

Detección directa de Materia Oscura Fría: status del experimento ANAIS en Canfranc

**S. Cebrián, J. Amaré, E. García, I. G.
Irastorza, D. González, A. Morales. J. Morales,
A. Ortiz de Solórzano, A. Peruzzi, J.
Puimedón, M. L. Sarsa, S. Scopel, J. A. Villar**

*Laboratorio de Física Nuclear y Altas Energías,
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, 50009
Zaragoza*

*XXVII Reunión Bienal de la R. S. E. F.
Valencia, Septiembre de 1999*

Composición del Universo

- Materia Luminosa: <1%
- **Materia Oscura:**
 - **Bariónica:** nubes de H₂, MACHOs
 - **No bariónica:**
 - **caliente:** neutrinos ligeros
 - **fría:**
 - no reliquia térmica: axiones
 - reliquias térmicas: **WIMPs**

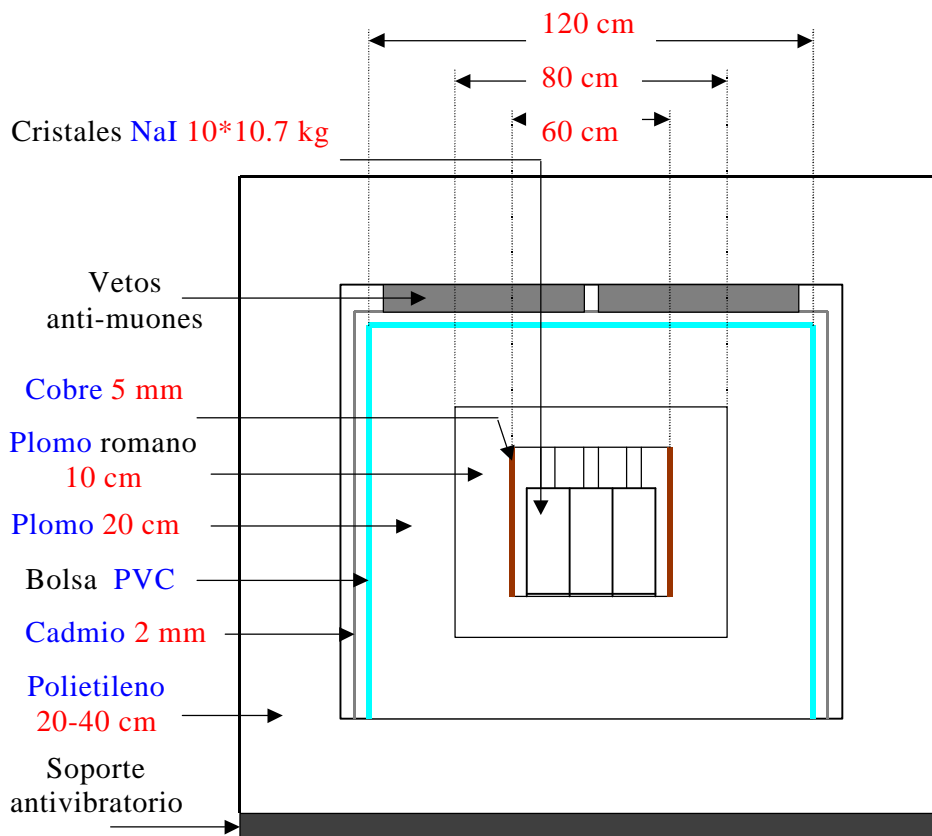
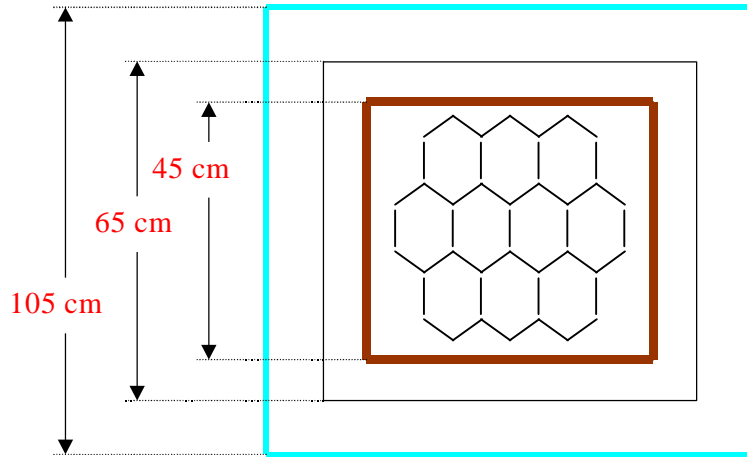
Detección de WIMPs

