

INFORME DEL TRABAJO DE INVESTIGACION
REALIZADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR
AL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN FÍSICA



PEDRO MENARES ALVAREZ



Julio de 1973
Santiago, CHILE

06338

UNIVERSIDAD DE CHILE
SEDE SANTIAGO ORIENTE
BIBLIOTECA CENTRAL

Física

M 535

1943

INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO DE UN METODO PARA
REALIZAR MEDICIONES SIMULTANEAS DE SECCIONES EFICACES
A DISTINTO ANGULO PARA EL SCATTERING n-p

Dedico este trabajo

A mi hija

INDICE

	<u>Pág.</u>
AGRADECIMIENTOS -----	i
SIMBOLOS -----	ii
CAPITULO 1 - INTRODUCCION -----	1
CAPITULO 2 - EL HAZ DE NEUTRONES -----	2
2.1 - Area Experimental -----	2
2.2 - El haz de neutrones -----	2
2.3 - Sistema de refrigeración del blanco de TiT--	3
2.4 - Portablanco de TiT -----	3
2.5 - Características del termo -----	4
2.6 - Conclusión -----	4
2.7 - Verificación de no evaporación de TiT ----	5
CAPITULO 3 - LOS DETECTORES E y ΔE -----	6
3.1 - Construcción de la mesa de scattering-----	6
3.2 - Los detectores E y ΔE -----	6
3.3 - Técnica para ajustar coincidencias -----	7
3.4 - Coincidencias E \cdot ΔE \cdot TAC -----	8
3.5 - Mediciones biparamétricas -----	9
3.6 - El Routing -----	10
3.7 - Medición simultánea para verificar la simetría del sistema -----	13
3.8 - Cálculo de la pérdida de energía -----	14
3.9 - Resultados preliminares de la medición a $\pm 10^\circ$	15
APENDICE 1 - Precauciones con el termo de aire líquido---	17
2 - Ajuste Walk S.C.A. -----	17
REFERENCIAS -----	18

AGRADECIMIENTOS

Quisiera aprovechar esta oportunidad para agradecer en primer lugar a los que me han enseñado en alguna medida, desde mi profesora de primera preparatoria señora EVA PINO, hasta los doctores WALTER MULLHALL y CARLOS LOPEZ.

A mis padres y mi esposa por su orientación y apoyo fundamental.

A los que me dieron horas de recreación, meditación y emoción invaluable; mis amigos y compañeros, en especial a Carlos Veas, Rafael Torres, Pedro Retamal, María Ester Brandan y Elías Tuma.

A Los Beattles, Sócrates y Colo Colo.

Al grupo de Neutrones de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile bajo cuya guía y supervisión realicé el presente trabajo.

Colo Colo

ujo

SÍMBOLOS

En los diagramas electrónicos en bloques se utilizarán :

410	Amplificador lineal
420	Analizador monocanal
414	Coincidencias rápidas (110 n seg)
409	Coincidencias lentas y puerta lineal
426	puerta lineal
109 A	Preamplificador (ΔE)
113	Preamplificador
TAC	Convertidor tiempo amplitud
453	Discriminador rápido
T 101	Discriminador rápido
427	Amplificador de retardo
AN 106	Amplificador
Delay	Cajas de retardo
Mix	Mezclador
BPO	Captador de Haz
50 Ω splitter	Duplicador de pulso
M.C.	Analizador multicanal
Scal	Escalímetro
==	pulso lineal
—	pulso lógico
$E/\Delta E$	medición biparamétrica $E \text{ V/s } \Delta E$

CAPITULO 1 - INTRODUCCION

Los grupos de Yale y Buffalo y el de Livermore han proporcionado un ajuste de los phase shift del scattering nucleón -nucleón para energías bajo el nivel de la producción de piones; sin embargo, los ajustes obtenidos por estos grupos difieren a bajas energías, esta discrepancia resulta parcialmente de la gran incerteza en la medida de las distribuciones angulares del scattering n-p para energías bajo 50 Mev.

Briet et al. (Ref.5) han mostrado que la inclusión de medidas más precisas (Ref.6) ayudaron a resolver la ambigüedad entre los análisis.

Por esta razón uno de los objetivos presentes del grupo de neutrones de la U. de Chile es medir simultáneamente la sección eficaz diferencial a 0° y 90° C.M. del scattering n-p, o para ser más precisos lo que se quiere es $(\frac{\sigma(\theta)}{\sigma(45)})_{\text{Lab.}}$

En la primera etapa del trabajo se realizaron las medidas de la "reacción $T(d,n)^4\text{He}$ para la producción de neutrones". (Memoria de Massmann) o sea las características del haz de neutrones.

En la segunda etapa que es la que corresponde a este informe, se resolvió el problema de la temperatura del blanco de TiT , se construyó la mesa de scattering, se consiguieron coincidencias $E \cdot \Delta E \cdot \text{TAC}$ en un rango de 100 n/seg para espectros E y ΔE ; se desarrollaron mediciones biparamétricas E v/s ΔE y finalmente mediciones simultáneas E_1 v/s ΔE_1 E_2 v/s ΔE_2 usando el sistema de Routing a $\pm 10^\circ$ para comprobar la simetría del sistema.

CAPITULO 2 - EL HAZ DE NEUTRONES

2.1 Area Experimental.-

El trabajo se realiza en el ciclotrón de la Universidad de Chile cuya planta está en la figura 2.1

