

Índice General

1	Introducción	5
2	Trabajo de simulación	11
3	Montaje del detector	17
3.1	Instalación del detector	17
3.2	Electrónica del detector	22
4	Resultados obtenidos	27
4.1	Voltaje de trabajo del detector	28
4.2	Espectros obtenidos con el detector	28
4.3	Tasa de contaje del detector de BF_3	31
4.4	Tasa de contaje teórica	32
4.5	Tasa de contaje para diferentes intensidades del PS	32

Índice de Figuras

1.1	Instalación n_TOF	6
1.2	Espectro energético de neutrones	7
1.3	Esquema del long counter	8
1.4	Zona del monitor	9
2.1	Esquema del monitor	13
2.2	Resultados simulación	14
2.3	Resultados simulación	15
3.1	Plataforma	18
3.2	Foto detector	19
3.3	Recorrido de los cables	20
3.4	Modulo CAEN	21
3.5	Esquema preamplificador	22
3.6	A-203	22
3.7	Salidas del A-203	23
3.8	A-206	24
3.9	Salida del discriminador	24
3.10	Esquema de la electrónica	25
4.1	Tasa de contaje vs. Voltaje	28
4.2	Espectro TOF	29
4.3	Anchura de la señal	30
4.4	Espectro TOF con oro	31
4.5	Tasa de Contaje. Figura 1	33

4.6	Tasa de Contaje. Figura 2	34
4.7	Contaje vs. Intensidad	35

Capítulo 1

Introducción

Presento aquí el trabajo de investigación que he desarrollado hasta el momento, dentro de la colaboración internacional n-TOF. La motivación de esta colaboración es el estudio de secciones eficaces de neutrones, de gran importancia en diferentes campos de la física, como la astrofísica o la transmutación de residuos radiactivos. En la actualidad, el conocimiento de las secciones eficaces de neutrones es bastante deficiente, limitándose a un reducido número de elementos, estables la mayor parte de ellos, o que han sido relevantes hasta el momento, y siempre a las energías permitidas por las instalaciones existentes. Gran parte de las secciones eficaces que no han sido medidas directamente, se han estimado a partir de cálculos de la cinemática de reacciones nucleares. El principal objetivo de la colaboración n-TOF es la medida directa, de forma sistemática, de estas secciones eficaces neutrónicas, utilizando una amplia variedad de núcleos blanco, incluso elementos radiactivos de vida corta, en un rango de energías que va desde el eV hasta los cientos de MeV.

Para llevar a cabo estos objetivos se ha construido una instalación experimental en el CERN que en la actualidad está dando sus primeros pasos. El fundamento de la misma consiste en conocer la energía de los neutrones incidentes con una gran precisión a través del tiempo que tardan en recorrer los 185 metros entre la fuente de neutrones y el área experimental donde se toman las medidas.

Para conseguir una razonable tasa de sucesos de interés con estas condiciones, es necesaria una densidad neutrónica sin precedentes en instalaciones similares. Se ha optado por el mecanismo de espalación como fuente de neutrones, ya que en un blanco de espalación de plomo, un protón de 24 GeV puede producir hasta 760 neutrones. El acelerador PS en el CERN es capaz de acelerar 7×10^{12} protones por pulso, obteniéndose una cantidad de 2×10^{16} neutrones en cada pulso. Esta fuente extraordinariamente prolífica se concentra en pulsos de corta duración, del orden de 10 ns, lo que permite conseguir una gran precisión en la determinación de la energía del neutrón mediante la técnica de tiempo de vuelo (time of flight), de donde procede el nombre de la colaboración. La intensidad de la fuente nos permite tener fluencias de 8×10^4 n/cm²

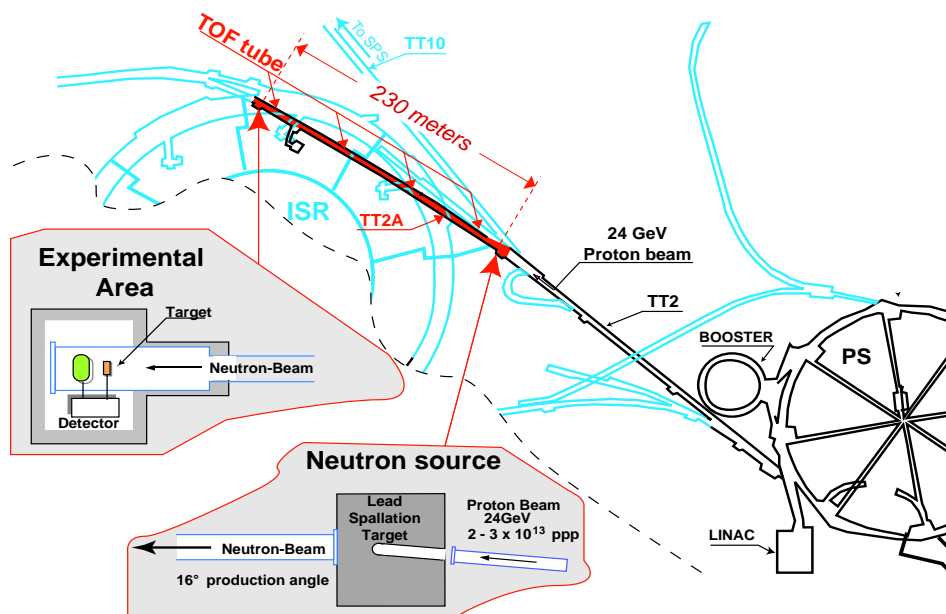


Figura 1.1: Vista general de la instalación n_TOF .

por pulso para neutrones de energía mayor que 0.1 eV en la estación de medida. El espectro energético de los neutrones que alcanzan la estación de medida ha sido ampliamente estudiado con diferentes programas de simulación. En la figura 1.2 se resume parte de los resultados de estas simulaciones.

En este trabajo resumo mi aportación a la colaboración que ha consistido en el diseño y construcción de un sistema para la monitorización del haz neutrónico.

Como monitor de la intensidad del haz, y tras haber revisado amplia documentación relativa a detectores de neutrones, hemos desarrollado un detector basado en la idea del **Long Counter**, que concibieron Hanson y McKibben [4]. Consiste en un detector de neutrones lentos con forma de cilindro alargado rodeado por un material adecuado que actúa como moderador. El eje del contador apunta hacia la fuente. El material moderador es normalmente un material rico en hidrógeno como la parafina.

El principio del contador es que los neutrones de diferentes energías tendrán la misma probabilidad de escapar, ser absorbidos, o detectados. La penetración de los neutrones aumenta con la energía; sin embargo, la distribución de neutrones térmicos en un plano perpendicular al eje del cilindro es casi independiente de la profundidad de penetración. Un problema es que la pérdida de neutrones térmicos a través de la superficie frontal del moderador disminuye para las energías más altas; para disminuir este efecto se practican agujeros en la cara frontal, que permiten a los neutrones de menor energía penetrar lejos en el moderador.

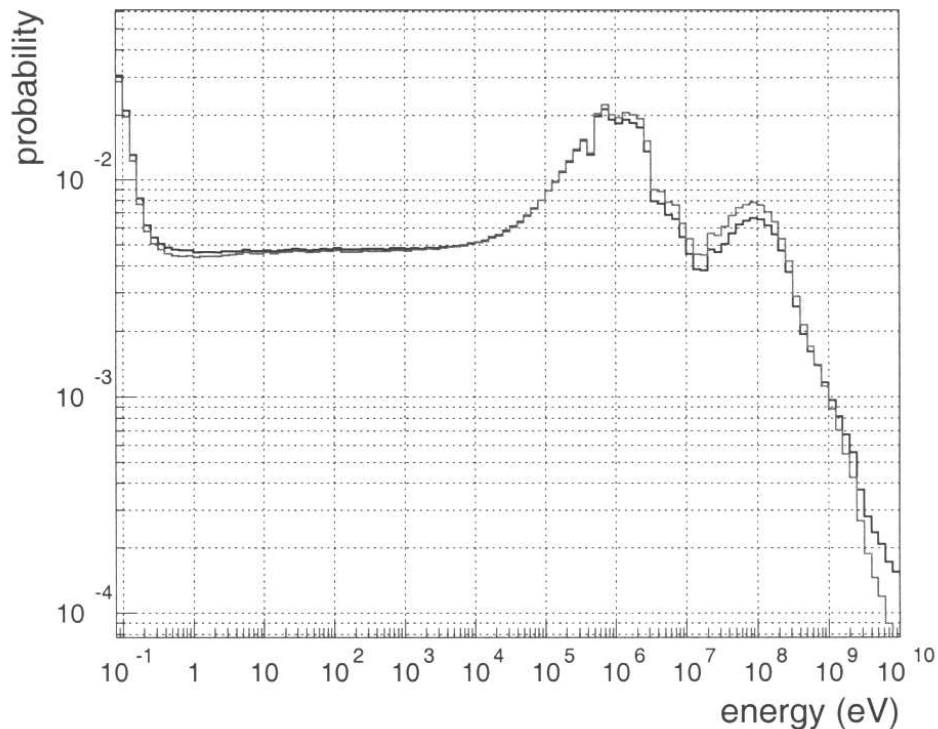


Figura 1.2: *Espectro en energías de los neutrones que llegan a la estación de medida.*

Con esta configuración se consigue un detector cuya respuesta frente a un haz de neutrones incidentes en él, sea prácticamente independiente de la energía, en cierto rango, de modo que la eficiencia de detección en función de la energía de los neutrones es prácticamente constante, por lo que también se los conoce como detectores de "respuesta plana".

El contador está diseñado para ser sensible sólo a los neutrones incidentes por la cara que se enfrenta a la fuente. Se encuentra blindado por su cara lateral, para reducir su sensibilidad a radiaciones de fondo, con una protección del mismo material moderador que rodea el montaje, separada del moderador interno por un absorbente, cadmio o una capa de óxido de boro. La sensibilidad de neutrones que entran por otros lados se reduce a menos del 30 % de la sensibilidad en la dirección frontal.

La eficiencia absoluta, definida como la razón del número de neutrones contados por segundo y el número de neutrones incidentes en la superficie del moderador interno por segundo, es del orden del 1 %.

