

Experimentos de Física Nuclear

D. Peluso y F. Yulita

Segundo Cuatrimestre, 2019

En el siguiente enlace se pueden encontrar los apuntes completos de todas las experiencias de este grupo de laboratorio, los informes y los programas que se mencionen:

<https://elrepositoriodefede.wordpress.com/materias/laboratorio-v/>

Nota general del experimento (06/09/2019) Consideramos que el experimento fue exitoso ya que logramos medir lo que la guía proponía y llegamos a conclusiones decentes para el informe. Recomendamos leer el cuaderno completo antes de empezar a “seguirlo” ya que como lo escribimos a medida que íbamos haciendo el experimento hubo cosas que se fueron cambiando y corrigiendo sobre la marcha. Recomendamos también leer el cuaderno desde la página web ya que desde ahí pueden hacerle zoom a las fotos si es necesario y está a color. Además, descarguen los programas que subimos ya que están bien detallados y fueron fundamentales para el experimento. Éxitos :).

20/08/2019 Se usó el montaje experimental de la **Figura 1**. En la **Figura 2** está el centellador de ioduro de sodio (NaI) dopado con talio (Tl) con el fotomultiplicador (etiqueta MRD 359) y el blindaje de plomo para la muestra radioactiva. En la **Figura 3** están las fuentes de alta tensión, el amplificador y el *Reference Pulser* que sirve para generar pulsos y estudiar el comportamiento del amplificador y el analizador. Se utilizará un programa de *MATLAB* y una placa de adquisición *National Instruments USB-6212* como analizador multicanal. El centellador y fotomultiplicador van a recibir la radiación y convertirla en picos de señal cuya amplitud es proporcional a la energía del fotón de radiación. El amplificador va a amplificar la señal y modificar su forma a una más “manejable”. El analizador multicanal va a formar el espectro.

Primero se conectó el *Reference Pulser* (modelo 1407) y el amplificador (modelo 2022) a un osciloscopio *Tektronix TDS 1002B* para ver cómo el amplificador cambiaba la forma de la señal del Reference Pulser. Se vió qué perillas mover para cambiar la forma de la señal: el *shaping* cambia el ancho de la señal y el *gain* la amplitud. Luego se conectó el centellador y fotomultiplicador a la fuente de tensión (modelo 3102D) a 1.16 kV y al osciloscopio para ver la señal recibida. Se vió un pico negativo de aproximadamente 1.5 V que se atribuyó, como dice en otras experiencias, a una respuesta interna del dispositivo. Se vieron también pequeños pulsos negativos del orden del mV que se atribuyeron al ruido. Luego se introdujo una muestra de ^{137}Cs y se ajustaron las características del amplificador para poder ver bien los pulsos. Se usó:

- *Coarse Gain*: 100.
- *Fine Gain*: 0.93.
- *Shaping*: 8.

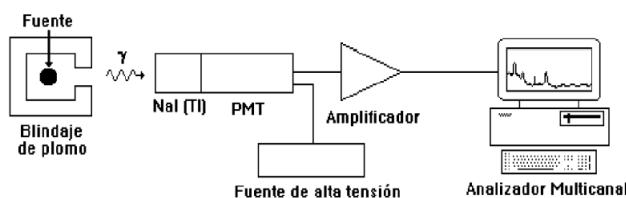


Figura 1: Montaje Experimental.



Figura 2: Centellador y fotomultiplicador con el blindaje de plomo.



Figura 3: Amplificador, fuentes de tensión y *Reference Pulser*.

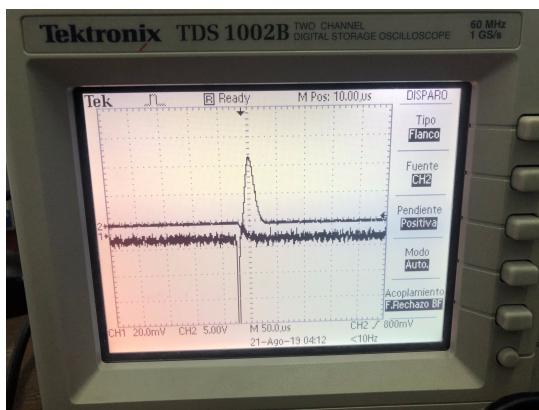


Figura 4: Señal recibida de una muestra de ^{137}Cs sin el amplificador. El canal 2 está conectado al amplificador en unipolar y el canal 1 al centellador y al amplificador.

