

6

RECONSTRUCCIÓN E IDENTIFICACIÓN

II. ESTIMACIÓN DE EFICIENCIAS

En este capítulo se discute la determinación de las eficiencias del trigger, reconstrucción e identificación de fotones aislados, una pieza clave en la estimación de la sección eficaz de producción descrita en el Cap. 8. La eficiencia del trigger se ha extraído de los datos, mediante un método de muestreo recursivo. Las eficiencias de reconstrucción e identificación se calculan en muestras Monte Carlo, luego de corregir la descripción de las lluvias electromagnéticas simuladas, a fin de tener en cuenta las diferencias observadas en los datos. El método de corrección aquí presentado, así como las correcciones derivadas, ha sido utilizado en una variedad de análisis con fotones en el estado final dentro de ATLAS, en el marco del SM (e.g. $H \rightarrow \gamma\gamma$ [133], $W\gamma/Z\gamma$ [134]) o en modelos de extensión del mismo (e.g. $G \rightarrow \gamma\gamma$ (RS) [135], $pp \rightarrow \gamma\gamma + \cancel{E}_T$ (SUSY/UED) [136]). Finalmente, se discute la estimación de las incertezas sistemáticas asociadas en cada caso.

6.1 Eficiencia de Reconstrucción

La eficiencia de reconstrucción de fotones ($\varepsilon^{\text{reco}}$), detallada en la Sec. 5.1, es calculada en muestras Monte Carlo como función de la energía transversa simulada ($E_{T,\text{true}}$) en los distintos intervalos de pseudorapidez elegidos para la medida de la sección eficaz en este análisis. Es definida como la razón entre el número de fotones simulados que son reconstruidos en el k -ésimo intervalo $\eta_{k,1} \leq |\eta_{\text{reco}}| < \eta_{k,2}$, pasando la preselección de la Sec. 4.4 y el criterio de aislamiento ($E_{T,\text{reco}}^{\text{iso}} < 3 \text{ GeV}$), y el número de fotones simulados en el intervalo $\eta_{k,1} \leq |\eta_{\text{true}}| < \eta_{k,2}$ con una energía de aislamiento a nivel partícula $E_{T,\text{true}}^{\text{iso}} < 4 \text{ GeV}$:

$$\varepsilon^{\text{reco},k}(E_{T,\text{true}}) \equiv \frac{dN(\eta_{k,1} \leq |\eta_{\text{reco}}| < \eta_{k,2}, E_{T,\text{reco}}^{\text{iso}} < 3 \text{ GeV})/dE_{T,\text{true}}}{dN(\eta_{k,1} \leq |\eta_{\text{true}}| < \eta_{k,2}, E_{T,\text{true}}^{\text{iso}} < 4 \text{ GeV})/dE_{T,\text{true}}} \quad (6.1)$$

Tabla 6.1. Eficiencia total de reconstrucción de fotones directos aislados, $\varepsilon^{\text{reco},k}$, como función de la energía transversa y los distintos intervalos de pseudorapidez simulados. Se incluyen las ineficiencias de la preselección de calidad y del criterio de aislamiento calorimétrico. Las incertezas son sólo estadísticas.

E_T [GeV]	$\varepsilon^{\text{reco},k}$ [%]			
	$ \eta < 0.6$	$ \eta \in [0.6 - 1.37)$	$ \eta \in [1.52 - 1.81)$	$ \eta \in [1.81 - 2.37)$
[45, 55)	85.5 ± 0.2	86.9 ± 0.1	77.2 ± 0.3	78.6 ± 0.2
[55, 70)	85.2 ± 0.2	86.6 ± 0.2	76.7 ± 0.4	78.0 ± 0.3
[70, 85)	85.2 ± 0.3	86.1 ± 0.3	75.6 ± 0.6	77.4 ± 0.4
[85, 100)	85.6 ± 0.2	85.5 ± 0.1	74.7 ± 0.3	76.1 ± 0.2
[100, 125)	85.1 ± 0.2	85.9 ± 0.2	75.0 ± 0.3	76.6 ± 0.2
[125, 150)	85.0 ± 0.3	85.2 ± 0.3	73.3 ± 0.6	75.0 ± 0.4
[150, 200)	84.8 ± 0.4	84.2 ± 0.3	71.3 ± 0.7	74.4 ± 0.6
[200, 400)	83.6 ± 0.2	83.4 ± 0.1	71.3 ± 0.3	73.7 ± 0.3

Para el cálculo del valor nominal se utilizaron muestras MC de señal simuladas con PYTHIA, combinadas según su luminosidad equivalente,¹ que contienen tantos fotones producidos en la interacción dura como fotones de fragmentación. Los valores estimados son presentados en la Tabla 6.1, como función de $E_{T,\text{true}}$ y en las cuatro regiones de η .

La eficiencia total estimada para fotones con $45 \text{ GeV} \leq E_T < 400 \text{ GeV}$ es $\sim 85\%$ (75%) en la región del *barrel* (*endcap*). La principal ineficiencia ($\sim 10\%$) es causada por la preselección, debido a que los enlaces ópticos (OTx) inactivos en el ECAL representan cierta pérdida de aceptación en el detector. Una reducción de eficiencia similar es causada por el criterio de aislamiento en la región $1.52 \leq |\eta| < 1.81$, donde el aislamiento se ve afectado por la mayor concentración de material inactivo previo al ECAL. La eficiencia fue estudiada separadamente para fotones creados en la interacción dura y de fragmentación. El comportamiento observado, compatible dentro del 3%, puede observarse en la Fig. 6.1 como función de $E_{T,\text{true}}$.

6.2 Eficiencia de Identificación

La eficiencia de identificación se define, similarmente al caso anterior, como la probabilidad de que aquellos fotones directos reconstruidos con η en el k -ésimo intervalo de pseudorapidez y con una energía de aislamiento $E_T^{\text{iso}} < 3 \text{ GeV}$ sean aceptados por los criterios de identificación *tight* detallados en la Sec. 5.2:

$$\varepsilon^{\text{ID},k}(E_{T,\text{reco}}) \equiv \frac{dN(\eta_{k,1} \leq |\eta_{\text{reco}}| < \eta_{k,2}, E_{T,\text{reco}}^{\text{iso}} < 3 \text{ GeV}, \text{tight}_{\text{ID}})/dE_{T,\text{reco}}}{dN(\eta_{k,1} \leq |\eta_{\text{reco}}| < \eta_{k,2}, E_{T,\text{reco}}^{\text{iso}} < 3 \text{ GeV})/dE_{T,\text{reco}}} \quad (6.2)$$

¹La sección eficaz a LO de las muestras en PYTHIA (Tabla 4.3) es usada para calcular la luminosidad equivalente según los eventos simulados en cada caso y normalizar cada muestra a una luminosidad común.

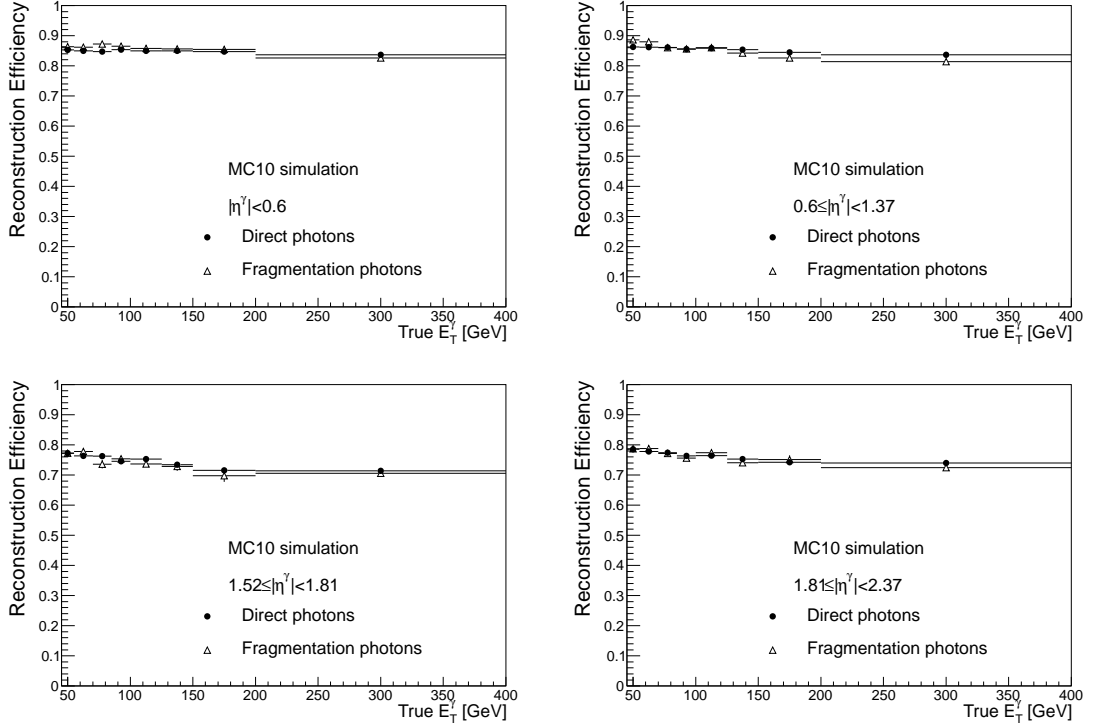


Figura 6.1. Eficiencia de reconstrucción para fotones creados en la interacción dura y fotones de fragmentación, como función de $E_{T,\text{true}}$ en los cuatro intervalos de pseudorapidez estudiados.

