



# Master Class IFIC – Facultat de Física

**Miguel Villaplana Pérez**

&

**Santiago González de la Hoz**

IFIC- Departamento de Física Experimental

Universitat de València – CSIC



# Agenda

<https://indico.ific.uv.es/event/7865/>

<http://ificio.uv.es/masterclass/>

**Masterclass Hands on Particle Physics: ejercicio ATLAS-W**

Tuesday 25 Mar 2025, 09:30 → 17:00 Europe/Madrid  
Universo

Description La masterclass del dia 25 de marzo estara dedicada al experimento ATLAS, y en ella se analizaran datos del ejercicio ATLAS-W.

Time	Event	Location	Speaker(s)
09:30 → 09:35	Bienvenida	Salón de Grados Lise Meitner	Miguel Villaplana (IFIC [CSIC-UV]), Dr. Santiago Gonzalez de la Hoz (IFIC [CSIC - UV])
09:35 → 10:00	Introducción a la física de partículas y Modelo Estándar	Salón de grados Lise Meitner	Valentina De Romeri (IFIC/UV/CSIC)
10:00 → 10:30	Introducción a los aceleradores de partículas, LHC y ATLAS	Salón de grados Lise Meitner	Salvador Martí García (IFIC-Valecia [UV-CSIC])
10:30 → 11:00	Almuerzo	Cafetería del Campus de Burjassot	
11:00 → 11:30	Introducción al ejercicio	Aulas de informática III y IV (F. de Ciencias)	Miguel Villaplana (IFIC [CSIC-UV]), Santiago Gonzalez de la Hoz (IFIC)
11:30 → 13:00	Ejercicio ATLAS-W	Aulas de informática III y IV (F. de Ciencias)	Adrián Rubio (IFIC), Carlos Escobar (IFIC [CSIC-UV/CSIC]), Clara Carrón Martínez (Instituto de Física Corpuscular [IFIC]), Emanuela Musumeci (IFIC), Emma Tomás Pastor (IFIC), José Cantero (IFIC/UV-CSIC [UV]), Juan Palacios González (IFIC), Miguel Jiménez, Miguel Villaplana (IFIC [Universitat de València y CSIC]), Salvador Martí García (IFIC-Valecia [UV-CSIC]), Santiago Gonzalez de la Hoz (IFIC), Tamaz Zakareishvili (Instituto de Física Corpuscular [IFIC])
13:00 → 14:40	Comida	Cafetería de la ETSE	
14:40 → 14:55	Introducción a la Facultat de Física	Salón de Grados Lise Meitner	Vicecadiera de la Facultat de Física de la UV
14:55 → 15:25	Introducción al IFIC	Salón de grados Lise Meitner	Vicedirector del IFIC
15:25 → 16:00	Comentario de resultados	Salón de grados Lise Meitner	José Enrique García Navarro (IFIC [CSIC - Universitat de Valencia])
16:00 → 17:00	Videoconferencia con el CERN	Salón de grados Lise Meitner	Miguel Villaplana (IFIC [CSIC-UV]), Santiago Gonzalez de la Hoz (IFIC)

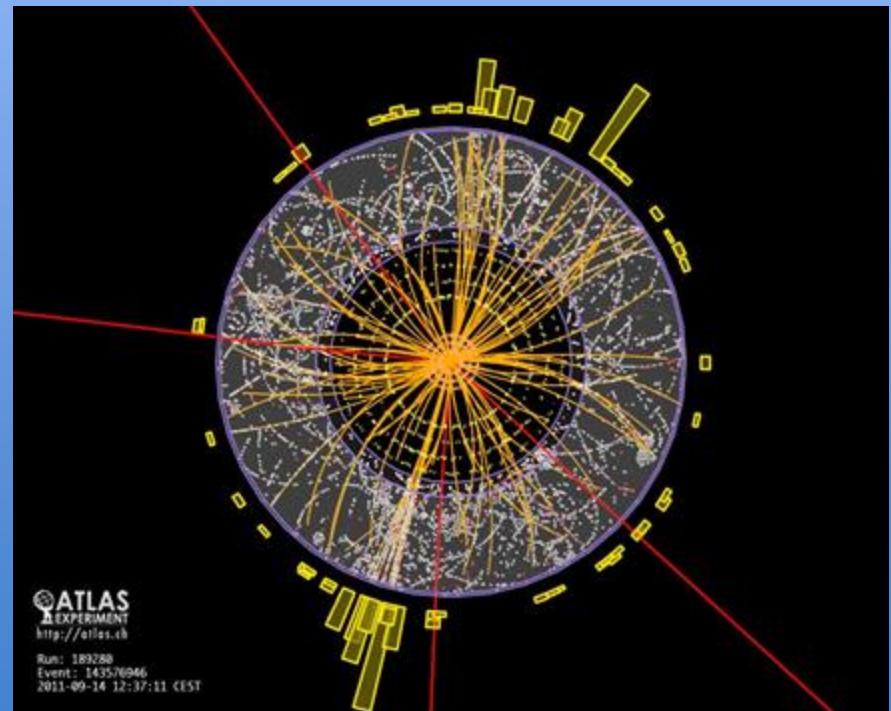
Tue, Mar 25	
VC 1: ATLAS W	
16:00 CET	
Martin	
Matt	
Kutaisi	
Rome Tre	
Valencia	
Bern	
Dresden	
Bonn	



# Qué vamos a hacer?

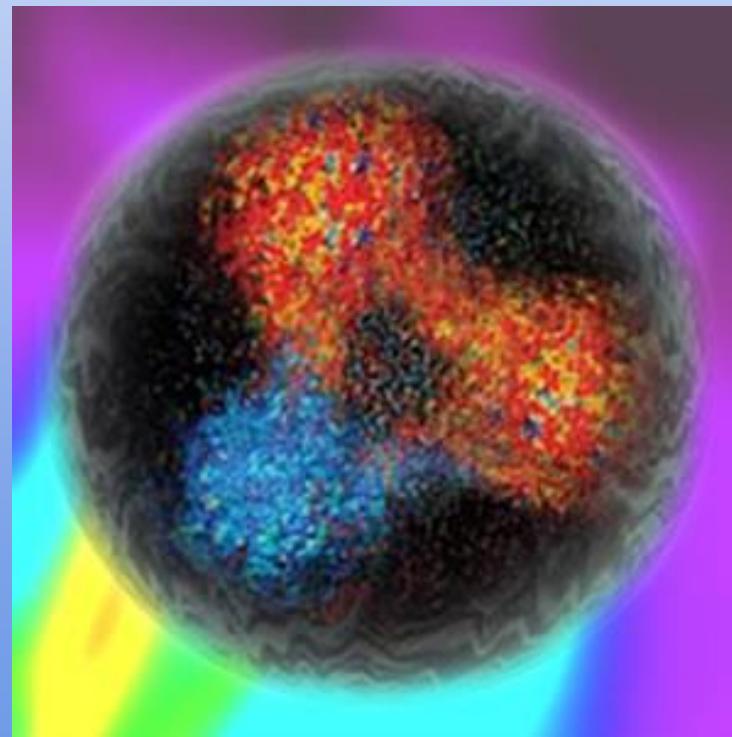
<http://atlas.physicsmasterclasses.org/en/wpath.htm>

1. Comprobar la estructura interna del protón
1. Búsqueda del bosón de Higgs

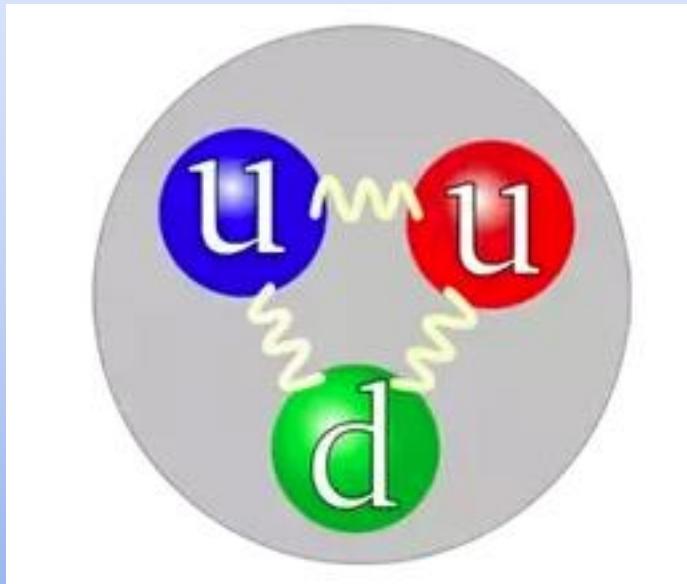


# EJERCICIO 1:

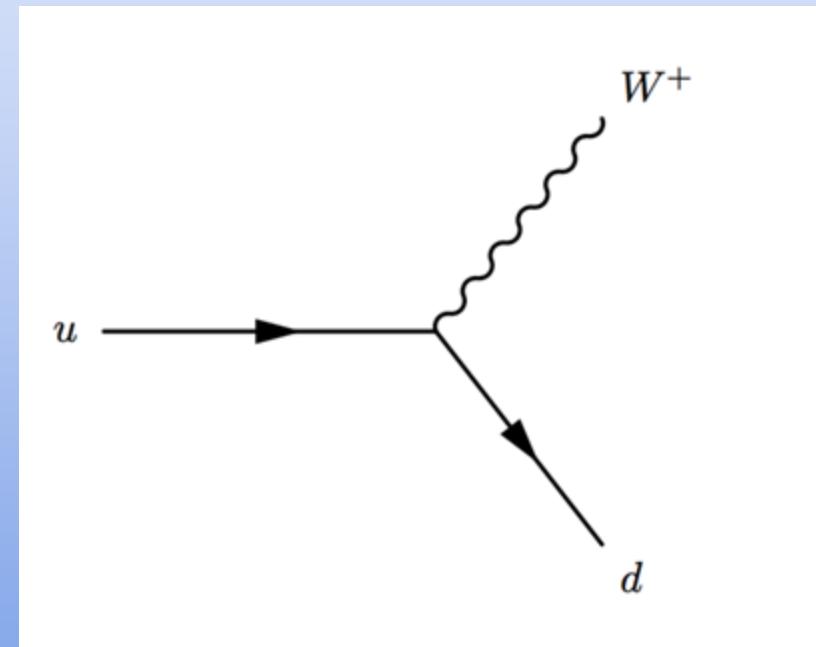
Comprobar la estructura  
interna del protón