Partiendo de las características que poseen los long counter, hemos hecho una adaptación del mismo teniendo en cuenta las particulares condiciones que se dan en la instalación n-TOF. Para interferir lo menos posible con los detectores encargados de

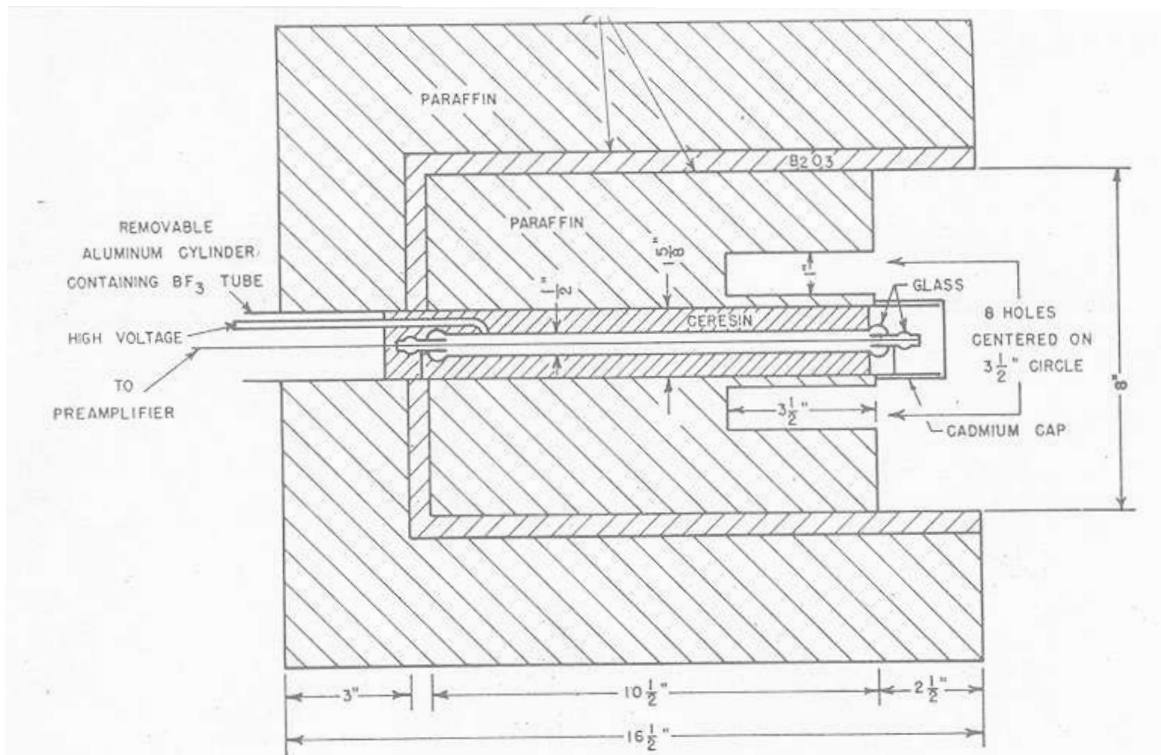


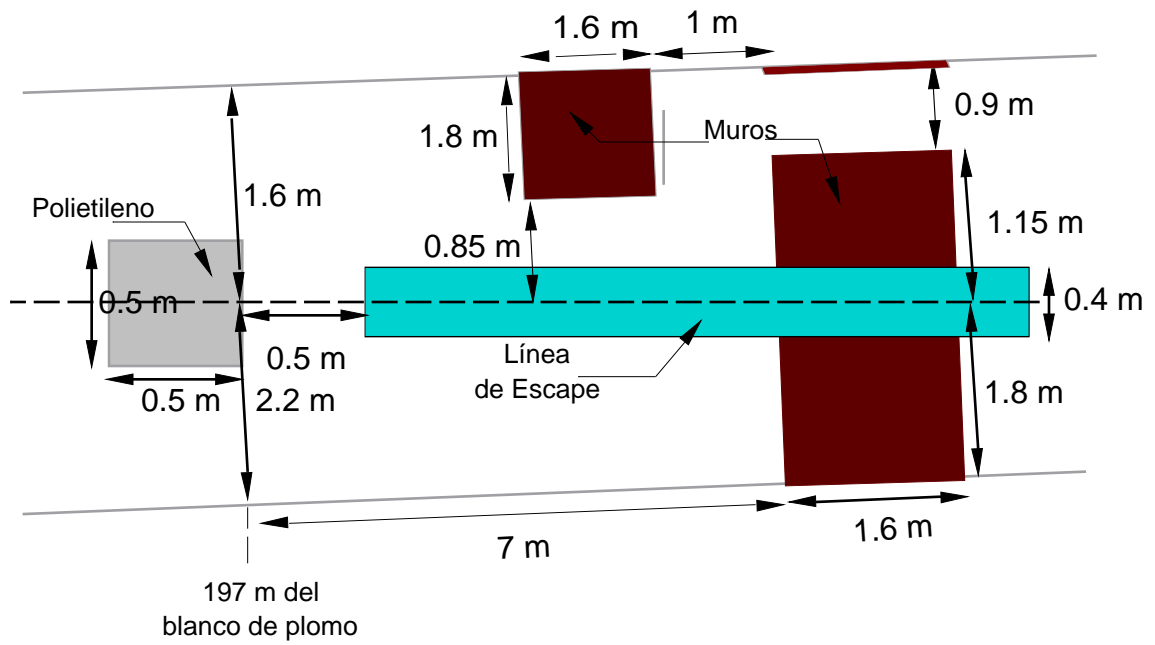
Figura 1.3: *Long counter* diseñado por Hanson y McKibben.

medir las secciones eficaces neutrónicas, el detector está colocado al final de la instalación, a continuación de la denominada Escape Line y separado del área de medidas por dos muros que forman la chicane de acceso a la misma.

Las características del detector permiten llevar a cabo una doble función: como monitor de la intensidad del haz y como lugar de parada del haz de neutrones (*beam stopper*). La combinación de las funciones de moderador y absorbente de neutrones térmicos que componen el detector minimizan la contribución de los neutrones retrodispersados al fondo existente en la sala de medidas.

Con este detector esperamos obtener, una vez concluida su etapa de prueba, información de la intensidad del haz de neutrones mediante la lectura de los resultados de los tres detectores de gas BF_3 inmersos en el bloque moderador de polietileno, prácticamente en tiempo real y para cada pulso del PS, revelando las posibles variaciones en la misma que puedan ocurrir a lo largo del tiempo.

Además la utilización de tres detectores colocados simétricamente alrededor del eje del haz de neutrones, nos permitirá observar variaciones en su geometría.



Capítulo 2

Trabajo de simulación

Como paso previo a la construcción del detector se hizo un estudio mediante simulación para comprobar su viabilidad y encontrar las características más adecuadas para obtener los resultados requeridos.

Los programas de simulación utilizados fueron los Monte Carlo MCNP versión 4B y MCNPX, programas estándar en simulaciones de reactores y otras aplicaciones de neutrones, puesto que permiten el transporte de neutrones, fotones y electrones. Con ellos se simularon las características del detector y una parte simplificada de la instalación, utilizando el espectro energético previsto para el n-TOF como fuente.

Como resultado de este estudio, se eligieron los contadores proporcionales de gas BF_3 el modelo 25EB/40/50 ofertado por CENTRONIC Ltd. Los contadores de BF_3 utilizan la reacción $^{10}\text{B}(n,\alpha)$ para la detección de neutrones térmicos. La principal característica de este tipo de detectores es que combinan una alta eficiencia de detección de neutrones con una excelente discriminación de la radiación gamma. Estos contadores se pueden emplear dentro de campos de radiación gamma de hasta 100 R/hr, con una tasa de contaje máxima de aproximadamente 10^5 s^{-1} . La vida del contador, definida con una reducción del 10 % en la sensibilidad original, es de más de 10^{17} neutrones/cm².

Dimensiones:

- Longitud activa: 250 mm
- Longitud total: 376 mm
- Longitud del conector: 20 mm
- Anchura: 50.8 mm
- Espesor del cátodo de cobre: 0.7 mm

La presión de llenado es de 40 cm Hg (0.53 atm) y el voltaje nominal de trabajo del detector a esa presión es de 2700 V. La sensibilidad del detector viene en función de la

longitud activa del contador y de la presión de llenado. Para un flujo de neutrones térmicos de 1 nv (neutrones/cm²/s) a tensión nominal, un contador con las características elegidas presenta una sensibilidad de 22 cps/nv.

En cuanto a las características del material moderador que rodea a los contadores de BF₃ se ha utilizado polietileno puro (0.92 g/cm³), material de uso frecuente en instalaciones con neutrones y que se puede trabajar fácilmente a maquina.

Las dimensiones finales del montaje se pueden observar en la figura 2.1 donde se puede observar la inclusión de un revestimiento de cadmio. Estas hojas de cadmio, recubiertas de una placa adicional de polietileno, cumplen la doble función de minimizar el fondo debido a neutrones que escapan del moderador y, a la vez, blindar el detector de neutrones procedentes de otras direcciones que no sean la del haz. Estas hojas tienen 1.5 mm de espesor, suficiente para absorber la mayor parte de los neutrones térmicos que las alcanzan.

Los resultados de la simulación obtenidos para esta configuración dan una tasa de reacción, integrada a todas las energías, de 0.0294 (3 %) para un tubo contador. Por tasa de reacción se entiende el número de neutrones que reaccionan vía (n,α) en el volumen de cada tubo, dividido por el número total de neutrones que entran en el detector. En cuanto al comportamiento del detector con la energía de los neutrones incidentes, se puede observar (figura 2.2) una respuesta relativamente plana hasta el MeV de energías y a partir de ese punto, que se corresponde con la energía a la que el hidrógeno deja de ser un buen moderador, la eficiencia cae drásticamente.

También se ha estudiado el comportamiento en tiempos que esperamos para el detector, para ver que efecto tiene el proceso de moderación sobre el haz de neutrones y después compararlo con los resultados reales obtenidos para el detector. En la figura 2.3. se puede observar el número de neutrones que reaccionan en el volumen del detector, por unidad de tiempo y por pulso, en función del tiempo que hay entre la salida del blanco de espalación y el instante de su detección. Ambas escalas son logarítmicas. El espectro en tiempos comienza en 0.7 μs, que es, aproximadamente, el tiempo de llegada de los neutrones más rápidos y alcanza un máximo de anchura apreciable cerca de los 100 μs. Los valores absolutos calculados para las tasas de reacción dependen directamente de la intensidad integrada presupuesta para el haz, que en nuestro caso se ha tomado un valor de 5.6×10^5 neutrones/pulso.

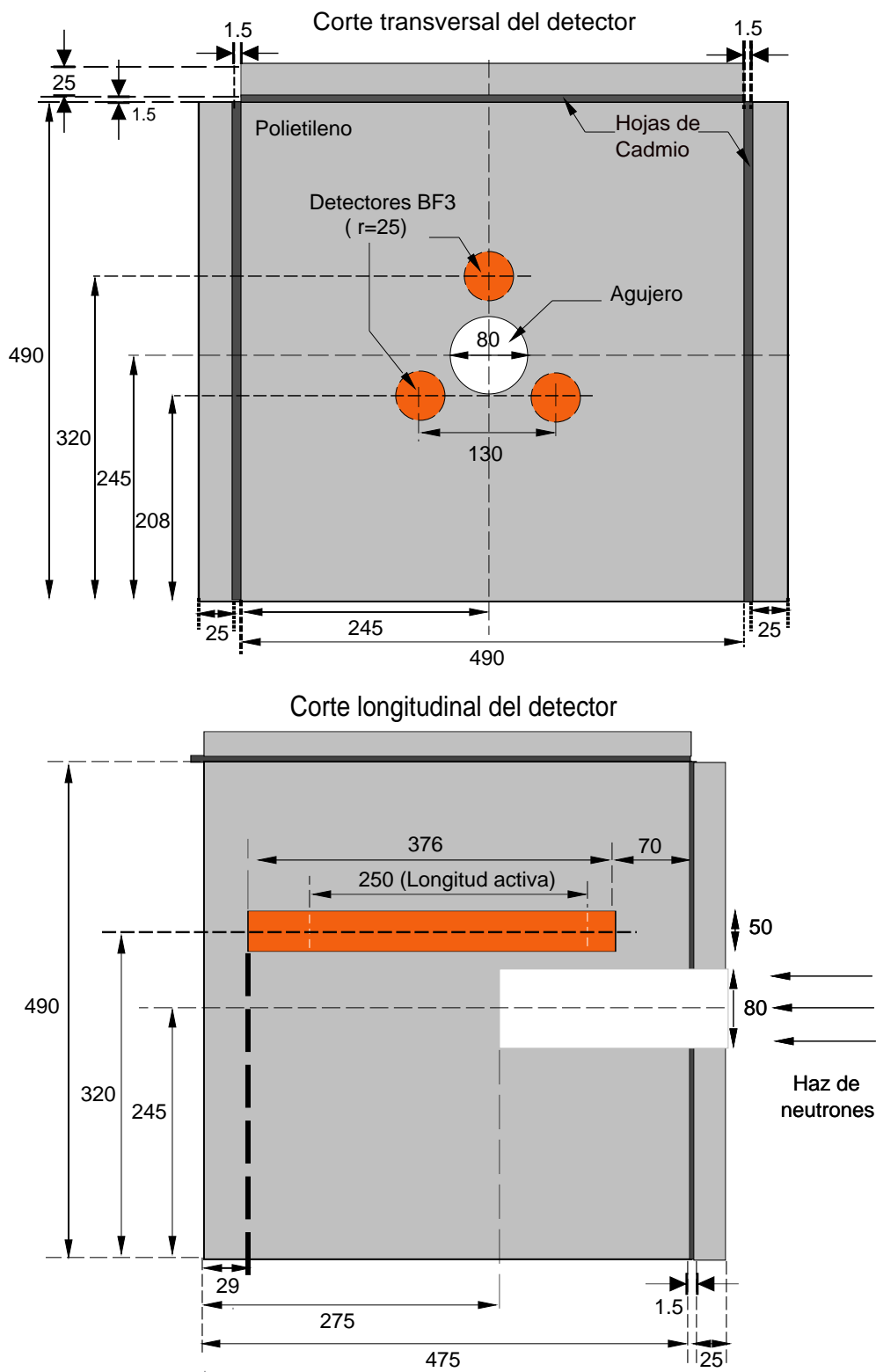


Figura 2.1: Esquema del monitor.