En general, se procura estimar la eficiencia de los criterios de identificación (ϵ^{ID}) directamente de los datos bajo estudio, lo que requiere aislar una muestra pura de las partículas de interés. Para ello se han diseñado diversos métodos, dependiendo de la naturaleza de las partículas y de sus mecanismos de producción. En el caso de electrones, se aplica típicamente el llamado método de «*tag and probe*» [98], en donde, por ejemplo, dado un electrón identificado (*tag*) se analiza si existe otro electrón en el evento (*probe*) en la región del detector y con un cuadrimomento compatible con la cinemática de un decaimiento $Z \rightarrow e e$ (i.e. tal que la masa invariante del par corresponda a aquella del bosón originario). Lo mismo aplica en el caso del decaimiento $W \rightarrow e \nu$, donde el neutrino —en forma de energía perdida transversa (\cancel{E}_T) medida en el detector— se utiliza como *tag*.

Para fotones, en cambio, no existe ningún proceso con una resonancia conocida en el rango de E_T analizado en esta tesis, por lo que tal procedimiento no es posible y debe recurrirse a simulaciones MC.² No obstante, es sabido que el MC no reproduce perfectamente las lluvias electromagnéticas de fotones/electrones observadas en los datos. Para tener esto en cuenta, se ha desarrollado un método para corregir las variables de

²Estudios de este tipo son posibles en principio en decaimientos radiativos del bosón Z (i.e. $Z \rightarrow l l \gamma$). Sin embargo, el bajo rango de E_T del fotón accesible ($\lesssim 30$ GeV) y la escasa estadística disponible al presente —debido a la baja sección eficaz de producción de estos procesos— no permiten su aplicación en el análisis en esta tesis. Futuras medidas en ATLAS habrán de explotar la potencialidad de este método en la región baja del espectro.

discriminación (\mathcal{V}) simuladas, para obtener una estimación más realista y confiable de la eficiencia de identificación en el MC.

A continuación se presenta la comparación entre las distribuciones en datos y MC, y se describe la parametrización aplicada sobre la simulación para tener en cuenta las diferencias observadas. Luego se discuten las incertezas inherentes al método de corrección y la estimación final de los valores centrales de la eficiencia. Otras fuentes de incertezas son tratadas en la Sec. 6.4, junto a aquellas propias de la eficiencia de reconstrucción.

6.2.1 Variables de identificación en datos/MC

Ciertas diferencias han sido observadas entre las distribuciones de las variables utilizadas en la identificación de fotones (Véase Tabla 5.2) obtenidas en datos y en muestras MC de señal+fondo. En particular, se aprecia en los datos una mayor dispersión lateral en η , con respecto a lo esperado en la simulación. Esto afecta directamente a las variables relacionadas al perfil lateral de las lluvias en la segunda capa del ECAL como R_η y w_{η_2} . En las Fig. 6.2 y 6.3 se muestra la comparación de las distribuciones en datos y MC para estas dos variables, respectivamente, en la región $45 \text{ GeV} \leq E_T < 55 \text{ GeV}$ y $|\eta| < 0.6$. Las distribuciones de cada variable son extraídas separadamente para fotones convertidos y no convertidos pasando la preselección de la Sec. 4.4, en los distintos intervalos de E_T y $|\eta|$. Se requiere además que éstos sean aislados y que satisfagan el criterio de identificación *tight_y*,³ en el cual se aplican todos los cortes de la identificación *tight* (descrita en la Sec. 5.2) menos aquellos sobre la variable analizada y aquellas altamente correlacionadas a ésta, a fin de evitar truncar las distribuciones graficadas. La diferencia entre ambas distribuciones es cualitativamente evidente, y puede observarse en los paneles inferiores de cada figura.

La dependencia de esta diferencia con E_T se aprecia en la Fig. 6.4, para el caso de R_η en la región $|\eta| < 0.6$. Como puede observarse, a más alto E_T la distribución se vuelve más angosta y se aleja del valor de corte de selección. Un comportamiento similar se presenta en general para el resto de las variables de identificación. Esto beneficia la precisión del método en la estimación de la eficiencia, ya que reduce la sensibilidad de la misma a las diferencias residuales entre los datos y el MC.

La discrepancia entre las distribuciones de las variables de identificación puede, a primer orden, aproximarse como un pequeño corrimiento, calculado como la diferencia entre la media de cada distribución en datos y en MC, es decir :

$$\Delta\mu_{\mathcal{V}}^s = \langle \mathcal{V}_{\text{data}}^s \rangle - \langle \mathcal{V}_{\text{MC}}^s \rangle \quad (6.3)$$

donde el índice s indica el criterio de identificación (e.g. *tight*) que se ha aplicado para definir la muestra de candidatos de referencia, de donde se calculan los factores de corrección (*Fudge Factors* (FF)). En las Fig. 6.5–6.8 se muestran los valores de $\Delta\mu_{\mathcal{V}}^s$ para cada

³Véase Sec. 6.2.3 para más detalles.

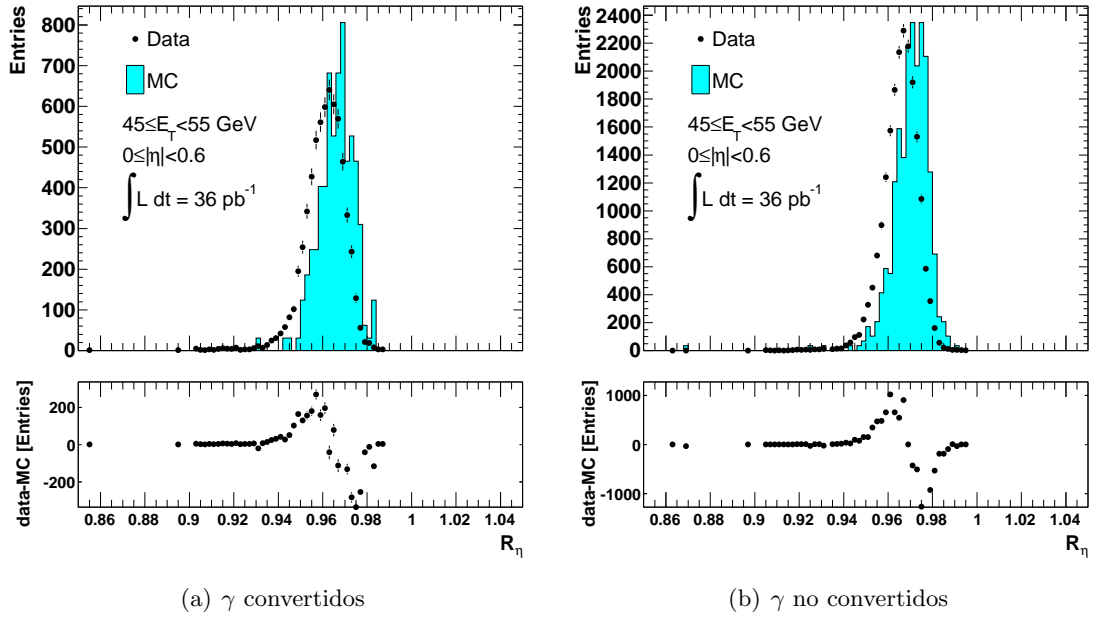


Figura 6.2. Ejemplo de la distribución R_η en datos y en MC para fotones convertidos (a) y no convertidos (b) en la región $|\eta| < 0.6$ y $E_T \in [45, 55)$ GeV, pasando la selección $tight_\gamma$. La distribución en MC ha sido normalizada al número de eventos en datos.

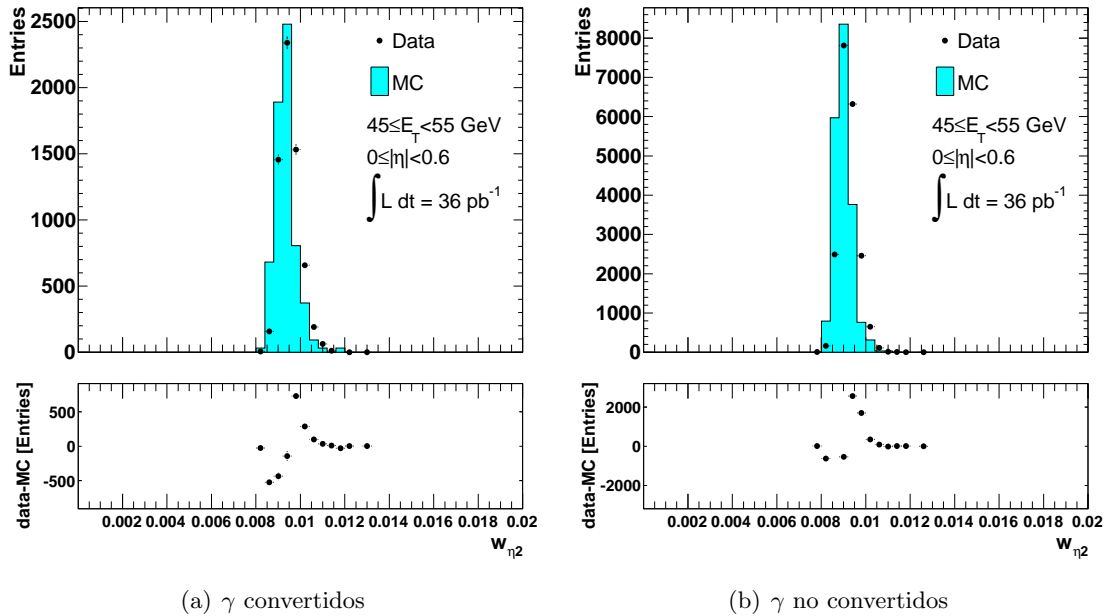


Figura 6.3. Ejemplo de la distribución w_{η_2} para fotones convertidos (a) y no convertidos (b) en datos y en MC para fotones con $E_T \in [45, 55)$ GeV y $|\eta| < 0.6$, pasando la selección $tight_\gamma$. La distribución en MC ha sido normalizada al número de eventos en datos.