2.2 El haz de Neutrones.-

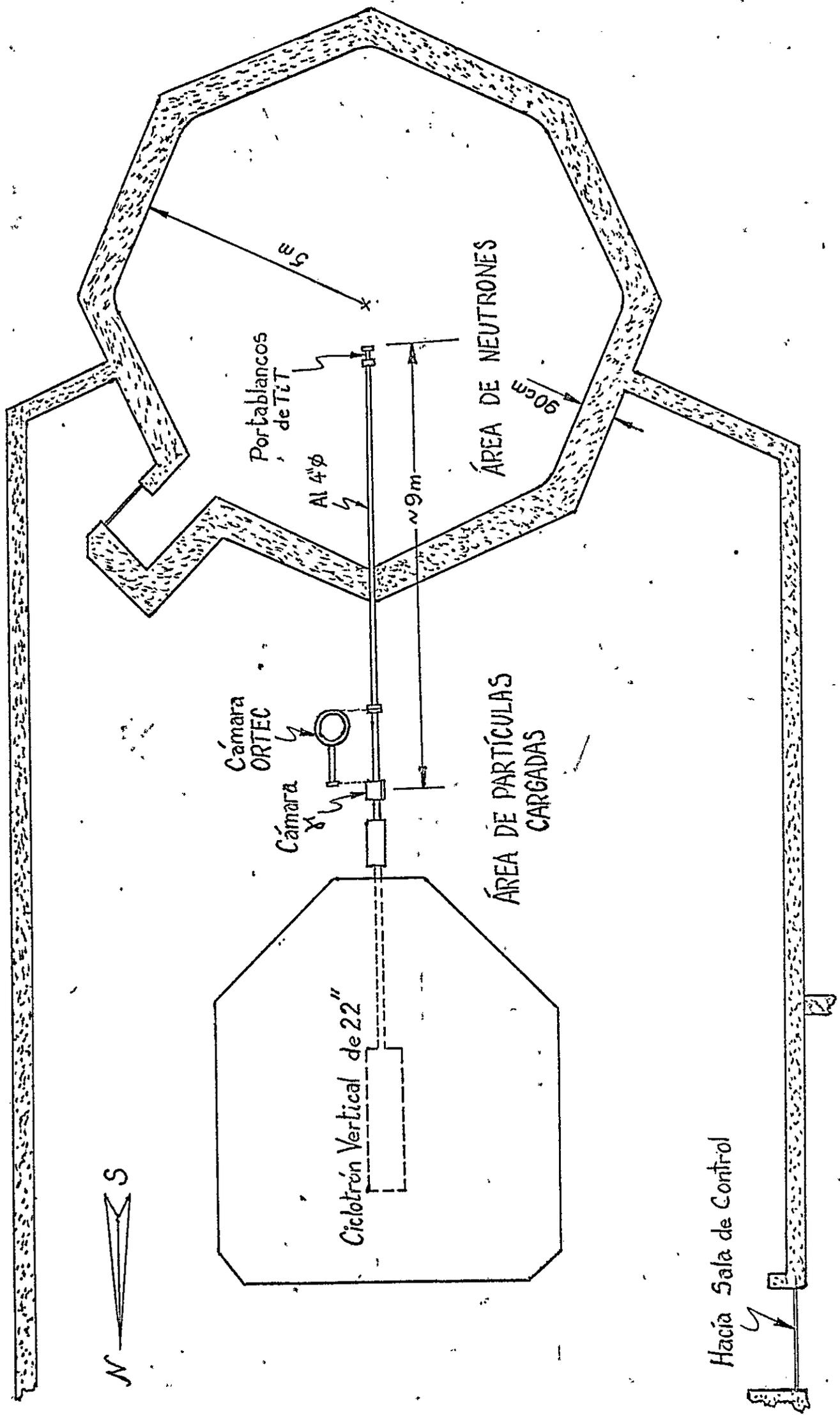
Para producir un haz de neutrones aquí se utilizó la reacción $T(d,n)^4He$ que tiene un $Q = +17.588$ Mev. Los deuterones son acelerados en el ciclotrón de la Universidad de Chile, que para una radiofrecuencia en las dees de 27.468 Mc alcanzan una energía de $4.796 \pm 0,007$ Mev en una corriente del orden de $1 \mu A$ (Ref.1)

El blanco de Tritio es un blanco sólido construido por U.S.Radium Corp., que consiste en una película de Titanio (grosor 0.0004") impregnada con tritio y depositada sobre una película de Pt (grosor 0.0002") para dar mayor rigidez al blanco.

Por tanto al incidir deuterones de 4.795 Mev las reacciones posibles que producen neutrones son :

a)	$T(d,n)^4He$	$Q = + 17.588$
b)	$T(d, n + p) T$	$- 2.224$
c)	$^{49}Ti (d, n) ^{49}V$	$+ 4.528$
d)	$^{195}Pt(d, n) ^{196}Au$	$+ 3.120$

Los neutrones que usaremos serán los producidos por la reacción (a) los cuales debido a su gran diferencia de energía se discriminan del



Planta del Ciclotrón y Área de Neutrones. Escala 1:100

Fig. 2.1

resto usando la técnica del tiempo de vuelo, por lo tanto podemos considerar el haz de neutrones monoenergético y su energía es de $21,80 \pm 0,15$ Mev y su intensidad a 0° del orden de $10^7 \frac{n}{seg}$ (por unidad de ángulo sólido) (Ref.1).

2.3 Sistema de refrigeración del blanco de Tritio.-

Debido a la fabricación del blanco de Tritio, (Ref.1) este no se puede calentar sobre $200^\circ C$ si se quiere evitar pérdidas de Tritio por evaporación; por lo tanto es conveniente tener un adecuado sistema de refrigeración del blanco.

En general los sistemas usados son :

- a) por rotación del blanco, el cual consiste en girar el blanco con respecto al haz, y de esta manera la parte irradiada del blanco cambia continuamente (fig.2.2) y una parte irradiada se enfría antes de ser irradiada nuevamente (Ref.2).

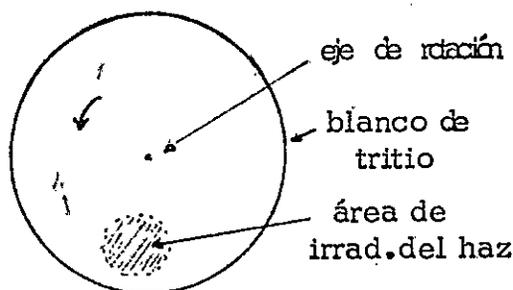


Fig. 2.2

- b) refrigeración por agua (Ref.3)
 c) por combinación de ambos
 d) refrigeración por aire líquido (idea de J.R.Morales), el cual consiste en

un termo de aire líquido que enfría el blanco por contacto térmico a través de un cilindro de cobre.

2.4 Portablancos de TiT.-

El sistema de refrigeración (d) fue el desarrollo en este trabajo, quedando el portablancos de TiT como lo muestra la fig.23 y las características térmicas del termo en estas condiciones están en el párrafo siguiente.

