

## Práctica de Laboratorio: Simulación Montecarlo de detectores

---

*El objetivo de esta práctica es iniciar al alumno en la utilización de métodos de simulación Monte Carlo (MC) para estudiar la respuesta de detectores a la radiación y familiarizarle con algunos conceptos fundamentales, usando el código Geant4 como ejemplo. Geant4 es un código de última generación y consiste en un paquete de librerías C++ que el usuario puede utilizar con gran libertad para construir un código de simulación específico. Esto le concede la gran flexibilidad y versatilidad, comparado con otros códigos de simulación MC de uso general, a costa de exigir mayor esfuerzo por parte del usuario. Las librerías incluyen diversos paquetes de física electromagnética y hadrónica, potentes herramientas para la definición de geometrías y la posibilidad de controlar exhaustivamente el seguimiento de las partículas y la recogida de la información.*

### **Bibliografía**

---

- 1.-Alex Bielajew, Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and charged particle transport: <http://www-personal.engin.umich.edu/~bielajew/MCBook/book.pdf>
- 2.- Geant4: <http://geant4.cern.ch/>
- 3.-ROOT: <http://root.cern.ch>

### **Materiales**

---

El alumno dispone del siguiente material:

1. Ordenador con máquina virtual Linux
2. Directorio de trabajo `../master2024/` donde se ubica, entre otros, un programa simple de simulación basado en Geant4, llamado `main.cc`, y las clases relacionadas, que se encuentran en los subdirectorios `src` e `include`. El subdirectorio `data` almacenará los ficheros de salida y el programa de análisis.
3. Macros para la ejecución del programa (`vis.mac`, `source.mac`)
4. ROOT para el análisis y representación de los datos.

## Realización

---

Antes de nada, el/la alumn/a se familiarizará con la máquina virtual y su entorno Linux. La carpeta de trabajo está en el escritorio y se llama **master2024**. Para trabajar en modo “consola” debe abrirse un terminal desde la barra de herramientas (abajo), la aplicación se llama **LXTerminal**.

1. Ingresar en el directorio de trabajo:  
**cd /home/user/Desktop/master2024**  
En este debemos explorar la estructura del programa y las clases relevantes identificando: la descripción geométrica, el generador de eventos, las partículas y procesos incluidos y la recogida de información a nivel de paso, evento, simulación, y macros de ejecución: **gedit ./src/\*.cc ./\*.mac &**
2. Compilación del programa main.cc: primero crearemos un directorio build (**mkdir build**) donde realizaremos la compilación y nos trasladamos a dicho directorio (**cd build/**) y escribiremos  
**cmake ..**  
y luego compilaremos usando el comando **make**
3. Para ejecutar el programa, nos trasladamos al directorio superior (**cd ..**) y escribiremos **./build/main**
4. Visualizamos la geometría, lanzamos eventos... usando el entorno gráfico Qt
5. Utilizamos una macro para simular diferentes tipos de partícula, energías...  
Para lanzar la simulación con la macro: **./build/main source.mac**  
Esta macro está preparada para lanzar por defecto gammas de 800 KeV.
6. Visualizamos los espectros de salida obtenidos usando root. Para ello hacemos: **root ./data/output.root**, y después: **new TBrowser**
7. Simular gammas de 800 keV y 5 MeV. Para ello, cambiar y ejecutar la macro **source.mac**. Visualizar los espectros obtenidos usando root, intentando explicar las diferencias. Calcular las eficiencias totales y de pico.
8. Simular electrones de 1 MeV, 2 MeV, 5 MeV, 7 MeV y 9 MeV. Visualizar los espectros de energía depositada en el cristal y en el plástico con root, explicar lo que ocurre.
9. Simulación de fuentes. Ejecutar la macro **source.mac** para simular una fuente de  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{60}\text{Co}$ . Entender los espectros obtenidos en el cristal.
10. Cambiad la geometría del detector por la del detector *Rocinante* de BaF2 (ojo!! Cambiar SteppingAction también). Moverse al directorio **build/** y compilar de nuevo con el comando **make**. Cambiad al directorio superior y simular una fuente de  $^{60}\text{Co}$ . Calculad la ratio entre el 1173 KeV y el pico suma. Explicad las diferencias del espectro obtenido con el espectro del  $^{60}\text{Co}$  del apartado 9.

Para la evaluación de la realización-comprensión de la práctica el alumno deberá presentar un informe (max 2 pág de texto + 1 pág de figuras) de la misma, que enviará por correo electrónico a la dirección: [fnex2024@ific.uv.es](mailto:fnex2024@ific.uv.es) En el mismo se debe incluir únicamente:

1. **Imagen de la geometría** utilizada en el apartado 10 incluyendo trazas de rayos gamma. Los colores de los distintos volúmenes y la orientación de la visualización serán elegidos por el alumno y no podrán ser los mismos que los definidos por defecto.
2. **Espectros gamma** obtenidos en las simulaciones en el apartado 7. En el espectro obtenido para 5.0 MeV se observan distintas partes: un pico muy intenso, varios picos menos intensos, un continuo... ¿a qué se deben? ¿Por qué aparecen dos picos en el espectro de 5.0 MeV que no aparecen en el de 800 keV?
3. **Superposición de los espectros de electrones** de energía depositada en el plástico obtenidos en las simulaciones del apartado 8. Observamos como el pico se va desplazando conforme aumentamos la energía de los electrones, pero a partir de una cierta energía se desplaza en sentido contrario al esperado (o desaparece). Explica por qué ocurre esto. Si hacemos lo mismo con la energía depositada en el cristal de NaI, ¿ocurre lo mismo? Explica lo que sucede.
4. **Espectros de las fuentes** simuladas en el apartado 9. Cambia la geometría del cristal de NaI (diámetro y espesor) según dimensiones que te dé el profesor. Cálculo y representación gráfica de la eficiencia de pico del detector gamma (el cristal) a las energías del  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{60}\text{Co}$  (effic. vs energía).
5. **Explica las diferencias** que hay entre los espectros del  $^{60}\text{Co}$  de los apartados 9 y 10. Calcula la ratio entre el área del pico de 1173 keV y del pico suma y compara con la medida real con el detector *Rocinante* (práctica de TAS).