

Física Experimental de Partículas, Análisis Open Data CMS

Juan A. Carpintero, José A. Vallejo

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



Datos del sample

Se realiza un análisis usando datos abiertos del CMS de la primera corrida del 2011 a 7 TeV .

Se seleccionaron los eventos como sigue:

- ▶ Dos muones ambos con $|\eta| < 2.4$.
- ▶ Por lo menos un muon era un muon global.
- ▶ La masa invariante de ambos muones está entre 0.3 GeV y 300 GeV .
- ▶ Ambos tienen cargas de signo opuesto.

	Run	Event	type1	Q1	pt1	eta1	phi1	E1	px1	py1	pz1	type2	Q2	pt2	eta2	phi2	E2	px2	py2	pz2	M
0	166699	835716681	G	1	4.2116	2.2366	-0.4849	19.9382	3.7261	-1.9631	19.4881	T	-1	1.2556	2.2683	-1.4488	6.1319	0.1528	-1.2463	6.0011	2.1330
1	166699	836133459	G	-1	2.1479	-2.0159	-2.7753	8.2066	-2.0055	-0.7692	-7.9199	G	1	19.5453	-1.0826	-0.3408	32.1613	18.4210	-6.5332	-25.5406	13.6786
2	166699	836165498	G	1	21.0732	1.5948	-1.1137	54.0560	9.2997	-18.9102	49.7791	T	-1	2.3864	1.5352	-1.7388	5.7968	-0.3991	-2.3528	5.2818	4.3813
3	166699	836249706	G	1	18.5889	1.6422	1.1923	49.8180	6.8688	17.2734	46.2199	G	-1	1.8721	1.9704	1.6393	6.8459	-0.1281	1.8678	6.5841	3.2587
4	166699	835608783	G	-1	11.8194	0.8711	-1.5811	16.5947	-0.1214	-11.8187	11.6479	T	1	0.9408	2.0107	-1.6559	3.5779	-0.0799	-0.9374	3.4504	4.0171

Figure 1: Contenido del sample



Masa invariante M

Dado que el sample utilizado cuenta con la masa invariante se gráfica directamente. Aun así los valores se verificaron usando la definición.

$$M = \sqrt{(E_1 + E_2)^2 - [(px_1 + px_2)^2 + (py_1 + py_2)^2 + (pz_1 + pz_2)^2]}$$

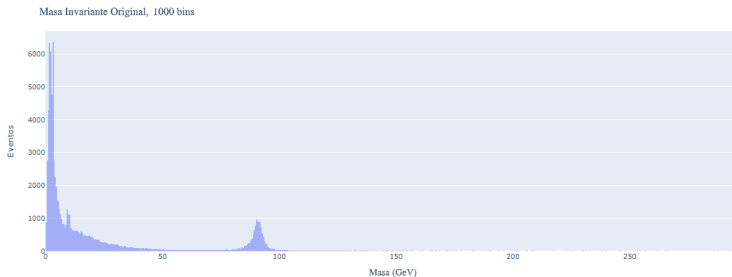


Figure 2: Distribución de masa invariante sin selección



Muones Globales y Tracker

Los muones “Tracker” se reconstruyen usando el detector interno de trazas. Los muones “StandAlone” se reconstruyen por medio del arreglo de detectores de muones. Los muones “Globales” Combinan la información de ambos detectores.

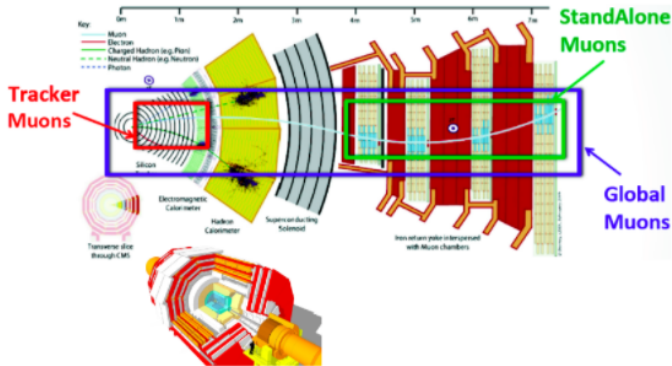


Figure 3: Sección transversal del detector CMS [1].



