



Métodos para Optimizar el Procesamiento de Espectros Gamma Natural de Muestras de Carbón

H. D. Colorado, A. Bohórquez, J. A. Tabares

Departamento de Física, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali (Colombia)

Recibido 22 de Oct. 2007; Aceptado 15 de Oct. 2008; Publicado en línea 5 de Ene. 2009

Resumen

Se estudian métodos de procesamiento de espectros gamma natural que permitirían la implementación de una aplicación industrial tal como la medición continua en tiempo real de la cantidad de materia mineral en muestras de carbón. La cantidad de materia mineral presente en el carbón es un factor que determina la calidad del mismo para los diferentes usos en la industria. Se propone la técnica gamma natural como una forma alternativa para determinar esta materia mineral, la cual es más eficaz que otros métodos convencionales. Se procesan los espectros de dos maneras: directamente a través de su intensidad y por medio de la Transformada Wavelet Continua definiendo regiones de interés en ambos casos. Con las áreas de estas regiones y a través de regresión y multiregresión lineal se muestra que las intensidades de los espectros pueden ser correlacionados, de manera eficiente, con la cantidad de materia mineral presente en cada muestra.

Palabras claves: curvas de calibración, gamma-natural, transformada wavelet continua.

Abstract

Processing methods are studied in natural gamma spectra that would implement an industrial application as the real-time continuous measurement of the amount of mineral matter in coal samples. The amount of mineral matter in coal is a factor that determines the quality of the same for different uses in industry. Natural gamma technique is proposed as an alternative way to determine this mineral matter, which is more effective than other conventional methods. The spectra are processed in two ways: directly through your intensity and through the continuous wavelet transformed defined regions of interest in both cases. With areas of these regions and through linear regression and multiregression shows that the intensities of the spectra can be correlated, efficiently, with the amount of mineral matter present in each sample.

Keywords: calibration curve, gamma-natural, Continuous Wavelet Transformed.

© 2009 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

En un trabajo similar [1] se mostró resultados del procesamiento de espectros para muestras de suelo, ahora se muestra para muestras de carbón. La calidad del carbón mineral depende, entre otros factores, de la cantidad de materia mineral ajena al carbón. El método convencional para determinar la materia mineral se denomina cenizado a alta temperatura, y consiste en la combustión controlada de una muestra representativa de carbón de solo 1 g a 750 °C, eliminando su parte orgánica y pesando su parte mineral [2]. Sin embargo esto requiere un tiempo apreciable de horas o

días, lo cual impide que se hagan correctivos inmediatos en procesos industriales. Las técnicas nucleares *neutron-gamma* y *gamma-gamma* han sido utilizadas en el GMTF de la Universidad del Valle para encontrar el contenido de ceniza. En estas técnicas nucleares se reduce el tiempo de medición de manera que la cuantificación de materia mineral se puede hacer de forma continua y en tiempo real y para muestras más representativas.

En el estudio de espectros *gamma-natural* en muestras de carbón como una técnica nuclear alternativa, debe estudiarse métodos para optimizar el procesamiento de espectros.

La ventaja de esta técnica con respecto a las técnicas arriba mencionadas es la no utilización de fuentes radiactivas. El procesamiento de espectros es la parte fundamental en la implementación de la técnica *gamma-natural* y debe ser perfeccionado, debido a la baja actividad de los elementos naturales radiactivos, a la dificultad de blindar señales ajenas a las muestras en estudio [3] y al corto intervalo de tiempo de medición que se requiere en la mayoría de las aplicaciones tecnológicas.

En este trabajo se utilizan cuatro métodos que permiten correlacionar linealmente el porcentaje de ceniza (%Cz) en carbón con los valores dados por cada método. Cabe aclarar que generalmente la cantidad de materia mineral es proporcional al contenido de ceniza en carbón. El primer método y más usual que llamaremos “REGRESIÓN LINEAL”, consiste en sumar las cuentas en una región de interés (ROI) del espectro original de cierta muestra y correlacionar esta suma con el %Cz de la muestra. En el segundo método propuesto, “MULTIREGRESIÓN”, se correlacionan dos ROI con el %Cz mediante multiregresión lineal. En el tercer método, “WAVELET REGRESIÓN”, se aplica la Transformada Wavelet Continua (CWT) [4] al espectro original de cierta muestra obteniéndose una nueva representación del espectro, ya no en cuentas por canal, sino en coeficientes wavelet relacionados con una escala en función de una variable equivalente a los canales. En el presente trabajo se escogió la escala wavelet 1300 para aplicar el método tercero y cuarto. En esta nueva representación del espectro se suman los coeficientes wavelet en un ROI y el resultado se correlaciona con el respectivo %Cz de la muestra asociada al espectro original. El cuarto método, “WAVELET MULTIREGRESIÓN”, es similar al tercero solo que se toman dos ROI en la nueva representación del espectro y se utiliza multiregresión.

