

Búsqueda de quarks pesados en el canal de decaimiento $T \rightarrow t Z$

Oscar Ochoa Valeriano¹

Cristina Oropeza Barrera¹, James Ferrando², Nicolás Gutiérrez Ortiz²

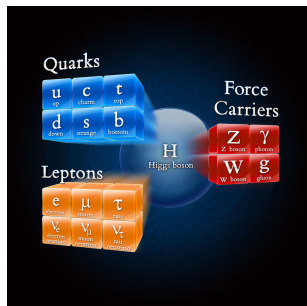
¹Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Iberoamericana

²School of Physics and Astronomy, University of Glasgow

Mayo 21, 2015

Modelo Estándar de Partículas Elementales

Introducción



- Aproximación a baja energía de una teoría más general
- **Teoría ajustada** (*fine-tuning*)
- Viola la **naturalidad** de una teoría

Vector-like quarks (VLQ)

- Espín 1/2
- Mezcla con 3^a generación de quarks (t, b) → *top partners*

VLQ	Carga eléctrica
T	+2/3
B	-1/3
X	+5/3
Y	-4/3

Top partners

- Acoplamiento con los bosones electrodébiles

$$(H, Z, W^{\pm})$$

- Transformación del grupo de color

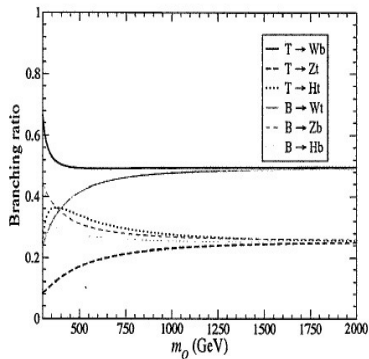
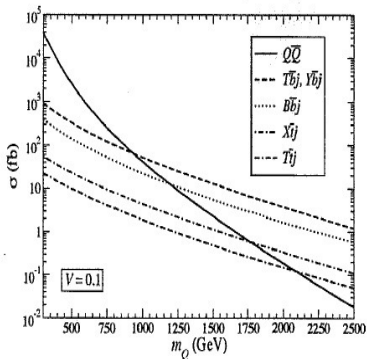
$$q^c = (q^1, q^2, q^3)$$

- Transformación vectorial de paridad

$$\mathbf{P}|\psi(\vec{r}, t)\rangle = |\bar{\psi}\gamma^{\mu}\psi\rangle$$

Modelos Teóricos

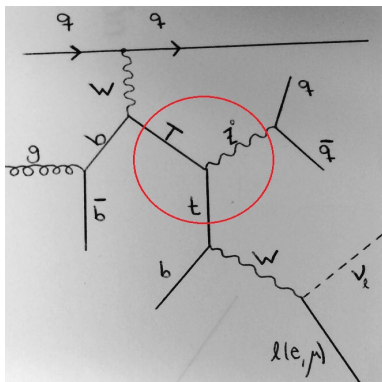
Introducción

Top partners

Fenomenología

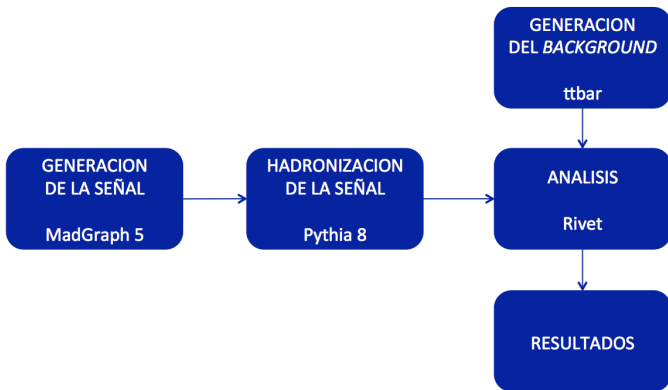
Metodología

Determinar la viabilidad de reconstrucción de VLQ en el canal de decaimiento $T \rightarrow t Z$