Tratamiento de los datos

Se identificó que una considerable cantidad de muones en la muestra corresponden a muones del tracker, los cuales afectan a nuestros datos, por lo que se decidió omitirlos para la realización del análisis.

	Antes de la selección	Despues de la selección
N. de eventos	83761	34742

Table 1: Número de eventos antes y despues de la selección de muones globales.

	Muones G	Muones T
Porcentaje	41.47%	58.52%

Table 2: Porcentaje de eventos con muones globales y tracker.



Masa invariante con selección

Partículas identificadas

- ▶ Φ Vector meson (0.95-1.05 GeV)
- ▶ J/ψ (3.05-3.15 GeV)
- ▶ Υ Upsilon meson (9.55-9.65 GeV)
- ▶ Boson Z (90.95-91.05 GeV)

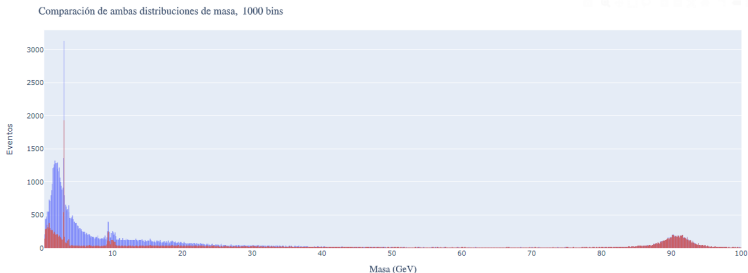


Figure 4: Comparación de distribución de masa invariante sin selección y con selección



	Φ Phi meson	J/ψ	Υ Upsilon meson	Boson Z
Masa	$1019.445 \pm 0.02 \text{ MeV}$	$3096.90 \pm 0.025 \text{ MeV}$	$9460.30 \pm 0.26 \text{ MeV}$	$9460.30 \pm 2.1 \text{ MeV}$
Descubrimiento	Descubierto en 1960 por Nicholas Samios	Descubierto en 1974 por dos grupos de investigación.	Descubierto en 1977 por el E288 Collaboration	Descubierto en 1983 por el CERN
Descripción	Formado por Strange quark y un anti Strange quark	Formado por Charm quark y un anti Charm quark	Formado por un Bottom quark y un anti Bottom quark	una de las partículas mediadoras de la interacción nuclear débil

Table 3: Información de las partículas identificadas

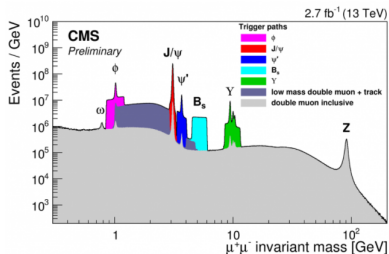


Figure 5: Espectro que muestra las masas de pares de dimuones registradas por el detector CMS en datos recopilados en 2015 a 13 TeV

[2]



Momento transversal

El momento transversal se gráfico directamente de la muestra ya seleccionada, fue obtenido con 34200 colisiones protón-protón a 7 TeV.

