

## Tesis de Posgrado

# Detección de la línea gamma de 40 Kev del ThC con fotomultiplicadores en coincidencia

Bosch, Horacio Ernesto

1954

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Bosch, Horacio Ernesto. (1954). Detección de la línea gamma de 40 Kev del ThC con fotomultiplicadores en coincidencia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0813\\_Bosch.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0813_Bosch.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Bosch, Horacio Ernesto. "Detección de la línea gamma de 40 Kev del ThC con fotomultiplicadores en coincidencia". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1954. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0813\\_Bosch.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0813_Bosch.pdf)

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires

RESUMEN DEL PLAN DE TESIS

DETECCION DE LA LINEA  $\gamma$  DE 40 Kev CON FOTOMULTIPLICADORES EN COINCIDENCIA.

- 1) Necesidad de utilizar fotomultiplicadores para detectar radiaciones nucleares.
- 2) Construcción y montaje de un espectrómetro de escintilación: cristal, fotomultiplicador, amplificador, discriminador (selector de amplitudes).
- 3) Calibración del instrumento con sustancias radioactivas naturales y artificiales.
- 4) Montaje de un circuito de coincidencias con discriminación de energías, para la detección de las radiaciones nucleares.
- 5) Puesta en evidencias del primer nivel excitado del  $\text{ThC}''$  utilizando el equipo descrito precedentemente.

*M. S. S.*

*Horacio J. P. S.*

*Res de Tesis 813*

*P. S.*

T E S I S

Presentada a la

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

para obtener el título de

Doctor en Ciencias Fisicomatemáticas

Horacio E. Bosch

TESIS: 813

Buenos Aires, diciembre de 1954.

*Levi 813*

FOERBA

DIRECCION DE LA LINEA  $\gamma$  DE 40 Kev DEL  $ThC''$   
CON FOTOMULTIPLICACIONES EN COINCIDENCIA

Horacio H. Bosch

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

DETECCION DE LA LINEA  $\gamma$  DE 40 Kev DEL ThC<sup>m</sup>  
CON FOTOMULTIPLICADORES EN COINCIDENCIA

Resumen

- 1) Necesidad de utilizar fotomultiplicadores para detectar radiaciones nucleares.
- 2) Construcción y montaje de un espectrómetro de escintilación: cristal, fotomultiplicador, amplificador, discriminación ( selector de amplitudes ).
- 3) Calibración del instrumento con sustancias radioactivas naturales y artificiales.
- 4) Montaje de un circuito de coincidencias con discriminación de energías, para la detección de radiaciones nucleares.
- 5) Puesta en evidencia del primer nivel excitado del ThC<sup>m</sup> utilizando el equipo descrito precedentemente.

DETECCION DE LA LINEA  $\gamma$  DE 40 Kev DEL ThC"  
CON FOTOMULTIPLICADORES EN COINCIDENCIA

Sumario

El objeto del presente trabajo es ~~detectar~~  
~~estudiar~~ ~~el primer nivel~~ ~~excitado~~ del ThC", hasta ahora  
no ~~detectado~~ con claridad.

Las experiencias previstas han obligado a utilizar como detector, fotomultiplicadores, debiéndose emplear para el estudio de la detección de la línea  $\gamma$  de 40Kev, un espectrómetro de escintilación. A tal efecto ha sido montado un dispositivo que permitirá por otra parte, realizar experiencias de correlación angular, con el objeto de la determinación del spin y paridad de dicho nivel.

Se muestran los distintos espectros obtenidos para la calibración del aparato y finalmente los resultados que ponen en evidencia la línea  $\gamma$  de 40 Kev.

Hasta el presente se han realizado experiencias en vista de la detección ~~de~~ ~~la~~ ~~línea~~ ~~de~~ ~~40~~ ~~KeV~~ del  $\text{ThC}''$  por medio de una espectroscopía simple en la que se utilizó como detector un contador Geiger llenado con Xenon. <sup>(2,5)</sup> El resultado encontrado no permite establecer una conclusión definitiva. Aprovechando el hecho que el  $\gamma$  de 40 KeV está en cascada con el  $\alpha$  de 6.04 MeV se ha intentado también obtener dicha línea haciendo la coincidencia con el  $\alpha$  correspondiente. El resultado no ha dado una clara evidencia de dicha línea. <sup>(3)</sup>

El objeto de este trabajo es efectuar el mismo estudio anterior, pero utilizando como detector, contadores de escintilación. Se trata de montar un equipo que sirva como detector, como espectrómetro ( para obtener una ayuda en la detección y estudiar la intensidad) y que permita realizar experiencias de correlaciones angulares <sup>(4)</sup> ( $\alpha, \gamma$ ) a los efectos de determinar el spin y paridad del primer nivel excitado del  $\text{ThC}''$ .

En cuanto al tipo de detector a utilizar, debe cumplir los requisitos siguientes ( siempre para el tipo de experiencias previsto: <sup>(5)</sup>

a) Respuesta rápida.

Existe siempre un intervalo de tiempo entre el momento en que la partícula penetra en el contador y el momento en que éste responde con una señal impulsiva. Este intervalo es definido como "lag time". Para los contadores Geiger, las fluctuaciones del "lag time" son del orden de  $10^{-7}$  segundos y para los fotomultiplicadores de  $10^{-8}$  a  $10^{-9}$  segundos, según los diferentes cristales.

Cuando se utiliza, como en nuestro caso, un circuito de coincidencias, el tiempo de resolución de éste se ve limitado por las fluctuaciones del "lag time". Teniendo en cuenta los valores dados precedentemente, es conveniente utilizar como detector, un fotomultiplicador, dado que se puede disminuir en un factor 100 el poder de resolución del circuito de coincidencia.

b) Tiempo muerto corto.

El tiempo muerto de un contador limita el número de impulsos que pueda contar el mismo. Cuando se desea detectar radiaciones poco intensas en presencia de más intensas o cuando se desea analizar impulsos dentro de un canal de discriminación estrecho, se tiene ventaja en utilizar contadores que cuenten el mayor número de impulsos posible, es decir, que tengan un tiempo muerto mínimo.

Para los contadores Geiger o proporcionales el tiempo muerto es del orden de  $10^{-4}$  segundos y para los fotomultiplicadores de  $10^{-6}$  a  $10^{-8}$  segundos, según el cristal utilizado.

c) Eficiencia en la detección, en particular de la radiación  $\gamma$ .

Cuanto más pesado sea el núcleo de la sustancia que atraviesa la radiación, mayor interacción tendrá con ella y por lo tanto serán puestos en juego mayor número de fotoelectrones, electrones Compton o electrones de pares, según la energía incidente. En un gas la interacción entre la radiación  $\gamma$  y la materia es muy pequeña, en un cris-



tal ya es mucho mayor y aún más en un cristal inorgánico. Por las causas predichas los cristales de escintilación presentan una gran ventaja para la detección de la radiación  $\gamma$ .

#### d) Linealidad en la respuesta

Teniendo en cuenta que se desea hacer previamente un estudio espectroscópico y una calibración del instrumento, se debe exigir al detector dar respuestas proporcionales a la energía de las partículas incidentes. Los contadores proporcionales para radiaciones  $\beta$  de hasta 500 Kev y los fotomultiplicadores son de este tipo.

Dadas las condiciones impuestas por las experiencias a realizar, los detectores que satisfacen con más acierto los cuatro requisitos anteriores, son los contadores de escintilación. Para la prosecución de los estudios se ha construido y montado un espectrómetro de escintilación.

### § 1.- DESCRIPCION DE UN ESPECTROMETRO DE ESCINTILACION

Como es sabido, un espectrómetro de escintilación está constituido por un cristal escintilador, un fotomultiplicador, un pre amplificador, un amplificador, un discriminador ( selector de amplitudes ) y un escalímetro.