2.5 Características del termo.-

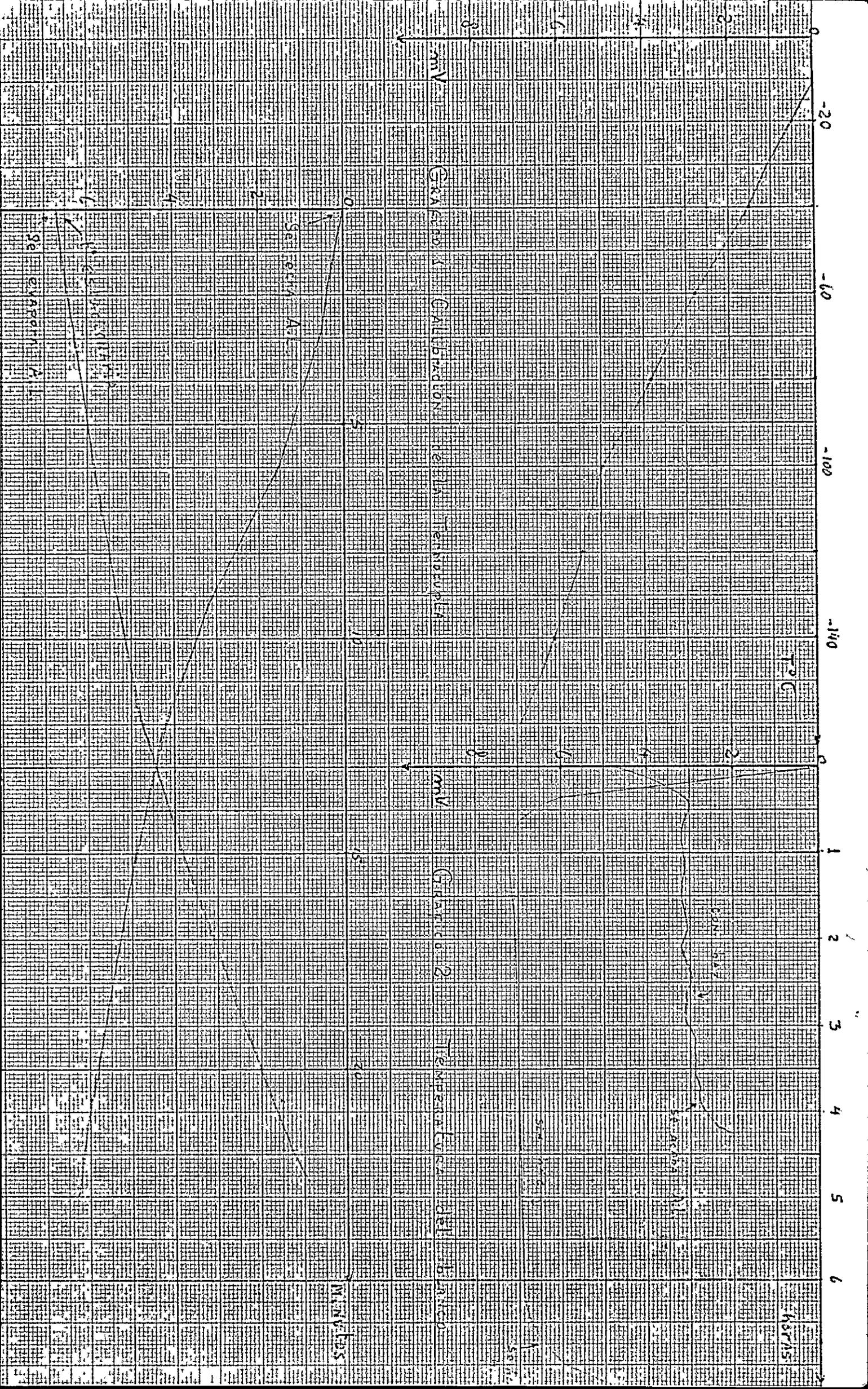
Para verificar las propiedades refrigerantes de nuestro termo, se realizaron medidas de temperatura usando una termocupla de Iron-constant cuya curva de calibración está en el gráfico (1) y en lugar del blanco de Tritio (sumamente delicado y peligroso) se usó uno de Fe ya que sus características térmicas son muy parecidas. La termocupla se puso a presión entre el blanco de Fe y el portablancos. En el gráfico (2) está la curva de enfriamiento del blanco sin haz de deuterones; se comienza a medir desde el momento que se echa aire líquido al termo. De esta medición salen dos cosas importantes primero que en solo 15 min. el blanco alcanza una temperatura de -140°C y que el aire líquido dura 7 horas.

La segunda medición se realiza con una corriente de deuterones de $1 \mu\text{A}$ que empieza a irradiar 15 min después de haber puesto el aire líquido; lo importante de esta medición es que la temperatura estacionaria de trabajo es de -60°C y que el aire sólo dura 4 horas (gráf.2)

En el gráfico 3 tenemos las curvas de enfriamiento de t° ambiente t° estacionaria y la de calentamiento (al evaporar el aire líquido con un calefactor) t° estacionaria \rightarrow t° ambiente.

2.6 Conclusión.-

El sistema de refrigeración es excelente en el blanco la t° de trabajo es de -60°C para una corriente de deuterones de $1 \mu\text{A}$ suponemos que no hay pérdidas de Tritio por evaporación.



0 -20 -60 -100 -140 0 1 2 3 4 5 6

mmV I II III aVR aVL aVF V1 V2 V3 V4 V5 V6

MINUTES

LEADS

La temperatura estacionaria sin haz es de -165° y con haz es -60° con lo cual $\Delta t^{\circ} = 105^{\circ}\text{C}$, los cálculos de Massmann (Ref.1) dan 120°C .

2.7 Verificación de no evaporación de Tritio.-

Se tenían evidencias previas de la pérdida de tritio por evaporación para corrientes superiores a $0.5 \mu\text{A}$ de deuterones lo que obligó a trabajar en la primera etapa con corrientes de solo $0.3 \mu\text{A}$ (Ref.1); esto exigió desarrollar el sistema de refrigeración antes indicado y para verificar efectivamente que no hay evaporación de tritio procedimos a tomar espectros de tiempo de vuelo cada 2 horas sobre un umbral de detector fijo, se integraron los peaks de n y γ y comparamos las razones n/γ resultando todas muy parecidas dentro de un 5%; lo que asegura que no se ha perdido tritio, ya que entre cada espectro se irradiaba constantemente el blanco con una corriente de $0.8 \mu\text{A}$

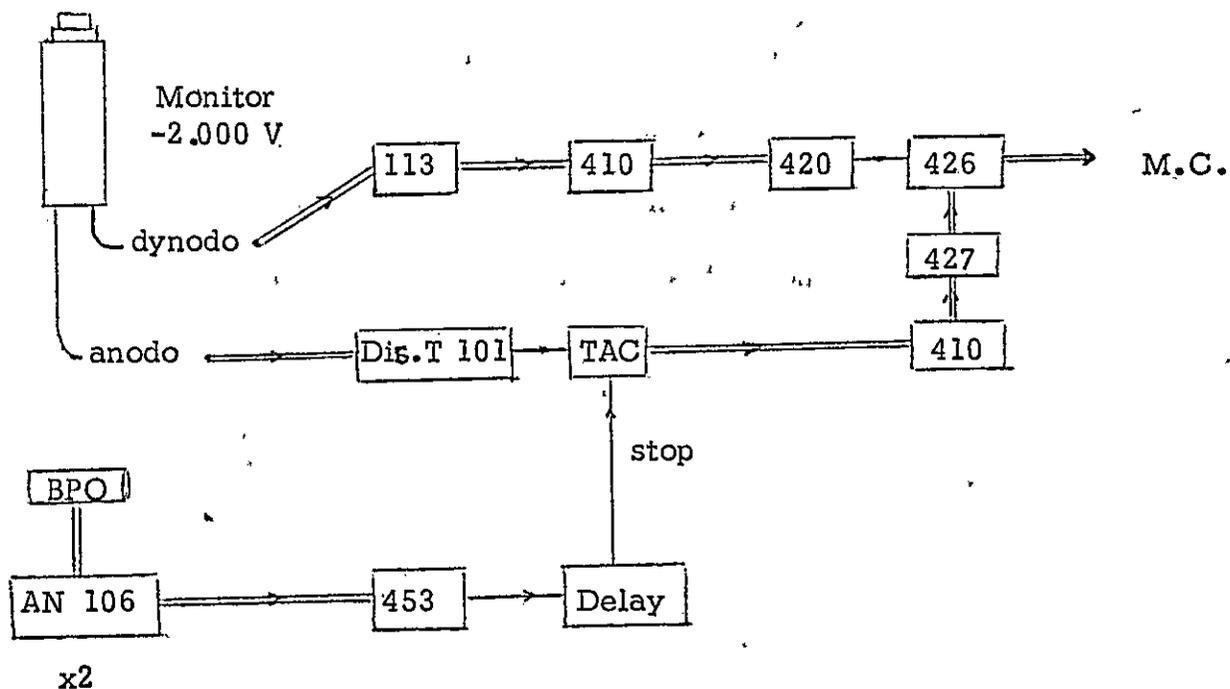


DIAGRAMA en bloques de LA electrónica usada

CAPITULO 3. - LOS DETECTORES E y ΔE

3.1 Construcción de la mesa de Scattering

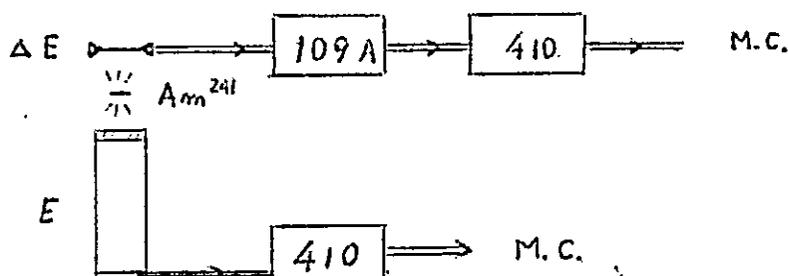
Se construyó una mesa de scattering con dos brazos de 1,2 m, movibles en forma independiente; para una distancia de 22 cm entre el porta ΔE y el blanco de $(CH_2)_n$ la abertura de los brazos puede variar entre 20° y 160° . Para el caso de una abertura de 45° la distancia $(CH_2)_n - \Delta E$ puede variar entre 15 y 90 cm. La mesa fue graduada de 5 en 5° con un error menor que un 0,5%.