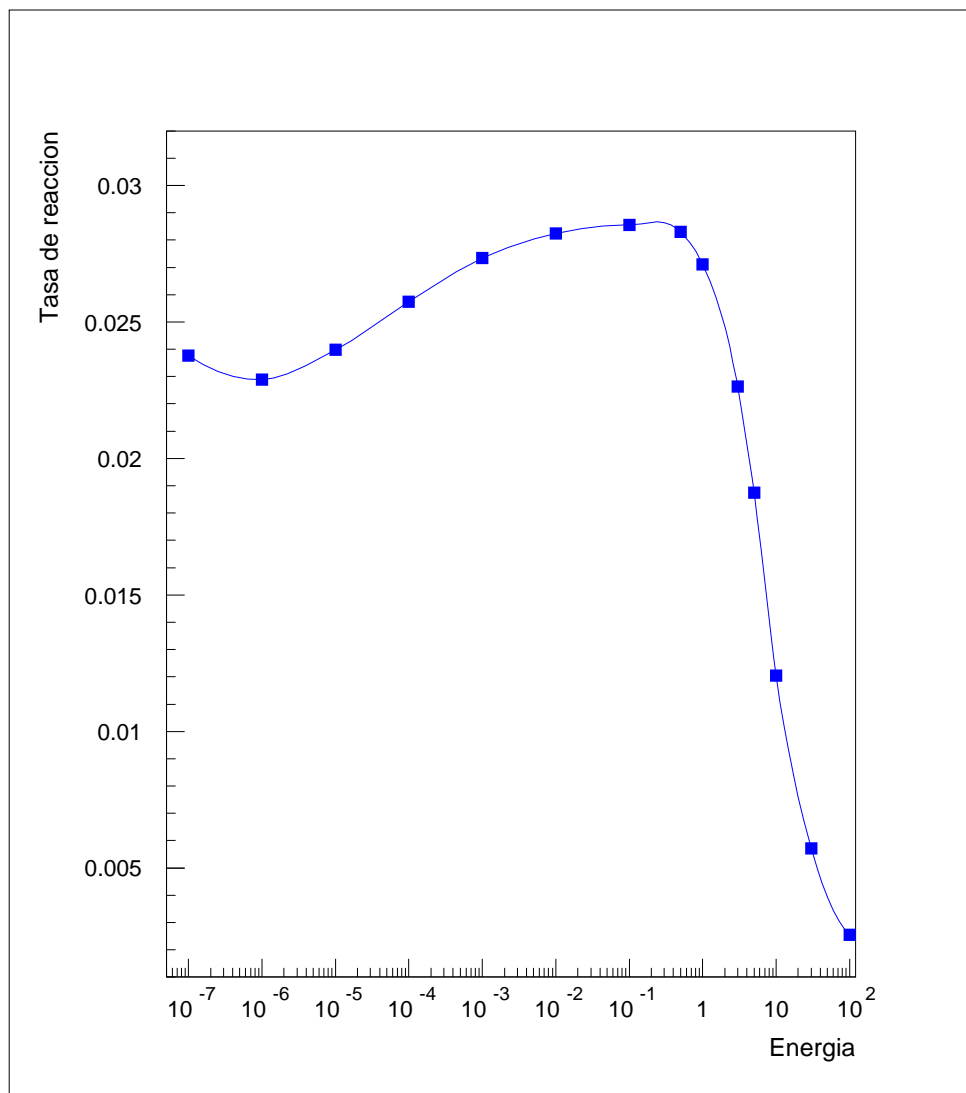


Figura 2.2: *Respuesta frente a la energía de la simulación del detector creada con MCNP_X.*

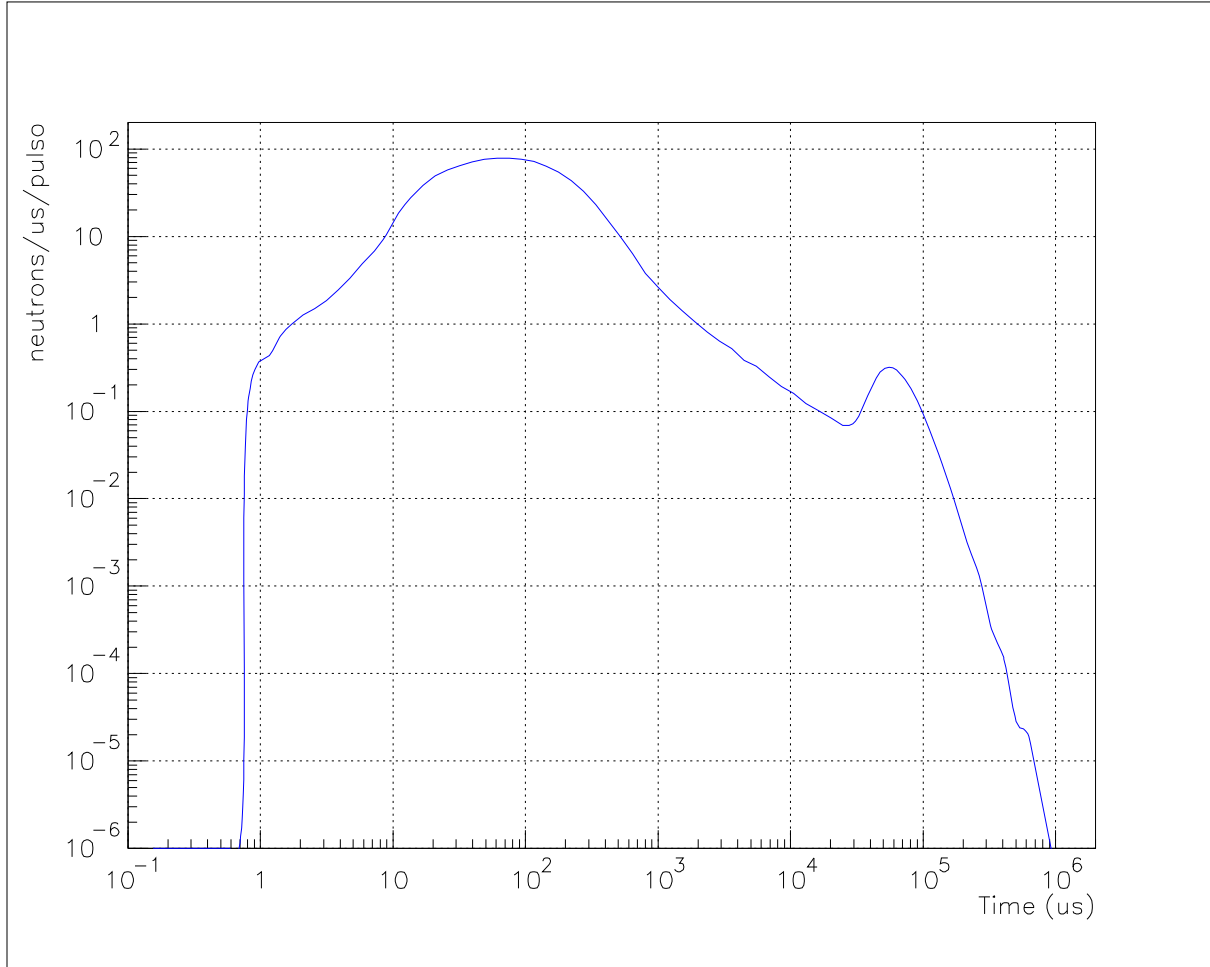


Figura 2.3: *Espectro temporal del número de neutrones que reaccionan en el volumen del detector de BF_3 obtenido mediante simulación.*

Capítulo 3

Montaje del detector

3.1 Instalación del detector

El montaje del detector se llevó a cabo entre los meses de Mayo y Junio del 2001 tras solucionarse varios problemas técnicos de diversa índole.

En primer lugar, un factor que complicó la colocación *in situ* del monitor es la apreciable inclinación que presenta el suelo de la parte final del túnel, y en particular, en el lugar donde se emplaza el detector. Debido a las características operacionales del detector es fundamental conseguir que se encuentre perfectamente alineado con el haz, de modo que este penetre perpendicular a la cara frontal del bloque de polietileno y lo atraviese paralelo a su eje. Además, la posición de impacto del haz en el bloque debe estar bien definida y coincidir con el centro del agujero de entrada.

Para ello se siguieron los siguientes pasos:

Como soporte del bloque de polietileno se construyó una plataforma de una aleación de aluminio de dimensiones $600 \times 800 \times 5 \text{ mm}^3$, soportada por cuatro tornillos de acero de 13 milímetros de diámetro y 25 cm de longitud, que permiten regular por separado la altura de cada uno de sus puntos de sustentación. Como refuerzo, le fueron añadidos cuatro perfiles en U de aluminio (ver figura 3.1).

El ensamblaje del detector se tuvo que hacer en el lugar de su ubicación definitiva debido su gran peso, superior a 150 kilos, y las dificultades para trasladarlo dentro de la instalación. Las placas de polietileno que componen el cuerpo interno del detector se montaron directamente sobre la plataforma, siguiendo la disposición previamente asignada, para después quedar fijadas mediante las hojas de cadmio, atornilladas en sus cara laterales y superior mediante tornillos de 18 mm de longitud y 2 mm de grosor. Una lámina de aluminio de 2 mm de espesor se atornilló adosada a una de las hojas de cadmio laterales para reforzar la estructura, puesto que el aluminio es un material de mayor rigidez que el cadmio.

