



Facultad de Ciencias Físico-  
Matemáticas



# Implementación de una tarjeta de adquisición exprofeso para el estudio de rayos cósmicos

Presenta: Acametitla López Victor Manuel

23 de noviembre 2020

# Rayos cósmicos

- ▶ La Tierra es alcanzada constantemente por partículas cósmicas denominadas rayos cósmicos. Cada segundo miles de partículas de alta energía ( $10^9$  eV -  $10^{20}$  eV) golpean cada metro cuadrado de las capas superiores de la atmósfera, estas partículas son los rayos cósmicos primarios que provienen del espacio exterior. Los primeros indicios de su existencia datan del año 1912

# Cascadas atmosféricas de partículas

- ▶ Los Rayos Cósmicos de alta energía se producen en el espacio exterior, interactúan con la radiación de fondo perdiendo así parte de su energía en su propagación.
- ▶ Los Rayos Cósmicos que llegan a la Tierra dispersan su energía en la atmósfera terrestre.
- ▶ Al interactuar estas partículas primarias con las moléculas en la atmósfera generan lo que se conoce como cascada atmosférica de partículas secundarias (Rayos Cósmicos Secundarios).

# Cascadas

## ▶ Cascada Hadrónica

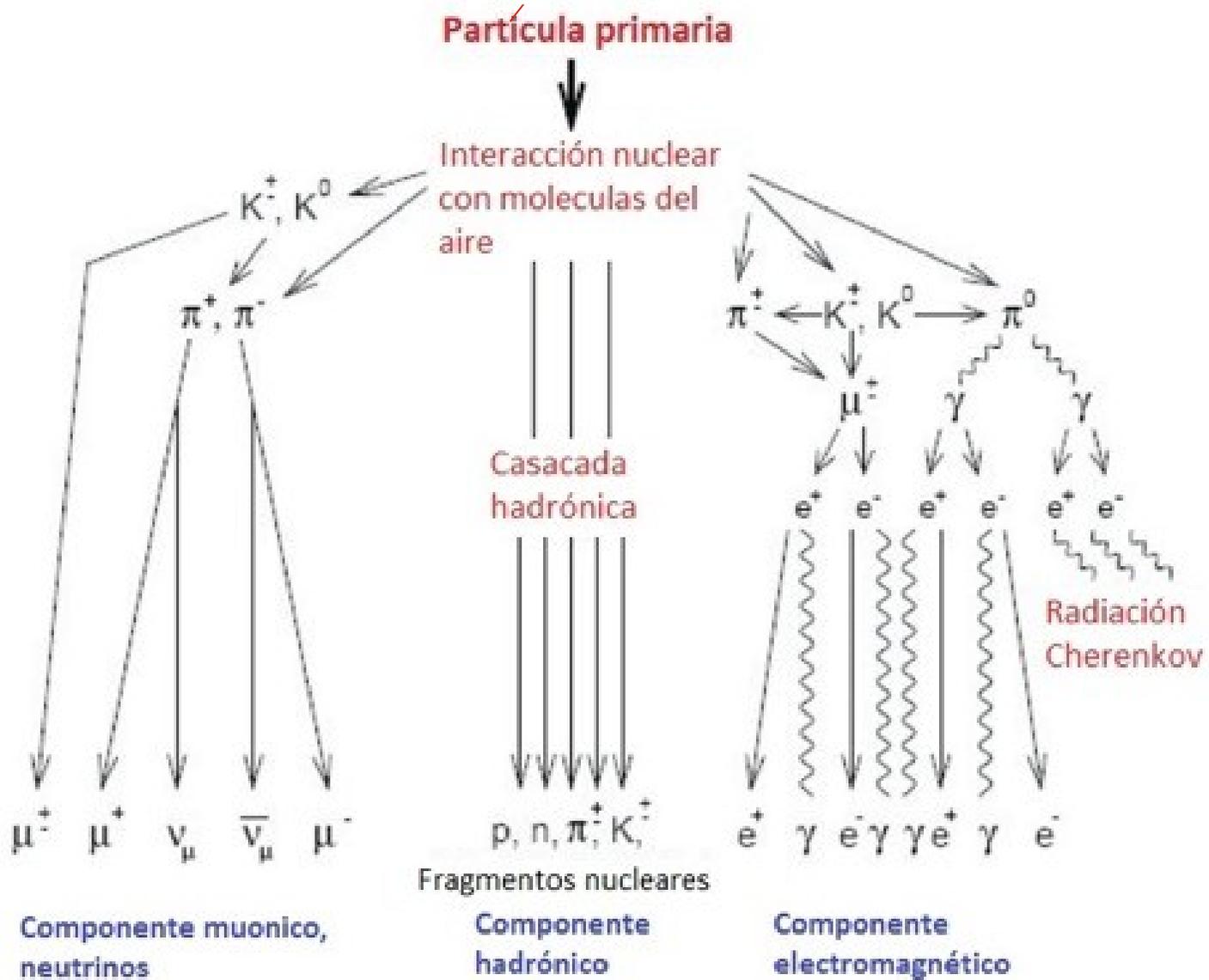
Son partículas compuestas por núcleos atómicos y neutrones que interaccionan en la atmósfera. En esta interacción se generan piones cargados, neutros, etc.