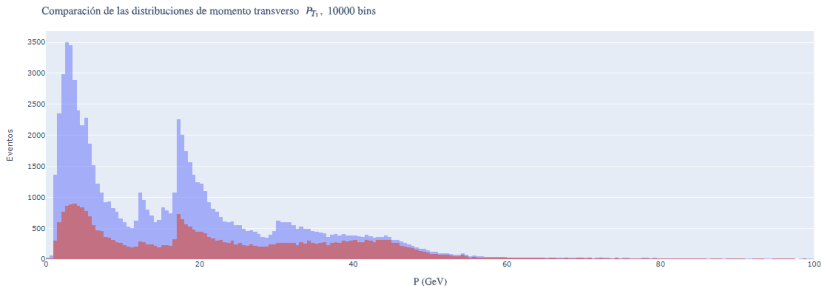


Figure 6: Comparación momento transversal P_{T1} con y sin selección



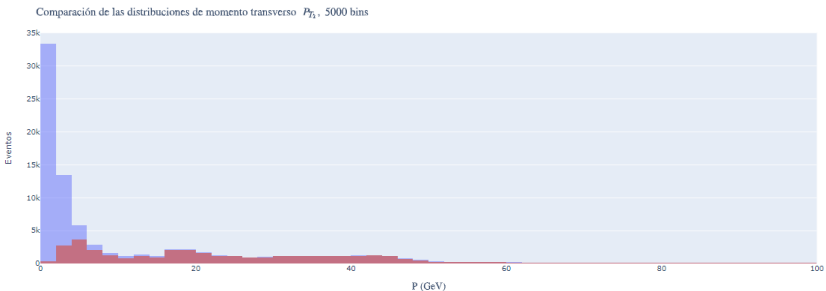


Figure 7: Comparación momento transverso P_{T2} con y sin selección



Ángulo azimutal ϕ

Se observa una distribución homogénea en ambas distribuciones. La uniformidad de la detección corresponde a un correcto funcionamiento del detector.

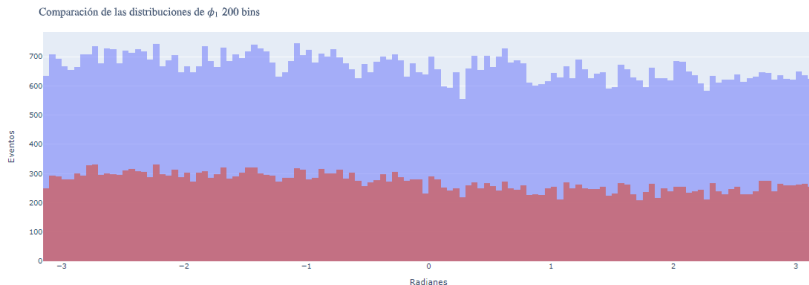


Figure 8: Comparación ángulo ϕ_1 con y sin selección



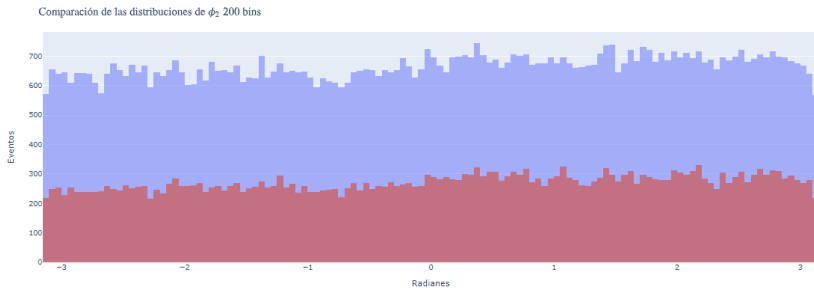


Figure 9: Comparación ángulo ϕ_2 con y sin selección



Ángulo entre los dos muones $\Delta\phi$

Se observa que los muones del tracker contribúan considerablemente al ruido de esta distribución.

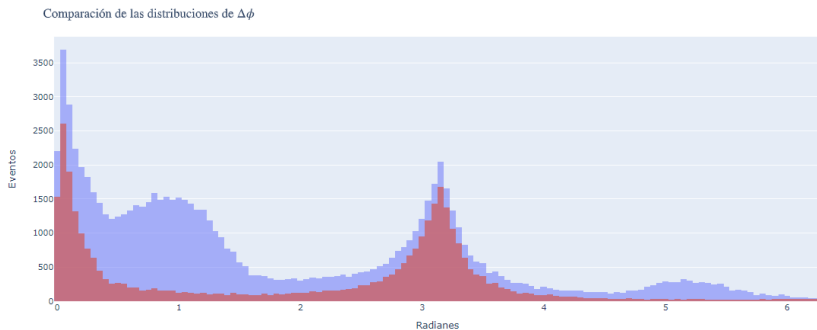


Figure 10: Comparación diferencia entre ϕ_2 y ϕ_1 , con y sin selección.



