

DÍA 2:

SIMULACIÓN MONTE CARLO (MADGRAPH) DE LA SEÑAL Y
EL RUIDO DE FONDO (BACKGROUND) PARA CREAR BASES
DE DATOS Y REALIZAR ANÁLISIS CINEMÁTICOS

Dr. Tomás Antonio Valencia Pérez

12 de noviembre de 2025

1 ¿QUÉ ES MADGRAPH?

2 PRIMEROS PASOS

3 ACTIVIDAD

4 IDEAS FINALES

¿QUÉ ES MADGRAPH?

Características

- MadGraph es un generador de eventos Monte Carlo para estudios de colisionadores que, de forma automática, calcula secciones eficaces y anchos de decaimiento (a nivel árbol y también a NLO en QCD).
- *Automatic generation of tree level helicity amplitudes*. Publicado por primera vez en 1994 por T. Stelzer y W.F. Long.
[https://doi.org/10.1016/0010-4655\(94\)90084-1](https://doi.org/10.1016/0010-4655(94)90084-1)
- Antes de la era del LHC, esta herramienta se utilizaba para obtener predicciones futuras en modelos de nueva física.
- Actualmente, también se pueden volver a analizar los resultados de las búsquedas publicadas por las colaboraciones del LHC e interpretar estos análisis en modelos específicos.

Notas

■ Autores:

- The MadTeam, formado por Johan Alwall, Pierre Artoisenet, Celine Degrande, Rikkert Frederix, Stefano Frixione, Benjamin Fuks, Valentin Hirschi, Fabio Maltoni, Olivier Mattelaer, Davide Pagani, Hua-Sheng Shao, Tim Stelzer, Paolo Torrielli y Marco Zaro.

■ Lenguaje de programación:

- Python
- Fortran
- C++

■ Sitio web:

- <http://madgraph.phys.ucl.ac.be/>

Configuración e instalación de herramientas adicionales

Primero, veamos cómo ajustar opciones básicas en MadGraph.

- En el directorio de MadGraph
`/home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_26/input` se encuentra el archivo `mg5_configuration.txt`.
- Este archivo define la configuración de MadGraph: editor por defecto, navegador web y tiempo de espera para preguntas interactivas.
- Por defecto: Vi, Firefox y 60 s.

Configuración e instalación de herramientas adicionales

- Como este es un primer acercamiento a MadGraph, aplicaremos algunos ajustes básicos para facilitar su uso.
- Ajustaremos:
 - **Editor predeterminado:** `vi` → `nano`
 - **Tiempo de espera interactivo:** 60 s → 6000 s
 - **Navegador (opcional):** Firefox → Vivaldi

Configuración e instalación de herramientas adicionales

- Abramos `mg5_configuration.txt` y apliquemos estos cambios:
 - 1 Descomente la línea 45 y cambie `text_editor = None` → `text_editor = nano`.
 - 2 Descomente la línea 57 y cambie `timeout = 60` → `timeout = 6000`
 - 3 Descomente la línea 49 y cambie `web_browser = None` → `web_browser = Vivaldi` (Opcional).
 - 4 ¡No olvides guardar los cambios!
- Con estos ajustes, ya estamos listos para iniciar con MadGraph.

PRIMEROS PASOS

Lanzar MadGraph: ruta y comando

- 1 Abra una terminal y navegue a la carpeta de instalación de MadGraph.

```
$ cd /home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_25
```

- 2 En la terminal ejecute la instrucción:

```
$ mg5
```

Verá el prompt de trabajo:

```
MG5_aMC>
```

Con esta instrucción, MadGraph se inicia con el Modelo Estándar (SM) cargado por defecto.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

- 3 Generaremos la producción del bosón de Higgs por fusión de gluones y su decaimiento a dos fotones:

$$gg \longrightarrow h \longrightarrow \gamma\gamma$$

En MadGraph: g = gluón, h = Higgs, a = fotón.

- 4 Para generar dicho proceso, introduzca lo siguiente en el área de trabajo de Madgraph:

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

- 5 **import model heft** → Carga el modelo heft (Higgs effective field theory); habilita el decaimiento $h \rightarrow \gamma\gamma$.
- 6 **add model hgg_plugin** → Añade el plugin que activa la producción del Higgs vía fusión de gluones.
- 7 **generate g g > h , (h > a a)** →
 - **generate**: instruye a MG5 a construir las amplitudes del proceso.
 - **g g**: estado inicial con dos gluones.
 - **>**: “produce”.
 - **h**: partícula intermedia, el bosón de Higgs.
 - **,**: activa la sintaxis de decaimientos encadenados.
 - **(h > a a)**: el Higgs decae en dos fotones ($h \rightarrow \gamma\gamma$).

