

# SELECCION Y OPTIMIZACION DE AMPLIFICADORES ESPECTROMETRICOS PARA ESPECTROMETRIA GAMMA: PARTE II-LINEALIDAD, TIEMPO VIVO, SOFTWARE

Marco Antonio Proença Vieira de Moraes y Reynaldo Pugliesi

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
IPEN/CNEN-Caixa Postal 11049-Travessa R-Cidade Universitária  
05508-900-São Paulo- Brasil

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en establecer criterios sencillos que permitan la elección de los distintos equipos que comportan una cadena para espectrometría gamma de alta resolución. Fueron estudiados los factores que intervienen en la linealidad, la influencia de la corrección del tiempo vivo y la influencia del software de emulación en las características del sistema espectrométrico formado por un detector HpGe, amplificadores Canberra 2021, 2025, Ortec 673 y Tennelec 244 y software Ortec - Maestro II y Nucleus. Las tarjetas estudiadas presentaron valores de la linealidad integral acorde a los valores esperados, corroborando la calidad del hardware. Es imprescindible la utilización de una tarjeta MCA que prevea la corrección del tiempo muerto del amplificador si se opera a tasas de conteo mayores de 17 kcps.

## INTRODUCCION

La espectrometría gamma tiene un papel importante dentro de las técnicas nucleares con fines analíticos. Sus requerimientos pueden variar ostensiblemente de acuerdo al campo de aplicación. Así se tiene que un espectrometro destinado a Análisis por Activación tiene requerimientos en cuanto a velocidad más exigentes, que los destinados a mediciones relacionadas con la contaminación ambiental [ 1 ].

El objetivo del presente trabajo consistió en establecer criterios sencillos que permitan la elección de los distintos equipos que comportan una cadena para espectrometría gamma de alta resolución [ 2, 3 ]. Todo el énfasis se dirige, por un lado, a estudiar los aspectos vinculados a la corrección del tiempo vivo, cuestión esta que juega un papel primordial en la pérdida de conteos y por donde en la exactitud de las determinaciones cuantitativas. Estos aspectos y sus resultados están presentados en este trabajo. Por otra parte, evaluar cómo cada parámetro estudiado influye en la resolución energética de todo el sistema. Estos resultados están presentados en otro trabajo [ 4 ].

El trabajo realizado centró su atención en los siguientes aspectos :

- Linealidad del sistema. Factores que intervienen en la misma;
- Influencia de la corrección del tiempo vivo en la exactitud de mediciones cuantitativas;
- Influencia del software de emulación en las características del sistema espectrométrico.

## METODOLOGIA Y RESULTADOS.

## Nonlinealidad Integral

La linealidad es probablemente la característica más importante de un espectrometro. Esto garantiza la posición correcta de cada pico en el espectro y por donde la correcta identificación de cada energía en todo el rango energético del espectrometro. Sobre ella influye todo el canal espectrométrico: desde el detector de radiaciones ionizante hasta el conversor analógico-digital ( CAD ). Sin embargo, puede plantearse que el CAD es el equipo que más negativamente influye en esta característica como resultado de la propia conversión. El estudio realizado incluyó tanto la influencia del CAD como del amplificador espectrométrico. Fue utilizada primeramente la tarjeta y posteriormente la . Para cada una de ellas se midió la linealidad obtenida en dependencia del amplificador espectrométrico utilizado, operándose cada uno en condiciones óptimas ( baja tasa de conteos y constante de formación óptima ). El bloque esquema utilizado se presenta en la Fig. 1 .

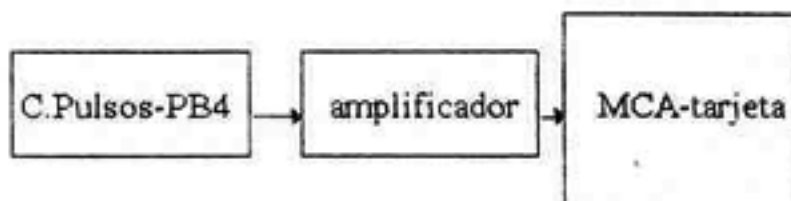


Figura 1.- Bloque Esquema Para La Medición De La No-Linealidad Integral.

