

INSTITUTO DE FÍSICA CORPUSCULAR

Centro mixto U. de València (Estudi General) - CSIC

DEPARTAMENT DE FÍSICA ATÒMICA, MOLECULAR I NUCLEAR



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA



CSIC

Estudio de resonancias exóticas en el experimento ATLAS utilizando una infraestructura con tecnologías GRID a partir de un prototipo de *TIER-3* para el IFIC

Dirigido por:

Dr. José F. Salt Cairols

Dr. Santiago González de la Hoz

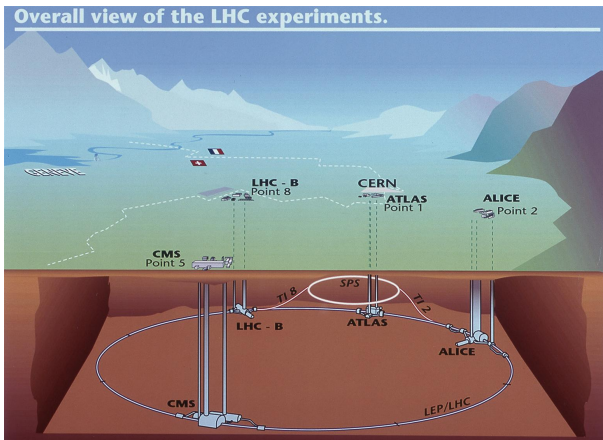
TESIS DE MÁSTER EN FÍSICA AVANZADA

Miguel Villaplana Pérez

Índice

- LHC y ATLAS
- Modelo de Computación de ATLAS
- Modelo Twin Higgs
- Producción de Datos
- Estudio del canal $W_H(1\text{ TeV}/c^2) \rightarrow Tb$
- Conclusiones

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)



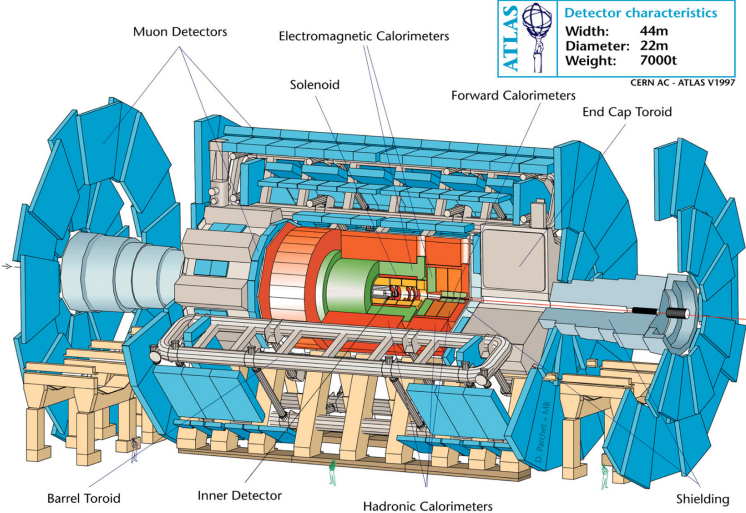
Tiene 27 Km de perímetro.

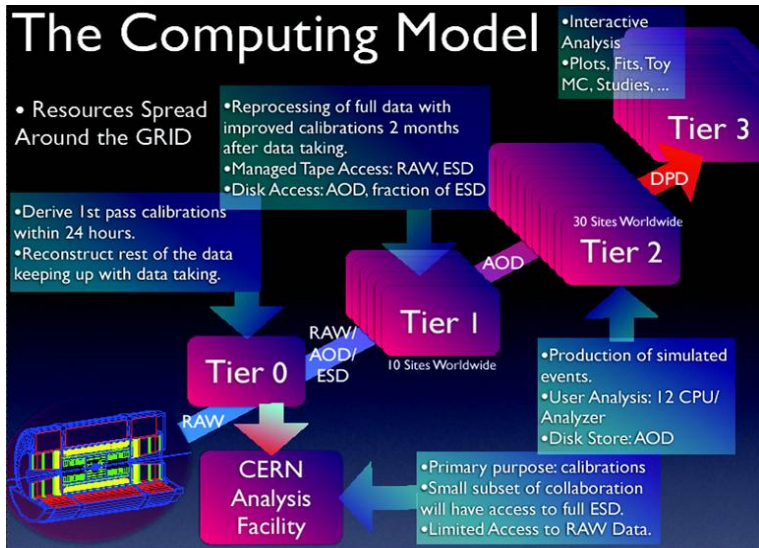
Funciona a $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Colisiones de protones de 14 TeV en centro de masas.

