

Sm 142 72 m K β^+ 1,03 γ 0,75 α 2	Sm 145 340 d K 0,66 kein β^+ γ 0,66, 0,66, 0,66	Sm 146 5-10 ⁷ a α 2,55	Sm 147 14,97 1,2-10 ¹¹ a α 2,23 α 87	Sm 148 11,24	Sm 149 13,83 α 40800	Sm 150 7,44	Sm 151 ~ 93 a β^- 0,076 γ 0,32 α 12400	Sm 152 26,72 α 140	Sm 153 47 h β^- 0,70-0,64, 0,80 γ 0,10, 0,07, ...	Sm 154 22,7	
Pm 141 ~ 20 m β^+ ~ 2,6 γ ...	Pm 142 34 s β^+ 3,78, ... γ ...	Pm 143 265 d K γ 0,74	Pm 144 ~ 400 d K kein β^+ γ 0,62, 0,70, 0,48, ...	Pm 145 18 a K 0,14 γ 0,072, 0,067	Pm 146 710 d K β^- 0,78 γ 0,75-0,45	Pm 147 2,65 a β^- 0,23 γ ... α 2-60	Pm 148 42 d 5,3 d β^- 0,13 γ 0,55 α 0,33-0,71 β^- 0,55-0,31	Pm 149 53 h β^- 1,05, 0,78 γ 0,29	Pm 150 2,7 h β^- 2,3-3,16 γ 0,33, ...	Pm 151 28,4 h β^- 1,1 γ 0,34-0,17	Pm 152 6 m β^- 2,2 γ 0,12, 0,24, ~ 1
Nd 140 3,3 d K γ 0,11-0,5	Nd 141 64 s 2,5 h K β^- 0,78 γ 0,76 0,42, 1,14	Nd 142 27,11 α 18	Nd 143 12,17 α 240	Nd 144 23,85 2,4-10 ¹⁵ a α 1,83 α 50	Nd 145 8,30 α 60	Nd 146 17,22 α 1,8	Nd 147 11,1 d β^- 0,81, 0,37 γ 0,09, 0,53, ...	Nd 148 5,73 α 3,7	Nd 149 1,8 h β^- 1,1, 1,5, 0,95 γ 0,03-0,65	Nd 150 5,62 α 1,5	Nd 151 12 m β^- 2,06-1,19, 1,82, 1,65 γ 0,09-2,17
Pr 139 4,5 h K β^+ 1,0 γ 1,3, 1,6, ...	Pr 140 3,4 m K β^+ 2,37 γ 1,60, 0,90, ...	Pr 141 100 α 10,8	Pr 142 19,1 h β^- 2,15, 0,58 γ 1,57 α 18	Pr 143 13,7 d β^- 0,93 kein γ α 89	Pr 144 17,3 m β^- 2,98, 2,29 γ 0,69, ...	Pr 145 5,9 h β^- 1,80 γ 0,07-1,15	Pr 146 25 m β^- 3,7, 2,3 γ 0,46, 1,49, 0,75	Pr 147 12 m β^- 0,32-1,7	Pr 148 2 m β^- 0,30		
Ce 138 9,2 ms 0,250 Jy 0,30 0,80 1,04 α 0,007 0,6	Ce 139 60 s 140 d Jy 0,75 K 0,10 kein β^+ ~ 0,17	Ce 140 88,48 α 0,31	Ce 141 32,5 d β^- 0,44, 0,58 γ 0,15	Ce 142 11,07 α 0,94	Ce 143 33,4 h β^- 1,09, 1,38 0,50 γ 0,06, 0,29 0,67 β^- 6,0	Ce 144 284 d β^- 0,32, 0,19, 0,24 γ 0,13, 0,08	Ce 145 3,0 m β^- 2,0 γ ...	Ce 146 14 m β^- 0,70 γ 0,32, 0,22, 0,14, ...	Ce 147 1,2 m β^- ...	Ce 148 0,7 m β^- ...	