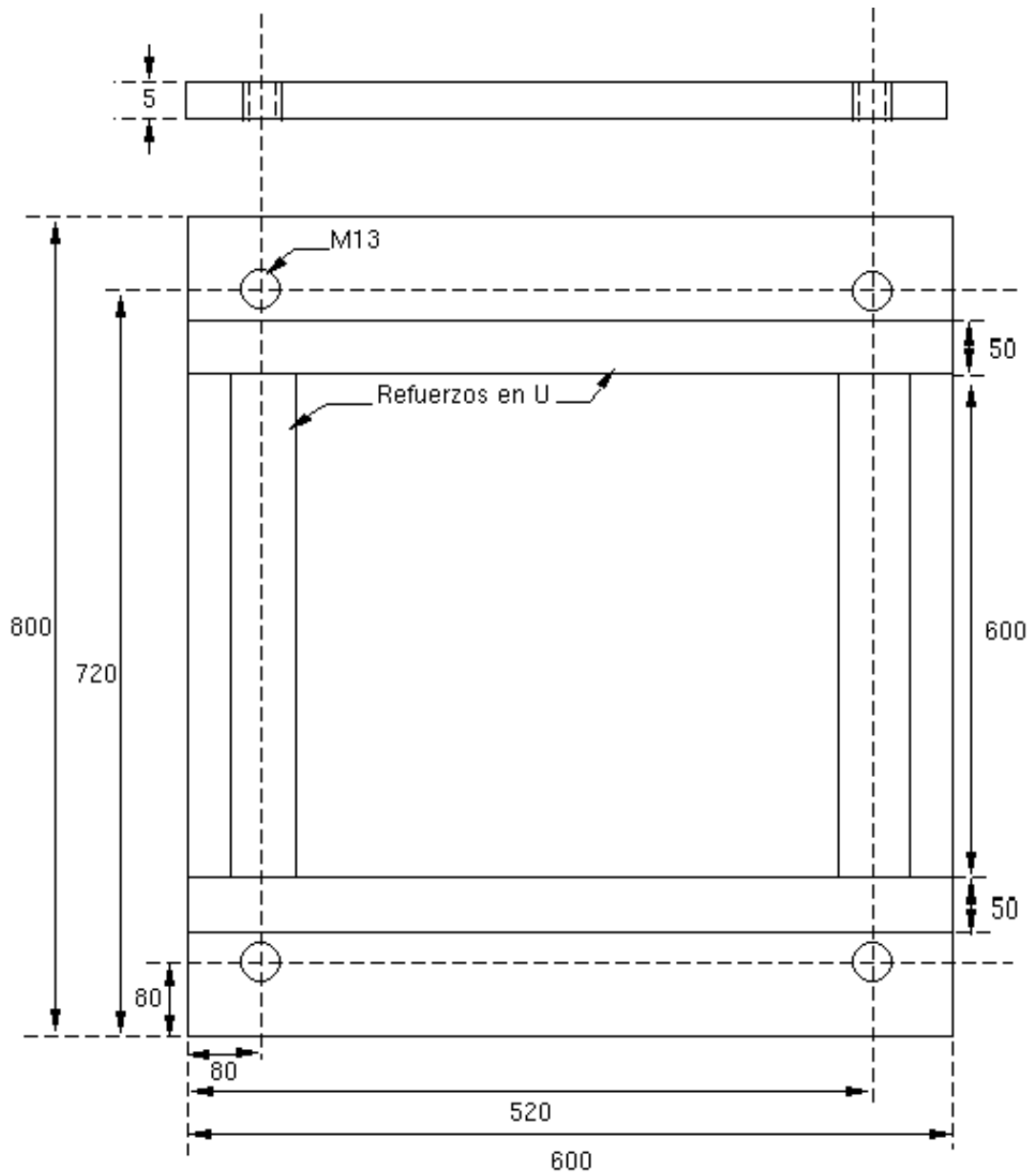


Figura 3.1: Planos de la plataforma sobre la que se emplaza el detector.

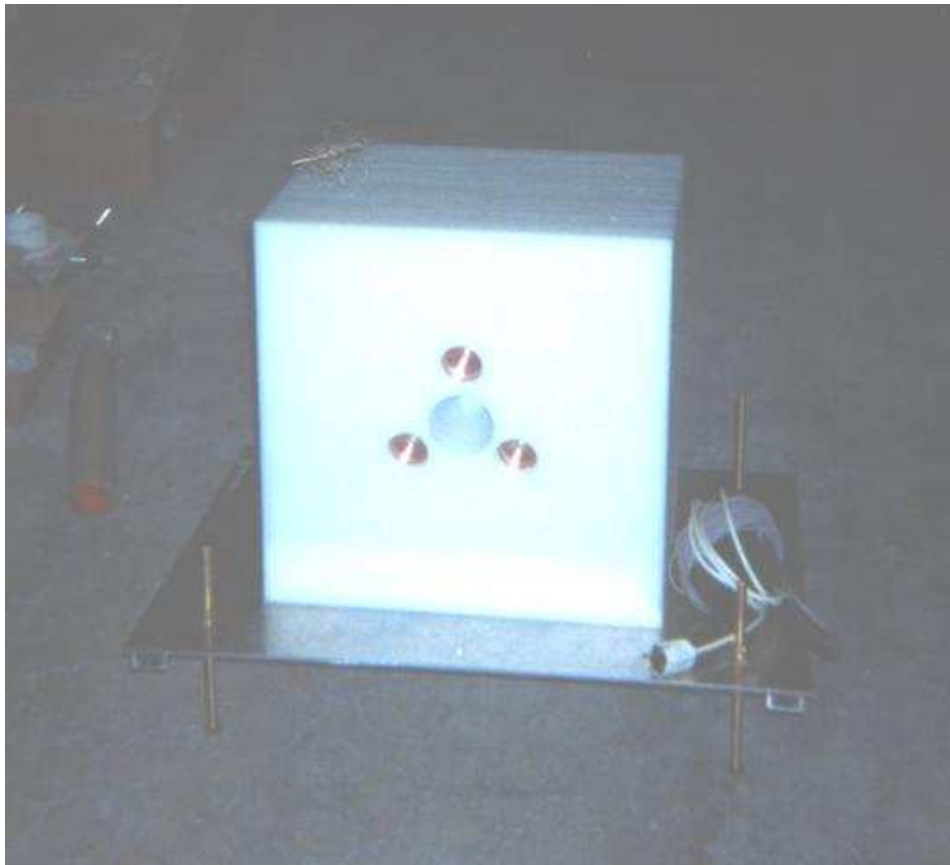


Figura 3.2: Foto del detector durante el proceso de montaje

Los tres detectores fueron insertados en el polietileno durante el proceso de montaje de las placas (figura 3.2), con los conectores SHV mirando hacia atrás para permitir la salida de los cables de HV a través de la cara posterior.

Superpuestas a cada hoja de cadmio hay una placa adicional de polietileno, para actuar de moderador y reducir la energía de los neutrones de fondo que entran en el detector antes de encontrarse el cadmio, que es un buen absorbente de neutrones térmicos. Estas placas adicionales se encuentran fijadas al bloque mediante tiras plásticas, estándar en el CERN.

La alineación del eje del detector con la línea del haz se llevo a cabo con la ayuda de la *Survey Group* del CERN.

Otro inconveniente que hubo que solucionar fue la comunicación entre el detector y las fuentes de alimentación y el sistema de adquisición de datos. Estos últimos se encuentran en la estación de medida, separados de la zona de la Línea de Escape mediante dos muros que conforman una chicane. Fue necesario utilizar cables de alta tensión (SHV) y de señal (BNC) de 25 metros, siguiendo el recorrido mostrado en la

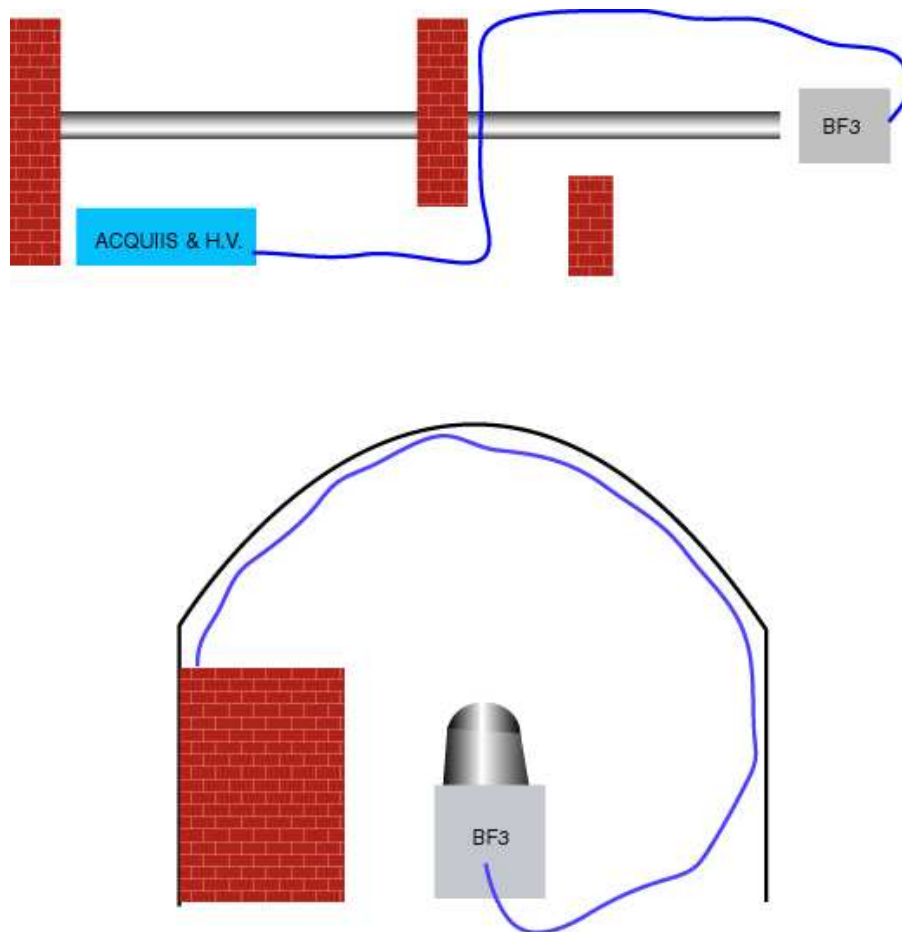


Figura 3.3: *Recorrido de los cables de señal y de alta tensión.*

figura 3.3.

Como fuente de alta tensión para el detector se utiliza en la actualidad un módulo N 470 de C.A.E.N. Es una unidad NIM de doble anchura que soporta cuatro canales independientes de alta tensión, tanto de polaridad positiva como negativa.

Los rangos de los voltajes de salida para cada uno de los canales son los siguientes:

1. de 0 a ± 3 kV/3 mA;
2. de ± 3 kV a ± 4 kV/ 2 mA;
3. de ± 4 kV a ± 8 kV/ 1 mA.

La selección del rango tiene lugar automáticamente. La resolución en corrientes es de $1 \mu\text{A}$. La polaridad de cada canal se puede seleccionar independientemente.

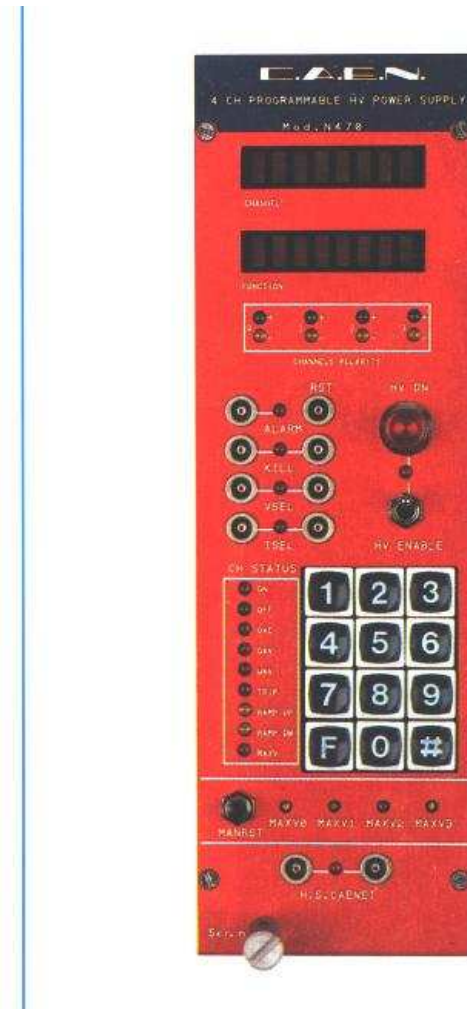


Figura 3.4: *Modulo CAEN N 470. Fuente de alta tensión .*

Para cada canal es posible controlar varios parámetros operacionales: dos niveles de alto voltaje prefijables, dos niveles de corriente máxima, rampas de subida y bajada. Todos estos parámetros pueden ser programados y monitorizados a distancia, mediante un protocolo específico (H.S.CAENET) de la marca, o localmente, mediante un panel alfanumérico y dos pantallas (ver figura 3.4). Además, varios LEDs muestran el estado del canal seleccionado.