El generador de pulsos PB-4 de la firma es un equipo destinado a los fines antes expuestos. El mismo permite variaciones en los pulsos a su salida de 0 a 10 V en pasos de 1 mV. La no-linealidad integral

segun el fabricante a plena escala es de 0.001 %. Como se observa en la fig.1 la salida del generador se da directamente a la entrada del amplificador espectrometrico. Realmente los pulsos del generador calibrados en amplitud debieron ser dados al amplificador a traves del preamplificador con el detector conectado y polarizado, con vistas a tener las condiciones reales de ruido presentes en el canal espectrometrico. Esto hace que los picos se anchen y que por tanto en la determinacion de la posicion de los mismos juegue su papel el algoritmo creado para tales efecto en el programa emulador. En nuestro caso no fue posible usar el preamplificador porque la duracion maxima que se obtenia a la salida del generador de pulsos en regimen de onda cuadrada, no garantizaba el correcto trabajo del PASC. Su duracion era muy corta para garantizar que el pulso exponencial a la salida del PASC alcanzava el nivel del cero.

Los resultados obtenidos para tarjeta ORTEC y con diferentes amplificadores se muestran en las figuras 2a, 2b, 2c y tabla 1..

TABLA 1-Valores de la no-linealidad integral usando distintas combinaciones de amplificadores y MCA-card.

Amplificador	tarjeta Ortec	tarjeta Nucleus
Canberra 2025	0.05	0.06
Ortec 673	0.03	-
Tennelec 244	0.03	-

### Correccion Del Tiempo Vivo

Las mediciones que se presentan en este capitulo tuvieron el objetivo de investigar los aspectos relacionados con la correccion del tiempo vivo. Todos los conversores analogo-digitales (CAD) modernos garantizan una adecuada correccion del tiempo vivo. En correspondencia se logra una compensacion en la perdida de conteos producto del tiempo en que el CAD esta ocupado, mediante una prolongacion del tiempo de medicion.

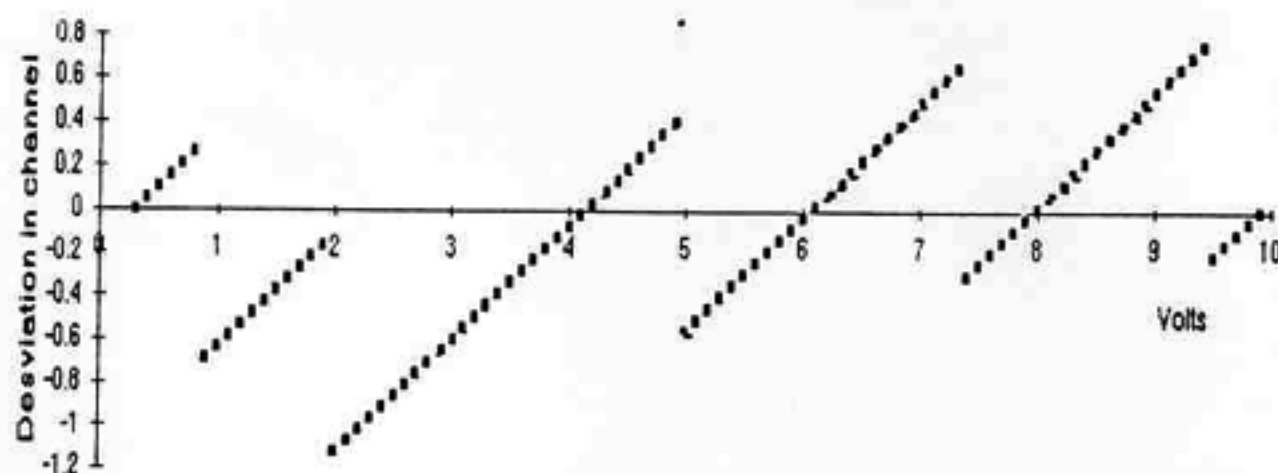


Figura 2a - Residual del ajuste lineal vs. amplitud a la salida del generador de pulsos. Card: Ortec; Amplificador: Tennelec