Experimentos: ATLAS, CMS, LHCb y ALICE.

Experimento ATLAS





Problemas en el Modelo Estándar: Jerarquía de Masas

- Masa del Higgs debe estar entre 114 y 185 GeV.
- Se estima que el *cutoff* debe ser al menos del orden de 5-10 TeV (“datos de LEP”). Esto puede sugerir que la escala de nueva física debe ser mayor que 5 TeV.

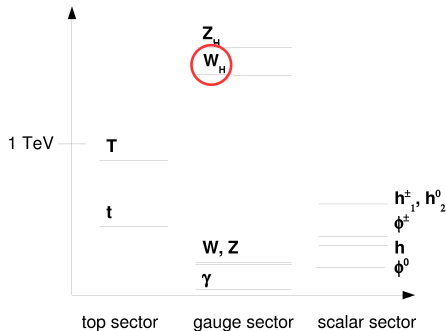
Problema Correcciones radiativas de escalas de orden 5 TeV generan un Higgs con una masa mucho mayor que 200 GeV.

$$V(h) = \frac{1}{2}m_H h^2 + \lambda h^4 + \dots + O(\Lambda^2)h^2 + \text{Counterterms}$$

- Los “contratérminos” tienen que ajustarse con gran precisión para mantener pequeña la masa del Higgs. (*Fine Tuning*)

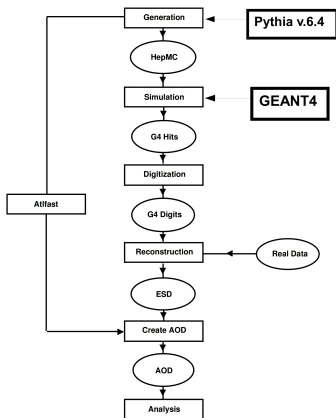
Twin Higgs

- La simetría *Left-Right Twin* añade nuevos términos al Lagrangiano.
- Esto es suficiente para eliminar las divergencias cuadráticas (a un *loop*) a la masa del Higgs.



En el modelo Twin Higgs la masa es el único parámetro libre. De ente sus predicciones destacan bosones gauge de $SU(2)_R$, vector-like quarks y un candidato natural a materia oscura (h_2^0).

Producción de datos



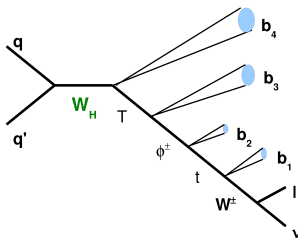
- Fondo $t\bar{t}$ → producción oficial almacenada en *Tier-2* IFIC (600.000 sucesos)
- Señal ($W_H(1\text{ TeV}/c^2) \rightarrow T_b$) → **No existe producción oficial**
- Producimos muestra propia (20.000 sucesos) con software de ATLAS (Athena v.12.0.6) y la **simulación completa del detector**

Pentium 4 a 3.2 GHz equivale a 1.276 kSI2k

Proceso	Potencia de CPU (kSI2k)	Eventos por fichero	Tamaño por fichero (MB)	Número de ficheros	Tamaño total (GB)
Generación	-	5000	212	4	0.848
Simulación	1400	50	90	400	36
Digitalización	21	50	120	400	48
Reconstrucción (ESD)	160	250	850	80	68
Reconstrucción (AOD)	6	250	120	80	9.6
Reconstrucción (DPD)	-	250	40	80	3.2

Estudio del canal $W_H(1 \text{ TeV}/c^2) \rightarrow Tb$

$4b + l + E_T^{\text{Miss}}$ no aparece en *Little Higgs*



Partícula	Masa (GeV)	Desintegración	BR
W_H	1000	$T_H b$	20 %
T_H	500	$\phi^\pm b$	80 %
ϕ^\pm	200	tb	100 %
t	175	$W^\pm b$	100 %
W^\pm	80	$l\nu$	21 %