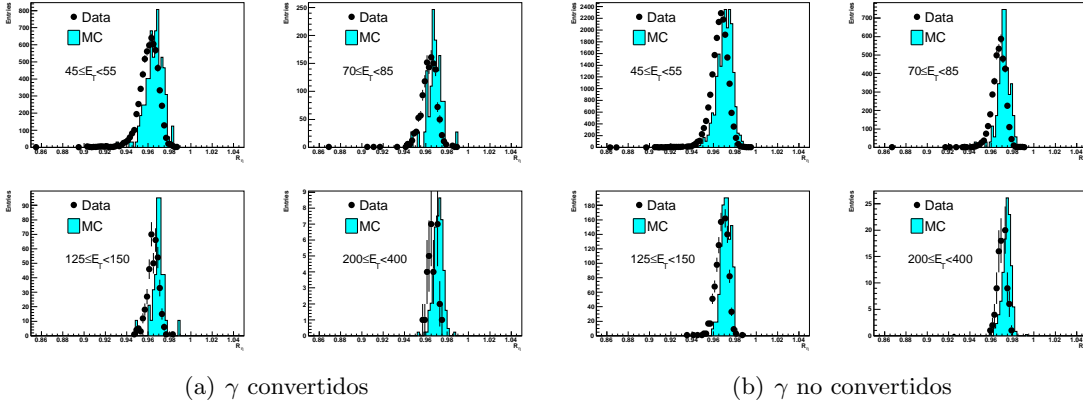


Figura 6.4. Distribución de R_η como función de E_T [GeV] para fotones convertidos (a) y no convertidos (b) en datos y en MC para fotones en la región $|\eta| < 0.6$, pasando la selección $tight_y$. La distribución en MC ha sido normalizada al número de eventos en datos.

una de las variables de identificación, como función de E_T en las distintas regiones de η , para fotones *tight* convertidos y no convertidos. En general, se puede observar que el factor de corrección tiende a disminuir con E_T , como se ha notado anteriormente. La contaminación del fondo en la muestra —más sensible a los detalles de la simulación— también disminuye como función de E_T , reduciendo el impacto de una incorrecta descripción del mismo sobre las distribuciones de referencia.

En la sección siguiente se describe cómo utilizar estos factores de corrección en el MC, a fin de obtener una descripción de las variables de identificación más cercana a la observada en los datos.

6.2.2 Corrección del MC para la estimación de la eficiencia

Aunque el origen de las discrepancias observadas entre datos y MC no se conoce completamente aún,⁴ el impacto de éstas en la estimación de la eficiencia de identificación es evidente. A fin de tener en cuenta este hecho, el MC es corregido evento a evento para mejorar el modelado de las variables de identificación (i.e. para emular aquellas observadas en los datos). La diferencia de la media de cada distribución en datos y en MC, $\Delta\mu_{\mathcal{V}}^s$, es utilizada como factor de corrección a las respectivas variables de fotones directos en la simulación (\mathcal{V}), como función de E_T y η :

$$\mathcal{V}^{\text{corr}}(E_T, \eta) = \mathcal{V}(E_T, \eta) + \Delta\mu_{\mathcal{V}}^s(E_T, \eta) \quad (6.4)$$

La identificación *tight* es entonces aplicada sobre las variables de cada candidato luego de la corrección, $\mathcal{V}^{\text{corr}}$, y se estima la eficiencia en la muestra global de acuerdo a la

⁴Entre las posibles razones, se ha mostrado recientemente que una descripción más exacta del material absorbente en el ECAL y ciertas configuraciones alternativas del modelo de evolución de las lluvias electromagnéticas contribuyen a una reducción parcial de las discrepancias entre la simulación y los datos.

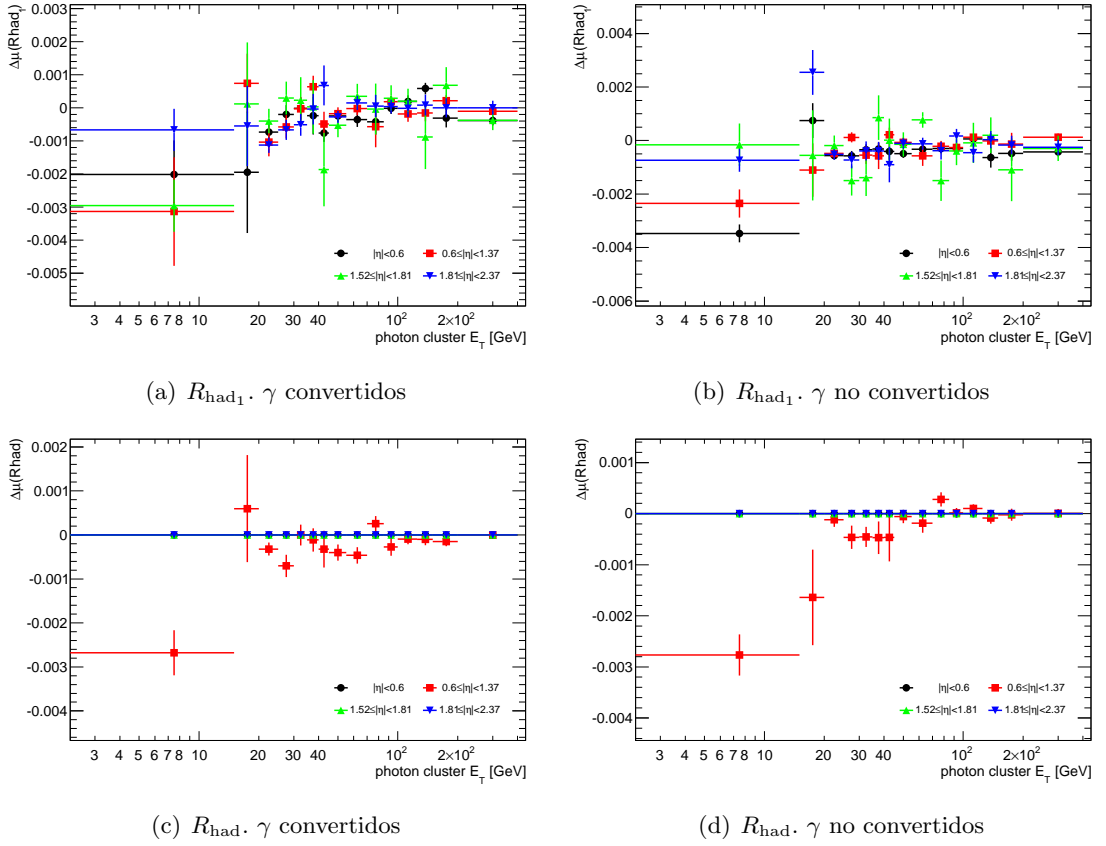
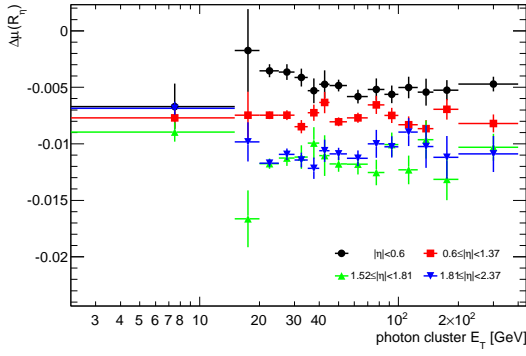


Figura 6.5. Diferencia $\Delta\mu(R_{\text{had}_1})$ y $\Delta\mu(R_{\text{had}})$ entre la distribución de cada variable en datos y en Monte Carlo como función de E_T , para fotones convertidos y no convertidos luego de la identificación *tight*. R_{had_1} se utiliza en la identificación sólo para fotones con $|\eta| < 0.8$ o $|\eta| \geq 1.37$, mientras que R_{had} se aplica sólo en la región $0.8 \leq |\eta| < 1.37$.

