

## ElBongóRetos 2026

El **BongóRetos** consiste en la etapa final de los cursos, en la que estudiantes responden a una gran pregunta disciplinar, aplicando parte de los conocimientos adquiridos, usando datos detectados desde la instrumentación propia de EL-BONGÓ physics. Esta actividad anima a la experiencia colaborativa.

### Características de la actividad

- Podrán participar en esta actividad **estudiantes que hayan permanecido activos al menos en un curso de EL BONGÓ physics** y se encuentren terminando el tercer módulo.
- **EL BongóRetos es una actividad final transversal.** Responder con éxito a uno de los retos, en todas las fases, equivale a la realización de “Actividades de Proyecto” de los cursos en los que cada estudiante se encuentre activo/a.

### ¿Cómo participar?

- Para participar en un reto, debes:
  - **Participar en las sesiones** socializadoras.
  - **Conformar equipo de tres integrantes**, con las siguientes características:
    - **Al menos un estudiante activo de cada área** (Instrumentación, Datos, Área Disciplinar).
    - **Un estudiante activo de instituciones diferentes.** Debe haber al menos un estudiante activo de una institución del consorcio EL BONGÓ physics.
  - **Seleccionar un tema / reto** específico.
  - **Inscribir tu equipo en el canal correspondiente del Mattermost**, destinado el reto de seleccionaste.
  - **Seguir las instrucciones y entregar la resolución del reto, documentada como se pide y en los formatos definidos.**
  - Atender a los plazos y fechas definidas.

### ¿Qué debes entregar?

La resolución del reto debe atender a la solicitud específica para responder al objetivo que se te propone. Debes entregar:

- Los productos solicitados en el reto.

- Documentación en un repositorio del proceso de resolución del problema... (REVISAR Y AJUSTAR).
- Video de máximo cinco (5) minutos donde el grupo explique de manera creativa, coherente y clara: cómo respondieron el reto, cuáles fueron las limitaciones, de qué forma abordaron el problema, qué tipo de productos finales entregan.

### Fechas clave

- **19 de mayo:** sesión de presentación de los retos. Hora:
- **19 de mayo:** llena el muro virtual con tu bio. Conoce a otros integrantes de EL BONGÓ physics.
- **24 de mayo:** plazo para inscribir los equipos con sus integrantes (Mattermost).
- **16 de junio:** entrega de video y documentación de la resolución del problema.
- **17 al 19 de junio:** proceso de evaluación de las respuestas a retos.
- **22 de junio:** sesión global de socialización de resultados de los retos.
- **23 al 26 de junio:** sesiones por comunidades.

### ¿Cuáles son los retos ofrecidos?

En la Primera Cohorte se ofrecieron dieciséis (16) retos que involucran diferentes disciplinas, con análisis de datos y exigencias de Instrumentación.

### RETO 1: Muones con Detector Geiger: construye, calibra y descubre

**Área:** HEP - Astropartículas

**Responsables:** Deywis Moreno (Universidad Antonio Nariño -Colombia), Luis Beltran (UAN)

#### Objetivo del reto:

Construir un telescopio de muones calibrado. Producir una medición defendible del flujo de muones cósmicos en función del ángulo cenital, con cuantificación sistemática de coincidencias accidentales y un resultado físico falsable respaldado por una infraestructura de análisis de datos reproducible y robusta.

#### Instrumentos que intervienen

Se entregan dos tubos Geiger-Müller un Arduino UNO y componentes para el circuito de coincidencia.

Fabricación de un soporte angular impreso en 3D.

#### ¿Qué datos deben usarse?

Conteos individuales por detector, para calcular eficiencia y verificar comparabilidad entre los dos detectores.

Timestapms de alta precisión de cada evento de coincidencia y de cada conteo individual por detector.

Metadatos de cada corrida: ángulo cenital del telescopio, separación entre detectores, área activa de los detectores, condiciones ambientales, umbral de discriminación y versión del firmware.

