

06.75.25

CNEA AC 2/75

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

CENTRAL NUCLEAR EN ATUCHA
Departamento de Seguridad y Radioprotección

CALIBRACION EN ENERGIA DE UN MULTICANAL

E. Diaz

Buenos Aires - Argentina

1975

INTRODUCCION:

La calibración en energía de un analizador multicanal consiste en establecer la constante de proporcionalidad m entre intervalo de energía y su correspondiente intervalo de canales.

En la figura 1, la línea 3 muestra una recta típica de calibración (Energía E vs. Canales C). La pendiente de esta recta constituye el mencionado valor m , siendo

$$m = \frac{E_2 - E_1}{C_2 - C_1}$$

La ecuación de una recta que pasa por el origen de coordenadas es de la forma

$$y = m x$$

en este caso $y = E$, $x = C$

De manera que a un canal C corresponderá una energía E de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E = mc = \frac{E_2 - E_1}{C_2 - C_1} \cdot C$$

Normalmente se elige un valor m [Kev/canal] compatible con el discernimiento deseado de energía y de manera que

$$C_n \cdot m = E_{\max}$$

siendo C_n el número de canales del analizador y $E_{\max}$ la energía hasta la cual resulta de interés efectuar el análisis.

Así por ejemplo, para un multicanal de $C_n = 1024$ canales y un valor $E_{\max} = 2 \text{ Mev} = 2000 \text{ Kev}$

$$m = E_{\max} = \frac{2000 \text{ Kev}}{1024 \text{ canal}} = 1,953 \frac{\text{Kev}}{\text{canal}}$$

Este valor puede redondearse a los efectos de simplificar los cálculos posteriores, por ejemplo $\frac{2 \text{ Kev}}{\text{canal}}$

El ajuste del valor m se efectúa, operando sobre la ganancia del amplificador y verificando con fuentes patrones puntos de la recta de pendiente m buscada.

Normalmente se utilizan en este rango de energía (2 Mev) los dos picos del cobalto - 60 (1173,23 Kev y 1332,5 Kev) y el pico

del cerio 144 (133,5 Kev). También puede utilizarse un punto más como verificación, la energía del cesio - 137 (661,6 Kev).

Proceso de calibración

Al utilizar los dos picos del Co - 60, se sabe que el intervalo de energía entre los dos picos de

$$\Delta E_{\text{Co } 60} = 159,27 \text{ Kev}$$

Como m [Kev/canal] ya se ha adoptado en base a E_{max}/C_n , es fácil calcular la cantidad de canales que debe separar a los dos picos:

$$\Delta C_{\text{Co } 60} = \Delta \frac{E_{\text{Co } 60}}{m}$$

En el caso del ejemplo:

$$\Delta C_{\text{Co } 60} = \frac{159 \text{ Kev}}{2 \text{ Kev/canal}} = 79,63 \text{ canales}$$

Lo más probable es que al efectuar un primer espectro los dos picos aparezcan distanciados en más o en menos respecto al valor de 79,63 canales (recta 1 y espectro a de la fig. 1)

Para llevar esta separación de los dos picos al valor correcto es necesario operar sobre la ganancia del amplificador hasta conseguir que los picos se encuentren a una distancia de 79,63 canales.

Una vez logrado esto, se verifica si el pico del Ce-144 cae en este caso en el canal $133,5 \text{ Kev} / 2 \text{ Kev/canal} = 66,75$ (recta 2 y espectro b de la fig. 1).

La diferencia de canales entre canal teórico del Ce-144 (66,75) y canal donde verdaderamente aparece, constituye el corrimiento de cero que debe eliminarse.

Actuando entonces sobre el cero del multicanal, se logra ubicar el pico del Ce-144 en el canal adecuado, obteniéndose una recta que pasa por los tres puntos (2 del Co-60 y 1 del Ce-144) y el origen (recta 3, espectro c de la figura 1).