El modulo es intrínsecamente seguro; al encontrarse el alto voltaje sólo en la salida hembra de los conectores SHV.

3.2 Electrónica del detector

La salida de las señales de los tubos de BF₃ se ha hecho mediante un preamplificador (A-203) más un discriminador (A-206) fabricados por la empresa AMPTEK. Los modelos A-203 y A-206 son un Preamplificador Sensible a Carga/Conformador y un Amplificador de Voltage/Discriminador de Umbral, desarrollados para la instrumentación de detectores de estado sólido, contadores proporcionales, fotomultiplicadores o cualquier detector que produzca carga, en análisis de altura de pulso o en modo contador de pulsos.

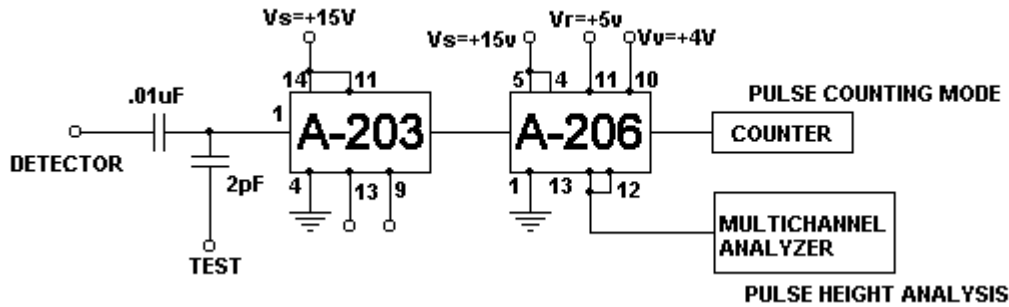


Figura 3.5: Sistema completo A-203/A-206.

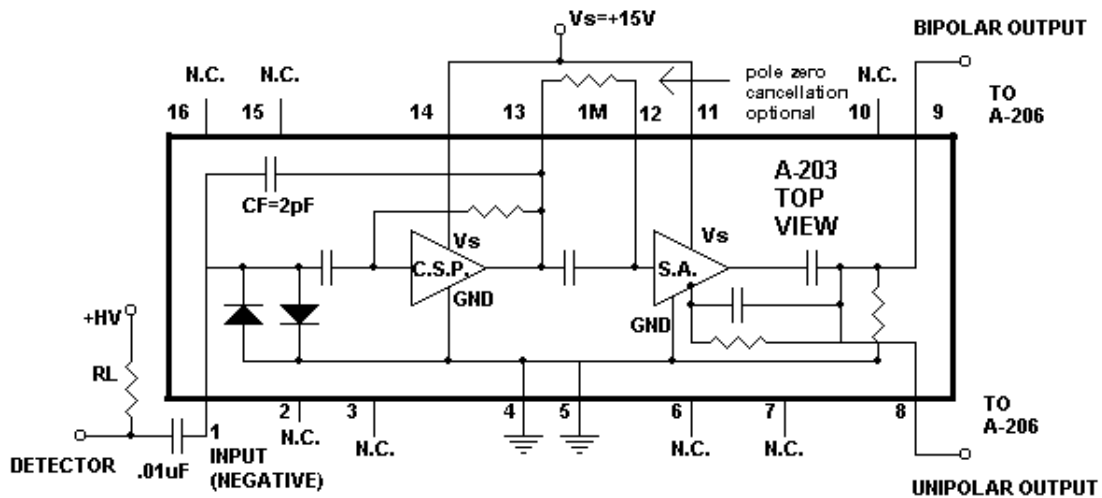


Figura 3.6: Esquema del A-203.

El A-203 tiene dos partes:

1. Un Preamplificador Sensible a Carga (CSP).
2. Un Conformador (Shaping Amplifier).

El detector debe estar acoplado al Pin 1 mediante un condensador de voltaje adecuado. La salida del CSP está conectada internamente a la entrada del conformador.

El Conformador tiene dos salidas:

1. Unipolar (Pin 8), que consiste en integración simple–diferenciación simple.
2. Bipolar (Pin 9), integración simple–doble diferenciación.

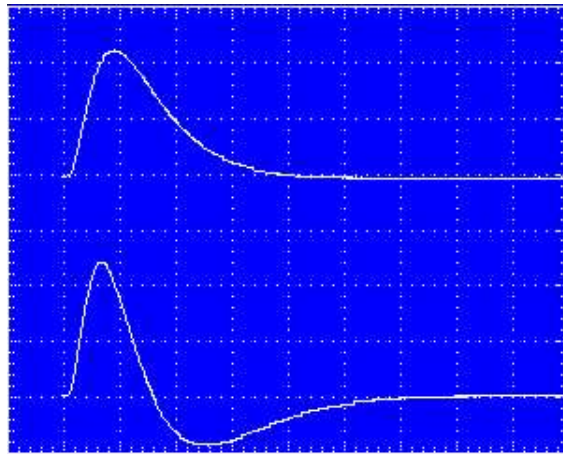


Figura 3.7: *Salidas unipolar (arriba) y bipolar (abajo) del A-203.*

El A-206 también presenta dos partes:

1. Un Amplificador de Voltaje ajustado al A-203.
2. Un Discriminador de Umbral (Lower Level Discriminator).

El Discriminador requiere un voltaje de referencia V_R y uno variable V_V . Hay que colocar V_R entre +4.5 y +5.5 voltios y V_V a menor voltaje que V_R . La diferencia, $V_R - V_V$, es el nivel de discriminación al que la unidad dará señal. Por ejemplo, si $V_R = +5$ V y $V_V = +3.5$ V cualquier pulso de amplitud mayor que +1.5 V disparará el discriminador.

La salida nominal del discriminador es un pulso positivo de 5 μ s de anchura.

Además de la propia placa que viene con los chips ha sido necesario diseñar un circuito adicional para adaptar la señal de entrada del detector y tratar adecuadamente las salidas. Este circuito viene esquematizado en la figura 3.10.

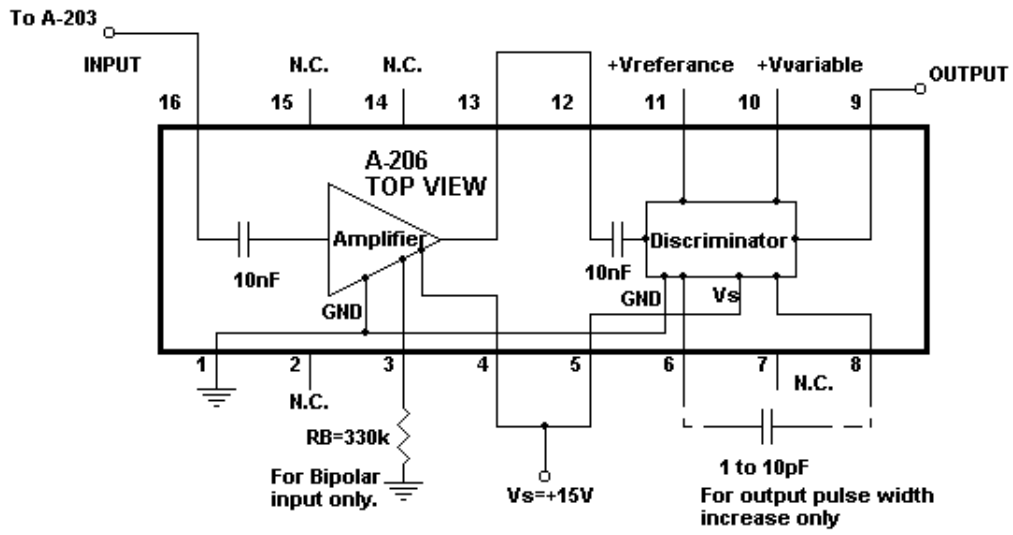


Figura 3.8: Esquema del A-206.

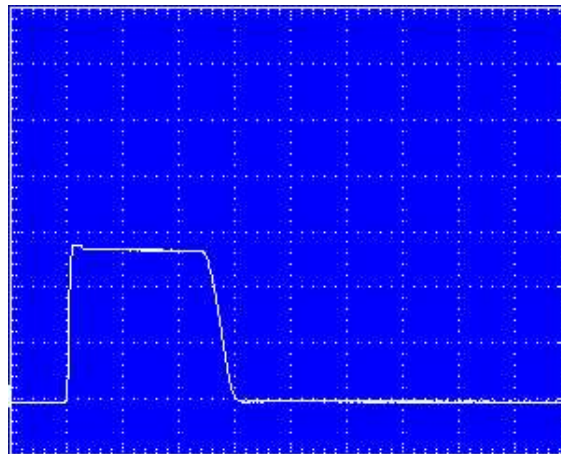


Figura 3.9: Salida del Discriminador de Umbral.