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

Reporte de experiencia  
Repositorio Git  
Diseño 3d  
Presentación Oral

## RETO 2: El Reto del Ángulo Cenital: $\cos^2\theta$ o nada

**Área:** Astropartículas

### Responsable

Luis A. Núñez, José Ocaríz, José A. López

### Instrucciones del reto

- Estimar el exponente  $n$  en la relación angular del flujo de muones atmosféricos a nivel del suelo:  $I(\theta) = I_0 \cos^n(\theta)$
- Caracterizar el detector de centelleo MuNRA de modo que sus conteos crudos puedan transformarse en una tasa física defendible.
- Medir empíricamente el exponente  $n$  en la relación angular del flujo de muones atmosféricos a nivel del suelo:  $I(\theta) = I_0 \cos^n(\theta)$  con una incertidumbre total (estadística + sistemática) que permita comparar el resultado con el valor canónico  $n \approx 2$  reportado en la literatura, y discutir físicamente las desviaciones observadas en términos del umbral de energía del detector y la geometría experimental.
- Construir un esquema computacional reproducible de análisis de datos que implemente un ajuste no lineal con cuantificación de incertidumbres y un dashboard interactivo que presente de manera transparente los datos crudos, los datos corregidos, el ajuste, y su banda de confianza.

### Instrumentos que intervienen

MuNRA  
Montaje Experimental (goniómetro, nivel, montaje con posibilidad de variar ángulos)

### ¿Qué datos deben usarse?

Datos del detector  
Datos de Presión y Temperatura

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

Reporte de la experiencia  
Repositorio de datos y códigos  
Video de presentación

### RETO 3: El Reto del Coeficiente Barométrico: física de muones a presión

**Área:** Astropartículas

**Responsable**

Luis A. Núñez, José Ocaríz, José A. López

**Instrucciones del reto**

- Caracterizar el detector de centelleo MuNRA de modo que sus conteos crudos puedan transformarse en una tasa física defendible.
- Medir empíricamente el coeficiente barométrico que relaciona la tasa de muones con la presión atmosférica superficial, con una incertidumbre total (estadística + sistemática) que permita comparar el resultado con los valores publicados en la literatura para la altitud del laboratorio (típicamente  $\beta \approx -0.1\%$  a  $-0.2\%$  por mbar al nivel del mar, y algo menor en magnitud a mayor altitud).
- Construir un esquema computacional reproducible que integre las series temporales (conteos y mediciones de presión), que realice limpieza y validación automáticas, cuantifique las incertidumbres, separe el efecto barométrico de otras variables (temperatura, posibles derivas instrumentales, ciclos diurnos). Construir un dashboard interactivo que presente de manera transparente los datos crudos, los datos corregidos, el ajuste, y su banda de confianza.

**Instrumentos que intervienen**

- MuNRA
- Barómetro, termómetros

**¿Qué datos deben usarse?**

- Datos del detector
- Datos de Presión y Temperatura

**¿Qué deben entregar los estudiantes?**

- Reporte de la experiencia,
- Repositorio de datos y códigos,
- Video de presentación

### RETO 4: El Reto de Altitud / Blindaje: longitud de atenuación

**Área:** Astropartículas

**Responsable**

Luis A. Núñez, José Ocaríz, José A. López

**Instrucciones del reto**

- Caracterizar el detector de centelleo MuNRA de modo que sus conteos crudos puedan transformarse en una tasa física defendible.
- Medir empíricamente cómo decae el flujo de muones a medida que aumenta la masa de material atravesada antes de llegar al detector, y extraer una longitud

efectiva de atenuación  $\Lambda$  que pueda compararse con el valor canónico de  $\sim 520$  g/cm<sup>2</sup> reportado en la literatura para muones cósmicos en la atmósfera y materiales similares.

- Construir un esquema computacional reproducible que implemente un modelo de propagación parametrizado que pueda evaluarse contra los datos mediante un test estadístico apropiado ( $\chi^2$ , razón de verosimilitud, o bayesiano).

