

Reconstrucción de la masa del quark top en el canal semi-leptónico usando el algoritmo Global χ^2

C. Escobar¹, M. Moreno¹, R. Moles Valls¹, V. Lacuesta¹

¹ Instituto de Física Corpuscular (IFIC), UV-CSIC, Apdo. E-46071 Valencia; cescobar@ific.uv.es

El *Large Hadron Collider* (LHC) situado en el CERN (Ginebra, Suiza) hará colisionar dos haces de protones alcanzando una energía en centro de masas de 14 TeV y una luminosidad de 10^{34} cm⁻² s⁻¹. El experimento ATLAS (*A Toroidal LHC Apparatus*) situado en uno de los puntos de colisión del anillo del LHC ha sido diseñado para realizar medidas de precisión de observables del *Standard Model* (SM), para buscar el bosón de Higgs y para buscar física más allá del SM, como pueden ser las Teorías Supersimétricas entre otras.

Dada la escala de energía del LHC, éste será una factoría de quarks top, estimándose $\sim 8 \cdot 10^6$ pares top-antitop por experimento y por año (10 fb⁻¹/año). Por otro lado, el quark top, descubierto por el experimento CDF en Fermilab en 1995, es la partícula fundamental más pesada del ME y está altamente relacionada con la rotura de simetría electrodébil y por lo tanto con el hipotético bosón de Higgs. Además, es imprescindible un alto conocimiento experimental de la física del top para justificar descubrimientos de nueva física. Todo esto, unido al potencial de ATLAS, constituyen la motivación de este trabajo, en el que se presenta un método novel, conocido como Global χ^2 , para medir la masa del quark top usando los primeros datos que producirá el LHC (del orden de 1 fb⁻¹). El principal objetivo es, así pues, reproducir y alcanzar los resultados de [1] utilizando este nuevo método, valorando su potencial y eficacia.

Se estima que la sección eficaz total de producción de los pares top-antitop en el LHC será de unos 833 pb, lo que permitirá con tan solo 1 fb⁻¹ de datos poder realizar las primeras medidas de la masa del quark top donde el error estará ya dominado por las incertidumbres sistemáticas, siendo estas del orden del GeV. Además, con una $\Gamma \approx 2.1$ GeV (un orden de magnitud por encima de la constante de QCD, Λ_{QCD}), el quark top tiene una vida media tal que se desintegra antes de hadronizar y lo hace casi exclusivamente (99.9%) a través del canal $t \rightarrow Wb$. Después, dependiendo del modo de desintegración del bosón W , se pueden dividir los eventos top-antitop en tres canales:

- Todo hadrónico (BR $\approx 44\%$): los dos $W \rightarrow jj$ (6 jets en el estado final, de los cuales 4 son jets ligeros y 2 provienen de los quarks b de la desintegración del top).
- Todo leptónico (BR $\approx 11\%$): los dos $W \rightarrow l\nu$ (2 jets que vienen de los dos quarks b, un leptón aislado y energía perdida por el neutrino en el estado final)
- Semi-leptónico (BR $\approx 45\%$): un $W \rightarrow jj$ y un $W \rightarrow l\nu$ (4 jets, siendo dos de los jets ligeros, un leptón y energía perdida en el estado final)

De los tres, el canal más prometedor es el semi-leptónico debido a su mejor balance entre su alto *Branching Ratio* (BR) y su relación señal/ruido, ya que el leptón aislado en el estado final permite descartar eficientemente el fondo QCD. Esto justifica que éste sea el canal elegido para realizar nuestro análisis, que estará basado en simulación MonteCarlo.

Para realizar las medidas de la masa del quark top se propone el algoritmo citado anteriormente, el cual está basado en el método de mínimos cuadrados. Este método parte de una función χ^2 como la presentada en (1) y minimiza este χ^2 , primero, con respecto los parámetros del W y después respecto los parámetros del top. De este modo, se tienen dos ajustes anidados y donde el primero, donde se determinan los parámetros del W , introduce correlaciones en el segundo, donde se determinan los parámetros del top, estando entre ellos la masa del top.

$$\chi^2 = \sum_{\text{jets}+l} \left(\frac{E_i^m - E_i^f}{\sigma_{E_i}} \right)^2 + \left(\frac{M_{jj} - M_W^{PDG}}{\Gamma_W^{PDG}} \right)^2 + \left(\frac{M_{l\nu} - M_W^{PDG}}{\Gamma_W^{PDG}} \right)^2 + \left(\frac{M_{jlb_H} - M_{top}^f}{\sigma_{top_H}^{PDG}} \right)^2 + \left(\frac{M_{lvb_L} - M_{top}^f}{\sigma_{top_L}^{PDG}} \right)^2 \quad (1)$$