A continuación se detallan las diferentes partes constitutivas del equipo: (6)

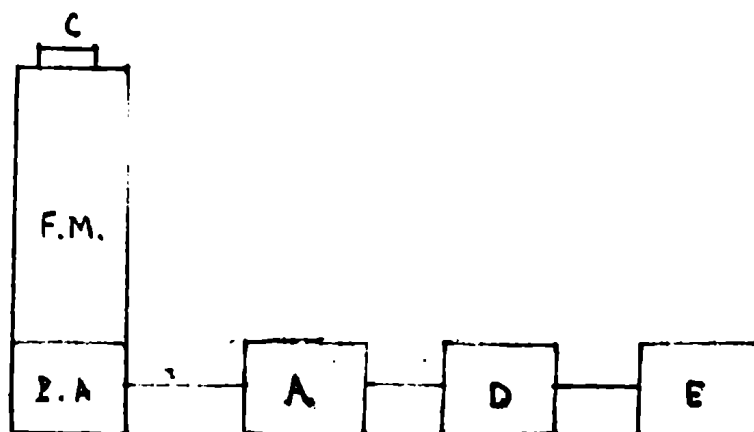


Fig.1.- Espectrómetro de escintilación

C: cristal; F.M.: fotomultiplicador; P.A.: preamplificador; A: amplificador; D: discriminador; E: escalímetro.

### 1.- Cristales.

Los cristales de escintilación<sup>(7)</sup> tienen la propiedad de que al ser excitados sus átomos por radiaciones nucleares, éstos se desexcitan emitiendo una radiación de aproximadamente 4.000 Å de longitud de onda. Esta radiación es "vista" por el fotomultiplicador y es transformada en fotoelectrones los cuales son multiplicados y colectados en el ánodo.

La intensidad de la radiación  $\gamma$  emitida por el cristal decrece exponencialmente, siendo la constante de decaimiento igual a la vida media de los estados excitados de los átomos. Se ha comprobado que la carga total colectada en el ánodo crece exponencialmente con la misma constante, por lo tanto la vida media de los estados exci-

tados de los átomos determina el "rise time" del impulso de salida.

Existen principalmente dos tipos de cristales: los orgánicos y los inorgánicos. Los primeros dan un impulso de un "rise time" del orden de  $10^{-8}$  a  $10^{-9}$  segundos y no dan una respuesta proporcional a la energía incidente, con excepción del antraceno para los  $\gamma$  de hasta 500 Kev. Dado que los cristales orgánicos están formados por átomos livianos, los coeficientes de absorción fotoeléctricos son muy débiles para la radiación  $\gamma$ . Por el contrario, los cristales inorgánicos presentan la propiedad de dar impulsos proporcionales a la energía incidente y de tener un coeficiente de absorción fotoeléctrico elevado a causa del Z del iodo ( $Z = 53$ ). Por otra parte dan impulsos de un "rise time" mínimo de  $3 \cdot 10^{-7}$  segundos.

En nuestro caso particular se ha elegido un cristal de INa para la detección de la radiación  $\gamma$ , de acuerdo con las propiedades enunciadas anteriormente. Para utilizar el tamaño adecuado del cristal es necesario tener en cuenta la energía de la radiación incidente. Para el caso de rayos  $\gamma$  de más de 20 Mev la sección eficaz de interacción con los átomos del cristal, es más grande para el proceso de formación de pares, al menos para los elementos de Z elevado. Para energías por debajo de los 20 Mev, la sección eficaz de interacción más probable es para el efecto Compton. Utilizando un cristal de 2 cm de alto x 2,0 cm de diámetro, se obtiene un resultado positivamente eficaz en la detección. Para energías inferiores a 1 Mev el efecto fotoeléctrico es la interacción más probable entre radiación y átomos. La eficacia de detección de los cristales disminuye al aumentar la energía incidente: para una energía incidente de

10 a 80 Kev, el rendimiento eficaz del cristal es de un 95 %, para 150 Kev, es de 60 %.

Como las energías a analizar en nuestro caso particular no sobrepasan en general 200 Kev, se ha utilizado un cristal cilíndrico de  $\text{Icmx}$  2 cm de diámetro. Dicho cristal es pulido y encerrado en un cilindro de aluminio para preservarlo de la humedad por una parte, y por otra, para que existan paredes difusoras o reflectoras. En efecto, se ha comprobado que no utilizando dichas paredes, el ancho de la línea espectral aumenta en un 30 %. En cambio parece ser indiferente utilizar paredes completamente difusoras o reflectoras. En nuestro caso hemos empleado paredes difusoras recubriendo con polvo de magnesia la superficie interior del cilindro de aluminio.

En cuanto a la radiación  $\alpha$  hay que tener en cuenta que el cristal de  $\text{INa}$  da una respuesta proporcional a la energía incidente, siempre que se trate de radiación  $\alpha$  exclusivamente. Si se desea comparar el espectro  $\alpha$  con el  $\gamma$ , la respuesta no resulta lineal. Esto se debe a que la primera radiación es absorbida en la superficie del cristal, en cambio la segunda es absorbida en todo el espesor; es decir, en el primer caso el rendimiento del cristal depende del estado de la superficie y en el segundo de la estructura cristalina. La resolución de la línea del espectro depende en casi su totalidad del estado de la superficie del cristal. Por esta causa en el laboratorio se han ensayado diversos tratamientos de la superficie del cristal, llegando a la conclusión que la superficie más perfecta se obtiene clivando el cristal, y no puliéndolo, como es habitual. Como la radiación  $\alpha$  es absorbida en la superficie del cristal, es suficiente que éste esté constituido por una

fina lámina.

Dado que conjuntamente con la radiación  $\alpha$  se detectan también electrones y que nuestro propósito es separarlos, no se debe usar delante del cristal ningún absorbente. Como es necesario preservarlo contra la humedad es conveniente trabajar en vacío.

La cámara de vacío ha sido construída teniendo en vista las experiencias de correlación angular. Está constituida por un cilindro de latón con dos ventanas, una de plexiglass ( para la detección  $\alpha$  ) y otra de aluminio de  $100 \mu$  ( para la detección  $\gamma$  ). El cristal está colocado sobre la ventana de plexiglass a través de una fina lámina de vidrio. Se toma esta precaución porque el plexiglass ataca al cristal. La ventana de plexiglass está en contacto con el fotocátodo del fotomultiplicador por medio de una guía de luz. Se coloca ésta por dos razones: primero, porque en general la superficie del fotocátodo no es suficientemente plana para hacer un buen contacto óptico y segundo, porque se obtiene una mejor eficacia en la detección cuando hay una repartición uniforme de la luz sobre toda la superficie del fotocátodo.

Para preservar al cristal de la humedad cuando se hacen entradas de aire para cambiar la fuente, se ha instalado un dispositivo para secar el aire que va a la cámara. De esta manera se ha conseguido que el cristal no absorba humedad después de haber hecho unas 20 entradas de aire.

El vacío existente dentro de la cámara es del orden de  $10^{-4}$  mm Hg. Esto se consigue mediante una bomba mecánica ( vacío primario ) y una bomba de aceite ( vacío secundario ).

*2 pídice*

*- trabajo*

*y se detallan en el*

§ 2.- ESPECTROS  $\alpha$  Y  $\gamma$  DEL DEPOSITO ACTIVO DEL TH.

Para detectar la línea  $\gamma$  de 40 Kev del ThC" es necesario poseer una fuente radioactiva que contenga ThC. No se puede obtener éste exento de Th C' y ThC". Es posible obtener una fuente de Th C + C' + C" depositando <sup>se/ThC'</sup> sobre nickel en una solución de Th A + B + C en ácido clorhídrico.