- **Indirecta** = productos de aniquilación: e^+, γ, ν, \dots : telescopios submarinos de ν
- **Directa** = retrocesos nucleares inducidos en:
 - **semiconductores**: Si, Ge
 - **centelleadores**: NaI, Xe_{liq} , CaF_2
 - det. Criogénicos (híbridos): Ge, Si, Al_2O_3 , TeO_2
 - mica, TPC

ANAIS (Annual Modulation with NaIs)

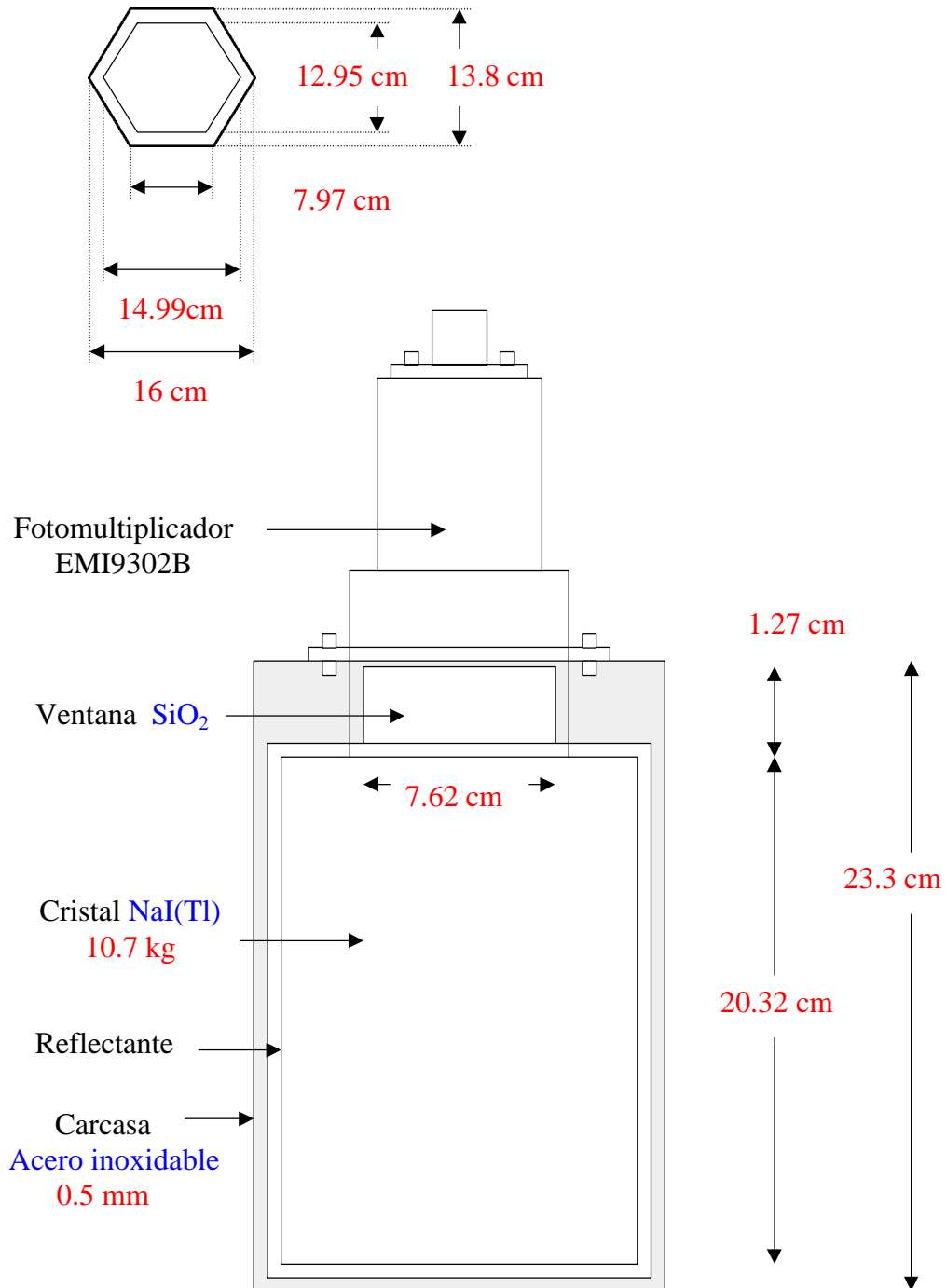
- **Propósito:** **detección directa de WIMPs** utilizando 107 kg de NaI (blanco y detector) buscando como señal identificadora del WIMP una **variación anual** de su ritmo y energía.
- **Interés:** la colaboración **DAMA** con 97 kg de NaI ha presentado al 99.6% C.L. un efecto de **modulación anual** atribuible a un **WIMP** de unos **60 GeV** y sección eficaz sobre protones **10^{-5} pb** que necesita ser confirmado.
- **Localización:** ANAIS se instalará en el **Laboratorio Subterráneo de Canfranc**, a 2500 m de la entrada en el antiguo túnel de tren del Somport, bajo 2450 w.m.e. de roca, operado por el **Laboratorio de Física Nuclear y Altas Energías de la Universidad de Zaragoza**.