2. Descripción experimental

El montaje empleado para realizar las mediciones consiste de una sonda de detección de rayos gamma desarrollada por la firma Target Systemelectronics, con un detector de centelleo de ioduro de sodio activado con talio NaI(Tl) y otro de germanato de bismuto BGO, ambos de 8 cm de diámetro por 11 cm. de alto y un blindaje de plomo para la radiación exterior con forma de cascarón cilíndrico de 6 cm. de espesor, el cual se justifica en el trabajo [5]. El alto voltaje se fija en 475 V permitiendo medir radiactividad natural de hasta 10 MeV en un espectro de 2048 canales.

Para obtener las curvas de calibración, se utilizaron seis muestras de carbón previamente estudiadas mediante el método de cenizado “ceniza por laboratorio” de 7.55 %Cz, 22.33 %Cz, 23.32 %Cz, 27.21 %Cz, 27.25 %Cz y 50.57 %Cz de 1400 g cada una, provenientes de la mina de carbón Guachinte en el Valle del Cauca. Las muestras se sitúan dentro del blindaje rodeando el detector a una distancia promedio detector-muestra de 3 cm. Puesto que el tiempo de

medición debe ser lo más pequeño posible, se hacen mediciones de las mismas muestras a diferentes intervalos de tiempo desde 1 hasta 10 min en pasos de 1 min para determinar el comportamiento del coeficiente de correlación lineal en función del tiempo. Debido a que la medición de cada muestra se repite 4 veces, todas las regresiones lineales se hacen con un total de 24 puntos.

Para el cálculo de las curvas de calibración utilizando los métodos arriba mencionados, se desarrolló una aplicación en Matlab 5.3, que permite agilizar los cálculos y convertir la correlación entre ROI con %Cz por laboratorio en %Cz por laboratorio en función del %Cz por gamma natural previa evaluación en de las curvas de calibración [6]. En el caso de los métodos que utilizan CWT se debe escoger ciertos parámetros como el tipo de wavelet y la escala, además de la región en donde se suman los coeficientes.

3. Resultados y discusión

La fig.1. y fig.2. muestran el porcentaje de ceniza por Laboratorio en función del porcentaje de ceniza por Gamma Natural para dos métodos cualquiera a manera de ejemplo. En ambos métodos se observa una considerable dispersión para tiempos pequeños la cual tiende a disminuir a medida que el tiempo de medición aumenta.

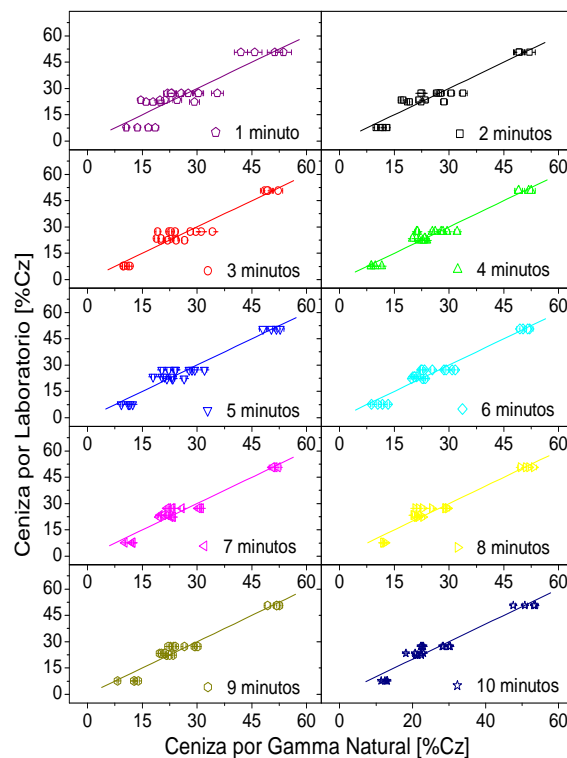


Fig.1. %Cz por Laboratorio en función del %Cz por Gamma Natural para Carbón con detector NaI, de 1 a 10 minutos aplicando el método REGRESIÓN LINEAL del canal 40 al 1200.

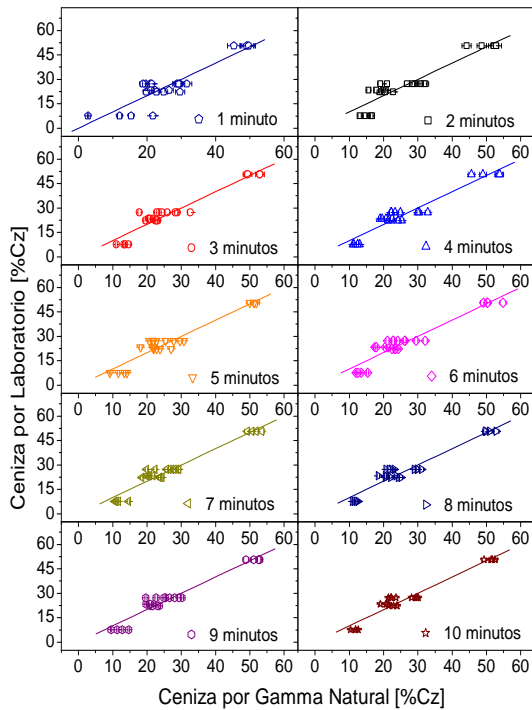


Fig. 2. %Cz por Laboratorio en función del %Cz por Gamma Natural para Carbón con detector BGO, de 1 a 10 minutos aplicando el método WAVELET REGRESIÓN con la wavelet sombrero mexicano en la escala 400 y en la opción suma del canal 1 al 450.

