

# TRABAJO DIRIGIDO

## CARACTERIZACIÓN DE ESPECTROS BETA CON UN DETECTOR DE BARRERA DE SUPERFICIE

AUTOR : Joaquín López Herraiz

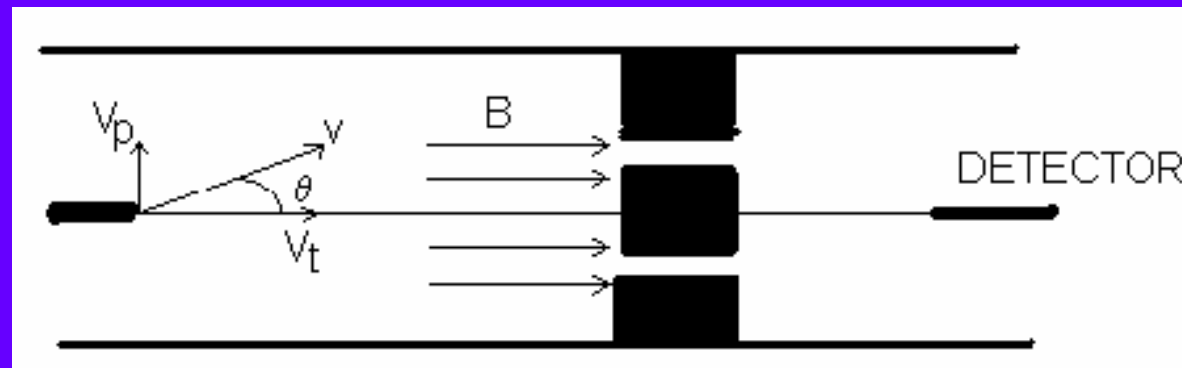
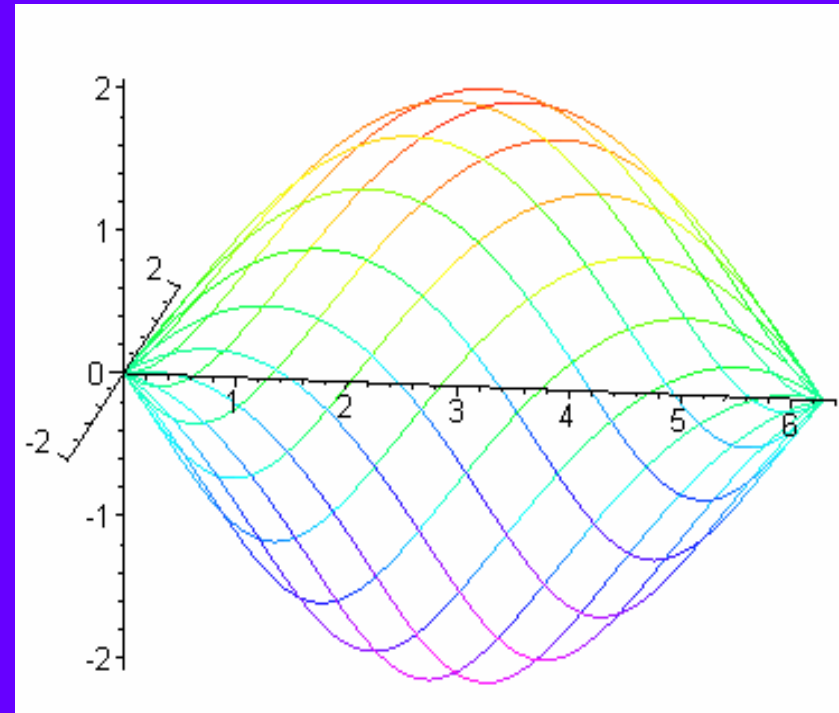
DIRIGIDO POR: José Manuel Udías Moinelo

# INTRODUCCIÓN

- 1 ) PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE ESPECTROSCOPIO BETA
- 2 ) MEJORA DE ESPECTROSCOPIO PARA DETECTAR PICO DE C.I.
- 3 ) DETERMINACIÓN DE ACTIVIDADES ABSOLUTAS
- 4 ) CARACTERIZACION DE ESPECTROS  $\alpha$  CON DETECTOR DE Si

# BLOQUE 1

- PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN ESPECTROSCOPIO BETA



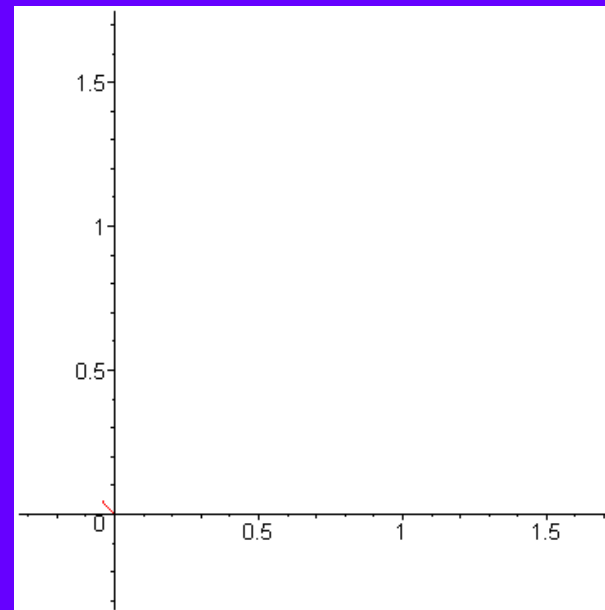
# 1.1 ) TRAYECTORIA DE ELECTRONES EMITIDOS POR UNA FUENTE BETA SOMETIDA AL CAMPO B DE UN SOLENOIDE

- CÁLCULO DE ELECTRODINÁMICA

$$r = \frac{P \cdot \text{Sen} \theta}{|q| \cdot B}$$

$$L = V \cdot \text{Cos}(\theta) \cdot \tau \quad , \quad \tau = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega = \frac{|q| \cdot B}{\gamma \cdot m}$$



## 1.2 ) ECUACIÓN DE LA TRAYECTORIA

$$\rho(z)[P, \theta] = \frac{2.P.\text{Sen}\theta}{e.B} \cdot \text{Sen} \left( \frac{e.B.Z}{2.P.\text{Cos}\theta} \right)$$

Hacemos adimensional: Usando  $P_0, \alpha$  de referencia  $\rightarrow p = P/P_0, z = Z/Z_{0 \text{ Max}}, r = \rho / \rho_0$

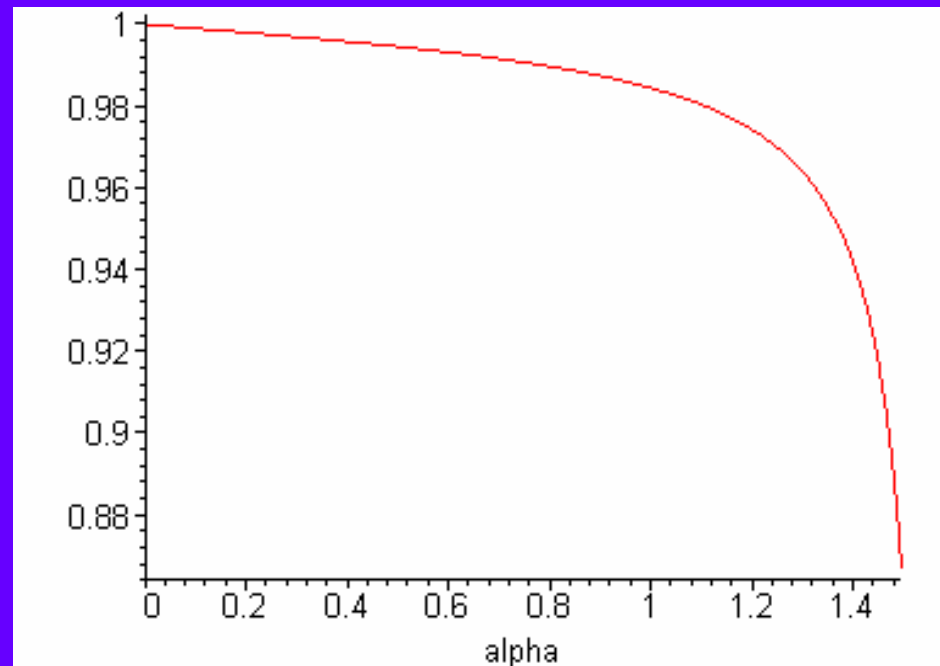


$$r(z)[p, \theta] = p \cdot \frac{\text{sen}(\theta)}{\text{sen}(\alpha)} \text{sen} \left( \frac{\pi \cdot \text{cos}(\alpha) \cdot z}{\text{cos}(\theta) \cdot p} \right)$$

## 1.3 ) FOCALIZACIÓN

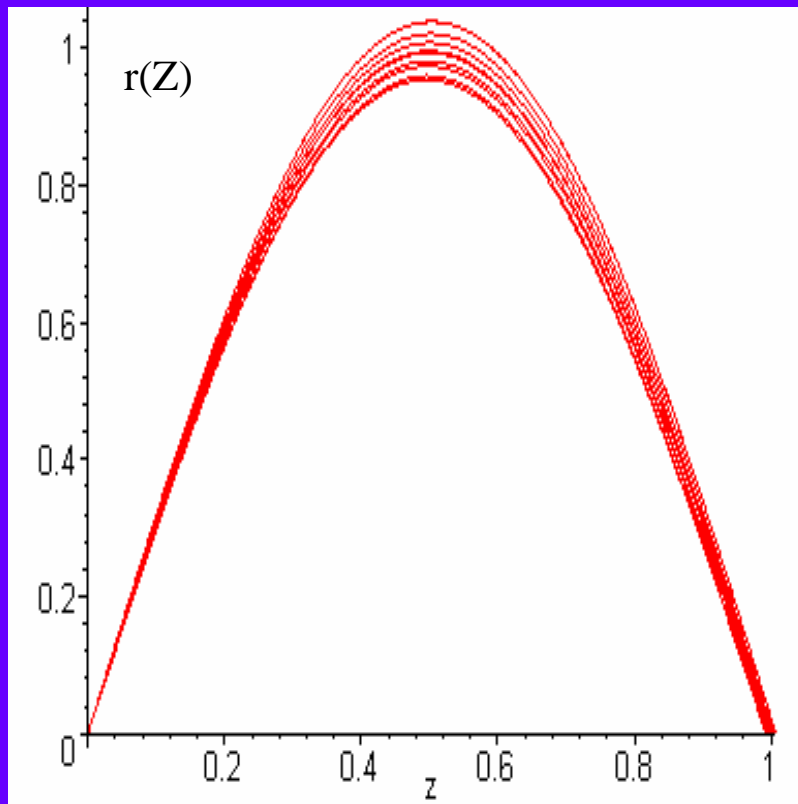
$\Delta\theta \ll 1 \rightarrow \Delta z$  pequeño (Focalización)