Puede resultar necesario a veces verificar luego del corrimiento del cero, los picos del Co-60 y efectuar eventuales modificaciones con ganancia del amplificador.

En el apéndice se presentan dos casos reales con los protocolos de impresora, donde puede observarse el proceso de calibración para los siguientes casos:

- 1) Obtención de calibración 2 Kev/canal sin registrarse corrimiento del cero.
- 2) Obtención de calibración 2 Kev/canal y ajuste del cero.

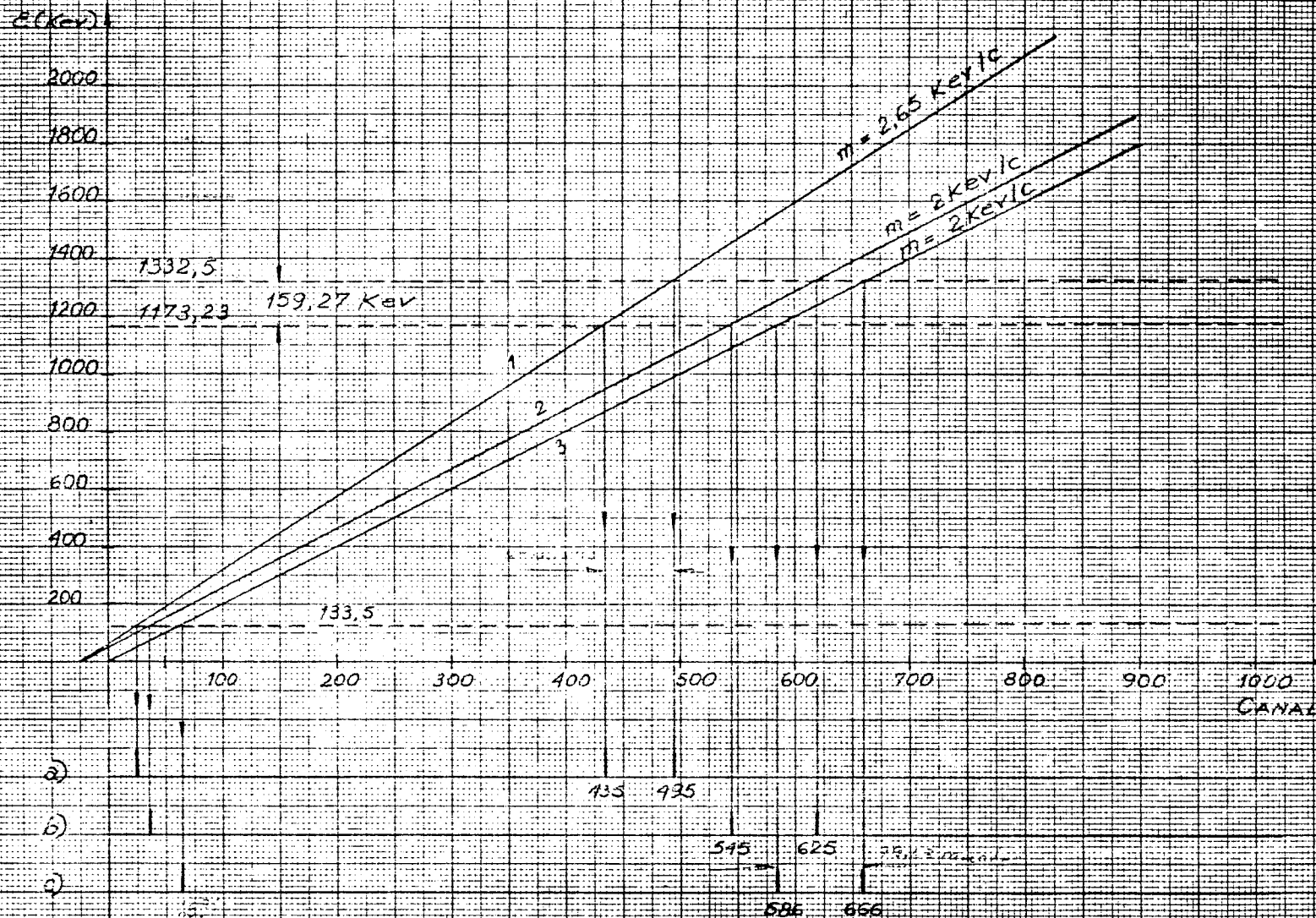


Figure 1

APENDICE

CASO 1

Fotopicos de Ce-144,Cs-137 y Co-60

Ganancia fina 020				Cero fino 376							
0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	1	1	0	2	5	
20	26	91	395	544	521	583	528	529	511	594	
30	586	670	577	483	493	520	478	508	527	524	
40	503	495	502	476	510	504	478	498	549	473	
50	552	742	<u>1814</u>	764	425	466	414	410	387	421	
60	389	409	404	411	415	423	387	424	391	449	
70	409	393	434	441	389	418	422	403	411	413	
80	396	432	414	411	434	444	443	441	411	416	
90	417	414	392	409	401	365	389	383	373	383	
100	408	381	343	364	362	372	375	297	367	326	
110	350	335	297	340	360	330	333	334	331	331	
120	322	345	312	295	344	345	332	313	325	300	
130	306	307	289	275	318	290	256	262	316	301	
140	286	312	289	286	287	304	278	274	272	313	
150	279	294	294	263	278	282	287	313	314	307	
160	301	334	265	299	290	312	319	292	309	294	
170	312	323	316	303	304	320	322	336	315	291	
180	303	343	342	316	293	293	296	228	254	245	
190	250	246	244	222	213	222	209	226	208	240	
200	202	201	172	195	212	221	200	199	218	200	
210	184	189	201	199	188	175	176	164	169	177	