# El protón: teoría



- quark  $u$  :  $+2/3$
- quark  $u$  :  $+2/3$
- quark  $d$  :  $-1/3$

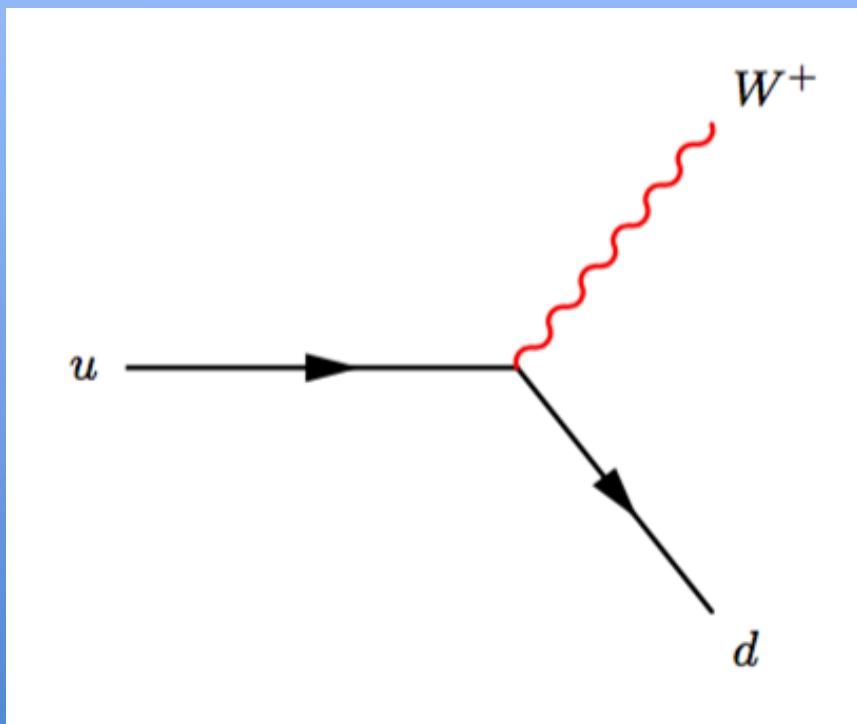


Partícula  $W^\pm$

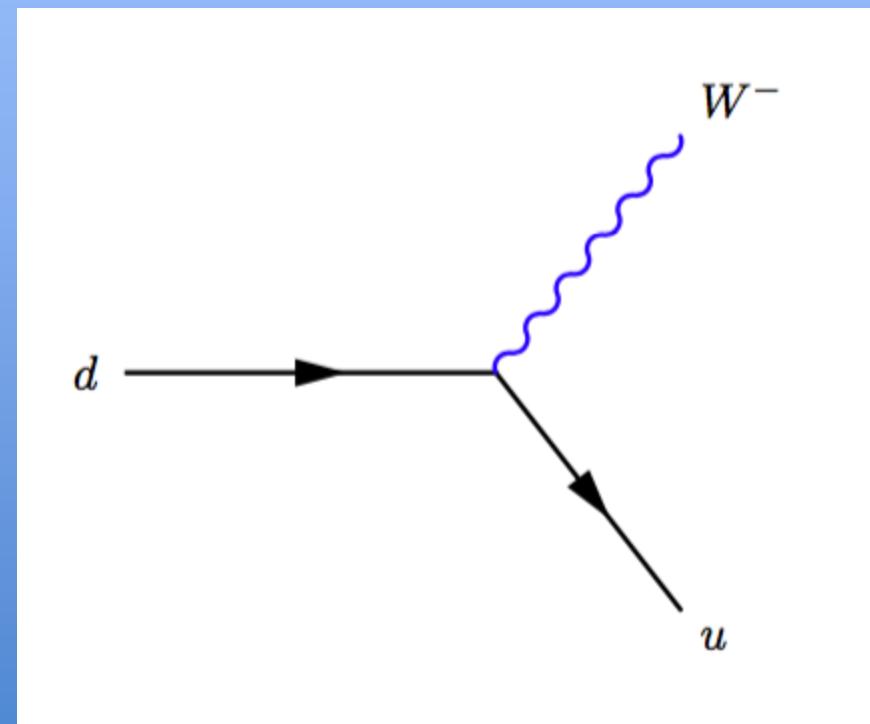
---

$$\text{Total} = \frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$$

# ¿Cómo distinguirlos?



$$u \rightarrow d + W^+$$



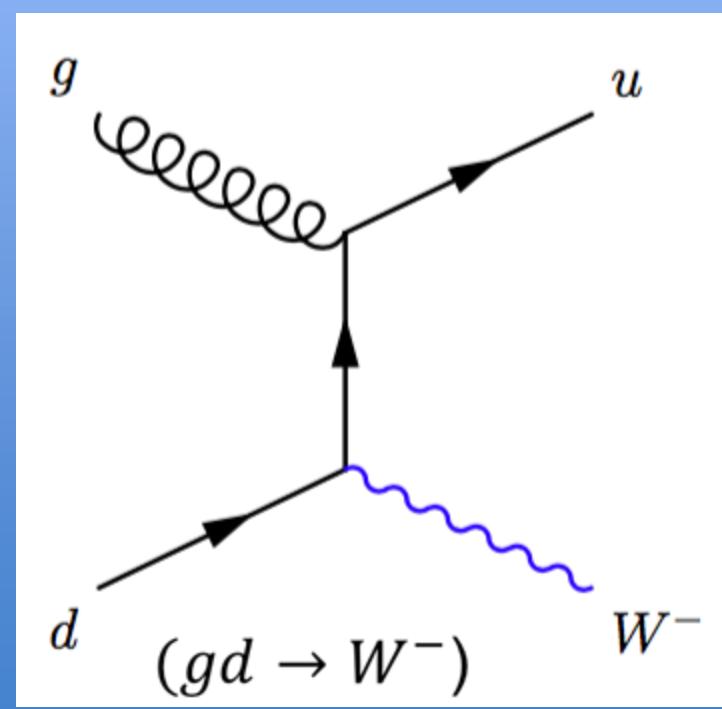
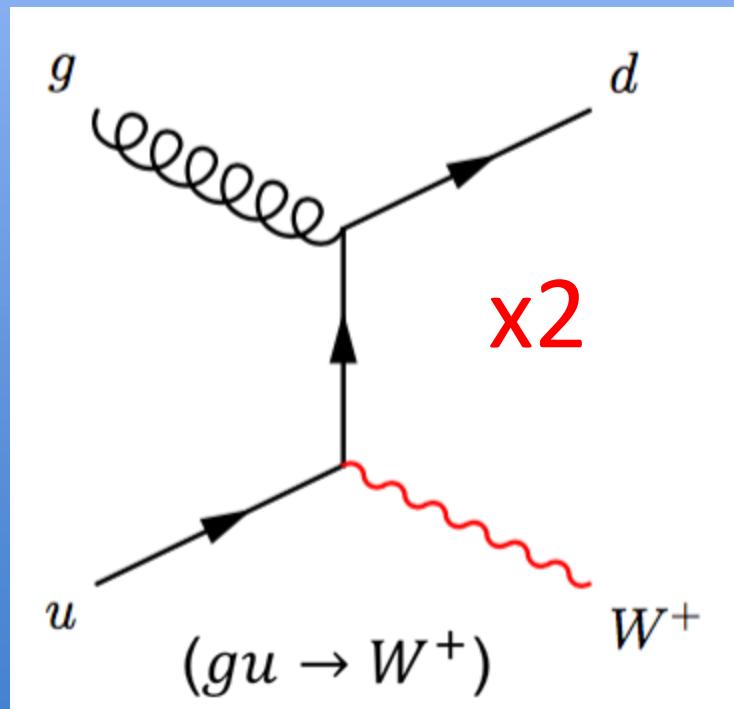
$$d \rightarrow u + W^-$$

# Colisiones quark-gluón

(66% de los  $W$  se producen así)

$$\rightarrow (gu \rightarrow W^+) \times 2 \quad \text{-- } 22\% \times 2 = \mathbf{44\%}$$

$$\rightarrow (gd \rightarrow W^-) \quad \text{-- } 22\%$$

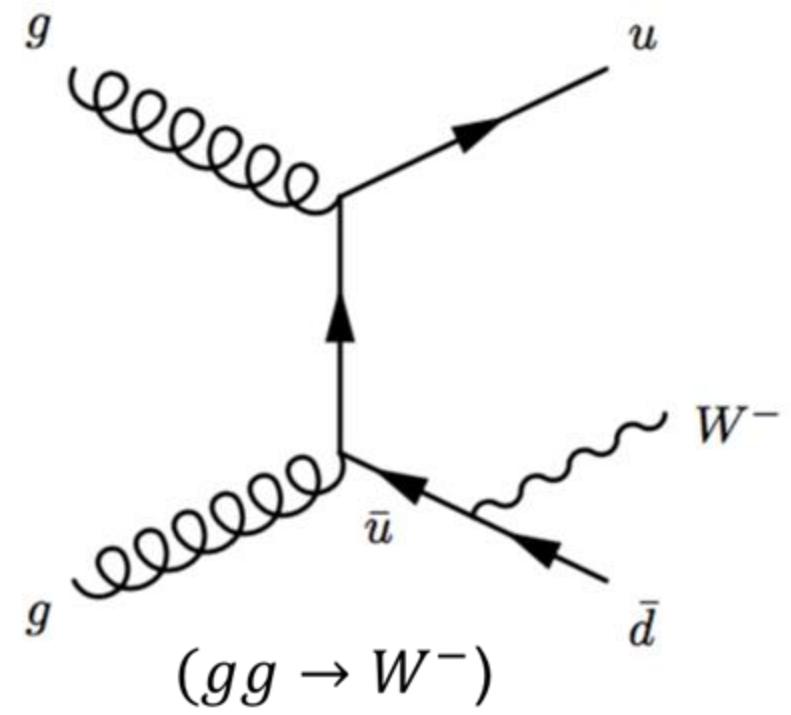
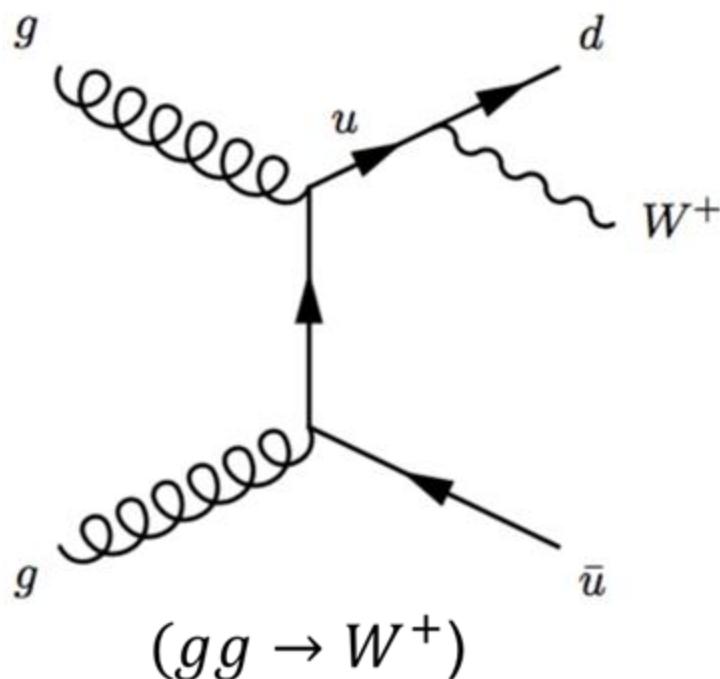


# Colisiones de gluones

(34% de los  $W$  se producen así)

→  $(gg \rightarrow W^+) \quad \text{-- } 17\%$

→  $(gg \rightarrow W^-) \quad \text{-- } 17\%$



# Resumen

- Resultados finales ( $W^+$  y  $W^-$ )
  - $(gg \rightarrow W^+)$   $= (g\bar{g} \rightarrow W^+) = 61\%$
  - $(gg \rightarrow W^-)$   $= (g\bar{g} \rightarrow W^-) = 39\%$
- La proporción (teórica) entre  $W^+$  y  $W^-$ :

$$R^\pm = \frac{W^+}{W^-} = \frac{61}{39} = 1.56$$

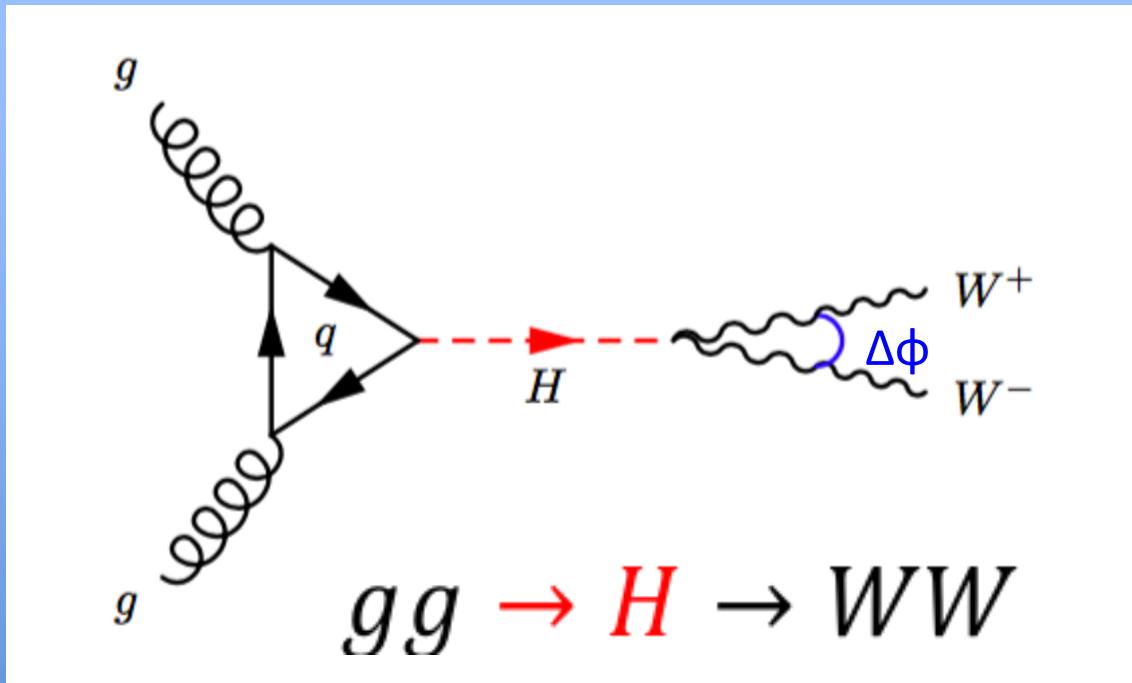
- El resultado observado por ATLAS es 1.52

# EJERCICIO 2

Buscar el bosón de Higgs



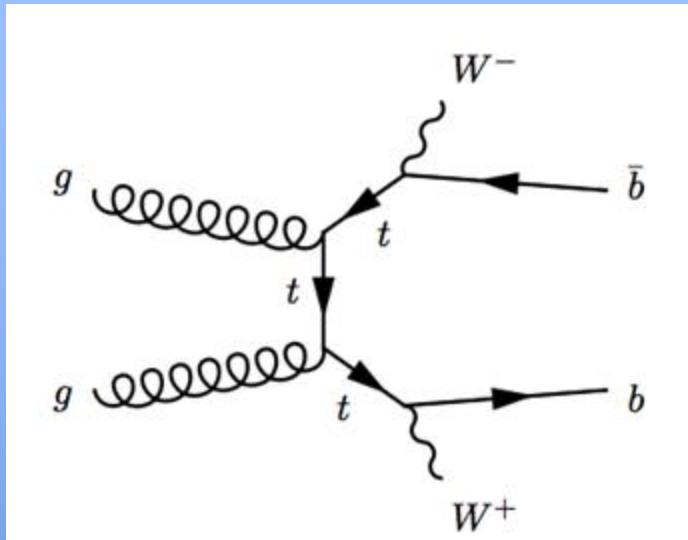
# Señal del Higgs



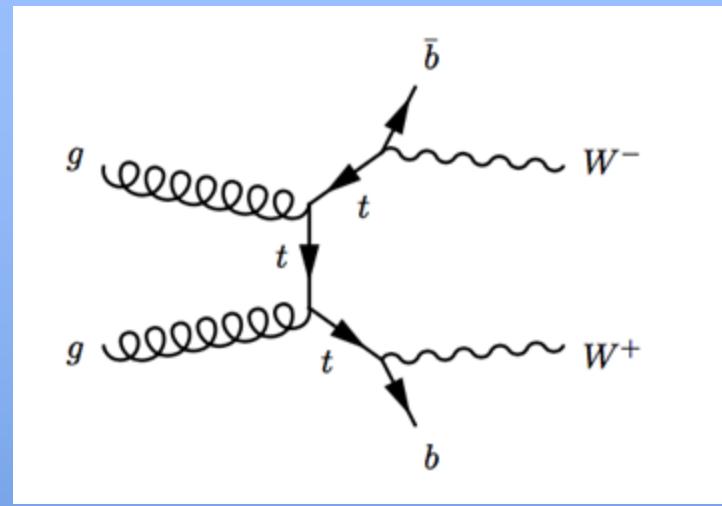
El Higgs es producido con mucha energía

Los  $WW$  provenientes del Higgs seguirán esa misma dirección y tendrán un ángulo entre ellos ( $\Delta\phi$ ) muy pequeño

# Ruido



$gg \rightarrow WW$   
(ángulo grande)



$gg \rightarrow WW$   
(ángulo pequeño)

Los eventos de  $WW$  pueden salir con *cualquier ángulo*.