Se observa un extraño pico alrededor de 0 en la distribución de $\Delta\phi$.

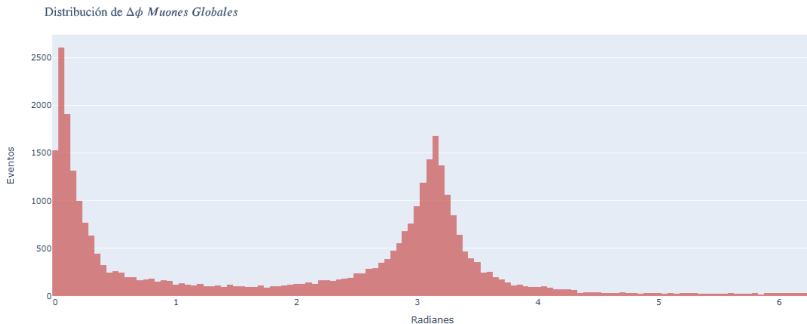


Figure 11: Distribución de $\Delta\phi$ con selección.



Buscando en la literatura se encontró información sobre algunos comportamientos similares que relacionan $\Delta\phi$ con la presencia de jets.

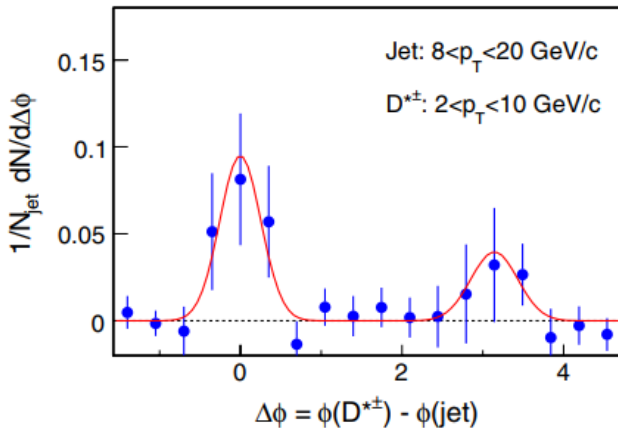


Figure 12: Distribución del ángulo azimutal de candidato a meson D^* con respecto a el eje reconstruido de un jet[3].



Producción de mesones J/ψ dentro de jets en colisiones protón-protón a $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$.

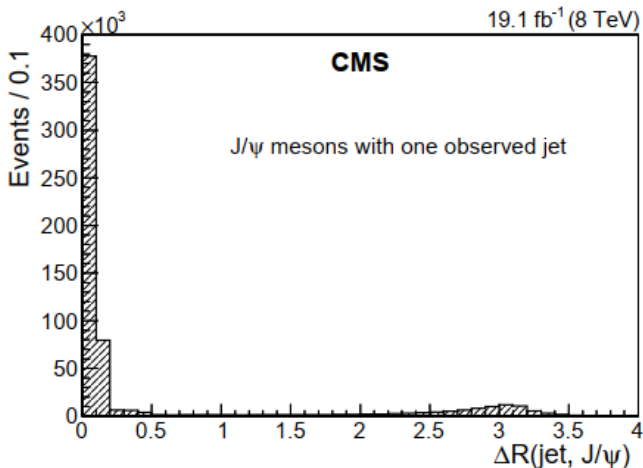


Figure 13: Distribución $\Delta R(\text{jet}, J/\psi)$ para eventos de un jet[4].



