

Instituto de Estudios Nucleares y Radiaciones Ionizantes

Licenciatura en Tecnología Nuclear

1.7.2 - Detección de las Radiaciones e Instrumentación Nuclear

TRABAJO PRÁCTICO Nº3 **Detectores nucleares**



1	Introducción	3
2	Experimento 1 - Determinación del voltaje de operación de un tubo G-M	3
2.1	Objetivos	3
2.2	Configuración del experimento.....	3
2.3	Procedimiento de medición	3
2.4	Actividades	3
3	Experimento 2 - Determinación del voltaje de operación de un contador proporcional BF ₃	4
3.1	Objetivos	4
3.2	Configuración del experimento.....	4
3.3	Procedimiento de medición	4
3.4	Actividades	4
4	Bibliografía	5

1 Introducción

La caracterización de los detectores nucleares es una práctica que se realiza rutinariamente en las instalaciones relevantes. Este tipo de prácticas permite mantener el equipamiento en condiciones apropiadas garantizando la operación segura y confiable de las instalaciones.

2 Experimento 1 - Determinación del voltaje de operación de un tubo G-M

2.1 Objetivos

El objetivo de este apartado es determinar las características de un tubo Geiger-Müller en el laboratorio utilizando una fuente de Cesio-137 como referencia. El detector deberá mostrar el efecto del Plateau en donde las cuentas permanecen casi constantes mientras el alto voltaje se incrementa linealmente.

2.2 Configuración del experimento

Se coloca una fuente radiactiva en la cadena de medición compuesta por un detector tipo GM, una fuente de alta tensión y un contador como se indica en la figura siguiente:

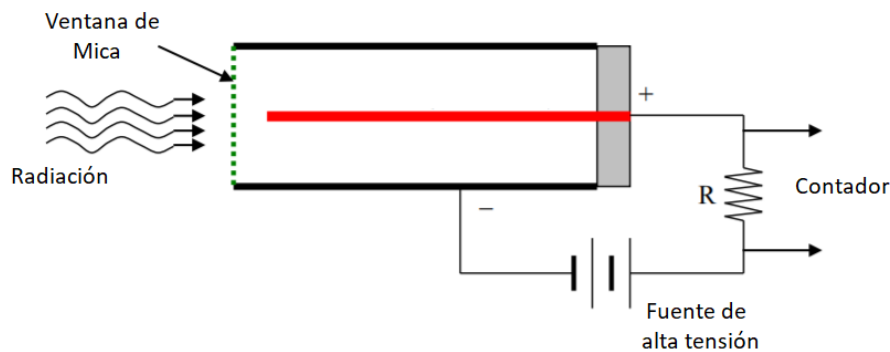


Figura 2.1 – Esquema del sistema de contaje

2.3 Procedimiento de medición

1. Se sitúa la fuente radiactiva en una posición fija cerca de la ventana del tubo contador.
2. Se aplica, a través de la fuente de alta tensión, un voltaje inicial de 1100 V.
3. Se configura el tiempo de contaje en 12 segundos.
4. Se realizan 5 mediciones y se registran los datos en la planilla de seguimiento.
5. Se incrementa el voltaje de la fuente en 25 V y se repite el ítem 4.
6. Se repiten los ítems 4 y 5 hasta donde resulte razonable.

2.4 Actividades

1. Crear una gráfica X-Y con los valores obtenidos (siendo el eje X el voltaje y el eje Y las cuentas). La gráfica debería ser similar a la que se indica en la figura 2.3.
2. Determinar los voltajes característicos del detector en cuestión.
3. Justificar la elección del voltaje de operación.
4. Determinar la pendiente de la región de Plateau. Considerando que para un buen tubo GM la región del plateau debería crecer a una tasa inferior al 15 % cada 100V, y que un tubo de muy buena calidad puede alcanzar una pendiente tan baja como 3% cada 100V, indicar si el tubo ensayado presenta una calidad aceptable.