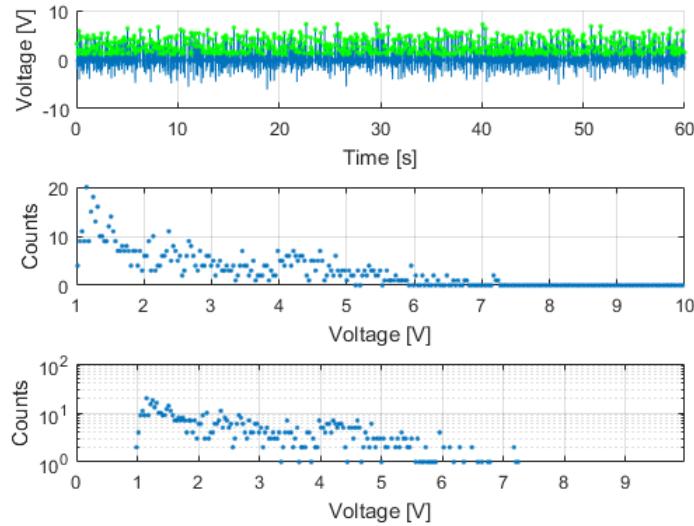


Figura 5: Primera medición hecha con la muestra de cesio.

- *Polarity*: +.
- *Output*: Unipolar.

En la **Figura 4** se encuentra la señal recibida con la muestra de cesio.

Ya que la placa de adquisición usada puede recibir hasta 10 V se cambió el *Coarse Gain* del amplificador a 30. Al conectar el fotomultiplicador al amplificador y al osciloscopio al mismo tiempo para poder ver las señales en ambos lados la señal desaparecía. Se halló que esto se debía a la conexión de los pines en la placa, invertimos los pines y el problema se solucionó. Esto es porque la tierra está en uno de los pines para la computadora y el osciloscopio tiene su propia tierra entonces al conectar al revés se estaba cortocircuitando. En el programa de *MATLAB* proporcionado (ver links en la página web) se cambiaron los valores de *Dev#* y *ai#* a los correctos para el puerto USB donde estaba conectada la placa y los pines de la placa donde estaba conectado el fotomultiplicador. Se usó un umbral de 1 V y se tomaron datos con una frecuencia de muestreo de 100 kHz por 60 segundos (al correrlo por más tiempo *MATLAB* se trababa). Se hallaron los gráficos en la **Figura 5**.

Usando el *Reference Pulse* conectado al amplificador se usó la placa de adquisición para hallar el espectro del pulso enviado. Se usó el *Reference Pulser* con las características:

- *Pulse Height*: 0.28.
- *POS*.
- *Normalize*: 8.7.
- 90 Hz.
- *Risetime*: MIN.
- *Falltime*: 50 μ s.
- *Attenuation*: Todas las perillas para abajo.

En el osciloscopio el pulso era de (8.72 ± 0.08) V_{pp}. Se hallaron los gráficos de la **Figura 6** midiendo por 1 segundo con la placa de adquisición. Se confirmó que el *count total* era de 90, lo cual es correcto ya que la señal que se usó estaba a 90 Hz.