El depósito activo del Th se obtiene por simple deposición electrostática de los núcleos de ThA o ThB. Éste, con un período de 10 horas, conduce la desintegración de todo el depósito activo. La preparación consiste en exponer un soporte ( lámina de aluminio) en una atmósfera de Th, aplicándole una tensión negativa de aproximadamente 1000 volts.

Para tener una idea más precisa de las energías correspondientes de las radiaciones a detectar, se da a continuación el esquema de desintegración para las transiciones ThB --- Th C ; Th C --- Th C' ; Th C --- Th C" ; ThC' --- ThD; Th C" --- Th D. Ver cuadro de la página 13. (Tabla de Seaborg)

Para efectuar la detección de una radiación de energía determinada, es necesario calibrar previamente el instrumental con sustancias radioactivas naturales o artificiales, patrones.

1) Calibración en energía para la radiación  $\gamma$ .

Para la calibración en energía para la radiación  $\gamma$  se han empleado dos emisores  $\gamma$  artificiales: el <sup>137</sup>Cs y el <sup>203</sup>Hg. En la figura no.1 se representa la distribución de la radiación  $\gamma$  del <sup>203</sup>Hg en función de la energía. Se observa primeramente un pico correspondiente a la radiación nuclear de 279 Kev y el pico correspondiente a la radiación de conversión de 70 Kev. En la base de este último

( Ver tabla de Seaborg )



(Nº de impulsos  
en unidad de tiempo)

altura del  $\bullet$ lt

se insinúa un pequeño ensanchamiento debido al "scape pic". En la figura No. 2 está representado el espectro  $\gamma$  del  $^{137}\text{Cs}$  para bajas energías. Únicamente aparece el pico de la radiación X de conversión de 34 Kev. La resolución para este pico es de 34 %.

La presencia de las radiaciones X,  $\beta$ ,  $\gamma$  emitidas por el Th B, Th C, Th C', Th C" dificulta la detección de la línea  $\gamma$  de 40 Kev del Th C". En la figura No. 3 se encuentra el espectro  $\beta$  del depósito activo del Th. Se observa un solo pico correspondiente a la radiación X de conversión de 80 Kev. El espectro no presenta ningún pico en la región de 40 Kev.

Esta experiencia, que ha evidenciado ser insuficiente para detectar la línea  $\gamma$  de 40 Kev, conduce al estudio de la detección indirecta de la misma, es decir a la detección en coincidencia con el  $\alpha$  correspondiente.

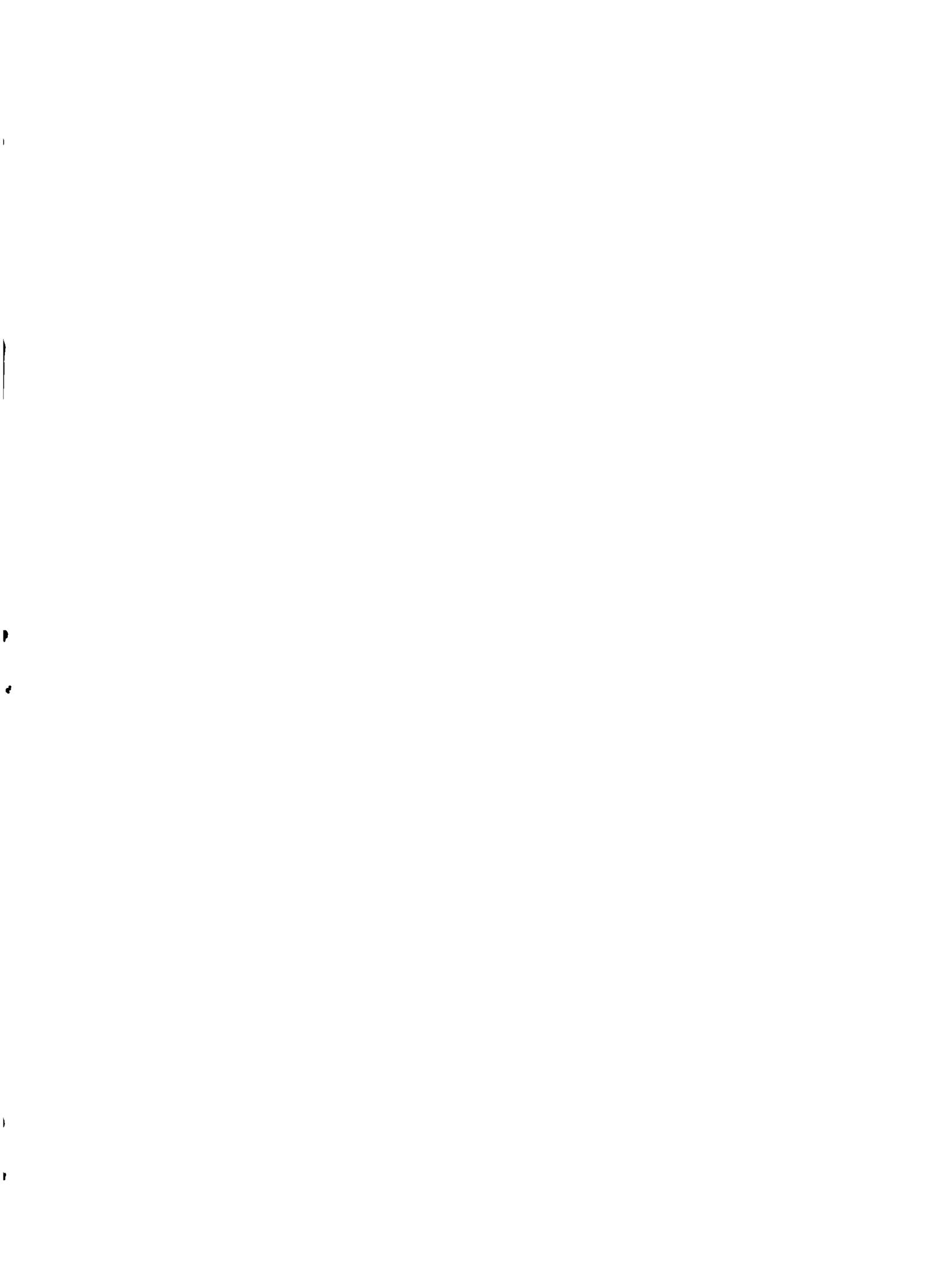
## 2) Calibración en energía para la radiación $\alpha$ .

Dado que el espectro  $\alpha$  del depósito activo del Th es perfectamente conocido, sus dos picos de 6 y 8,8 Mev son utilizados, además del de 5 Mev del Po, para la calibración del instrumento.

La técnica en el clivaje de los cristales de INA y el mejoramiento en la conservación de un ambiente seco, ha permitido obtener un espectro  $\alpha$  con una resolución del 4% para la línea de 8,8 Mev.

La figura 4 ilustra el espectro del depósito activo del Th.