#### **Instrumentos que intervienen**

- MuNRA
- Barómetro, termómetros

#### **¿Qué datos deben usarse?**

- Datos del detector
- Datos de Presión y Temperatura

#### **¿Qué deben entregar los estudiantes?**

- Reporte de la experiencia.
- Repositorio de datos y códigos.
- Video de presentación

## **RETO 5: El Reto de Series Temporales: cazando el transitorios**

**Área:** Astropartículas

#### **Responsable**

Luis A. Núñez, José Ocaríz, José A. López

#### **Instrucciones del reto**

- Caracterizar el detector de centelleo MuNRA de modo que sus conteos crudos puedan transformarse en una tasa física defendible.
- Detectar — o establecer límites cuantitativos superiores sobre la ausencia de — tres clases de fenómenos en la tasa de muones: variación diurna, decrecimiento de Forbush y excesos inexplicados (cualquier desviación significativa que no se atribuya a causas sistemáticas conocidas, reportada con su significancia estadística).
- Comparar la serie temporal del MuNRA con datos públicos de la red mundial de monitores de neutrones ([nmdb.eu](http://nmdb.eu))
- Construir un esquema computacional reproducible que implemente un modelo de propagación parametrizado que pueda evaluarse contra los datos mediante un test estadístico apropiado ( $\chi^2$ , razón de verosimilitud, o bayesiano).
- Construir un esquema computacional reproducible de análisis temporal y que implemente un análisis espectral.
- Desarrollar un dashboard que muestre los resultados.

#### **Instrumentos que intervienen**

- MuNRA
- Barómetro, termómetros

#### **¿Qué datos deben usarse?**

- Datos del detector

- Datos de Presión y Temperatura
- Datos de la red mundial de detectores de neutrones

**¿Qué deben entregar los estudiantes?**

- Reporte de la experiencia
- Repositorio de datos y códigos
- Video de presentación

## **RETO 6: Espectrometría de Muones del conteo digital a la energía depositada**

**Área:** Astropartículas - HEP

### **Responsables**

Oscar Baltuano, Jhann Reyes (apoyo técnico)

### **Objetivo del reto**

- Caracterizar el detector MuNRA más allá del conteo digital, accediendo a la señal analógica del SiPM y verificando que la extracción de la señal no degrade la linealidad ni introduzca una carga instrumental significativa.
- Construir una cadena de adquisición y calibración que permita convertir la altura de pulso en una escala energética defendible, utilizando referencias ambientales y controlando la resolución, el ruido y el tiempo muerto del sistema.
- Comparar la distribución energética observada con modelos físicos de interacción radiación-materia, diferenciando eventos compatibles con muones frente al fondo gamma o al radiactivo ambiental.
- Desarrollar un análisis reproducible, ejecutable desde datos crudos, que permita discutir incertidumbres, calibración, barras de error y criterios de discriminación física.

### **Instrumentos que intervienen**

- Detector MuNRA con acceso controlado a la salida analógica del SiPM.
- Osciloscopio, tarjeta de adquisición o digitalización analógica, y etapa de acoplamiento o filtrado si fuera necesaria.
- Computadora con adquisición por pserial y herramientas de análisis tipo MCA o procesamiento de pulsos.

### **¿Qué datos deben usarse?**

- Pulsos analógicos digitalizados e histogramas de altura de pulso o energía.
- Metadatos de operación: tasa de muestreo, temperatura, configuración de adquisición, ganancia y condiciones de medición.

### **¿Qué deben entregar los estudiantes?**

- Reporte de experiencia con la justificación instrumental, física y estadística de la calibración.
- Repositorio Git con datos crudos, código de adquisición, pipeline de análisis y archivo de entorno reproducible.
- Función o curva de calibración documentada, con propagación de incertidumbres.
- Video resumen: presentación defendiendo la separación entre señal de muones y fondo radiactivo.

## RETO 7: Hodoscopio de Muones: Coincidencias para medir flujo

**Área:** Astropartículas

### Responsable

Oscar Baltuano, Jhann Reyes (apoyo técnico)

### Instrucciones del reto

- Implementar un hodoscopio de muones con dos detectores MuNRA, usando una lógica de coincidencia temporal que valide y descarte eventos individuales compatibles con ruido o fondo ambiental.
- Medir una tasa de coincidencia físicamente defendible, cuantificando las coincidencias accidentales, la resolución temporal, la aceptación geométrica y la eficiencia relativa de ambos detectores.
- Calcular el flujo vertical absoluto de muones cósmicos a partir de la geometría real del arreglo.
- Construir un esquema de adquisición dual reproducible.