- 1 leptón (e/μ)
- Al menos 1 *forward jet*
- Al menos 1 *fat jet*
- Al menos 1 *b-jet*
- Energía perdida (MET) $\rightarrow \nu_l$
(decaimiento del W^\pm)

Metodología



Introducción

Modelo Estándar
de Partículas
Elementales

Modelos
Teóricos

Metodología

Fenomenología

Simulación

Análisis de la
señal

Resultados

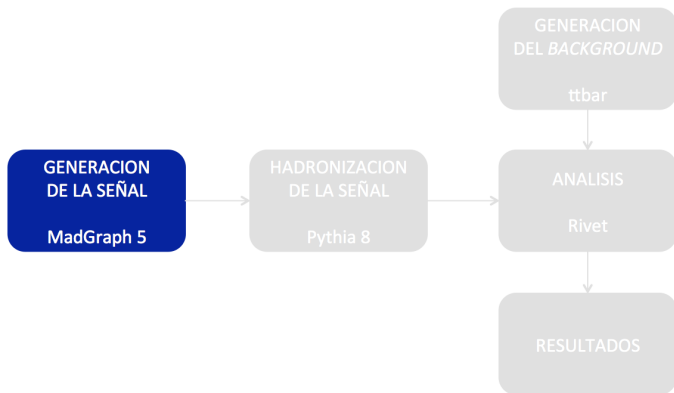
Reconstrucción
de la señal

Implementación
de cortes

Conclusiones

Backup slides

Metodología



Generación de la señal T → t Z: MadGraph 5

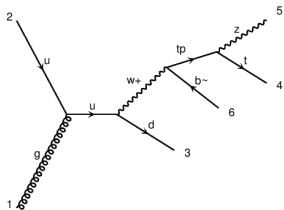
- Simulador de colisiones de partículas a nivel partónico (LO)
- Lagrangiano VLQ:

$$\mathcal{L} = \sum_{ij} \sqrt{\frac{\zeta_i}{\Gamma_i}} M_{\overline{P}}[\overline{P}A_i q^j] + \mathcal{L}_{ME}$$

Descripción de las interacciones predichas de los *top partners*

Generación de la señal T \rightarrow t Z: MadGraph 5

- $M_T = 700$ GeV
- $\zeta_{TtL} = 1$
- $\sqrt{s} = 14$ TeV
- *Width* (Γ_T) = 106.312 GeV
- XS ($\sigma_{T \rightarrow tZ}$) = 1205 ± 4 fb
- BR(T \rightarrow t Z) = 0.262
- Número de eventos: 500,000