$\Delta p > \text{Resolución buscada} \rightarrow \Delta z$  apreciable

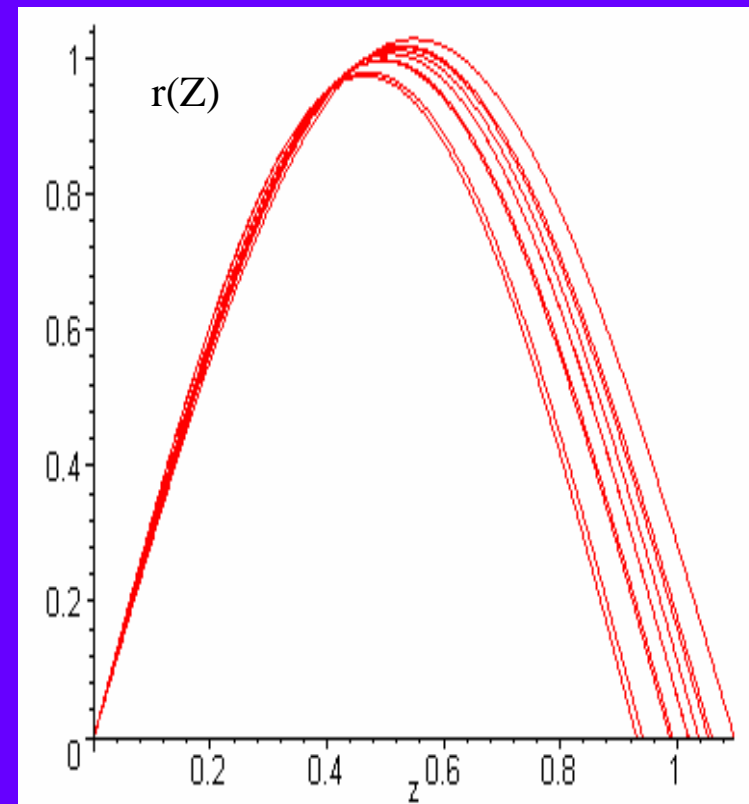


Z máxima en función de  $\alpha$  con  $\theta = \alpha + 0.01$

# 1.4 ) SIMULACIONES DE LA FOCALIZACIÓN

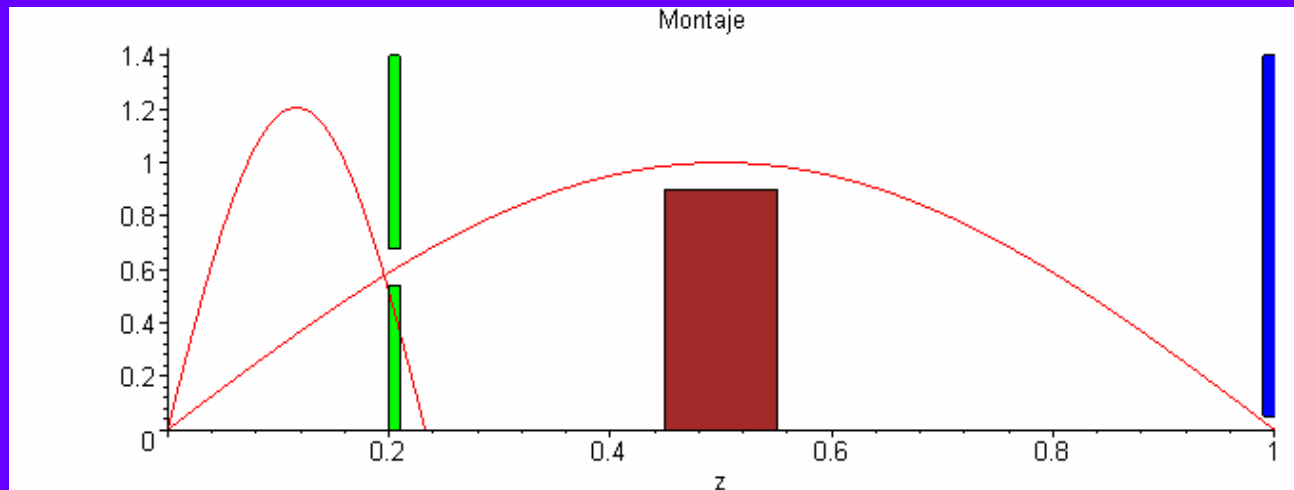


Variaciones del 5% del ángulo entorno a  $22.5^\circ$



Variaciones del 5% del ángulo entorno a  $60^\circ$

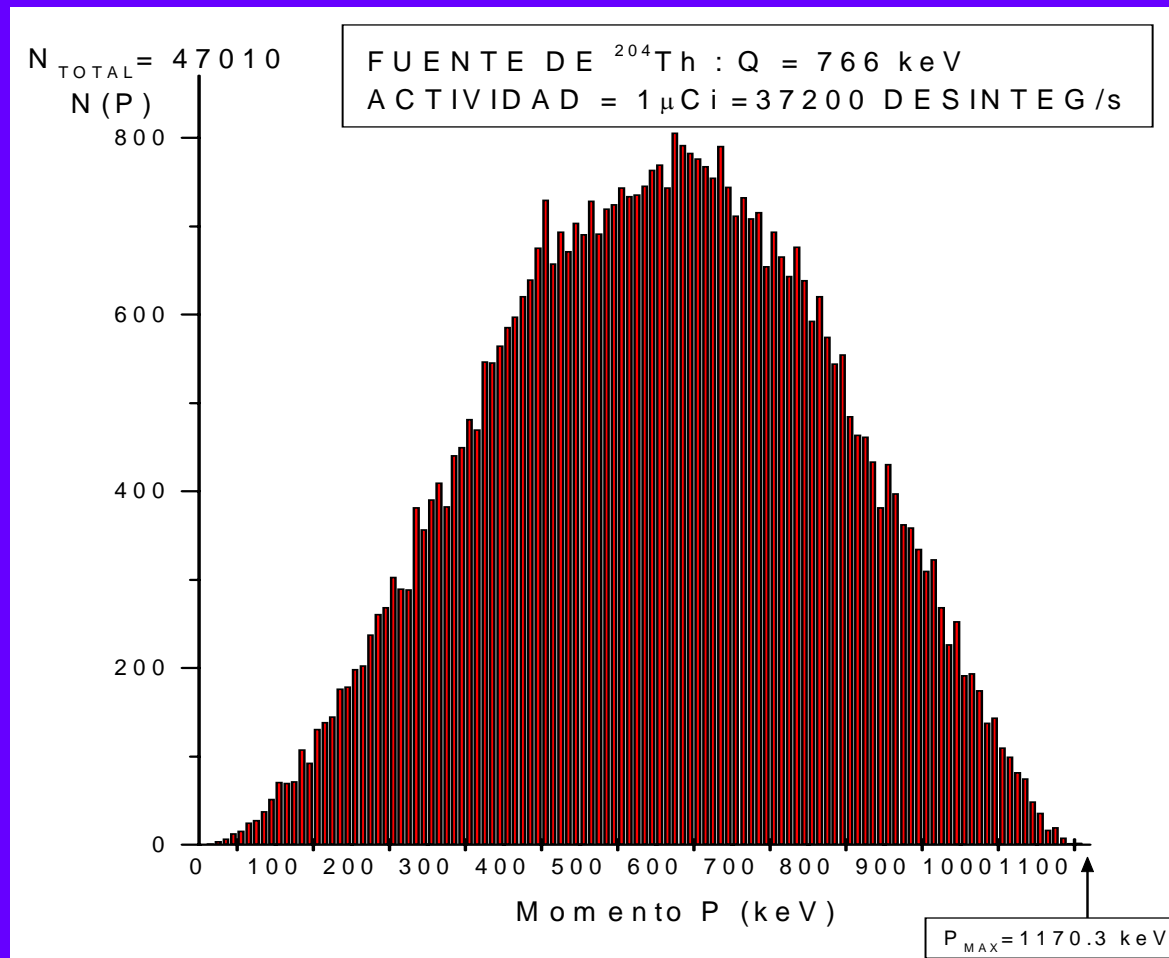
# 1.5 ) MONTAJE Y DIAFRAGMAS



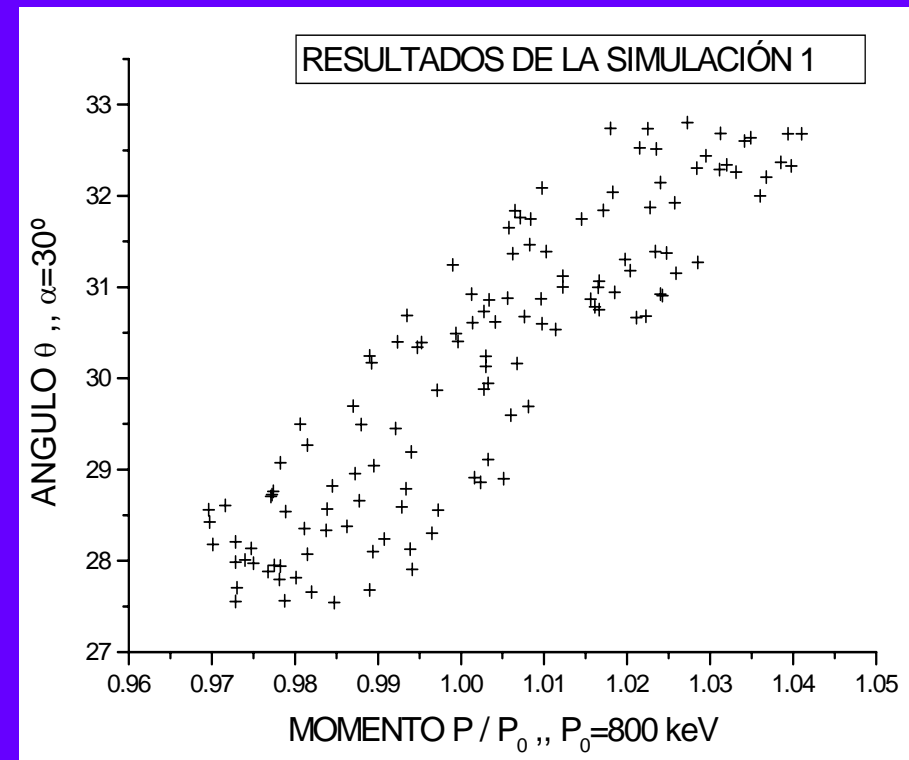
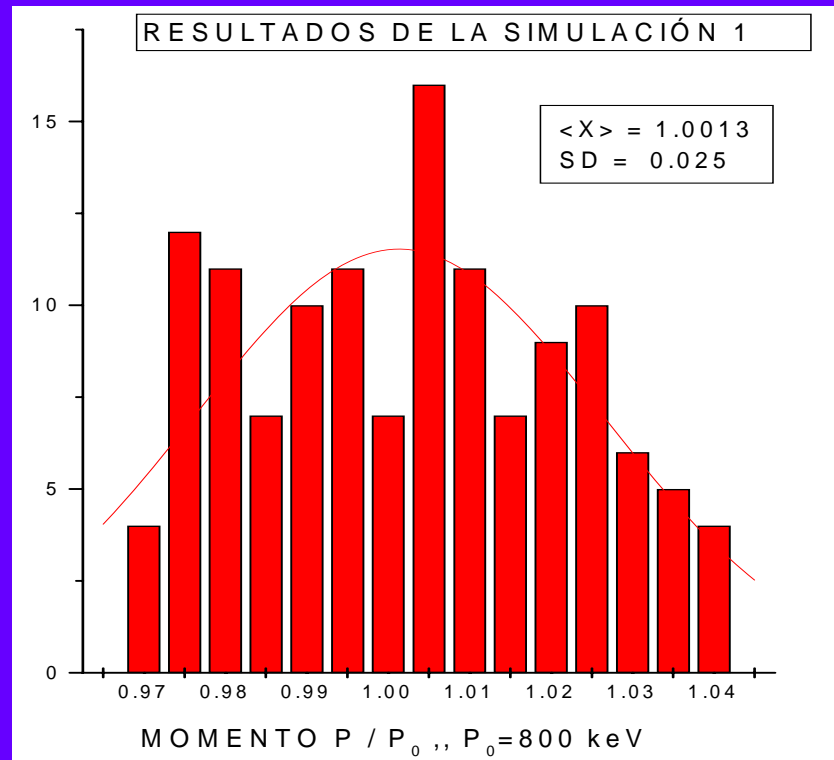
HACEMOS SIMULACIONES DE MONTECARLO PARA ESTUDIAR LAS PROPIEDADES DE ESTE ESPECTROCOPIO



# 1.6 ) SIMULACIÓN DEL ESPECTRO DEL $^{204}\text{Tl}$



# 1.7 ) RESULTADO DE LAS SIMULACIONES



# 1.8 ) CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Hasta ahora todo hecho de un modo  
adimensional, pero...

