

## PROGRAMA MSX-BASIC PARA EL PROCESAMIENTO AUTOMATICO DE ESPECTROS DE RADIACION GAMMA

R. Soto, E. Marín y M. Hernández, Departamento de Física General, Facultad de Física, Universidad de La Habana

### RESUMEN

Se describe un programa desarrollado en lenguaje MSX-Basic, denominado ESPEC-2, que realiza la evaluación analítica de espectros e incorpora facilidades de suavizamiento, localización de picos mediante la transformada rectangular de área nula y la técnica de ajuste gaussiano de estos. Por su fácil manipulación se hace muy apropiado para los usos demostrativos y del laboratorio docente.

### ABSTRACT

A MSX-Basic language program, called "ESPEC-2", which carries out the analytical evaluation of gamma spectrum and involves an smoothing routine, a zero area rectangular transform to locate peaks, and a Gaussian fitting technique for the peaks, is described. The program provides the performance needed for demonstrative uses, and ease of operation for the laboratory classroom.

### INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de información sobre las peculiaridades de la desintegración radiactiva y la interacción de la radiación con la sustancia, capaz de ser obtenida mediante el uso de detectores de radiación tales como los de centelleo o de materiales semiconductores, sólo puede ser

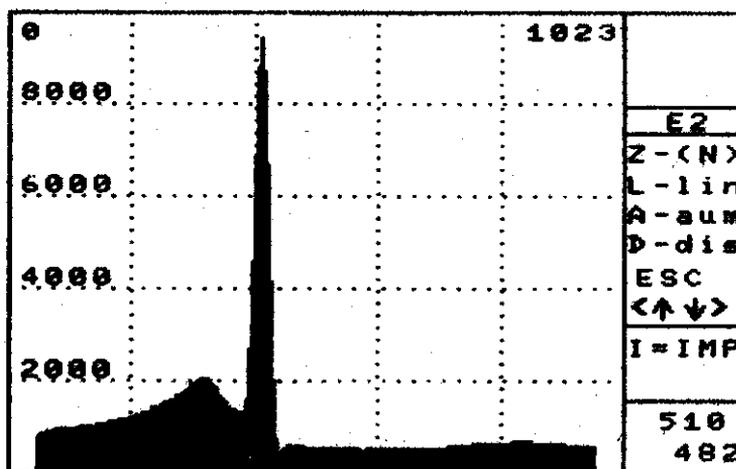


Figura 1. Espectro de  $^{137}\text{Cs}$  suavizado con cantidad variable de puntos hasta un máximo de 21.

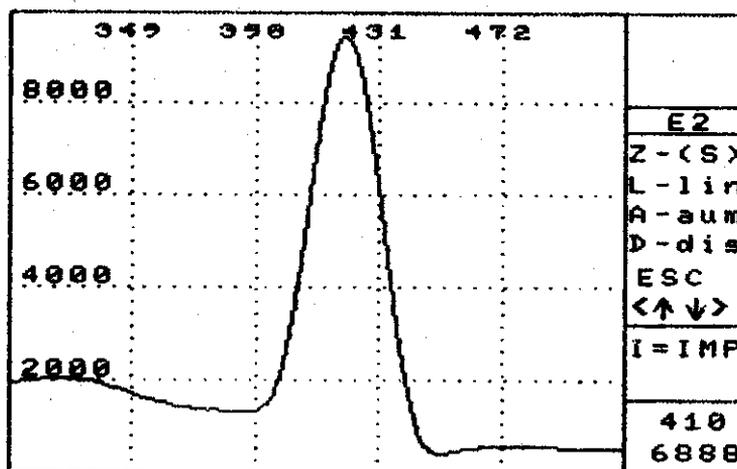


Figura 2. Expansión del espectro representado en la Figura 1 donde se observa el contorno del pico sin las notables dispersiones de origen estadístico que aparecen en los no suavizados.

b) Procesamiento del espectro:

Una vez que todo el espectro o parte de este ha sido suavizado, se procede a procesarlo con una transformada rectangular de área nula y ancho seleccionable  $T_0$ , dada por:

$$S_3(j) = \left[ S(j) - 0.5 * \left( S_1(j) + S_2(j) \right) \right] \dots\dots\dots (1)$$

donde

$$S(j) = \sum_{i=j-w}^{i=j+w} C(i) \dots\dots\dots (2)$$

$$S_1(j) = \sum_{i=j-3w-1}^{i=j-w-1} C(i) \dots\dots\dots (3)$$

y

$$S_2(j) = \sum_{i=j+w+1}^{i=j+3w+1} C(i) \dots\dots\dots (4)$$

siendo  $C(i)$  el conteo en cada canal para el espectro suavizado y  $w=2T_0 + 1$ . Se aclara que las expresiones (2), (3) y (4) ya han corregido convenientemente el aparente error tipográfico existente en el empleo de la transformada rectangular de área nula hecho en /8/.

Este tipo de transformada ha resultado ser un filtro digital muy simple y conveniente para delinear la estructura de los datos /6/, /7/. La Figura 3 muestra el resultado de aplicar la transformada descrita al espectro del radioisótopo  $^{137}\text{Cs}$ .