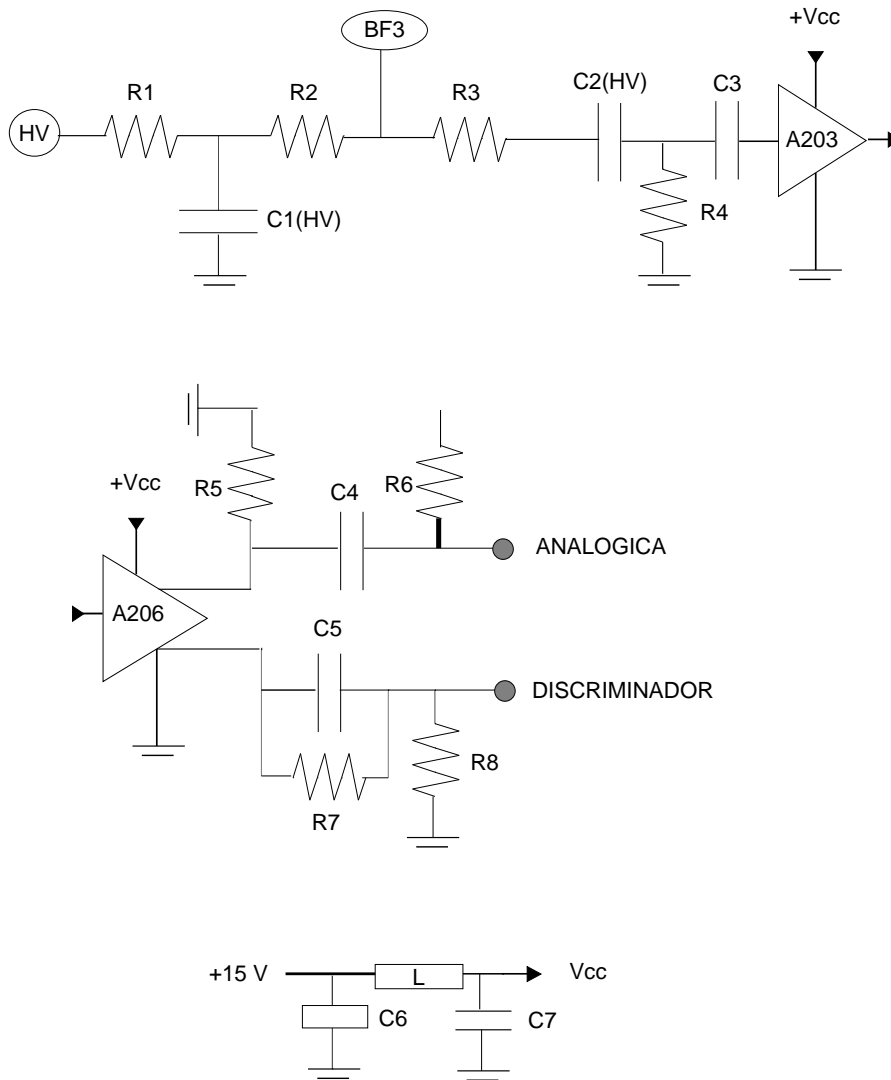


Figura 3.10: Esquema del circuito que lleva el preamplificador. La primera parte está constituida por la parte de alta tensión y la alimentación del preamplificador, mientras que la segunda sirve para optimizar las salidas analógica y del discriminador. Los valores de los componentes son los siguientes: $R1=R2=2.2\text{ M}\Omega$, $R3=1.8\text{ k}\Omega$, $R4=1\text{ k}\Omega$, $R5=3.3\text{ k}\Omega$, $R6=800\ \Omega$, $R7=2.2\text{ k}\Omega$, $R8=1\text{ K}\Omega$, $C1=2.2\text{ nF}$, $C2=470\text{ pF}$, $C3=3.9\text{ pF}$, $C4=C5=C7=0.1\ \mu\text{F}$, $C6=10\ \mu\text{F}$.

Capítulo 4

Resultados obtenidos

Hasta el momento el detector ha estado operacional en modo de prueba, por lo que hemos podido estudiar su comportamiento en una situación prácticamente real. Los datos conseguidos han sido tomados mediante el sistema de adquisición utilizado hasta el momento por el resto de los detectores en la instalación. Este sistema está basado en convertidores rápidos de analógico a digital (FADCs) con 8 bits de resolución y 1 ó 2 Gmuestras de tasa de muestreo. El sistema de adquisición de datos del n-TOF es capaz de recoger sincronizadamente los datos de todos los detectores después de cada pulso neutrónico y transferirlos al CDR (Centro de Cálculo) del CERN para su rápido almacenaje. Próximamente se implementará un sistema de adquisición propio e independiente, que facilitará información *on-line* del detector. Con este sistema de adquisición es posible variar diferentes parámetros vía software, como la correspondencia entre la escala de bits y la escala en voltajes, para adecuarla al tamaño de las señales de diferentes detectores, o el umbral de discriminación para disparar el ADC.

En lo referente a los datos obtenidos para el detector BF₃, el fondo de escala total estuvo fijado en 5 V, lo que nos permitió recoger las señales en toda su magnitud y se varió el umbral, según las medidas, entre 11 y 13 canales, que se corresponden aproximadamente a 19 y 54 mV, respectivamente. Estos valores son bastante bajos para obtener así el mayor número de señales posibles, ya que, como se ha visto en sucesivas pruebas, prácticamente todas las señales registradas son debidas a neutrones del haz.

En las primeras pruebas que se hicieron se comprobó que las señales analógicas bipolares proporcionaban mejores resultados que las unipolares puesto que, debido a su menor anchura, la cantidad de apilamiento es sensiblemente menor. La salida del discriminador, con una anchura de 5 μ s, era drásticamente inferior, contando del orden de la mitad de señales. Por ello, el tratamiento realizado a continuación se ha centrado en la salida bipolar del preamplificador y se está estudiando cuales son las posibilidades para su aprovechamiento.

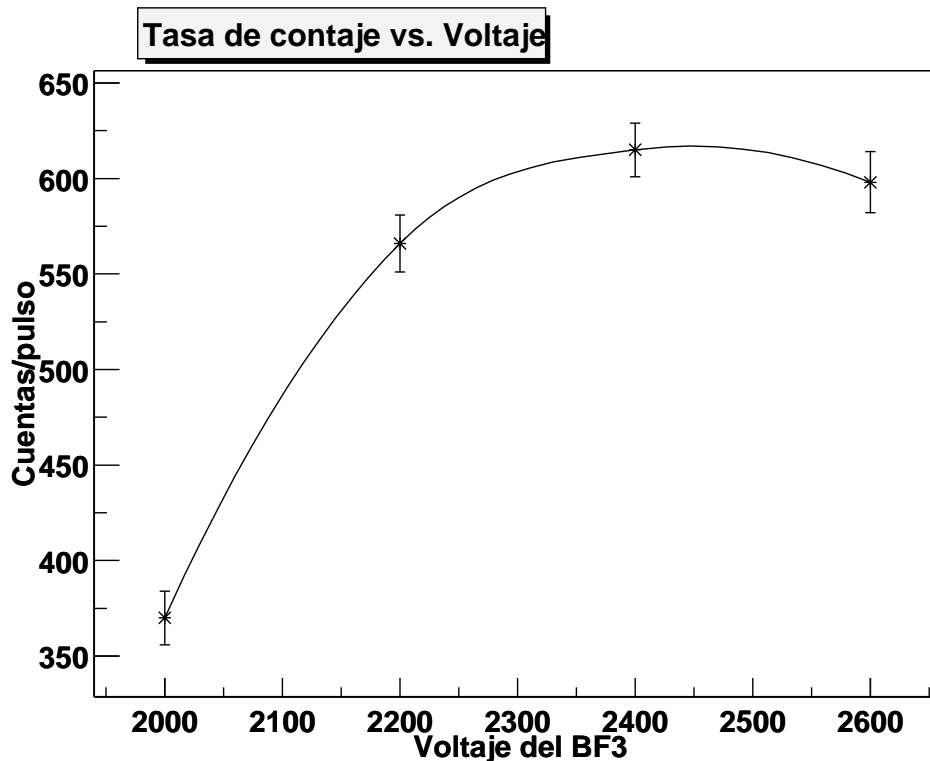


Figura 4.1: Tasa de conteo para el detector BF_3 frente a la alta tensión que recibe.

4.1 Voltaje de trabajo del detector

La primera tarea que se llevó a cabo fue encontrar el valor óptimo del voltaje de los detectores de BF_3 . Para obtenerlo, se hizo un barrido en voltajes con valores cercanos al proporcionado por el fabricante. Solamente se hizo con uno de los tres detectores de BF_3 , debido a que por complicaciones con la electrónica de los otros dos, sólo uno de los detectores estuvo operativo en este periodo de pruebas.

Este valor óptimo se encontró alrededor de los 2.4 kV donde se puede apreciar un plateau en el número de cuentas (ver figura 4.1).

4.2 Espectros obtenidos con el detector

Para explicar los datos recogidos, comentamos a continuación algunas de las gráficas obtenidas del tratamiento de alguno de los **runs**, fichero/s de datos que se corresponden con una única toma de datos. En estos runs el voltaje fue colocado a 2400 V y el umbral del DAQ era de 19 mV.

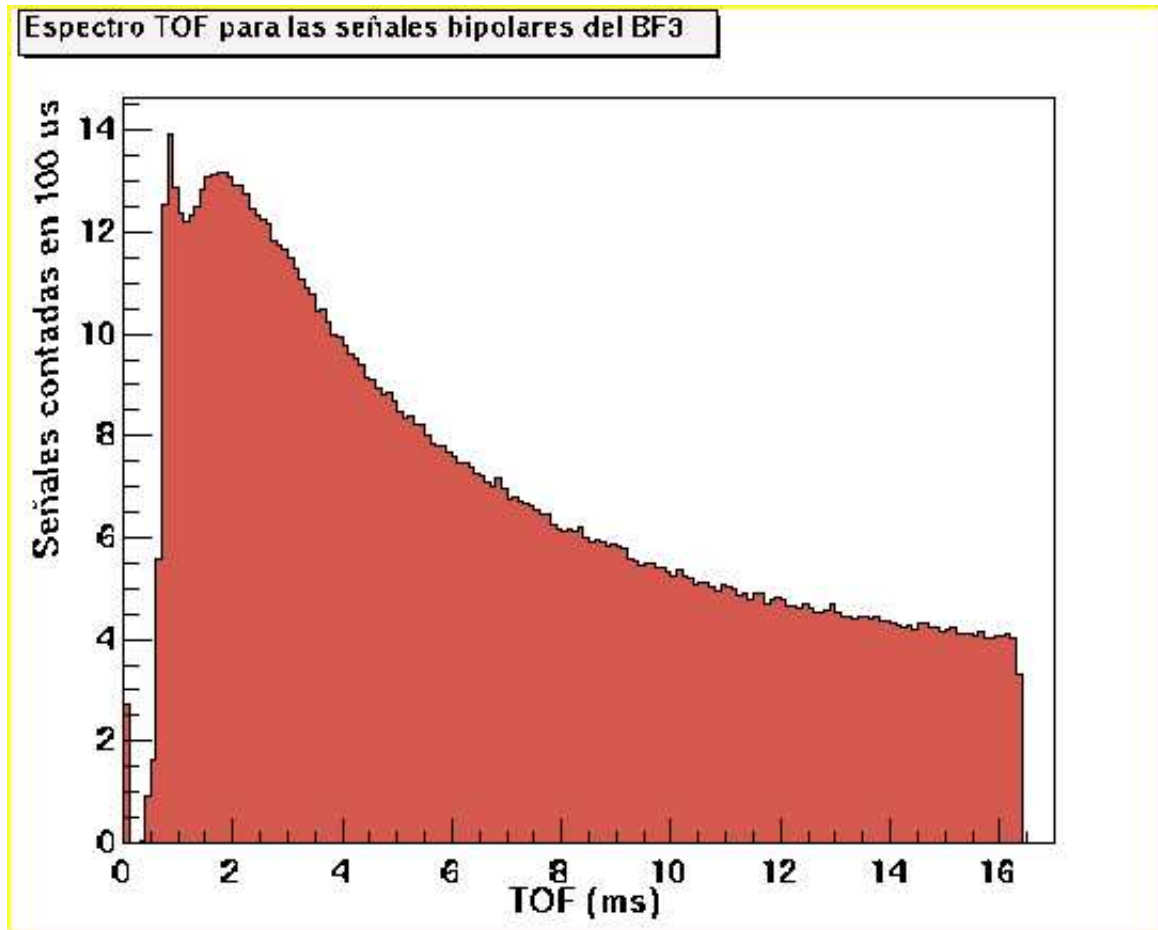


Figura 4.2: Espectro TOF para el run 1640.

La figura 4.2 muestra el espectro de señales registradas por unidad de tiempo en cada pulso del haz. El tiempo (TOF) durante el que se mide va desde la llegada de la primera señal del pulso a los detectores y que se corresponde con un *flash* de fotones creados en el blanco de espalación hasta que se llena la memoria del FADC (esto es entre 16 y 30 ms dependiendo de la tasa de muestreo). En este espectro se observa, para tiempos menores a los 2 ms, un comportamiento diferente del que preveíamos en la simulación. En el lugar donde nosotros esperamos un pico, correspondiente a la mayor parte de neutrones rápidos, que deberían ser registrados en el primer milisegundo, no hay señales. En la actualidad, estamos investigando las causas de esta ceguera del detector, con la intención de mejorar, dentro de lo posible, la sensibilidad para neutrones rápidos. Después de este periodo, la tasa de conteo se comporta cualitativamente como esperábamos.