3.2 Los Detectores E y ΔE

El detector ΔE es un detector de barrera superficial de Si construido por la Ortec, tiene un grosor de 150μ , una superficie efectiva de 300 mm^2 y se polariza con un potencial efectivo de 80 V. Protones de energía mayor de 5 Mev no son detenidos en el ΔE , sino que solamente pierden parte de su energía dando lugar a pulsos que dependen sólo de la energía de la partícula.

El detector E es un cristal NE 102 de 5.1 cm y 0.6 cm de grosor el cual al ser alcanzado por una partícula cargada centellea, estos fotones son recibidos en un fotomultiplicador, dando pulsos que dependen de la energía y de la partícula.

Medición de la resolución de los detectores E y ΔE . Diagrama de la electrónica en bloques :

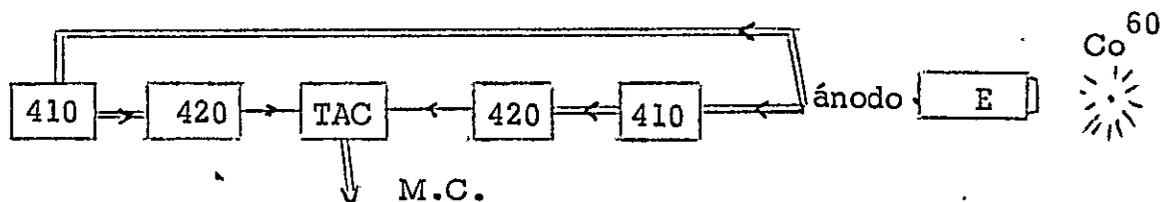


el Am^{241} emite α de 5.49 Mev . las cuales son completamente detenidos en el ΔE .

La resolución del ΔE es 15% y del E 30%.

3.3 Técnica para ajustar coincidencias.

Si se quiere ajustar las coincidencias directamente con el haz, resulta practicamente imposible porque los pulsos que interesan son del orden de 10 por minuto los cuales se pierden en el gran background de rayos γ que recibe el detector E que son del orden de 10^4 minuto para un umbral mínimo de 1 Mev de electrones, por lo cual se recomienda hacer primero un ajuste grosero de las coincidencias usando una fuente de Co^{60} ó Cs^{137} con el siguiente diagrama en bloques :



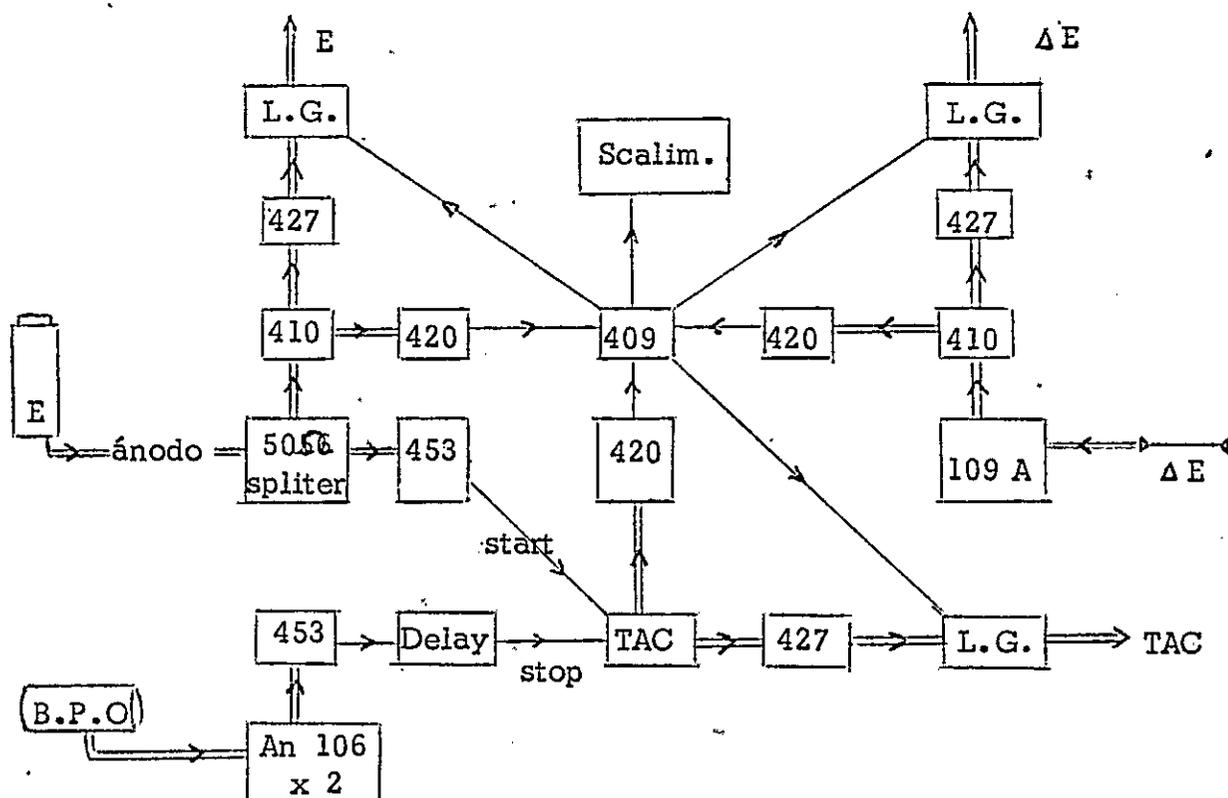
Los dos amplificadores lineales 410 deben estar en la polaridad que corresponde al pulso E y las ganancias suficientes para no saturar, basta con tener las coincidencias en el rango de $0,1 \mu s$.

Luego se procede al ajuste fino usando el haz; con el mismo diagrama anterior pero con las entradas E y ΔE correspondientes y las polaridades y ganancias que correspondan y sin cambiar las constantes de int. y dif. se ajusta con el haz, si el ancho del peak es aproximadamente $0.1 \mu s$ se ajusta el delay de los 420 A y listo.

Nota : Antes de ajustar las coincidencias, se recomienda ajustar los Walk de los S.C.A. 420 A. (ver apéndice).