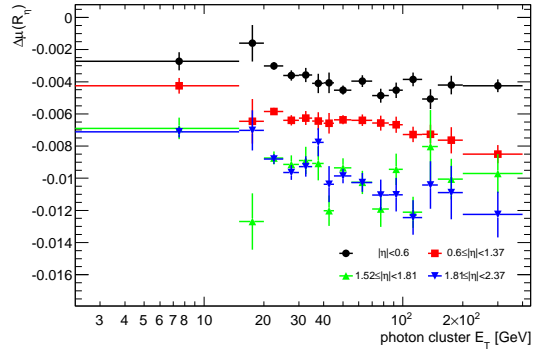
Ec. 6.2. De esta forma, aplicando las correcciones evento a evento, se tienen en cuenta las correlaciones entre las distintas variables según las describe el MC. Para construir las distribuciones de referencia se ha decidido aplicar la identificación *tight* tanto en datos como en MC, a fin de minimizar el impacto del fondo en la muestra seleccionada, cuya composición puede no estar correctamente modelada en la simulación. Las incertezas sistemáticas relacionadas a la elección de la muestra de referencia es discutida en la sección siguiente. La eficiencia obtenida antes y después de corregir el MC puede observarse en la Fig. 6.9, donde se aprecia una degradación $< 4\%$ en la eficiencia luego de la corrección con respecto a la simulación nominal. La diferencia entre ambas decrece como función de E_T , de acuerdo a la reducción de los factores de corrección mencionada anteriormente.

6.2.3 Elección del valor central e incertezas del método

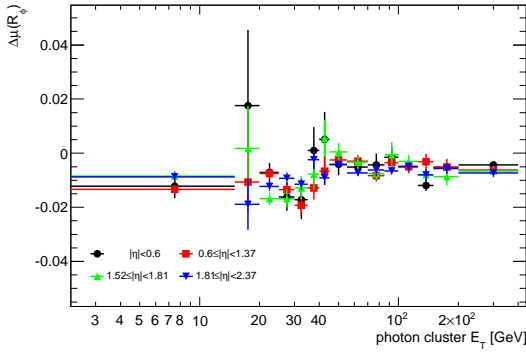
A fin de decidir el valor central que debe escogerse para la medida final de la sección eficaz, se deben evaluar las incertezas sistemáticas inherentes al método de estimación, en relación a la precisión esperada y a la sensibilidad del mismo a la definición de la muestra



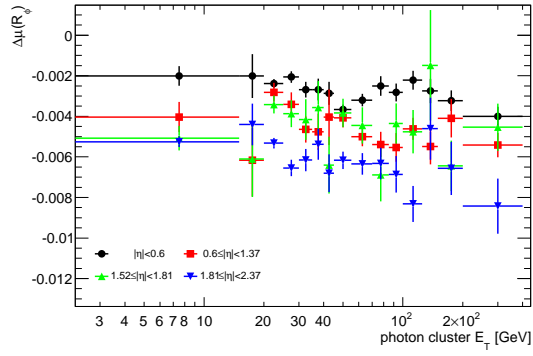
(a) R_η . γ convertidos



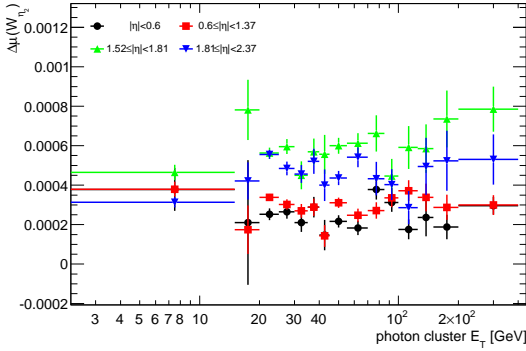
(b) R_η . γ no convertidos



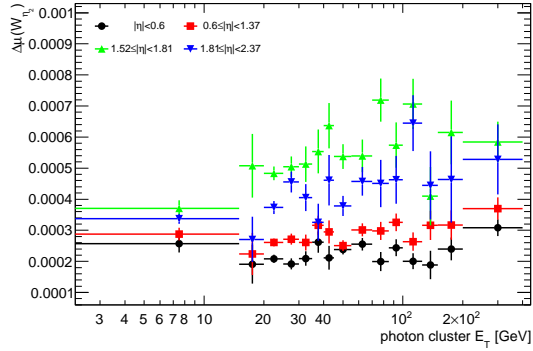
(c) R_ϕ . γ convertidos



(d) R_ϕ . γ no convertidos



(e) w_{η_2} . γ convertidos



(f) w_{η_2} . γ no convertidos

Figura 6.6. Diferencia $\Delta\mu(R_\eta)$, $\Delta\mu(R_\phi)$ y $\Delta\mu(w_{\eta_2})$ entre la distribución de cada variable en datos y en Monte Carlo como función de E_T , para fotones convertidos y no convertidos luego de la identificación *tight*.

de referencia.

Precisión del método de corrección

La prescripción para corregir la simulación discutida en la sección anterior supone que las discrepancias entre datos y MC pueden ser aproximadas por un simple corrimiento. Para evaluar las incertezas sistemáticas relacionadas a esta suposición, se ha realizado un

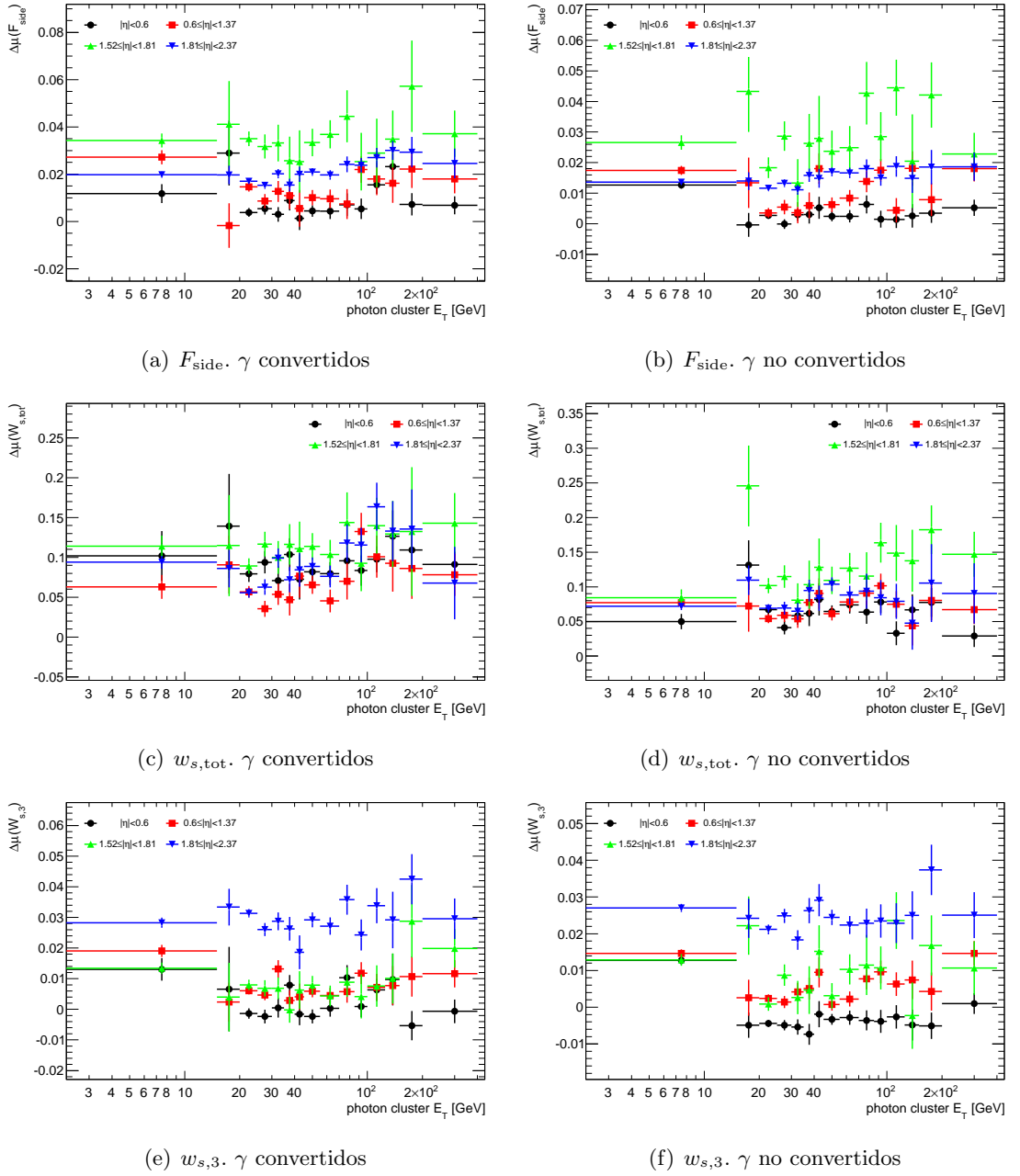


Figura 6.7. Diferencia $\Delta\mu(F_{\text{side}})$, $\Delta\mu(w_{s,\text{tot}})$ y $\Delta\mu(w_{s,3})$ entre la distribución de cada variable en datos y en Monte Carlo como función de E_T , para fotones convertidos y no convertidos luego de la identificación *tight*.

test de «clausura» sobre simulaciones de eventos de señal. El procedimiento de corrección es aplicado comparando las variables de identificación en muestras MC simuladas con la geometría nominal y con la geometría «distorsionada» (Tabla 4.3). Producto de esta comparación, se obtienen los factores de corrección según la Ec. 6.3 como función de E_T y η —donde ahora por «datos» se entiende el MC con geometría modificada— y se corrige el MC nominal según la Ec. 6.4. Esta eficiencia luego de la corrección del MC