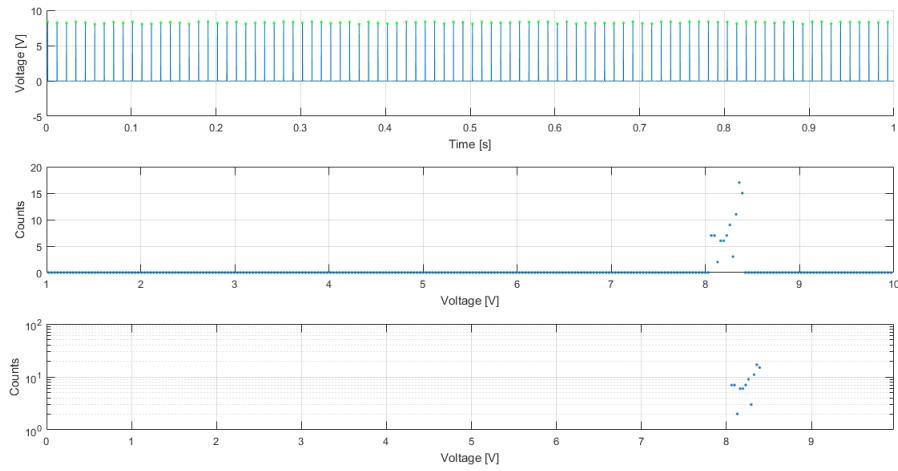


Figura 6: Medición hecha con el *Reference Pulser*.



Figura 7: Centellador usado el segundo día.

27/08/2019 Se conectó el *Reference Pulser* al amplificador y de ahí al osciloscopio y a la placa de adquisición con las mismas configuraciones que las de hace una semana. El osciloscopio medía una frecuencia de (89.15 ± 0.10) Hz y voltaje (8.5 ± 0.5) V_{pp}. Se obtuvo lo mismo con la placa de adquisición. Con esto se confirmó que las mediciones son repetibles.

Se introdujo la muestra de cesio en el blindaje. En el osciloscopio se configuró con una escala temporal de 100 μ s y escala de voltaje de 1 V. Se notó que los picos estaban por encima de los 3 V así que se tomó ese valor como el umbral en el código. Se midió por 10 s y se obtuvieron 83 picos. Esto nos pareció raro ya que como la actividad del cesio es de 3 kBq entonces al medir por 10 segundos se esperaban obtener algo del orden de 30000 picos (menos considerando que solo se mide en una pequeña región cónica de la emisión). Se cambió el umbral a 0.2 V y se fijó la tensión de salida a 1.3 kV. Se midió esta vez por 2 mins.

Se cambió de centellador ya que se notaron comportamientos extraños con el anterior. Se usó entonces el centellador de la **Figura 7** y se usó la fuente de tensión modelo 3002D, ya que la fuente anterior es de polaridad negativa y los centelladores requieren polaridad positiva (es probable que se halla roto el centellador anterior, no usar). Este nuevo centellador detecta la señal con mucha mayor amplitud que el anterior, en el osciloscopio medía del orden de 1 V. Por lo tanto al amplificador se le bajó el *Coarse Gain* a lo mínimo posible y el *Fine Gain* a 0.82. Se midió entonces la muestra de cesio “más activa” por 30 s con la fuente de tensión a 850 V y frecuencia de sampleo de 100 kHz y se halló el fotopico alrededor de 3.8 V. Luego con ambas muestras de ⁶⁰Co pero no se halló nada. Luego con la muestra de ²⁰⁷Bi y se hallaron dos fotopicos, uno a 3 V y otro alrededor de los 6 V. Luego con la muestra de ¹³³Ba y se halló el fotopico alrededor de 2V. Luego se midió el fondo y se halló un pico alrededor de