3.4 Coincidencias E \cdot ΔE \cdot TAC

Diagrama en bloques de la electrónica :



Con este diagrama se lograron coincidencias

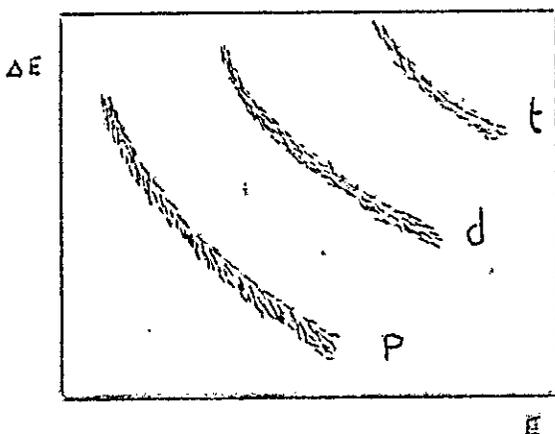
E \cdot E \cdot TAC y se obtuvieron espectros unidimensionales E, ΔE , TAC y espectros bidimensionales E/ ΔE y E/TAC

Las coincidencias tienen por objeto individualizar las partículas que uno quiere investigar; en este caso particular son los protones.

El protón emergente de la interacción n-p pasa por el ΔE en donde pierde parte de su energía produciendo un pulso que depende de E y este mismo protón llega al detector E en donde pierde toda su energía dando lugar a un pulso proporcional a E ; estos dos pulsos son los que se les exige coincidencia; para limpiar aún más el espectro se puede exigir el requerimiento de tiempo de vuelo (TAC) para dicho protón y de esta manera discriminar con los de menor energía producidos en otras reacciones.

3.5 Mediciones Biparamétricas.

En el analizador multicanal se usan 64 canales en la F abscisa y 64 en la M ordenada, en la entrada F ponemos E y en la M ordenada los ΔE los cuales entran en coincidencia obteniendo así información en uno de los 4.096 canales. Con esto se consigue que el ruido y las coincidencias fortuitas interfieran al mínimo con el peak que nos interesa; este mismo sistema sirve para identificar partículas ya que para una misma energía total, los pulsos producidos en los detectores E y ΔE son distintos para protones, deuterones, alfas, etc. (fig.3.3); la energía total es $E + \Delta E$. En la figura



se muestra las trazas que dejarían haces de protones, deuterones y tritones con un amplio rango de energías.

El multicanal debe estar en posición "contour".

Para ver el peak se usa el contour level el cual corta el espectro $E/\Delta E$ a distintas alturas (Fig.34).

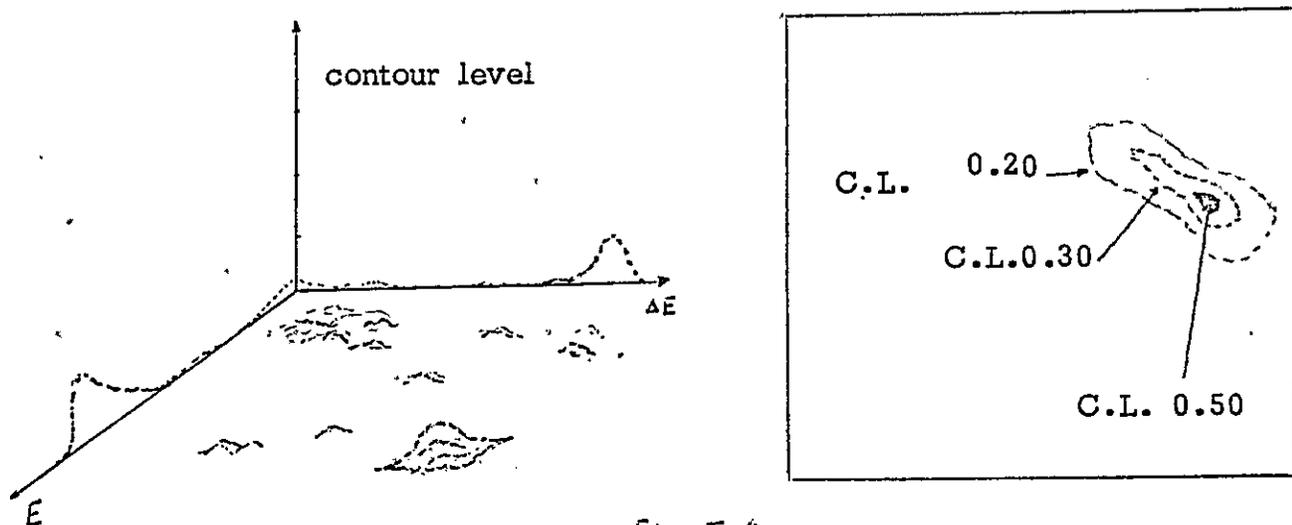
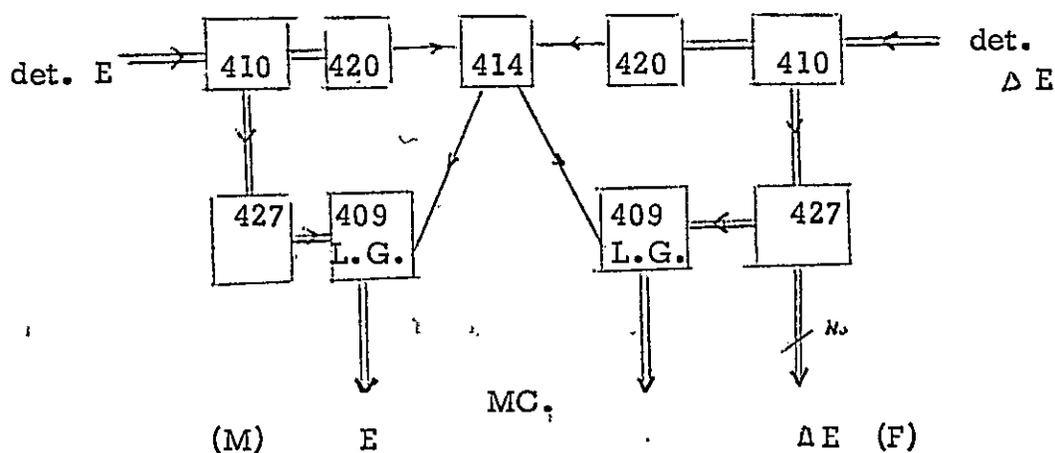


Fig 3.4

Diagrama de la electrónica en bloques para obtener espectros biparamétricos $E/\Delta E$ con coin $E \cdot \Delta E$:



3.6 El Routing.

Es una modificación al multicanal^(°) que consiste entre otras cosas, transformar el multicanal que consiste que en su estado biparamétrico tiene 64 x 64 canales en 2 multicanales de 32 x 64

(°) Realizada por el Dr. J. Zamudio y Ralph Benson.

canales cada uno pudiéndose de esta manera realizar dos mediciones biparamétricas simultáneas e independientes.

Al haber una coincidencia $E_1 \cdot \Delta E_1$ un pulso lógico que va al Routing 0 abre la memoria superior, acumulándose en ese sector la información correspondiente; en tanto que las coincidencias $E_2 \cdot \Delta E_2$ abren la memoria inferior correspondiente al Routing 1 para acumular $E_2 / \Delta E_2$ (fig.3.5).