¿Cuáles pueden ser las dimensiones  
de un espectroscopio de este tipo?

$$L = \frac{\pi}{150} \frac{P[\text{keV}] \cdot \text{Cos}(\alpha)}{B[\text{mT}]} \quad [\text{metros}]$$

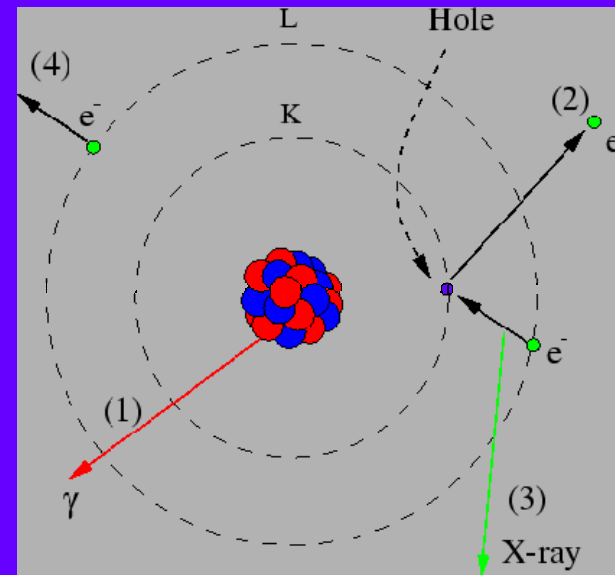
$$P = 800 \text{ keV} , B = 40 \text{ mT} , \alpha = 30^\circ \Rightarrow L = 36 \text{ cm} , R = 7.5 \text{ cm}$$

¡DEMASIADO GRANDE!

## BLOQUE 2

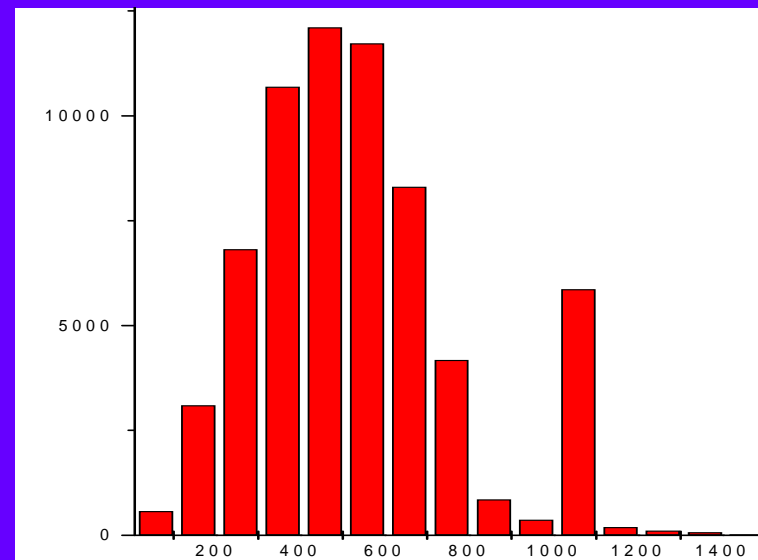
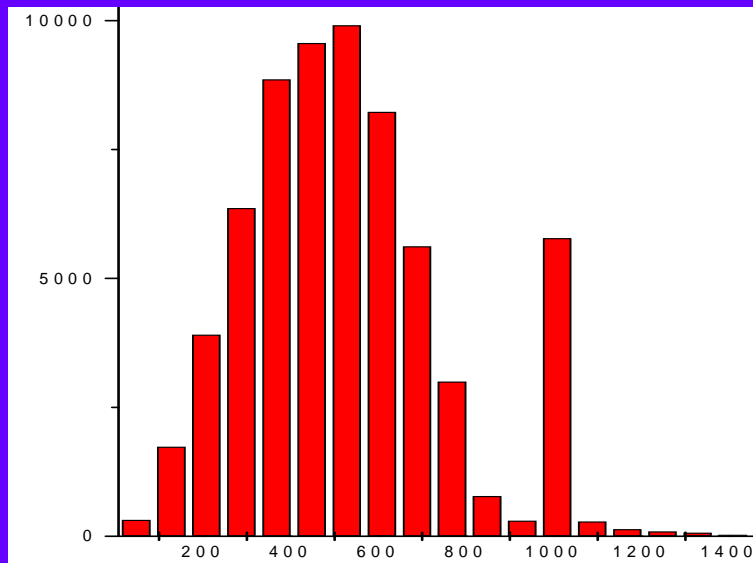
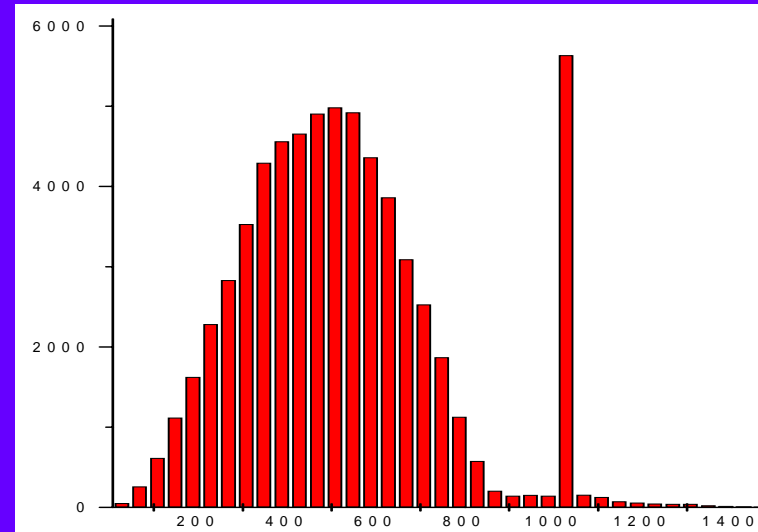
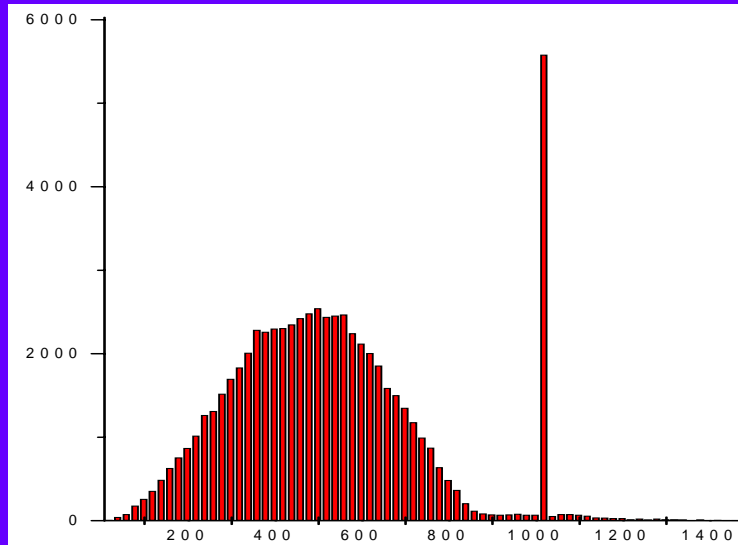
### MEJORA DE UN ESPECTROSCOPIO BETA PARA DETECTAR PICO DE ELECTRONES DE C.I. ( $^{137}\text{Cs}$ )

- ELECTRONES DE  
CONVERSIÓN  
INTERNA:

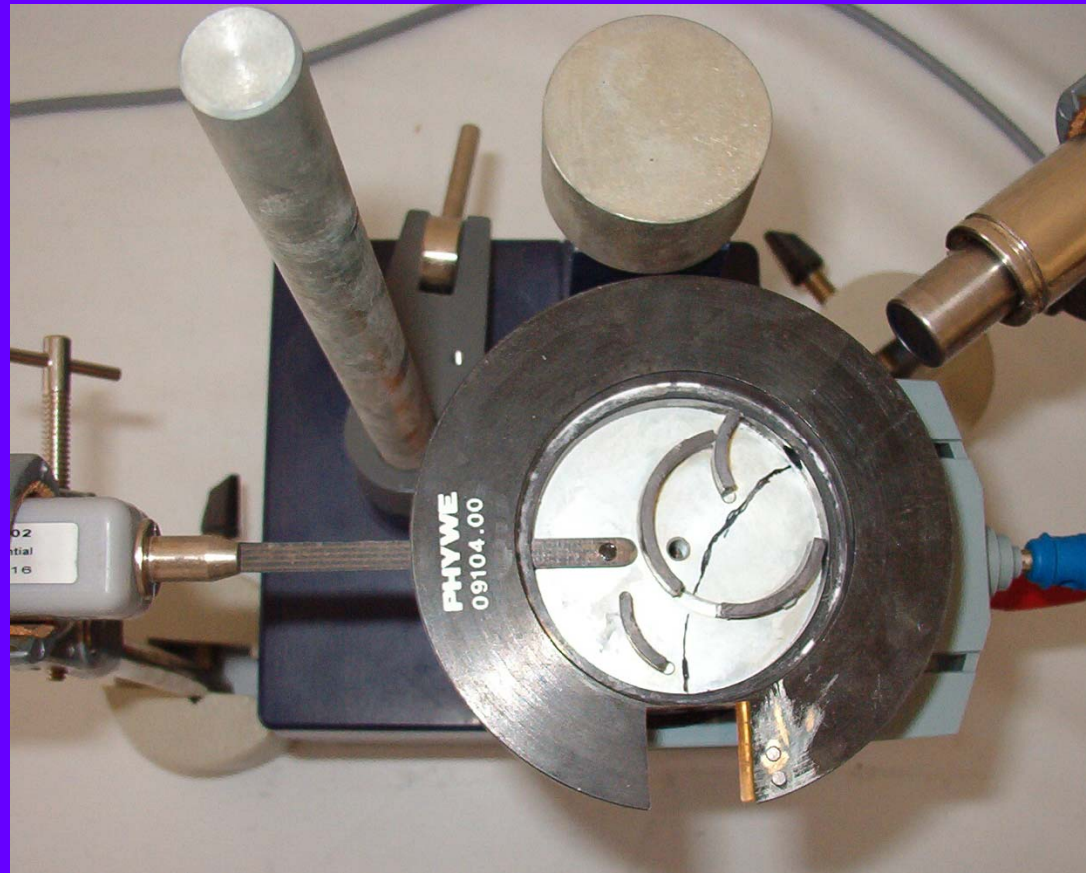


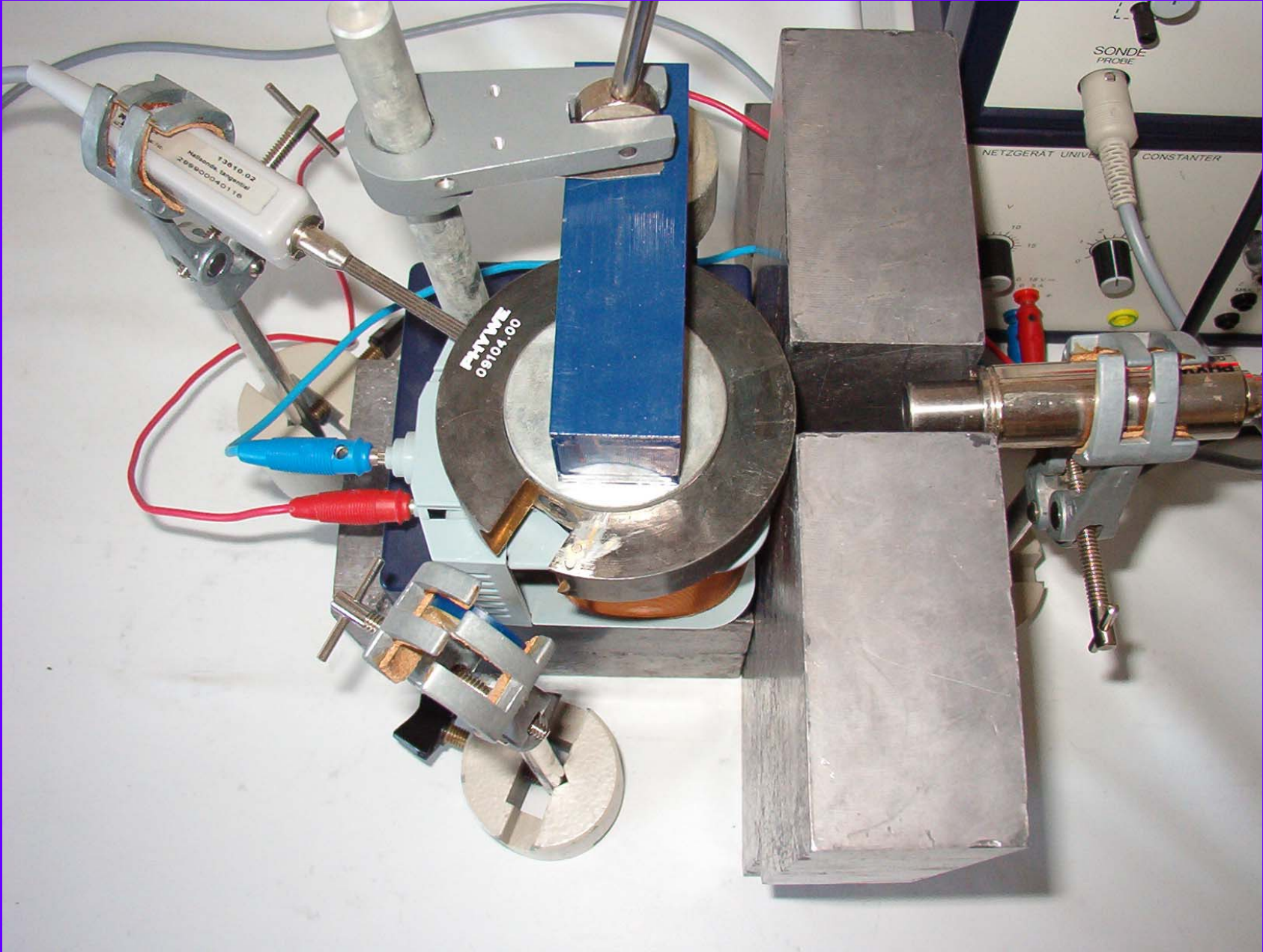
- $\text{Núcleo}^* + e^- (\text{Atómico}) \rightarrow \text{Núcleo} + e^- (\text{Emitido})$

# 2.1) ESPECTRO DEL $^{137}\text{Cs}$

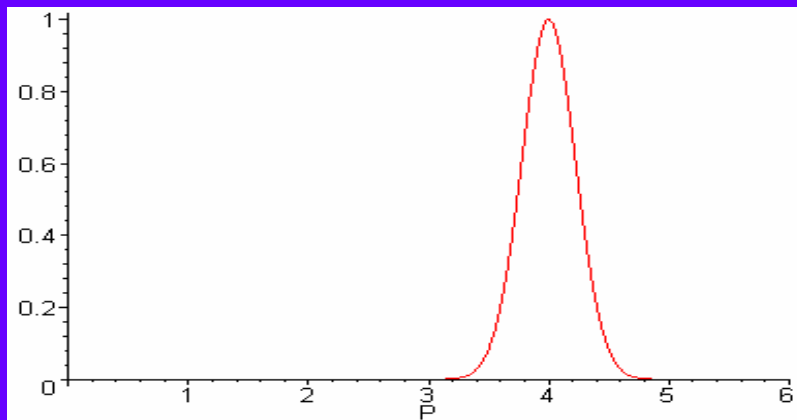


## 2.2 ) ESPECTROSCOPIO DE 60° DEL LABORATORIO





## 2.3 ) Estudio del efecto de la resolución en la forma del espectro obtenido



Función de respuesta  $g(P, P_0)$  a una fuente con  $P_0 = 4$

$$\delta(P - P_0) \Rightarrow g(P - P_0)$$

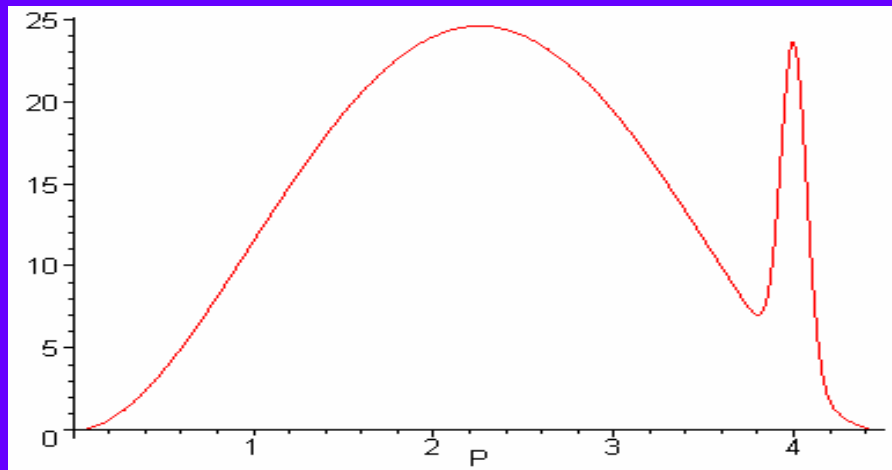
$$f(P) = \int f(P') \delta(P - P') dP'$$

