

Desarrollo de la nueva electrónica del Telescopio centellador de rayos cósmicos para la detección de partículas de alta energía

Marcos A. Anzorena Méndez
anzorena@geofisica.unam.mx

11 de mayo de 2017

Posgrado en ciencias de la Tierra — Instituto de Geofísica
Universidad Nacional Autónoma de México

Introducción

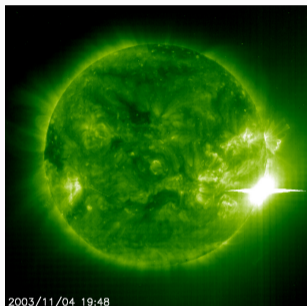
Motivación: El Telescopio centellador de rayos cósmicos

Solución propuesta: Time over threshold

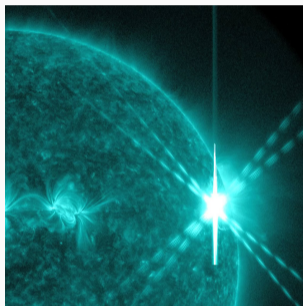
Desarrollo de la nueva electrónica

Proceso de calibración

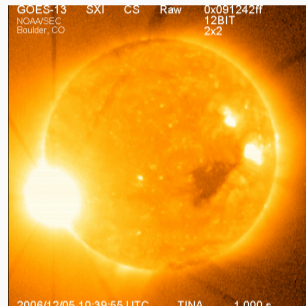
Fulguraciones solares



GOES:2003

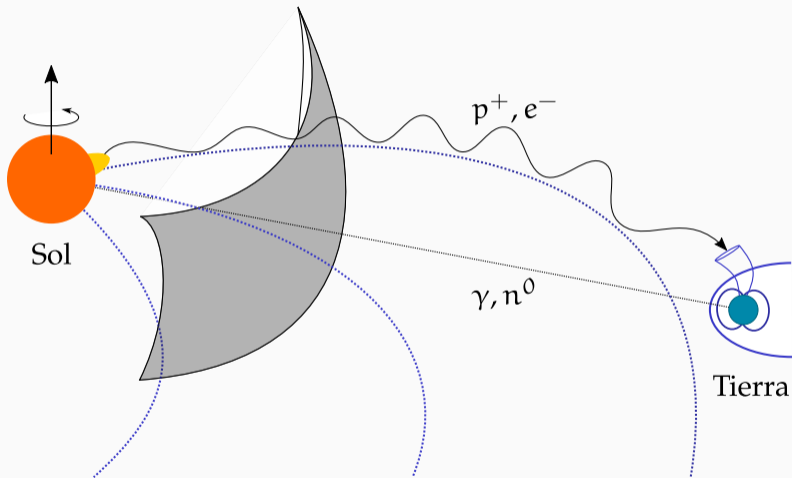


SDO:2012



GOES:2006

Importancia de detectar neutrones solares



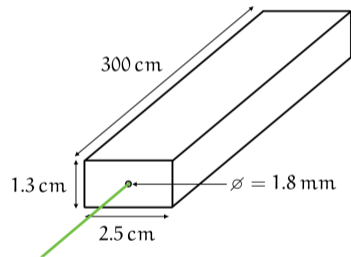
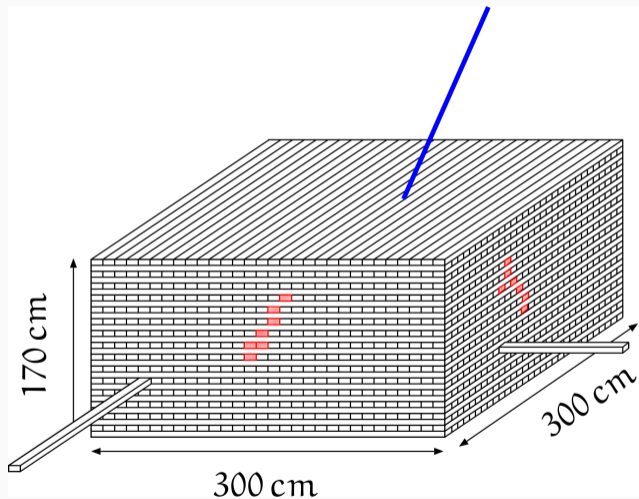
Características de la detección en superficie:

1. Es esencial medir la energía y tiempo de arribo.
2. Sólo detectamos neutrones muy energéticos ($> 100 \text{ MeV}$).
3. Los telescopios de neutrones deben colocarse a gran altura.