## ▶ Cascada Muónica

Los muones son generados de los decaimientos leptónicos de piones cargados,  $\pi^\pm$ , creados en su gran mayoría durante las primeras interacciones hadrónicas de los rayos cósmicos en la atmósfera.

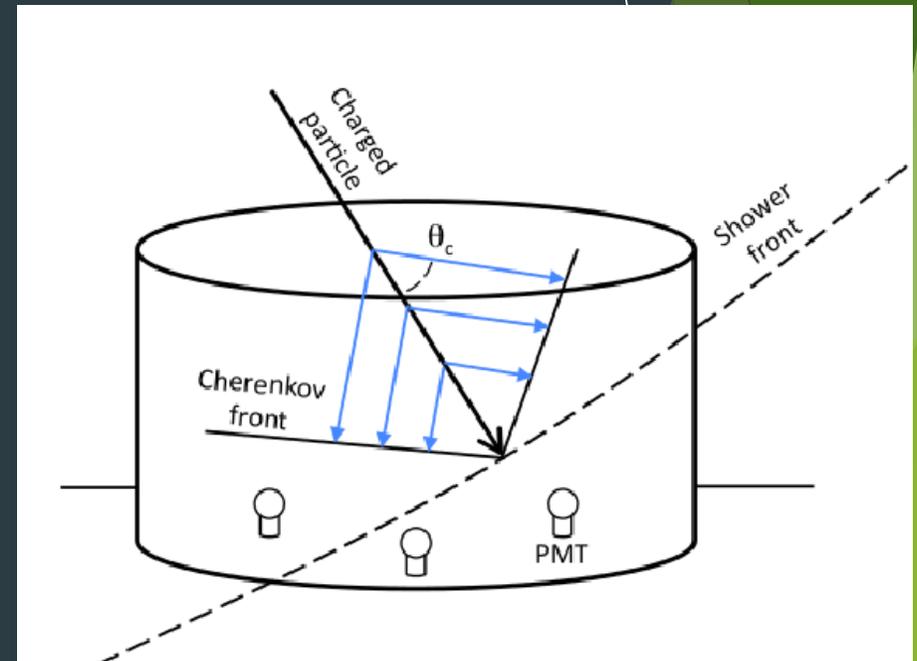
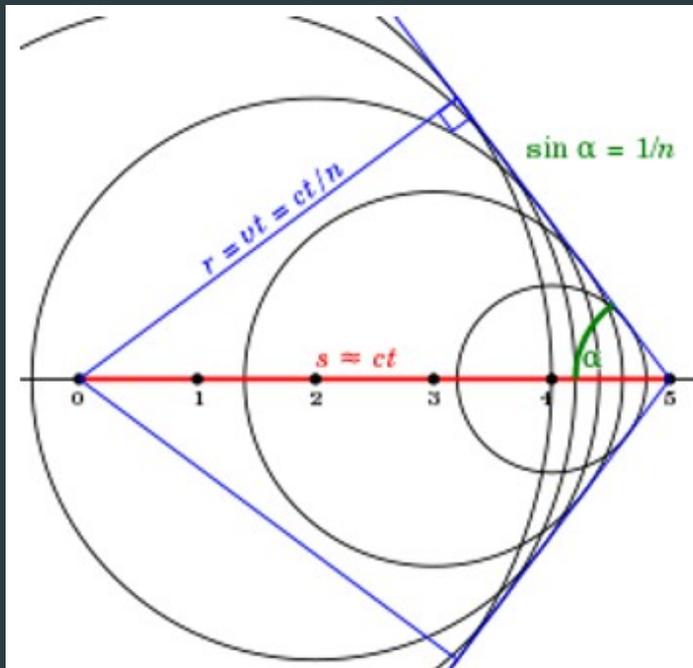
## ▶ Cascada Electromagnética

Está compuesta por fotones, electrones  $e^-$ , positrones  $e^+$  y es iniciada por decaimientos de mesones, principalmente  $\pi^0$ .