En la figura 4.3 se muestra la distribución de anchura de las señales. Llegados a este punto es conveniente aclarar lo que se entiende por una señal de este sistema de

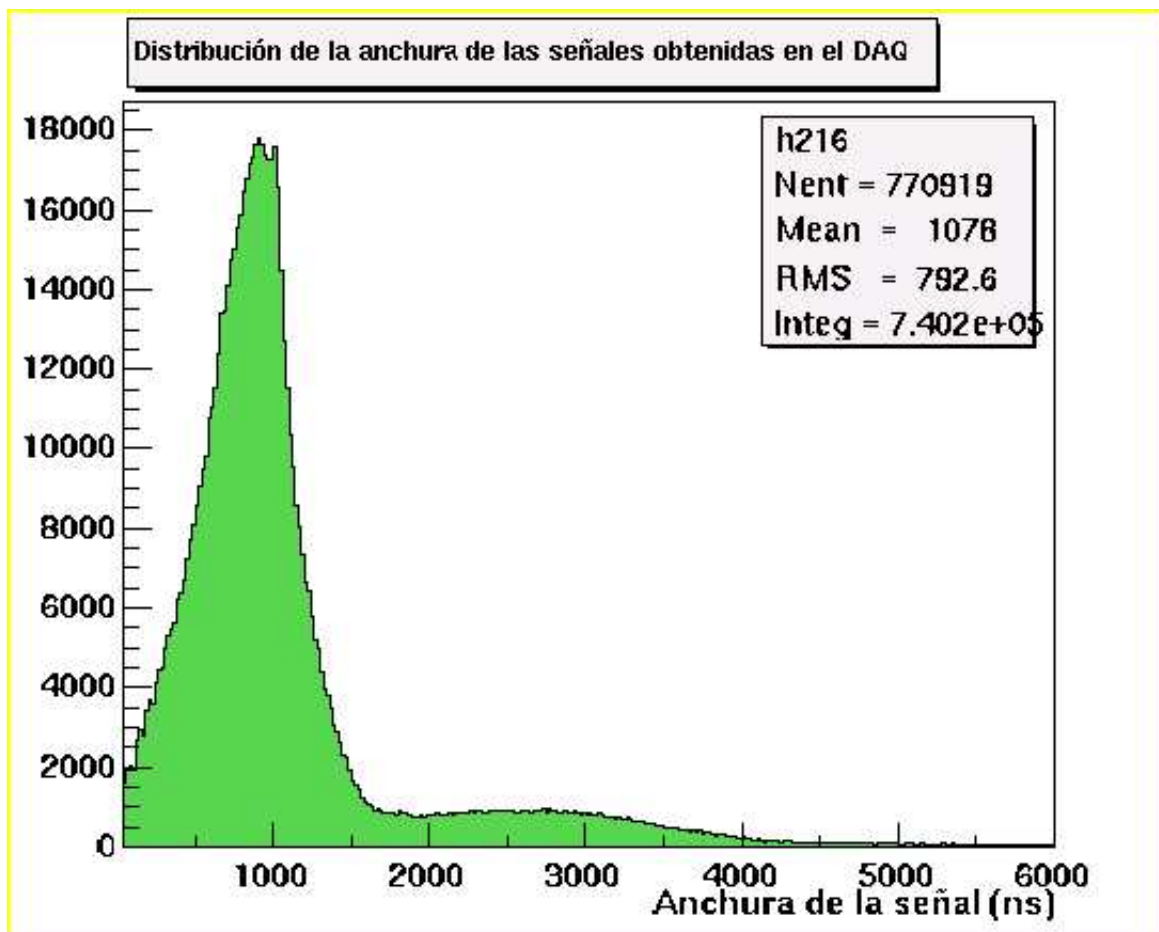


Figura 4.3: *Distribución de anchuras de las señales del run 1640.*

adquisición. El DAQ registra una señal cada vez que un pulso cruza el umbral de discriminación, adjudicándole un número de pre- y post-muestras fijado por software. Una señal del DAQ puede englobar dos o más señales reales, cuando el principio de una se solapa con el final de la otra y así con las siguientes, contándose como una única señal dos pulsos procedentes de la detección de dos neutrones. De todos modos, como se puede apreciar en la figura 4.3, este efecto no es excesivamente relevante puesto que más del 87 % de las señales están dentro de un pico centrado en $1 \mu\text{s}$, valor nominal de la anchura para la señal bipolar. La cola visible para valores más altos se debería a señales que contengan varios pulsos.

En todo caso, se está probando una nueva versión de la rutina de análisis que permitirá estudiar individualmente las señales del detector.

Otra de las pruebas realizadas consiste en comprobar que sucede con el espectro medido cuando introducimos una muestra de oro, de tamaño suficiente para ocupar todo el diámetro del haz (figura 4.4). Se encontró que, en tales condiciones, aparecía

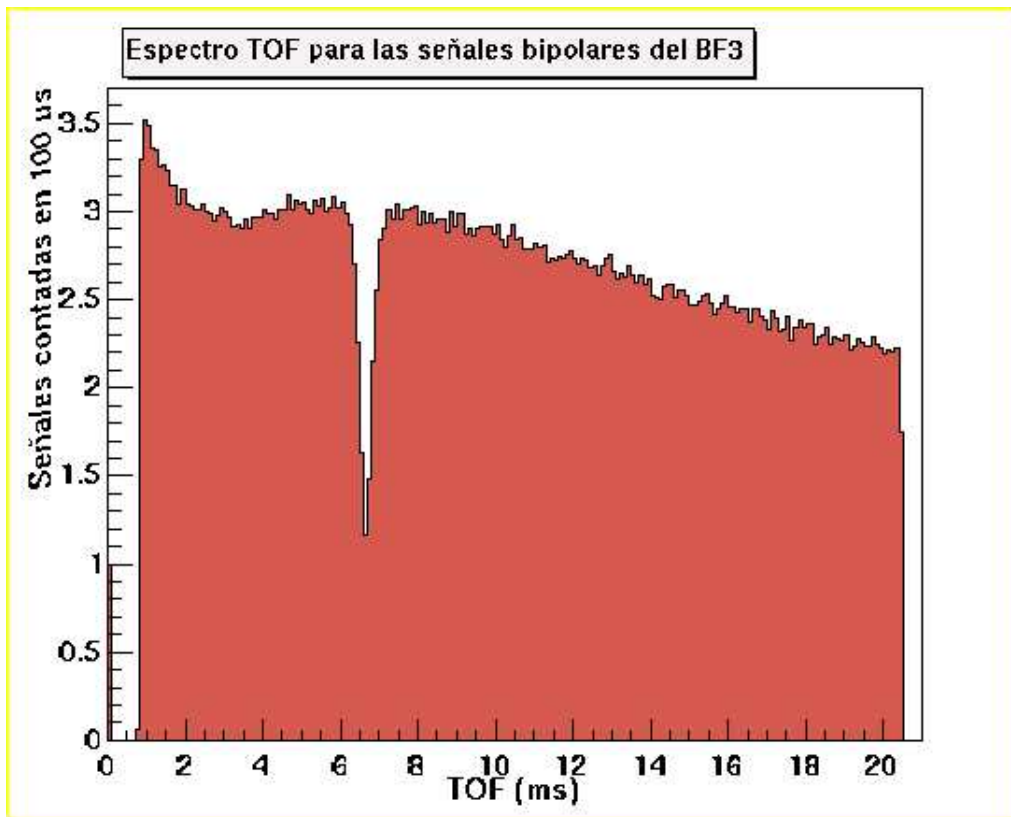


Figura 4.4: *Espectro TOF para el run 1784 con una lámina de oro en el haz.*

una importante caída en la tasa de conteo para valores de los tiempos de vuelo de entre 6 y 8 ms. Esta disminución en la tasa corresponde a la resonancia de captura neutrónica que presenta el oro en la región de 5 eV.

4.3 Tasa de conteo del detector de BF_3

Centrándonos en los resultados absolutos del número de neutrones por pulso que medimos con cada detector de BF_3 , con las medidas obtenidas hasta el momento podemos hablar de una tasa de conteo por encima de las 1000 señales por pulso, para intensidades del PS del orden de 10^{12} protones/pulso. En realidad, debido a las características del pulso suministrado por el PS, con un pulso primario y otro parásito de menor intensidad para cada superciclo, en cada toma de medidas podemos estudiar el comportamiento del detector para dos (o más) intensidades diferentes. Esta característica se ve claramente reflejada en los resultados que obtenemos cuando representamos el número de cuentas medidas por pulso para el run 1638 (ver figura 4.5)

En la primera parte de la figura 4.6 se puede observar con nitidez la existencia

de hasta tres tipos diferentes de pulsos (uno primario y dos parásitos) a partir de la estructura secuencial del número de cuentas, que alterna valores altos y bajos. Cuando reconvertimos tales resultados para estudiar que valores aparecen con mayor frecuencia, esto se traduce en hasta tres picos claramente diferenciados, uno para cada tipo de pulso.

Cuando descartamos los resultados obtenidos para el haz parásito, porque no podemos conocer de modo fiable la intensidad del haz de protones que le corresponde, y nos centramos en el haz primario, de intensidad 5.4×10^{12} protones/pulso, obtenemos los siguientes resultados: un pico bastante bien definido cuyo ajuste gaussiano nos da un valor medio de 1185 cuentas por pulso con una σ igual a 28, $\mu=1185.1\pm 0.9$ cuentas/pulso.

4.4 Tasa de contaje teórica

Si la intensidad de la instalación n-TOF con la que hemos trabajado durante la fase de pruebas de acuerdo con lo previsto en las simulaciones es del orden de 10^5 neutrones/cm²/pulso, el número total de neutrones incidentes en el volumen de polietileno de nuestro detector es, calculado groseramente, de unos 10^6 neutrones por pulso. Teniendo en cuenta que, por el momento, nuestro detector está cegado durante los primeros 500 μ s, lo que significa que sólo está viendo el 10 % de los neutrones del espectro, deberíamos tener del orden de unos pocos miles de cuentas por pulso, ateniéndonos a la teórica eficiencia del 3 % del detector.

Si comparamos estos números con las 1000 cuentas por pulso que obtenemos en el detector podemos decir que los resultados son bastante buenos, más aún si consideramos que el número de señales medidas es inferior al real por culpa del software utilizado en el tratamiento.

4.5 Tasa de contaje para diferentes intensidades del PS

En la figura 4.7 se muestra el comportamiento del detector de BF₃ para diferentes intensidades del haz de protones que proporciona el PS. Si consideramos las tasas de contaje divididas por su respectiva intensidad, se puede observar un comportamiento prácticamente lineal para las intensidades típicas en las que trabaja la instalación (intensidades alrededor de 5×10^{12}).