Telescopio centellador de rayos cósmicos (SciCRT)

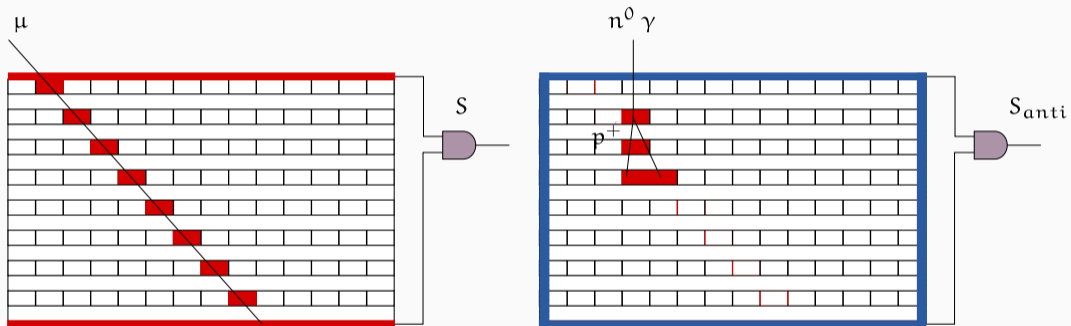


Construcción del telescopio

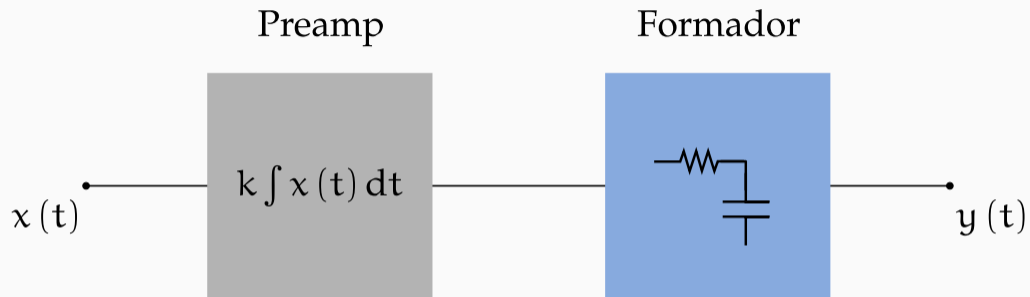


≈ 15000 barras de centelleo en total !

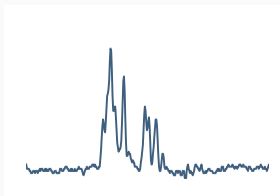
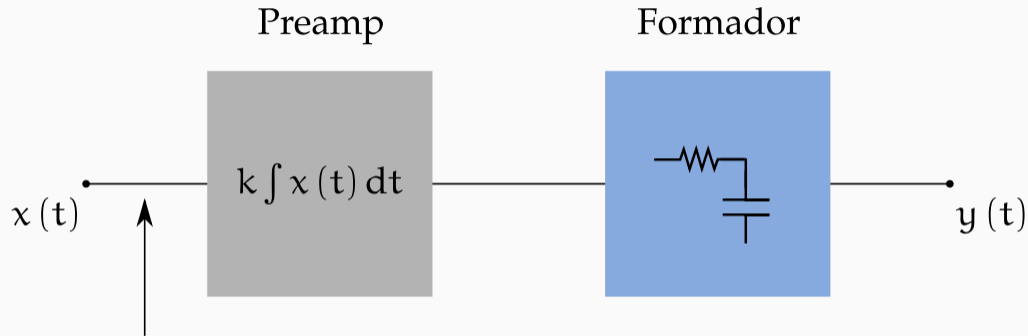
Modo de operación del telescopio