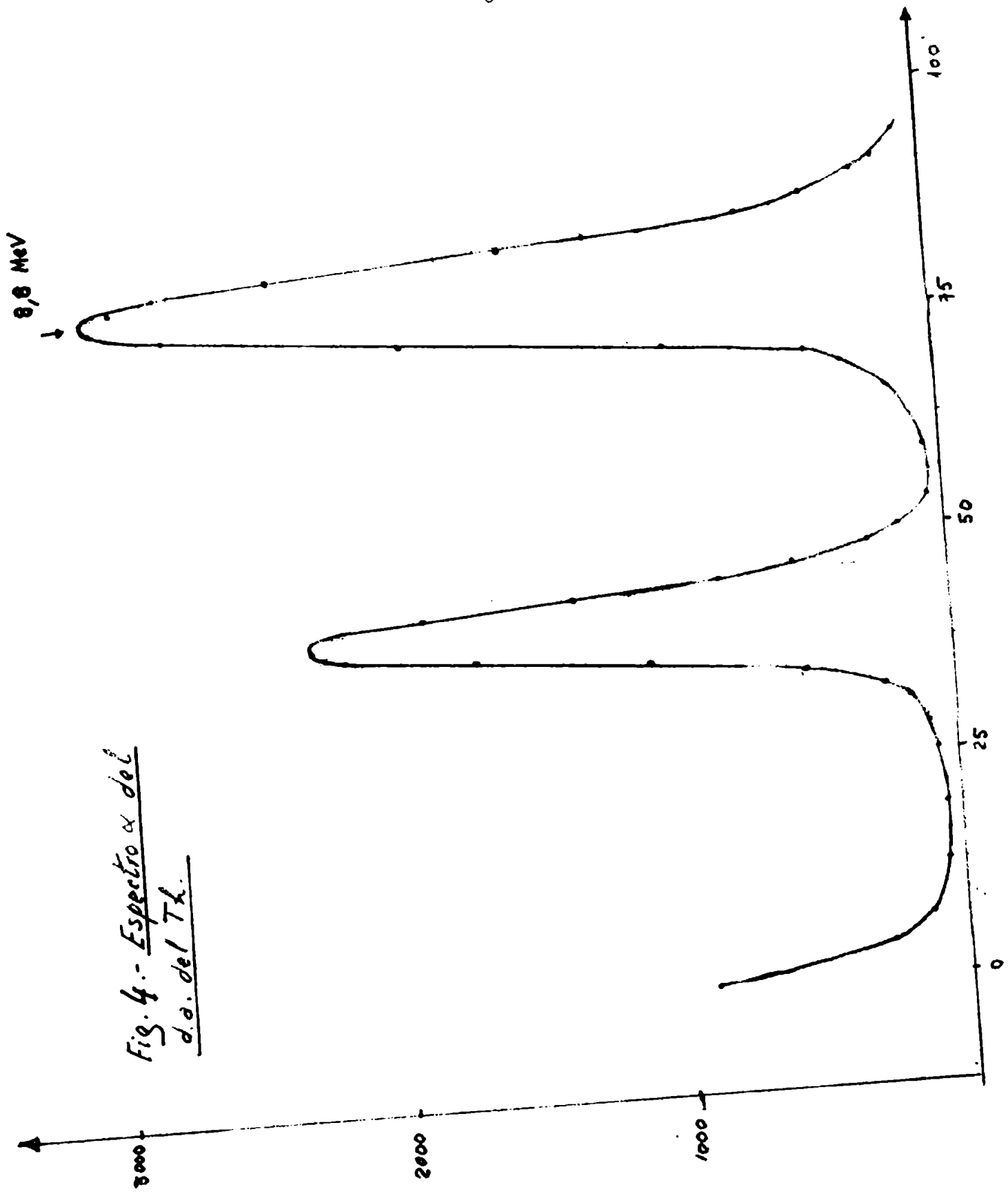


Fig. 4.- Espectro  $\alpha$  del  
d.o. del Th.

§ 3.- METODO DE DETECCION DE RADIACIONES EN COINCIDENCIA

El hecho de detectar la cascada  $\alpha_1$  (6,04 Mev),  $\gamma_1$  (40 Kev) involucra dos problemas: primero, la detección de todas las cascadas reales, y segundo, entre todas las cascadas posibles, aislar la que se quiere poner en evidencia. El primer problema se resuelve haciendo una coincidencia entre los impulsos que salen de los amplificadores. Las coincidencias acusadas por el circuito indican la detección de las diferentes cascadas, siempre que las coincidencias fortuitas sean despreciables. Teniendo en cuenta que

$$N_{c.f.} = 2 \tau_0 N_1 N_2,$$

(siendo  $N_{c.f.}$ : número de coincidencias fortuitas/ tiempo.  
 $2 \tau_0$ : poder de resolución del circuito  
 $N_1$  y  $N_2$ : número de impulsos/tiempo detectados por cada contador).

para minimizar las coincidencias fortuitas es suficiente utilizar un circuito con un poder de resolución del orden de  $10^{-8}$  a  $10^{-9}$  segundos.

Si por otra parte se hace una discriminación de energías sobre la vía  $\alpha$ , luego sobre la vía  $\gamma$  y finalmente una coincidencia sobre los dos impulsos así discriminados, se tiene la solución del segundo problema.

Con la coincidencia temporal se han separado las cascadas verdaderas de las "accidentales" y con la coincidencia en energía se ha separado la cascada  $\alpha_1 \gamma_1$  de todas las cascadas posibles.

La detección de la cascada  $\alpha, \gamma_1$ , aislada de las demás reales, se obtiene haciendo una nueva coincidencia entre la coincidencia temporal y la coincidencia en energía.

Para efectuar la detección de la cascada  $\alpha, \gamma_1$ , hemos montado un sistema de coincidencia con discriminación de energías (8): ver página 21.

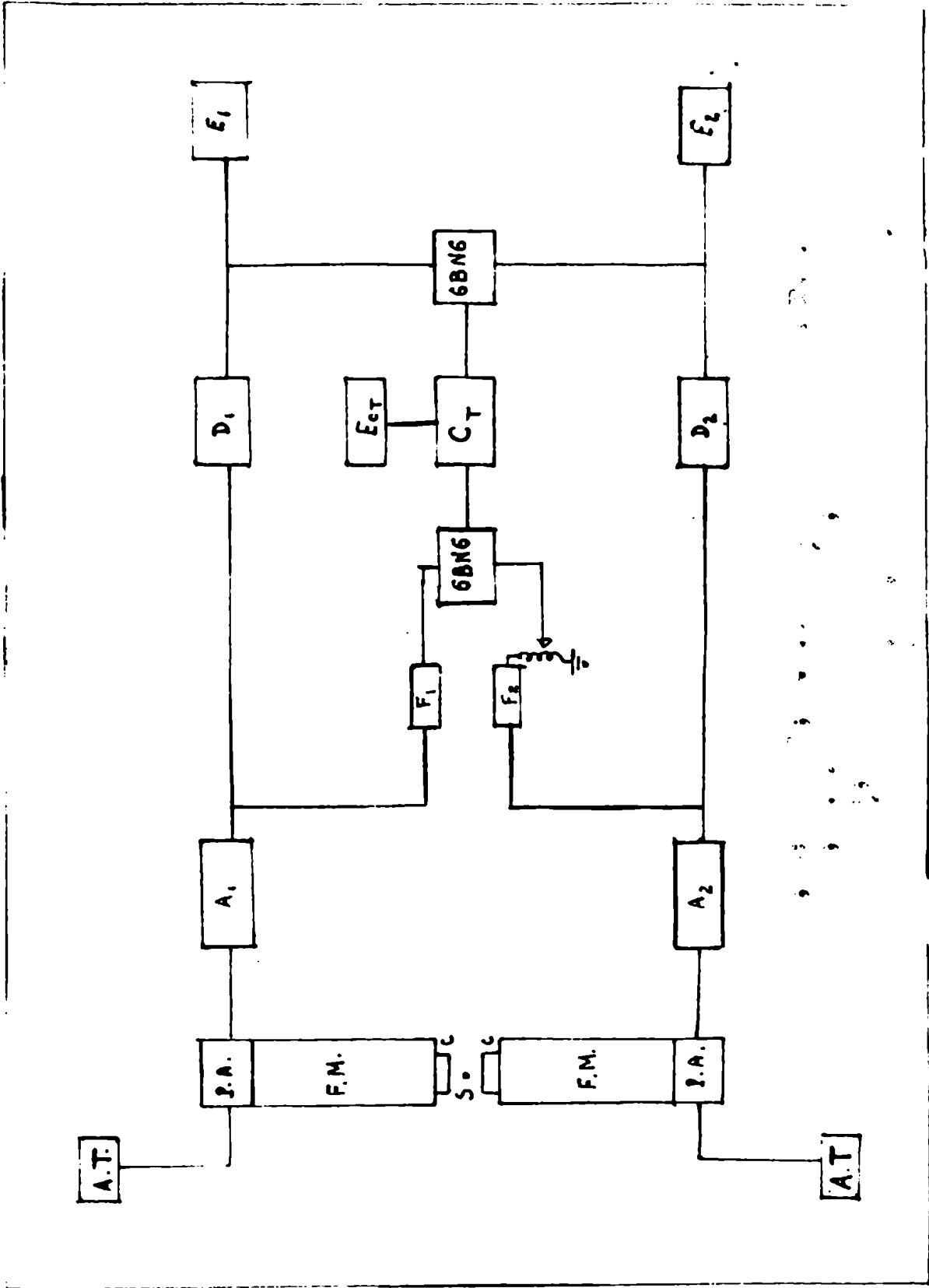
#### § 4.- EXPERIENCIAS QUE PERMITEN PONER EN EVIDENCIA LA LÍNEA $\gamma$ DE 40 Kev DEL Th C<sup>n</sup>.