La 137 6-10 ⁴ a K kein γ	La 138 0,089 1,1-10 ¹¹ a K kein β^+ γ 1,43, 0,81	La 139 99,911 α 8,2	La 140 40,2 h β^- 1,38, 1,10, 0,83 γ 1,60, 0,49, 0,32, 0,82	La 141 3,9 h β^- 2,43, 0,91 γ 1,37	La 142 92 m β^- ~ 4,0 γ 0,63, 2,40, 0,90, 2,08, ...	La 143 14,0 m β^- 3,30 γ 0,63, 1,17, 0,80, 1,98, ...	La 144 kurz β^- ...	07.65.02			
Ba 136 7,81 α 0,016 + 2	Ba 137 2,6 m 11,32 Jy 0,66 α 5,1	Ba 138 71,66 α 0,5	Ba 139 85 m β^- 2,30, 2,14, 1,40 γ 0,17, 0,78, ... α 4	Ba 140 128 d β^- 1,01, 0,48, 0,6, 0,9 γ 0,54, 0,03, 0,44, 0,16, ...	Ba 141 18 m β^- 2,8 γ 0,19, 0,29, 0,46, ...	Ba 142 11 m β^- ~ 4 γ 0,26, 0,89, 1,20, ...	Ba 143 13 s β^- ...	Ba 144 kurz β^- ...			
Cs 135 2,0-10 ⁶ a β^- 0,21 kein γ α 8,7	Cs 136 13 d β^- 0,34, 0,66 γ 0,83, 1,07, 0,34	Cs 137 30 a β^- 0,51, 1,18 α ~ 2	Cs 138 32 m β^- 3,40 γ 1,43, 1,01, 0,46, 2,21, ...	Cs 139 9,5 m β^- 4,3 γ ...	Cs 140 66 s β^- ~ 0,59	Cs 141 kurz β^- ...	Cs 142 ~ 1 m β^- ...	Cs 143 kurz β^- ...	Cs 144 kurz β^- ...		
Xe 134 10,44 α ~ 0,2	Xe 135 15,7 m 9,2 h Jy 0,53 0,91 0,25 0,27-10 ⁵	Xe 136 8,87 α 0,15	Xe 137 3,9 m β^- 3,5 γ 0,27, 0,45	Xe 138 17 m β^- 2,4 γ 0,42, 0,51, 1,78, 2,0	Xe 139 41 s β^- ~ 0,90-0,52	Xe 140 16 s β^- ...	Xe 141 1,7 s β^- ...	Xe 142 ~ 1,5 s β^- ...	Xe 143 1 s β^- ...	Xe 144 ~ 1 s β^- ...	
J 133 21 h β^- 1,23, 0,59 γ 0,53-0,87	J 134 53 m β^- 2,41, 1,25, 1,49 γ 0,85, 0,89, 0,61, 1,07	J 135 6,7 h β^- 1,0, 0,47, 1,4 γ 1,14, 1,28, 1,72, ...	J 136 83 s β^- 4,2, 7,0, 5,6, 2,7 γ 1,32, 0,40, 0,27, ...	J 137 24 s β^- n	J 138 6 s β^- n	J 139 2,7 s β^- n			5,9	5,9	5,6
Te 132 78 h β^- 0,22 γ 0,05, 0,23 e- γ 0,33	Te 133 50 m ~ 2 m β^- 1,3, 2,4 γ 0,75 0,91 0,43 0,17	Te 134 42 m β^- ~ 2,4 γ 0,20, 0,26, 0,17, ...					5,8	6,4	6,4	5,8	
Sb 131 23 m β^- ...	Sb 132 2,1 m β^- ...	Sb 133 4,1 m β^- ...	Sb 134 0,8 m β^- ...				6,0				