$$h(P) = \int f(P') g(P - P') dP'$$

Convolución de  $f(P)$  con la función que nos marca la resolución del aparato

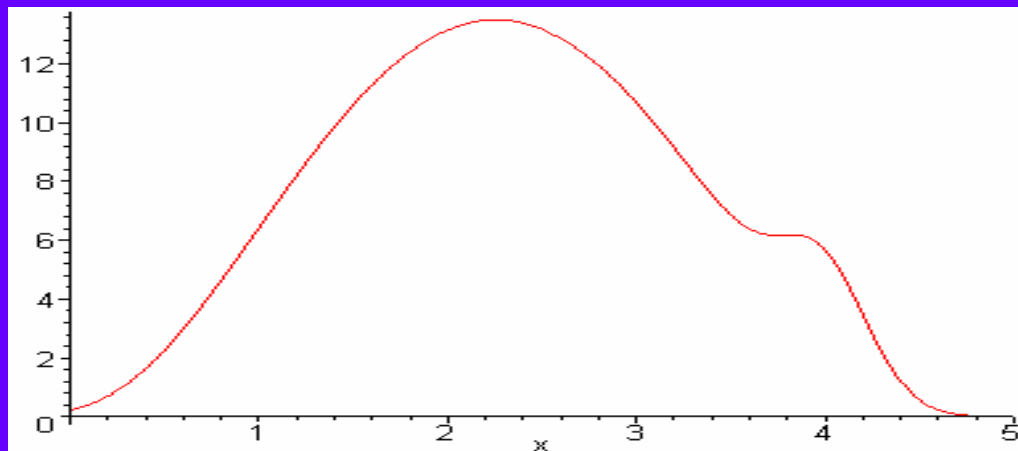


## 2.3 ) Estudio del efecto de la resolución en la forma del espectro obtenido



$f(P)$

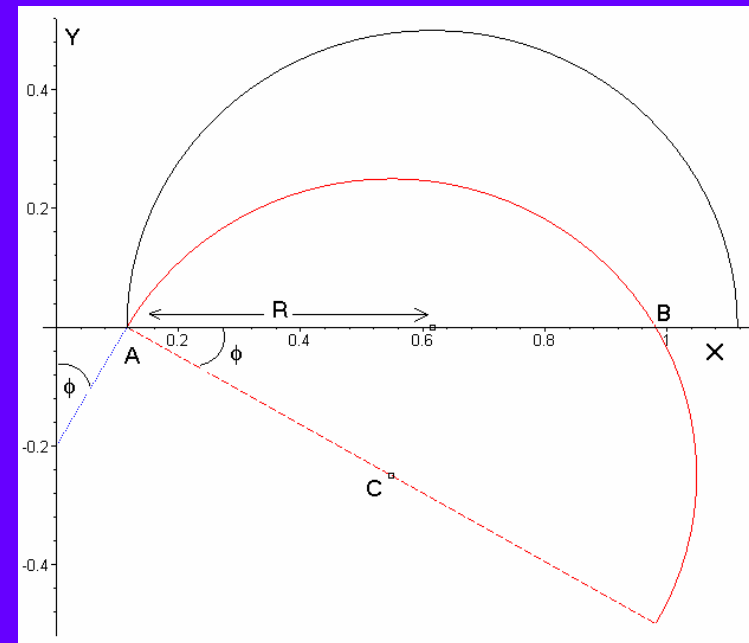
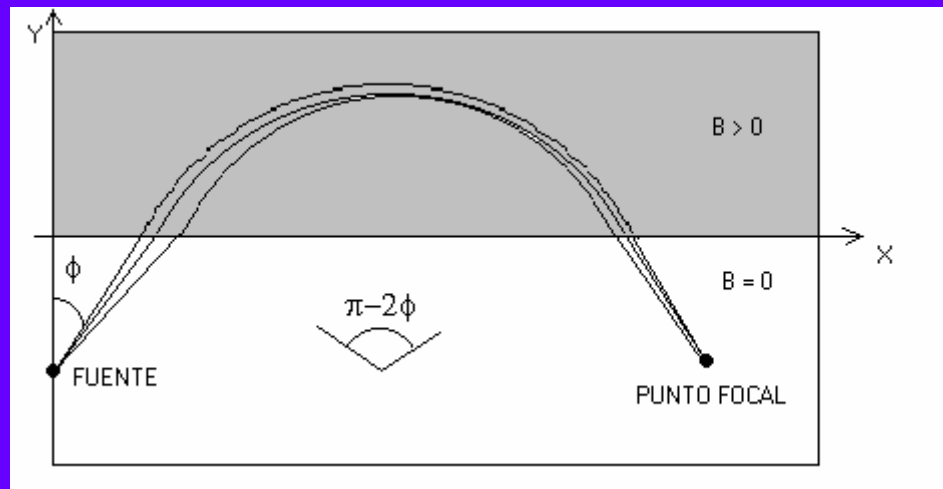
ESPECTRO  
EMITIDO



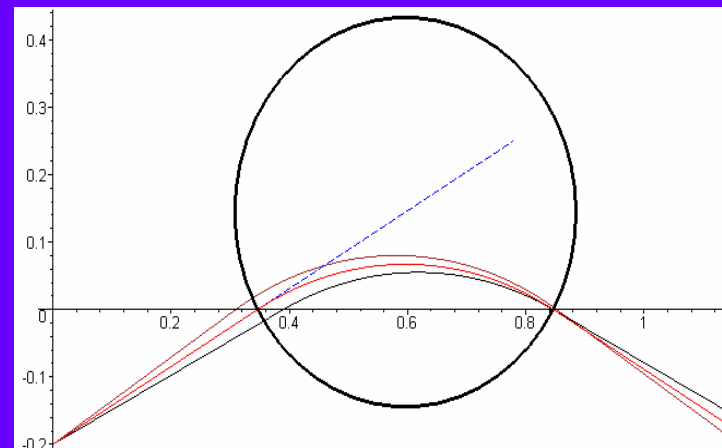
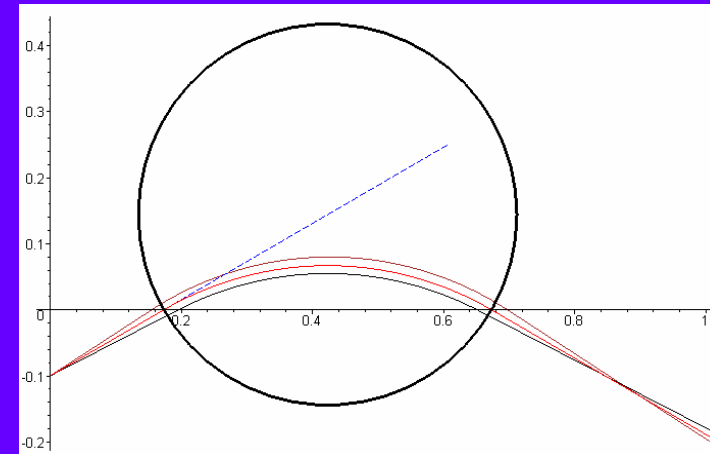
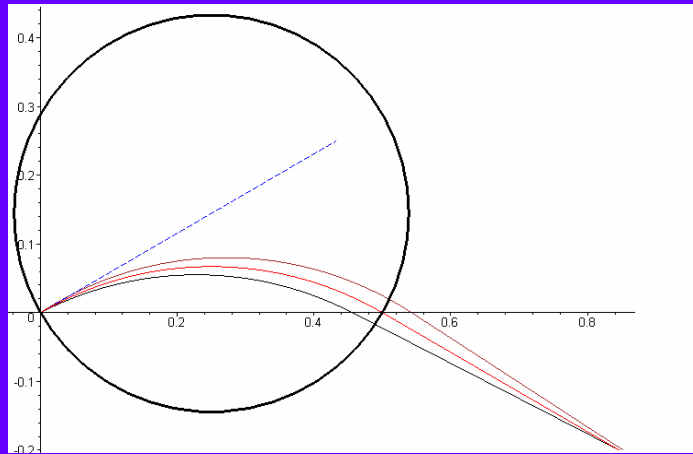
$h(P)$

ESPECTRO  
DETECTADO

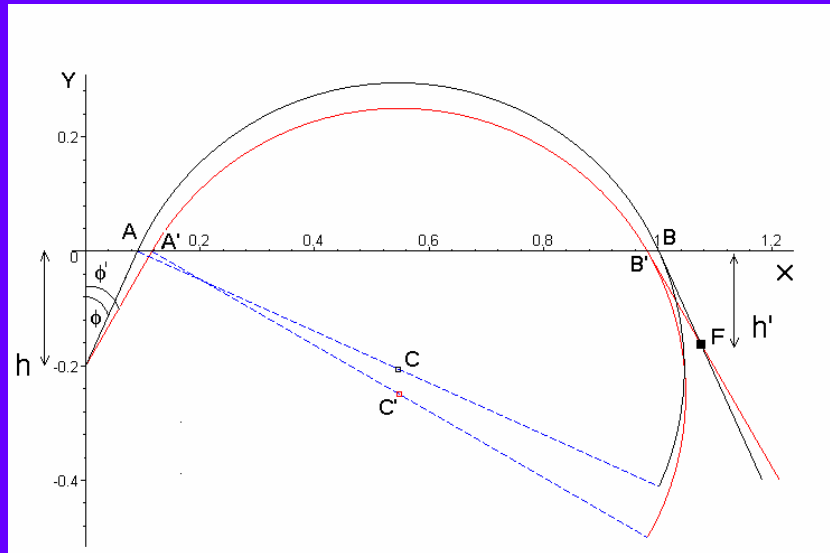
# 2.4 ) ESPECTROSCOPIO DE $109^\circ$



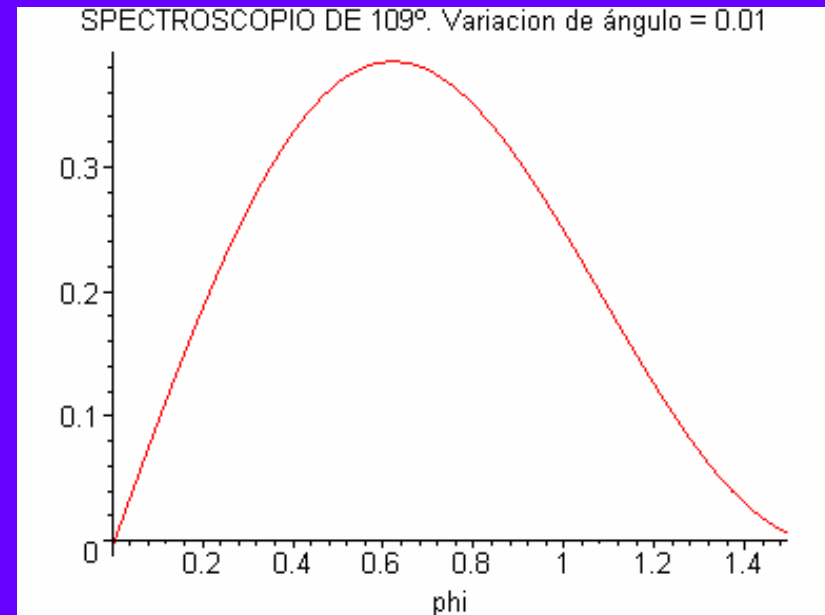
## 2.5 ) ESPECTROSCOPIO DE 109° - TRAYECTORIAS