Montaje experimental

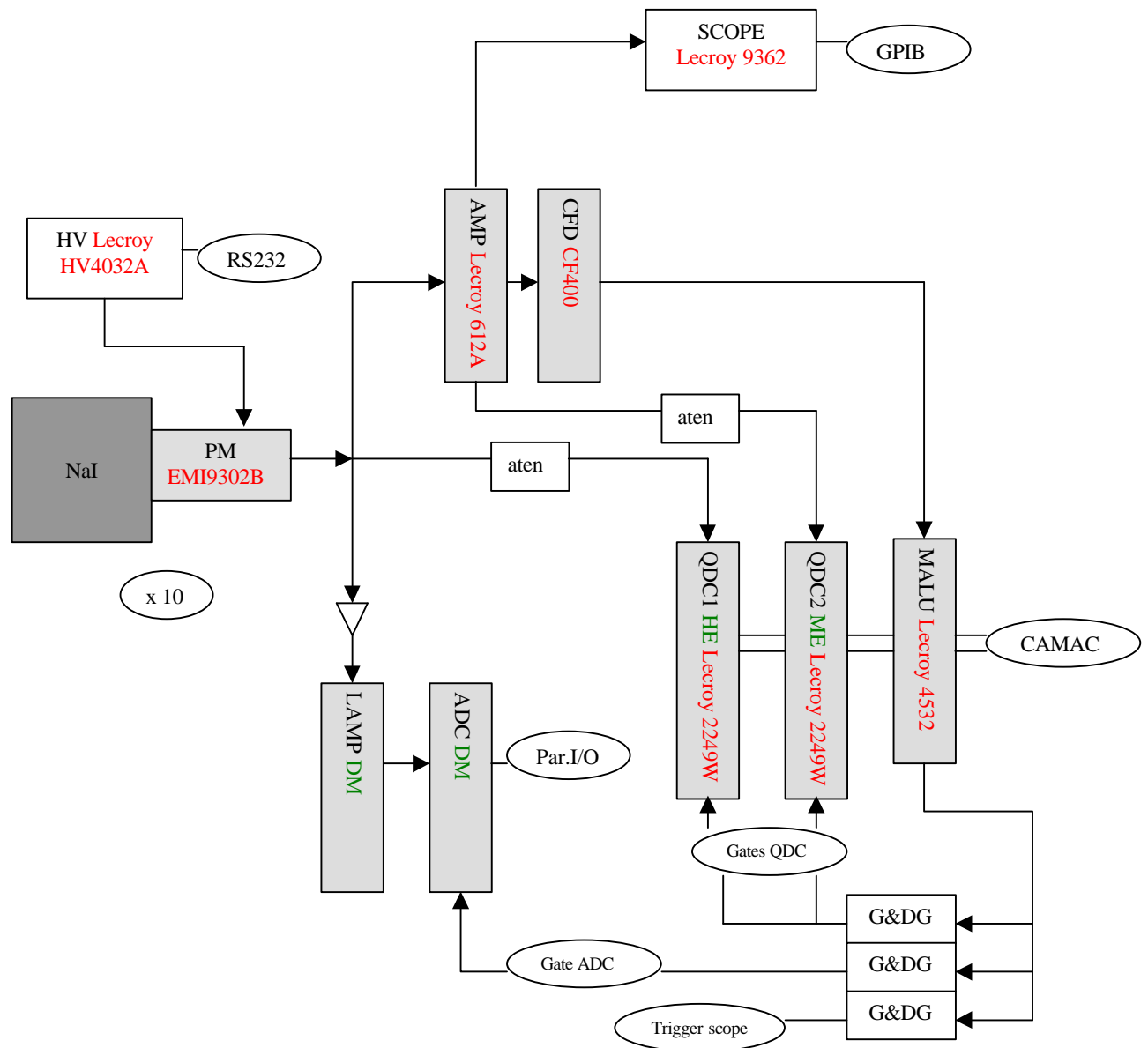


ANAIS: Descripción

Los detectores



Sistema electrónico de adquisición



Control de la estabilidad

- *Necesidad:*
 - en la búsqueda de **modulación anual**: para descartar variaciones sistemáticas causadas por otros efectos
 - en la aplicación de **discriminación por la forma del pulso**: la constante de tiempo depende de la temperatura: $-2-3 \text{ ns/}^{\circ}\text{C}$
- *Medidas:* **periódicas** y frecuentes de:
 - **temperatura** en los cristales y en el recinto interior
 - **tensión** de los fotomultiplicadores (ganancia)
 - **temperatura** de los instrumentos electrónicos
 - nivel de **radon**
 - flujo de **nitrógeno**

Simulación por Montecarlo del fondo radiactivo

- **Código:** **GEANT** (v. 3.21) del CERN, librerías CERNLIB (97a para Windows 95/NT)
- **Geometría:**
 - 10 detectores: cristal (**NaI**) + carcasa (**Fe**) + ventana de cuarzo (**SiO₂**) (fotomultiplicador y guía de luz no se incluyen como medios absorbentes)
 - cámara de aire
 - blindaje de plomo (**Pb**)
- **Generación y transporte de partículas:**
 - muestreo aleatorio de volúmenes, direcciones isotrópicas
 - energías de corte para γ y e^- de 10 keV
 - cadenas en equilibrio secular
 - emisiones **beta** para contaminaciones internas y de ^{210}Pb + emisiones **gamma** de ^{232}Th , ^{238}U , ^{60}Co , ^{40}K y ^{210}Pb . (No se han incluido emisiones alfa, neutrones o muones)
- **Niveles de impurezas:** según medidas con un detector de Ge en Canfranc, estimaciones de un experimento previo y medidas de otros grupos