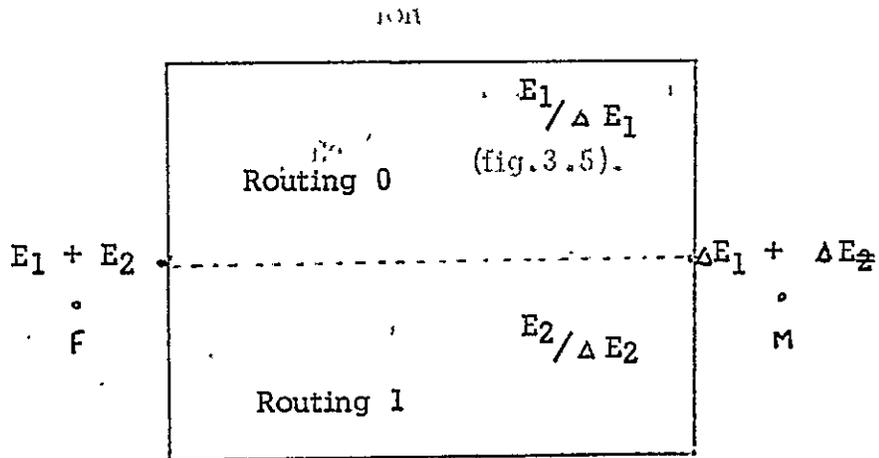
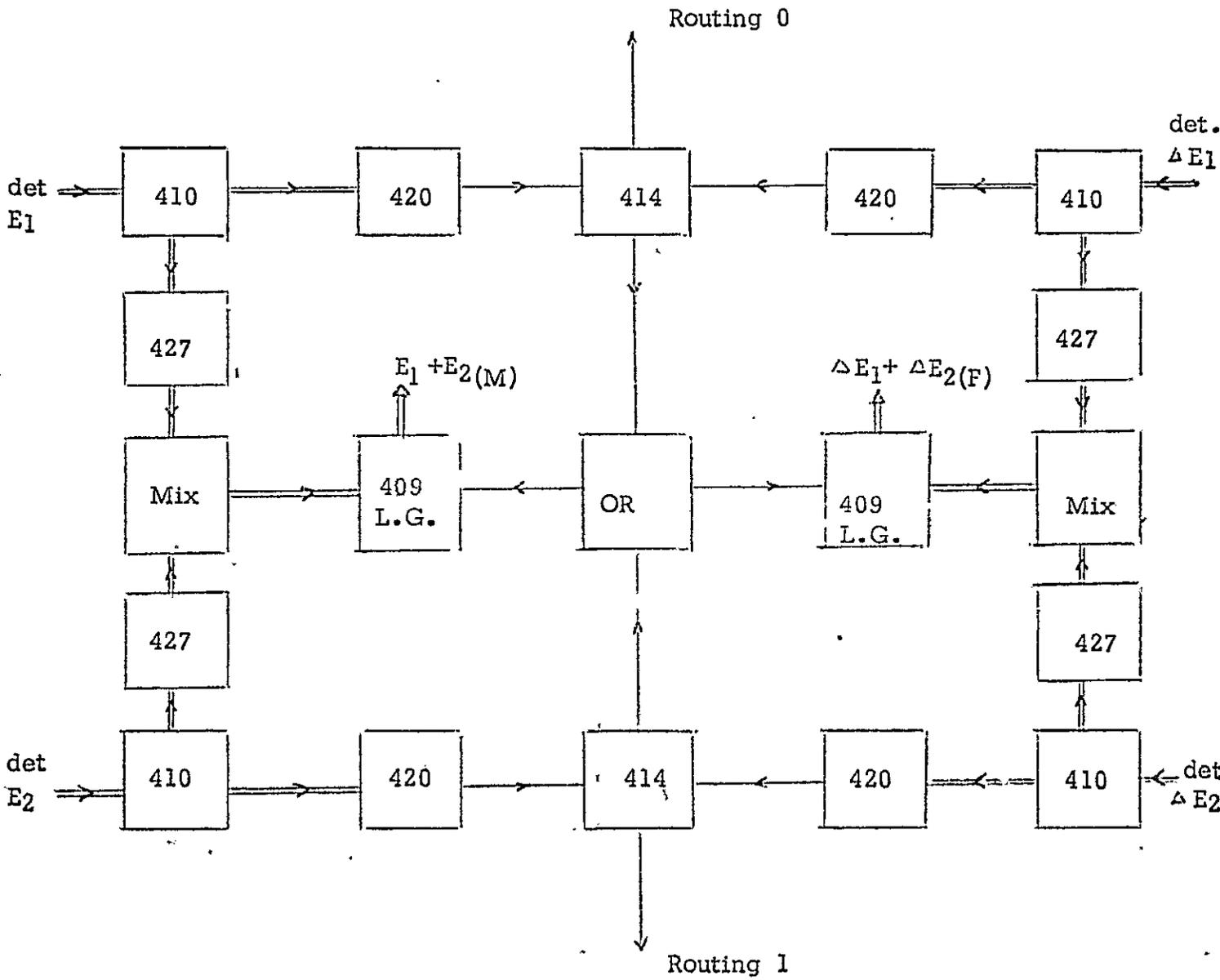


Fig 3.5

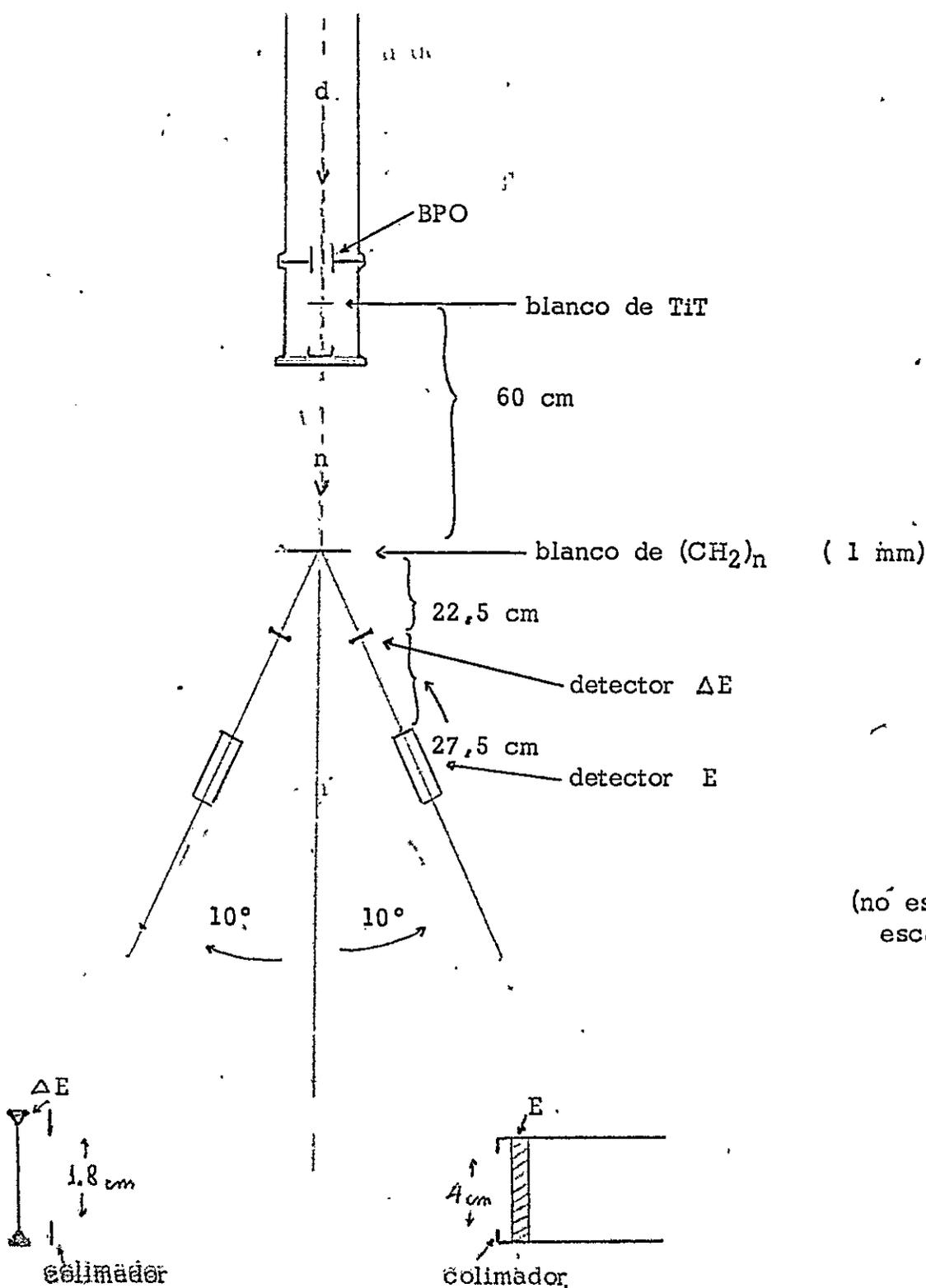
Diagrama en bloques de la electrónica para tomar espectros $E_1/\Delta E_1$, $E_2/\Delta E_2$ con coincidencias $E_1 \pm \Delta E_1$, $E_2 \pm \Delta E_2$ usando el sistema de Routing :