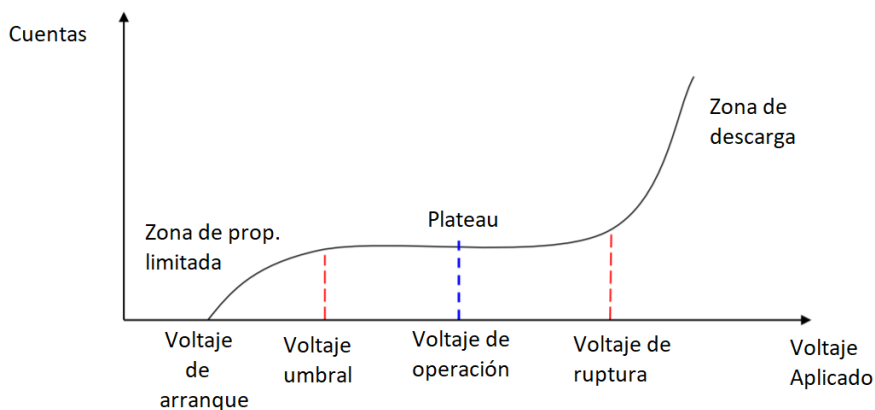


Figura 2.3 – Gráfica a obtener

3 Experimento 2 - Determinación del voltaje de operación de un contador proporcional BF_3

3.1 Objetivos

El objetivo de este apartado es determinar la curva de plateau de 3 contadores proporcionales a través de la medición directa de una fuente de neutrones (Am/Be 500mCi), determinando el que se considera más apropiado para utilizar. Todos los detectores son evaluados bajo las mismas condiciones (instrumental, distancia a la fuente, etc.).

3.2 Configuración del experimento

Se coloca una fuente radiactiva en la cadena de medición compuesta por un detector tipo CP, una fuente de alta tensión y la electrónica asociada a la discriminación y conteo de los pulsos.

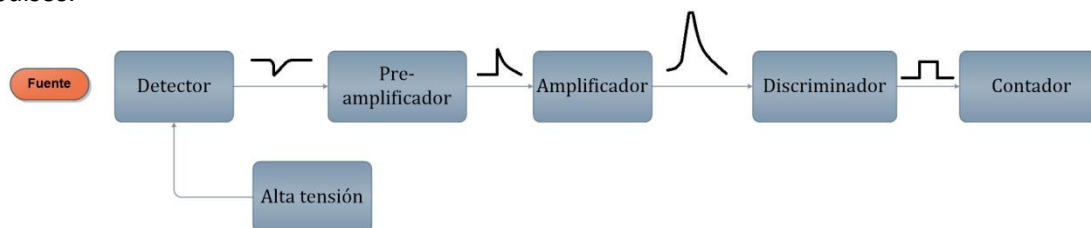


Figura 3.1 – Esquema del sistema de conteo

3.3 Procedimiento de medición

1. Aplicar, a través de la fuente de alta tensión, un voltaje inicial de 1750 V.
2. Configurar el tiempo de conteo en 12 segundos.
3. Realizar 5 mediciones y registrar los datos en la planilla de seguimiento (solo se registra el valor promediado de las mediciones).
4. Incrementar el voltaje de la fuente en 50V y repetir el ítem 3.
5. Repetir los ítems 3 y 4 hasta donde resulte razonable.

3.4 Actividades

1. Crear una gráfica X-Y con los valores obtenidos (siendo el eje X el voltaje y el eje Y las cuentas). Identificar la región de plateau.
2. Determinar el voltaje operativo del detector.
3. Suponiendo que también se dispone del contador proporcional cuya característica se presenta en la tabla 3.1, seleccione cuál de los dos detectores utilizaría en el laboratorio. Justifique la respuesta.

Serie CP 1563	
ALTA TENSIÓN	CPS
1500	61.2
1600	106.4
1650	260.4
1700	670.6
1710	720.4
1720	765.3
1730	831.26
1740	891.47
1750	944.28
1760	982.4
1770	995.14
1780	1031.65
1790	1093
1800	1097.4
1810	1212
1820	1358.8
1830	1434.6
1840	1805.2
1850	2277.6
1860	2595.6