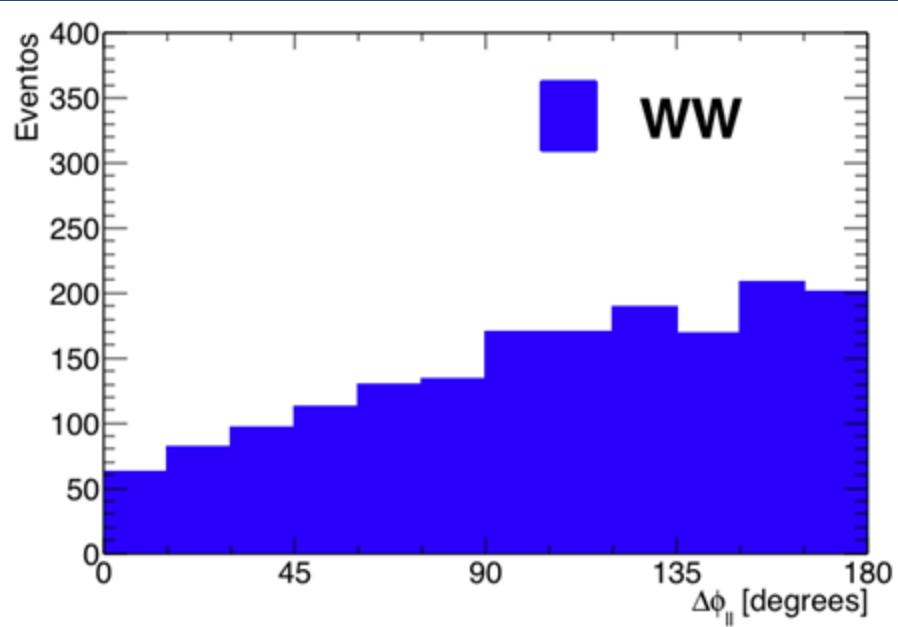
Los eventos del Higgs *solo* pueden salir con un ángulo pequeño.

¿Entonces cómo sabemos si un evento con un ángulo pequeño es un Higgs o un simple y aburrido  $WW$ ?

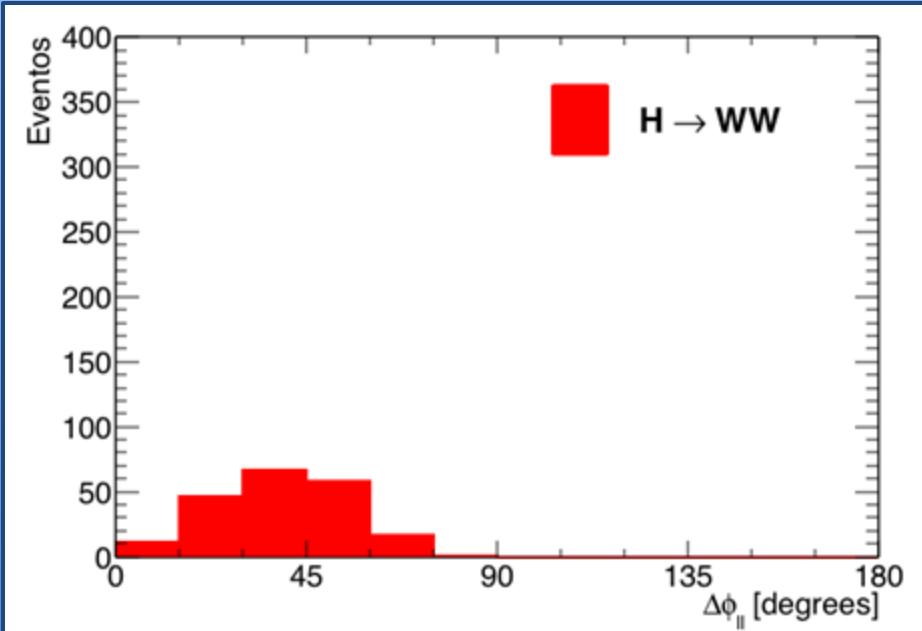
Solución: estadística y **plots!**

# Histogramas

Número de veces que ha salido cada ángulo [ 0 - 180º ]

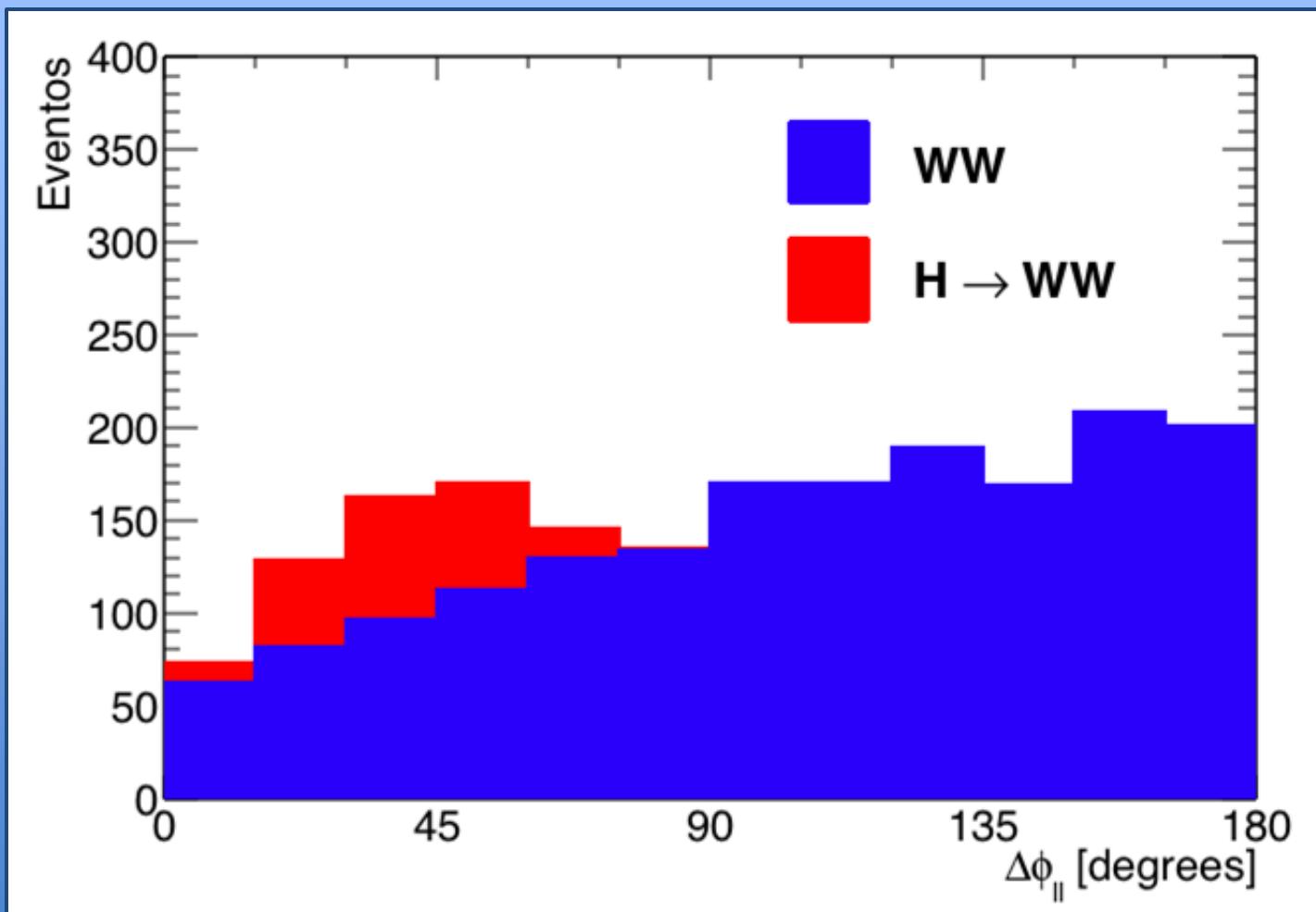


Los eventos de WW pueden salir con *cualquier ángulo*.



Los eventos de Higgs solo salen a *ángulos pequeños*

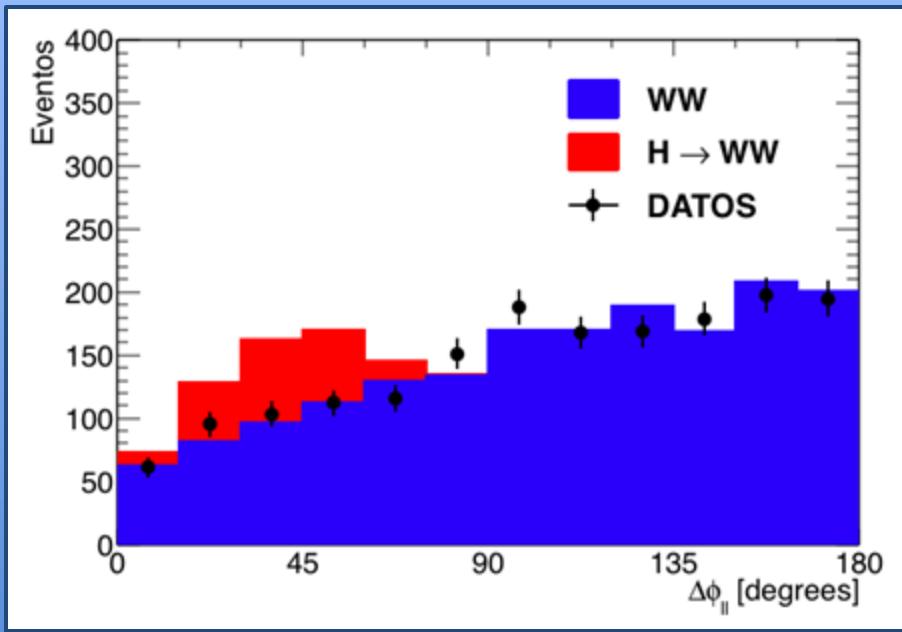
# Modelo teórico



¡Ahora medimos!

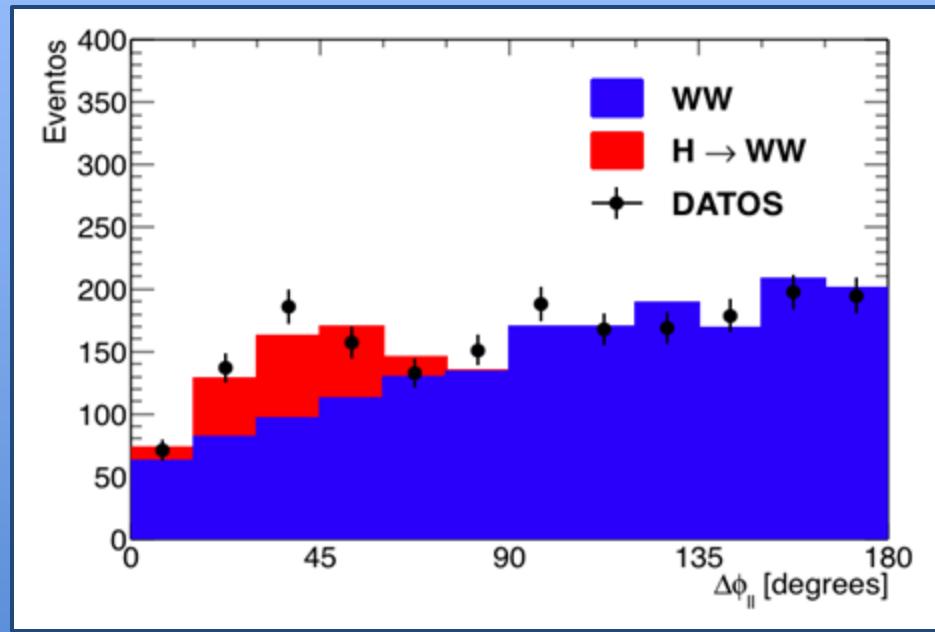
# Medida de datos

Número de veces que ha salido cada ángulo [ 0 - 180º ]



Los datos se parecen más al modelo  
**SIN** Higgs

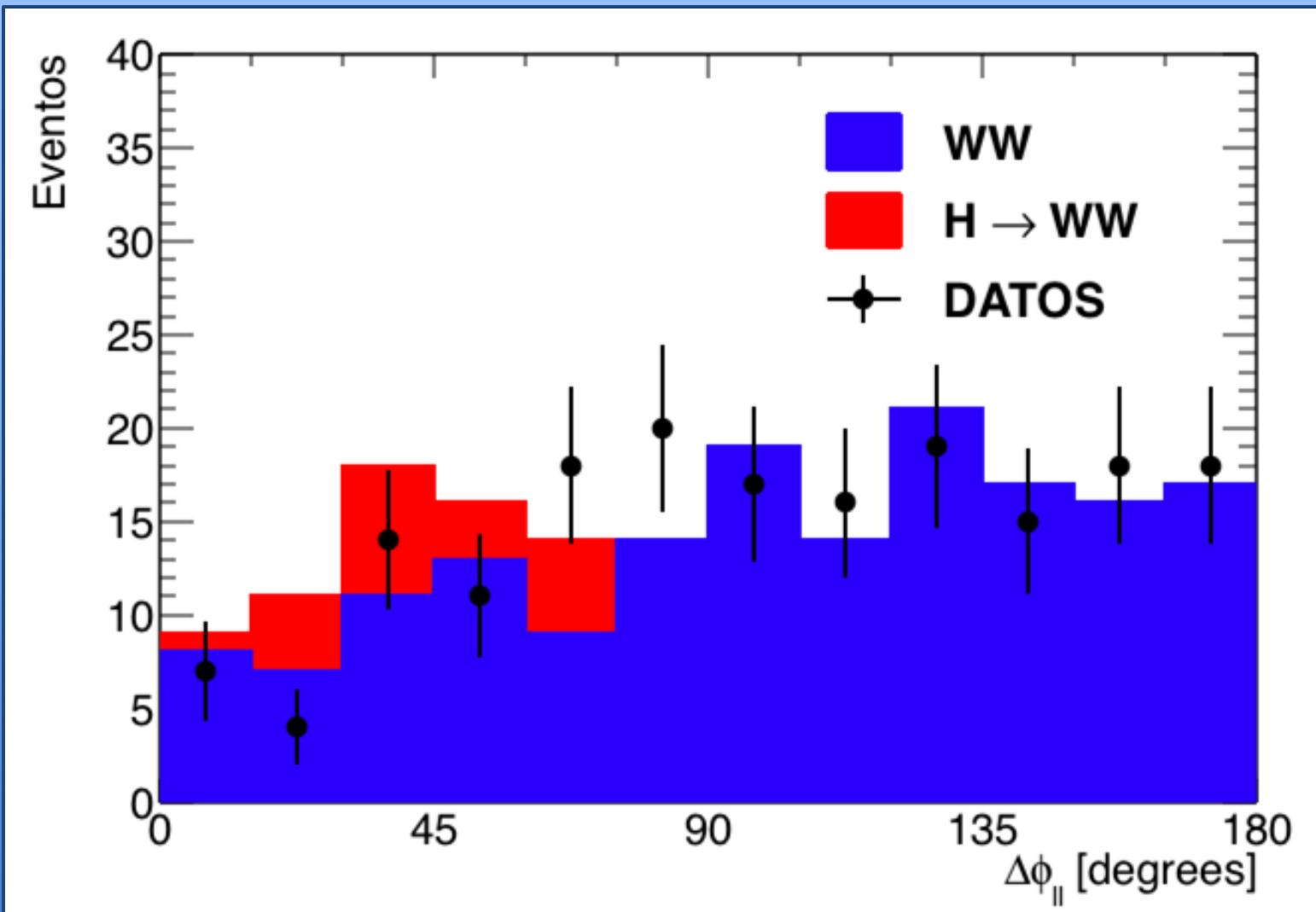
¡no se encuentra nada!