$$\eta \equiv -\ln \left[\tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \right]$$

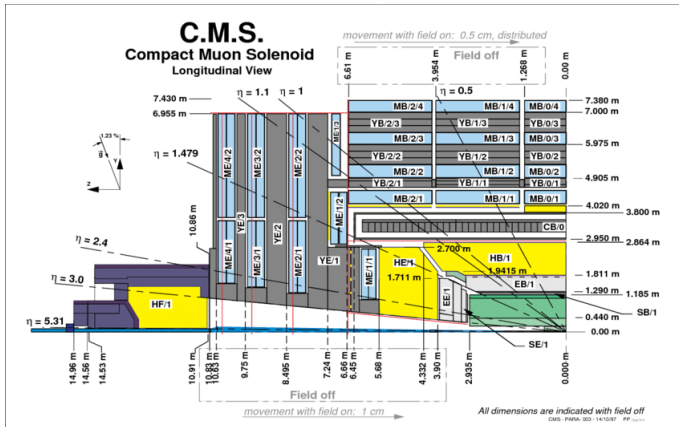


Figure 14: Vista longitudinal de un cuadrante del detector CMS [5]

Se observa una distribución no homogénea, que es mas notoria en la distribución de η_2

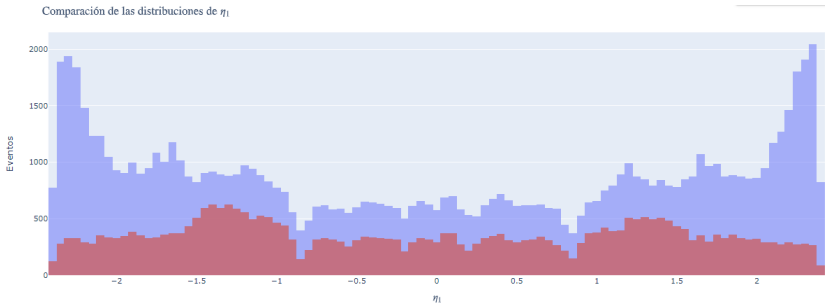


Figure 15: Comparación ángulo η_1 con y sin selección



Se observa una distribución centrada en los valores de -1 y 1

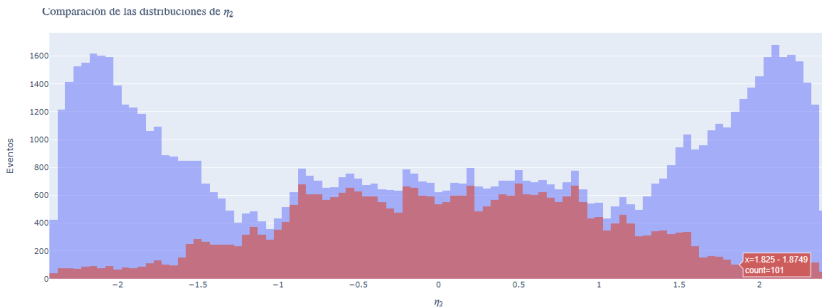


Figure 16: Comparación η_1 con y sin selección



Ángulo θ

Se observa una distribución concentrada en los extremos, lo que hace sentido que la distribución de η_1 no este centrada en entre -1 y 1 .

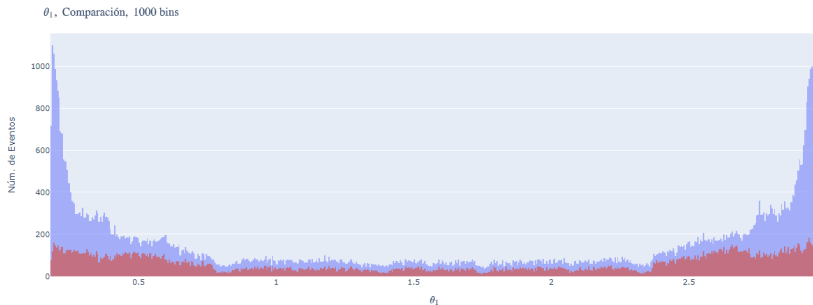


Figure 17: Comparación θ_1 con y sin selección



Se observa una distribución homogénea con preferencia a estar concentrada entre valores de 0.5 y 2.5