### Instrumentos que intervienen

- Dos detectores MuNRA montados en configuración geométrica cuasivertical.
- Sistema de sincronización o lógica de coincidencia para las salidas de trigger.
- Soporte mecánico y computadora para adquisición dual por pyserial.

### ¿Qué datos deben usarse?

- Datos del detector MuNRA:
  - Timestamps de eventos individuales y coincidencias aceptadas.
  - Tasa de coincidencias reales y accidentales, ventana temporal de coincidencia y duración de cada corrida.
- Metadatos geométricos: separación entre detectores, área activa, alineación, condiciones ambientales y configuración de ganancia.

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

- Reporte de experiencia en el cálculo del flujo.
- Repositorio Git con datos, scripts de adquisición dual, limpieza, sustracción de accidentales y cálculo de la aceptación geométrica.
- Tabla final del flujo absoluto, de la tasa de accidentales y de los parámetros geométricos utilizados.
- Video presentación que defiende la lógica de coincidencia y la validez física del resultado.

## RETO 8: Estación Sísmica IoT: Vibraciones, detección de eventos y alerta remota

**Área:** Geofísica

### Responsable

Oscar Baltuano, Jhann Reyes (apoyo técnico)

### Instrucciones del reto

- Construir una estación sismográfica de bajo costo capaz de detectar vibraciones mecánicas mediante un geófono o un sensor equivalente.
- Definir un criterio cuantitativo para la detección de eventos.
- Implementar una alerta local o remota mediante una plataforma IoT.
- Discutir posibles aplicaciones, como el monitoreo ciudadano del ruido sísmico urbano, el radar experimental de flujos de lodo o la detección preliminar de actividad volcánica superficial (opcional).

### Instrumentos que intervienen

- Geófono, acelerómetro u otro sensor de vibración mecánica.
- Equipos 3D para el arreglo mecánico.

### ¿Qué datos deben usarse?

- Datos del sensor:
  - Series temporales en reposo y bajo perturbaciones controladas o ambientales.
  - Variables derivadas: línea base, RMS, amplitud de pico, frecuencia dominante, umbral de detección y latencia.
  - Metadatos de ubicación, superficie, condición de acoplamiento, frecuencia de muestreo, duración de la ventana y parámetros de procesamiento.

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

- Reporte de la experiencia con validación instrumental, criterio de detección y discusión geofísica de las señales.
- Repositorio Git con firmware, datos crudos, código de adquisición, análisis y archivo de entorno reproducible.
- Historial o matriz de detección de eventos, incluyendo falsos positivos, falsos negativos y respuesta de la alerta.
- Video resumen: demostración de la alerta y de la robustez del umbral seleccionado.

## RETO 9: Índice UV Local: Radiómetro solar, calibración y modelamiento fotométrico

**Área:** Instrumentación

### Responsable

Oscar Baltuano, Jhann Reyes (apoyo técnico)

### Instrucciones del reto

- Desarrollar un radiómetro UV de bajo costo con sensores de estado sólido.
- Calibrar la respuesta del sensor para convertir los voltajes en una magnitud física normalizada.
- Estimar el Índice UV local a partir de la irradiancia medida, incorporando correcciones por factores atmosféricos.
- Construir un pipeline reproducible para la normalización y el análisis de datos.

#### **Instrumentos que intervienen**

- Sensor UV integrado a un microcontrolador.
- Blindaje óptico y térmico, difusor o cubierta.
- Instrumento o fuente de calibración.

#### **¿Qué datos deben usarse?**

- Voltajes del sensor UV.
- Variables ambientales, condiciones del cielo, temperatura y humedad.