- *Resultados:*

Material	Isótopo	Masa (kg)	Contaminación (mBq/kg)	Ritmo 1-50 keV antic. (d.r.u.)
Pb normal	Pb ²¹⁰ b+g	10759.8	30000	-
Pb romano	Pb ²¹⁰ b+g	2315.4	<20	0.0012
Pb romano	U ²³⁸ g	2315.4	<0.2	0.0006
Pb romano	Th ²³² g	2315.4	<0.3	0.0012
Cobre	U ²³⁸ g	11.25	<2	0.001
Cobre	Th ²³² g	11.25	<0.5	0.0003
Aire	Rn ²²² g	69.4 l	0.025 mBq/l	0.00009
Carcasa	Pb ²¹⁰ b+g	2.5*10	4000	3.54
Carcasa	Co ⁶⁰ g	2.5*10	10	0.015
Cristal	K ⁴⁰ b+g	10.7*10	20	1.06
Cristal	U ²³⁸ b+g	10.7*10	0.48	1.46
Cristal	Th ²³² b+g	10.7*10	0.12	0.28

Situación 1: PM9265B + base Cu junto dentro del blindaje

Fotom./Base	Pb ²¹⁰ b+g	1*10	16000	3.18
Fotom. 9265 B	K ⁴⁰ g	1*10 u	690 mBq/u	0.029
Fotom. 9265 B	U ²³⁸ g	1*10 u	76 mBq/u	0.056
Fotom. 9265 B	Th ²³² g	1*10 u	54 mBq/u	0.045
Base Cu	K ⁴⁰ g	1*10 u	300 mBq/u	0.006
Base Cu	U ²³⁸ g	1*10 u	200 mBq/u	0.038
Base Cu	Th ²³² g	1*10 u	70 mBq/u	0.024

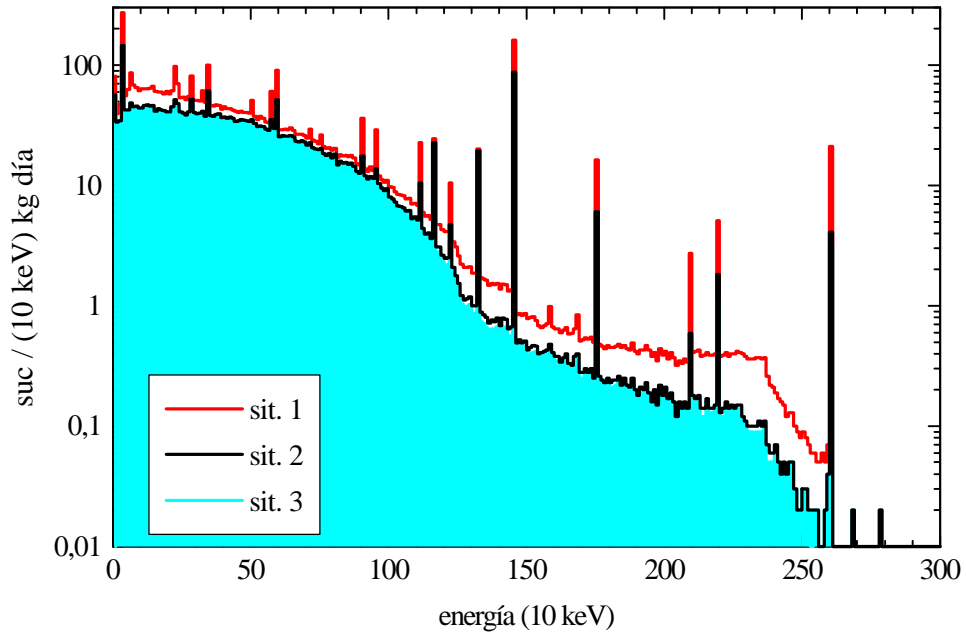
Situación 2: PM9302B + base teflón dentro del blindaje

Fotom. 9392 B	K ⁴⁰ g	1*10 u	200 mBq/u	0.008
Fotom. 9392 B	U ²³⁸ g	1*10 u	29 mBq/u	0.022
Fotom. 9392 B	Th ²³² g	1*10 u	10 mBq/u	0.008
Base teflón	K ⁴⁰ g	1*10 u	<3 mBq/u	0.00006
Base teflón	U ²³⁸ g	1*10 u	<1 mBq/u	0.00019
Base teflón	Th ²³² g	1*10 u	<1 mBq/u	0.00034