220	173	159	185	178	166	180	162	166	166	164	
230	167	151	178	183	158	187	168	181	181	171	
240	178	163	185	168	174	174	176	181	176	196	
250	167	203	164	161	173	207	338	<u>1957</u>	1674	251	
260	149	161	140	161	150	157	157	158	158	159	
270	164	178	161	159	144	148	149	162	151	180	
280	150	158	165	149	175	130	163	157	134	147	
290	169	176	162	163	161	163	169	170	182	152	
300	149	152	171	159	174	140	154	174	191	156	
310	173	159	207	172	188	181	182	174	166	171	
320	169	159	165	162	181	170	182	182	201	180	
330	188	181	183	212	162	196	193	209	205	199	
340	195	207	206	200	183	194	197	209	207	214	
350	229	219	190	228	219	226	234	212	215	236	
360	244	217	233	239	247	226	277	257	263	251	
370	255	265	239	217	249	245	172	166	201	194	
380	160	182	183	167	169	178	172	181	172	159	
390	147	167	160	163	175	153	157	155	167	142	
400	194	166	139	150	170	163	153	144	143	152	
410	137	148	146	146	165	163	178	146	157	167	
420	168	181	160	126	148	170	170	156	155	154	
430	156	170	156	158	134	121	128	111	96	99	
440	84	83	100	90	84	70	69	76	68	74	
450	74	78	67	89	99	290	<u>1562</u>	1329	155	64	
460	54	46	40	45	54	46	57	36	35	36	
470	39	35	45	35	23	26	30	26	26	26	
480	19	19	18	28	32	19	20	18	20	17	
490	17	17	16	17	20	16	10	16	13	18	
500	15	17	21	13	5	12	18	17	14	18	
510	14	12	21	17	23	26	67	270	<u>1278</u>	1157	
520	117	8	7	5	1	3	4	4	5	4	
530	7	4	10	2	4	4	4	3	3	4	
540	3	5	3	3	1	4	6	0	4	4	
550	6	1	4	4	7	6	6	10	2	4	
560	1	3	2	3	3	2	2	5	4	2	
570	5	3	3	2	3	6	2	6	2	2	
580	5	3	3	2	3	3	6	2	0	3	
590	2	5	5	0	1	2	2	4	5	3	
600	2	2	5	5	0	1	3	4	3	7	
610	2	5	0	1	2	3	4	6	4	1	
620	1	2	2	1	4	1	4	1	1	1	
630	2	3	5	3	2	1	0	3	4	0	