TABLA DE RADIOACTIVIDAD DEL LABORATORIO

FUENTE	ENERGIA (KeV)	PERIODICIDAD (años)	INTERVALOS DE TIEMPO	INTERVALOS DE ENERGIA (KeV)	
^{40}K	14.43	1.21	$T_{1/2}(\text{radio})$	32.10	1.46
^{232}Th	226.66	80.80	$T_{1/2}(\text{radio})$	36.40	1.26
^{238}U	138.47	10.88	$T_{1/2}(\text{radio})$	37.50	1.26
			$T_{1/2}(\text{radio})$	661.66	6.02
			$T_{1/2}(\text{radio})$	79.42	3.10
			$T_{1/2}(\text{radio})$	89.43	3.40
			$T_{1/2}(\text{radio})$	160.61	5.27
^{235}U	223.12	9.46	$T_{1/2}(\text{radio})$	223.00	5.27
^{231}Pa	276.40	7.00	$T_{1/2}(\text{radio})$	511.00	11.84
^{228}Ra	142.00	16.00	$T_{1/2}(\text{radio})$	1,274.50	18.84
^{226}Ra	358.91	62.00	$T_{1/2}(\text{radio})$	2,002	
			$T_{1/2}(\text{radio})$	388.38	
^{227}Ac			$T_{1/2}(\text{radio})$	207.81	10.84
^{228}Th	11.85	0.86	$T_{1/2}(\text{radio})$	32.70	14.00
^{228}Ra	13.85	0.86	$T_{1/2}(\text{radio})$	33.2	17.93
^{228}Ac	17.80	1.00	$T_{1/2}(\text{radio})$	74.97	36.00
^{228}Fr	20.80	1.00	$T_{1/2}(\text{radio})$	87.83	37.2
^{228}Rn	20.81	2.40	$T_{1/2}(\text{radio})$	87.83	37.2
^{228}Po	33.25	0.80	$T_{1/2}(\text{radio})$	98.86	30
^{228}Po	44.41	0.80	$T_{1/2}(\text{radio})$	1,060.63	74.86
^{228}Po	59.54	0.80	$T_{1/2}(\text{radio})$	1,770.22	6.80
^{228}Po	69.54	0.80	$T_{1/2}(\text{radio})$	40	
^{137}Cs	32.10	0.36	$T_{1/2}(\text{radio})$	321.78	28.49
^{137}Cs	36.40	0.20	$T_{1/2}(\text{radio})$	1,032.01	0.47
^{137}Cs	79.42	0.20	$T_{1/2}(\text{radio})$	205.94	0.44
^{137}Cs	89.43	0.20	$T_{1/2}(\text{radio})$	153.3	26.00
^{137}Cs	160.61	0.20	$T_{1/2}(\text{radio})$	344.28	1.21
^{137}Cs	223.00	0.20	$T_{1/2}(\text{radio})$	411.12	2.37
^{60}Co	1,173.24	169.86	$T_{1/2}(\text{radio})$	553.2	0.37
^{60}Co	1,332.81	100.80	$T_{1/2}(\text{radio})$	588.60	0.37
^{60}Co	1,770.22	6.80	$T_{1/2}(\text{radio})$	910.46	0.30
^{223}Ra	511.00	18.84	$T_{1/2}(\text{radio})$	841.98	0.10
^{223}Ra	1,274.50	18.84	$T_{1/2}(\text{radio})$	919.40	0.44
^{223}Ra	2,002		$T_{1/2}(\text{radio})$	1,093.91	0.24
^{223}Ra	388.38		$T_{1/2}(\text{radio})$	1,112.12	1.00
^{223}Ra	79.42		$T_{1/2}(\text{radio})$	1,274.50	18.84
^{223}Ra	89.43		$T_{1/2}(\text{radio})$	1,332.81	100.80
^{223}Ra	160.61		$T_{1/2}(\text{radio})$	1,770.22	6.80
^{223}Ra	223.00		$T_{1/2}(\text{radio})$	2,002	
^{223}Ra	321.78		$T_{1/2}(\text{radio})$	388.38	
^{223}Ra	511.00		$T_{1/2}(\text{radio})$	79.42	
^{223}Ra	1,093.91		$T_{1/2}(\text{radio})$	89.43	
^{223}Ra	1,112.12		$T_{1/2}(\text{radio})$	160.61	
^{223}Ra	1,274.50		$T_{1/2}(\text{radio})$	223.00	
^{223}Ra	1,332.81		$T_{1/2}(\text{radio})$	321.78	
^{223}Ra	1,770.22		$T_{1/2}(\text{radio})$	511.00	
^{223}Ra	2,002		$T_{1/2}(\text{radio})$	79.42	

Figura 8: Tabla de radioactividad del laboratorio.