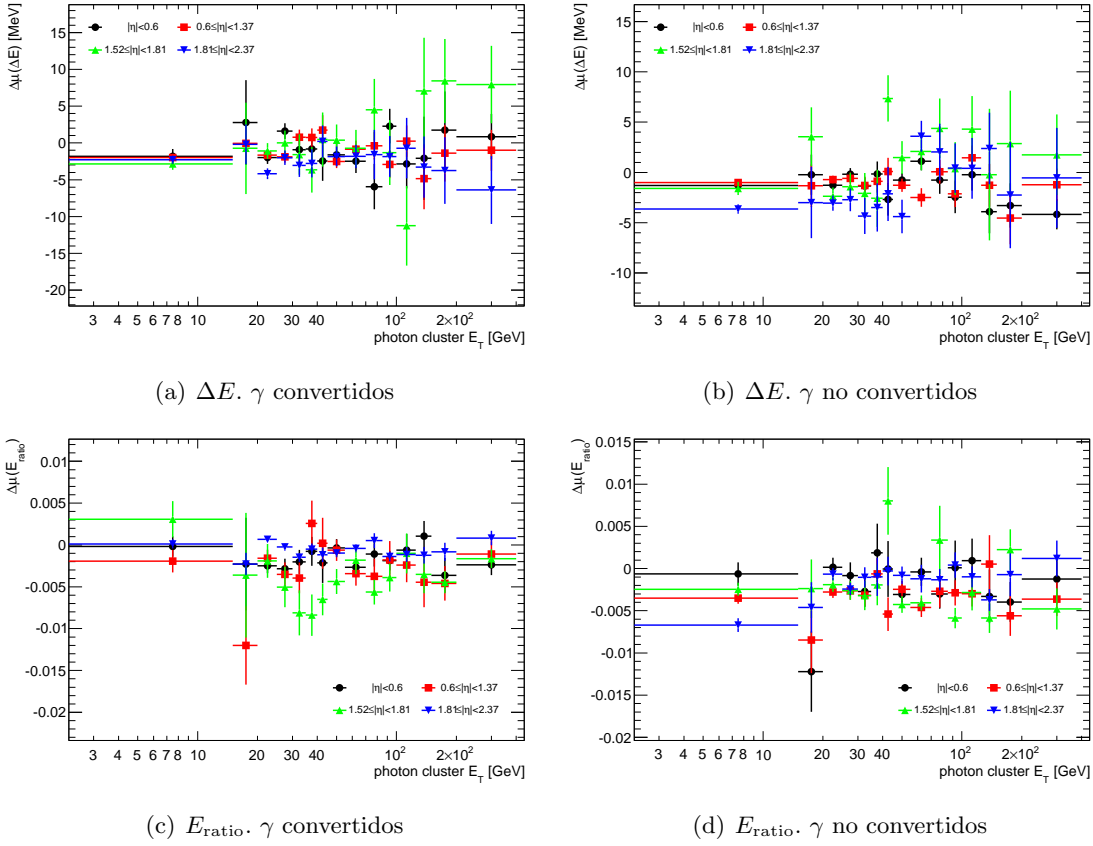


Figura 6.8. Diferencia $\Delta\mu(\Delta E)$ y $\Delta\mu(E_{ratio})$ entre la distribución de cada variable en datos y en Monte Carlo como función de E_T , para fotones convertidos y no-convertidos luego de la identificación *tight*.

nominal ($\varepsilon_{nominal}^{corr}$) debe entonces aproximar aquella calculada directamente sobre el MC distorsionado ($\varepsilon_{distorted}$). La diferencia encontrada entre ambas, $\Delta\varepsilon_{method}$, se muestra en la Tabla 6.2 como función de E_T y η para fotones convertidos, fotones no convertidos y para la muestra total, según la composición predicha por PYTHIA. Esto demuestra la aplicabilidad de la aproximación, donde las distorsiones en las variables de identificación están bien modeladas por un simple corrimiento; especialmente a más altas energías transversas, en la zona central del detector (i.e. η pequeño) y para fotones no convertidos. La mayor desviación es de $\sim 3\%$ para fotones convertidos, mientras que para la muestra total en la región $E_T > 45$ GeV, la aproximación reproduce la eficiencia nominal dentro del 1%.

Definición de la muestra de referencia

La determinación de los factores de corrección (Ec. 6.4) requiere una dada selección para construir las distribuciones de referencia. Es decir, ciertos criterios de identificación son aplicados sobre todos los candidatos a fotones reconstruidos en los datos y en el MC. La elección de estos criterios influye en la composición de la muestra de referencia, y por

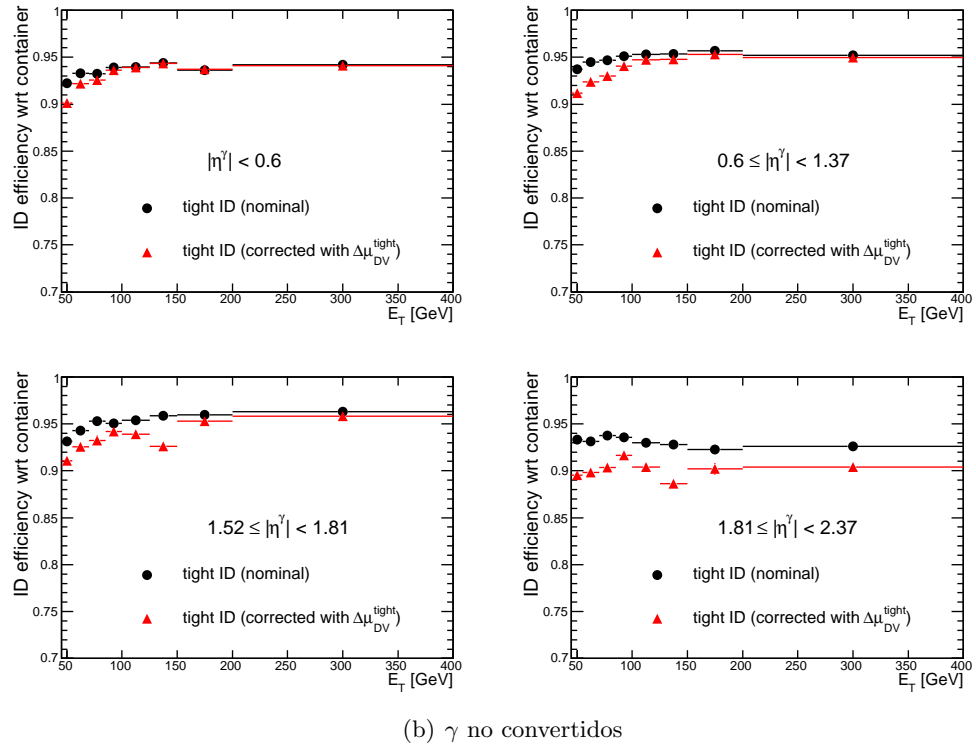
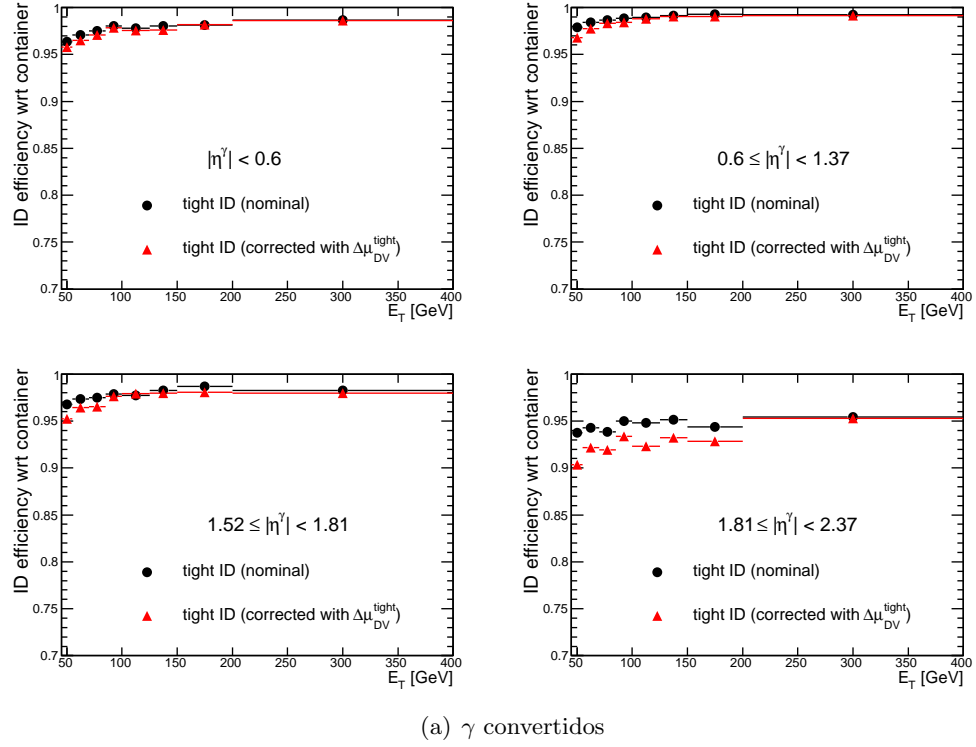


Figura 6.9. Eficiencia de identificación *tight*, ε^{ID} , obtenida en MC antes (puntos negros) y después (triángulos rojos) de la corrección $\Delta\mu_{\gamma}^{\text{tight}}$, como función de la energía transversa en el rango $45 \text{ GeV} \leq E_T < 400 \text{ GeV}$ para fotones (a) convertidos y (b) no convertidos.