- $l + \nu \rightarrow W^\pm$
 - ▶ $p_Z^\nu // p_Z^l$ para reconstruir W^\pm .
 - ▶ $p_T^l > 25 \text{ GeV}/c$
 - ▶ $E_T^{\text{miss}} > 25 \text{ GeV}/c$.
 - ▶ $p_T^{W^\pm} > 25 \text{ GeV}/c$.
- $W^\pm + b \rightarrow t$
 - ▶ $p_T^{\text{jet}} > 25 \text{ GeV}/c$.
- $t + b \rightarrow \phi^\pm$
 - ▶ $p_T^{\text{jet}} > 25 \text{ GeV}/c$.
- $\phi^\pm + b \rightarrow T_H$
 - ▶ $p_T^{\text{jet}} > 100 \text{ GeV}/c$.
 - ▶ $p_T^{T_H} > 150 \text{ GeV}/c$
- $T_H + b \rightarrow W_H$
 - ▶ $p_T^{\text{jet}} > 150 \text{ GeV}/c$.
- En todos los casos $|\eta| < 2,5$

“Update on the Left-Right twin higgs model”, S. González de la Hoz, L. March, E. Ros, M. Vos, 10 de Octubre de 2007

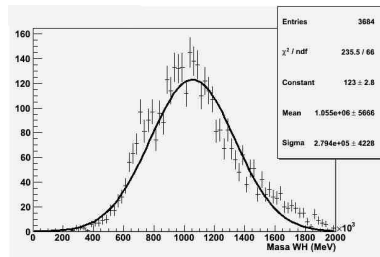
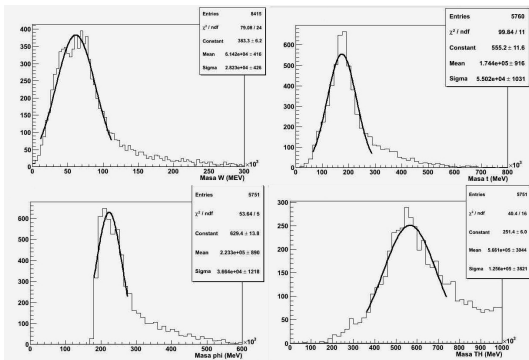
Reconstrucción de la masa invariante del bosón W_H .

Tratamiento de jets

- Aplicamos el factor de recalibración a los *jets* con $p_T < 500 \text{ GeV}/c$.
- El p_T del *jet* recalibrado debe ser $> 25 \text{ GeV}/c$.
- La *pseudorapidity* ($-2,5 < \eta < 2,5$).
- En la identificación de *b-jets* (*b-tagging*) se combinan tres métodos.
 - ▶ La función *weight()* utiliza un algoritmo basado en el **parámetro de impacto en 3D** combinado con información sobre el **vértice secundario**.
 - ▶ La función *jetTruthLabel()* recupera información sobre *jets* a nivel de generación (*Monte Carlo*)
 - ▶ Se compara la dirección de los *jets* con la de los *jets* generados (antes de atravesar el detector) y se exige compatibilidad entre ambos.
- El *jet* con mayor p_T se reserva para la reconstrucción de W_H .
- No se permite que un *jet* se use en la reconstrucción de más de una partícula.

Reconstrucción de la masa invariante del bosón W_H .

Estudio con la simulación completa del detector



Masa reconstruida y anchura:

$$m = 1,055 \times 10^6 \text{ MeV}/c^2$$

$$\sigma = 2,794 \times 10^5 \text{ MeV}/c^2$$

Masa reconstruida y anchura (Estudio anterior):

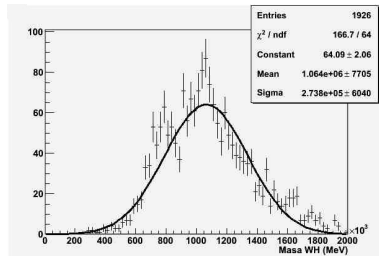
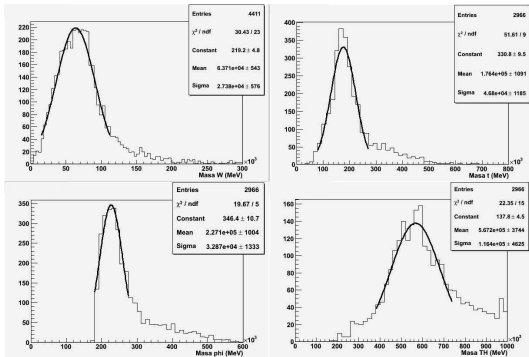
$$m = 0,998 \times 10^6 \text{ MeV}/c^2$$

$$\sigma = 1,200 \times 10^5 \text{ MeV}/c^2$$

Partícula	Masa (MeV)	σ (MeV)	Aceptancia
W^\pm	$6,142 \times 10^4 \pm 416$	$2,823 \times 10^4 \pm 426$	0,96061
t	$1,744 \times 10^5 \pm 916$	$5,502 \times 10^4 \pm 1031$	0,99843
ϕ^\pm	$2,233 \times 10^5 \pm 890$	$3,664 \times 10^4 \pm 1218$	1,00000
T_H	$5,661 \times 10^5 \pm 3044$	$1,256 \times 10^5 \pm 3821$	0,78038
W_H	$1,055 \times 10^6 \pm 5666$	$2,794 \times 10^5 \pm 4228$	—

Reconstrucción de la masa invariante del bosón W_H .