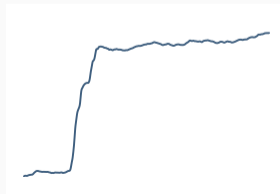
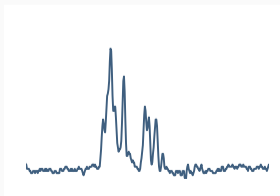
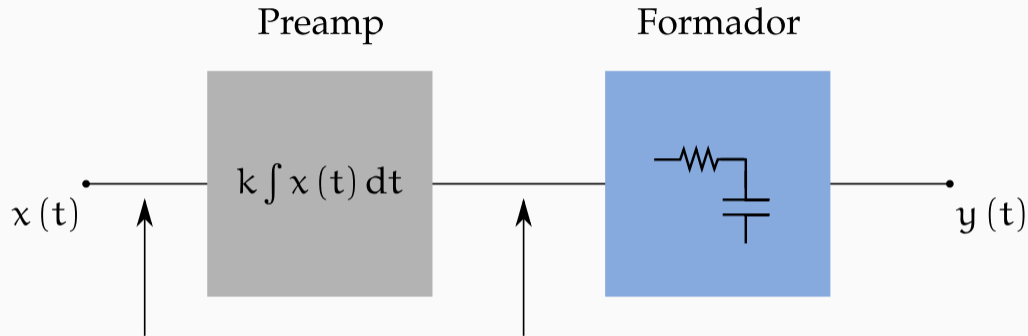
Formación de la señal de detección



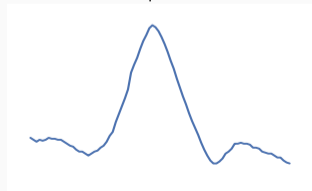
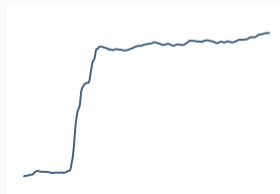
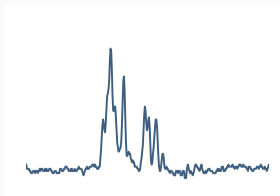
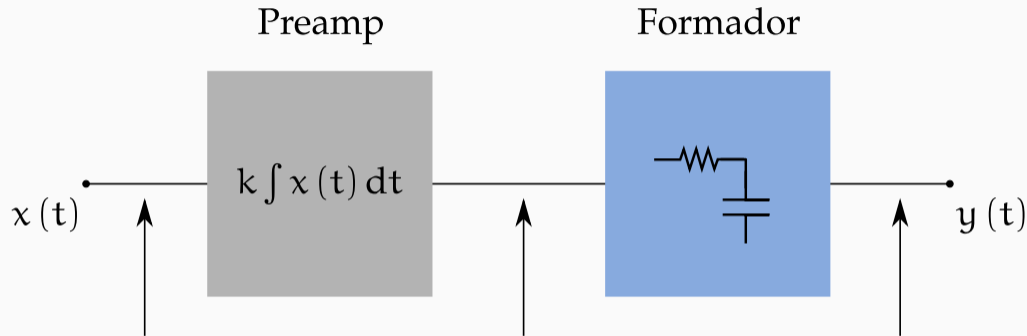
Formación de la señal de detección