Tabla 6.2. Diferencia absoluta entre la eficiencia obtenida luego de la corrección del MC nominal y la obtenida directamente en el MC distorsionado, en los distintos intervalos de E_T y η .

E_T [GeV]	$\Delta\varepsilon_{\text{method}} = \varepsilon_{\text{distorted}} - \varepsilon_{\text{nominal}}^{\text{corr}} $ [%]			
	η			
	0-0.6	0.6-1.37	1.52-1.81	1.81-2.37
γ no convertidos				
[45, 55)	0.8 ± 0.5	0.1 ± 0.4	0.1 ± 0.8	0.8 ± 0.6
[55, 70)	1.0 ± 0.5	0.6 ± 0.5	0.4 ± 1.0	0.8 ± 0.7
[70, 85)	0.2 ± 0.8	0.4 ± 0.7	0.1 ± 1.5	1.7 ± 1.3
[85, 100)	0.7 ± 0.4	0.7 ± 0.3	0.2 ± 0.7	0.5 ± 0.6
[100, 125)	0.7 ± 0.5	1.4 ± 0.3	1.3 ± 0.7	1.1 ± 0.7
[125, 150)	1.0 ± 0.8	0.5 ± 0.6	1.4 ± 1.6	2.1 ± 1.2
[150, 200)	0.1 ± 1.0	0.1 ± 0.8	3.3 ± 1.0	2.3 ± 1.5
[200, 400)	0.3 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.0 ± 0.3	1.5 ± 0.4
γ convertidos				
[45, 55)	0.0 ± 0.6	0.2 ± 0.3	1.6 ± 0.8	0.3 ± 0.6
[55, 70)	0.9 ± 0.7	0.6 ± 0.4	1.0 ± 0.8	0.5 ± 0.7
[70, 85)	1.8 ± 0.5	0.4 ± 0.6	0.4 ± 1.2	0.3 ± 1.2
[85, 100)	0.2 ± 0.5	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.5	0.4 ± 0.6
[100, 125)	0.6 ± 0.5	0.4 ± 0.2	0.7 ± 0.5	0.6 ± 0.6
[125, 150)	0.4 ± 0.8	0.1 ± 0.4	0.1 ± 0.8	1.0 ± 1.0
[150, 200)	0.6 ± 1.1	0.1 ± 0.5	1.5 ± 0.0	0.1 ± 1.6
[200, 400)	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	0.0 ± 0.4
TOTAL				
[45, 55)	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.1
[55, 70)	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.2
[70, 85)	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.3	0.3 ± 0.3
[85, 100)	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	0.4 ± 0.1
[100, 125)	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.2
[125, 150)	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.3
[150, 200)	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.4 ± 0.3	0.1 ± 0.4
[200, 400)	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.1	0.1 ± 0.1

ende en la estimación de las correcciones derivadas de la comparación de las distribuciones. En la Fig. 6.10 se puede observar la contribución de cada componente de la señal (fotones de la interacción dura y de fragmentación) y del fondo (principalmente π^0 s), luego de aplicar diferentes criterios de identificación y aislamiento. Como es de esperar, la relación señal/fondo aumenta de acuerdo a la severidad de la identificación, particularmente luego de aplicar el aislamiento calorimétrico. Dependiendo de la selección aplicada, además, algunas (e.g. para la identificación *loose*) o todas (para la identificación *tight*) las distribuciones son truncadas en el valor de corte adoptado, lo que puede causar un sesgo en la

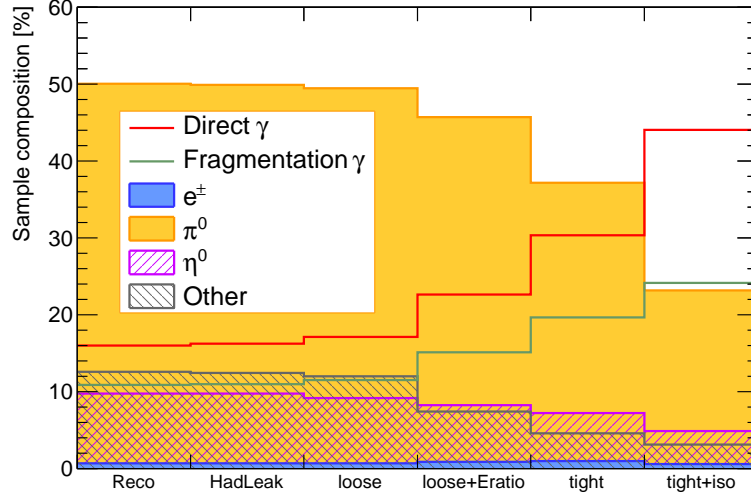


Figura 6.10. Composición de señal y fondo en la muestra remanente luego de cada categoría de identificación de fotones y del corte de aislamiento calorimétrico.

estimación de la media de cada variable y, en consecuencia, en la diferencia $\Delta\mu_V^s$.

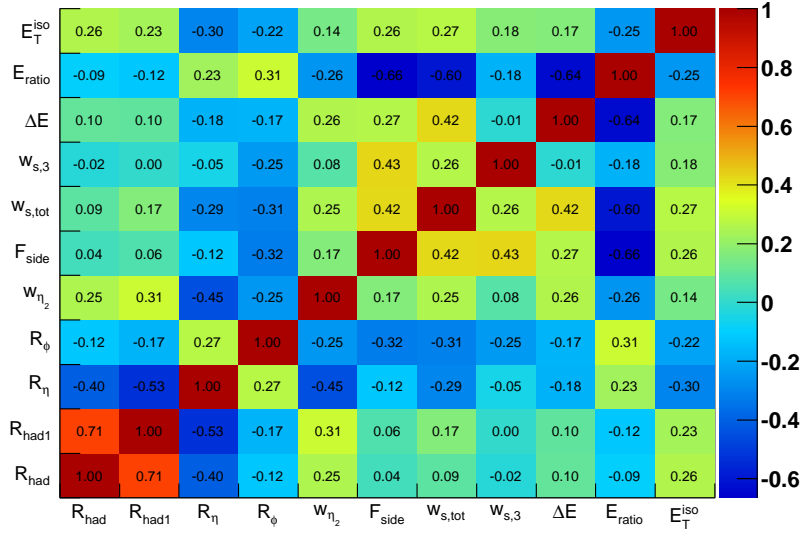
Para evaluar el impacto de estos efectos sobre la eficiencia obtenida en el MC corregido, los factores de corrección fueron calculados para distintas muestras de referencia, correspondientes a diferentes criterios de identificación (Tabla 6.3): *tight*, *loose* y dos modificaciones de la selección *tight* en donde se ignora el corte de la variable de comparación (*tight_x*) y el de aquellas variables correlacionadas⁵ a ella (*tight_y*), según se observa en la Fig. 6.11 para los datos de este análisis. Patrones de correlación similares han sido observados en las muestras de señal simuladas.

Tabla 6.3. Definiciones de las muestras de referencia utilizadas para el cálculo de los factores de corrección $\Delta\mu_V^s$.

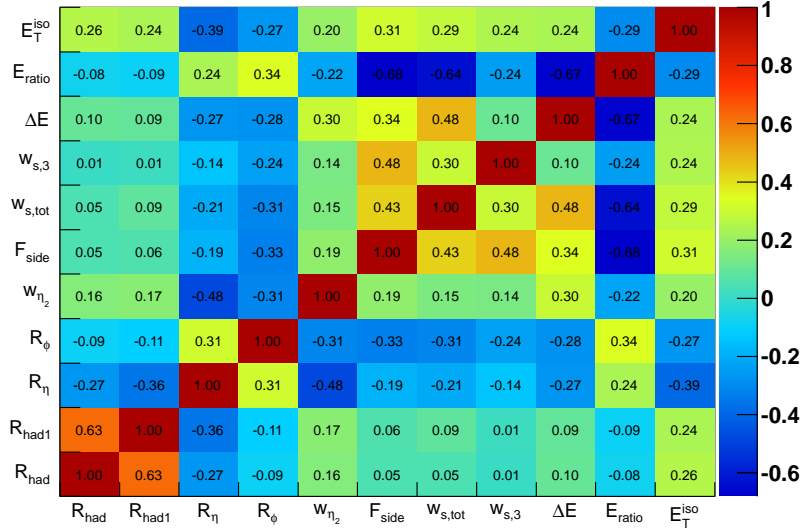
s	$\Delta\mu_V^s$ calculados en datos y MC a partir de :
<i>loose</i>	todos los candidatos <i>loose</i> .
<i>tight</i>	todos los candidatos <i>tight</i> .
<i>tight_x</i>	todos los candidatos aceptados por la identificación <i>tight</i> , menos el corte sobre la variable de comparación.
<i>tight_y</i>	todos los candidatos aceptados por la identificación <i>tight</i> , menos los cortes sobre la variable de comparación y aquellas correlacionadas con la misma, agrupadas como: $(R_{\text{had}}, R_{\text{had}_1})$; (R_η, w_{η_2}) ; (R_ϕ) ; $(F_{\text{side}}, w_{s,3}, w_{s,\text{tot}})$; $(\Delta E, E_{\text{ratio}})$.