Estudio con Atlfast



Partícula	Masa (MeV)	σ (MeV)	Aceptancia
W^\pm	$6,371 \times 10^4 \pm 543$	$2,738 \times 10^4 \pm 576$	0,96205
t	$1,764 \times 10^5 \pm 1091$	$4,680 \times 10^4 \pm 1185$	1,00000
ϕ^\pm	$2,271 \times 10^5 \pm 1004$	$3,287 \times 10^4 \pm 1333$	1,00000
T_H	$5,672 \times 10^5 \pm 3744$	$1,164 \times 10^5 \pm 4625$	0,77781
W_H	$1,064 \times 10^6 \pm 7705$	$2,738 \times 10^5 \pm 6040$	—

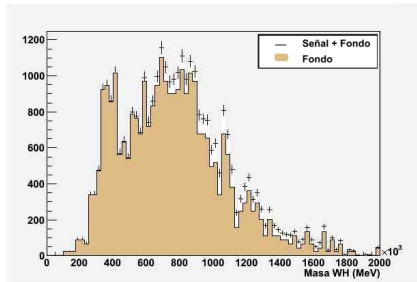
Masa reconstruida y anchura:

$$m = 1,064 \times 10^6 \text{ MeV}/c^2$$

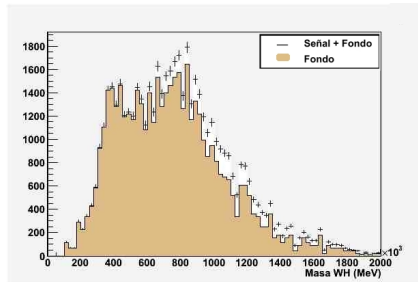
$$\sigma = 2,738 \times 10^5 \text{ MeV}/c^2$$

Potencial de descubrimiento en ATLAS

Atlfast



Simulación Completa



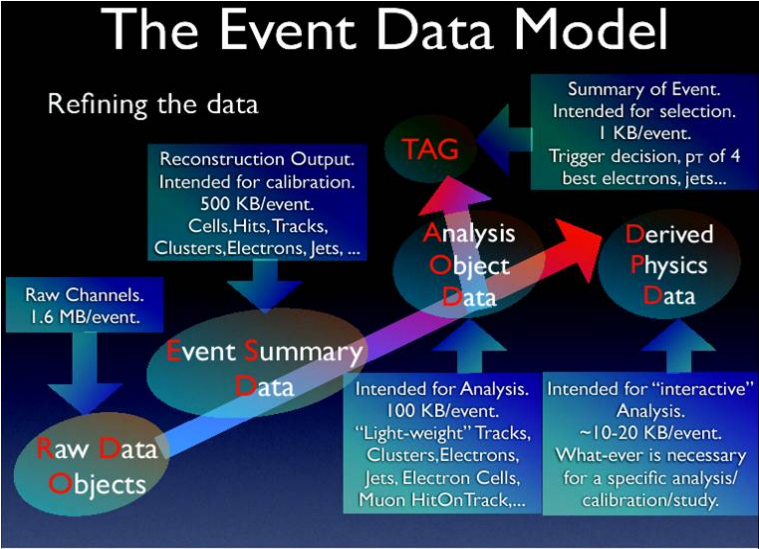
Señal y fondo normalizados a 3 años a baja luminosidad ($30fb^{-1}$)

Simulación	N_{sig}	N_{bk}	$N_{sig}/\sqrt{N_{bk}}$
Atlfast	1852	12323	17
Completa	3589	20118	25

Conclusiones y expectativas de futuro.

- Seguimos trabajando en entender el resultado obtenido con Atlfast.
- Con el análisis hecho con la simulación completa del detector obtenemos una significancia de 25. Pensamos que un estudio en profundidad de los cortes y una mejora en la identificación de *b-jets* debería dar una significancia superior a la obtenida en estudios anteriores (33).
- En este estudio se han recorrido todos los pasos que constituyen un análisis típico dentro de ATLAS. La producción de datos utilizando el software de ATLAS y el GRID ha sido un éxito, hemos preparado nuestro análisis en el marco de Athena y obtenido los primeros resultados. En este sentido valoramos la experiencia obtenida en la realización de este trabajo como muy positiva.