# Radiación Cherenkov

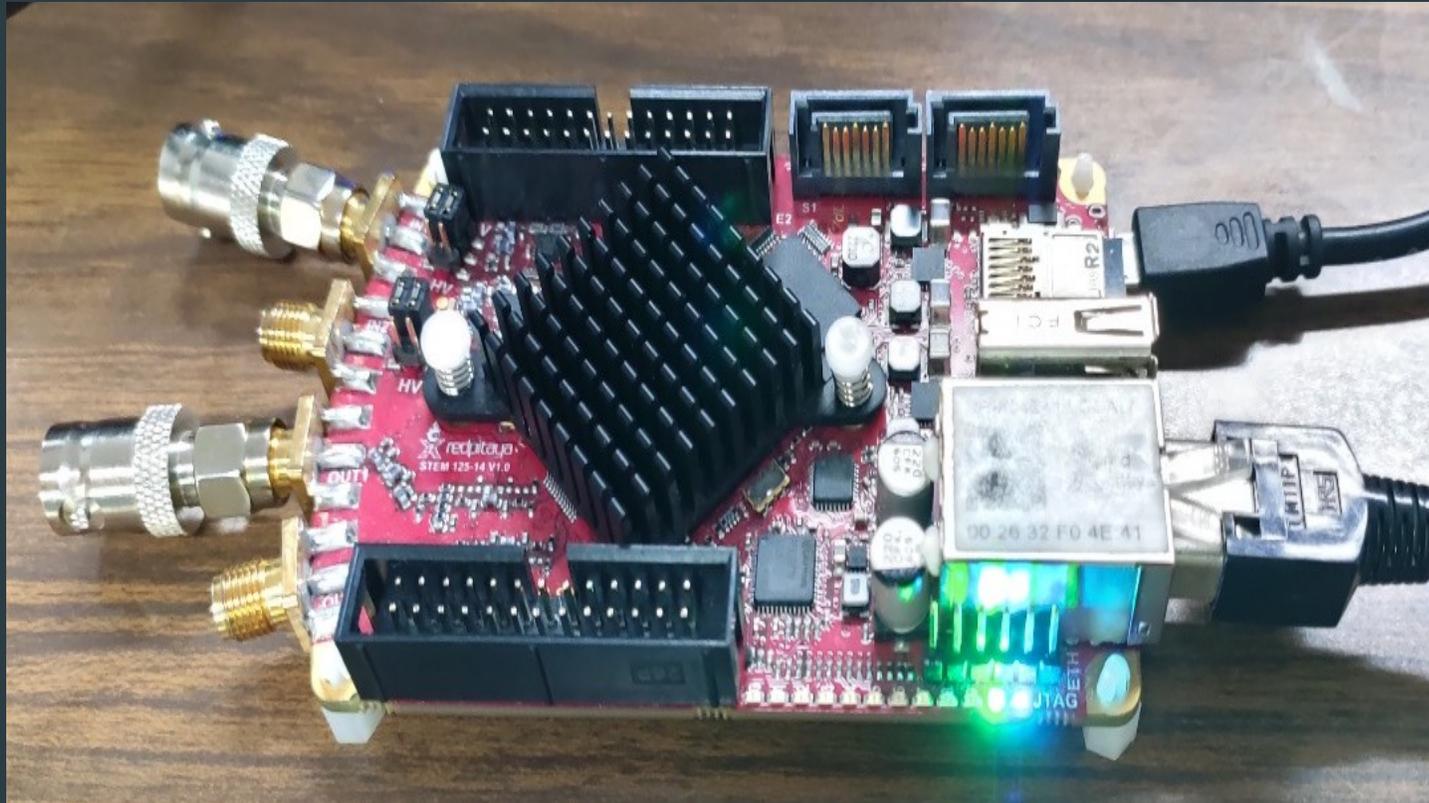
- El efecto **Cherenkov** es producido por partículas cargadas que se mueven a través de un medio dieléctrico como el agua, con una velocidad mayor que la velocidad de la luz en el mismo medio, generando un frente de onda originado por la polarización y despolarización de moléculas del material dieléctrico adyacente a la partícula cargada.