Introducción

Modelo Estándar
de Partículas
Elementales

Modelos
Teóricos

Metodología

Fenomenología

Simulación

Análisis de la
señal

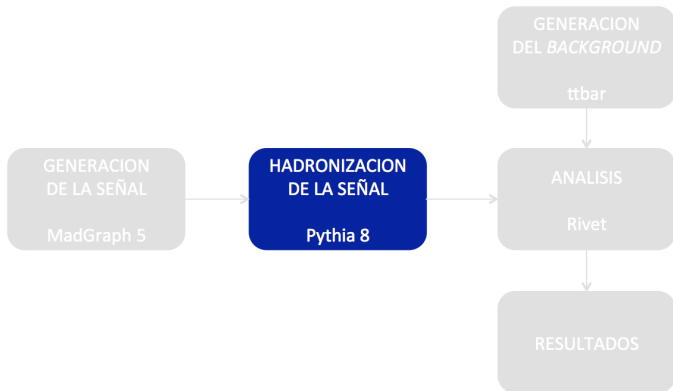
Resultados

Reconstrucción
de la señal
Implementación
de cortes

Conclusiones

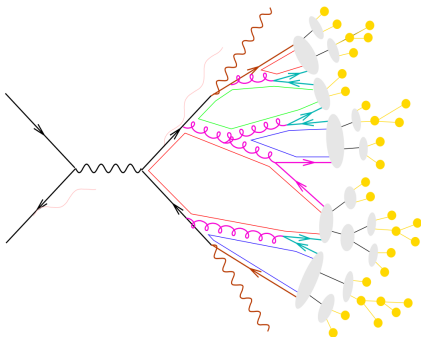
Backup slides

Metodología



Hadronización de la señal: Pythia 8

- Fragmentación y evolución de cadenas hadrónicas



- hard scattering
- (QED) initial/final state radiation
- partonic decays, e.g. $t \rightarrow bW$
- parton shower evolution
- nonperturbative gluon splitting
- colour singlets
- colourless clusters
- cluster fission
- cluster → hadrons
- hadronic decays

Introducción

Modelo Estándar
de Partículas
Elementales

Modelos
Teóricos

Metodología

Fenomenología

Simulación

Análisis de la
señal

Resultados

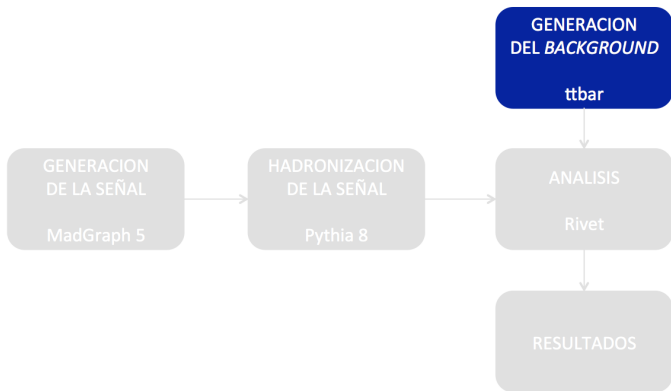
Reconstrucción
de la señal

Implementación
de cortes

Conclusiones

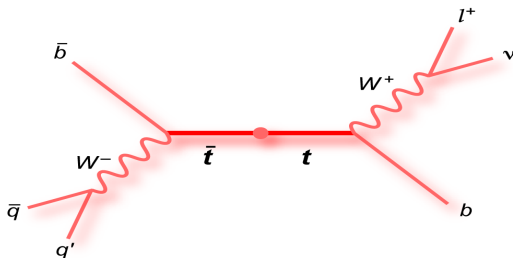
Backup slides

Metodología



Generación del *background*: $t\bar{t}$

- XS (NNLO + NNLL): 984,500 fb
- SHERPA 2.1.0
- Número de eventos: 1,000,000



CZAKON, M.; MITOV, A., (2013), *ATLAS-CMS recommended predictions for top-quark-pair cross sections using the Top++v2.0 program*, <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/genpdf/LHCPhysics/TtbarNNLO>

$T \rightarrow tZ$

OOV

Introducción

Modelo Estándar
de Partículas
Elementales

Modelos
Teóricos

Metodología

Fenomenología

Simulación

Análisis de la
señal

Resultados

Reconstrucción
de la señal

Implementación
de cortes

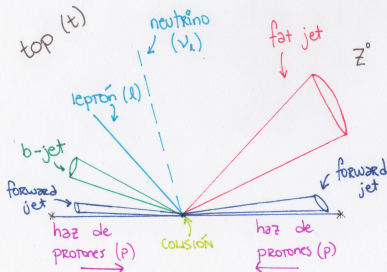
Conclusiones

Backup slides

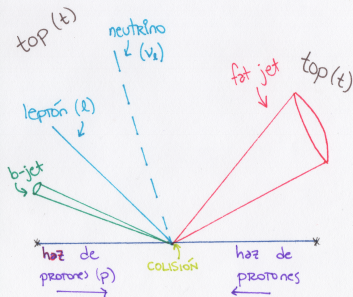
Simulación

Metodología

SEÑAL ($T \rightarrow tZ$)



BACKGROUND ($t\bar{t}$)