## 2.4 ) ESPECTROSCOPIO DE 109° - FOCALIZACIÓN



$$h' = 2R \cdot f(\phi, x) - h$$

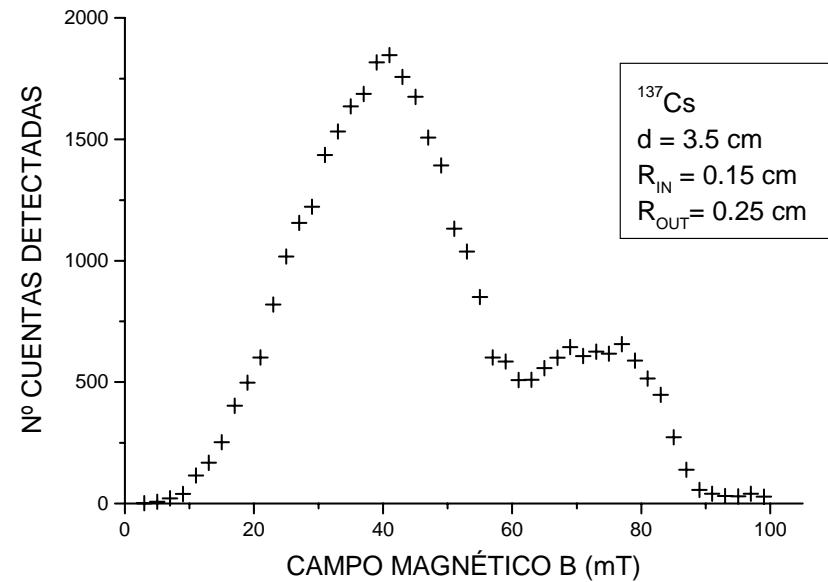
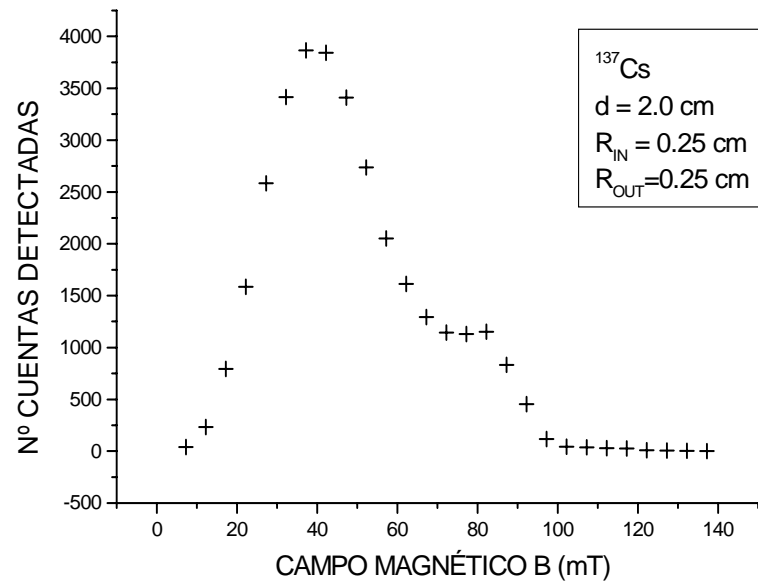


$$f(\phi) = \frac{\cos(\phi) - \cos(\phi')}{\tan(\phi') - \tan(\phi)}$$

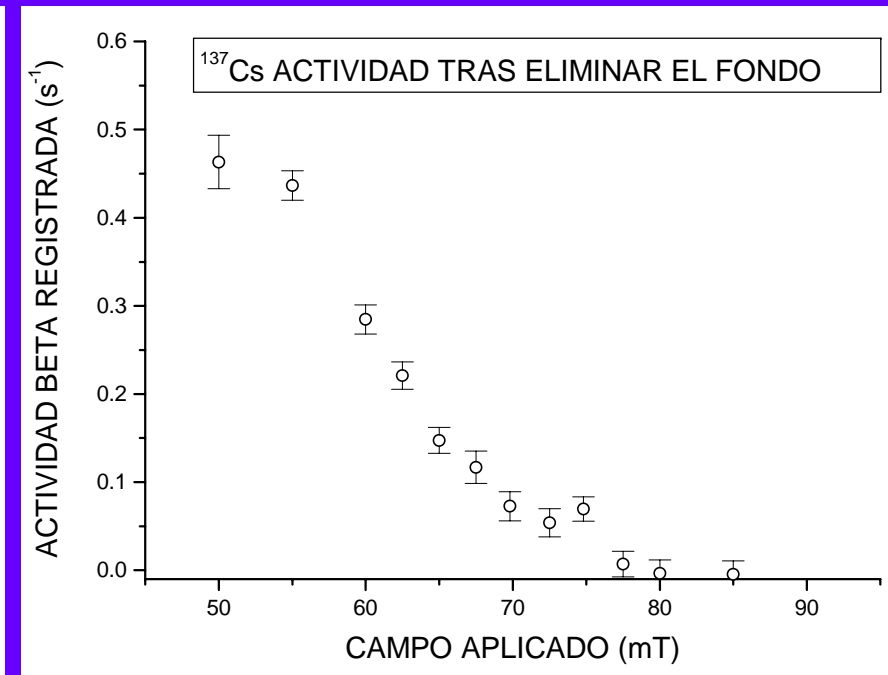
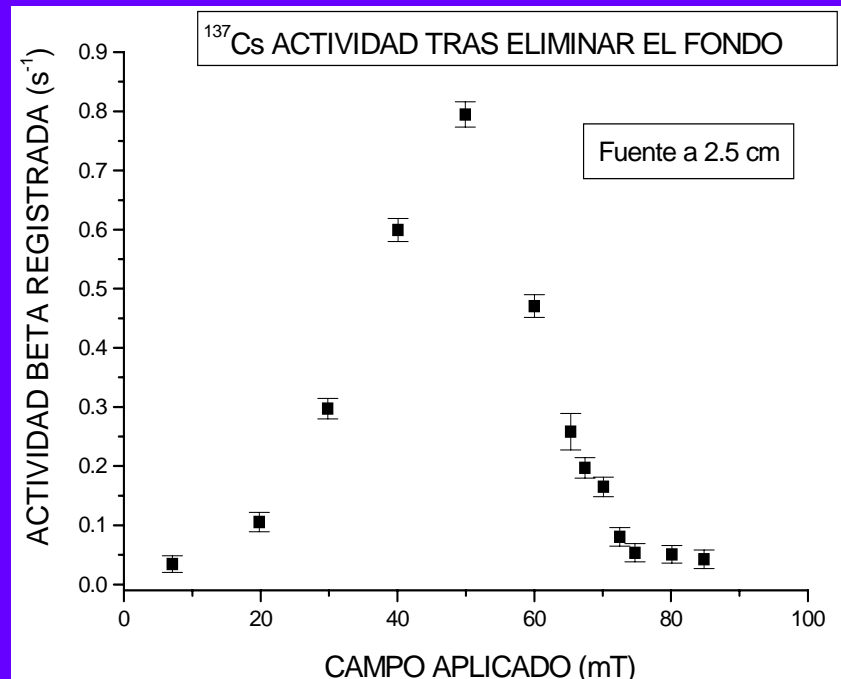
*Maximo* en  $\phi = 0.6204 \Rightarrow 35.55^\circ$

$$\pi - 2\phi = 109^\circ$$

## 2.6 ) SIMULACIÓN DE MONTECARLO



## 2.7 ) RESULTADOS EXPERIMENTALES



# BLOQUE 3

## DETERMINACIÓN DE ACTIVIDADES ABSOLUTAS

$$ED \equiv \frac{D}{N}$$

ED = EFICIENCIA TOTAL DEL DETECTOR

D = NUMERO DE FOTONES CONTADOS

N = NUMERO DE FOTONES EMITIDOS

$$ED = \varepsilon_G \cdot \varepsilon_I \cdot \varepsilon_M$$

$\varepsilon_G$  = FACTOR GEOMETRICO

$\varepsilon_I$  = FACTOR POR ABSORCION INTERMEDIA DE FOTONES  
(AIRE Y RECUBRIMIENTO DEL CRISTAL)

$\varepsilon_M$  = FACTOR ABSORCION EN CRISTAL NaI(Tl)

# 3.1 ) RITMO DE RECUENTO EN EL FOTOPICO

$$FP \equiv \frac{P}{D}$$

FP = FRACCION DE FOTONES EN FOTOPICO / TOTAL

P = NUMERO DE FOTONES DETECTADOS EN EL FOTOPICO

$$N = BR \cdot A \cdot t$$

BR = BRANCHING RATIO DE EMISION DE FOTONES CON  $E_0$

A = ACTIVIDAD DE LA FUENTE

t = TIEMPO DE RECUENTO

$$P = (A \cdot t) \cdot BR \cdot \varepsilon_G \cdot (R \cdot \varepsilon_I \cdot \varepsilon_M)$$

$$A_p \equiv A \cdot BR \cdot \varepsilon_G \cdot \varepsilon_D$$

$A_p$  = RITMO DE RECUENTO DE FOTONES EN EL FOTOPICO

A = ACTIVIDAD DE LA FUENTE

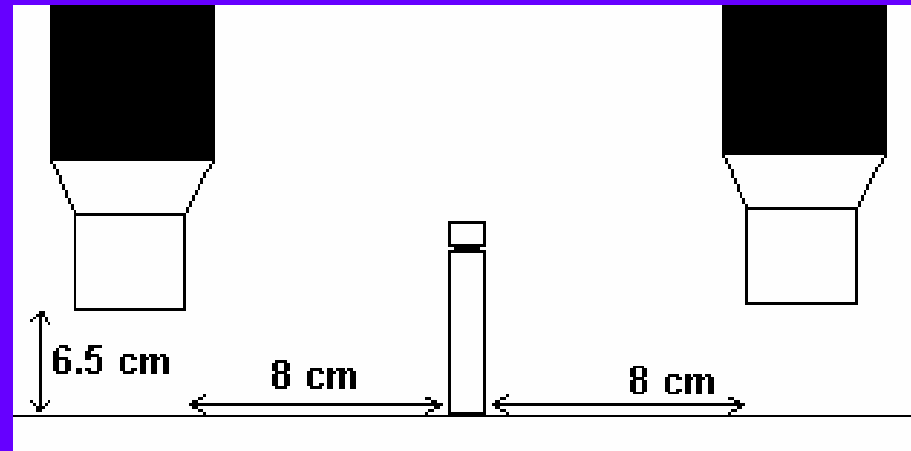
BR = BRANCHING RATIO DE EMISION DE FOTONES CON  $E_0$