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

8 output `gg-h-gamma_gamma_SM` →

- Exporta el proceso actual a un directorio llamado `gg-h-gamma_gamma_SM`.
- Crea estructura estándar: `Cards/` (configuración), `SubProcesses/` (códigos), `bin/` (scripts), `Events/` (salidas).
- Desde esa carpeta se configuran los parámetros del estudio (energía en el centro de masa \sqrt{s} , funciones de distribución partónicas -PDFs-, parámetros del modelo, número de eventos); luego se lanza la simulación.
- Si el directorio ya existe, MadGraph preguntará si desea sobrescribir.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

- 9 **launch gg-h-gamma_gamma_SM** → Al ejecutar esta instrucción, MadGraph inicia los cálculos del proceso.
- Entra al directorio exportado `gg-h-gamma_gamma_SM`.
 - Carga las *cards* (`run_card.dat`, `param_card.dat`, etc.).
 - Inicia una sesión interactiva para ajustar \sqrt{s} (`ebeam1,2`), PDFs, cortes, `nevents`, y otras opciones.
 - Ejecuta la integración (VEGAS) y determina parámetros internos.
 - Genera los eventos y, si se configuró, corre parton shower (por ejemplo Pythia8) y/o MadSpin.
 - Guarda los resultados en `Events/run_XX/` (LHE, logs, reportes).

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

10 Se mostrarán las siguientes opciones en la terminal:

```
The following switches determine which programs are run:
/===== Description =====|===== values =====|===== other options =====\
| 1. Choose the shower/hadronization program | shower = OFF           | Pythia8           | | |
| 2. Choose the detector simulation program   | detector = OFF         | Delphes           |
| 3. Choose an analysis package (plot/convert)| analysis = Not Avail.  | Please install module |
| 4. Decay onshell particles                 | madspin = OFF         | ON|onshell|full    |
| 5. Add weights to events for new hypp.     | reweight = OFF        | ON                |
\=====
```

11 Seleccione primero la opción **(1)** y luego la **(2)**.

- **(1) Shower/Hadronización (Pythia8):** convierte los *eventos partónicos* (LHE) en *partículas hadrónicas* añadiendo radiación y hadronización.
- **(2) Simulación de detector (Delphes):** convierte esas partículas en *objetos reconstruidos* del detector (jets, fotones, muones) listos para análisis.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

12 Después esas elecciones, nos deberá aparecer algo así:

```
The following switches determine which programs are run:
/===== Description =====|===== values =====|===== other options =====\
| 1. Choose the shower/hadronization program | shower = Pythia8      | OFF | | |
| 2. Choose the detector simulation program  | detector = Delphes    | OFF |
| 3. Choose an analysis package (plot/convert)| analysis = Not Avail. | Please install module |
| 4. Decay onshell particles                 | madspin = OFF        | ON|onshell|full |
| 5. Add weights to events for new hypp.     | reweight = OFF       | ON |
\=====
```

13 A continuación será desplegado las siguientes opciones:

```
Do you want to edit a card (press enter to bypass editing)?
/-----\
| 1. param : param_card.dat |
| 2. run   : run_card.dat   |
| 3. pythia8 : pythia8_card.dat |
| 4. delphes : delphes_card.dat |
\-----/
```

14 En este caso solo modificaremos run_card.dat. Elija la opción **(2)**.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

15 Cambiaremos en la línea 26 el número de eventos de 10000 a 5000:

```
*****
# Number of events and rnd seed *
# Warning: Do not generate more than 1M events in a single run *
*****
5000 = nevents ! Number of unweighted events requested
0 = lseed ! rnd seed (0=assigned automatically=default))
*****
```

16 también las líneas 35 y 36 de 6500 a 7000:

```
*****
# Collider type and energy *
# lpp: 0=No PDF, 1=proton, -1=antiproton, 2=photon from proton, *
# 3=photon from electron, 4=photon from muon *
*****
1 = lpp1 ! beam 1 type
1 = lpp2 ! beam 2 type
7000.0 = ebeam1 ! beam 1 total energy in GeV
7000.0 = ebeam2 ! beam 2 total energy in GeV
```