3.7 Medición simultánea para verificar simetría del sistema.

En la mesa de Scattering se pusieron los brazos a $\pm 10^\circ$ y usando diagrama en bloques correspondientes se midió $E_1/\Delta E_1$ $E_2/\Delta E_2$ coincidiendo $E_1 \cdot \Delta E_1$, $E_2 \cdot \Delta E_2$ usando Routing.

La geometría usada fue la siguiente :



3.8 Cálculo de pérdida de energía.

Los neutrones producidos en el blanco de TiT conservan su energía de 21.8 Mev hasta llegar al blanco de $(CH_2)_n$; los protones emergentes, debido a la interacción n-p que salen en promedio a 0.5 mm del blanco de $(CH_2)_n$ van perdiendo parte de su energía en los distintos medios que atraviesan antes de llegar al detector E (partículas ionizantes).

Para la geometría anterior influye entonces :

0.5 mm $(CH_2)_n$ 22.5 cm de aire, 150 μ de Si, 25 cm de aire, 7 μ de Al.

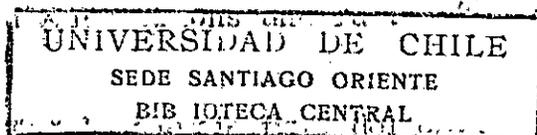
La energía del protón emergente en un ángulo θ es $21.8 \cos^2\theta$ con lo cual obtenemos la siguiente tabla :

θ	E_p	0.5 mm $(CH_2)_n$	22.5 cm Aire	150 μ Si	27.5 cm Aire	7 μ de Al
0°	21.8	1.10 → 20.7	0.68 → 20	0.7 → 19.3	0.8 → 18.5	
10°	20.1	1.14 → 18.96	0.72 → 18.2	0.8 → 17.4	0.9 → 16.5	
45°	10.9	2.04 → 8.86	1.35 → 7.5	1.5 → 6.0	2.0 → 4.0	
		ΔE	ΔE	ΔE	ΔE	E_f

La tabla se hizo con los datos de J.B. Marion / F.C. Young

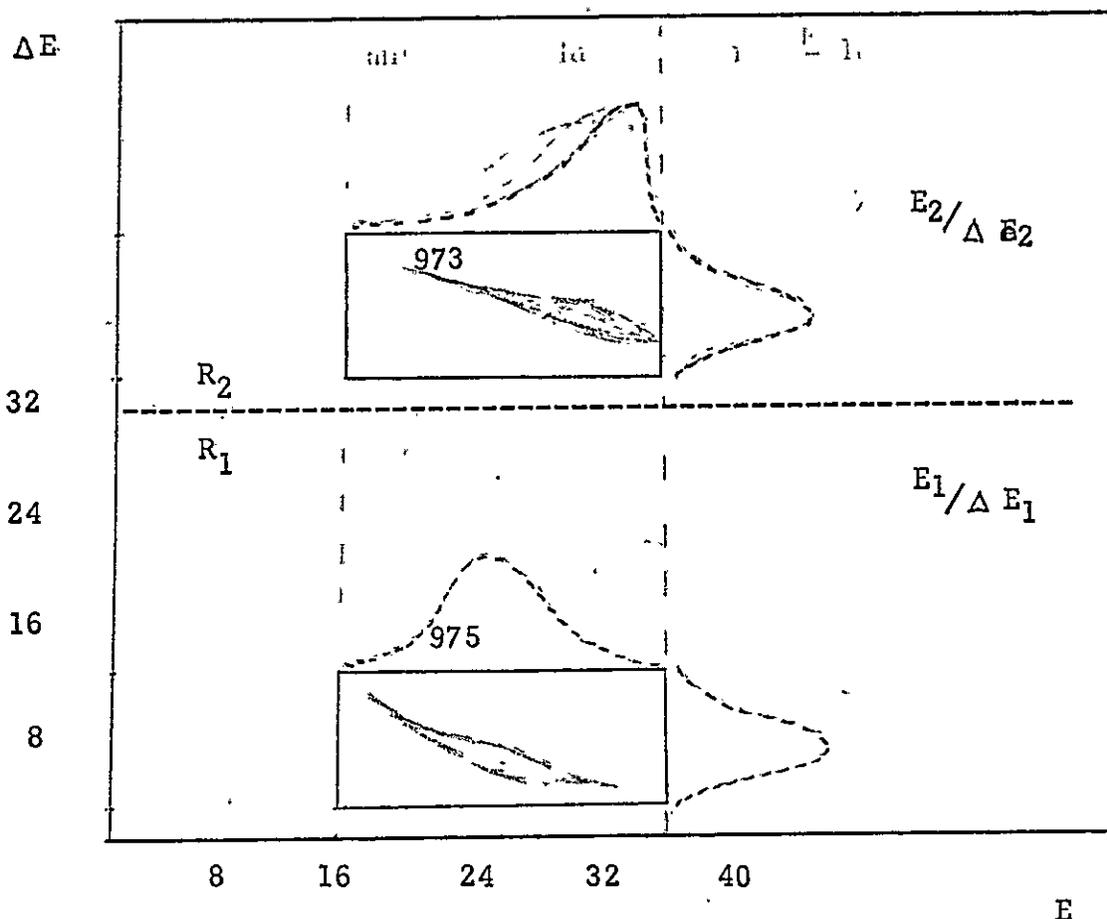
"Nuclear Reactions Analysis" Graphs and Tables (Ref.4).