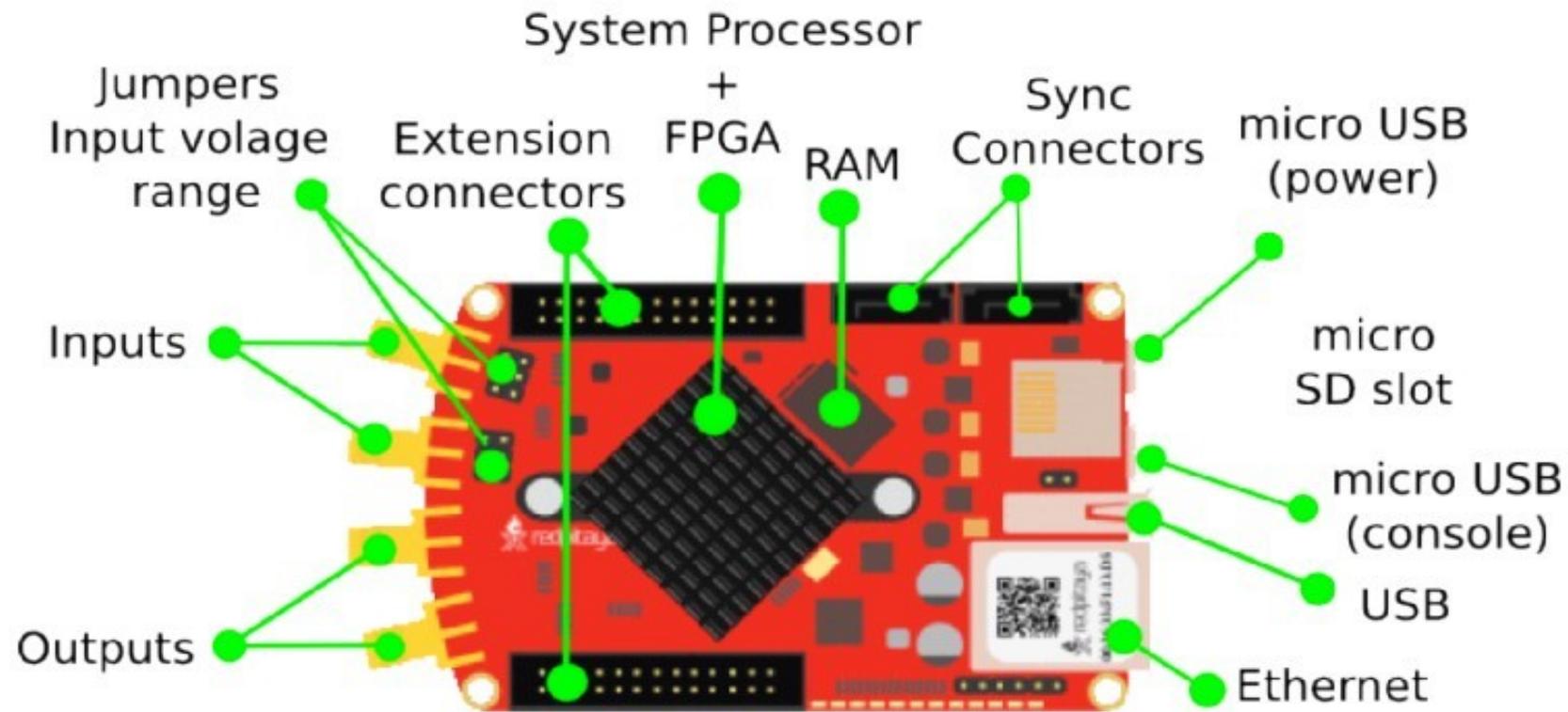
# Detector Cherenkov de agua

- ▶ Es un dispositivo formado por un tanque cilíndrico que contiene agua pura, un tubo foto-multiplicador en la parte superior del tanque para detectar los fotones generados por partículas que viajan a través del agua como: electrones o muones.
- ▶ Las partículas cargadas que atraviesan el detector generan radiación Cherenkov debido a la interacción con el agua. Así, es posible detectar partículas secundarias que atraviesan el medio del tanque provenientes de cascadas de partículas.