640	1	2	2	2	2	2	2	4	3	1
650	2	2	1	3	1	3	2	0	1	1
660	0	1	0	1	1	3	4	1	2	2
670	2	2	1	1	2	2	3	2	3	0
680	3	3	5	2	2	7	2	1	1	2
690	3	4	2	0	3	2	1	2	2	4
700	2	0	1	2	3	0	1	2	1	2
710	2	0	0	3	2	1	3	2	3	1
720	4	1	1	1	2	1	2	2	0	3
730	3	1	2	1	1	2	0	1	0	3
740	1	2	1	3	2	2	4	2	3	2
750	2	2	0	0	0	1	1	2	1	1
760	1	1	2	1	0	1	1	1	0	2
770	2	3	1	4	1	3	3	0	0	2
780	3	2	2	4	0	0	0	1	0	1
790	2	1	1	2	0	2	2	3	1	1
800	2	1	0	2	2	1	1	2	0	1
810	0	2	0	1	2	0	0	1	3	1
820	0	0	1	1	1	2	2	2	0	0
830	1	1	2	1	1	2	2	1	0	0
840	0	2	0	2	2	1	0	1	1	1
850	2	0	0	0	1	0	3	0	3	1
860	2	0	0	0	2	0	1	2	0	0
870	3	1	1	1	0	0	0	1	0	0
880	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
890	2	1	0	0	2	0	1	1	0	2
900	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
910	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
920	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
930	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
940	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
950	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
970	0	0	0	1	1	4	3	0	0	0
980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1020	0	0	0	0						

Análisis de Isótopos de Ce-144, Cs-137, Co-60

Cero Pino: 376 Ganancia Pina :100

Ce-144 (133,5Kev)

48	330	346								
50	340	320	313	337	303	307	<u>910</u>	375	348	279
60	306	269	262	269	290	329	<u>275</u>	286	289	274
70	257	256	262	294	264					

Cs-137 (661,6Kev)

271	95	115	118	128	130	125	135	240	1105	
280	<u>1434</u>	258	103	108	117	97	108	86	90	100
290	82	105	104	106	97	93	88	93	88	

Co-60 (1173,23 Kev)

487	44	45	56							
490	63	52	52	78	165	698	<u>1234</u>	312	60	42
500	36	30	23	35	33	27	<u>23</u>	36	27	23
510	21	22	19	17						

Co-60 (1332,5Kev)

554	6	14	2	14	20	14				
560	35	64	33	<u>1019</u>	508	36	10	4	3	4
570	2	2	8	<u>1</u>	2	1	2	1	3	2

Diferencia de energía entre picos del Co-60: $1332,5 - 1173,23 = 159,27$ Kev

Si se desea lograr una combinación de canales de la misma distancia al distanciamiento entre picos de $159,27$ Kev / 16 Kev/c.a. = $9,95$ canales.

La diferencia observada en el espectro es de $101 - 99 = 2$ canales

Debe entonces aumentarse el nivel del amplificador hasta lograr el distanciamiento de canales.

Analisis de fotopicos de Ce-144,Cs-137,Co-60

Ce-144

		Cero fino: 376				Ganancia fina: 260				
289	313									
60	274	310	299	304	301	346	736	<u>1100</u>	449	293
70	290	254	300	275	290	242	265	<u>252</u>	248	265
80	269	245	254	270	261					

Cs-137

325	104	131	113	110	343					
330	<u>1315</u>	1266	251	101	103	98	90	96	104	64
340	99	91	86	99	94	90	88	110	77	98
350	95									

Co-60(1173,23 Kev)

580	62	43	61	79	128	525	<u>1224</u>	676	105	54
590	34	29	26	26	31	29	<u>21</u>	30	24	28
600	32	22	20	21	14	13	<u>13</u>			

Co-60(1332,5Kev)

657	10	12	9							
660	16	12	19	39	199	657	<u>926</u>	330	25	7
670	2	3	5	2	6	2	<u>2</u>	2	3	3
680	1	1	0	2						

Diferencia entre picos de Co-60: 80 canales-Se ha logrado la ganancia correcta.