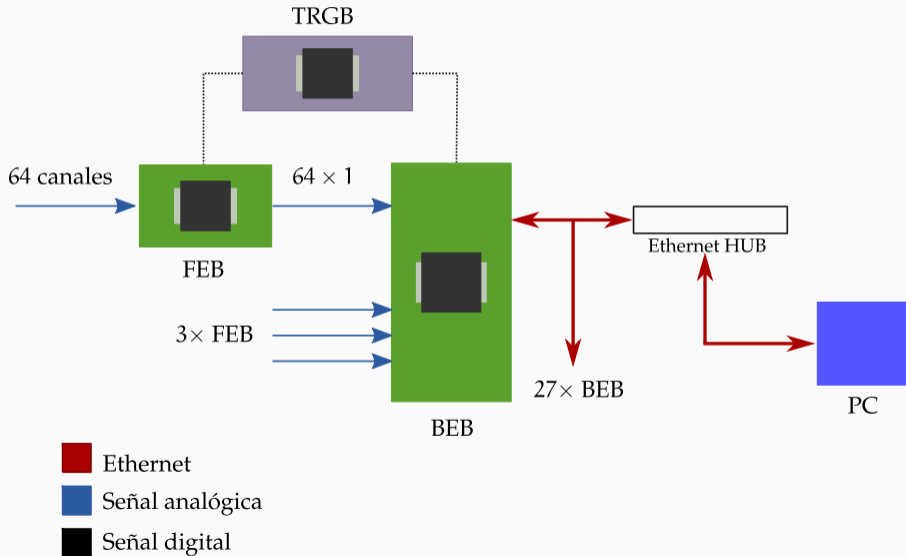
Formación de la señal de detección



Formación de la señal de detección



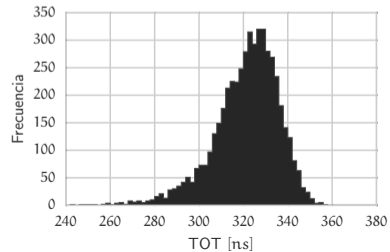
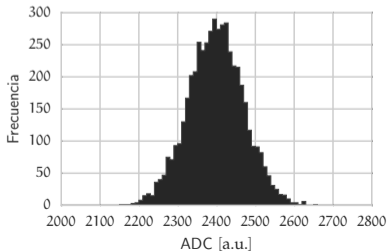
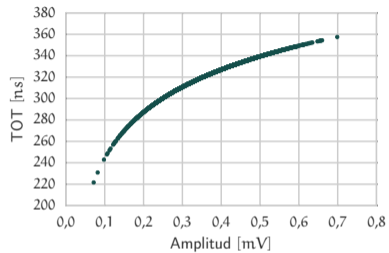
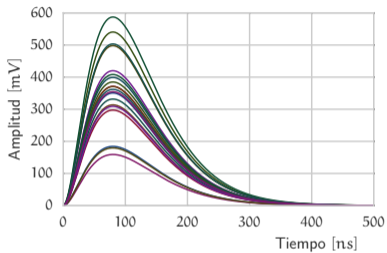
Arquitectura del sistema de adquisición de datos del SciCRT



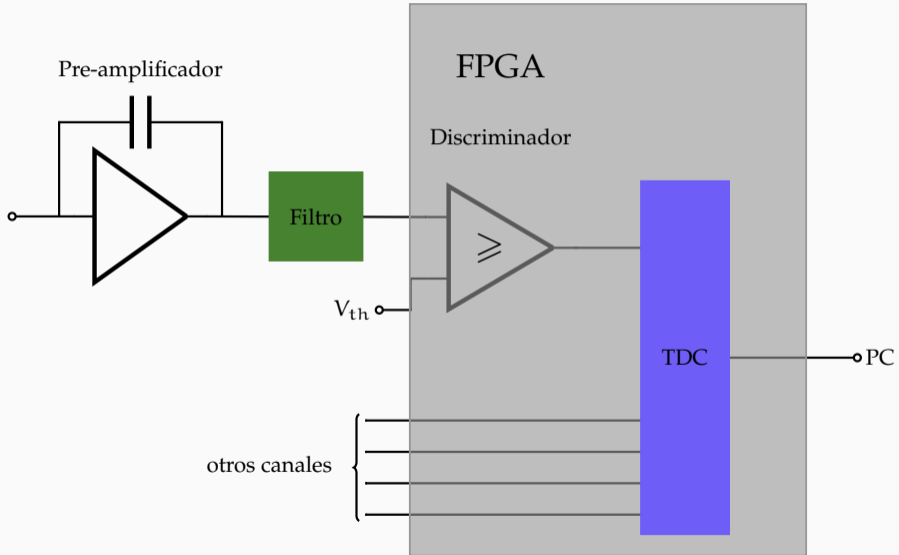
¿Por qué necesitamos nuevas FEBs?

- No existen suficientes para completar la instalación del SciCRT.
- La construcción es cara.
- El diseño no está optimizado para detectar rayos cósmicos.
- Debemos pensar en la operación a largo plazo.