Para realizar la detección de la cascada  $\alpha, \gamma_1$  con el circuito precitado, se procedió de la siguiente manera:

Una vez efectuado el espectro  $\alpha$  del depósito activo del Th, se fijó el canal de discriminación en la posición correspondiente a la línea de 6 Mev con un ancho tal, que todos los impulsos que forman la línea pasan a través del canal. El correspondiente a la vía  $\gamma$  se desplazó a lo largo de todo el espectro. Se realizó una medida de coincidencia para cada posición del canal  $\gamma$ . Cuando dicho canal se fijó a un potencial correspondiente a 40 Kev de energía incidente, se observó un neto aumento del número de coincidencias. También se detectó en coincidencia la radiación  $\alpha$  con la X proveniente de la conversión interna del nivel de 40 Kev del Th C<sup>n</sup>.

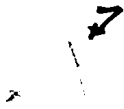
Se realizó otra experiencia similar colocando el canal correspondiente a la vía  $\alpha$  en la posición de la línea de 8,8 Mev con la radiación  $\gamma_1$ , no observándose ningún efecto apreciable.

La figura 5 ilustra el pico de coincidencia  $\alpha$  (6,04 Mev),  $\gamma$  (40 Kev) y la distribución de la coincidencia  $\alpha$  (8,8 Mev),  $\gamma_1$ .



...





§ 5.- CONCLUSIONES

Se ha montado un espectrómetro de escintilación para espectroscopía simple destinado al estudio de radiaciones  $\alpha$  y  $\gamma$  intensas. Habiendo sido imposible detectar con este sistema la línea  $\gamma$  de 40 Kev del Th C", se instaló un sistema de coincidencia con discriminación de energías, el cual posee las siguientes performances:

Mejor ancho de línea a media altura para el  $\alpha$  (8,8Mev): 8%.  
" " " " " " " " "  $\gamma$  (34Kev): 34%.  
" " " " " " " " "  $\gamma$  (662Kv): 10%.

Tiempo de resolución del circuito de coincidencias variables de  $3 \cdot 10^{-7}$  s. a  $10^{-8}$  s.

Los espectros obtenidos de las sustancias radioactivas patrones han permitido hacer una correcta calibración del instrumento.

La coincidencia  $\alpha$  (8,8Mev),  $\gamma$  da directamente el número de coincidencias fortuitas, tiempo, el cual es considerablemente bajo.

El hecho de haberse reducido el número de coincidencias fortuitas y de existir una probabilidad mayor (69%) para la transición del ThC al primer nivel excitado del ThC" con respecto a las demás transiciones, el pico de coincidencia así obtenido en la región de 40 Kev, pone en evidencia con claridad la existencia del primer nivel excitado del Th C", *por espectroscopía  $\gamma$ .*

2

A P E N D I C E

§ 1. ELEMENTOS ELECTRONICOS CONSTITUTIVOS DE UN ESPECTRO-  
METRO DE ESCINTILACION.

1) Preamplificador

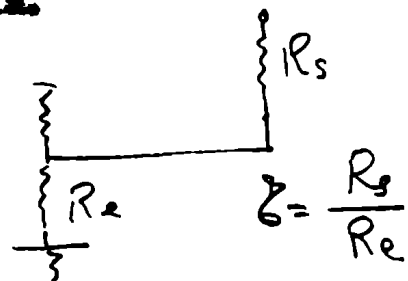
El preamplificador utilizado tiene como función primordial adaptar la impedancia de salida del f.m. a la impedancia característica del cable. Consiste fundamentalmente en una válvula que funciona como cathode follower cuya impedancia de salida es de 150 Ohms.

2) Amplificador

Cuando se desean amplificar impulsos que son proporcionales a la energía incidente, se deben utilizar amplificadores lineales. La linealidad de los impulsos de salida es perturbada por variaciones en el calentamiento de las válvulas, de los potenciales de grilla, etc. La estabilidad del amplificador se obtiene utilizando un sistema de contrarrealimentación, es decir, que las variaciones acusadas a la salida son contrarrestadas por un efecto de sentido contrario a la entrada. De esta manera la estabilidad del amplificador depende exclusivamente de la relación de contrarrealimentación, la cual es regida por el cociente de resistencias de salida y entrada de la célula.

Todo amplificador lineal estable debe estar concebido, por lo tanto, bajo este aspecto.

Otro problema a con-



siderarse en un amplificador es la respuesta en el momento de la saturación. Cuando impulsos provenientes de un f.m. de gran amplitud entran a un amplificador, causan corrientes de grilla que inestabilizan el funcionamiento del aparato. Como consecuencia el nivel de base del amplificador no permanece fijo y aumenta el ruido de fondo. De esta manera los impulsos de 10 a 30 Volts que entran al amplificador saturado, son enmascarados por el ruido de fondo.

Para la elección del amplificador es necesario también tener en cuenta la banda pasante del mismo. Ésta está relacionada con el "rise time" del impulso de entrada por

$$B_{M\acute{a}x.} = \frac{1}{3 t_m} .$$

(  $B_{M\acute{a}x}$  : frecuencia pasante máxima;  $t_m$  : "rise time").

En muchos casos no interesa que el amplificador deforme los impulsos, pero en otros ( cuando se desea hacer una coincidencia, por ejemplo), hay interés en conservar el "rise time" del impulso de entrada. Para ello es necesario tener en cuenta la relación anterior. A continuación se dan las bandas pasantes correspondientes que deben tener los amplificadores para que los impulsos dados por diferentes cristales, no sean deformados.

| Cristal         | Rise time            | $B_{Max}$   |
|-----------------|----------------------|-------------|
| Ioduro de Sodio | $3 \cdot 10^{-7}$ s. | 1,5 Mc/s    |
| Stilbene        | $2 \cdot 10^{-8}$ s. | 20 Mc / s   |
| Trans stilbene  | $10^{-9}$ s.         | 300 Mc / s. |

Finalmente otro parámetro a considerar se para el diseño de un amplificador, es el gain, el cual está supeditado a la magnitud de los impulsos de entrada y al tipo de experiencias realizar.