Situación 3: guías de luz dentro del blindaje

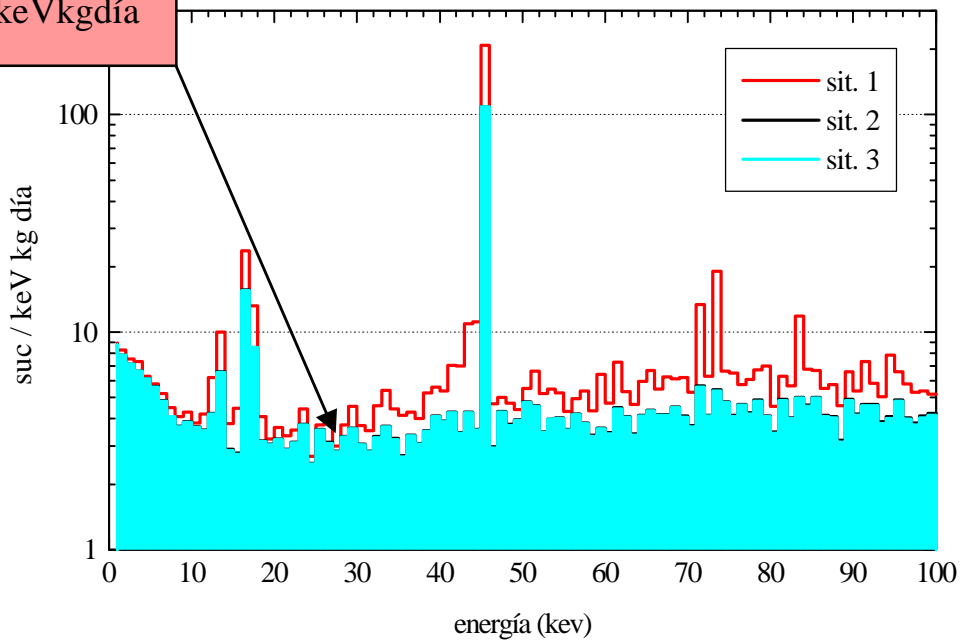
Guía	K ⁴⁰ g	15	40	0.0015
Guía	U ²³⁸ g	15	12	0.007
Guía	Th ²³² g	15	8	0.005

Espectro de fondo simulado



Región de baja energía del espectro de fondo simulado

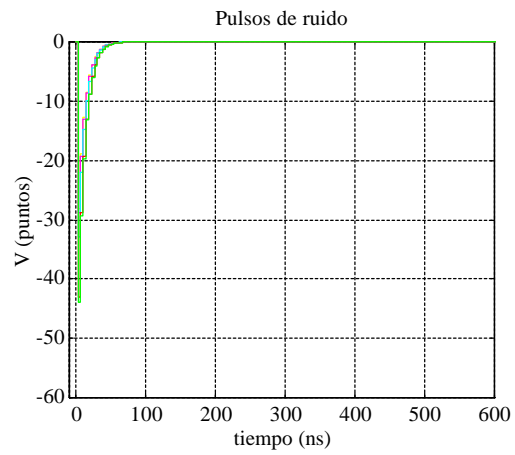
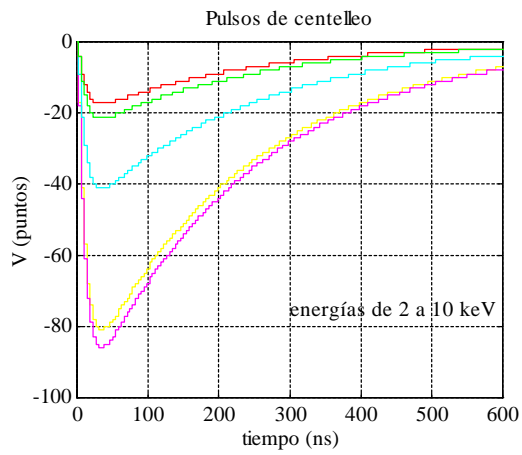
2-4 suc/keVkgdía