Tabla 3.1 – Datos obtenidos para el contador proporcional Serie CP 1563

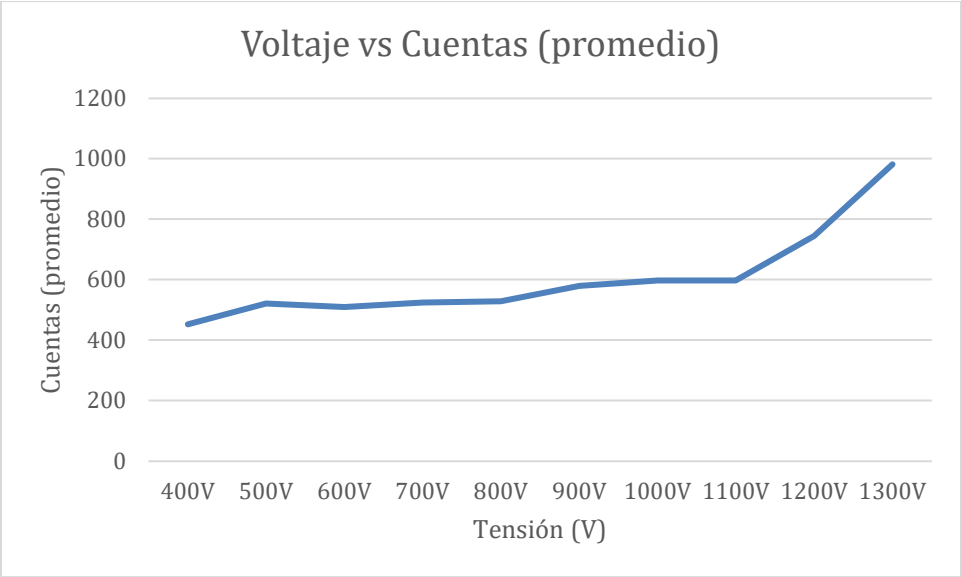
4 Bibliografía

- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance*. Florida: CRC Press LLC.
- Milicic, B. (1986). *EXPERIENCIAS UTILIZANDO EL REACTOR DE DOCENCIA SUR-100*. Rosario.
- Ortega Aramburu, X., & Jorba Bisbal, J. (1996). *Radiaciones ionizantes - Utilización y riesgos I*. Barcelona: UPC.
- Universidad Nacional de Rosario. (1986). *REACTOR NUCLEAR PARA ENSEÑANZA SUR-100 – DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO*. Rosario: UNR.
- Universidad Nacional de Rosario. (2002). *MANUAL DE MANTENIMIENTO – Reactor Nuclear RA-4*. Rosario: UNR.

Análisis del Tubo Geiger-Müller

Análisis de las mediciones obtenidas para determinar el voltaje de operación de un tubo Geiger-Müller. Se incluyen la gráfica Voltaje vs Cuentas, identificación de voltajes característicos, cálculo de la pendiente del plateau, conclusión sobre la calidad del tubo.

Gráfica Voltaje vs Cuentas



Datos Procesados

Tensión (V)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
Medición 1	0	0	0	441	515	492	469	538	568	595	597	706	999
Medición 2	0	0	0	447	519	516	558	504	573	561	586	739	959
Medición 3	0	0	0	470	530	520	547	543	595	634	608	787	987
Promedio	0	0	0	452,6667	521,3333	509,3333	524,6667	528,3333	578,6667	596,6667	597	744	981,6667

Voltajes Característicos

- Entre **100–300 V** se supone solo fondo → prácticamente sin respuesta.
- A partir de **≈400 V** las cuentas aumentan claramente → **tensión de arranque** Vumbral~400V.
- Entre **500 y 1100 V** las cuentas cambian poco y casi linealmente → **región de plateau**.
- A partir de **≈1200 V** las cuentas crecen rápido (744 y 982) → comienzo de la **región de sobredescarga / fin del plateau**.

Resumiendo:

- **Inicio del plateau:** VP, ini \approx 500 V
- **Fin del plateau:** VP, fin \approx 1100 V
- **Tensión de arranque del tubo:** Varr \approx 400 V

Elección del voltaje de operación

Se elige un valor **bien dentro del plateau**, lejos de los extremos:

- Lo suficientemente por encima del inicio, para que pequeñas variaciones hacia abajo no saquen al tubo del plateau.
- Lo suficientemente por debajo del fin, para no entrar en la zona de descarga continua.

Su plateau va de \sim 500 a \sim 1100 V \rightarrow el centro está alrededor de **800 V–900 V**.

Un valor razonable de operación sería, por ejemplo:

$$\mathbf{V_{op} \approx 900 \text{ V}}$$

porque:

- Está en el medio del plateau.
- La tasa de cuentas varía poco con la tensión en esa zona.
- Deja margen de seguridad frente a posibles variaciones de la fuente de alta tensión.

Cálculos

Cuentas en 500 V: 521

Cuentas en 1100 V: 597

Pendiente del plateau:

$$P = 100 \cdot \left(\frac{597 - 521}{1100 - 500} \right) \cdot \left(\frac{100}{\frac{597 + 521}{2}} \right) = 2,25\% / 100V$$

Calidad del tubo

- Requisito de “buen tubo GM”: **< 15 % cada 100 V**
- “Muy buen tubo GM”: **≈ 3 % cada 100 V**