La técnica de time over threshold

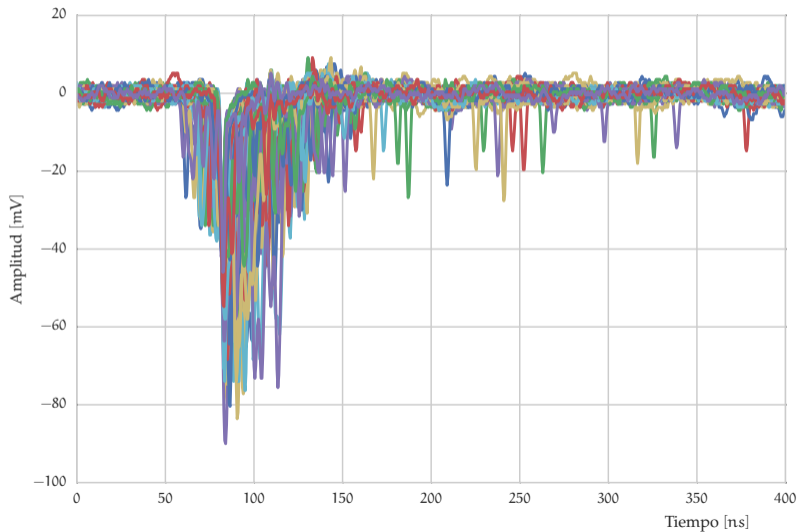


Arquitectura para time over threshold

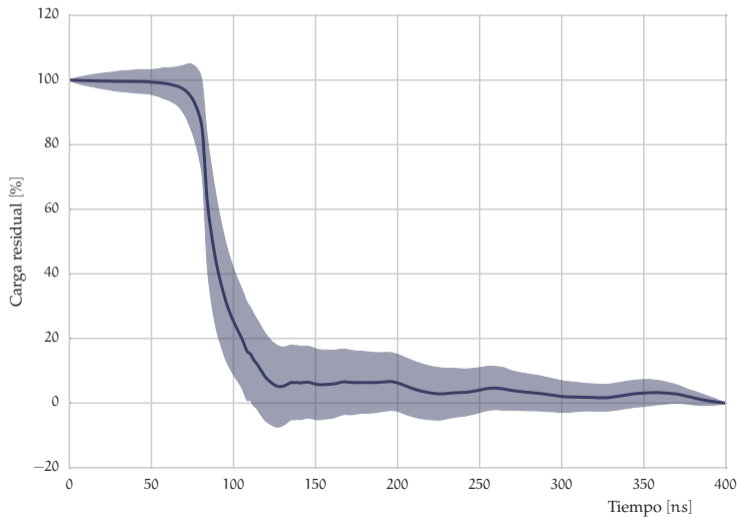


- Deposición muones: 15 pe.
- Máxima deposición neutrones: ≈ 250 pe.
- 1 fotoelectron: $\approx 10 \mu\text{A}$, 2 ns.

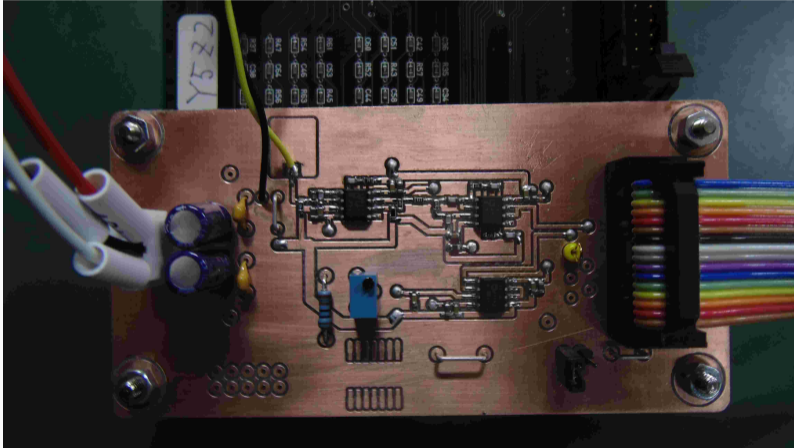
Caracterización de la señal de radiación