En el primer término del χ^2 , E^m es la energía reconstruida y E^f es $E^f = \alpha E^m$ por lo que el parámetro del ajuste es α , siendo un factor conocido como *Jet Energy Scale* (JES) y que permite realizar una calibración *in-situ* de los jets ligeros, pesados y del leptón por separado. Los cuatro últimos términos del χ^2 constituyen limitaciones cinemáticas basadas en la topología de los eventos considerados (canal semi-leptónico). De estos términos los dos primeros restringen los dos jets ligeros por un lado y el leptón más el neutrino por otro a que reconstruyan la masa del bosón W y los dos últimos términos limitan los dos jets ligeros más el b hadrónico por un lado y el leptón, más el neutrino más el b leptónico por otro para que reconstruyan la masa del quark top.

En este análisis se seleccionan eventos en los que existan al menos 2 jets ligeros, 2 jets pesados (con identificación de b) y 1 leptón (que además deberá de ser e o μ). En eventos en los que existan más de 2 jets ligeros, se minimiza los dos primeros términos del χ^2 definido en (1) para todas las combinaciones de parejas de jets ligeros existentes, eligiéndose como candidatos la pareja que den el χ^2 más bajo. En todos los casos se compara con el *truth* y si no cumplen se marcan $\Delta_R = \sqrt{(\phi_{reco} - \phi_{truth})^2 + (\theta_{reco} - \theta_{truth})^2} \leq 0.25$ como *Combinatorial Background*.

La figura 1 muestra la masa invariante de la pareja de jets ligeros para eventos en los que únicamente hay 2 de estos jets ligeros. La figura 2 muestra la masa invariante de estos jets ligeros después de la minimización del χ^2 para estos mismos eventos.

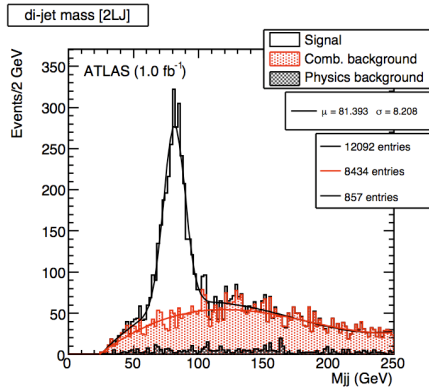


Figura 1. Masa invariante del par de jets ligeros antes de la minimización del χ^2 para eventos con solo 2 jets ligeros.

La figura 3 muestra la distribución de la masa del top después de la minimización del χ^2 de la expresión (1) con respecto los parámetros del top. Ajustando dicha distribución a una gaussiana más un polinomio de grado 3, obtenemos $M_{top} = (172.9 \pm 0.4) \text{ GeV}/c^2$ y $\sigma_{top} = (13.6 \pm 0.4) \text{ GeV}/c^2$, donde la incertidumbre es únicamente estadística.

Este trabajo introduce un método novel ($\text{Global}\chi^2$), para la medida de la masa del top, presentándose los resultados preliminares obtenidos, siendo estos satisfactorios.

Referencias

1. G. Aad et al. (The ATLAS Collaboration), Expected Performance of the ATLAS Experiment – Detector, Trigger and Physics, arXiv 0901.0512 (2009).

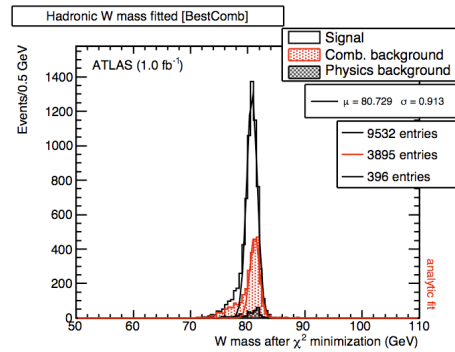


Figura 2. Masa del W hadrónico después de la minimización del χ^2 para eventos con más de 2 jets ligeros.

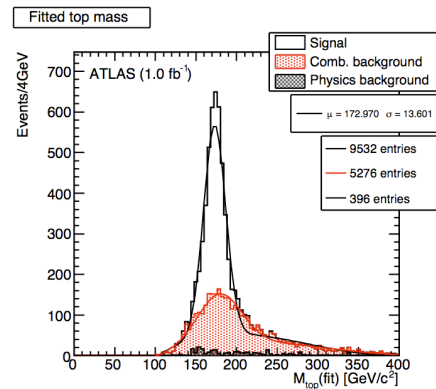


Figura 3. Masa del quark top después de la minimización del χ^2 .