Discriminación de ruido por la forma de los pulsos

- **Objetivo:** encontrar un parámetro capaz de discriminar eficientemente los pulsos de **ruido** y los de **centelleo**. Esta discriminación permitiría una considerable **mejora del umbral**
- **Simulación de pulsos:**
 - dos poblaciones de pulsos:
 - sucesos de centelleo de baja energía: 2-4 y 10-12 keV
 - sucesos de ruido en el fotomultiplicador,
 - incluyendo la dispersión debida a:
 - **fluctuaciones estadísticas** (Poisson) en la emisión de fotones de centelleo y de electrones en el fotocátodo y en los dinodos
 - **efectos instrumentales:** pérdida de fotones en la guía de luz y limitaciones en la digitalización de pulsos mediante un osciloscopio
 - a partir de la forma analítica, siendo:
 - **R** y **C** los equivalentes en el circuito RC formado por el cristal y el fotomultiplicador
 - **Q** la carga recogida a la salida del fotomultiplicador
 - y τ_s la constante de centelleo para NaI: aproximadamente, 230 ns

$$V(t) = \frac{QR}{RC - \tau_s} (e^{-t/\tau_s} - e^{-t/RC})$$

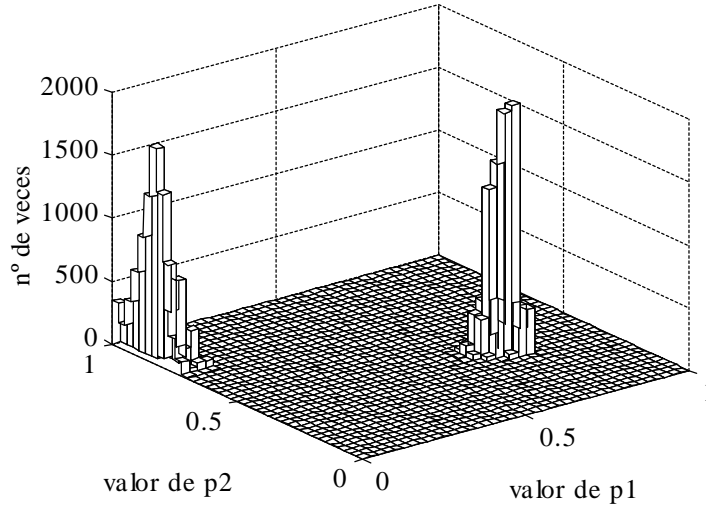
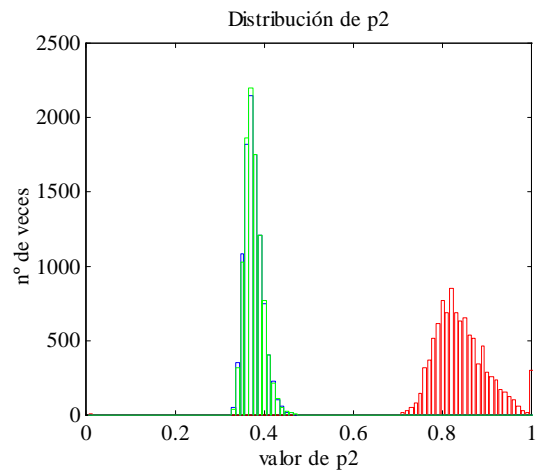
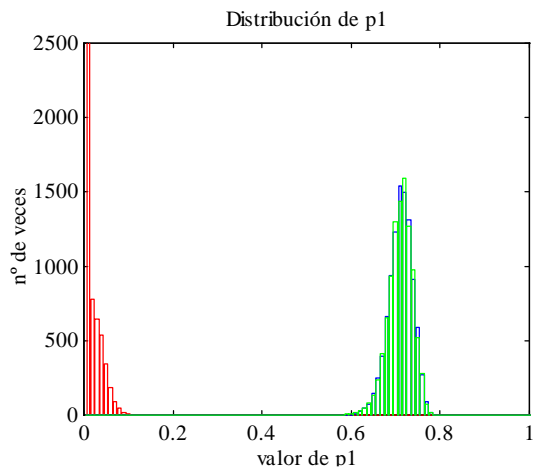