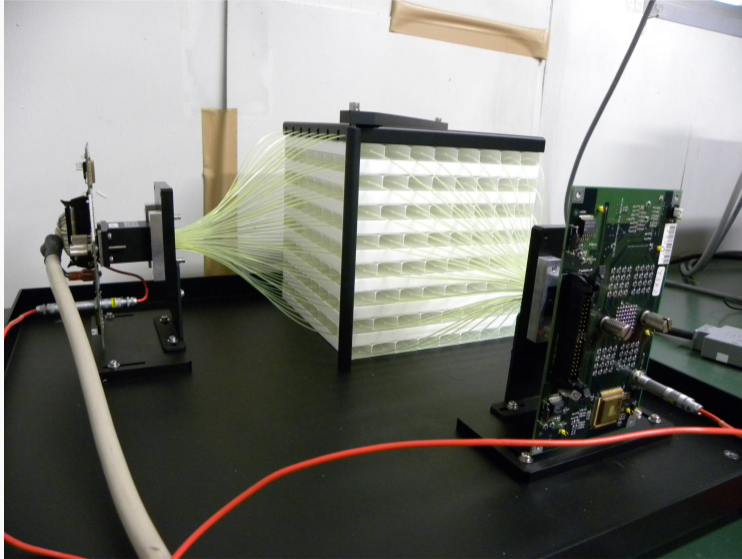
Carga residual en función del tiempo



Diseño del circuito pre-amplificador



Pruebas del circuito con el miniscibar

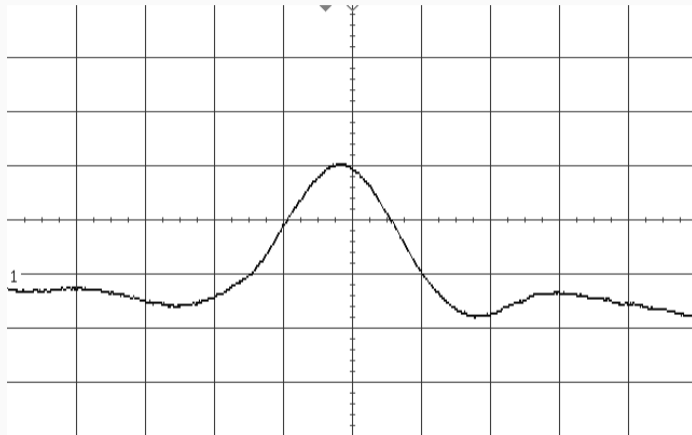


- Configuración:
 - Alto voltaje -800 V .
 - Nivel de discriminación $\geq 200\text{ mV}$.
- Características de la señal de salida:
 - Amplitud $\approx 300\text{ mV}$.
 - Tasa de cuentas $\approx 30\text{ Hz}$.

- Configuración:
 - Alto voltaje -800 V .
 - Nivel de discriminación $\geq 200\text{ mV}$.
- Características de la señal de salida:
 - Amplitud $\approx 300\text{ mV}$.
 - Tasa de cuentas $\approx 30\text{ Hz}$.

Tasa máxima de cuentas: 1 kHz

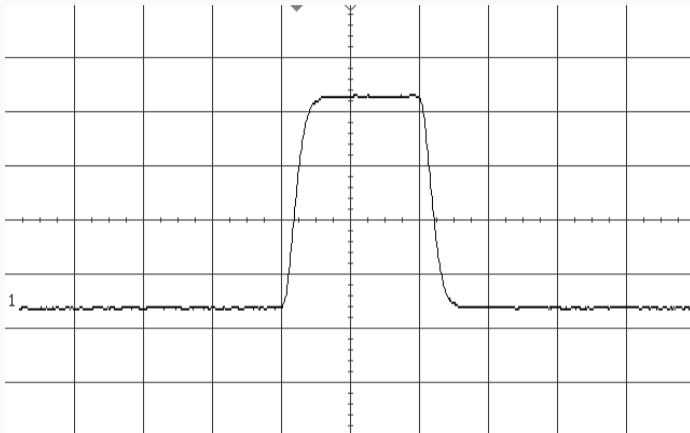
Salida del amplificador



Escala vertical: 100 mV/div

Escala horizontal: 100 ns/div

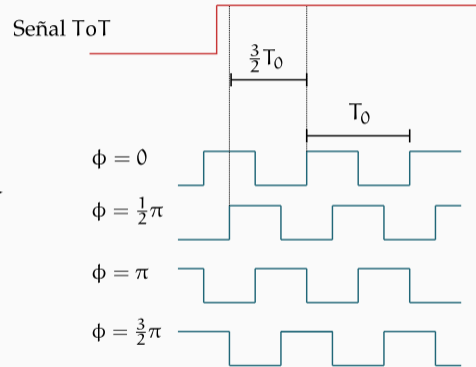
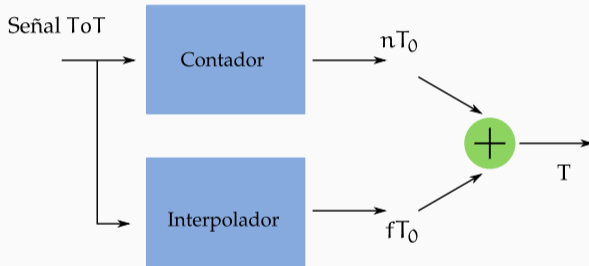
Discriminación LVDS