El caso planteado por las radiaciones nucleares a detectar, impone al amplificador ciertas condiciones. Primeramente hay que considerar que la fuente radioactiva es de depósito activo de Th, en el cual se encuentran los tres tipos de radiaciones en una gran gama de energías. El problema consiste por lo tanto, en detectar partículas de baja energía en presencia de radiaciones más energéticas. Este caso fué resuelto precedentemente cuando se trató la saturación del amplificador.

Como se ha considerado hacer posteriormente una coincidencia, es ventajoso en conservar el "rise time" del impulso de entrada. Como por otra parte se detectan las radiaciones con cristales de IMA, la banda pasante del amplificador debe ser mayor que 2 Mc/s. Finalmente, para determinar el "gain", hay que tener en cuenta que los impulsos correspondientes a algunos Kev de energía incidente, tienen una amplitud del orden de 1/100 de volt. Para poder discriminar energías, los impulsos deben tener alrededor de 10 volts, por lo tanto, el "gain" debe ser del orden de 1000.

En el laboratorio se ha construido un amplificador que presenta las características adecuadas para el tipo de experiencias a realizar: gain : 1000 ; banda pasante : 5 Mc / s. En cuanto a la saturación ha conservado el nivel de base y el ruido de fondo. De esta manera se ha podido detectar la radiación X de conversión de 34 Kev a 30 volt en presencia de la radiación  $\gamma$  de 662 Kev del  $^{137}\text{Cs}$ .

El esquema electrónico del amplificador

está constituido por un conjunto de tres células: la primera es una célula de base, de amplificación 100, de acuerdo con el circuito propuesto por el Dr. Baldinger (Universidad de Basilea). La impedancia de salida es de 1000 Ohms y el tau de contrarreacción es de 100. La segunda célula amplifica 20 veces.

La tercer célula está compuesta por tres 6J6 que funcionan en cathode follower. La segunda y tercer célula fueron diseñadas sobre la base del esquema propuesto por Deutsch y al. <sup>(1)</sup>, para el amplificador a corriente continua para el cyclotron del M.I.T.

### 3) Selectore de amplitudes

Para las diferentes experiencias se ha utilizado un discriminador diferencial con dos canales. Un canal funciona solamente cuando se introducen al sistema impulsos comprendidos entre  $V$  y  $V+v$ , siendo  $v$  el ancho del canal. Ambos niveles que fijan el canal son determinados por los niveles de disparo de sendos trigger monoestables. Los impulsos inferiores a  $V$  volts no hacen disparar los triggers y por tanto no son acusados por el discriminador. Los impulsos que sobrepasan el nivel  $V+v$  hacen disparar los dos triggers dando sendos impulsos standard. Estos son sustraídos en un circuito de anticoincidencia, no obteniéndose ningún impulso a la salida. Una forma conveniente de sustracción es enviar sobre una mismo cable los impulsos dados por los triggers, uno invertido respecto del otro, el primero diferenciado y el segundo integrado. Unicamente los impulsos que sobrepasan  $V$  y no  $V+v$ , hacen disparar el nivel inferior, dando lugar a un impulso standard a la salida.

En el caso de la sustracción de impulsos en el circuito de anticoincidencia, hay que tener en cuenta que el impulso a discriminar tarda un cierto tiempo en formarse, por tanto los dos triggers no son disparados al mismo tiempo. Este hecho trae como consecuencia que la sustracción no se hace perfectamente, obteniéndose un pequeño impulso a la salida. Para evitar este inconveniente se introduce un retardo en la línea del trigger que corresponde al nivel inferior.

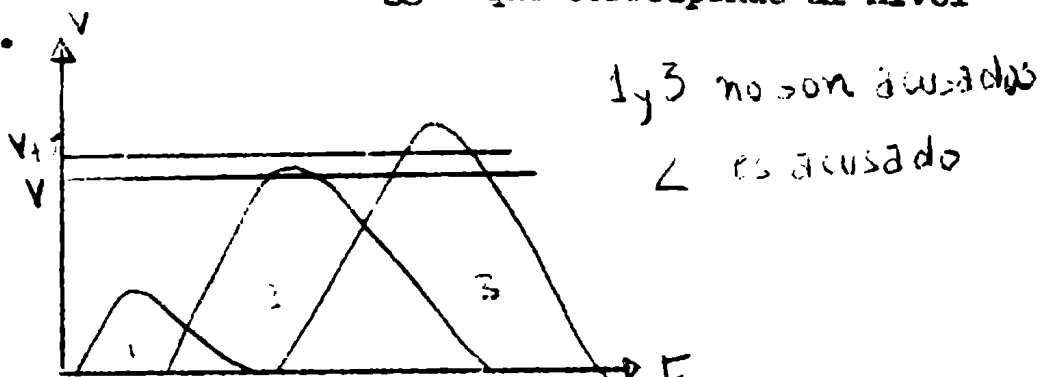


Fig. 1.- Discriminación de impulsos.

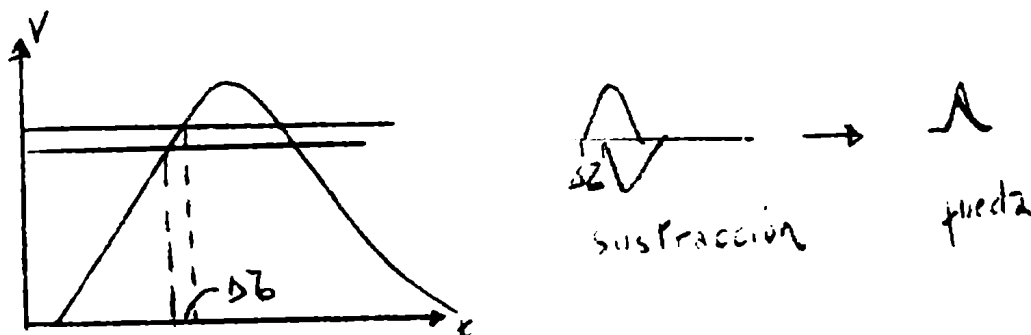


Fig. 2.- Sustracción de impulsos dados por los triggers

Otro factor importante a determinar es la estabilidad de los potenciales que fijan los niveles y la definición del disparo de los triggers, factores que contribuyen en el poder de resolución del discriminador. El ancho del canal puede variar por diferentes razones:



- a) envejecimiento de las válvulas
- ~~b) pequeños impulsos que pasan por capacidad.~~
- b) fluctuaciones en el potencial de grilla que define los niveles.

Los pequeños impulsos que pasan por capacidad pueden ser eliminados introduciendo una válvula auxiliar que da un impulso de la misma amplitud y de sentido contrario. De esta forma se hace una sustracción de impulsos a la salida del sistema.

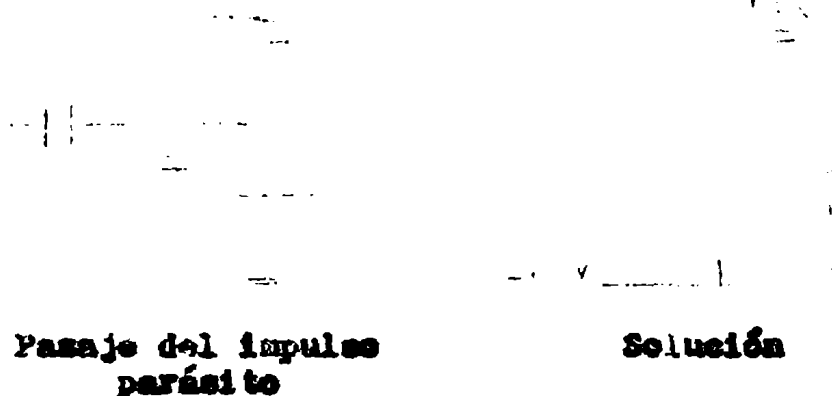


Fig. 3.- Pasaje de impulsos parásitos por capacidad.