$$\varepsilon_D = (R \cdot \varepsilon_I \cdot \varepsilon_M)$$

= EFICIENCIA INTRINSECA DEL DETECTOR EN EL FOTOPICO



## 3.2 ) MÉTODO DE COINCIDENCIAS

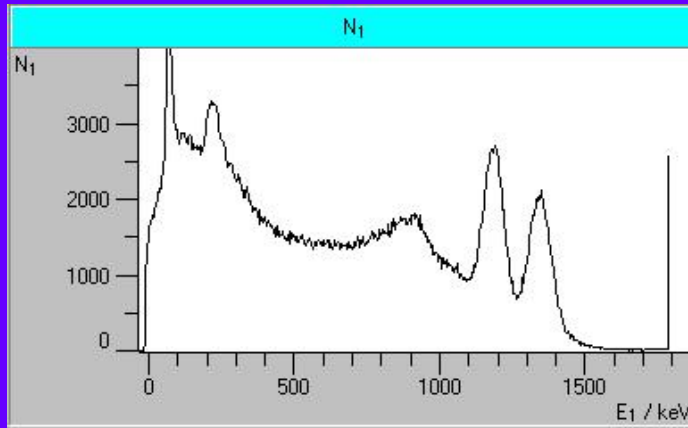


$$A_1 = A \cdot BR_1 \cdot \epsilon_{G1} \cdot \epsilon_{D1}$$

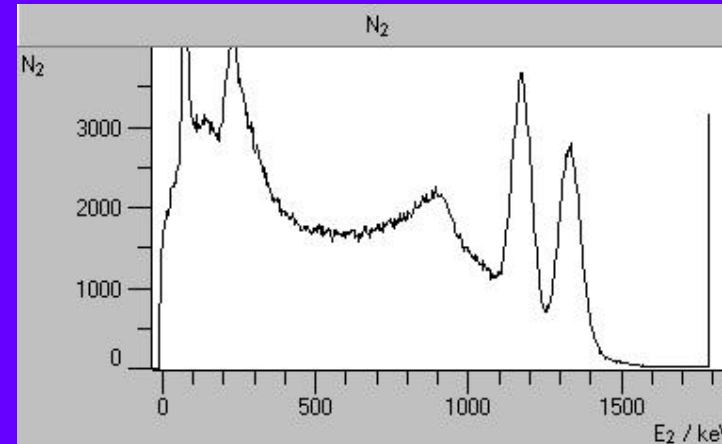
$$A_2 = A \cdot BR_2 \cdot \epsilon_{G2} \cdot \epsilon_{D2} \quad \longrightarrow \quad A_C = \frac{A_1 \cdot A_2}{A}$$

$$A_C = A \cdot BR_1 \cdot \epsilon_{G1} \cdot \epsilon_{D1} \cdot BR_2 \cdot \epsilon_{G2} \cdot \epsilon_{D2}$$

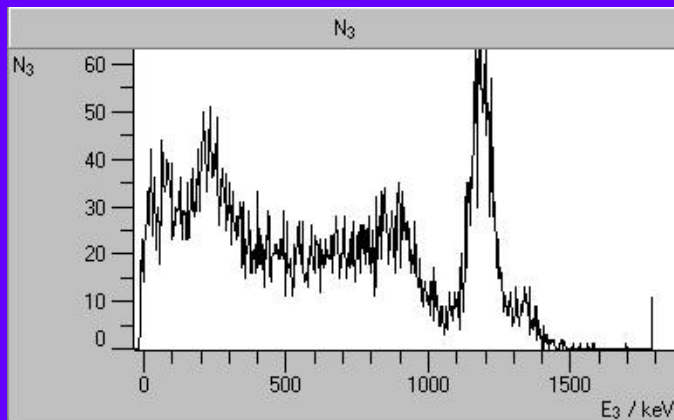
# 3.3 ) MEDIDAS ACTIVIDAD $^{60}\text{Co}$



DETECTOR 1 – PICO 1173 keV →  
 $A_1 = 45.4 \pm 1.1 \text{ Bq}$



DETECTOR 2 – PICO 1333 keV →  
 $A_1 = 82.7 \pm 1.1 \text{ Bq}$

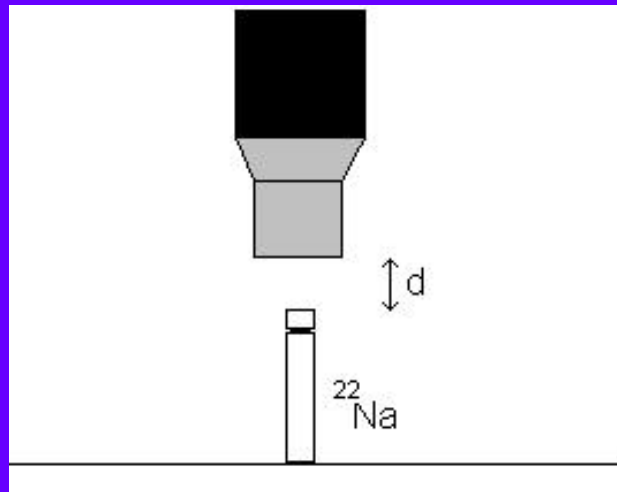


COINCIDENCIAS ENTRE AMBOS  
 PICOS  $A_C = 0.377 \pm 0.044 \text{ Bq}$

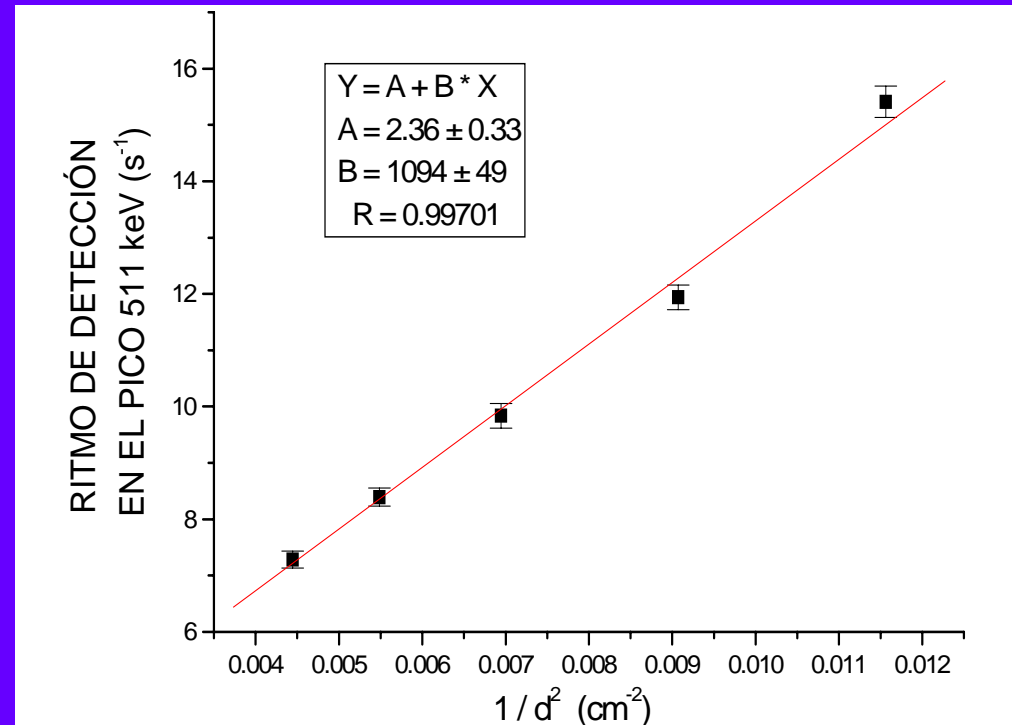
$$\rightarrow A = 0.273 \pm 0.042 \mu\text{Ci}$$

$$t = \tau \cdot \text{Ln} \left( \frac{A_0}{A} \right) = 15.14 \text{ años}$$

# 3.4 ) MEDIDAS ACTIVIDAD CALCULANDO EL FACTOR GEOMÉTRICO



$$\epsilon_G \approx \frac{\pi R^2}{4\pi d^2} = \frac{R^2}{4d^2}$$



$$A_1 = \frac{(1094 \pm 49)}{d^2} = A \cdot BR \cdot \varepsilon_D \cdot \frac{R^2}{4d^2} \Rightarrow A \cdot BR \cdot \varepsilon_D = \frac{(1094 \pm 49)}{1.10} = 992 \pm 44$$

$$\varepsilon_D = (R=0.40 \pm 0.05) \cdot (\varepsilon_I = 0.99) \cdot (\varepsilon_M = 0.82 \pm 0.02) = 0.33 \pm 0.04$$

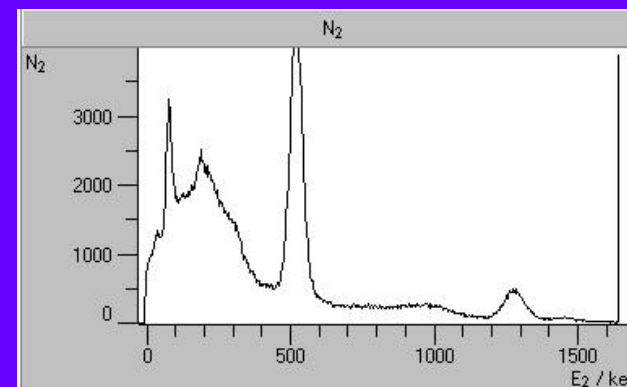
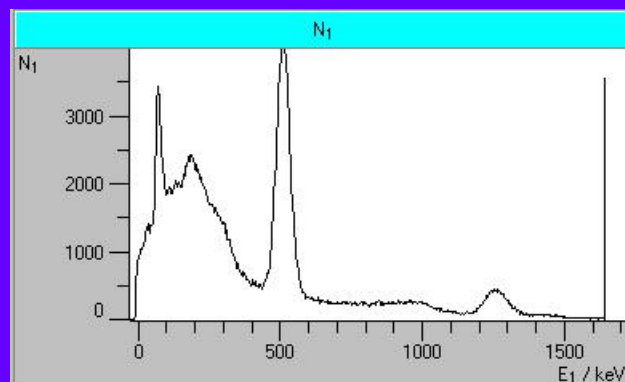
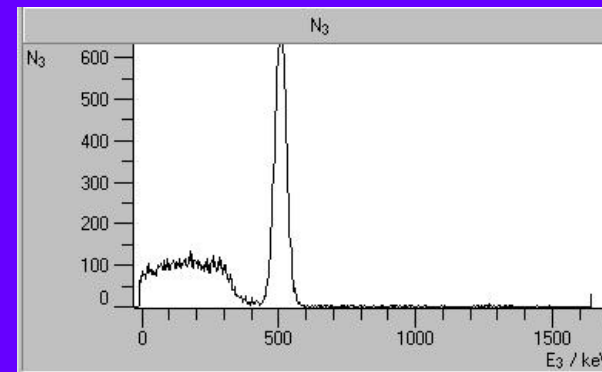
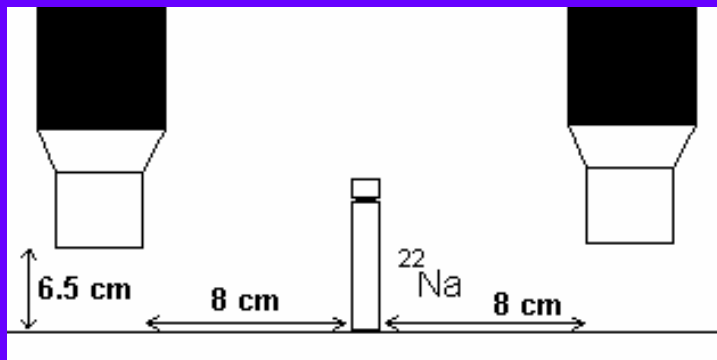
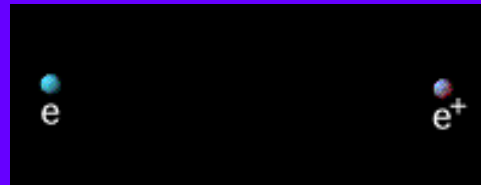
$$BR_1 = 0.90 \rightarrow A = 3.391 \pm 0.56 \text{ kBq}$$