C.N.E.A. Biblioteca
ARCHIVO PUBLICACIONES
1
AÑO
1965
4

Manual del

Curso de Metodología y

Aplicación de Radioisótopos

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

BUENOS AIRES — REPUBLICA ARGENTINA



REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CURSO DE METODOLOGIA Y APLICACION
DE RADIOISOTOPOS

ALCANCE DE LAS PARTICULAS BETA EN ALUMINIO
ENERGIA MAXIMA

Josefina Rodriguez

ALCANCE DE LAS PARTICULAS BETA EN ALUMINIO ENERGIA MAXIMA

INTRODUCCION

Un radioisótopo se caracteriza por el tipo de radiación que emite, por la energía de la misma, por el período de semidesintegración, y por su número atómico.

La determinación de la energía de la radiación beta en un nucleído beta emisor, es pues un valioso medio para la identificación de un radioisótopo desconocido o para la determinación de la pureza radioquímica de un emisor en estudio. Conviene mencionar algunos hechos básicos sobre las partículas beta. La evidencia experimental demuestra que son idénticos a los electrones; su masa en reposo es de 9.107×10^{-28} g y su carga 4.803×10^{-10} u.e.s.

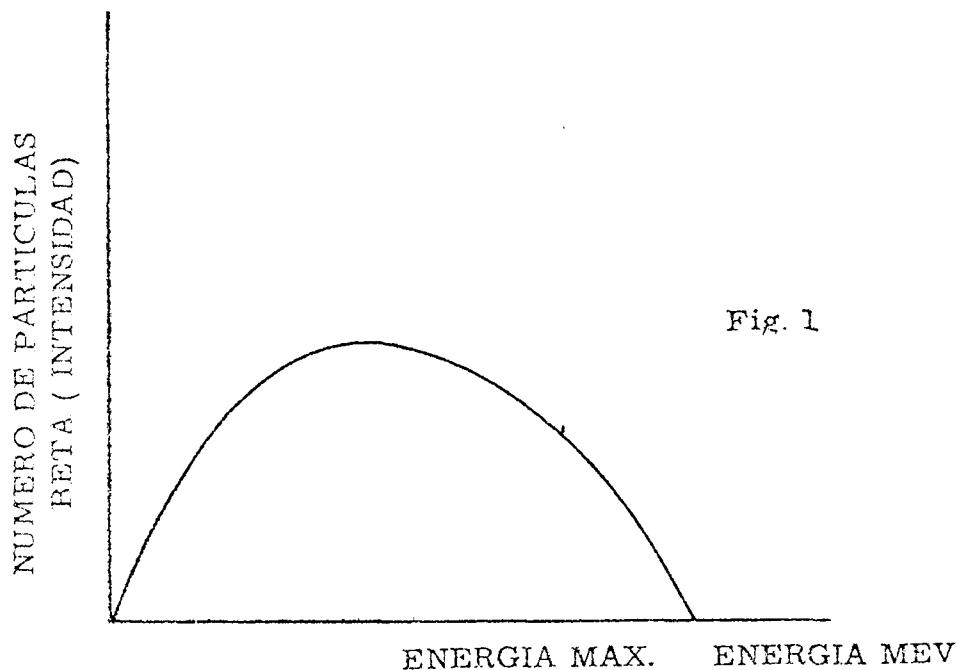
Podemos así concluir que la distinción fundamental entre un electrón y una partícula beta es su origen: se denomina partícula beta a un electrón emitido por un núcleo.

A diferencia de las partículas alfa que son monoenergéticas para un nucleído dado, las partículas beta son emitidas con energías comprendidas entre 0 MeV y una energía máxima (E_{max}), característica para cada nucleído.

El ^{32}P , por ejemplo, emite partículas beta cuyas energías están comprendidas entre 0 y 1.71 MeV. Si se analiza mediante un espectrómetro magnético la energía del haz de partículas beta proveniente de un radioisótopo, se obtiene un espectro continuo como el de la fig. 1.

La interacción de las partículas beta con la materia tiene lugar para colisiones elásticas e inelásticas. En las colisiones elásticas no hay cambios en la energía cinética total del sistema. Es decir, la partícula beta puede transmitir parte de la energía al átomo y desviar se considerablemente de su trayectoria inicial, aunque la suma de la energía cinética de la partícula y del átomo antes y después del proceso, permanece constante. Las colisiones inelásticas se realizan por dos mecanismos distintos y se caracterizan por un cambio en la energía cinética total del sistema. Uno de los mecanismos tiene por resultado la ionización del átomo: la partícula beta actúa por repulsión coulumbiana sobre uno de los electrones orbitales y le comunican una cierta