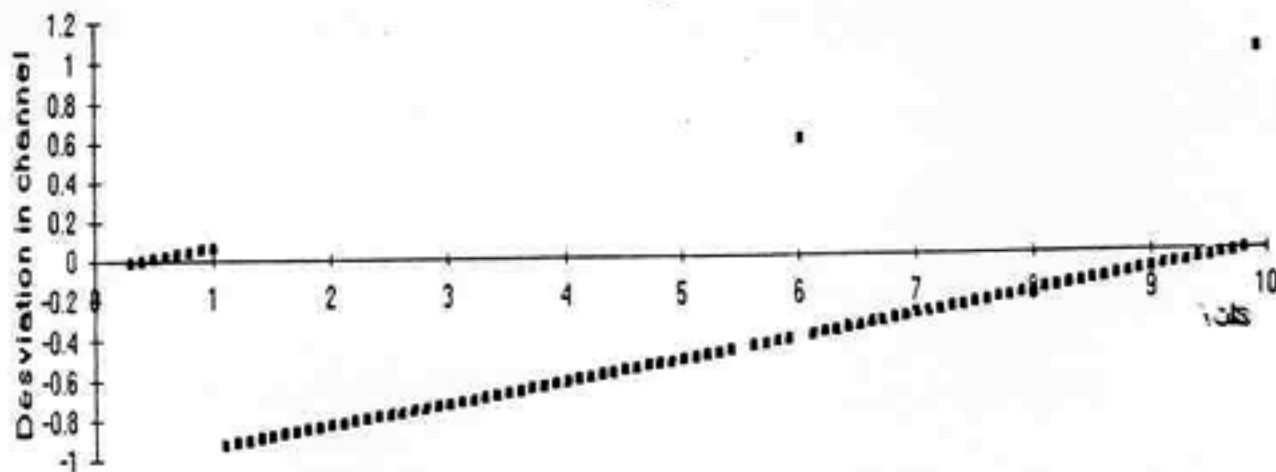


Figura 2b - Residual del ajuste lineal vs. amplitud a la salida del generador de pulsos. Card: Ortec; Amplificador: Ortec

Para la tarjeta NUCLEUS fueron seleccionadas las condiciones optimas para el amplificador Canberra 2025. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 2d y la tabla 1. La ganancia de los amplificadores se selecciono de forma tal que para una indicacion de 5000 mV y una atenuacion de 10, se obtuviera en el ADC el canal 2048 ( la mitad del rango dinamico ).

Con el aumento de la velocidad de conversion de los ADC modernos, el tiempo muerto que introduce el amplificador espectrometrico se hace mas importante y por tanto debe ser considerado de alguna forma a la hora de corregir el tiempo vivo. En el espectrometro en su conjunto logicamente, a mayores tasas de conteo sera mayor el error en la medicion, lo que determinara una perdida de conteos que en algunos casos puede ser considerable.

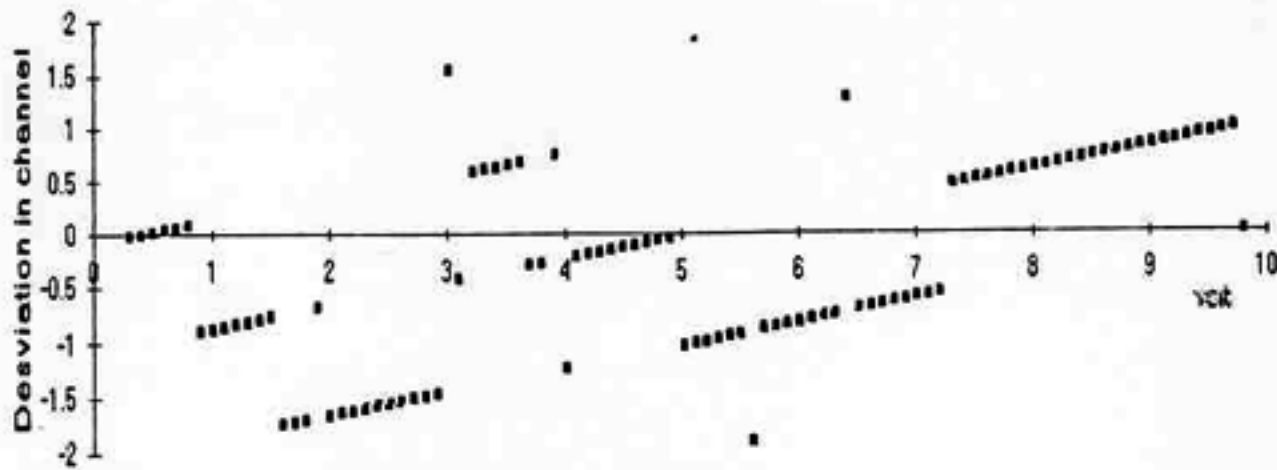


Figura 2c - Residual del ajuste lineal vs. amplitud a la salida del generador de pulsos. Card: Ortec; Amplificador: Camberra 2025