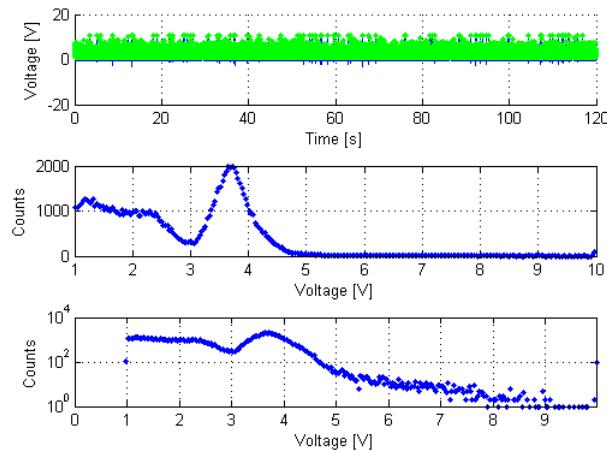


Figura 9: Espectro para la primera medición de la muestra de cesio.

0.5 V. Se cambió el umbral a 1 V para minimizar el ruido.

Ya que hay un fotopíco de cesio en el medio que los picos de bismuto entonces, usando la tabla del laboratorio (**Figura 8**), se deduce que el fotopíco de cesio es el de 661.66 KeV. El fotopíco no puede ser menor ya que si no se verían varios picos. Entonces, se midió la muestra de cesio por 2 mins y se halló la **Figura 9**. Se decidió usar el resto del tiempo para medir cuidadosamente la mayor cantidad de muestras posibles y hacer la calibración en casa. Para la primera medición de la muestra de ^{22}Na se midió por 10 mins y para la segunda por 5 mins. Se guardó la variable “data” para cada medición en un archivo .mat y se importaron los datos a un archivo de python para analizar (este archivo está en la dirección web).

28/08/2019 La primera medición de sodio es muy pesada para cargar en python y graficar y en la segunda medición sólo se detectó un pequeño pico cerca de 1.8 V. Por ahora no se van a usar esos datos. En la **Figura 10** se pueden ver los espectros de las muestras medidas ayer. Nótese que las mediciones son bastante consistentes entre sí - es decir - ambas mediciones de cada muestra son básicamente iguales. Faltaría ver la próxima clase si la posición del centellador y la muestra (en particular, la distancia entre ambos) afecta significativamente al espectro.

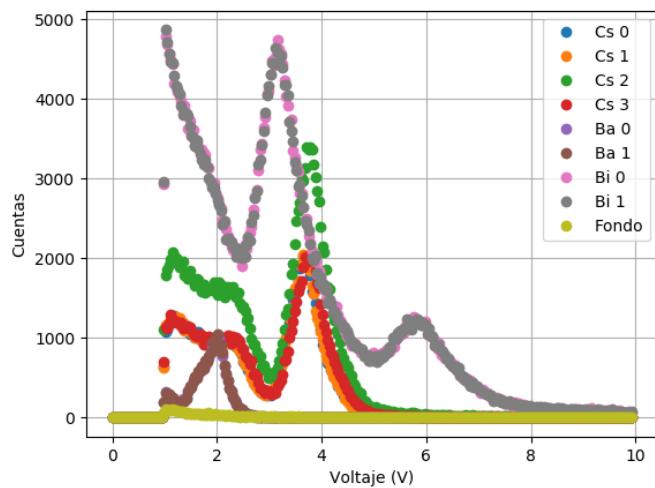


Figura 10: Espectros de las muestras medidas el segundo y tercer día.