Los datos se parecen más al modelo  
**CON** Higgs

¡descubrimiento!

# Y esto qué?



Necesitamos más datos!

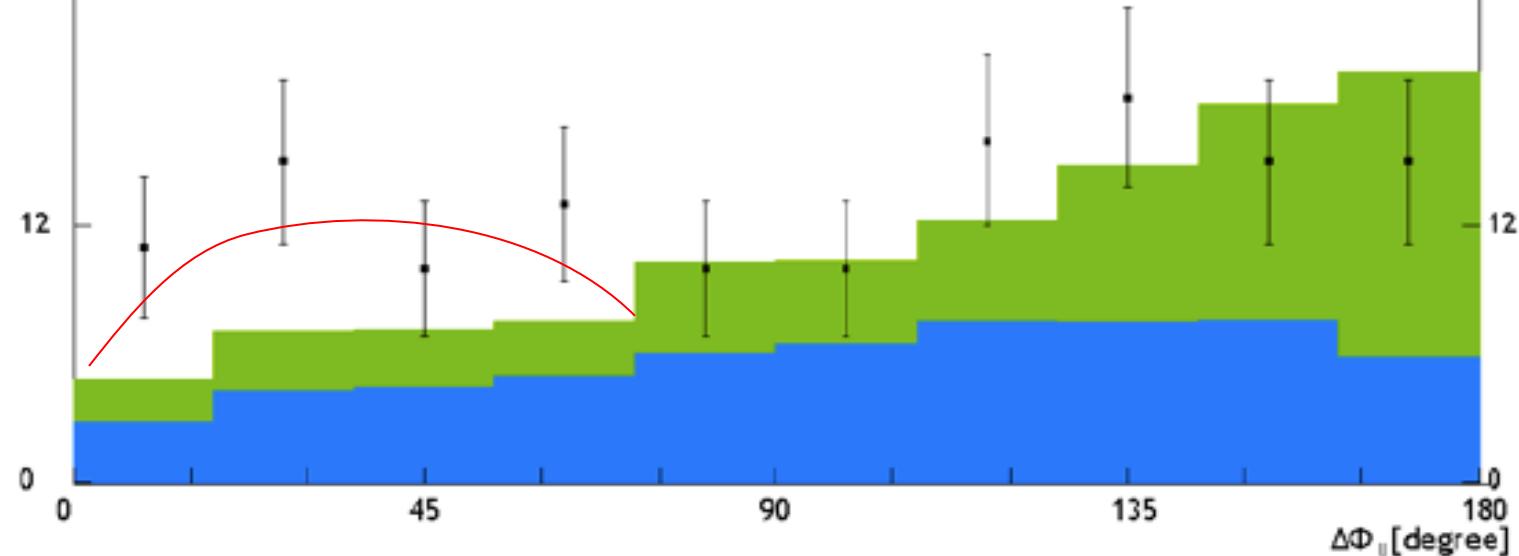
Entries



## Masterclasses 2013 Search for H $\rightarrow$ WW $\rightarrow$ M $\nu$

For Educational Use Only

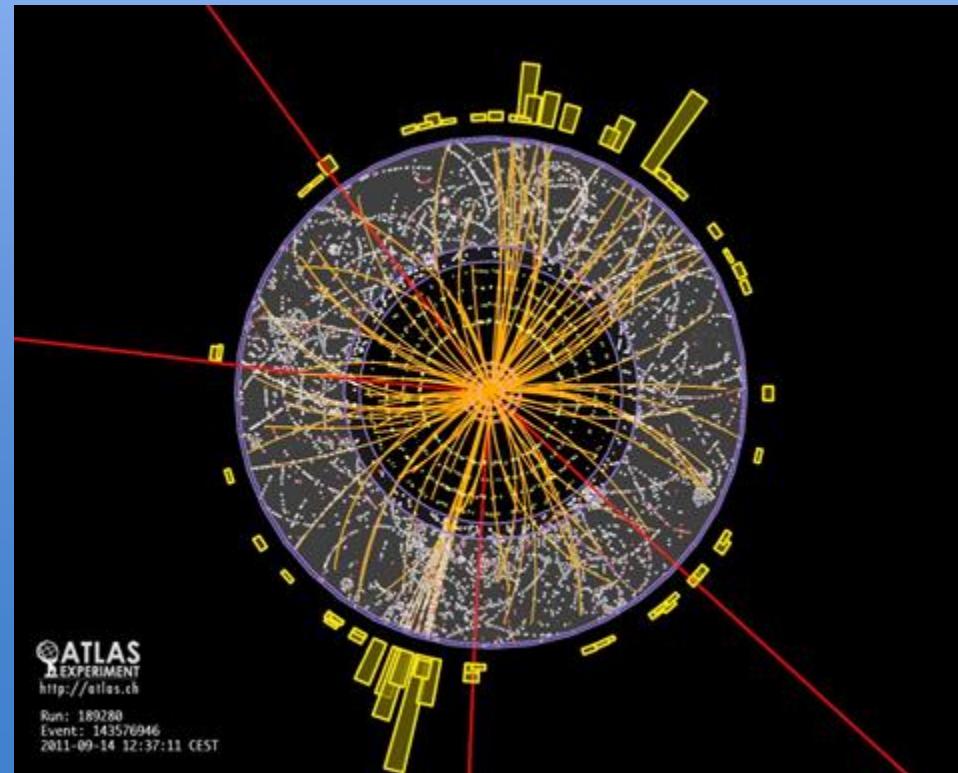
- WW without Higgs
- Expectation for mH=125GeV/c<sup>2</sup>
- Background, e.g. from tt or Z
- Measurement: ATP  
01.22.13

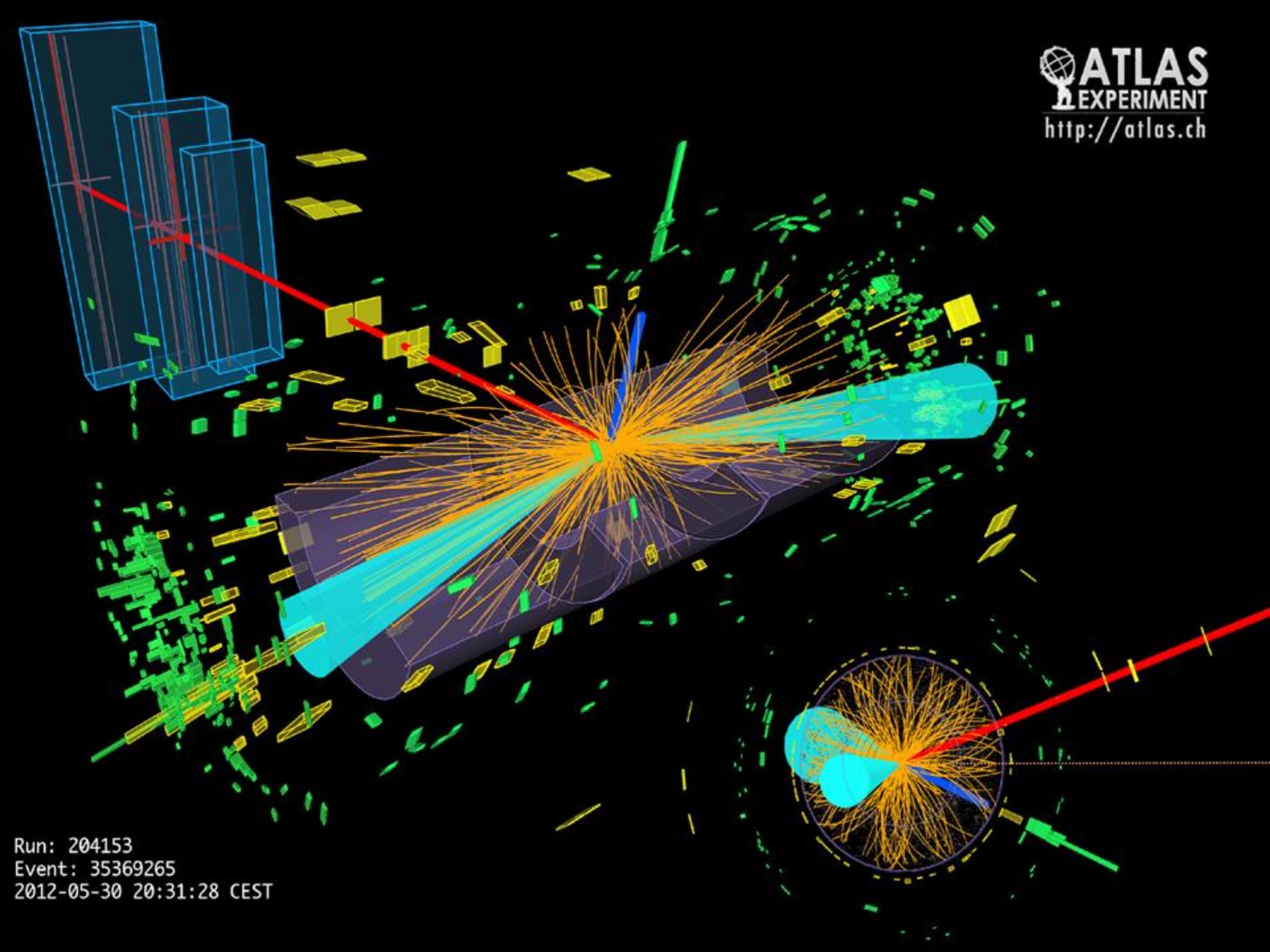


	bin 1	bin 2	bin 3	bin 4	bin 5	bin 6	bin 7	bin 8	bin 9	bin 10	sum
N	11	15	10	13	10	10	16	18	15	15	133
B	4.8	7	7.1	7.5	10.2	10.3	12.2	14.8	17.7	19.3	110.9
S	6.2	8	2.9	5.5	-0.2	-0.3	3.8	3.2	-2.7	-4.3	22.1
Z	2.8	3	1.1	2	-0.1	-0.1	1.1	0.8	-0.7	-1	2.1

# NUESTRO TRABAJO

- **OBJETIVO:**
  - Protón: Contar eventos con un  $W^\pm$  y calcular el ratio  $W^+/W^-$  (debería dar 1.56.....)
  - Higgs: Medir el ángulo entre dos WW
- Usaremos **datos reales** de colisiones, tomados por ATLAS en 2011
- Cada colisión de protones se llama “**evento**”
- El resultado de la colisión puede ser *cualquier cosa*

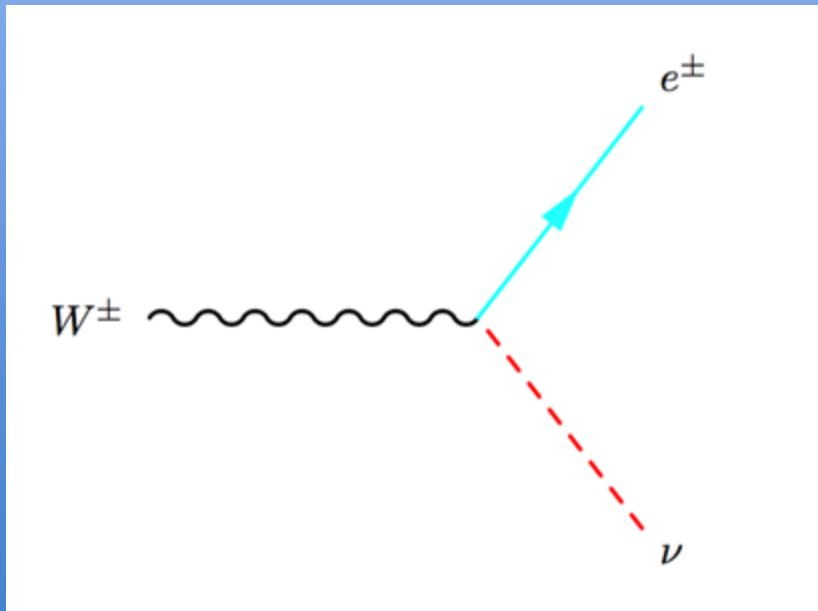




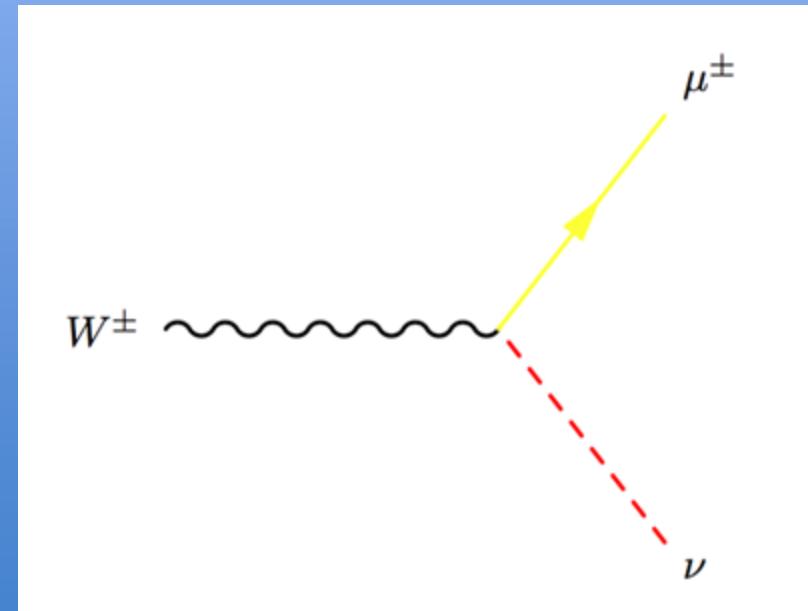
Run: 204153  
Event: 35369265  
2012-05-30 20:31:28 CEST