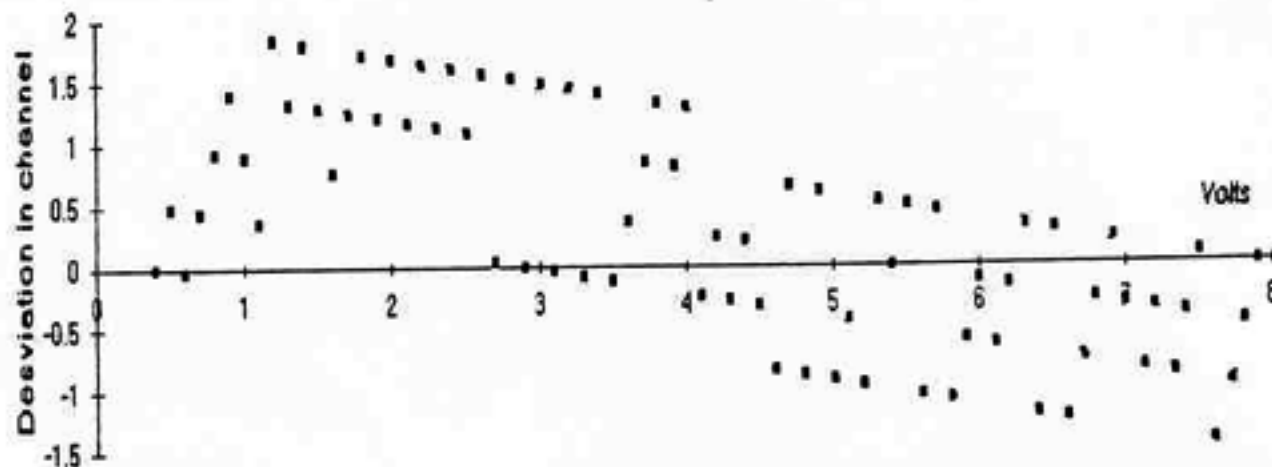


Figura 2d - Residual del ajuste lineal vs. amplitud a la salida del generador de pulsos. Card: Nucleos; Amplificador: Camberra 2025

Fue llevado a cabo un estudio comparativo utilizando la tarjeta ORTEC que no provee la corrección del tiempo vivo considerando el tiempo muerto del amplificador y la tarjeta NUCLEUS que si lo permite. Igualmente no todos los amplificadores espectrometricos proveen esta posibilidad. De los amplificadores utilizados tanto el Tennelec 244 asi como el Canberra 2025 si permiten esta corrección mediante una simple union entre las dos senales previstas para ello ( senal "busy" en el amplificador Canberra 2025 por ejemplo). Para este estudio comparativo fue utilizado precisamente el Canberra 2025. El esquema de conexión utilizado se muestra en la Fig. 3.

Para aumentar la tasa de conteo fue utilizada una fuente de Am-241, colocada segun el caso, a distintas distancias del detector. Fueron regulados los umbrales de los dos CAD, de forma tal que para mediciones de fondo se obtuvieran conteos en ambos casos que no sobrepasaban el 1% de diferencia. Fueron tomados espectros con y sin corrección con la tarjeta NUCLEUS ( con la union DT/BSY-BUSY presente y ausente ) y paralelamente para la tarjeta ORTEC ( sin corrección).

Los resultados obtenidos se presentan en dos tablas. La primera ( tabla 2 ) recoge los resultados relacionados con la perdida integral de conteos. Por su parte la tabla 3 recoge los relacionados con la perdida de conteos en el pico de 1.33 MeV del Co-60. Los conteos se presentan normalizados a los valores obtenidos con la tarjeta NUCLEUS con corrección.