01/09/2019 Se calibraron los datos. Se usaron las tablas de emisiones γ de acá:

<http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/perchart.htm>

Primero se usó que el fotopico de cesio es de 661.657 keV y el primer fotopico de bismuto es de 569.702 keV (que puede deducirse de ver los picos posibles para cesio y bismuto) para ajustar por una recta y confirmar que el segundo fotopico de bismuto es el de 1063.662 keV y el fotopico de bario es el de 356.017 keV (ya que se hallaron con el ajuste valores de 1054 keV y 355 keV respectivamente). Luego se usaron los cuatro fotopicos para mejorar el ajuste y se graficó de vuelta el espectro, ahora calibrado. Este gráfico puede verse en la **Figura 11**. Se empezó a escribir el informe.

03/09/2019 Se hicieron dos mediciones de la muestra de cesio con la misma configuración que la clase anterior y se graficaron junto al resto de los datos. Se halló que el espectro era igual al de las clases pasadas pero con distinta cantidad de cuentas, esto es porque la distancia entre la muestra y el centellador era distinta en estas últimas dos mediciones. Luego se midió sin muestra para tener una noción del ruido de fondo. Luego se midió la muestra de cesio por 10 mins y se modificó el código de python para que divida a los datos en 10 mediciones de 1 min. cada una para hacer estadística. Fue necesario guardar el array “pks” y “locs” del archivo de *MATLAB* ya que el array “data” era demasiado pesado como para usar. Al mismo tiempo que se hacía el código que manipule los datos se hicieron 10 mediciones de la muestra por 1 min. por si el código no funcionaba. Sin embargo, el código funcionó y para la separación en 10 intervalos se halló un promedio de 25268 cuentas y una varianza de 22382 cuentas. Entonces, se tomaron 10 mediciones para: 5 s., 15 s., 30 s., 45 s., 60 s. y 75 s.

04/09/2019 Se mejoró significativamente el código, haciéndolo más reutilizable y disminuyendo el tiempo de cómputo.

05/09/2019 Se hizo el código para hacer un test de Kosmogorov-Smirnov de los datos obtenidos con una distribución de Poisson con parámetro λ y con un error de tipo I de $\alpha = 0.01$. El parámetro λ fue obtenido de hacer un ajuste a los datos, así que el test se utilizó para corroborar la bondad del ajuste. Para la división de las mediciones en 10 intervalos se obtuvo el parámetro $\lambda = (25240 \pm 70)$ cuentas con un p-valor de $p = 0.89$. Con este p-valor no pudo rechazarse la hipótesis nula: que la distribución es de Poisson con parámetro λ . En la **Figura 12** se encuentra un gráfico de la distribución acumulada obtenida, la distribución acumulada de Poisson con $\lambda = \bar{X}_{10}$ y el ajuste.

06/09/2019 Se hizo el mismo test para 5, 20, 30, 60 y 120 intervalos. En el **Cuadro 1** se encuentran los valores hallados para cada test. En todos los casos $p > \alpha$ y por lo tanto no se pudo rechazar la hipótesis nula. En la **Figura 13** se encuentran los gráficos de las distribuciones para 30 y 120 intervalos.

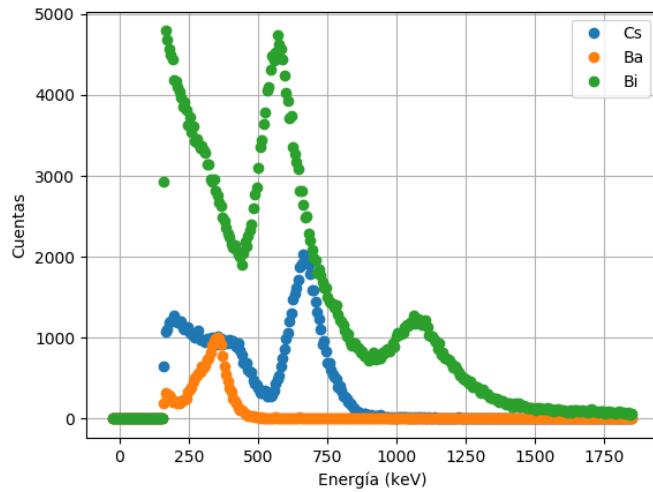


Figura 11: Espectros calibrados de las muestras usadas.