Nota : observe que a 45° la energía final del protón que pierde en el detector E es muy baja, por lo tanto para la medición final hay que resolver este problema.



3.9 Resultados preliminares de la medición a $\pm 10^\circ$

NP 099 geometría (pag 13)
 tomado 24-4-73 Electrónica (Routing)
 se tomaron fotos integrador $2.000 \times 10^{-7} \text{ }^{\text{c}}$



Analizando las fotos se observa el peak correspondiente a $E_1/\Delta E_1$ está entre los canales X : $16 \rightarrow 35$ y $2 \rightarrow 11$ y el correspondiente a $E_2/\Delta E_2$ en X : $16 \rightarrow 35$ y $35 \rightarrow 44$ integrando los peak se tienen 973 cuentas para $E_2/\Delta E_2$ y 975 cuentas para $E_1/\Delta E_1$, lo que significaría que el sistema es perfectamente simétrico. Se tomó también el background en la medición NP 100 también tomada el 24-4-73 y sobre $2.000 \times 10^{-7} \text{ }^{\text{c}}$ del integrador habían 24 cuentas en el R_1 y 15 en R_2 pero solo 1 ó 2 cuentas interferían en los peaks. En todas estas mediciones lo único que puede llevar a dudas es la brusca caída del peak E_2

que significará esto, se deberá a la estrechez de las ventanas de los S.C.A., a fallas del cristal, a que se están perdiendo cuentas por el poco rango (110 ns) o por fallas del fotomultiplicador?..

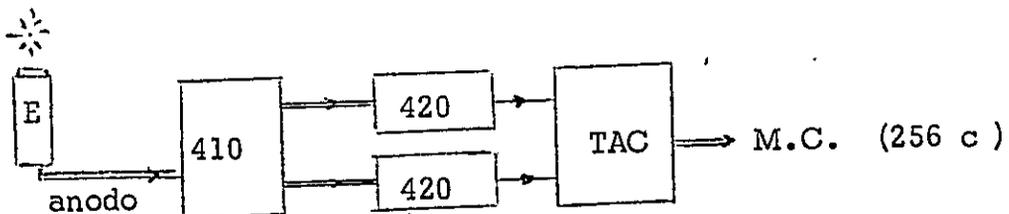
APENDICE

1.- Precauciones con el termo de aire líquido.-

- a) Debe haber buen vacío ($\sim 10^{-4}$) antes de echar aire líquido en el termo, ya que en caso contrario el cilindro de cobre y el blanco mismo pasan a ser centros de condensación de vapores y agua y la contaminación es inmediata, por esta misma razón si se va a dejar entrar aire al tubo, hay que esperar media hora después de la evaporación completa del aire líquido.
- b) Esperar aproximadamente 15 minutos antes de comenzar a irradiar, para esperar que el blanco alcance una t° de $\sim -100^\circ$
- c) Revisar el nivel del termo cada 2 horas.

2.- Ajuste de los Walk de los S.C.A.-

Antes de ajustar las coincidencias, se recomienda ajustar los walk de los S.C.A. con posición E y ΔE a nivel 0.70 con el siguiente diagrama electrónico :

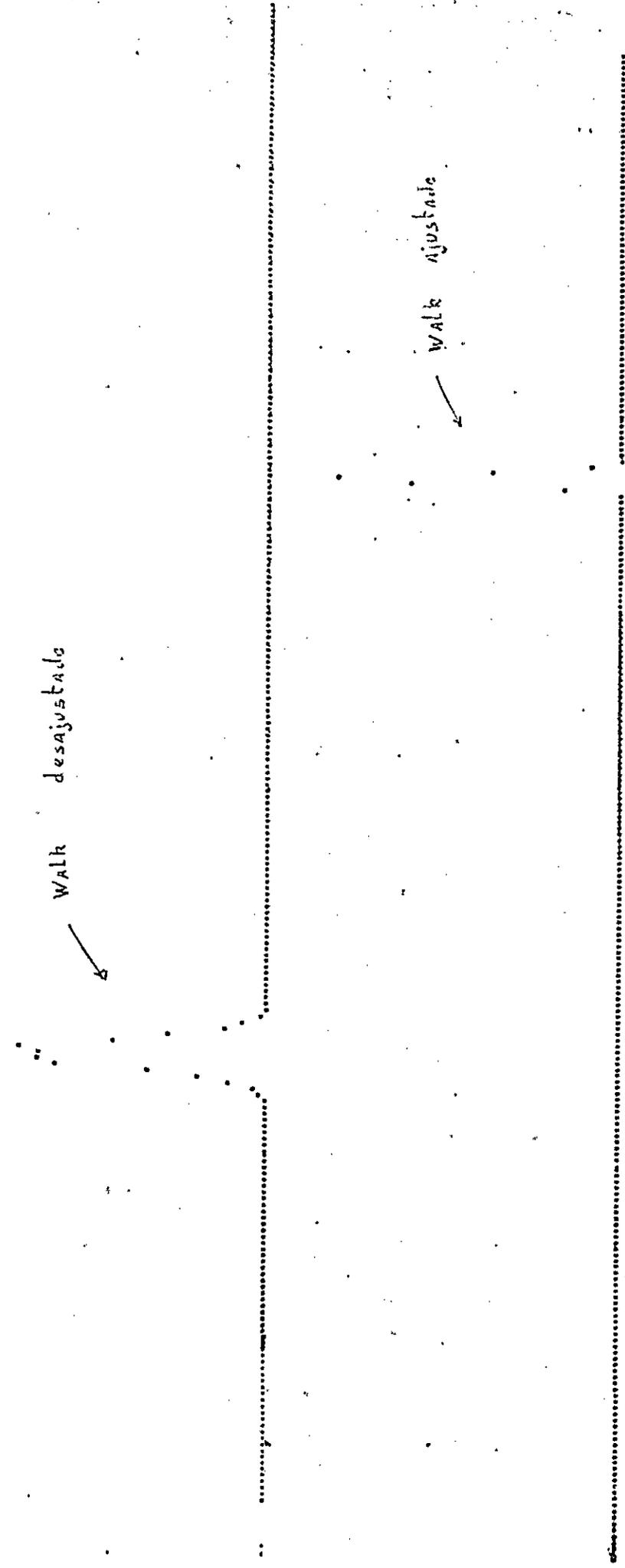


Si el TAC está en full scale 8V Range $0.05 \mu s$, en el multicanal el peak no debe tener más de 12 canales (ver espectro).

WALK desajustado



WALK ajustado



REFERENCIAS

- (1) "La reacción $T(d, n)^4He$ para la producción de neutrones"
Memoria de Herbert Massmann Leser, 1971.
- (2) J.Zamudio, J.Romero, R.Morales : Nuc.Phys
- (3) Fast Neutron Physics. Ed.Marion y Foule, p.690
- (4) "Nuclear Reactions Analysis" - J.B.Marion/F.C.Young
- (5) G.Briet, J.Lucas y M.Tischler. Phys Rev. 184 1668 (1969).
- (6) L.N.Rothenberg. Phys Rev. C 1 1226 (1970) y Ph.D Thesis
(Univ.of Wisconsin), 1969.

UNIVERSIDAD DE CHILE
SEDE SANTIAGO ORIENTE
BIBLIOTECA CENTRAL