#### **¿Qué deben entregar los estudiantes?**

- Reporte de experiencia en calibración, limpieza de datos, normalización e interpretación física del UVI.
- Repositorio Git con rutinas de adquisición, calibración, filtrado y cálculo del índice UV.
- Gráficas de irradiancia o de UVI con incertidumbres, condiciones ambientales y parámetros de procesamiento.
- Video resumen: presentación que justifique la conversión de datos a unidades físicas y el análisis de errores sistemáticos.

## **RETO 10: Modelamiento de la oscilación de neutrinos usando circuitos electrónicos**

**Área:** HEP

#### **Responsable**

Deywis Moreno, Andres Castillo, Luis Beltran, Mauricio Guevara Laboratorista UAN

#### **Objetivo del reto**

- Obtener la probabilidad de oscilación de dos sabores de neutrinos usando un modelo con circuitos electrónicos.

#### **Instrucciones del reto**

- Diseñar e implementar un circuito electrónico que modele la probabilidad de oscilación de dos sabores de neutrinos y hacer un tuning de los parámetros para emular parámetros de experimentos de oscilación larga como DUNE o T2K
- Extraer experimentalmente los parámetros de oscilación (frecuencias de los modos normales  $\omega_1$  y  $\omega_2$ , ángulo de mezcla efectivo  $\theta$  y diferencia de frecuencias  $\Delta\omega$ ) a partir de las señales de voltaje adquiridas, y comparar el resultado con el formalismo PMNS de dos sabores.
- Construir un esquema computacional reproducible en Python que implemente la adquisición de datos, el análisis espectral por FFT, el ajuste de la envolvente de oscilación y la generación de curvas de probabilidad de supervivencia  $P(t)$  con su banda de confianza.

#### **Instrumentos que intervienen**

- Circuito analógico propio
- Microcontrolador Arduino para adquisición de datos
- Computadora con adquisición de datos

#### **¿Qué datos deben usarse?**

- Series temporales de voltaje adquiridas simultáneamente para distintos valores de acople
- Metadatos del circuito

#### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

- Reporte de la experiencia con justificación del mapeo físico entre el circuito y el formalismo PMNS
- Repositorio Git
- Informe de resultados
- Esquema y prototipo del circuito
- Video resumen: presentación que defienda la correspondencia entre los parámetros del circuito y los parámetros físicos de oscilación de neutrinos

## RETO 11: Profundicemos en la estructura del protón con HERA y ML

Área: HEP

#### Responsables:

Andres Castillo, Gabriela Navarro, Mauricio Vargas, Jose Rodriguez

#### Objetivo del reto

Reconstruir los regímenes de violación de escalamiento de Bjorken en el Deep Inelastic Scattering mediante algoritmos de machine learning clásico; con el fin de estudiar la emergencia de los diferentes escenarios en los modelos partónicos (valencia, transición y mar de gluones).

#### Instrucciones del reto

- Analizar datos experimentales de HERA reales de dispersión profunda inelástica (DIS) electrón-protón
- Estudiar la función de estructura del protón  $F_2(x, Q^2)$  y verificar las relaciones de Scaling de Bjorken y Callan Gross
- Entrenar modelos sencillos de machine learning para aprender la relación entre las variables cinemáticas  $x$ ,  $Q^2$  y el factor  $F_2$ .
- Clasificar con ML las regiones de bajo  $x$  (sea-gluon),  $x$  intermedio (transición sea-valence) y de alto  $x$  (valencia).
- Estudiar el marco conceptual y fenomenológico del modelo quark-partón y las implicaciones de las violaciones del escalamiento de Bjorken.
- Sugerencias de algoritmos de ML:
  - Regresión principal: Extra Trees Regressor
  - Regresión comparativa: Ridge Regression
  - Clasificación principal: Logistic Regression
  - Clasificación comparativa: Random Forest Classifier

#### ¿Qué datos deben usarse?

Los datos se pueden descargar directamente de la página de DESY:

<https://www-h1.desy.de/h1/www/publications/htmlsplit/DESY-09-158.long.poster.html>

Con los canales:

(nce+p)

(nce-p)

(cce+p)

(cce-p)