Introducción

Modelo Estándar
de Partículas
Elementales

Modelos
Teóricos

Metodología

Fenomenología

Simulación

Análisis de la
señal

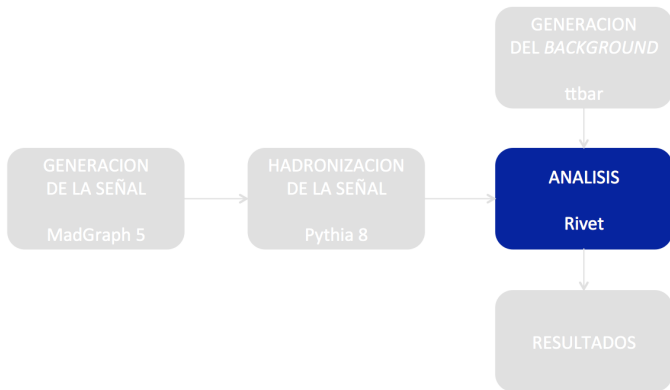
Resultados

Reconstrucción
de la señal
Implementación
de cortes

Conclusiones

Backup slides

Metodología



Introducción

Modelo Estándar
de Partículas
Elementales

Modelos
Teóricos

Metodología

Fenomenología
Simulación

**Análisis de la
señal**

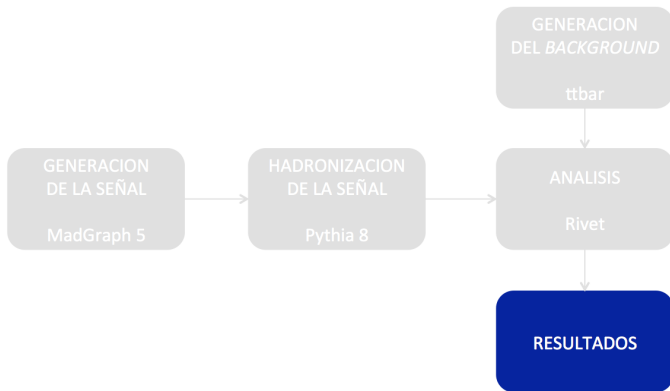
Resultados

Reconstrucción
de la señal
Implementación
de cortes

Conclusiones

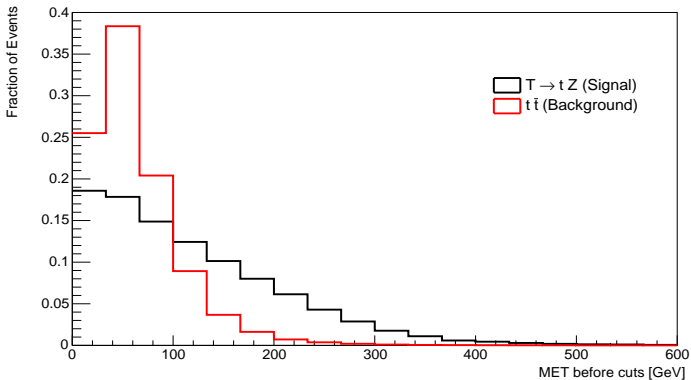
Backup slides

Metodología



Reconstrucción de la señal