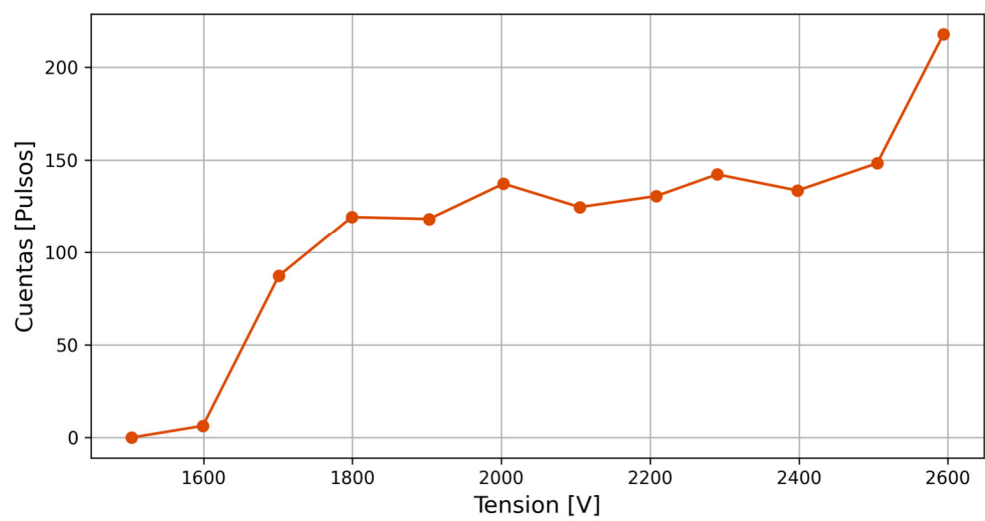
El tubo medido tiene $\approx 2,25$ % / 100 V, es decir:

Cumple sobradamente el criterio de aceptable y, de hecho, entra en la categoría de “muy buena calidad” (pendiente del orden del 3 % por 100 V o incluso algo menor).

Análisis del Detector Proporcional BF₃

Análisis de las mediciones obtenidas para determinar el voltaje de operación de un detector proporcional BF₃. Se incluye la gráfica Voltaje vs Cuentas, identificación de la región de plateau, cálculo de la pendiente y comparación entre detectores.

Gráfica Voltaje vs Cuentas



Datos Procesados

Tensión [V]	Cuentas
1500	0
1599	6,33333
1701	87,33333
1799	119,3333
1903	118,3333
2003	137,3333
2105,25	124,75
2208	130,6667
2290	142,3333
2398	133,6667
2505	148,3333
2594	217,6667

Región de Plateau

Observando la tabla, las cuentas entre ≈ 1900 V y ≈ 2500 V se mantienen alrededor de ~ 130 cuentas, con variaciones del orden de un 10-15 % y una pendiente pequeña (≈ 3 y 4 % por cada 100 V).

En cambio:

- Por debajo de ~ 1800 V las cuentas crecen rápido (región de crecimiento o límite de proporcionalidad).
- Por encima de ~ 2550 V las cuentas suben bruscamente (2594 V \rightarrow 217,7), señal de que se está saliendo del plateau y acercando a la zona de descarga continua.

Inicio del Plateau: 1900 V

Fin del Plateau: 2500 V

Para operar un detector de este tipo se elige un valor en el centro del plateau, lejos de los bordes donde la pendiente aumenta.

El centro de 1900–2500 V está alrededor de 2200 V.

Además, el punto medido a 2208 V con ~ 131 cuentas, es bien representativo de la zona plana.

Voltaje operativo recomendado: ≈ 2200 V.

Cálculos:

Cuentas en 1900 V: 118 cps

Cuentas en 2500 V: 148 cps

Pendiente:

$$P = 100 \cdot \left(\frac{148 - 118}{2500 - 1900} \right) \cdot \left(\frac{100}{\frac{148 + 118}{2}} \right) = 3,75\% / 100V$$

“Para considerarse en buenas condiciones, un detector debería presentar una pendiente menor a $15\% / 100V$ ”

Comparando:

- Detector Proporcional BF₃:
 - Tiene un plateau amplio y casi horizontal (1900–2500 V).
 - Pequeñas variaciones de alta tensión producen cambios pequeños en el conteo.
 - Ideal para medir tasa de conteo y hacer prácticas básicas.
- Contador proporcional Serie CP 1563 (tabla 3.1):
 - La tasa de cuentas crece fuertemente con la tensión: de 61 cps a 2596 cps entre 1500 y 1860 V.
 - La pendiente es alta: una variación de pocas decenas de volt en HV puede cambiar el conteo en decenas de por ciento.
 - No presenta una región de plateau; requiere fuente de alta tensión muy estable y electrónica más cuidadosa.
 - A cambio, permite información de energía y discriminación de radiaciones.

Si el objetivo en el laboratorio es medir actividad / tasas de conteo de manera estable y reproducible, sin hacer espectrometría detallada:

Elegiría el Detector Proporcional BF₃, porque:

- Tiene una región de operación amplia y poco sensible a variaciones de tensión.
- Es más simple de ajustar y más tolerante a inestabilidades de la fuente.
- Es el más adecuado para prácticas docentes de conteo y curvas de respuesta.

Solo elegiría el contador proporcional si el objetivo específico fuera estudiar la dependencia de la ganancia con la tensión o hacer espectrometría y se dispusiera de una fuente de HV muy bien regulada y electrónica adecuada.