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

- Reporte de la experiencia
- Repositorio de datos y códigos, i.e, pipeline con los datos procesados para F2 y las variables  $x$ ,  $Q^2$ , Gráfica de  $F_2(x, Q^2)$  vs  $Q^2$  (para diferentes valores  $x$ ). Modelos de ML que permitan identificar diferentes regiones partónicas (valence, transición valence-gluon, sea)
- Video de presentación (con la física del DIS y del experimento, conceptos y análisis post-procesamiento)

## RETO 12: Cazando bosones de Higgs con Quantum ML

Área: HEP

### Responsables

Andres Castillo, Gabriela Navarro, Mauricio Vargas, Jose Rodriguez

### Objetivo del reto

- Explorar métodos de clasificación basados en quantum machine learning que mejoren la significancia estadística en la detección del bosón de Higgs en los canales H y  $H$ .

### Instrucciones del reto

- Reconstruir observables físicos del Higgs a partir de datos del LHC (ATLAS y CMS) en los canales di-fotónicos H y di-tau H
- Estudiar formalmente los mecanismos de desintegración del bosón de Higgs y sus Branching ratios.
- Entrenar algoritmos de Quantum Machine Learning (híbrido) en la descripción de eventos del bosón de Higgs y del background.
- Comparar modelos clásicos y cuántico-híbridos de clasificación en la reconstrucción de la masa del bosón de Higgs.
- Estudiar el marco conceptual de la necesidad del bosón de Higgs y de toda su fenomenología asociada en los colisionadores de hadrones.
- Analizar la factibilidad de construir simuladores cuánticos para estudiar sistemas complejos asociados la física de los colisionadores hadrónicos que permitan solucionar preguntas profundas sobre el mecanismo de ruptura espontánea.

### Sugerencias de algoritmos de ML:

- Clasificador principal y logístico: Support vector machine y regresión logístico
- Clasificación comparativa: Random Forest Classifier
- Clasificación no lineal: Red neuronal multicapa
- Algoritmo cuántico-híbrido de clasificación: Variational Quantum Classifier

### ¿Qué datos deben usarse?

(H) <https://opendata.cern.ch/record/15006>

(H) <https://opendata.cern.ch/record/328>

(H)

[https://github.com/atlas-outreach-data-tools/notebooks-collection-opendata/blob/master/13-TeV-examples/uproot\\_python/HyyAnalysis.ipynb](https://github.com/atlas-outreach-data-tools/notebooks-collection-opendata/blob/master/13-TeV-examples/uproot_python/HyyAnalysis.ipynb)

(H) <https://cms-opendata-workshop.github.io/workshopqcd-2024-lesson-ml/>

Higgs ML Challenge: <https://proceedings.mlr.press/v42/cowa14.pdf>

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

- Reporte de la experiencia
- Repositorio de datos y códigos (Pipeline con los datos preprocesados, algoritmos clásicos ML y algoritmos cuánticos híbridos para clasificación señal-bkg, Métricas, Gráficas de comparación)
- Video de presentación (La física del Higgs y de los detectores, fenomenología, conceptos y análisis a posteriori)

## RETO 13: Calibración de detectores de astro-partículas de efecto Cherenkov

**Área:** Astropartículas - Instrumentación

### Responsables

Dennis Cazar Ramírez USFQ , Mario Audelo ESPOCH

### Instrucciones del reto

- Analiza, calibra y compara: el desafío de conectar simulaciones con señales reales del cosmos.
- Simular la respuesta de un detector de astropartículas de efecto Cherenkov WCD usando el framework de LAGO
- Implementar una campaña de toma de datos en el detector WCD de la ESPOCH
- Analizar los datos experimentales y presentarlos en formatos compatibles a las simulaciones
- Comparar los datos sintéticos y experimentales identificando discrepancias

### Instrumentos que intervienen

- Detector de astropartículas de efecto Cherenkov WCD de la ESPOCH (Riobamba - Ecuador)
- Osciloscopio, tarjeta de adquisición de datos
- Computadora con framework de simulaciones LAGO.