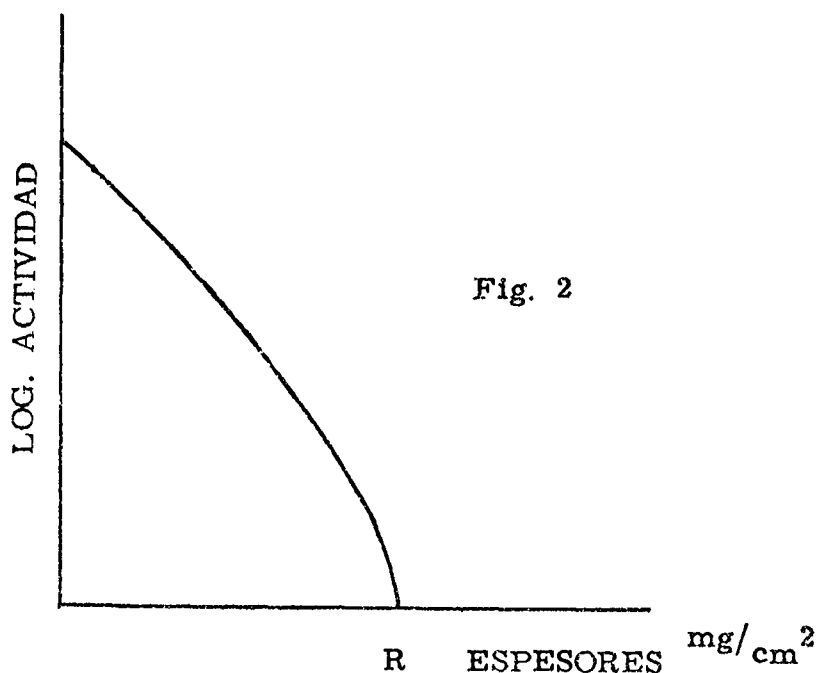
energía para que éste se separe del átomo. Como resultado el átomo queda ionizado y la partícula beta pierde parte de su energía. El otro mecanismo corresponde a la producción de "Bremsstrahlung" o radiación de frenamiento por desaceleración de la partícula en el campo coulombiano del átomo. La "Bremsstrahlung" es característica del material atravesado y de la energía de la partícula beta, tiene un espectro continuo. El porcentaje de producción de "Bremsstrahlung" aumenta con el número atómico del material absorbente. También en este segundo mecanismo el resultado final es la pérdida de parte de la energía de la partícula beta.



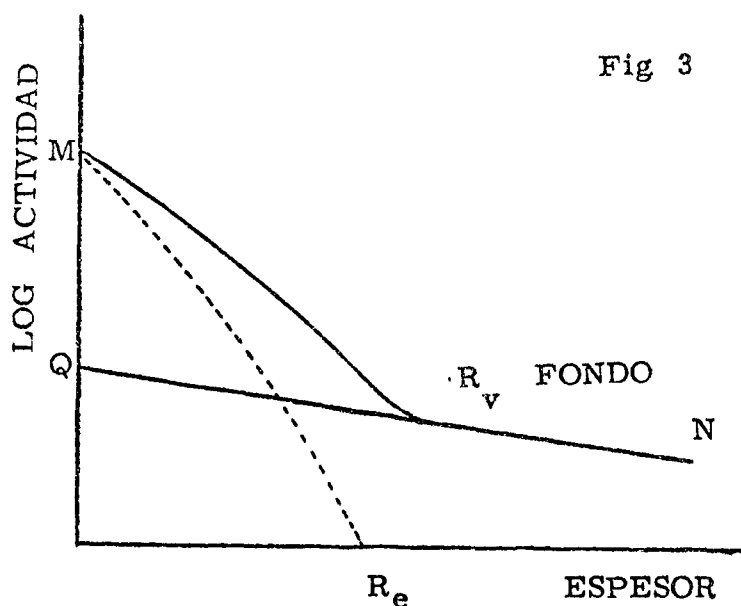
Desde un punto de vista macroscópico la absorción de partículas beta por la materia es función de la distancia atravesada por la partícula en el material absorbente y de la densidad de éste. El producto de éstas dos variables (densidad y distancia) tiene como dimensión una masa por unidad de superficie.

Para expresar los espesores de absorbedor se usan las unidades g/cm^2 ó más frecuentemente mg/cm^2 .

Si disponemos de un emisor beta y de un detector e interponemos entre el emisor y el detector distintos espesores de sustancia, registrando la actividad medida para cada espesor, la curva obtenida de representar el logaritmo de las actividades en función del espesor tiene la forma de la fig. 2. La parte inicial de la curva puede ser distinta para diferentes geometrías de medición, la parte final es prácticamente invariable. En condiciones ideales la curva se aproxima a una recta; es decir la función es exponencial. En la práctica, traba



jando con tubos Geiger-Müller que pueden ser sensibles a la radiación electromagnética, la curva suele terminar en un trazo casi horizontal, fondo gamma, debido a la radiación gamma si el nucleído es también emisor gamma, y a la "Bremsstrahlung". Cuando se trata de emisores beta positivos, en ese fondo gamma están incluidos los fotones de aniquilamiento de 0.51 MeV, que se producen cuando la radiación beta positiva ya sin energía cinética, se aniquila con un electrón del absorbente (fig. 3). En estos casos la verdadera curva correspondiente a la absorción de rayos beta se obtiene restando de la curva total MN la recta QN, extrapolación del fondo gamma, así se obtiene algo similar a lo indicado en el gráfico como curva punteada MR_e .