La estabilidad de los potenciales que fijan los niveles y la resolución en el disparo pueden ser notablemente mejoradas con la introducción de un amplificador de base llamado lupa <sup>(2)</sup>, cuyo funcionamiento esencial es el siguiente: Se corta la parte superior del impulso, amplificándola 10 veces. El borde determinado por el amplificador (línea de base) se toma como borde inferior del canal, y como superior, el nivel de disparo de una 6BN6, que está definido a algunas décimas de volt. De esta manera una imprecisión de algunos décimos de volt en la lupa, equivale a una indeterminación de algunos centésimos de volt en el canal verdadero. Los potenciales que

fijen los canales se mantienen fijos; se discrimina variando el cut-off de la válvula de entrada. En el laboratorio se ha construido un discriminador basado en este principio siguiendo las líneas generales del modelo presentado por Johntone<sup>(3)</sup> de Los Alamos.

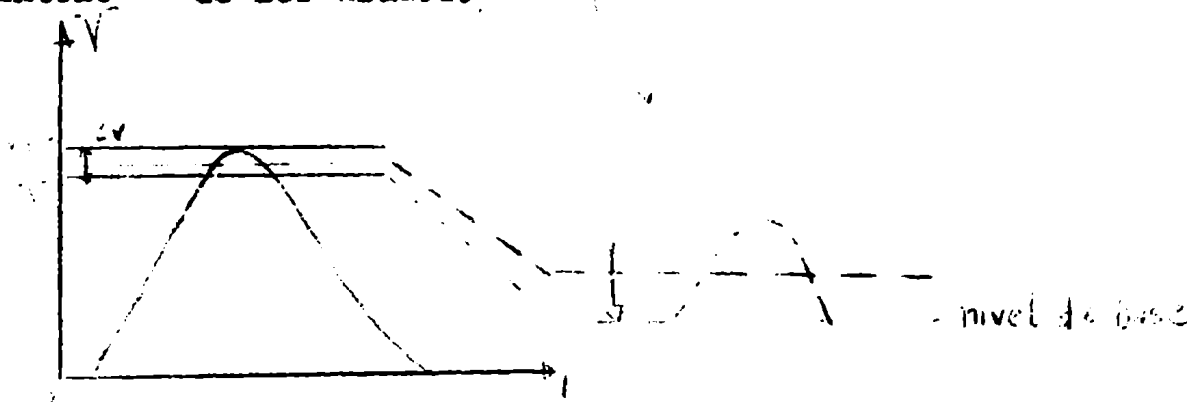


Fig.4.- Amplificador de base  
(Descripción de su funcionamiento).

El discriminador posee las performances deseadas para un estudio de espectroscopía fina, el ancho del canal puede variar de 0,5 volt a 10 volt y es estable al 2%. Cuando se fija el canal sobre una posición, ésta es estable el 1% durante varios días.

En muchos casos un sistema así construido es insuficiente para la detección de ciertas radiaciones, debiéndose por lo tanto recurrir a una detección en coincidencias. En nuestro caso particular el hecho que la radiación  $\gamma$  de 40 Kev esté en cascada con el  $\alpha$  de 6,04 Mev, favorece la detección del primero, haciendo una coincidencia con el  $\alpha$  correspondiente. Para tal efecto se ha construido y montado un sistema de detección en coincidencia con discriminación de energías.

#### 4) Circuitos de coincidencias

En la página 21 se ilustra el conjunto de los sistemas utilizados para realizar la coincidencia con discriminación de energías.

Los amplificadores y discriminadores son los mismos que los descritos precedentemente.

Para la vía rápida se ha utilizado un sistema de coincidencias de un poder de resolución variable de  $3 \cdot 10^{-7}$  segundos a  $3 \cdot 10^{-8}$  segundos. El circuito está constituido por una formación (self y diodo en paralelo), un trigger de Schmidt (que da un impulso standard formado, de un rise time de  $10^{-7}$  segundos), una válvula 6BN6, una válvula amplificadora (6AK5) y un trigger de salida.

La coincidencia se realiza sobre la válvula 6BN6, que tiene dos grillas de comando. La variación del tiempo de resolución se realiza variando el potencial de cátodo de la 6BN6. Para que ésta funcione en condiciones óptimas, es necesario que:

- a) los impulsos de entrada a la válvula no sobrepasen 7 volts y que sean standard.
- b) El ancho de los impulsos de entrada sea 5 veces el tiempo de resolución deseado.

La figura 5 representa el esquema correspondiente a este circuito.

Para la vía lenta se construyó un circuito de coincidencias basado también principalmente en una 6BN6. En este caso no se hace una formación preliminar porque los impulsos que salen de los triggers de los discriminadores son ya suficientemente formados y standard. El ancho de estos impulsos es de,  $5 \mu s$ .

El circuito de triple coincidencia (energía-tiempo) ha sido construido bajo otro principio: mediante diodos. En la figura 6 se encuentra el detalle de dicho circuito. Para su mejor comprensión es conveniente considerarlo de la manera siguiente (ver figura adjunta y distribución aproximada de potenciales).

Dada la distribución aproximada de los potenciales en los diferentes puntos, se observa que el diodo I no conduce y el II sí. Cuando llega un impulso al punto A no acontece nada, pues la distribución de los potenciales es tal que, aunque se suma un impulso de 50 volts al punto A, los diodos no sufren ningún cambio en su funcionamiento. Cuando llega un impulso al punto B, el diodo II no conduce más, produciéndose un aumento de su resistencia y como consecuencia, un aumento de potencial en el punto A. Cuando llegan simultáneamente dos impulsos a los puntos B y A, el primero produce el hecho anterior, es decir aumento de potencial en A, pero ahora en éste se agrega otro impulso que hace variar su potencial de tal manera que llegue al orden del volt y por tanto el diodo I ahora conduce, produciéndose en C un aumento de potencial, dando lugar a un impulso a la salida.