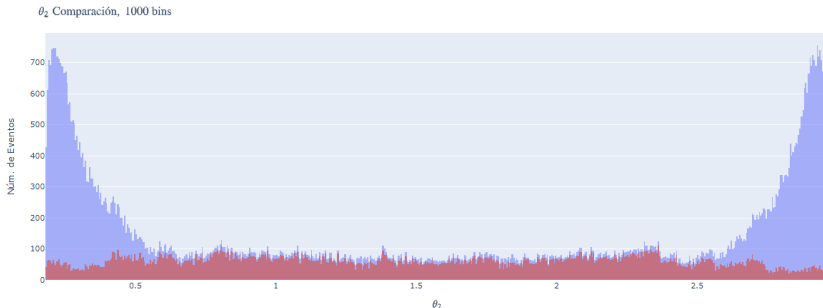


Figure 18: Comparación ángulo θ_2 con y sin selección



Gráfica de θ vs η

θ_1 vs η_1

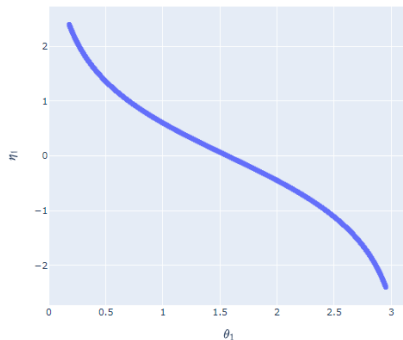


Figure 19: Comparación de θ_1 vs η_1

θ_2 vs η_2

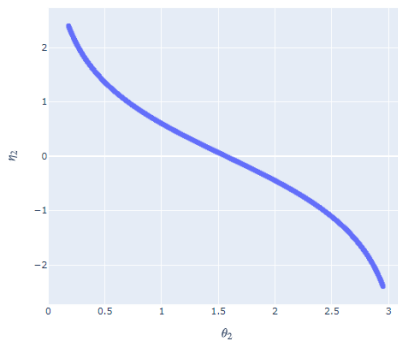


Figure 20: Comparación de θ_2 vs η_2



Conclusiones

- ▶ Se observaron de forma clara las partículas: Φ , J/ψ , Υ y Z en concordancia con el espectro de masas en colisiones protón-protón.
- ▶ En el caso de la distribución de $\Delta\phi$ se observa la importancia de contar con una variedad de técnicas para poder analizar comportamientos extraños que puedan surgir en el tratamiento de los datos experimentales.
- ▶ Es importante plantear desde el principio sobre que objetos se busca trabajar, de esta manera se puede observar y analizar mejor la información, por ejemplo los muones del tracker contribuían con demasiado ruido a nuestro análisis.
- ▶ Las distribuciones de los momentos transversos, de los ángulos θ , ϕ y las distribuciones de la pseudo rapidez η son acordes a los resultados esperados en este tipo de colisiones protón-protón.



Referencias

- 1 <https://cms-opendata-workshop.github.io/workshop-lesson-tagandprobe/aio/index.html>
- 2 <https://cms.cern/news/cms-presents-new-13tev-results-end-year-jamboree>
- 3 B. I. Abelev, et al. Measurement of D^* mesons in jets from p+p collision at $\sqrt{s} = 200\text{ GeV}$, Physical Review D 79, 112006 (2009)
- 4 The CMS Collaboration, Study of J/ψ meson production inside jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 6\text{ TeV}$, Physics Letters B, <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135409>,
- 5 https://www.researchgate.net/figure/Longitudinal-view-of-one-quadrant-of-the-CMS-detector-fig1_324549347