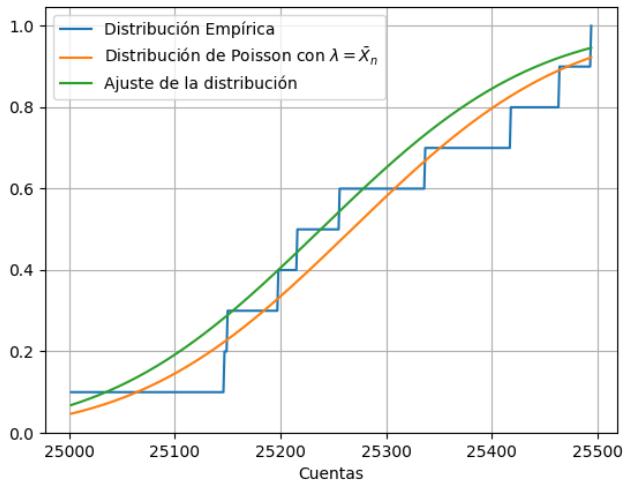


Figura 12: Distribuciones halladas para la división en 10 intervalos.

n	\bar{X}_n	σ_n^2	λ	p
5	50536	17589	(50478 \pm 1017)	0.70
10	25268	22382	(25240 \pm 70)	0.89
20	12634	12134	(12630 \pm 60)	0.39
30	8422	7338	(8421 \pm 5)	0.79
60	4211	3121	(4210 \pm 1)	0.96
120	2105	1840	(2103.7 \pm 0.1)	0.447

Cuadro 1: Valores estadísticos hallados para los intervalos de la medición de 10 mins.

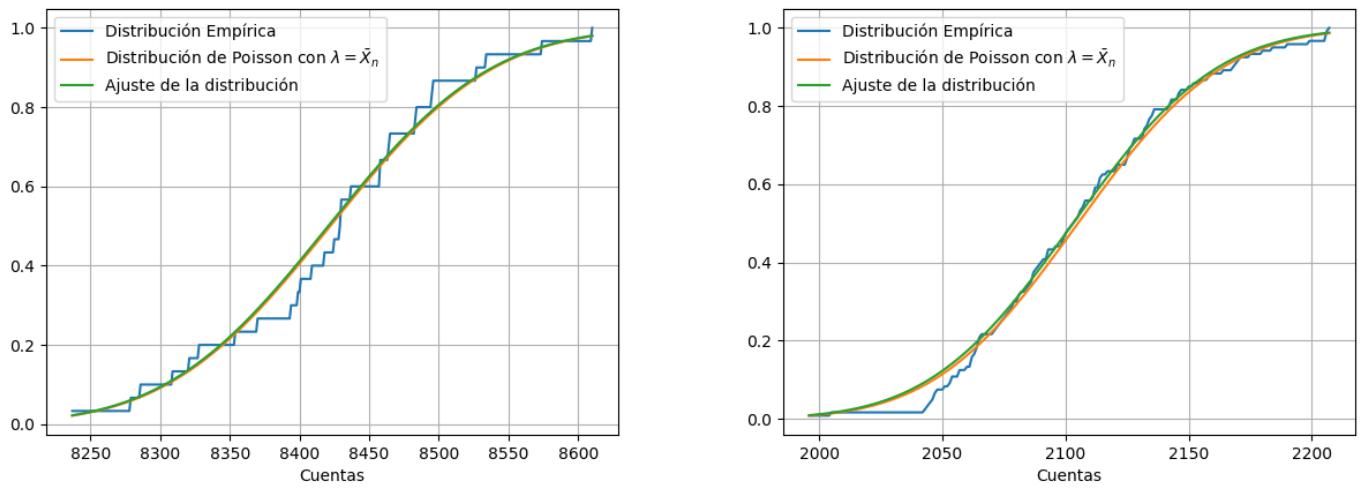


Figura 13: Distribuciones para los 30 intervalos (izquierda) y 120 intervalos (derecha).