Hay un cierto espesor de absorbente que detiene por completo las partículas beta y se denomina alcance máximo. La determinación de este valor tiene gran importancia puesto que está relacionado con la energía beta máxima. Hay diferentes fórmulas empíricas que expresan esta relación, una de ellas es:

$$E_{(\max)} = \frac{R + 0.160}{0.543}$$

donde R es el alcance máximo expresado en g/cm^2 y es válida para $E_{(\max)}$ mayor que 0.6 MeV. Para energías menores que 0.6 MeV se puede utilizar el gráfico realizado sobre datos de Glendenin, Varden, Magdwick y Marshall y Ward, que aparece en la fig. 4. En la bibliografía se encuentran además gráficos obtenidos experimentalmente que relacionan el alcance máximo con la energía máxima beta para un gran ámbito de energías. La determinación del alcance máximo a partir de una curva de absorción puede hacerse de distintas maneras:

- Determinación del punto R_v en que la curva total se confunde con el fondo gamma, en estos casos se habla del alcance visual R_v .
- Determinación del punto R_e obtenido extrapolando la curva beta verdadera hasta valores de actividad en orden de magnitud 10^{-4} veces menores que la actividad para espesor cero, al alcance determinado en esta forma se lo llama alcance extrapolado.
- Existen además métodos diversos, más elaborados de la curva de absorción como el de Feather, Barreiro-Lorranjeiro, etc.

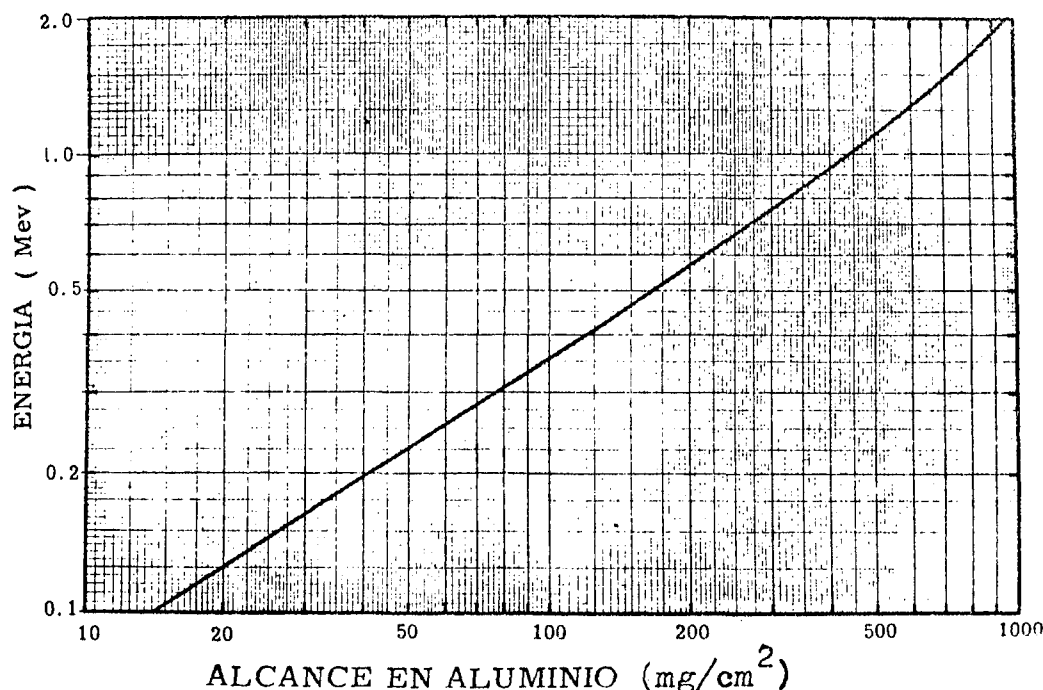


Fig. 4 Relación - Alcance en aluminio para partículas Beta.

PARTE EXPERIMENTAL

1.- Se tratará de realizar una curva de absorción beta de un nucleído activo, determinando solamente unos pocos valores. Se dispondrán los absorbentes y la muestra activa como en el esquema de la fig. 5.