$$A = 0.093 \pm 0.016 \mu\text{Ci}$$

$$t = \tau \cdot \text{Ln} \left( \frac{A_0}{A} \right) = 11.51 \text{ años}$$

# 3.5 ) ANIQUILACIÓN ELECTRÓN - POSITRÓN



## 3.5 ) ANIQUILACIÓN ELECTRÓN - POSITRÓN

$$A_C = A \cdot \varepsilon_G \cdot BR_1 \cdot \varepsilon_{D1} \cdot BR_2 \cdot \varepsilon_{D2}$$

¡SÓLO APARECE EL FACTOR GEOMÉTRICO 1 VEZ!

ES MÁS FÁCIL MEDIR COINCIDENCIAS, PERO...  
NO SE PUEDE OBTENER LA ACTIVIDAD  
ABSOLUTA COMO CON EL  $^{60}\text{Co}$

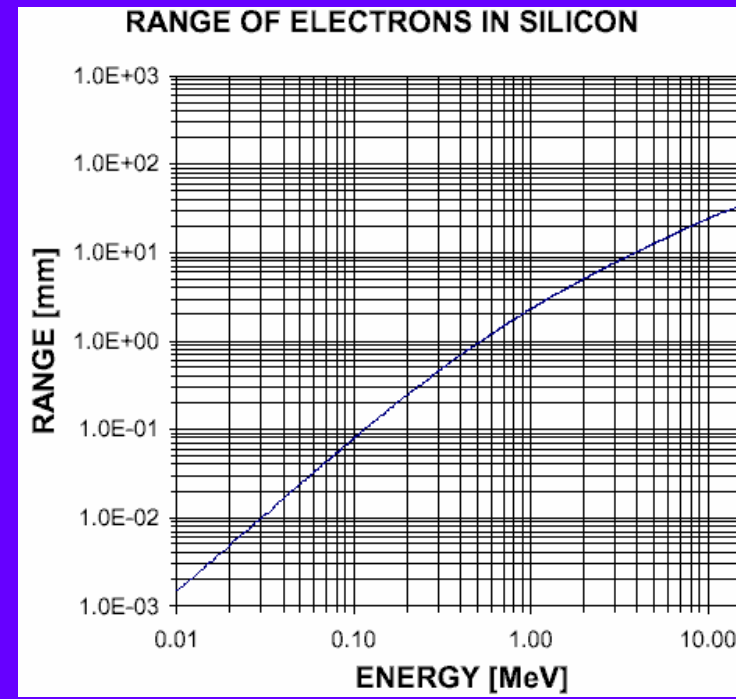
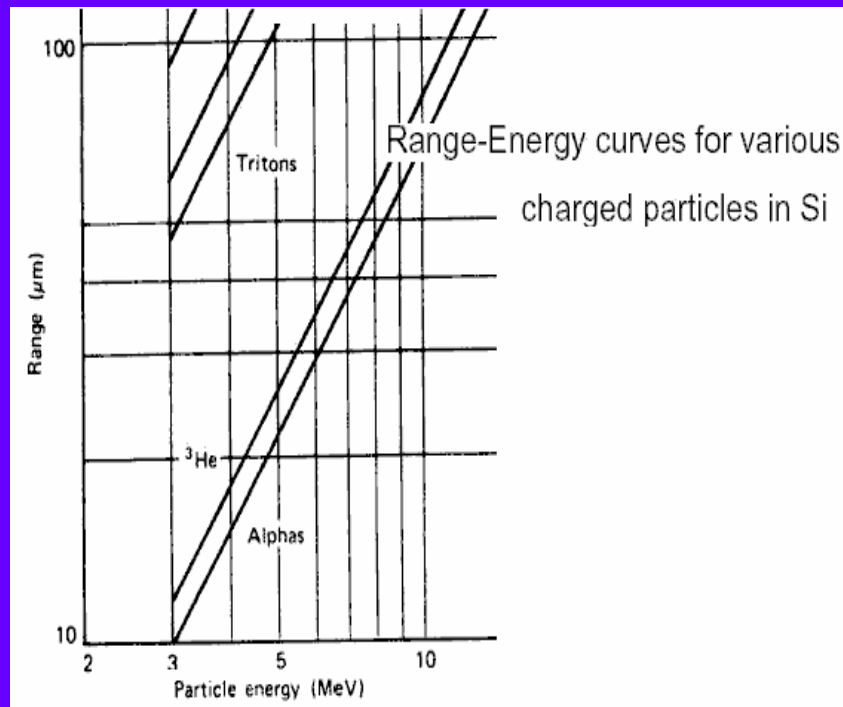
$$\frac{V^I}{V^C} = \varepsilon^{D5} = 0.185 \mp 0.002$$

$$\frac{A_C}{A_2} = \varepsilon_{D1} = 0.178 \pm 0.005$$

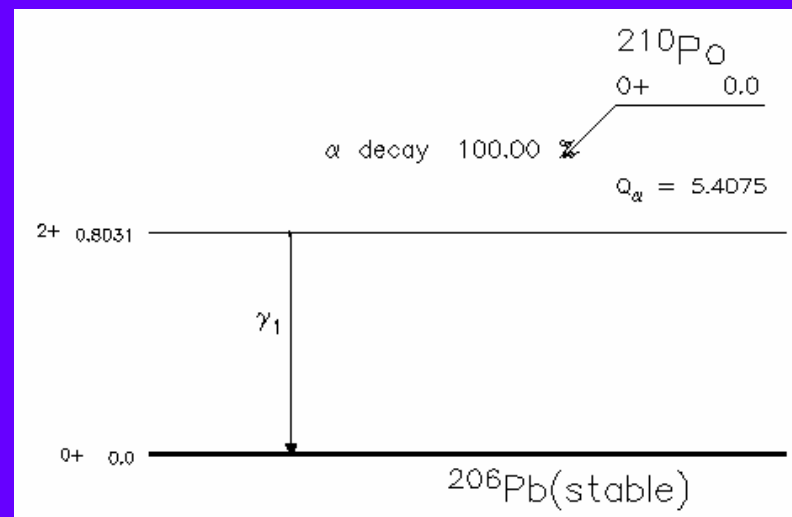
OBTENEMOS LA EFICIENCIA INTRÍNSECA DE LOS  
DETECTORES EN EL FOTOPICO DE 511 keV

# BLOQUE 4

## DETERMINACIÓN DE LA RESOLUCIÓN $\alpha$ DE UN DETECTOR DE BARRERA DE SUPERFICIE



# 4.1 ) RESOLUCIÓN $\alpha$ DEL DETECTOR



$$T = \frac{Q}{1 + \frac{m_\alpha}{m_{^{206}\text{Pb}}}} = \frac{5407.5}{1 + \frac{4.0026}{205.974}} = \frac{5407.5}{1.0194} = 5304.4 \text{ keV}$$

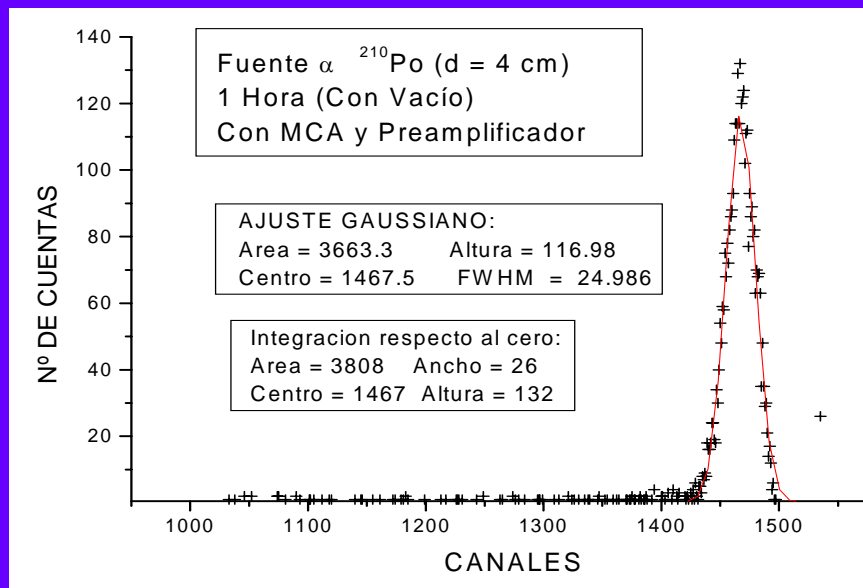


# 4.1 ) RESOLUCIÓN $\alpha$ DEL DETECTOR



CON  
SCASSY

	SCASSY	MCA Canberra
$E_0$ (canal)	917.1	1467.5
FWHM (Medida directa) (canal)	17.62	27,0
(Ajuste gaussiano) (canal)	$2.35 * \sigma = 17.625$	25,0
RESOLUCIÓN	0.0192	0.0177
Energía por canal	5.78 keV / canal	3.614 keV / canal
FWHM (Energías)	101.8 keV	93.97 keV



CON MCA  
Canberra

# COMENTARIOS FINALES