### ¿Qué datos deben usarse?

- Datos sintéticos de simulaciones
- Datos experimentales del WCD

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

- Resultado de las simulaciones hechas con el Framework de LAGO
- Análisis de datos experimentales del detector
- Informe resultados del análisis y comparación
- Video resumen

## **RETO 14: Muones, magnetómetros y transitorios cósmicos: correlación entre Forbush y pulsaciones geomagnéticas**

**Área:** Astropartículas

**Responsables:**

Yvelice Castillo, Luis Núñez

**Instrucciones del reto**

- Detectar, caracterizar y correlacionar los decrecimientos Forbush, las tormentas geomagnéticas y la compresión del campo magnético terrestre empleando los datos del MuNRA, un magnetómetro triaxial de bajo costo, el NMDB (Neutron Monitor DataBase) y un observatorio magnético de INTERMAGNET o SuperMAG.
- Transformar los conteos crudos del MuNRA en tasa física defendible (cuentas por minuto)
- Calcular la incertidumbre estadística y sistemática.
- Detectar tres clases de fenómenos en la tasa de muones: variación diurna, decrecimiento Forbush y excesos inexplicados
- Correlación multiinstrumental
- Análisis espectral reproducible

**Instrumentos que intervienen**

- MuNRA
- Magnetómetro de bajo costo (EZIE-Mag o similar)
- Computadora con Python

**¿Qué datos deben usarse?**

- Datos del MuNRA
- Datos del magnetómetro de bajo costo
- Datos del NMDB
- Datos de un observatorio magnético cercano

**¿Qué deben entregar los estudiantes?**

- Archivo data/raw/README.md con metadatos: ubicación, fechas, condiciones ambientales y scripts de adquisición funcionales.
- Tabla results/event\_catalog.csv con eventos FD detectados (fecha de inicio, duración, profundidad %, significancia).
- Figura results/figures/spectra\_comparison.png.
- Archivo results/cross\_correlation.csv con retardos óptimos.
- Repositorio público en GitHub/GitLab.
- Video de presentación (máx. 10 min) mostrando: explicación de un evento Forbush detectado y su correlación con Dst y B<sub>total</sub>. Lecciones aprendidas sobre la integración MuNRA + magnetómetro local.

## **RETO 15: Geometría a escala de millones: aceptación del MuNRA por Monte Carlo masivo: simulación, paralelización y scaling en cluster**

**Área:** HPC - Instrumentación

### Responsible

Oscar Carrillo (HPC); Mario Rafael Ruiz V. (HPC), Jhann Reyes (apoyo instrumental MuNRA).

### Instrucciones del reto

- Modelar la geometría real del MuNRA (área activa de los centelladores, separación entre planos, alineación) e implementar una simulación Monte Carlo que genere muones con distribución angular  $\cos^2\theta$  y registre coincidencias en el detector.
- Ejecutar la simulación a escala en SCALAC ( $\geq 10^9$  muones generados) mediante un esquema embarrassingly parallel implementado como SLURM array job, garantizando que cada subtarea use una semilla independiente y verificable.
- Analizar el escalamiento de la simulación en el cluster: strong scaling (tiempo vs número de núcleos a problema fijo) y weak scaling (tiempo vs núcleos a carga por núcleo fija), reportando eficiencia y régimen óptimo.
- Construir un dashboard interactivo que muestre: geometría modelada, distribución angular detectada simulada, aceptación integrada con su banda de confianza, y las curvas de scaling con la justificación del régimen recomendado.

### Instrumentos que intervienen

- Detector de muones MuNRA (acceso a la configuración geométrica medida).
- Cluster SCALAC para la ejecución de las simulaciones.
- Computadora local con Python para análisis post-procesamiento y dashboard.

### ¿Qué datos deben usarse?

- Especificaciones geométricas medidas del MuNRA (separación entre planos, área activa, alineación).
- Espectro y distribución angular  $\cos^2\theta$  de muones cósmicos a nivel del mar tomados de la literatura (PDG o referencia equivalente).
- Metadatos de cada corrida en SCALAC: JOB\_ID, número de muones generados, semilla, núcleos asignados, wall time, ID del nodo físico, commit hash del código.