# Encontrar $W^\pm$

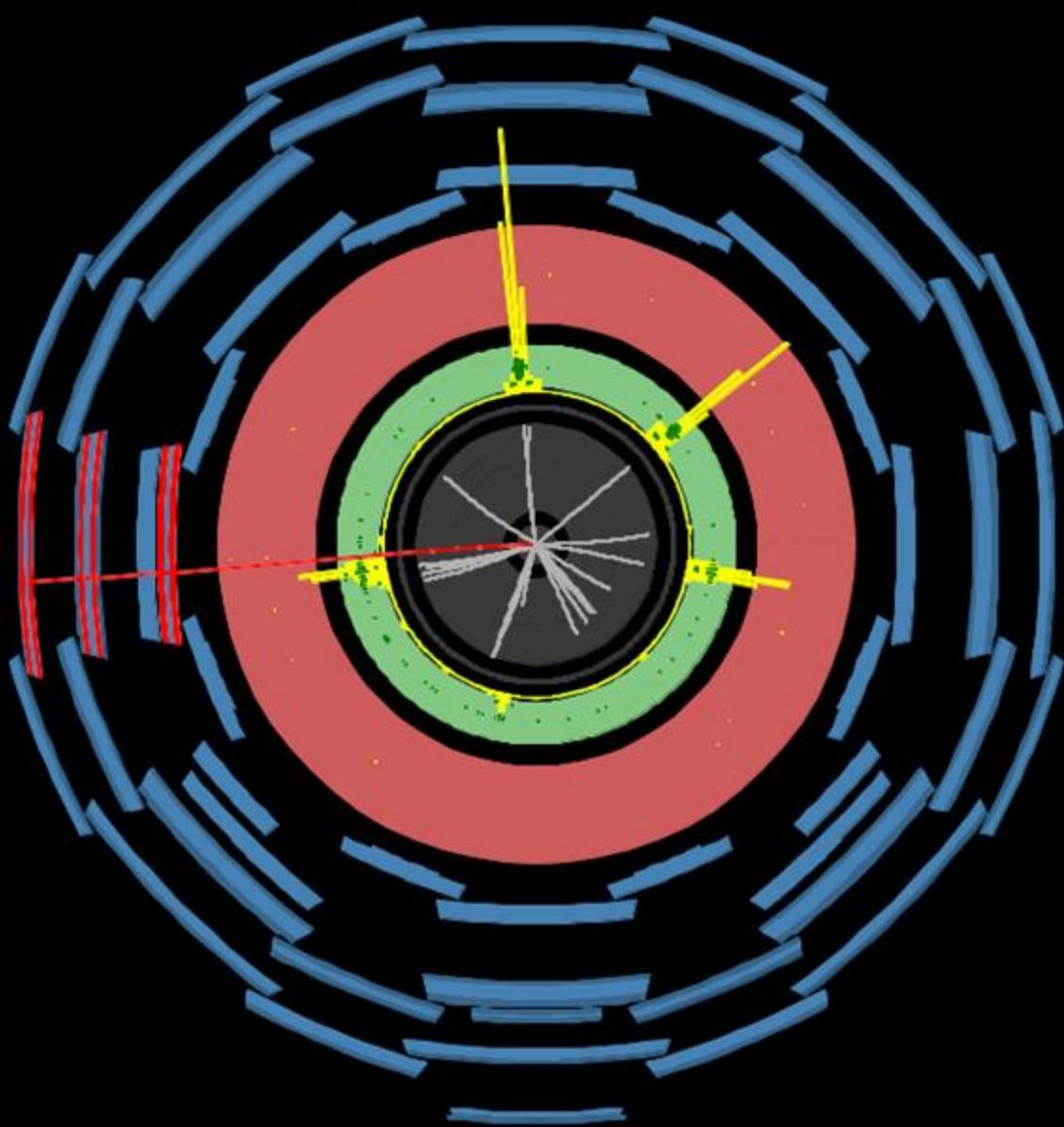
- El  $W^\pm$  no es una partícula estable, decae
  - Buscamos leptones: electrón ( $e$ ) o muón ( $\mu$ ) porque son muy fáciles de ver
  - Los neutrinos NO se ven, son “energía perdida”