Escala vertical: 500 mV/div

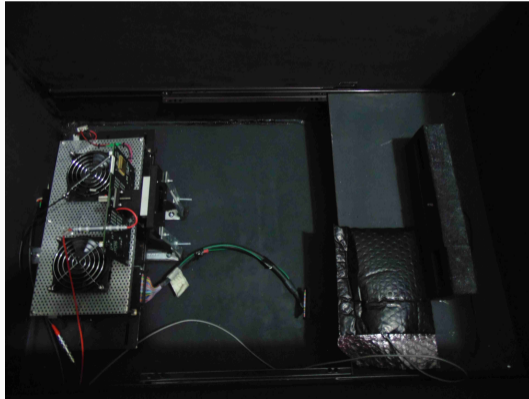
Escala horizontal: 50 ns/div

Diseño del TDC (time to digital converter)



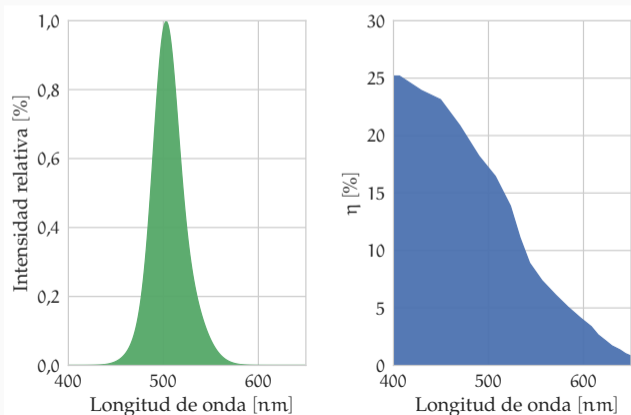
Sistema de calibración LED

- Necesario para el desarrollo de la nueva electrónica.
- Calibración periódica del sistema de adquisición.

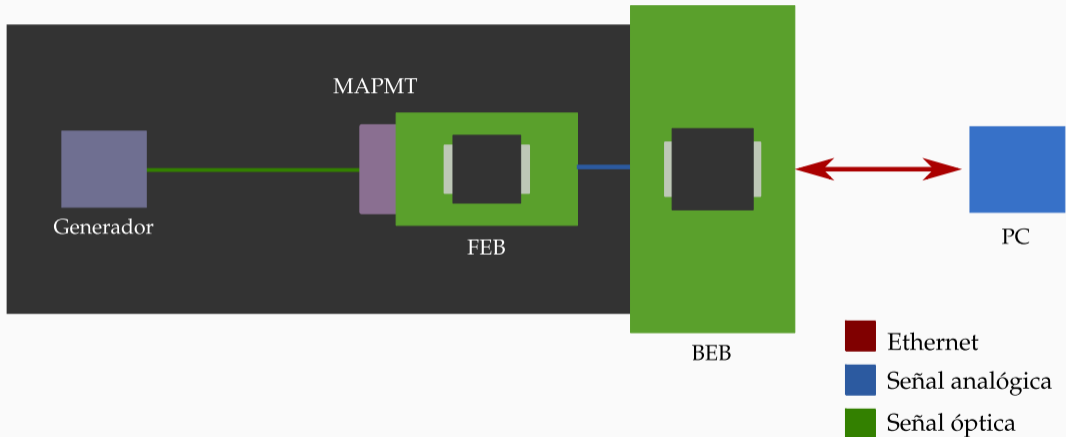


Método para controlar la intensidad luminosa del LED

- Controlando tiempo de emisión dt — $P = \frac{dN_\gamma}{dt} h\nu$.
- Distancia de la fuente al MAPMT — distribución angular.
- Controlando voltaje de polarización directa V_D .



Descripción del experimento



¿Cómo respondería la nueva electrónica ante un evento de neutrones solares?

Optimización de la FEB para su operación en el telescopio

- Simulación por software/hardware.
 - Obtener *single photo-electron response* del MAPMT.
 - Señal a la salida del MAPMT: $V_o = \sum_j^{n_{phe}} v(t - t_j)$.
 - n_{phe} depende de *photon yield* y atenuación.
 - t_j caracteriza el retardo de propagación y *time spread*.

Objetivos a corto plazo

- Finalizar diseño del sistema LED.
- Finalizar el diseño del TDC.
- Calibrar el circuito para máxima deposición de energía.
- Implementar lectura de 64 canales.
- Instalar prototipo en Sierra Negra.