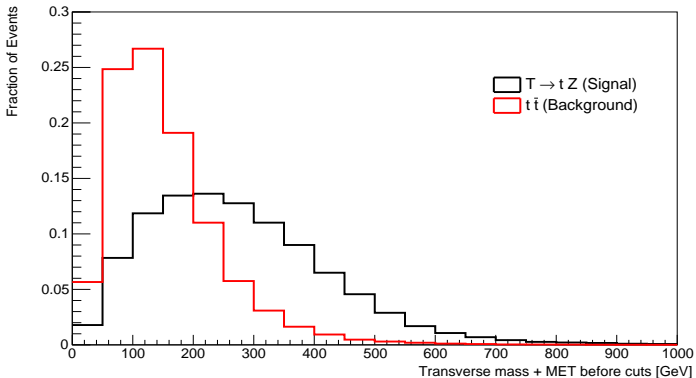
Resultados



MET > 20 GeV

Reconstrucción de la señal

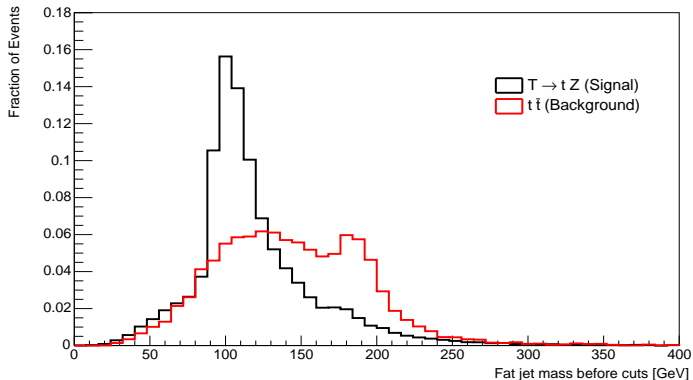
Resultados



MET + TMass > 60 GeV

Reconstrucción de la señal

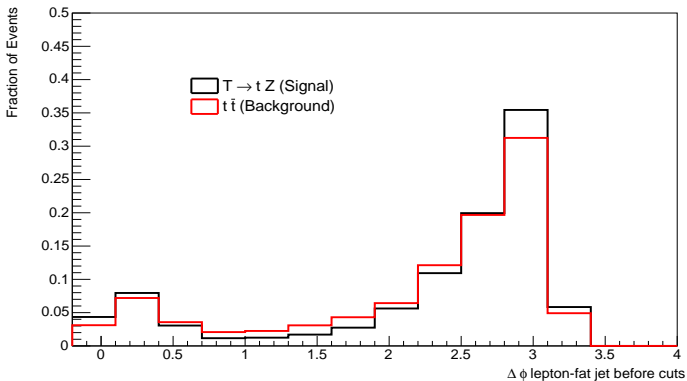
Resultados



Al menos 1 *fat jet* con $p_T \geq 300$ GeV y masa < 130 GeV

Reconstrucción de la señal

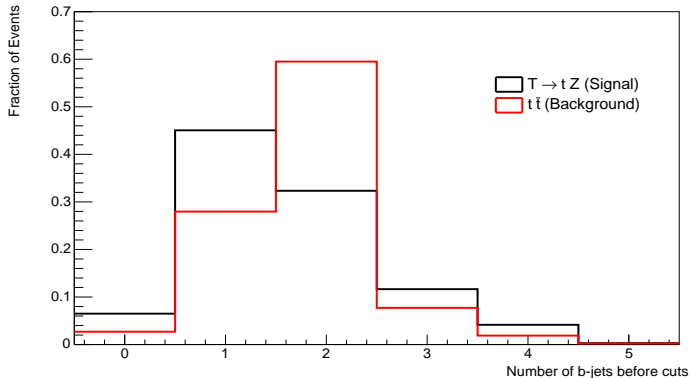
Resultados



$$\Delta\phi \text{ [leptón-fat jet]} > 1.5$$

Reconstrucción de la señal

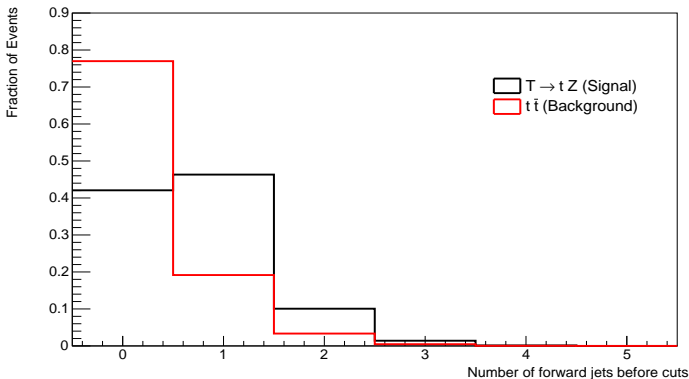
Resultados



Al menos 1 *b-jet*

Reconstrucción de la señal

Resultados



Al menos 1 *forward jet* ($p_T \geq 35$ GeV)