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

- Reporte de la experiencia con justificación del modelado geométrico, descripción de la paralelización y análisis de scaling.
- Repositorio Git público con el código de la simulación, los scripts SLURM (individual y array), pipeline de análisis, archivo de entorno reproducible y README de ejecución.
- Tabla CSV con los resultados de scaling (núcleos, muones generados, wall time, speedup, eficiencia) y las gráficas asociadas.
- Dashboard interactivo ejecutable con un comando.
- Presentación oral defendiendo la cadena geometría → simulación → aceptación.
- Video de presentación (máx. 10 min) mostrando la justificación del modelado geométrico, la descripción de la estrategia de paralelización, el análisis de scaling con sus métricas principales —núcleos, muones generados, wall time, speedup y eficiencia—, las gráficas asociadas, la estructura del repositorio Git público, la ejecución del dashboard interactivo mediante un único comando y la defensa de la cadena geometría → simulación → aceptación.

## RETO 16: Pipeline masivo del muograma: dataset reproducible y baseline estadístico de detección de transitorios en cluster.

**Área:** HPC - Ciencia de Datos

### Responsable

Oscar Carrillo (HPC); ; Mario Rafael Ruiz V. (HPC); Luis A. Núñez (apoyo en física de muones y NMDB).

### Instrucciones del reto

- Construir un dataset reproducible que combine las series temporales del MuNRA con datos públicos del Neutron Monitor Database (NMDB, nmdb.eu) de al menos tres estaciones, sincronizado temporalmente y con metadatos meteorológicos (presión, temperatura), cubriendo al menos 12 meses continuos.
- Implementar en SCALAC un pipeline de preprocesamiento paralelo (limpieza, sincronización temporal, corrección barométrica, ventaneo) usando SLURM array jobs, con scaling caracterizado (tiempo total preprocesamiento en cluster vs en laptop).
- Implementar un baseline estadístico de detección de transitorios: z-score sobre línea base móvil de 24 h con corrección barométrica explícita, complementado con Isolation Forest sobre features físicos. Calibrar umbrales contra un catálogo verificado de eventos Forbush (e.g., IZMIRAN Forbush Effects Database).
- Construir un dashboard interactivo que muestre el muograma corregido, los eventos detectados por el baseline, las métricas asociadas (precision, recall, F1) y los casos representativos de falsos positivos y falsos negativos.

### Instrumentos que intervienen

- Detector MuNRA (acceso a series temporales históricas de tasa de muones con su barómetro).
- Cluster SCALAC para el preprocesamiento masivo.
- Computadora local con Python para análisis y dashboard.

### ¿Qué datos deben usarse?

- Series del MuNRA: tasa de coincidencias, presión y temperatura ambientales ( $\geq 12$  meses continuos).
- Series del NMDB de al menos tres estaciones a latitudes distintas para el mismo período (nmdb.eu).
- Catálogo verificado de eventos Forbush (IZMIRAN o equivalente) como ground truth.
- Metadatos de cada corrida del pipeline: JOB\_ID, núcleos, wall time, throughput.

### ¿Qué deben entregar los estudiantes?

- Reporte de la experiencia con la metodología del dataset, el pipeline y el baseline, incluyendo el balance entre falsos positivos y falsos negativos.
- Repositorio Git público con: pipeline de preprocesamiento, código del baseline, scripts SLURM, archivo de entorno, README de ejecución, bitácora.
- El dataset publicado como conjunto de archivos parquet/CSV con su README de metadatos, listo para ser consumido por otro grupo (insumo del Reto 18).
- Tabla CSV de eventos detectados por el baseline (event\_catalog.csv: fecha, duración, profundidad, significancia).
- Dashboard interactivo ejecutable con un comando.

- Video de presentación (máx. 10 min) mostrando la metodología del dataset, el pipeline y el baseline; los resultados obtenidos y el balance entre falsos positivos y falsos negativos; la estructura del repositorio Git público; el dataset publicado con sus metadatos; el catálogo event\_catalog.csv; y la ejecución del dashboard interactivo mediante un único comando.