Analisis del cero:

Analizando el canal donde cae un radionucleido de energia lo mas baja posible,cercano al cero(Ce-144, 133,5 Kev), se tiene que tendria que caer sobre la base de 2 Kev /canal en el canal $133,5/2 = 66,7$. Al comprobarse que cae en el canal 67 puede asegurarse que no existe corrimiento de cero-S

CASO 2

Relevamiento de los isotopicos de Ce-144, Cs 137 y Co-60-Se desea una ganancia de 2 Kev/canal y una recta de calibracion canales vs.energía que pase por el origen.

Ce-144(113,5 Kev)

117	664	694	733							
120	641	681	679	692	826	1020	<u>2350</u>	1502	706	596
130	637	619	563	584	559	554	<u>502</u>	559	572	592
140	618	593	579							

Cs-137(661,0Kev)

464	216	215	243	240	266	289				
470	322	561	1912	3075	<u>2525</u>	655	279	204	225	217
480	180	198	205	207	<u>204</u>	185	210	216	208	211
490	210	191								

Co-60(1173,23 Kev)

799	116									
800	106	120	103	115	107	117	173	284	776	2088
810	<u>2769</u>	1406	351	114	79	71	74	75	61	64
820	69	63	72	60	52					

Co-60(1332,5 Kev)

904	26	35	27	26	33	38				
910	62	126	242	886	1983	<u>1077</u>	864	171	34	20
920	10	7	7	7	6	5	7	2	5	

Distanciamiento entre picos de Co-60 915-810 = 105 canales

Se concluye que es demasiada ganancia(para 2 Kev/canal debe ser 10 canales)

Ubicacion del Ce-144: Canal 120

Se debe ajustar entonces previamente la ganancia, disminuyendo su valor:

Se lleva la ganancia fina a 300

Ce-144

97	243	251	228							
100	266	276	253	250	269	264	271	965	<u>242</u>	104
110	233	233	231	226	259	220	230	258	<u>219</u>	110
120	211	208	217	232						

Diferencia entre picos del Co-60 : 704-624 = 80 canales-

Ganancia correcta

Verificación del cero:

El Ce-144 cae en el canal 105 debiendo corresponderle el canal 67. Hay corrimiento del cero hacia la derecha. Debe disminuirse la indicación del cero fino-

Se lo lleva a 376

Ce-144

59	977									
60	984	1039	982	988	1005	1116	2429	<u>3585</u>	1436	913
70	884	881	809	889	914	870	850	<u>850</u>	888	801
80	808	813	841	839	794	868				

Cs-137

324	365	355	349	381	444	1083				
330	<u>4322</u>	4199	887	340	319	303	295	319	290	326
340	322	282	281	305	304	297	308	327	345	322
350	313									

Co-60

576	160	173	132	163						
580	130	155	212	210	432	1698	<u>3245</u>	2230	363	132
590	115	93	99	88	85	89	<u>103</u>	98	73	87
600	82	78	77							

Co-60

655	30	27	36	31	46					
660	46	58	68	139	549	2108	<u>3147</u>	1079	108	23
670	16	7	7	7	8	9	<u>7</u>	4	6	9
680	7	5								

El multicanal se encuentra calibrado en energía pues:

Ce-144

Canal 67 x 2 Rev/canal = 134 Rev

Cs-137

Canal 330 x 2 Rev/canal = 660 Rev

Co-60

Canal 500 x 2 Rev/canal = 1000 Rev

Canal 666 x 2 Kev/canal= 1332 kev