$$W^\pm \rightarrow e^\pm$$

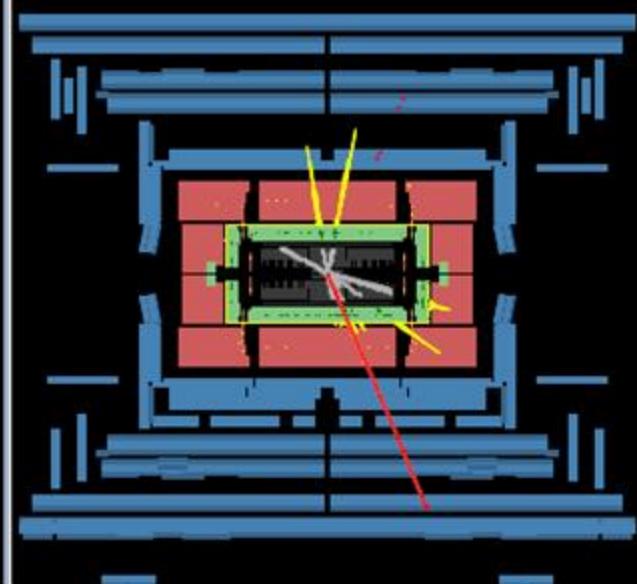


$$W^\pm \rightarrow \mu^\pm$$

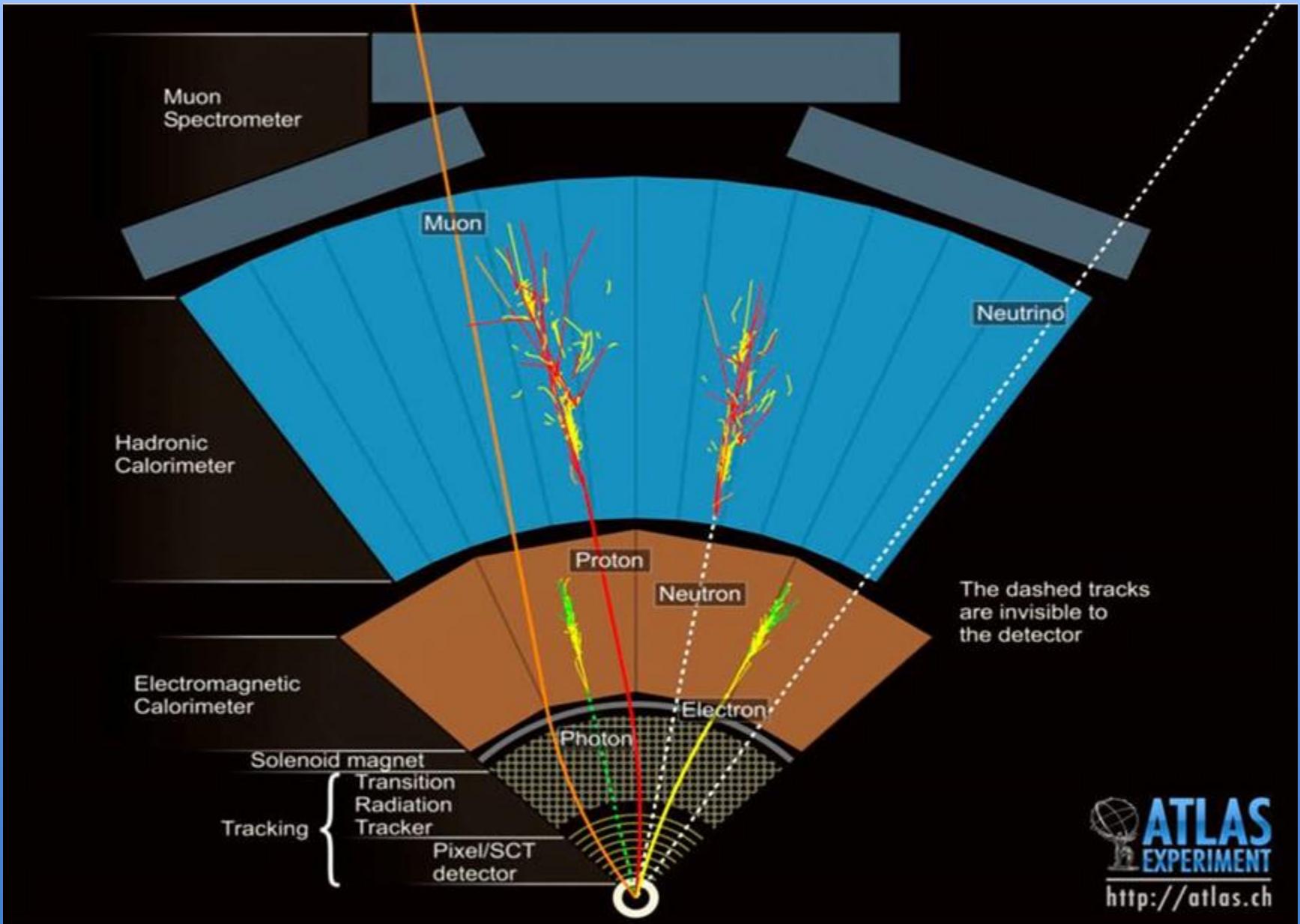


Run Number: 281385, Event Number: 1292162133

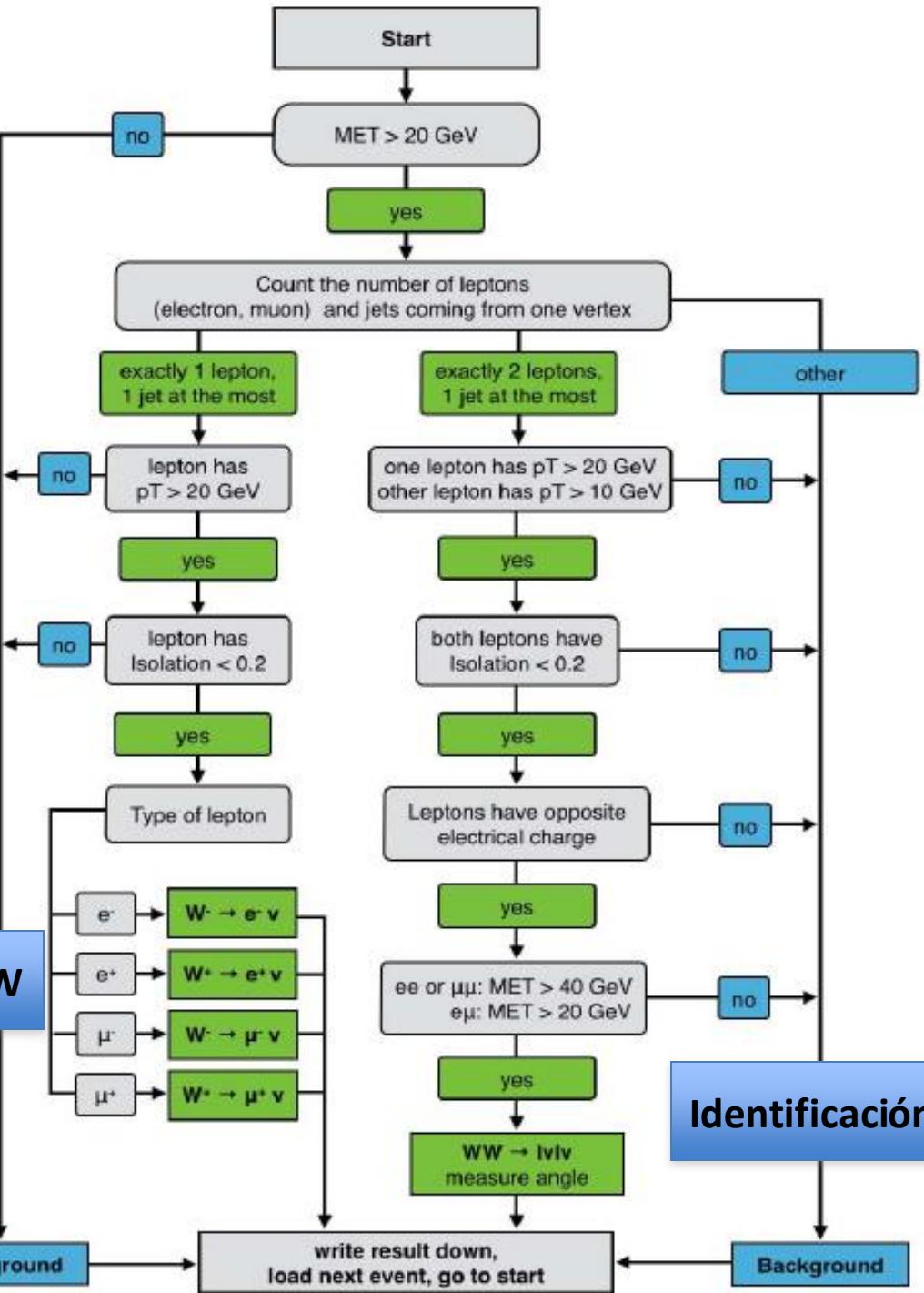
Date: 2015-10-10 20:46:27 CEST



# Identificar partículas



## Esquema general para la identificación de sucesos en los dos análisis

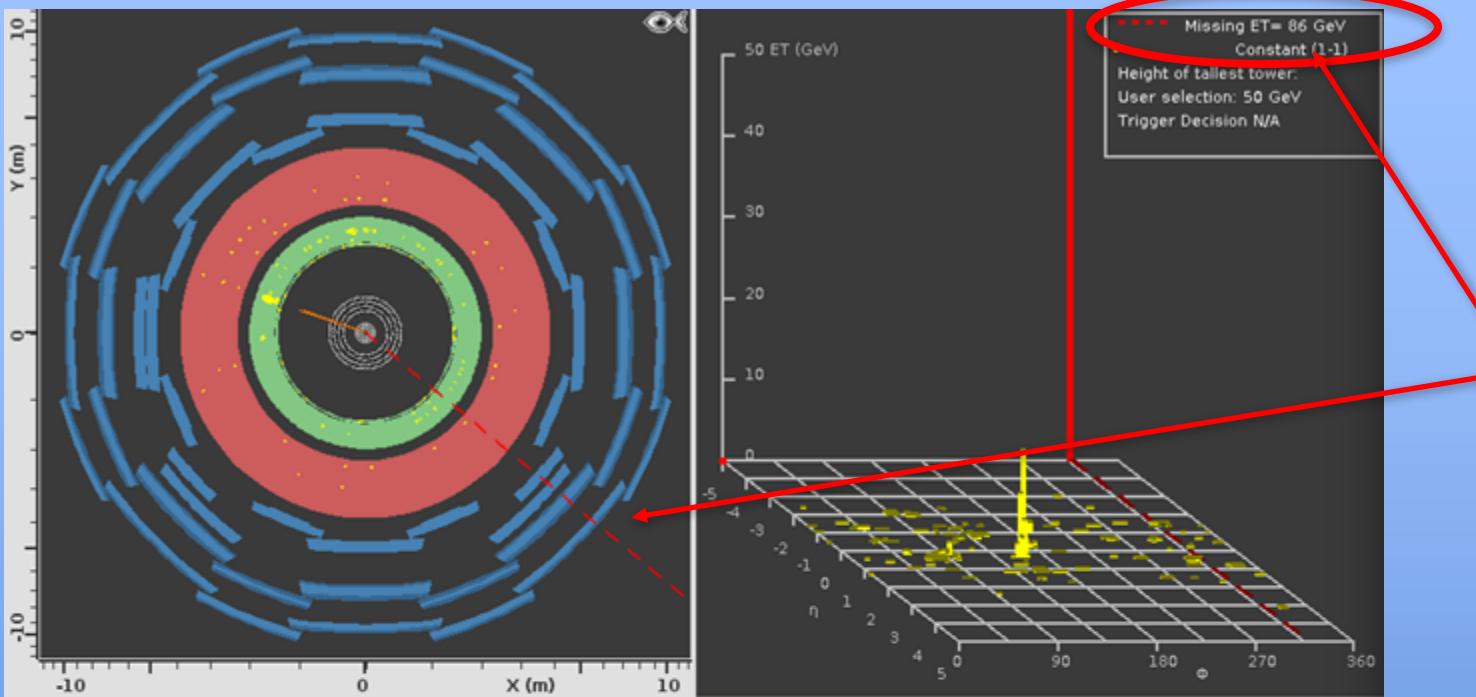


Identificación W

Identificación W+W-

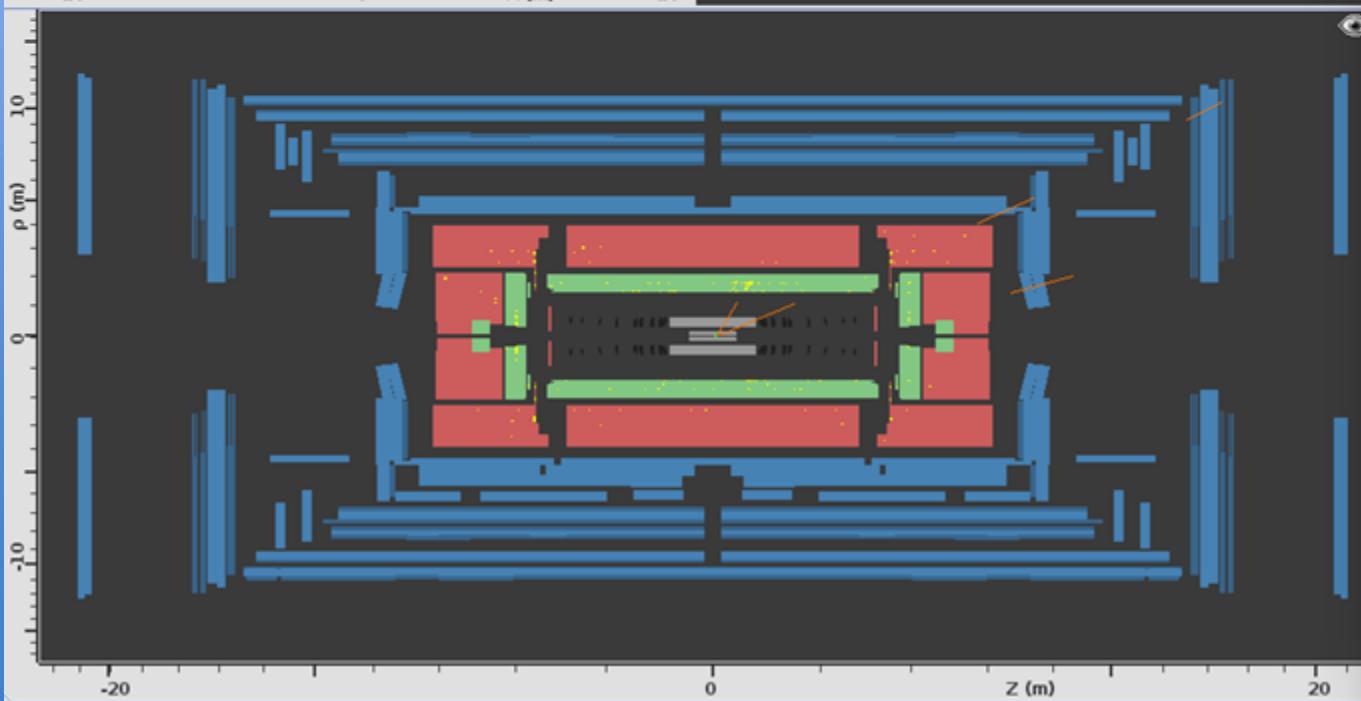
Fondo/Ruido

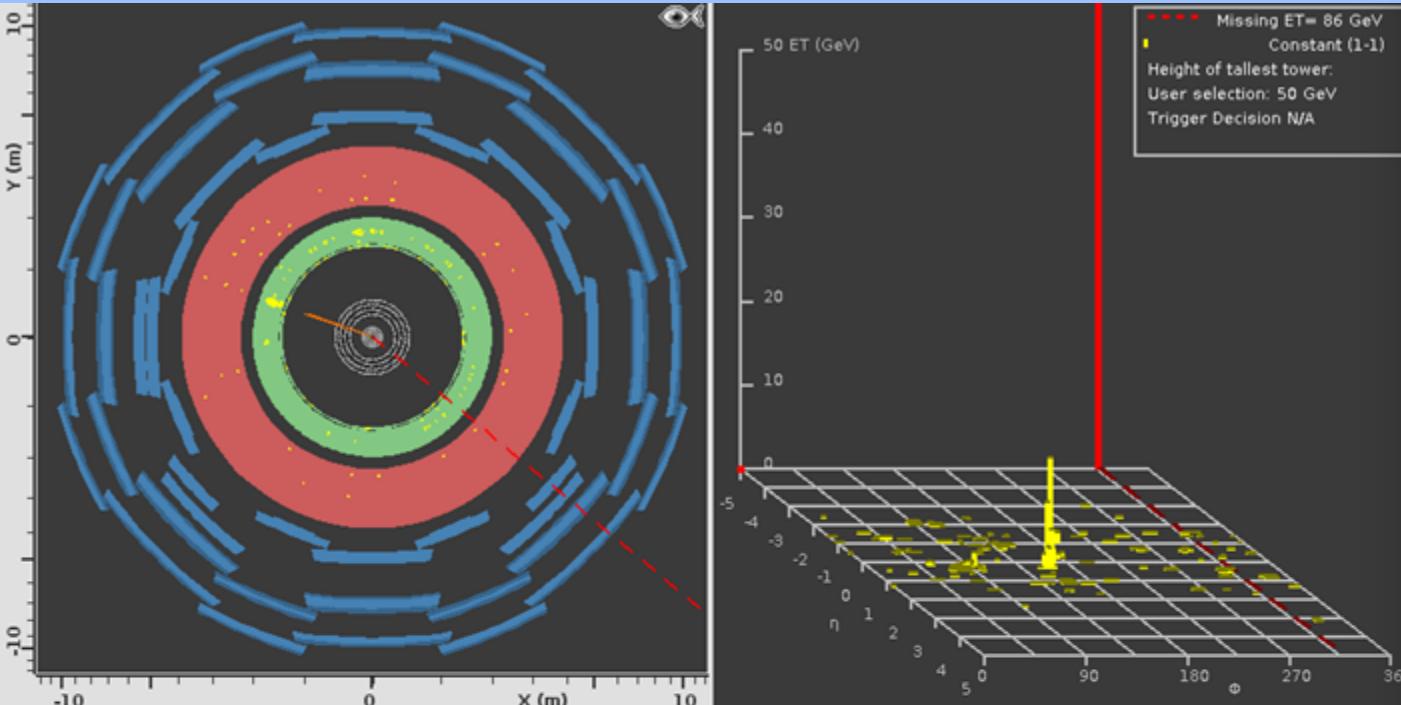
Fondo/Ruido



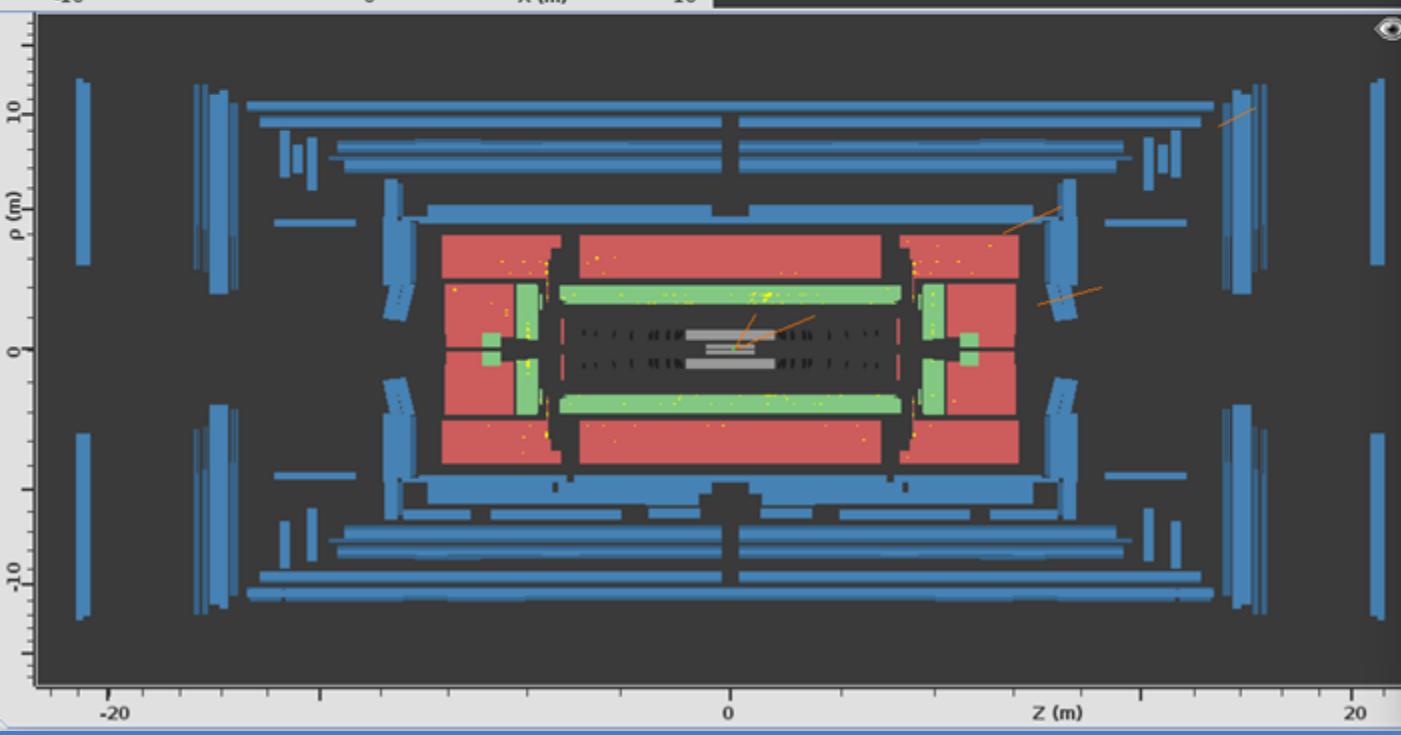
MET

Energía  
perdida  
debida a los  
neutrinos  
( $\nu$ )

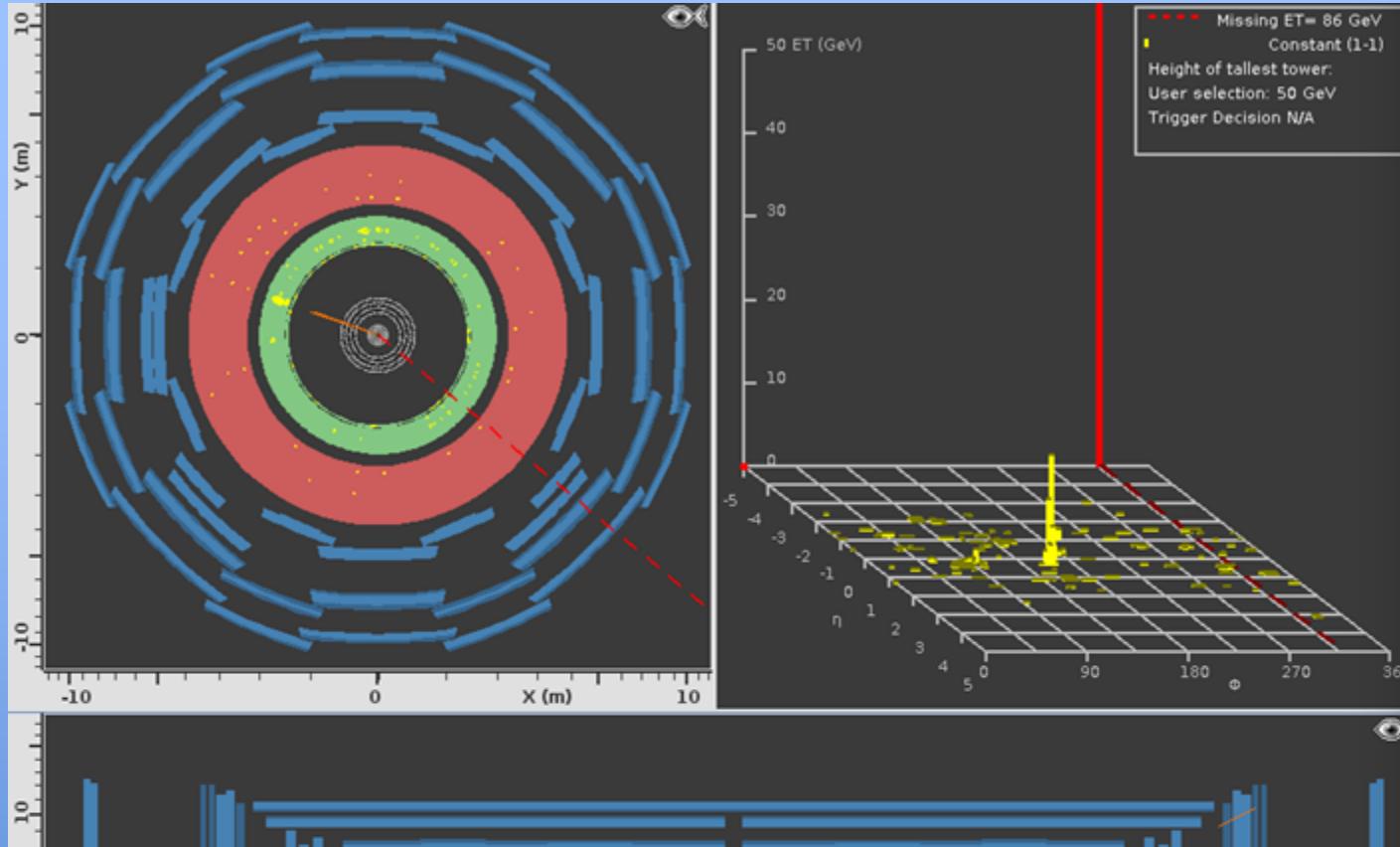




Cuántos  
leptones  
tenemos?