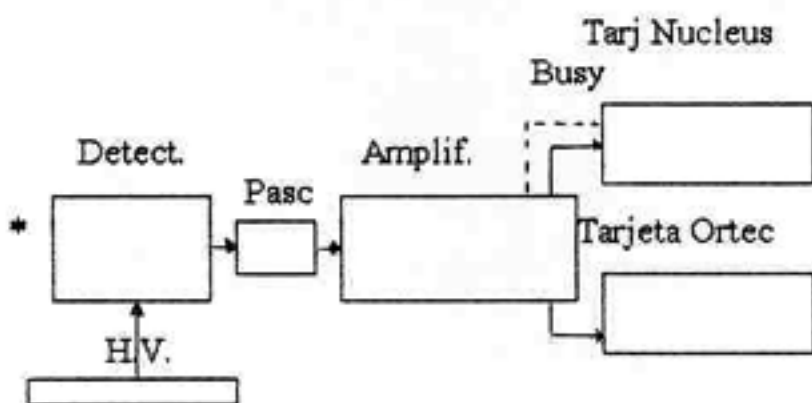


Figura 3- Esquema de Conexión Utilizado Para El Estudio De La Corrección Del Tiempo Vivo

## CONCLUSIONES

### Linealidad Integral.

- Se observan valores bajos de la no-linealidad integral para todos amplificadores espectrometricos en conjunto con la tarjeta ORTEC;
- Con la tarjeta NUCLEUS y el amplificador Canberra 2025 se obtiene igualmente un valor bajo de la no-linealidad comparable con la obtenida en el caso anterior.

### Corrección Del Tiempo Vivo.

- Para bajas tasas de conteo ( 0.2 kcps ) no se hace necesario tomar en cuenta el amplificador espectrométrico para la corrección del tiempo vivo;

- A partir de una tasa de conteo de 5 kcps se observa la necesidad de esta corrección para la tarjeta que lo provee ( NUCLEUS);

- Para tasas de conteo alta ( 45 kcps ) cualquier tarjeta necesita tener en cuenta el tiempo muerto del amplificador para corregir el tiempo vivo;

- Es importante señalar que la tarjeta que provee la corrección tiene una mayor pérdida de conteo si se opera sin ella, en comparación con la tarjeta que no la provee;

- Se observa una pérdida mas significativa en el número de conteos para el pico del Co-60, en comparación con el número de conteos totales.

TABLA 2- Conteos integrales (normalizados) para las tarjetas Nucleus (con y sin corrección) y para la tarjeta Ortec ( sin corrección). Amplificador Canberra 2025 en régimen de AFT "on".

Count Rate x 1000 cps	Nucleus (con Corr.)	Nucleus (sin Corr.)	Ortec (sin Corr.)
0.2	1.00	0.98	1.00
5	1.00	0.90	1.00
17	1.00	0.68	0.95
45	1.00	0.31	0.77

TABLA 3- Conteos en el pico de 1.33 MeV del Co-60 normalizados. Amplificador: Canberra 2025 en régimen de AFT "on".

Count Rate x1000 cps	Nucleus (con corr.)	Nucleus (sin corr.)	Ortec (sin corr.)
0.2	1.00	1.00	1.00
5	1.00	0.92	0.98
17	1.00	0.69	0.82
45	1.00	0.31	0.57

### Recomendaciones

Es imprescindible la utilización de una MCA-tarjeta que provea la corrección del tiempo muerto del amplificador si se opera a tasas de conteo mayores de 17 kcps.

### REFERENCIAS

[1]-Knoll,G.F., **Radiation Detection and Measurement**, John Wiley & Sons, 1989.

[2]-Fernandez,A.,Moraes,M.A.P.,Garza,H.,Bordas,M  
**Workshop on Selection and Optimization of Analytical Nuclear Equipment-Arcal II-Gamma**

**ray spectrometry group final relatory**, Paraguay,Assuncao, 1993.

[3]-Moraes,M.A.P.V., **Cnen/Copesp relatory number R40000984003**, 1993.

[4]-Moraes,M.A.P.V. ,Pugliesi,R.**Selection and Optimization of spectrometric Amplifiers for gamma spectrometry:Part I -Resolution of System**, submitted to VI CGEN Conference (General Conference on Nuclear Energy) to be held in Rio de Janeiro ,October 27-31, 1996.

### ABSTRACT

The objective of the present work was to establish simple criteria to choose the best combination of electronic modules to achieve an adequate high resolution gamma spectrometer. Linearity, live time correction factors and softwares of a gamma spectrometric system composed by a Hp Ge detector have been studied by using several kinds of spectrometric amplifiers: Canberra 2021, Canberra 2025, Ortec 673 and Tenelec 244 and the MCA cards Ortec and Nucleus. The results showed low values of integral non-linearity for all spectrometric amplifiers connected to the Ortec and Nucleus boards. The MCA card should be able to correct amplifier dead time for 17 kcps count rates.