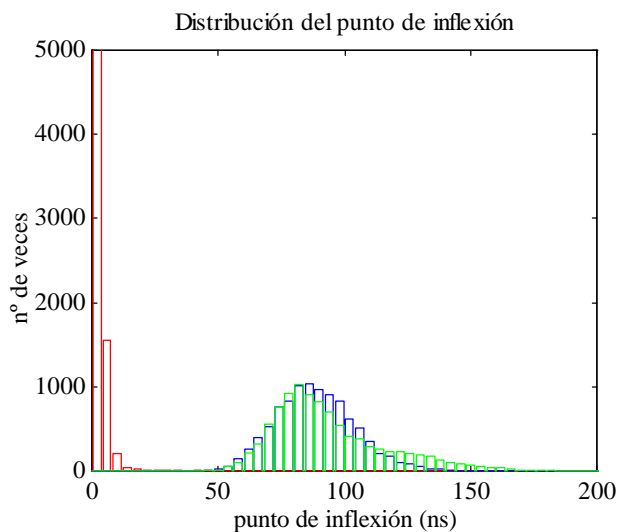
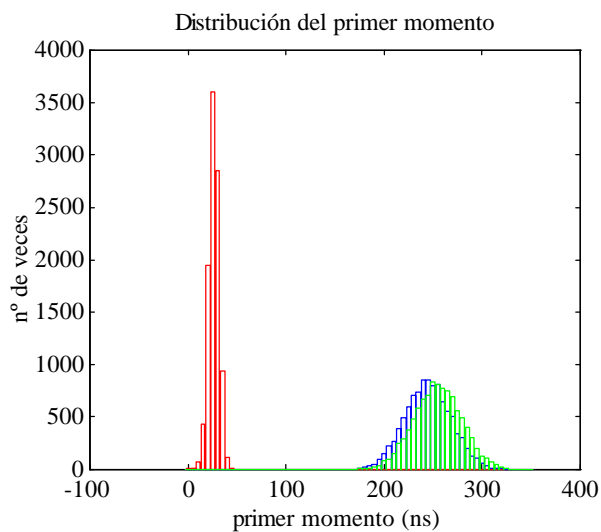
- **Parámetros:**

- **p1** = área (100-600 ns) / área (0-600 ns)
- **p2** = área (0-50 ns) / área (0-100 ns)
- **primer momento** = $\sum a_i t_i / \sum t_i$, siendo a_i y t_i la amplitud y el tiempo del bin i -ésimo
- **punto de inflexión** = máximo de la primera derivada

- *Distribuciones de los parámetros:* para

- ruido
- centelleo 2-4 keV
- centelleo 10-12 keV





- **Resultados:** definiendo como **factor de rechazo**

$$FR = \frac{\text{diferencia_centros_distribuciones}}{\text{suma_FWMH_distribuciones}}$$

Parámetro	Factor de rechazo	Dependencia con E
p1	8	No
p2	2.25	No
Primer momento	3	Sí
Punto de inflexión	1.5	No

Perspectivas

- **Mejoras:** respecto a nuestro experimento con 3 cristales
 - ubicación en el **nuevo laboratorio**, a mayor profundidad: de 675 a 2450 m.w.e.
 - uso de **plomo romano** en la parte interna del blindaje
 - nuevos **fotomultiplicadores** de ultrabajo fondo radiactivo
 - nuevas **bases de teflón** para los fotomultiplicadores, que pueden estar fuera del blindaje
- **Situación actual:**
 - pruebas para **enfriar** los fotomultiplicadores mediante dispositivos Peltier
 - pruebas de **guías de luz**
 - **.instalación inmedianta** en Canfranc del montaje completo con **un detector**
- **Umbral: 2 keV**
- **Nivel de fondo: 2 suc / keV kg día** a baja energía

- **Exclusiones:**

- para interacciones **escalares** (independientes del espín)
- para interacciones **axiales** (dependientes del espín)