# Instrumentación: Tarjeta RedPitaya STEMlab 125-14



# Esquema de Red Pitaya



# Características generales de la tarjeta

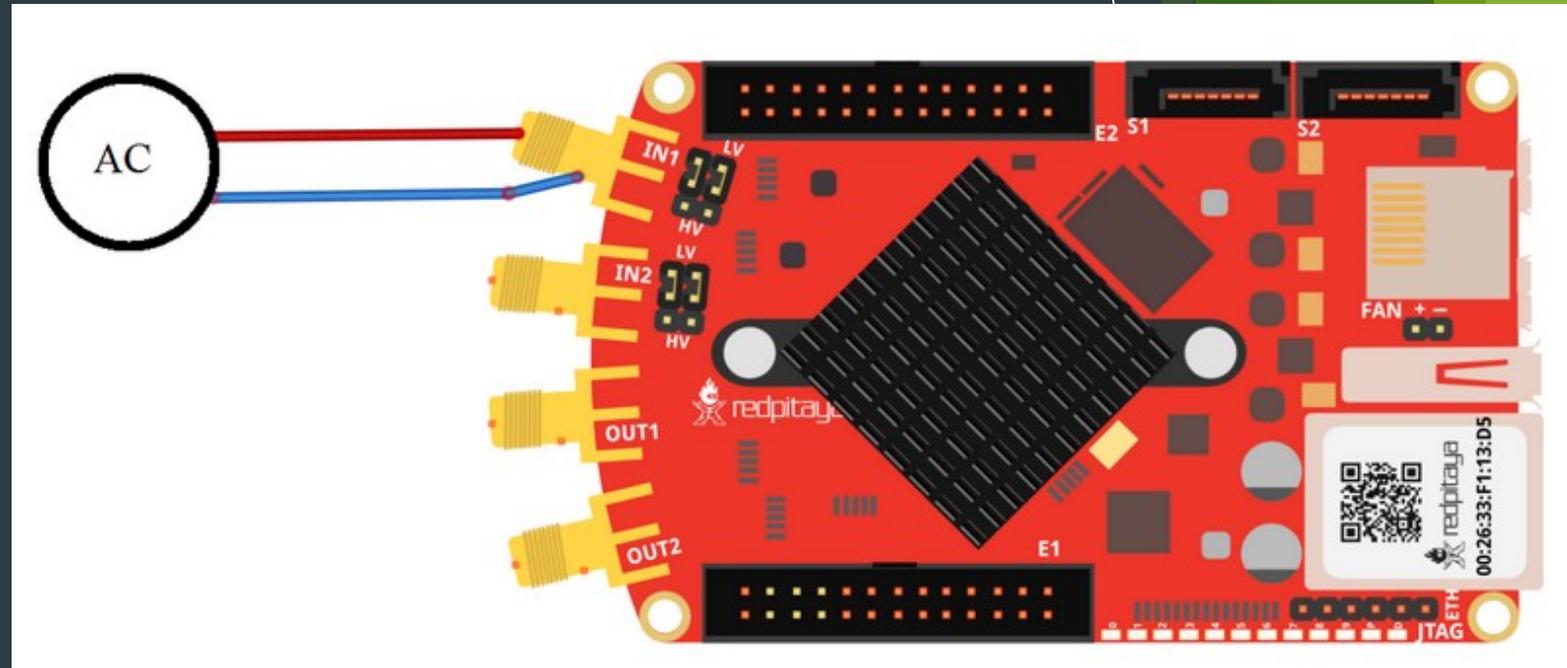
La interfaz analógica de la placa Red Pitaya cuenta con 2 entradas analógicas rápidas.

- ▶ Canales de conversión analógico a digital : 2
- ▶ Canales de conversión digital a analógico: 2
- ▶ Frecuencia de muestreo: 8ns ( 125 MSPS )
- ▶ Resolución ADC 14 bits = 16384 valores
- ▶ Acoplamiento de entrada: DC
- ▶ **Voltaje de entrada máxima absoluta: 30 V**
- ▶ Protección contra sobrecarga
- ▶ Voltaje de alimentación: 5V a 2 Amp. máx.

# Adquisición de señales

STEMlab permite controlar la tarjeta desde varios lenguajes de programación, lo que otorga una mayor vérsatilidad en su uso.

- SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*)
- Python
- Matlab
- C+
- Labview