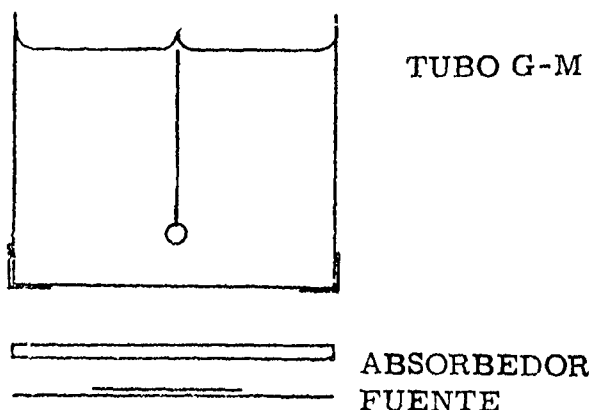


Fig 5

Se trabajará con dos preparados que tengan actividades de distintas intensidades, tales que la actividad del "fuerte" sea de 5 a 10 veces superior a la del "débil". Se mide la actividad de la fuente débil sin interponer ningún absorbente, luego se mide interponiendo sucesivamente chapas (o combinación de chapas) de aluminio de espesor creciente. Con la fuente débil se interponen unos cinco espesores distintos de aluminio. Luego se sustituye el preparado débil por el fuerte, y se mide interponiendo los dos mayores espesores con que se midió el débil y siguiendo las mediciones con ocho ó nueve espesores distintos y crecientes. El absorbente total, en cada caso, es el espesor de aluminio empleado en mgr/cm^2 , más el espesor de la ventana del Geiger Müller o la pared del mismo expresado en la misma unidad, más el espesor del aire (si se multiplica la distancia en cm de la muestra a la ventana del tubo por 1,205, la columna de aire queda expresada en mgr/cm^2).

Al trazar el gráfico, las lecturas se corregirán por efecto cero y se convertirán las mediciones del preparado débil en equivalentes para el preparado fuerte. Para ello se relacionan las dos primeras mediciones del preparado fuerte con las homólogas de la fuente débil y se promediarán estas dos relaciones. El valor resultante es el factor de conversión por el cual deben multiplicarse las mediciones del preparado débil.

En papel semilogarítmico se representan las actividades medidas en función de los espesores de absorbente en mg/cm^2 . La parte final del gráfico será casi horizontal (fondo gamma, debido a la radiación gamma más "Bremsstrahlung").

Hecho el gráfico, debe extrapolarse la parte inicial y el fondo gamma hasta espesor cero, y restar de la curva completa el fondo extrapolado. Para ello, al valor de actividad de la curva correspondiente a cada espesor determinado de absorbente se sustrae el valor de actividad del fondo extrapolado correspondiente al mismo espesor, representando las diferencias como nuevos puntos, que, al ser unidos dan el gráfico correspondiente a la radiación beta pura.

Se determinará el alcance máximo visual, R_v , y el alcance máximo extrapolado R_e . Se calculará la energía máxima beta con ambos valores del alcance.

2.- Se tratará de observar la relación I/I_x para nucleídos de distintas energías siendo:

I = actividad sin absorbedor de aluminio

I_x = actividad con un absorbedor de $x \frac{\text{mgr}}{\text{cm}^2}$

DATOS EXPERIMENTALES

1.-

```
FECHA .....
TUBO CONTADOR .....
ESCALIMETRO .....
TENSION DE ENTRADA .....
TENSION DE TRABAJO .....
FUENTE RADIATIVA .....
ESPESOR DE LA FUENTE .....
CUBIERTA DE LA FUENTE .....
VENTANA DEL TUBO O PARED DEL TUBO .....
DISTANCIA DEL PREPARADO AL TUBO .....
ESPESOR DEL AIRE COMPRENDIDO ENTRE EL PREPARADO Y EL TUBO .....
PATRON ..... EFECTO CERO .....
```

ESPEJOR DE ALUMINIO AGREGADO (mgr/cm ²)	ESPEJOR TOTAL	TOTAL DE CUENTAS	ΔT (min.)	CUENTAS MINUTO	CUENTAS EFECTO - MINUTO CERO	ACTIVIDAD CORREGIDA POR FACTOR DE PREPARADO

Representar en papel semilogarítmico, indicando en abscisas espesores totales y en ordenadas las actividades corregidas por el factor de preparado.

Representar la curva de absorción beta

Alcance visual (R_v)

Alcance extrapolado (R_e)

$$E_{\max} = \frac{R + 0,160}{0,543} =$$

2.-

NUCLEIDO	ENERGIA MAXIMA BETA MeV	ESPEJOR DE ALUMINIO AGREGADO mgr/cm ²	TOTAL DE CUEJAS	ΔT (min.)	CUEJAS MINUTO	CUEJAS MINUTO - EFECTO CERO	I/I_0