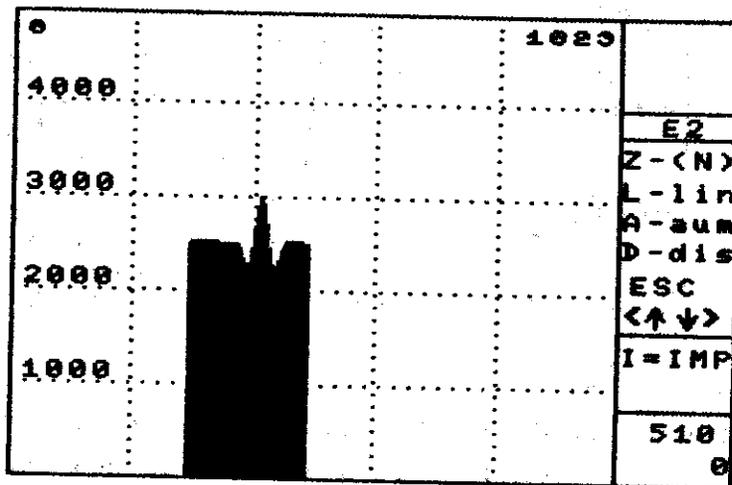


Figura 3. Resultados de la aplicación de la transformada de área nula al espectro del  $^{137}\text{Cs}$  mostrado en la Figura 1.

A partir de aquí el programa calcula la varianza de la transformada resultante para eliminar los posibles picos espurios; con esta operación, determina en qué intervalo de canales la transformada posee significación estadística.

Ello se logra analizando canal a canal donde se cumple la condición:

$$S_3(j) < 2.0 * \left[ S(j) + \left( \frac{S_1(j) + S_2(j)}{4} \right) \right]^{1/2} \dots \dots \dots (5)$$

en cuyo caso, se asigna el valor cero a la transformada estadísticamente significativa,  $S_4(j)$ , lo que facilita posteriormente la búsqueda de las zonas del espectro donde existen picos reales. Seguidamente, se determina la localización del pico en dicho arreglo de datos, según se cumpla simultáneamente que:

$$S_4(j-1) > 0, S_4(j) > 0, S_4(j+1) > 0$$

Y  $\dots \dots \dots (6)$

$$S_4(j-1) < S_4(j) > S_4(j+1)$$

Los límites del pico se determinan encontrando los mínimos a ambos lados del máximo ubicado según (6). Este paso se convierte en un proceso de localización inequívoco, como puede observarse en la Figura 4.

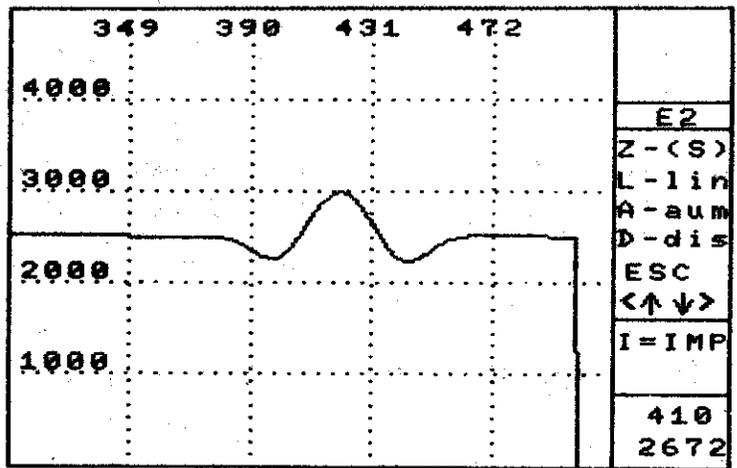


Figura 4. Representación del espectro transformado utilizando la opción "ZOOM".

Se incluye la determinación de la línea base mediante el método de mínimos cuadrados con cantidad seleccionable de pares de valores en el entorno de las cotas del pico encontradas previamente, luego, se calcula el ancho a la media altura, el área neta, la integral, el fondo, los errores, así como el canal del centroide y los límites anterior y posterior del pico, utilizando la linealización de una función gaussiana simple

/9/ y un ajuste convencional por mínimos cuadrados ponderados, donde los factores de ponderación  $W_i$ , se obtienen según la expresión:

$$W_i = \left[ \frac{1}{Y(x_i-1)} + \frac{2 \cdot F(x_i-1)}{[Y(x_i-1)]^2} + \frac{1}{Y(x_i+1)} + \frac{2 \cdot F(x_i+1)}{[Y(x_i+1)]^2} \right]^{-1} \dots\dots (7)$$

Los resultados de aplicar el algoritmo de cálculo descrito, al espectro del  $^{137}\text{Cs}$  que aparece en la Figura 1 se resumen a continuación:

- \* Pico #1: Canal inicial:397 Canal final:443 Centroide:420
- \* FWHM:20
- \* Integral:270655
- \* Area neta:197130
- \* Error (%):0.15
- \* Fondo:73524

### III. CONCEPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA:

La organización parte de un programa principal que contiene los menús correspondientes; además, da la posibilidad de limpiar los sectores de memoria a voluntad, pues debido a la reducida capacidad de la computadora utilizada, se hace necesario almacenar el espectro suavizado, su transformada y la que resulta de analizar la significación estadística de los picos en segmentos diferentes de esta, por consiguiente, antes de procesar un nuevo espectro debe acudir a la subrutina de borrado. El diagrama de utilización de los segmentos de memoria se muestra en la Figura 5.