Qué son  
electrones o  
muones?



Traza en el detector interno

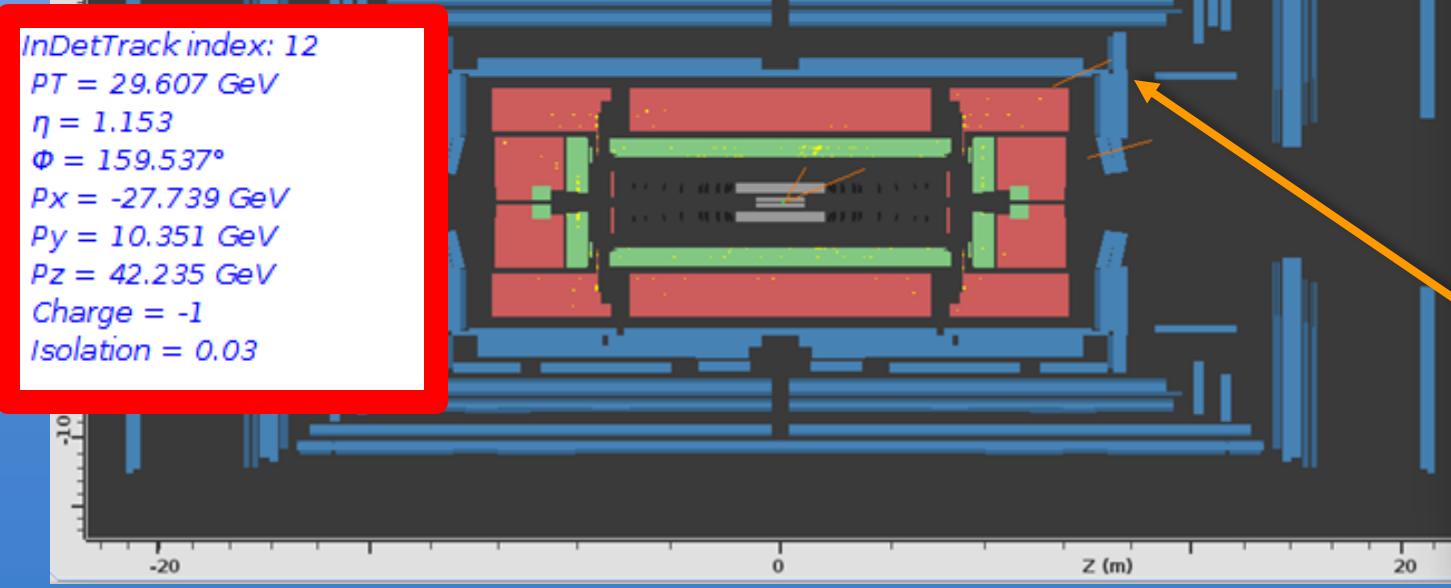
Traza en el detector de muones

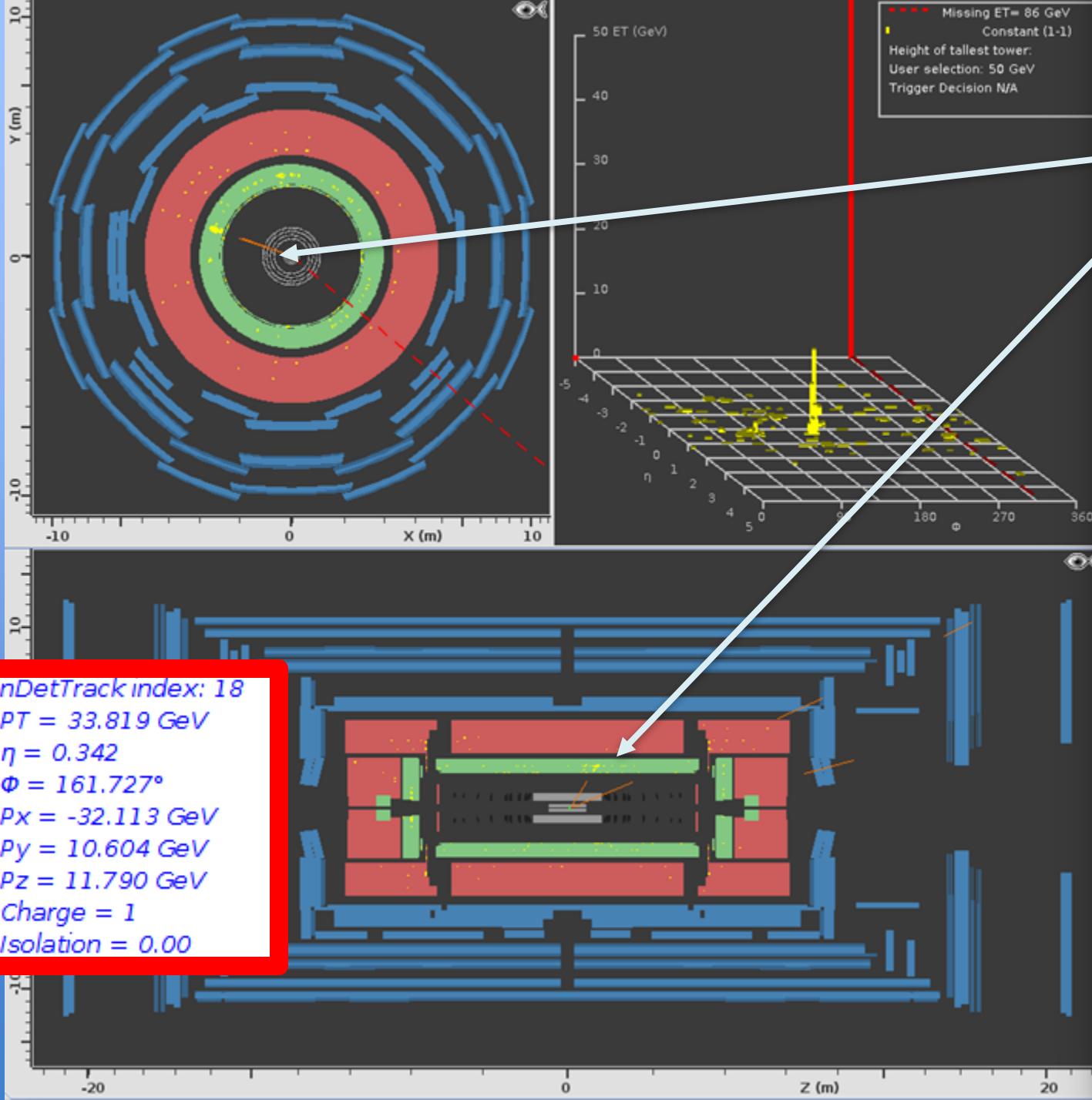
Momento mayor que 10/20 GeV

Carga negativa!

Y encima está aislado!!

$\mu^-$



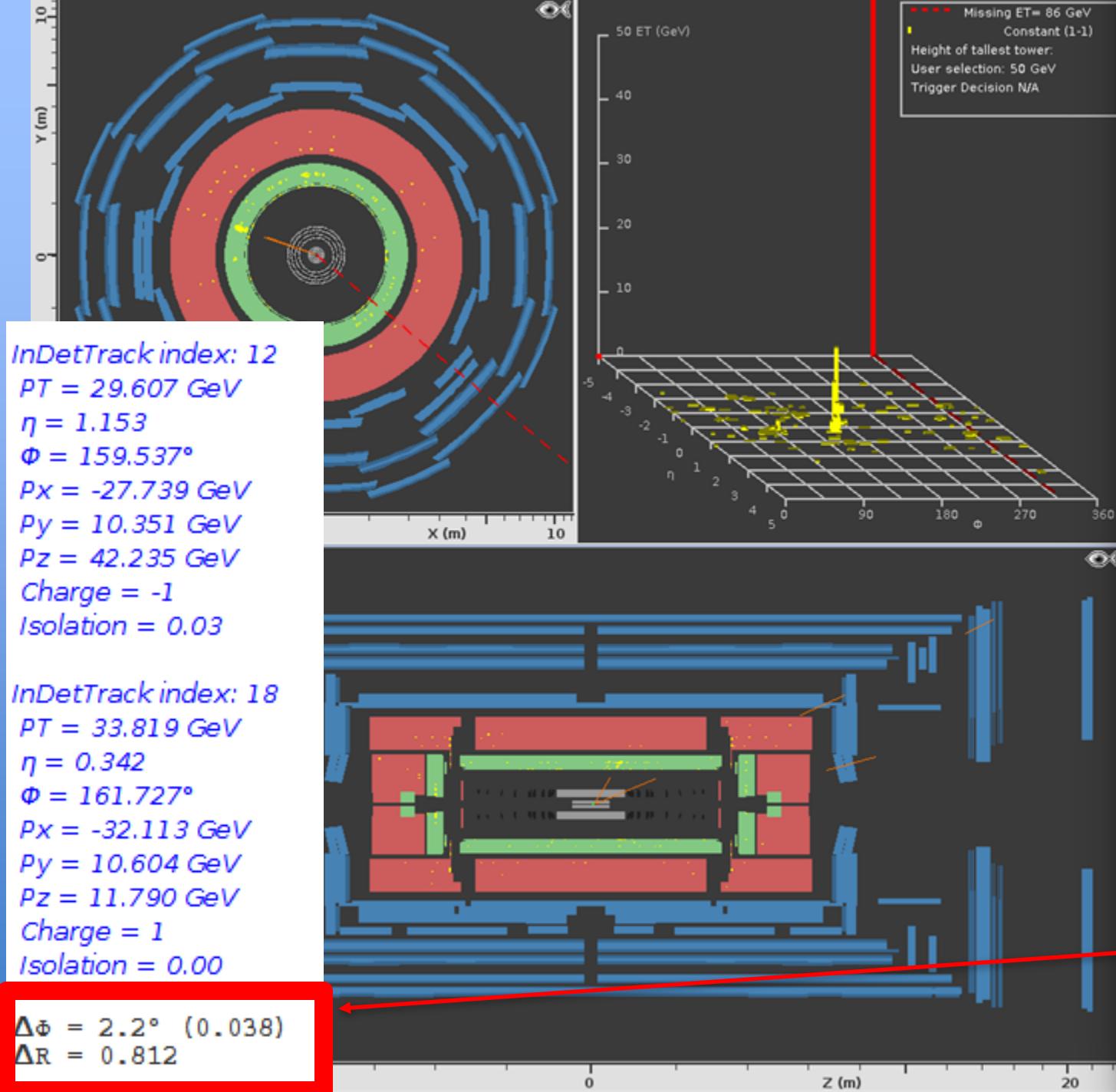


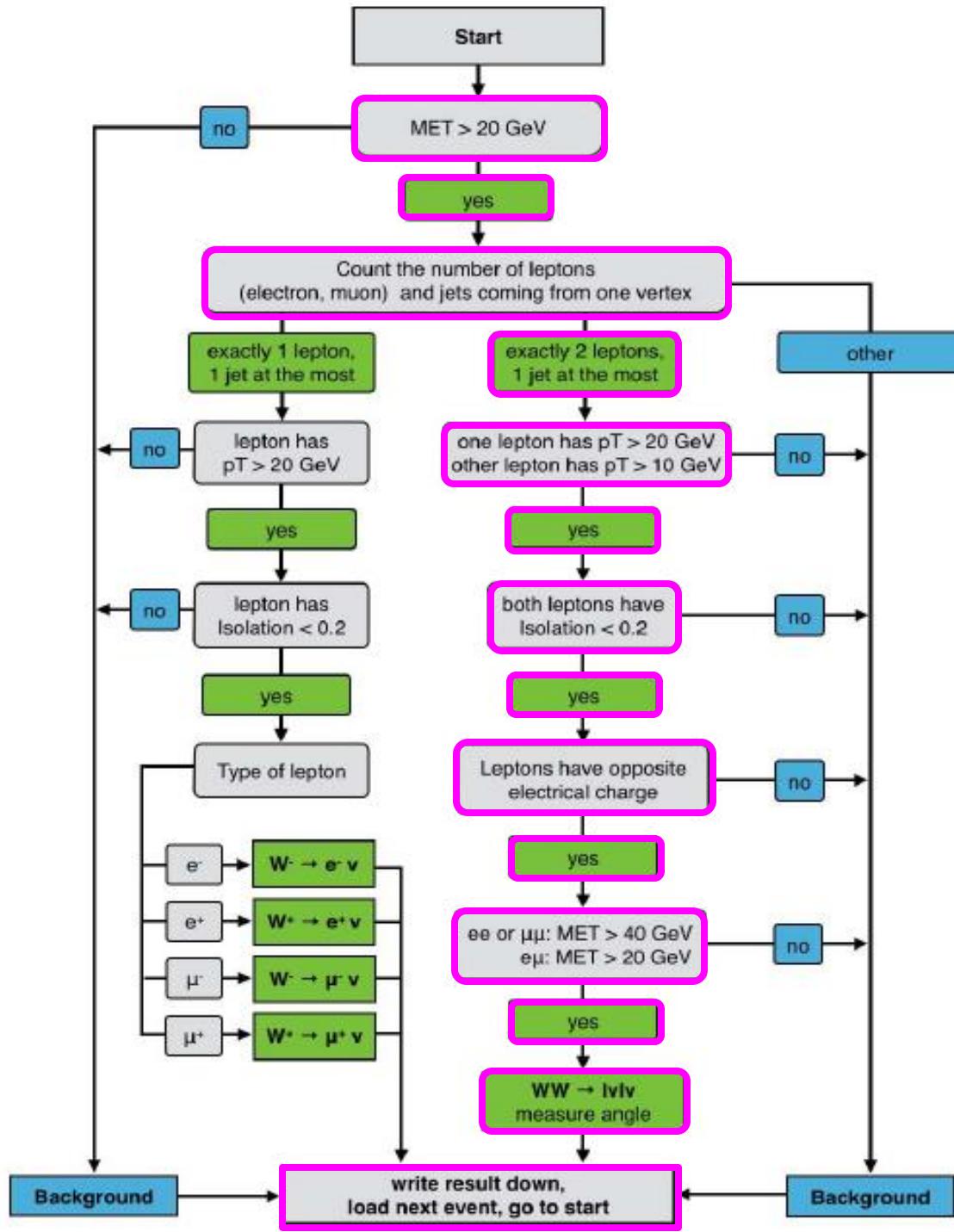
Para saber el ángulo entre los leptones apretar la letra “P” y después click en las trazas del detector interno

TIENE CARGA DISTINTA!!