Secuencia de cortes (*cut flow*)

- 1 leptón (e, μ)
- 2 MET > 20 GeV
- 3 MET + TMass > 60 GeV
- 4 Al menos 2 *jets* (momento transversal $p_T \geq 25$ GeV)
- 5 Al menos 1 *fat jet* con $p_T \geq 300$ GeV y masa < 130 GeV
- 6 Distancia angular ($\Delta\phi$) [leptón-*fat jet*] > 1.5
- 7 Al menos 1 *b-jet*
- 8 Al menos 1 *forward jet* ($p_T \geq 35$ GeV)

Introducción

Modelo Estándar
de Partículas
ElementalesModelos
Teóricos

Metodología

Fenomenología

Simulación

Análisis de la
señal

Resultados

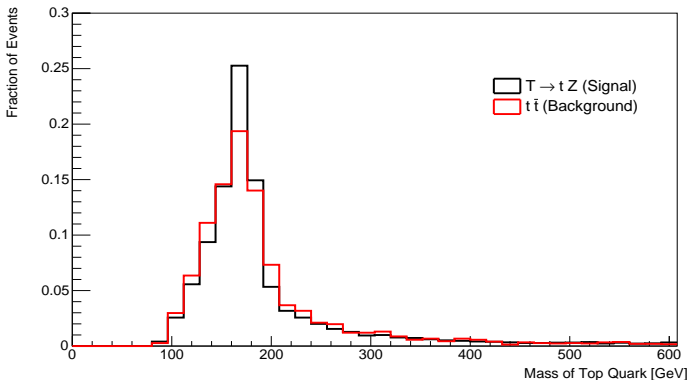
Reconstrucción
de la señalImplementación
de cortes

Conclusiones

Backup slides

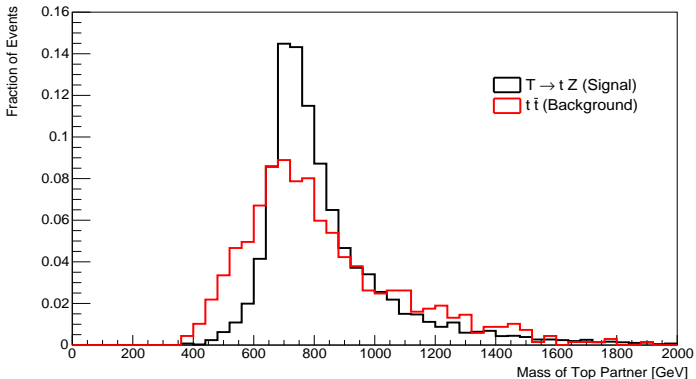
Reconstrucción de la señal

Resultados



Reconstrucción de la señal

Resultados



Secuencia de cortes escalados

		Señal (T → t Z)		Background (ttbar)	
		$N_{\text{corregido}}$	% (aceptados)	$N_{\text{corregido}}$	% (aceptados)
Total de eventos		24060	-	19690000	-
Corte 1	1 leptón (e/μ)	4242	17.63%	4978242	25.28%
Corte 2	MET > 20 GeV	3778	89.05%	4476246	89.92%
Corte 3	TMass + MET > 60 GeV	3670	97.13%	4046059	90.39%
Corte 4	Al menos 2 jets	3605	98.24%	3942686	97.45%
Corte 5	Masa del fat jet < 130 GeV	881	24.43%	77224	1.96%
Corte 6	$\Delta\phi$ [leptón-fat jet] > 1.5	750	85.13%	60507	78.35%
Corte 7	Al menos 1 b-jet	701	93.50%	58873	97.30%
Corte 8	Al menos 1 forward jet	406	57.93%	13547	23.01%

