al cemento y al hormigón. La ceniza de bagazo de la caña de azúcar es un ejemplo de materiales cementíceos suplementarios no convencionales.

El bagazo es un subproducto de la molienda de caña en la fabricación de azúcar. La cantidad que se obtiene depende del contenido de fibra que se estima entre un 10% y un 16% en masa de la caña molida.

Las reactividad y propiedades puzolánicas de la ceniza de bagazo están relacionadas con el contenido sílice vítrea o parcialmente cristalina, y eventualmente de alúmina amorfa, esenciales para la reacción entre la puzolana y el hidróxido de calcio producto de la hidratación del cemento, formando nuevos silicatos de calcio hidratados ^[1].

La actividad puzolánica varía en función de la materia prima, temperatura y tiempo de calcinación, contenido de oxígeno en la combustión, cantidad de inquemados, tamaño de partícula, tiempo de enfriamiento, condiciones de molienda, captación y almacenamiento de las cenizas.

OBJETIVOS

Comprobar el cumplimiento de los aspectos normativos para la incorporación de dicha ceniza como adición al cemento y hormigón ^[2].

DESARROLLO

Los estudios realizados incluyeron los siguientes aspectos

-Caracterización por fluorescencia y difracción de rayos X de la ceniza de bagazo.

-Calorimetría isotérmica en pastas de cemento con reemplazos de ceniza de bagazo de 5, 10 y 20% utilizando un cemento de referencia

-Análisis físico, químico y mecánico de cementos con reemplazo de ceniza de bagazo de 25%, utilizando un cemento normal y una puzolana natural como referencia.

-Evaluación de la ceniza de bagazo como material puzolánico según norma IRAM 1654.

Teniendo en cuenta que este subproducto se utiliza para obtener energía durante el proceso industrial de la caña de azúcar, se analizó una muestra de ceniza tomada de una caldera. La ventaja en este caso es que ya ha sido sometida a una calcinación como tratamiento preliminar necesario para ser utilizada como adición mineral.

Para cumplir con los requisitos de finura, las cenizas fueron previamente tamizadas y molidas de forma controlada.

RESULTADOS

Los estudios de FRX y DRX, mostraron que los elementos presentes eran mayoritariamente Si y K; como elementos minoritarios Al, Ca, Fe, P, Na, S y Mg. Como componentes cristalinos principales se encontraron el cuarzo y la cristobalita.

La integración de la curva de flujo de calor en función de la edad, de la Figura 1 corresponde al calor de hidratación, el cual mostró una reducción al aumentar el porcentaje de reemplazo, siendo su evolución similar al cemento de referencia.

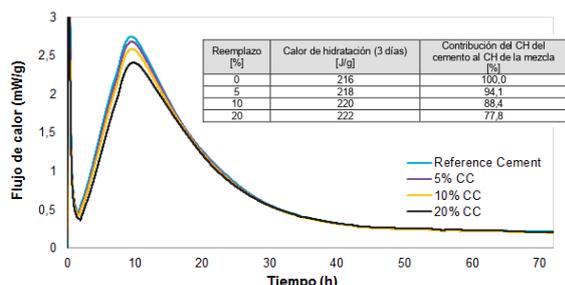


Figura 1: Perfiles de hidratación.

Los resultados de la caracterización química, se detallan en la Tabla 1 y fueron comparables con los obtenidos para el cemento con reemplazo de puzolana natural, cumpliendo con los requisitos de la normativa vigente para el cemento portland puzolánico.

Tabla 1: Caracterización química

Determinación	CPN+25% ceniza
PPC 950°C (g/100g)	3,9
RI (g/100g)	21,0
SO ₃ (g/100g)	2,3
MgO (g/100g)	1,0
S ²⁻ (g/100g)	< 0,01
Cl ⁻ (g/100g)	< 0,01
Coefficiente Pozzolánico (15 días)	0,8

La evaluación física y mecánica según norma IRAM 1654, se observa en la Tabla 2. Se presentó un incremento en la demanda de agua previsible para estos materiales. El requisito de reducción de la expansión en la reacción álcali-agregado cumplió con el requisito establecido por norma por la norma IRAM 1668 si bien no cumplió en valor absoluto. En la Figura 2 se grafica la evolución de la resistencia a compresión.

Tabla 2: Análisis físico y mecánico según IRAM 1654

Determinación	CPN	CPN+25% ceniza	Requisito IRAM 1668 [%]
Resistencia a compresión 28 d [MPa]	49,3	45,7	---
Índice de Actividad Pozzolánico [%]	---	92,7	≥ 75,0
Requerimiento de agua [%]	---	109	≤ 115
Disminución de la fluidez [%]	---	14	---
Expansión 14 d [%]	0,336	0,070	≤ 0,020
Expansión 56 d [%]	0,648	0,127	---
Reducción expansión 14 d [%]	---	80	≥ 75

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Del análisis de los parámetros evaluados se pueden realizar las siguientes observaciones:

-Las cenizas de bagazo calcinadas cumplen con los requisitos establecidos para materiales puzolánicos según norma IRAM 1668.



Figura 2: Resistencia a la compresión IRAM 1622.

-Las cenizas de bagazo analizadas resultan aptas para ser incorporadas como adición al cemento para elaborar Cemento Portland Pozolánico CPP30 para un porcentaje de reemplazo del 25% y CPP40 para porcentajes menores de acuerdo con la norma IRAM 50000.

-Este material, como reemplazo del cemento, incrementa el requerimiento de agua manteniéndose dentro del requisito de norma.

-Al aumentar el porcentaje de reemplazo del cemento por la ceniza de bagazo disminuye el calor de hidratación de la mezcla y la resistencia a compresión.

-Dado que la Norma IRAM 50000 no contempla este tipo de materiales no convencionales, para su introducción en el mercado es necesario generar un cambio normativo. Mientras tanto, es posible utilizar este material como componente minoritario en un porcentaje menor al 5% o utilizarlo en hormigones para premoldeados por ejemplo.

-La transferencia del uso de este subproducto calcinado en condiciones controladas proveniente de la producción de azúcar, contribuiría a mejorar el cuidado del medio ambiente desde el ámbito de la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] M. Frías, E. Villar, H. Savastano. Brazilian sugar cane bagasse ashes from the cogeneration industry as active pozzolans for cement manufacture. Cement and Concrete Composites. 33 (1) (2011) 490-496.
 [2] L. Anfossi, A. Benitez, M.J. Fernandez Sturla, E. Köber, P. Civitillo. "Utilización de los residuos de la industria azucarera como adición mineral activa". Memorias de la 1º Jornada de Jóvenes Investigadores en Tecnología del Cemento y el Hormigón (2019) Pag. 73 – LEMIT, La Plata. Distinción 2º lugar.