BACKUP SLIDES



Modelo de Computación de ATLAS

LHC Computing GRID (LCG)

ATLAS producirá $\sim 2PB$ de datos al año \rightarrow se necesitarán 50000 PCs para procesarlos.

Modelo GRID se basa en 4 niveles (*TIER*):

- *TIER-0* en el CERN
 - ▶ Datos en bruto \rightarrow Se almacenan en el CERN y en los *Tier-1*.
 - ▶ Rápida producción de Event Summary Data (ESD) y Analysis Object Data (AOD)
 - ▶ Envío de ESD, AOD a los Tier 1 \rightarrow Mass storage at CERN (Tier 1)
- *TIER-1* distribuidos por todo el mundo (10 centros, **PIC Barcelona**)
 - ▶ Re-reconstrucción de los datos en bruto, producción de nuevos ESD, AOD (entre ~ 2 meses después de la llegada y un año)
 - ▶ Acceso a los ESD y AOD
- *TIER-2* distribuidos por todo el mundo (~ 30 centros, **Tier-2 Federado Español: IFIC-Valencia, IFAE-Barcelona y UAM-Madrid**)
 - ▶ Almacenamiento de algunos dataset (ESD, AOD) en función de la demanda de los grupos de análisis y de los detectores
 - ▶ Simulación de Monte Carlo, produciendo ESD, AOD \rightarrow *Tier-1*
- *TIER-3* distribuidos por todo el mundo (**Responsabilidad de cada centro**)
 - ▶ Recursos locales “diferentes” a los utilizados en un *Tier-1* y *Tier-2* para:
 - ★ Análisis de Física: Con ESD y AOD para desarrollo de código de análisis.
 - ★ Análisis Interactivo: No requiere una conexión con los ESD o AOD, solo con los datos provenientes de DPD (Ntuplas).

Reconstrucción de la masa invariante del bosón W_H .

Aceptancias

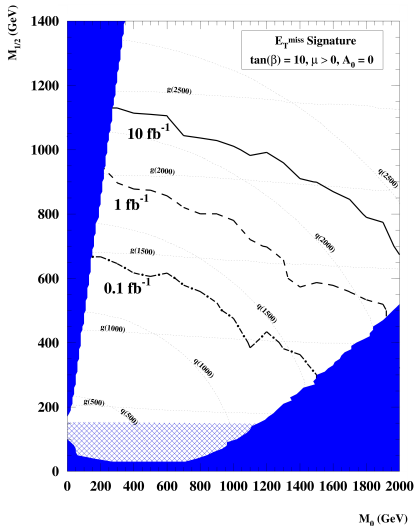
Atlfast:

Partícula	Masa (MeV)	σ (MeV)	Aceptancia
W^\pm	$6,371 \times 10^4 \pm 543$	$2,738 \times 10^4 \pm 576$	0,96205
t	$1,764 \times 10^5 \pm 1091$	$4,680 \times 10^4 \pm 1185$	1,00000
ϕ^\pm	$2,271 \times 10^5 \pm 1004$	$3,287 \times 10^4 \pm 1333$	1,00000
T_H	$5,672 \times 10^5 \pm 3744$	$1,164 \times 10^5 \pm 4625$	0,77781
W_H	$1,064 \times 10^6 \pm 7705$	$2,738 \times 10^5 \pm 6040$	—

Completa:

Partícula	Masa (MeV)	σ (MeV)	Aceptancia
W^\pm	$6,142 \times 10^4 \pm 416$	$2,823 \times 10^4 \pm 426$	0,96061
t	$1,744 \times 10^5 \pm 916$	$5,502 \times 10^4 \pm 1031$	0,99843
ϕ^\pm	$2,233 \times 10^5 \pm 890$	$3,664 \times 10^4 \pm 1218$	1,00000
T_H	$5,661 \times 10^5 \pm 3044$	$1,256 \times 10^5 \pm 3821$	0,78038
W_H	$1,055 \times 10^6 \pm 5666$	$2,794 \times 10^5 \pm 4228$	—

Umbral de descubrimiento de Z' en función de la luminosidad



- $0,1 \text{ fb}^{-1}$: \sim unos días
- 1 fb^{-1} : 1-2 meses
- 10 fb^{-1} : primer año a $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Antes hay que entender bien el funcionamiento de los detectores y el fondo