# Adquisición de señales Lenguaje C

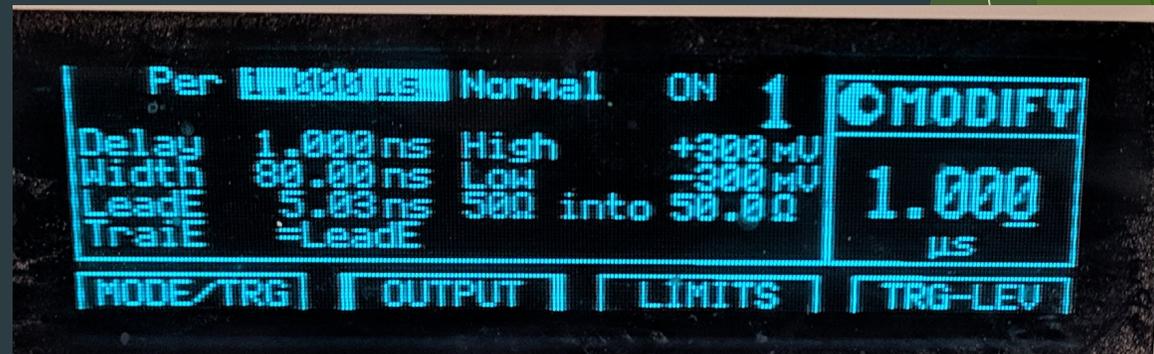
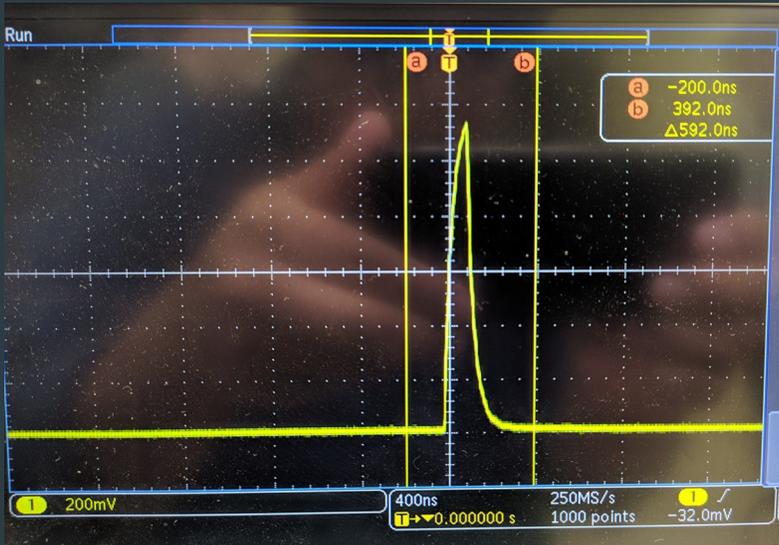
- ▶ código C no requieren el uso del servidor SCPI

```
1 // Adquisición de señales con RedPitaya STEMLab125-14
2
3 #include <stdio.h>
4 #include <stdlib.h>
5 #include <unistd.h>
6 #include "rp.h" //Libreria con funciones necesarias para comunicarse con red pitaya
7
8 int main(int argc, char **argv){
9     //Ejecuta la funcion de iniciar RedPitaya
10    if(rp_Init() != RP_OK){
11        fprintf(stderr, "Rp api init failed!\n");
12    }
13
14
15    rp_GenReset(); // Realiza configuracion en RP, indica cual es la entrada
16    rp_GenFreq(RP_CH_1, 20000.0); // Frecuencia con la que trabajara la tarjeta y el canal
17    rp_GenAmp(RP_CH_1, 1.0); //Amplitud y canal
18    rp_GenWaveform(RP_CH_1, RP_WAVEFORM_SINE);
19    rp_GenOutEnable(RP_CH_1);
20
21
22    uint32_t buff_size = 16384; // Declaracion de variable , tamaño buffer donde se almacenan los datos
23    float *buff = (float *)malloc(buff_size * sizeof(float)); //reserva la memoria para almacenarlo
24
25    rp_AcqReset(); // Reestablece la adquisición de datos para comenzar a recibir
26    rp_AcqSetDecimation(1); //}Ejecucion 1 = 125ms/s
27    rp_AcqSetTriggerLevel(0.1); // tamaño de la señal
28    rp_AcqSetTriggerDelay(0); // Tiempo de espera entre lecturas
29
30
31    rp_AcqStart() // Comienzo de la adquisicion de datos
```