Significancia estadística

$$S/\sqrt{B} = \frac{406}{\sqrt{13547}} = 3,5$$



EVIDENCIA

Conclusiones

- Resultados prometedores; sin embargo, no es posible dar conclusiones contundentes
- Es necesario mejorar los métodos de reconstrucción
- Añadir + *backgrounds* y eficiencias aproximadas de los detectores del LHC



Evaluar la viabilidad de detección

T → t Z

OOV

Introducción

Modelo Estándar
de Partículas
Elementales

Modelos
Teóricos

Metodología

Fenomenología

Simulación

Análisis de la
señal

Resultados

Reconstrucción
de la señal

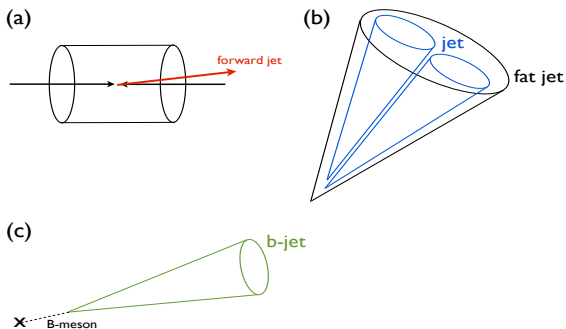
Implementación
de cortes

Conclusiones

Backup slides

BACKUP SLIDES

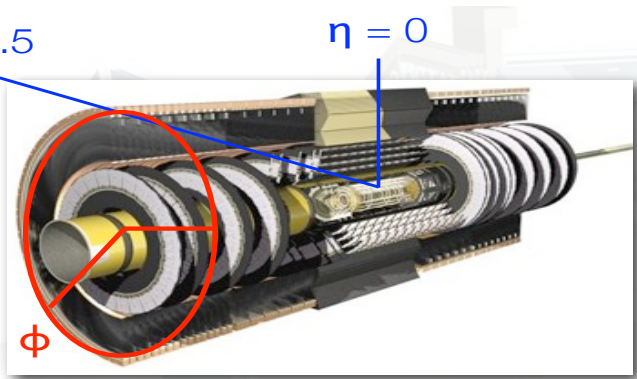
Topología del estado final



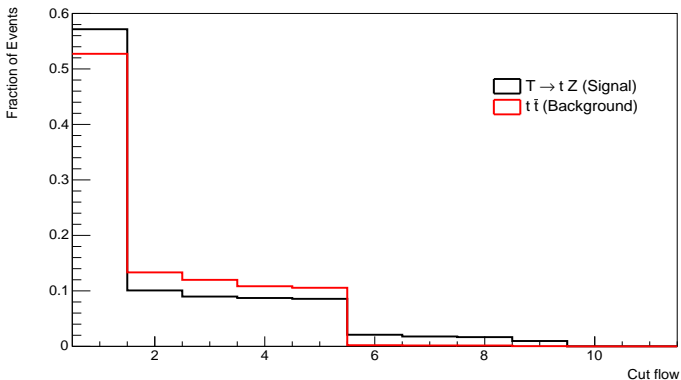
Topología del estado final

$$\eta = 2.5$$

$$\eta = 0$$



Secuencia de cortes



Secuencia de cortes

Señal (T \rightarrow t Z)		<i>Background (t\bar{t})</i>	
Eventos	400,000	Eventos	1,000,000
Corte 1	70,532	Corte 1	252,831
Corte 2	62,811	Corte 2	227,336
Corte 3	61,006	Corte 3	205,488
Corte 4	59,932	Corte 4	200,238
Corte 5	14,644	Corte 5	3922
Corte 6	12,466	Corte 6	3,073
Corte 7	11,656	Corte 7	2,990
Corte 8	6,752	Corte 8	688

Factores de escalamiento

- Número de eventos esperados

$$N_{esperado} = XS_i \times L,$$

$$L: \textit{Luminosidad} = 20 \text{ fb}^{-1}$$

- Número de eventos corregidos

$$N_{corregido} = \frac{N_{aceptado} \times N_{esperado}}{N_{total}}$$