Para entender con claridad cómo cambia la dispersión con el tiempo de medición, la fig. 3. y fig. 4. muestra los coeficientes de correlación en función del tiempo de medición para los cuatro métodos mencionados para el detector NaI y BGO respectivamente.

En las dos figuras se observa como el coeficiente de correlación mejora con el aumento en el tiempo de medición. También se nota que a partir de 4 min. la correlación no varía considerablemente para NaI, manteniéndose dentro de un pequeño rango y de forma similar para BGO a partir de los 7 min.. Realizar medidas con tiempos mayores a los mencionados no incrementa considerablemente el coeficiente de correlación lineal.

4. Conclusiones

La técnica nuclear *gamma-natural* es en verdad una técnica nuclear alternativa para determinar el contenido de materia mineral en carbón. A pesar del corto tiempo de medición para señales de baja actividad, los coeficientes de correlación son aceptables a partir de los 4 min. para NaI y 7 min. para BGO y los métodos que utilizan CWT son una forma alternativa en el tratamiento de espectros. Además, los coeficientes de correlación lineal son comparables con los reportados por otros autores con gamma natural [7] y con otras técnicas nucleares [8,9].

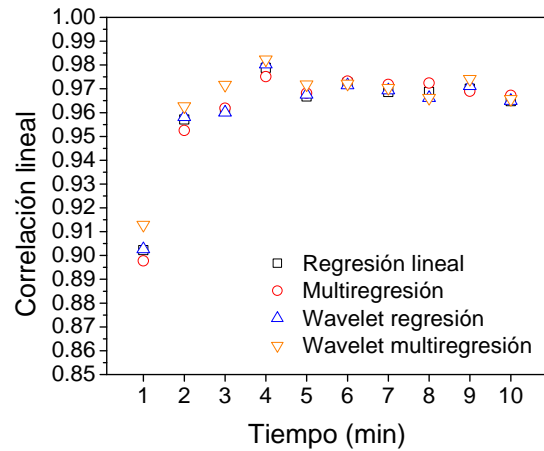


Fig. 3 Coeficientes de correlación lineal en función del tiempo para los cuatro métodos para muestras de Carbón con detector NaI.

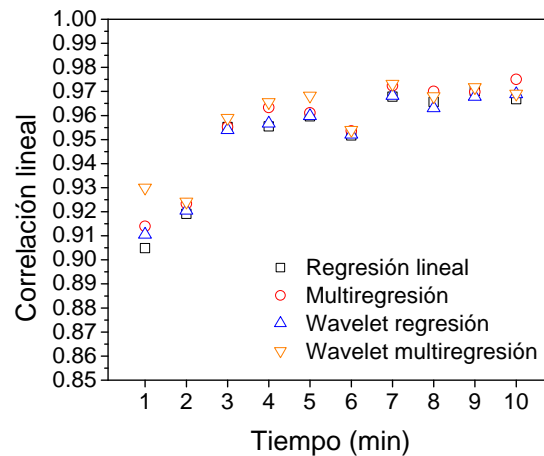


Fig. 4 Coeficientes de correlación lineal en función del tiempo para los cuatro métodos para muestras de Carbón con detector BGO.

Referencias

- [1] H. D. Colorado, A. Bohórquez y J. A. Tabares, Rev. Col. Fis. 38, No 2 (2006) 1018-1021.
- [2] G. Medina, J. A. Tabares, G. A. Pérez Alcazar, y J. M. Barraza, Rev. Col. Fis. 37, No 1 (2005) 167-170.
- [3] P. Blum, PP Handbook, Chapter 5: Natural Gamma Radiation, (1997) 5-1-5-6.
- [4] G. Strang, T. Nguyen, Wavelet and filter banks, Wellesley - Cambridge Press, USA, 1996.
- [5] H. D. Colorado, Estudio de diferentes métodos para optimizar el procesamiento de espectros medidos con la técnica gamma-natural, Tesis de maestría, Universidad del Valle, 2005.
- [6] M. Misita, Y. Misita, G. Oppenheim, J. M. Poggi, Documentation for wavelet toolbox, The MathWorks, Inc. 1997.

- [7] E. Chrusciel, S. Kalita, J.L. Makhabane, A. Lenda, N. D. Chau, J. W. Niewodniczanski, K. W. Palka, Proceedings of a final Research Co-ordination Meeting held in Krakow, Poland. IAEA (1995) 99-108.
- [8] M. Borsaru, M. Biggs, W. Nichols, F. Bos, Applied Radiation and Isotopes 54 (2001) 335-343.
- [9] M. Borsaru, R. Dixon, A. Rojc, R. Stehle, Z. Jecny, Applied Radiation and Isotopes 55 (2001) 407-412.