# Adquisición de señales Lenguaje C

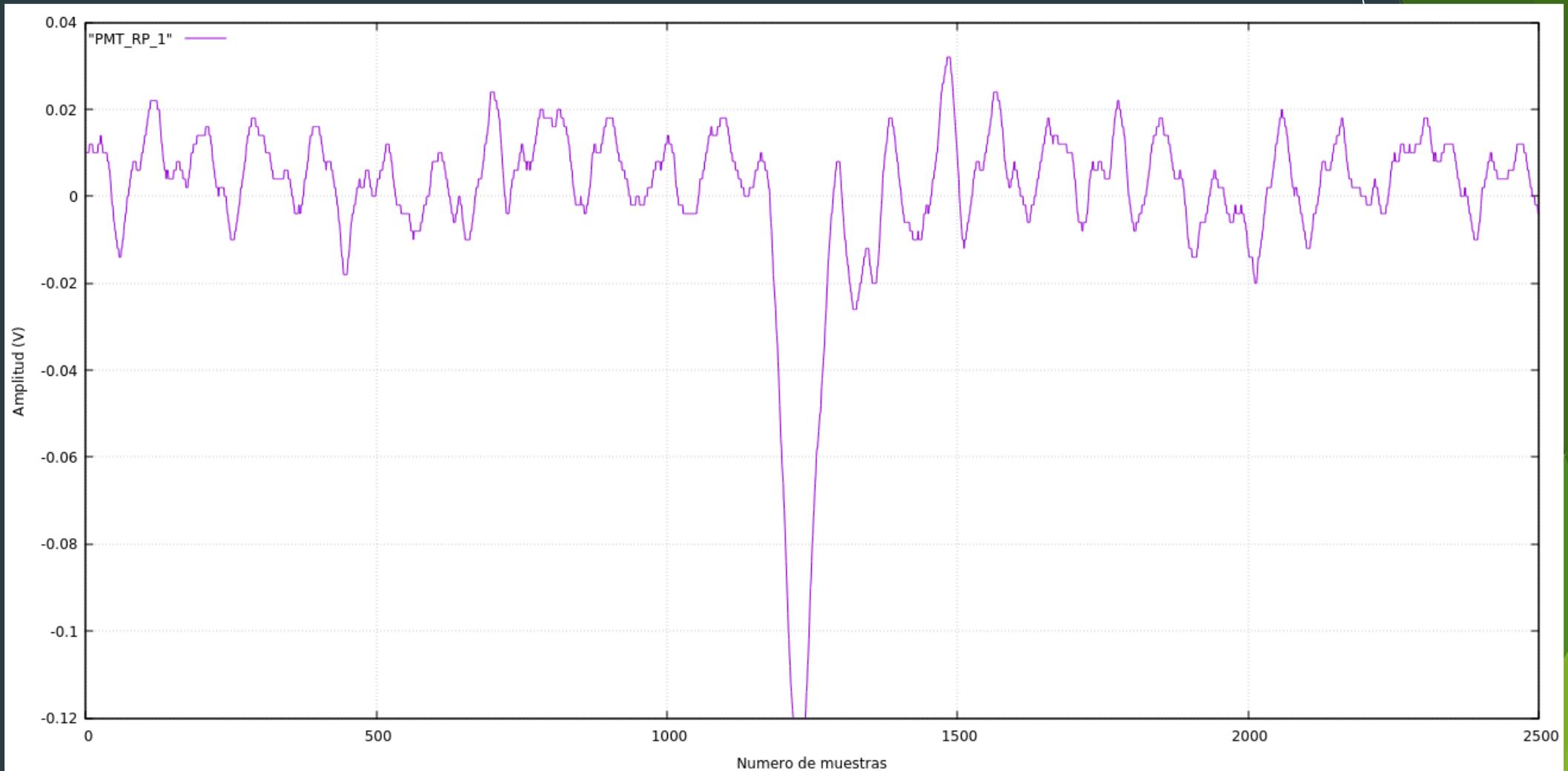
```
33     sleep(1);
34     rp_AcqSetTriggerSrc(RP_TRIG_SRC_CHA_PE);    //Variables donde son almacenados los datos al recibir la señal
35     rp_acq_trig_state_t state = RP_TRIG_STATE_TRIGGERED;
36
37     while(1){    //Espera a recibir una señal
38         rp_AcqGetTriggerState(&state);
39         if(state == RP_TRIG_STATE_TRIGGERED){
40             break;
41         }
42     }
43     //Una vez recibida la señal,RP manda datos hasta completar el tamaño del buffer
44     rp_AcqGetOldestDataV(RP_CH_1, &buff_size, buff);
45     int i;
46     for(i = 0; i < buff_size; i++){
47         printf("%f\n", buff[i]); // imprime los datos
48     }
49
50     free(buff);
51     rp_Release();
52     return 0;
53 }
```