La eficiencias obtenidas en el MC corregido por los factores calculados a partir de las muestras de referencia *tight*, *tight_x* y *tight_y* resultaron compatibles dentro de un 0.5%,

⁵El factor de correlación (ρ) entre dos variables x,y está dado por: $\rho = (\langle xy \rangle - \langle x \rangle \langle y \rangle) / \sigma_x \sigma_y$.



(a) γ convertidos



(b) γ no convertidos

Figura 6.11. Correlación entre las variables de identificación y de aislamiento, para fotones (a) convertidos y (b) no convertidos reconstruidos con $E_T > 45$ GeV y $|\eta| < 2.37$, en los datos utilizados en este análisis (Períodos G-I). La región $1.37 \leq |\eta| < 1.52$ ha sido excluida.

mostrando que el truncamiento de las distribuciones de las variables de identificación no tiene un impacto significativo sobre la estimación final. Las eficiencias calculadas usando los factores $\Delta\mu_{\gamma}^{loose}$ y $\Delta\mu_{\gamma}^{tight}$ presentaron la mayor discrepancia. Estas diferencias, $\Delta\epsilon_{sample}$, se han adoptado como las incertezas sistemáticas asociadas a la definición de la muestra de referencia (i.e. de la composición del fondo remanente) y figuran en la Tabla 6.4, para

fotones convertidos, no convertidos y para la muestra inclusiva según las predicciones de PYTHIA.

Tabla 6.4. Incertezas sistemáticas de la eficiencia de identificación asociadas a la elección de la muestra de referencia utilizada para calcular los factores de corrección $\Delta\mu_{\gamma}^s$.

	$\Delta\varepsilon_{\text{sample}} = \varepsilon_{\Delta\mu_{\gamma}^{\text{loose}}}^{\text{corr}} - \varepsilon_{\Delta\mu_{\gamma}^{\text{tight}}}^{\text{corr}} $ [%]			
E_T [GeV]	η			
	0-0.6	0.6-1.37	1.52-1.81	1.81-2.37
γ no convertidos				
[45, 55)	1.0 ± 0.2	0.6 ± 0.2	0.3 ± 0.4	1.0 ± 0.3
[55, 70)	0.2 ± 0.3	0.7 ± 0.2	0.1 ± 0.5	0.9 ± 0.4
[70, 85)	0.6 ± 0.4	0.0 ± 0.4	0.6 ± 0.8	0.2 ± 0.6
[85, 100)	0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.3	4.2 ± 0.3
[100, 125)	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.4	0.7 ± 0.4
[125, 150)	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.8	1.9 ± 0.7
[150, 200)	0.0 ± 0.4	0.2 ± 0.4	0.6 ± 0.8	2.1 ± 0.9
[200, 400)	0.3 ± 0.1	0.0 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.7 ± 0.2
γ convertidos				
[45, 55)	0.6 ± 0.3	0.3 ± 0.2	0.5 ± 0.3	2.4 ± 0.3
[55, 70)	0.8 ± 0.3	0.2 ± 0.2	0.0 ± 0.4	1.0 ± 0.4
[70, 85)	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.3	0.1 ± 0.6	1.9 ± 0.6
[85, 100)	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	0.7 ± 0.3
[100, 125)	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.2	2.1 ± 0.3
[125, 150)	0.2 ± 0.4	0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.4	0.3 ± 0.6
[150, 200)	0.0 ± 0.4	0.1 ± 0.2	0.3 ± 0.5	0.0 ± 0.8
[200, 400)	0.0 ± 0.1	0.0 ± 0.03	0.0 ± 0.1	0.0 ± 0.2
TOTAL				
[45, 55)	1.0 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.3	1.7 ± 0.2
[55, 70)	0.3 ± 0.2	0.5 ± 0.2	0.0 ± 0.3	0.0 ± 0.3
[70, 85)	0.5 ± 0.3	0.0 ± 0.3	0.3 ± 0.5	1.0 ± 0.5
[85, 100)	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	1.9 ± 0.2
[100, 125)	0.1 ± 0.2	0.0 ± 0.1	0.1 ± 0.2	1.4 ± 0.2
[125, 150)	0.0 ± 0.3	0.1 ± 0.2	0.0 ± 0.4	0.8 ± 0.5
[150, 200)	0.0 ± 0.4	0.2 ± 0.2	0.5 ± 0.5	1.1 ± 0.6
[200, 400)	0.3 ± 0.1	0.0 ± 0.04	0.1 ± 0.1	0.4 ± 0.1

Las dos fuentes de incerteza, $\Delta\varepsilon_{\text{method}}$ y $\Delta\varepsilon_{\text{sample}}$, contribuyen a la incerteza sistemática global del método de corrección y son combinadas cuadráticamente

$$\sigma_{\varepsilon_{\text{ID}}}^{\text{MC corr}} = \sqrt{\Delta\varepsilon_{\text{method}}^2 + \Delta\varepsilon_{\text{sample}}^2} \quad (6.5)$$

suponiendo que no hay correlación entre ellas (Tabla 6.5).

Tabla 6.5. Incerteza sistemática total asociada al método de corrección al MC para la estimación de la eficiencia de identificación, como función de E_T y η , y separadamente para fotones convertidos y no convertidos.

E_T [GeV]	$\sigma_{\varepsilon_{\text{ID}}}^{\text{MC corr}} = \sqrt{\Delta\varepsilon_{\text{method}}^2 + \Delta\varepsilon_{\text{sample}}^2}$			
	η			
	0-0.6	0.6-1.37	1.52-1.81	1.81-2.37
γ no convertidos				
[45, 55)	1.34	0.57	0.34	1.11
[55, 70)	1.00	0.92	0.38	0.98
[70, 85)	0.59	0.43	0.64	0.77
[85, 100)	0.71	0.68	0.21	4.21
[100, 125)	0.69	1.40	1.29	0.79
[125, 150)	1.05	0.60	1.38	1.96
[150, 200)	0.07	0.25	3.31	2.25
[200, 400)	0.43	0.53	0.22	0.73
γ convertidos				
[45, 55)	0.63	0.35	1.68	2.46
[55, 70)	1.19	0.66	0.95	1.12
[70, 85)	1.85	0.45	0.37	1.99
[85, 100)	0.19	0.17	0.22	0.84
[100, 125)	0.65	0.38	0.66	2.22
[125, 150)	0.45	0.09	0.20	1.04
[150, 200)	0.65	0.08	1.49	0.11
[200, 400)	0.19	0.06	0.08	0.04
TOTAL				
[45, 55)	1.07	0.67	0.77	1.75
[55, 70)	0.43	0.61	0.40	0.37
[70, 85)	0.62	0.18	0.33	1.08
[85, 100)	0.17	0.14	0.17	1.93
[100, 125)	0.18	0.05	0.13	1.41
[125, 150)	0.18	0.20	0.08	0.86
[150, 200)	0.18	0.20	0.61	1.13
[200, 400)	0.27	0.01	0.11	0.37

Dado que los factores $\Delta\mu_{\gamma}^{\text{tight}}$ permiten modelar mejor en las simulaciones de señal las distribuciones observadas en datos, a la vez que minimizan el potencial sesgo introducido por una distinta composición del fondo en datos y en MC, han sido elegidos para la estimación del valor central de la eficiencia de identificación, requerido para la medida final de la sección eficaz detallada en el Cap. 8. Los valores obtenidos —en rojo en la Fig. 6.9— figuran en la Tabla 6.6 para la muestra de señal inclusiva, donde los fotones producidos en

la interacción dura y los fotones de fragmentación han sido combinados según la sección eficaz predicha por PYTHIA para cada tipo. Las incertezas son sólo estadísticas.

Tabla 6.6. Valor central de la eficiencia de identificación, ε^{ID} , estimado en el MC luego de las correcciones lineales aplicadas para modelar las distribuciones en datos (Ver texto para más detalles). Las muestras simuladas contienen tanto fotones producidos en la interacción dura como fotones de fragmentación, combinados de acuerdo a la sección eficaz de producción de cada tipo predicha por PYTHIA. Las incertezas son sólo estadísticas.