17 Al terminar de realizar los cálculos, se abrirá el navegador Firefox que mostrará los resultados obtenidos.

Producción del bosón de Higgs por fusión de gluones

Results in the /home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_25/gg-h-gamma_gamma_SM/crossx.html

Results in the /home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_25/models/heft_hgg_plugin for $g g > h, (h > a a)$

Available Results

Run	Collider	Banner	Cross section (pb)	Events	Data	Output	Action
run_01	p p 7000.0 x 7000.0 GeV	tag_1	0.02982 + 3.6e-05	5000	parton madevent	LHE	remove run launch detector simulation
					pythia8	LOG HEPMC	remove run launch detector simulation
					delphes	LOG rootfile	remove run

[Main Page](#)

ACTIVIDAD

Actividad

Ahora les toca a los **asistentes** generar en MadGraph el proceso $p p \rightarrow a a / h$ siguiendo los pasos vistos.

- El modificador $/ h$ excluye la contribución del bosón de Higgs. Guarde el directorio como `pp-gamma_gamma_SM`.

¿Qué es *Signal* y qué es *Background* (BGD)?

- **Signal:** el proceso físico que queremos estudiar o descubrir.
 - En nuestro caso: $gg \rightarrow h \rightarrow \gamma\gamma$ (generate $g g > h$, ($h > a a$)).
- **BGD:** procesos distintos a la señal que producen firmas experimentales iguales o muy parecidas.
 - **Irreducible:** mismo estado final que la señal. Ej.: $pp \rightarrow \gamma\gamma$ sin Higgs ($p p > a a / h$).
 - **Reducible:** imitan la firma por mala identificación u otros efectos. Ej.: γj , jj con jets mal identificados como fotones.

Actividad

- Cuando hayan terminado de generar ambos procesos, diríjanse al directorio **Delphes**.
/home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_26/Delphes
- Abra una terminal en ese directorio y escriba:

```
$ ./DelphesHepMC cards/delphes_card_ATLAS.tcl SIGNAL.root  
/home/usuario/HEPtools/MG5_aMC_v2_9_25/gg-h-gamma_gamma_SM/Events/run_01/tag_1_pythia8_events.hepmc  
$ ./root2lhco SIGNAL.root SIGNAL.lhco
```

DelphesHepMC = simula el detector y genera el ROOT de Delphes.
root2lhco = convierte ese ROOT a LHCO; no simula nada, solo cambia el formato.

Nota: Descomprima primero el archivo tag_1_pythia8_events.hepmc.gz

- **Ahora repita los pasos para BGD.**

Finalidad

- Las instrucciones anteriores crearán los archivos SIGNAL.root y BGD.root. Éstos nos servirán para hacer la simulación a nivel detector (cards/delphes_card_ATLAS.tcl) partiendo de los eventos generados en Madgraph.
- Con los archivos .root y .lhco el siguiente paso es analizar Signal vs BGD.

IDEAS FINALES

Estrategias para trabajar de forma eficiente con MadGraph

■ Uso de scripts:

```
% Signal_gg-h-gamma_gamma_SM.txt
import model heft
add model hgg_plugin
generate g g > h , ( h > a a )
output gg-h-gamma_gamma_SM_script
launch gg-h-gamma_gamma_SM_script
shower = Pythia8
detector = delphes
set nevents 5000
set ebeam1 7000
set ebeam2 7000
done
$ mg5 Signal_gg-h-gamma_gamma_SM.txt >
Signal_gg-h-gamma_gamma_SM.log 2>&1
```

Tarea

- Realizar el script para el BGD.
- Pueden enviarlo a tvalencia@fisica.unam.mx

- T. Stelzer, W.F. Long, Automatic generation of tree level helicity amplitudes, Computer Physics Communications, Volume 81, Issue 3, 1994, Pages 357-371, ISSN 0010-4655, [https://doi.org/10.1016/0010-4655\(94\)90084-1](https://doi.org/10.1016/0010-4655(94)90084-1).
- <http://madgraph.phys.ucl.ac.be>
- J. Alwall (Taiwan, Natl. Taiwan U.), R. Frederix (CERN), S. Frixione (CERN), V. Hirschi (SLAC), F. Maltoni (Louvain U., CP3) et al, The automated computation of tree-level and next-to-leading order differential cross sections, and their matching to parton shower simulations, JHEP 07 (2014), 079, DOI: 10.1007/JHEP07(2014)079.

GRACIAS