# Ejemplo Generador de Pulsos

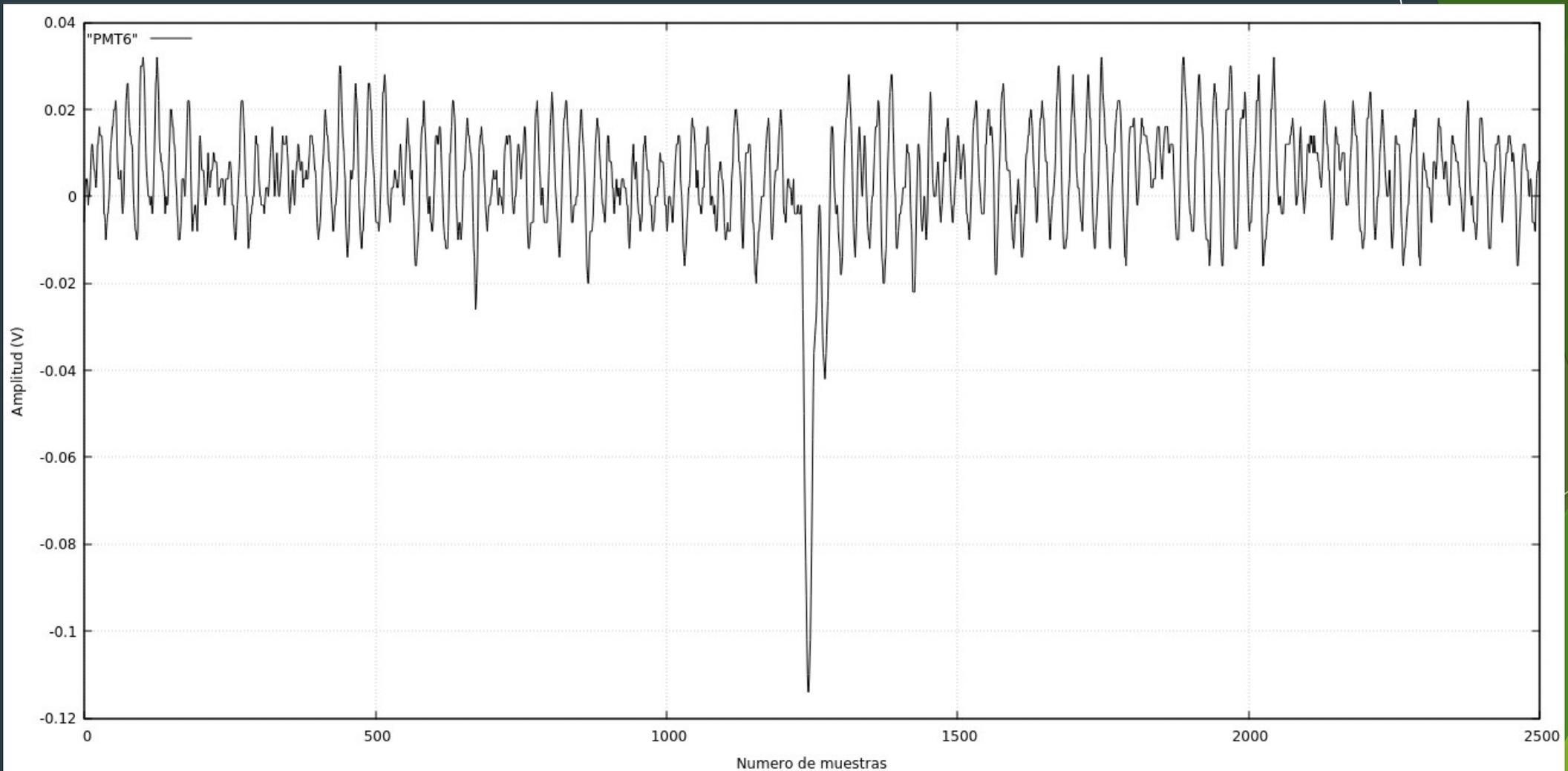


# Pulso registrado de un PMT

- ▶ Se digitalizo la señal eléctrica obtenida por el PMT de algunos eventos.



# Pulso registrado de un PMT



# Conclusiones

- ▶ El uso de la Red Pitaya es una adecuada herramienta para usarse en el estudio de los rayos cósmicos, ya que sus 125MSPS permite capturar eventos mayores a los 8ns.
- ▶ Las facilidades que ofrece Red Pitaya en el ámbito de prueba y medida, además de su bajo costo contribuye en ser un recurso recomendable en los laboratorios de investigación.
- ▶ Al obtener datos de fenómenos que ocurren en el orden de nanosegundos, Red Pitaya es una herramienta adecuada para detectar los pulsos generados por el WCD.