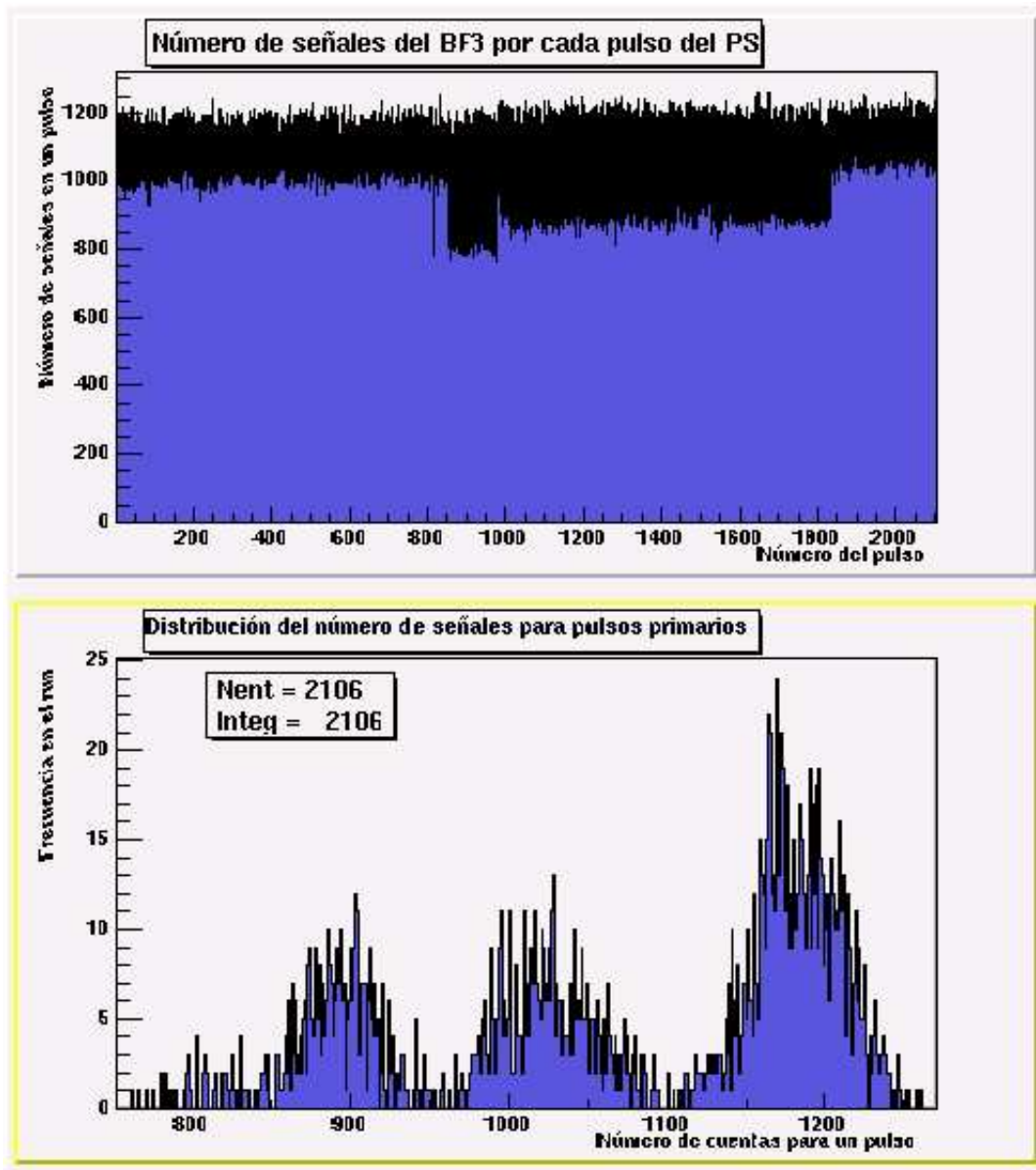


Figura 4.5: Tasa de Contaje para el run1638.

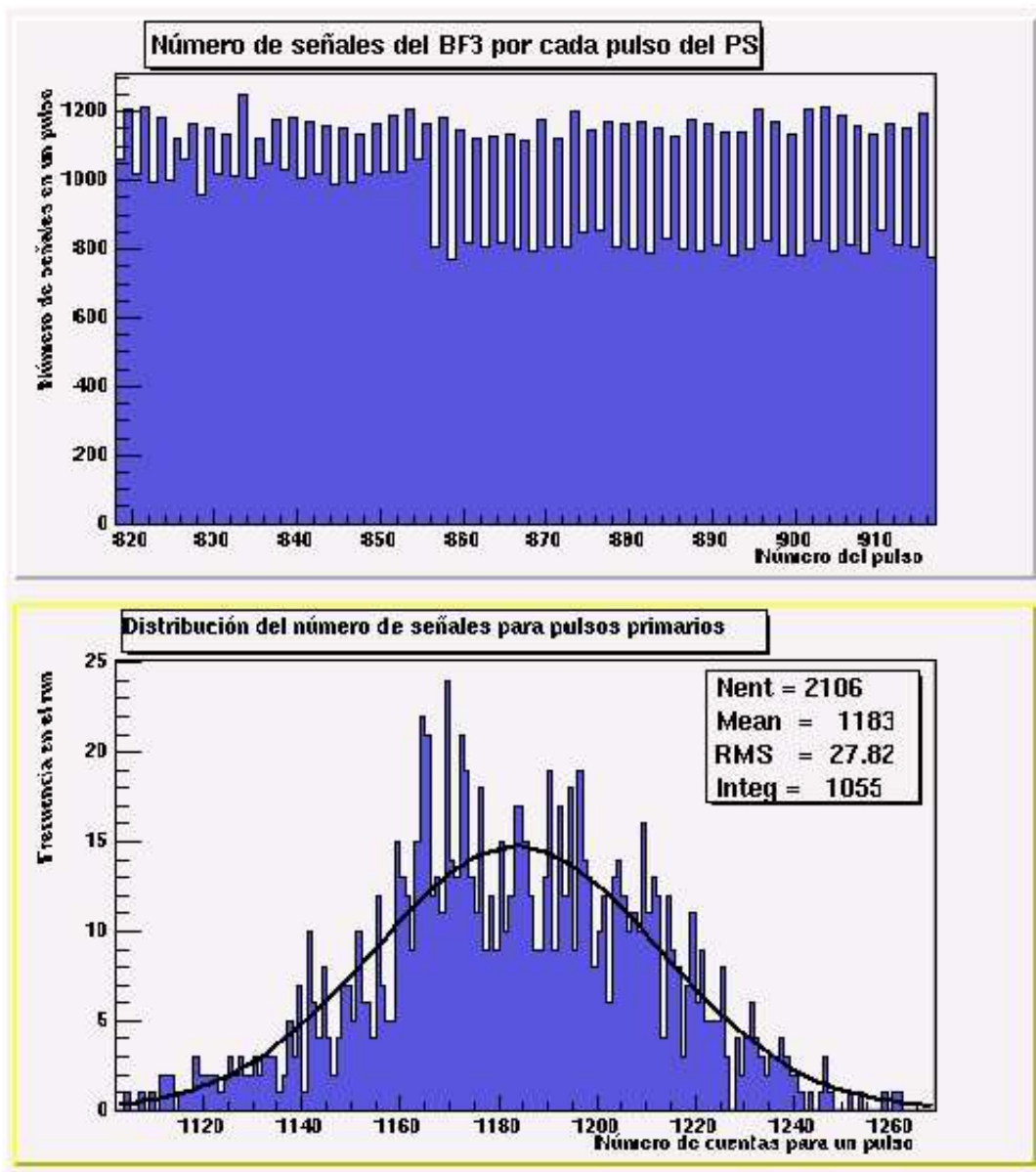


Figura 4.6: Tasa de Contaje para el run1638.

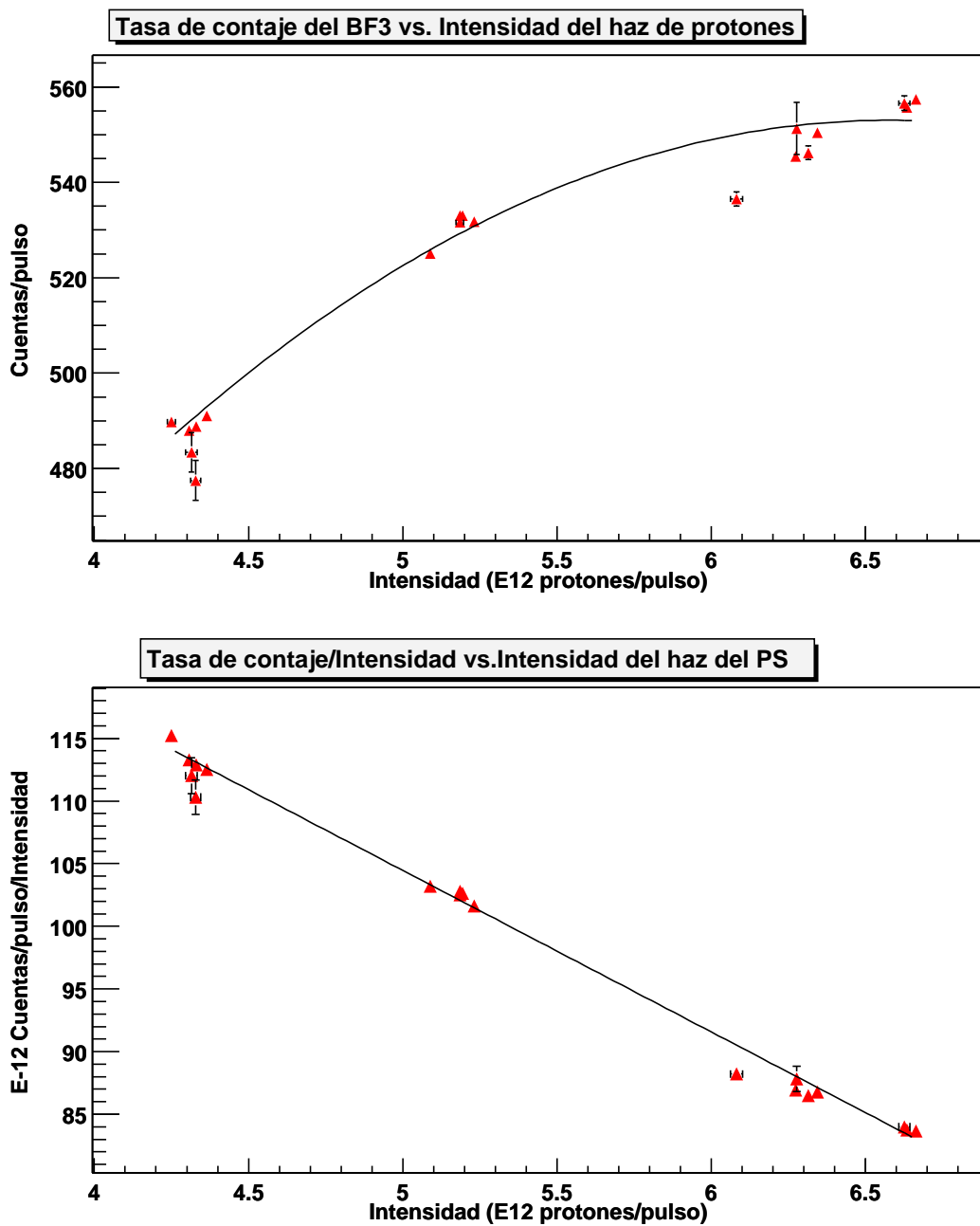


Figura 4.7: Tasa de conteo para el BF₃ para diferentes intensidades del PS.

Bibliografía

- [1] Proposal for a neutron time of flight facility, CERN/SPSC 99-8 SPSC/P 310. 17 Marzo 1999.
- [2] Technical Design Report, CERN/INTC/2000-004. 11 Febrero 2000.
- [3] The n_TOF Collaboration Technical Report, CERN/INTC 2000-018. 3 Noviembre 2000.
- [4] A. O. Hanson y M. L. McKibben, Phys. Rev. 72 (1947) 673
- [5] www.amptek.com