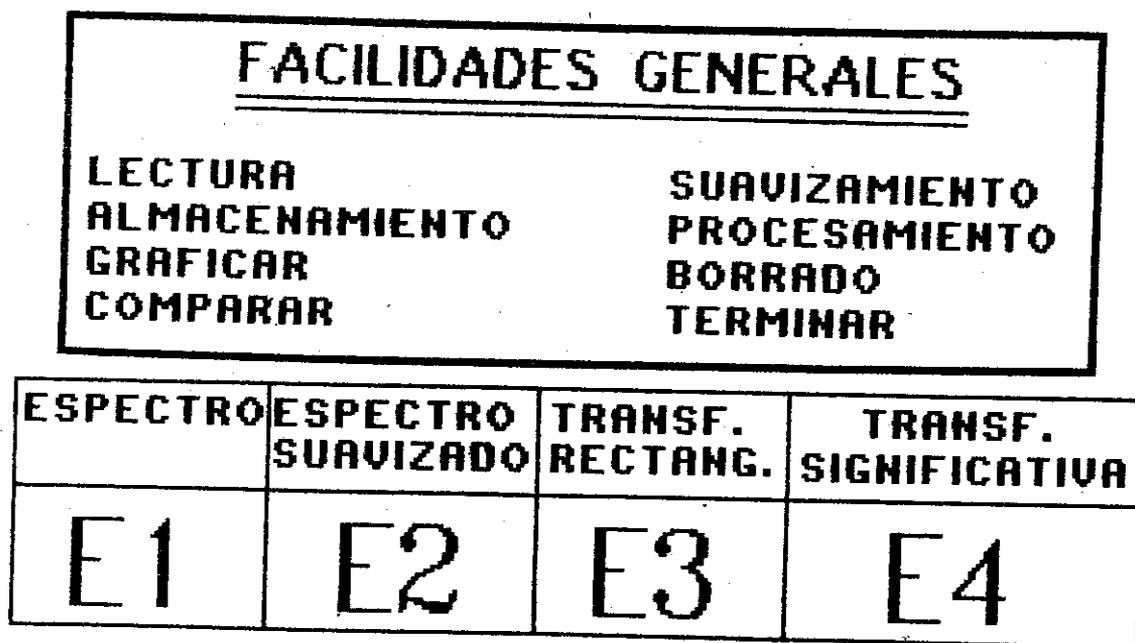


Figura 5. Diagrama de utilización de los segmentos de memoria para el programa Espec-2.

Por otra parte, como el programa está orientado hacia las aplicaciones docentes, hace continua previsión de los posibles errores de manipulación del estudiante, evitando así la necesidad de abortar el trabajo.

## CONCLUSIONES

Se desarrolló un programa MSX-Basic Compatible para la operatoria básica concerniente al procesamiento analítico de los espectros de radiación gamma, el cual ha sido concebido con el propósito de completar el trabajo de laboratorio /3/.

Las variables utilizadas para el centroide, el límite anterior y el posterior se declaran en arreglos por lo que el programa recurre al mismo proceso de delimitación del pico y cálculo de magnitudes de importancia para el trabajo espectrométrico tantas veces como picos haya en cantidad inferior a 10.

El uso del software descrito posibilita que se incorpore al sistema de conocimientos y habilidades de los estudiantes los rudimentos de la espectrometría gamma, sin que por ello sea necesario realizar grandes inversiones ni utilizar instrumentación mayormente destinada a las investigaciones.

Por su versatilidad y alta velocidad de corrida, se hace útil no sólo en el laboratorio docente, sino también en usos demostrativos que propician la motivación vocacional y profesional de los estudiantes.

## REFERENCIAS

- Quittner, P. (1972). "Gamma-Ray Spectroscopy", Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Sato, T., P. Mapstone e I. Muriel (1988). "MSX Guía del Programador y Manual de Referencia". Ed. Revolucionaria.
- Marín, E., M. Hernández y R. Soto. "Programa MSX-Basic para el análisis de espectros de radiación gamma", Rev. Cub. Física, en prensa.
- Savitzky, A. and M. Golay (1964). Anal. Chem., 36, 1627.
- Yule, H. (1967). Nucl. Instr., 54, 61.
- Robertson, A., W. Prestwich and T. Kennett (1972). Nucl. Instr., 100, 317-324.
- Von Meerwall, E. and M. Gawlik (1973). Comp. Phy. Comm. 5, 309-313.
- Wilson, W. (1978). "Tropical Conference on Computers in Activation Analysis and Gamma-Ray Spectroscopy", Puerto Rico.
- Helmer, R., R. Heath, M. Punam and D. Gibson (1967). Nucl. Instr. 56, 6.