MEDIR Y APUNTAR EL ÁNGULO

$\Delta\phi(l l)$





# Identificación de partículas

Datos reales de 2011 del detector ATLAS  
([http://atlas.physicsmasterclasses.org/en/wpath\\_data.php](http://atlas.physicsmasterclasses.org/en/wpath_data.php))

- La muestra de datos inicial tiene **2000 sucesos**
- Se divide en **40 submuestras de 50 sucesos** cada una.
- Cada submuestra tiene **un número (5/6) y una letra de la A-T**
- En **vuestra hoja de resultados** aparece la que tenéis asignada!

Valencia números 5 y 6

5 & 6

Bucharest, Mainz, Valencia

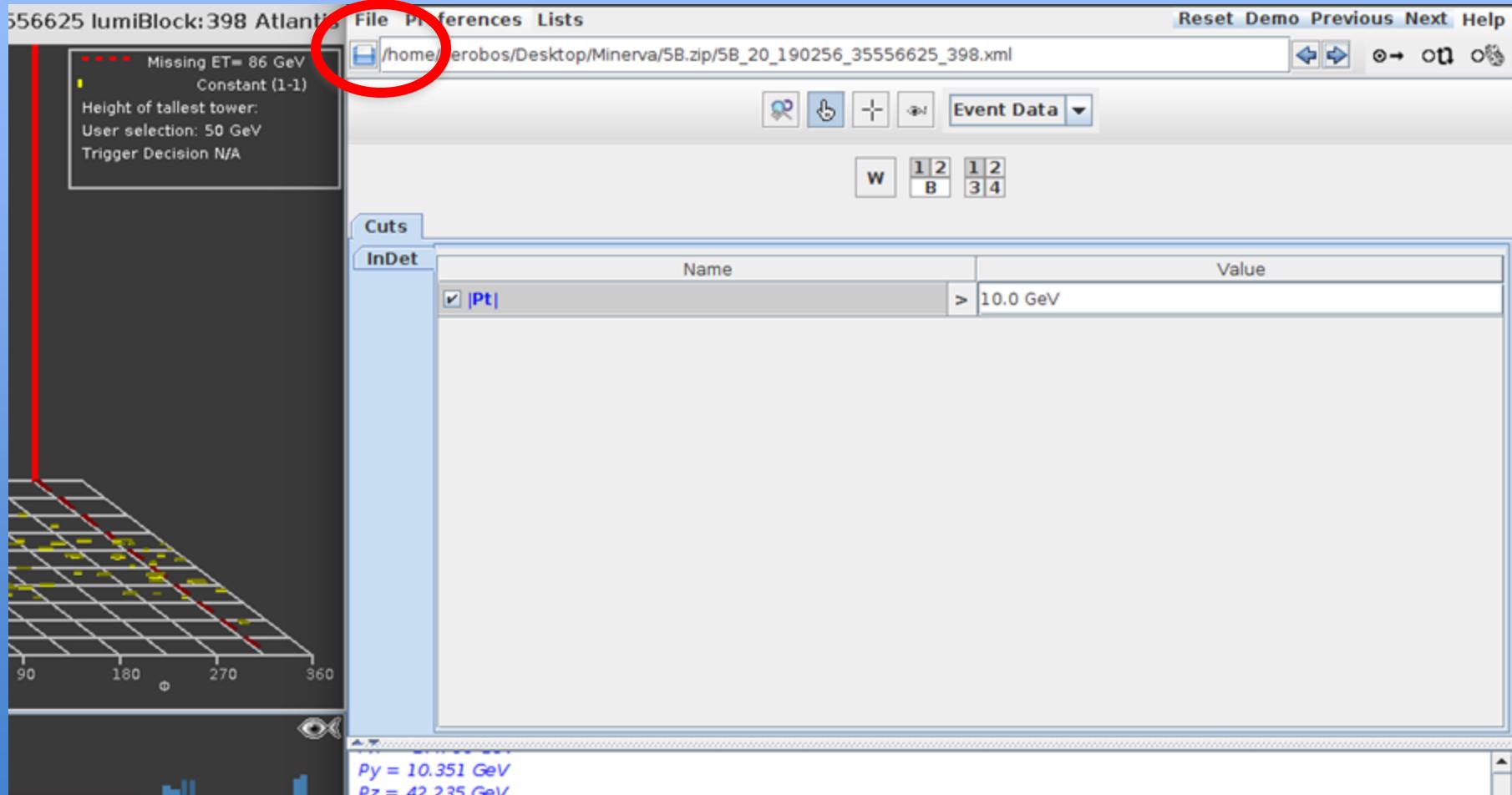
5A	5B	5C	5D	5E	5F	5G	5H	5I	5J
5K	5L	5M	5N	5O	5P	5Q	5R	5S	5T
6A	6B	6C	6D	6E	6F	6G	6H	6I	6J
6K	6L	6M	6N	6O	6P	6Q	6R	6S	6T

Tue, Mar 25
VC 1: ATLAS W
16:00 CET
Martin
Matt
Kutaisi 
Rome Tre 
Valencia 
Bern 
Dresden 
Bonn 

# Buscamos nuestros datos

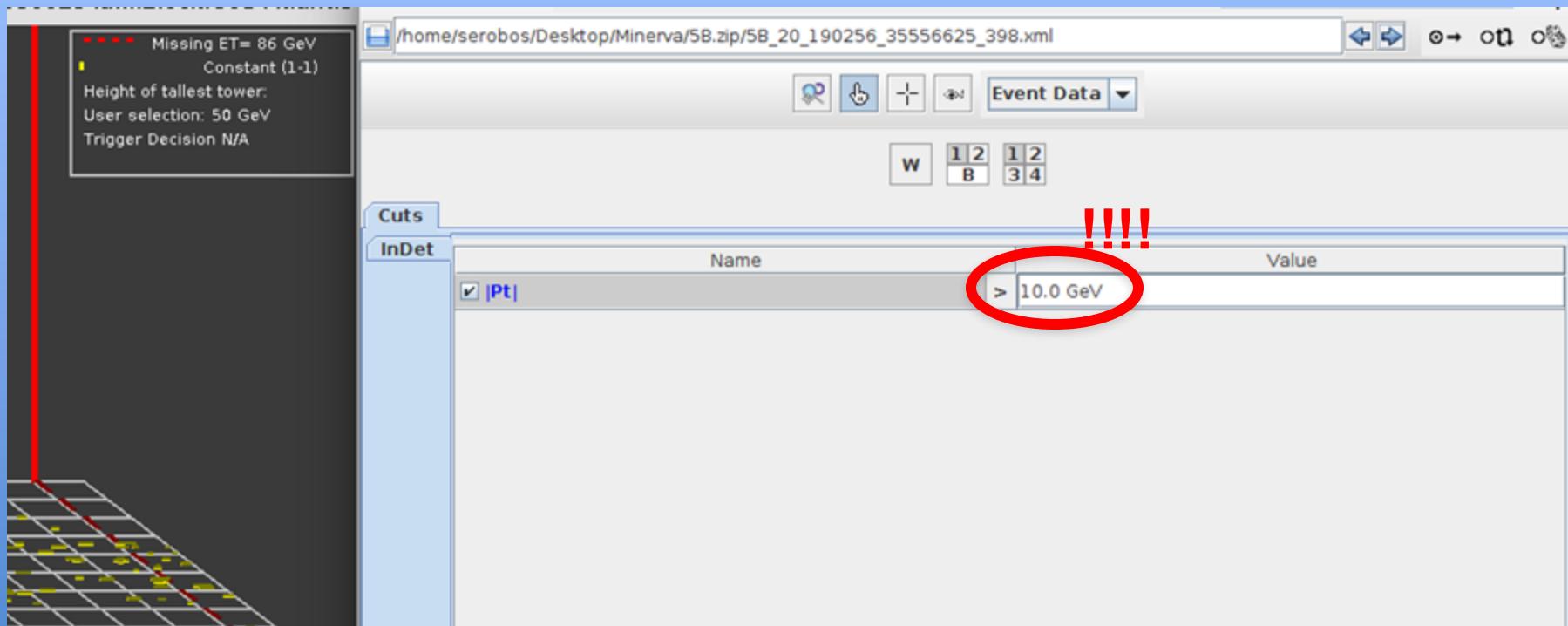
File ---• ReadEventLocally ---• cargar el fichero .zip correspondiente

!!!!



# Visualizador de Sucesos HYPATIA

Lanza el programa MINERVA desde tu PC directamente  
(inicio) c:\programa\minerva2016\Minerva



Configuración inicial  
en Cuts -> poner  $|P_t| > 10 \text{ GeV}$

(quitamos partículas poco energéticas)

# Tenemos que rellenar

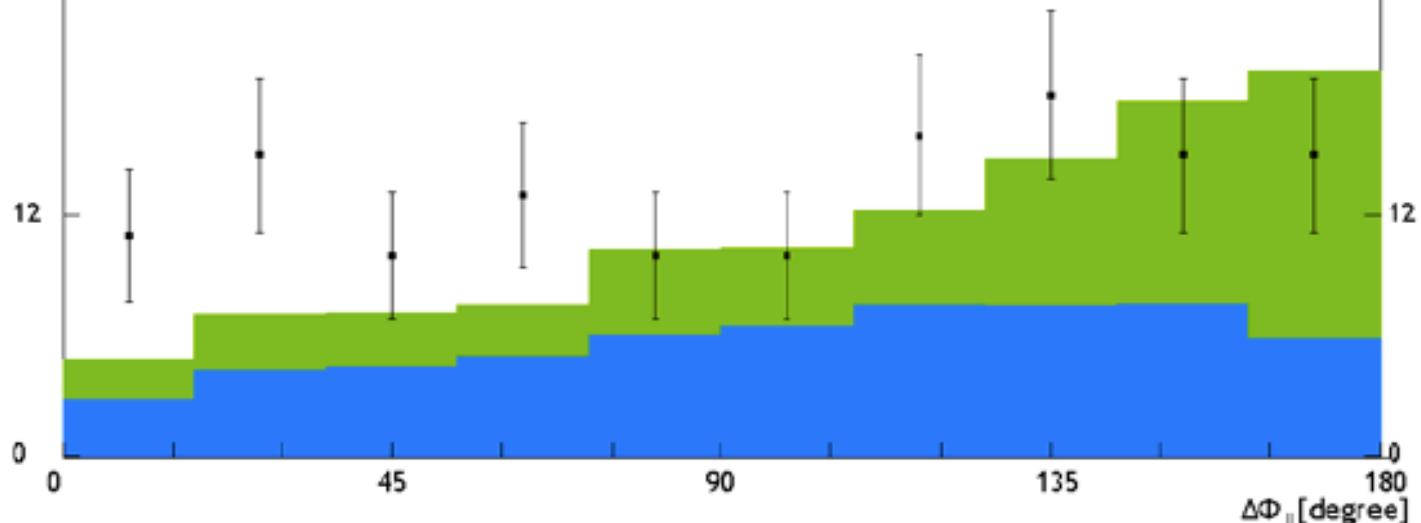
Entries



# Masterclasses 2013 Search for H $\rightarrow$ WW $\rightarrow$ lllv

## For Educational Use Only

- █ WW without Higgs
- █ Expectation for mH=125GeV/c<sup>2</sup>
- █ Background, e.g. from tt or Z
- Measurement: ATLAS  
01.22.13



	bin 1	bin 2	bin 3	bin 4	bin 5	bin 6	bin 7	bin 8	bin 9	bin 10	sum
N	11	15	10	13	10	10	16	18	15	15	133
B	4.8	7	7.1	7.5	10.2	10.3	12.2	14.8	17.7	19.3	110.9
S	6.2	8	2.9	5.5	-0.2	-0.3	3.8	3.2	-2.7	-4.3	22.1
Z	2.8	3	1.1	2	-0.1	-0.1	1.1	0.8	-0.7	-1	2.1

N:  
Mis medidas  
(DATOS)

B:  
Fondo según  
modelo teórico

S:  
Diferencia mis  
medidas y el  
fondo

Z:  
Significancia  
Estadística

number of bins [1 ... 20]

maximum of y axis

**Submit****Default**

standardization

1  2  3 

cut on bin number

Higgs contribution

# Instrucciones/Resumen

- Con el programa ATLANTIS abierto leer los datos de Valencia:

**File ---• ReadEventLocally ---• cargar el fichero .zip correspondiente**

**Que el fichero .zip está en  
c://programas/MasterclassIFIC/Hypatia/datos/el número y letra  
correspondiente que son 5 y 6.**