# Coincidencia en tiempo

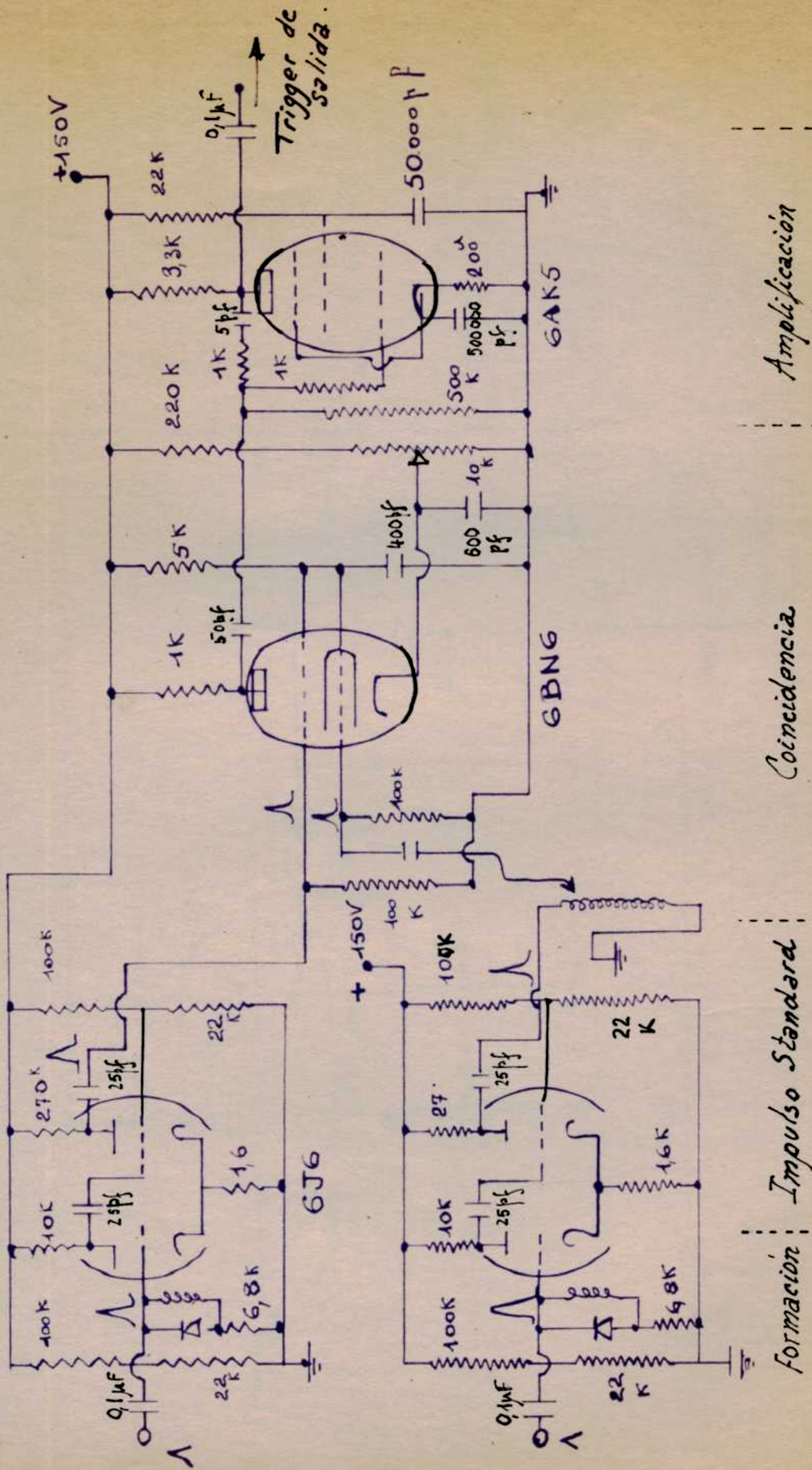
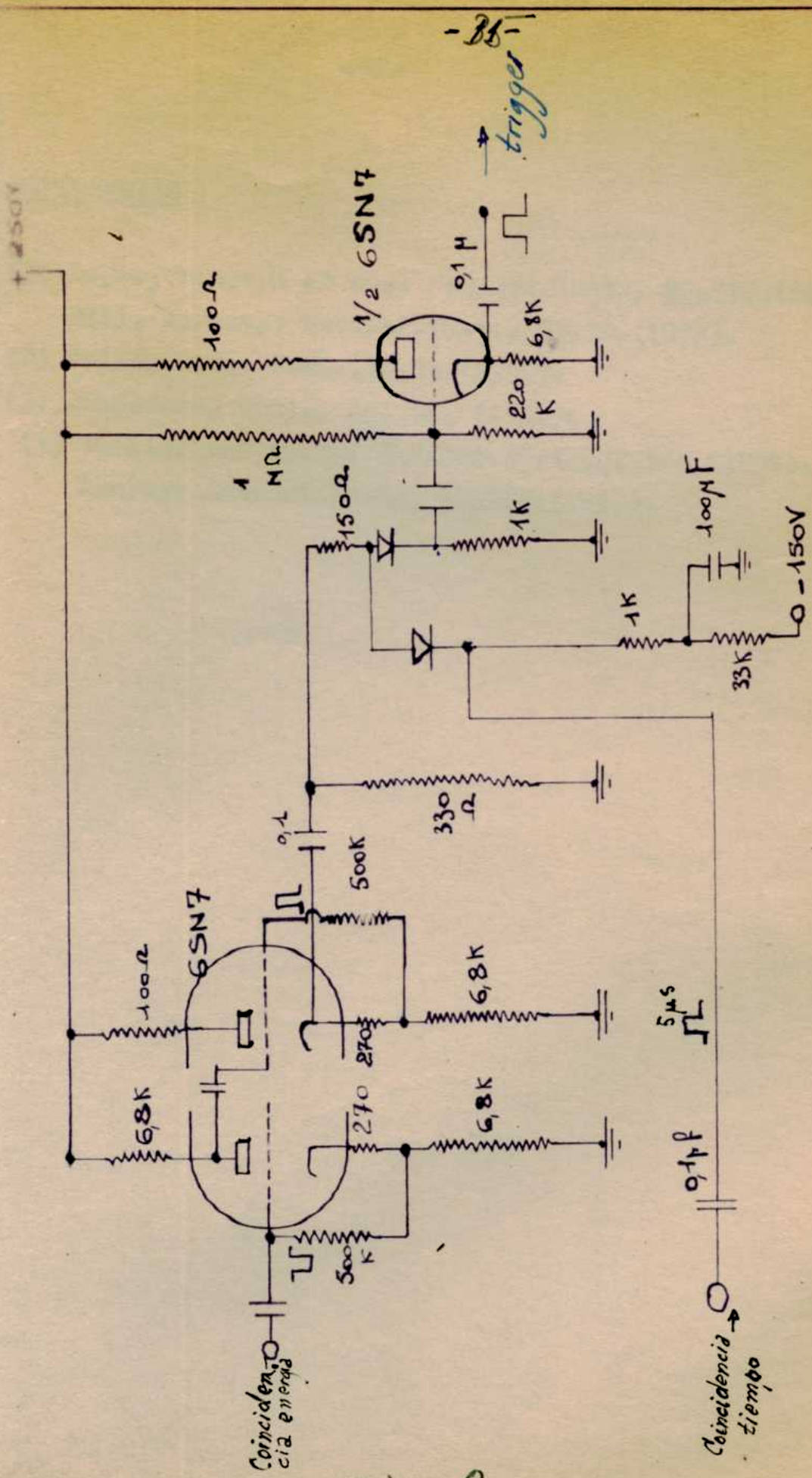


Fig. 5





-88-  
trigger

Coincidencia  
en tiempo

Coincidencia  
tiempo

Fig. 6

REFERENCIAS

- (1) Boyer, Deutsch et al.: Rev.Sci.Inst., 22, 310, (1951).  
Bell, Jordan,: Rev.Sci.Inst., 23, 30, (1952).
- (2) Kelley, G.G.: Nucl., 10, 34, (1952).
- (3) Johnstone, Nucl., 12, 36, (1952).
- (4) Smaller and Avery: Rev.Sci.Inst., 22, 341, (1951).  
Lundby: Rev.Sci.Inst., 22, 342, (1951).

## Generals

, B.B.: Phys. Rev., 72, 526, (1947)

, J.: J. Phys. Rd., 7, 145, (1946)

, B.B.: op. cit. (2)

140

N

2 publicise)



# REPÚBLICA

## INDICE

|   |        |
|---|--------|
| 1.- Resumen   | pág. 2 |
| 2.- Sumario   | 3      |
| 3.- Propiedades de los diferentes detectores  | 4      |
| 4.- Descripción de un espectrómetro de escintilac.  | 6      |
| 5.- Espectro de calibración para radiación $\gamma$   | 12     |
| 6.- Espectro de calibración para radiación $\alpha$   | 15     |
| 7.- Espectro de la radiación $\gamma$ del d.a. del Th   | 17     |
| 8.- Espectro de la radiación $\alpha$ del d.a. del Th   | 18     |
| 9.- Método de detección de radiaciones en coincidenc.   | 19     |
| 10.- Experiencias que permiten poner en<br>evidencia la línea $\gamma$ de 40 Kev del ThC <sup>2</sup> | 20     |
| 11.- Conclusiones   | 23     |

*M. S. S. S.*

*Coronado*