E_T [GeV]	$\varepsilon^{\text{ID},k} \text{corrected} [\%]$			
	η			
	0-0.6	0.6-1.37	1.52-1.81	1.81-2.37
γ no convertidos				
[45, 55)	90.1 \pm 0.2	91.2 \pm 0.1	91.1 \pm 0.3	89.5 \pm 0.2
[55, 70)	92.2 \pm 0.2	92.4 \pm 0.2	92.5 \pm 0.4	89.8 \pm 0.3
[70, 85)	92.6 \pm 0.3	93.0 \pm 0.3	93.2 \pm 0.6	90.3 \pm 0.5
[85, 100)	93.6 \pm 0.1	94.0 \pm 0.1	94.2 \pm 0.2	91.6 \pm 0.2
[100, 125)	93.9 \pm 0.1	94.7 \pm 0.1	93.9 \pm 0.3	90.4 \pm 0.3
[125, 150)	94.3 \pm 0.2	94.8 \pm 0.2	92.6 \pm 0.5	88.6 \pm 0.5
[150, 200)	93.7 \pm 0.3	95.3 \pm 0.3	95.3 \pm 0.5	90.2 \pm 0.6
[200, 400)	94.1 \pm 0.1	94.9 \pm 0.1	95.8 \pm 0.1	90.4 \pm 0.2
γ convertidos				
[45, 55)	95.8 \pm 0.2	96.8 \pm 0.1	95.2 \pm 0.2	90.3 \pm 0.2
[55, 70)	96.5 \pm 0.2	97.8 \pm 0.1	96.4 \pm 0.3	92.2 \pm 0.3
[70, 85)	97.1 \pm 0.4	98.3 \pm 0.2	96.5 \pm 0.4	91.9 \pm 0.5
[85, 100)	97.8 \pm 0.1	98.4 \pm 0.1	97.6 \pm 0.2	93.4 \pm 0.2
[100, 125)	97.6 \pm 0.2	98.8 \pm 0.1	97.9 \pm 0.2	92.3 \pm 0.3
[125, 150)	97.6 \pm 0.3	99.0 \pm 0.1	98.0 \pm 0.3	93.2 \pm 0.4
[150, 200)	98.2 \pm 0.3	99.1 \pm 0.2	98.1 \pm 0.4	92.8 \pm 0.6
[200, 400)	98.6 \pm 0.1	99.1 \pm 0.1	98.0 \pm 0.1	95.3 \pm 0.1
TOTAL				
[45, 55)	91.3 \pm 0.1	93.2 \pm 0.1	93.0 \pm 0.2	89.9 \pm 0.2
[55, 70)	93.1 \pm 0.2	94.3 \pm 0.1	94.4 \pm 0.2	90.9 \pm 0.2
[70, 85)	93.6 \pm 0.2	94.9 \pm 0.2	94.8 \pm 0.3	91.1 \pm 0.3
[85, 100)	94.6 \pm 0.1	95.6 \pm 0.1	95.8 \pm 0.1	92.5 \pm 0.1
[100, 125)	94.7 \pm 0.1	96.2 \pm 0.1	96.0 \pm 0.2	91.3 \pm 0.2
[125, 150)	95.1 \pm 0.2	96.3 \pm 0.1	95.0 \pm 0.3	90.6 \pm 0.3
[150, 200)	94.7 \pm 0.2	96.7 \pm 0.2	96.7 \pm 0.3	91.5 \pm 0.4
[200, 400)	95.2 \pm 0.1	96.5 \pm 0.1	97.0 \pm 0.1	92.8 \pm 0.1

6.3 Eficiencia del Trigger

Como se ha mencionado en la Sec. 4.3.3, los datos analizados en esta tesis han sido seleccionados por la cadena del trigger `g40_loose`, con al menos un fotón identificado con $E_T > 40$ GeV. El cálculo de la sección eficaz requiere entonces conocer la eficiencia de este requerimiento. Dado que ε^{ID} ha sido aquí definida respecto al nivel reconstruido, la eficiencia del trigger es definida con respecto a la identificación *offline* como:

$$\varepsilon^{\text{trigger},k}(E_{T,\text{reco}}) \equiv \frac{dN(\eta_{k,1} \leq |\eta_{\text{reco}}| < \eta_{k,2}, E_{T,\text{reco}}^{\text{iso}} < 3 \text{ GeV}, \text{tightID}, \text{g40_loose})/dE_{T,\text{reco}}}{dN(\eta_{k,1} \leq |\eta_{\text{reco}}| < \eta_{k,2}, E_{T,\text{reco}}^{\text{iso}} < 3 \text{ GeV}, \text{tightID})/dE_{T,\text{reco}}} \quad (6.6)$$

donde $\eta_{k,i}$ denota los límites del k -ésimo ($k = 1, \dots, 4$) intervalo de pseudorapidez definido para la medida de la sección eficaz en este análisis. Es decir, deseamos conocer la fracción de eventos, con al menos un fotón reconstruido satisfaciendo los criterios de identificación *tight* y de aislamiento ($E_T^{\text{iso}} < 3$ GeV), que son aceptados por el trigger.

En este caso —debido a las mismas limitaciones para fotones descritas en la sección anterior— se aplica un método conocido como «*bootstrapping*» o de muestreo recursivo. Como su nombre lo indica, la eficiencia de una dada selección del trigger se estima respecto de otra menos severa (típicamente con un menor umbral de E_T), y así sucesivamente, hasta alcanzar una selección de referencia con eficiencia conocida. El producto de las eficiencias obtenidas durante esta cadena da finalmente la eficiencia de la selección total. En este análisis, la eficiencia de los criterios del trigger en el HLT (`EF_g40_loose`) es primero determinada —siguiendo la Ec. 6.6— en eventos aceptados por el ítem del L1 dentro de la lógica de selección de esta cadena (i.e. `L1_EM14`). Este último, con un umbral de $E_T \geq 14$ GeV, ha mostrado ser (a su vez) 100% eficiente seleccionando fotones con $E_T > 20$ GeV en eventos aceptados por un trigger de menor umbral (`L1_EM5`). En la Fig. 6.12 se observa la eficiencia total del trigger `g40_loose`, como función de la E_T del cluster asociado al fotón, calculada en los datos y en muestras MC de fotones directos (Véase Sec. 4.2).

La estimación de la eficiencia del trigger en datos para fotones *tight* aislados con $E_T > 45$ (integrada sobre todos los intervalos en η) resulta, en principio, $\varepsilon_{\text{data}}^{\text{trig}} = 99.4 \pm 0.2$.⁶ Sin embargo, una limitación inherente al método de *bootstrapping* es que no se realiza ninguna estimación del fondo en la muestra bajo estudio. Esta contaminación, aunque se espera sea pequeña luego de la preselección aplicada, provoca un sesgo en el valor estimado y una modificación de la forma de la curva de eficiencia.⁷ Para evaluar este efecto, la eficiencia es calculada por este mismo método sobre muestras MC de fotones directos, cuyo

⁶donde la incerteza estadística es calculada mediante un tratamiento Bayesiano [137], con un *prior* de Jeffreys.

⁷La resolución en E_T del trigger (con respecto a la E_T *offline*) es peor para fotones del fondo, dado que el trigger ha sido optimizado para seleccionar señal.

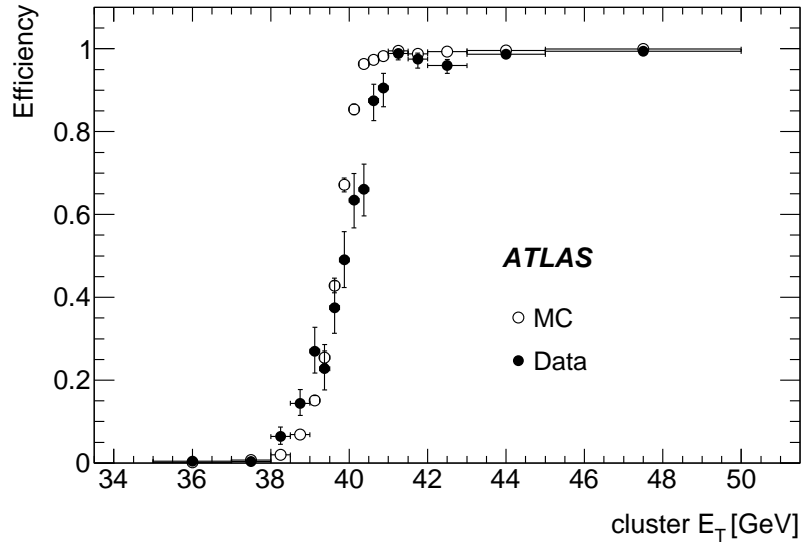


Figura 6.12. Eficiencia del trigger de fotones, `g40_loose`, con respecto a la selección *offline* medida en datos (puntos sólidos) y en MC (puntos vacíos), para candidatos satisfaciendo los criterios de identificación *tight* y de aislamiento calorimétrico $E_T^{\text{iso}} < 3$ GeV.

valor —en la misma región cinemática antes definida— es $\varepsilon_{\text{MC}}^{\text{trig}} = 99.97 \pm 0.01$. Asumiendo que el Monte Carlo modela aceptablemente la muestra de señal pura en datos, la estimación de la eficiencia del trigger resulta finalmente $\varepsilon^{\text{trig}} = 99.4^{+0.6}_{-0.2}$, donde la incerteza superior cubre la eficiencia esperada en ausencia de fondo.

6.4 Incertezas sistemáticas

Diversas fuentes de incerteza en la estimación de las eficiencias fueron estudiadas en detalle. A continuación se describe brevemente la naturaleza de las mismas y la cuantificación de su efecto sobre la eficiencia de reconstrucción $\varepsilon^{\text{reco}}$ (Sec. 6.4.1) e identificación ε^{ID} (Sec. 6.4.2). Aquellas incertezas comunes a ambas eficiencias son especialmente tratadas en la Sec. 6.4.3. Las incertezas totales para la eficiencia combinada $\varepsilon^{\text{reco}} \times \varepsilon^{\text{ID}}$ son presentadas finalmente en la Sec. 6.4.4.

6.4.1 Reconstrucción

Aceptancia $\cdot \sigma_{\text{reco}}^{\text{OQ}}$

Como se ha descrito en la Sec. 4.4, regiones problemáticas del ECAL —en términos de accesibilidad y/o alimentación de HV— han sido excluidas del análisis mediante el uso de los llamados *Object Quality (OQ) maps*. Así, todo candidato cuyo cluster yace total o parcialmente sobre alguna de ellas es rechazado. Debido a efectos de borde, la reconstrucción de la energía transversa y de la posición (η, ϕ) de los clusters cercanos a estas regiones puede sufrir variaciones. Para estimar este efecto, se aplican *OQ maps* modificados

—en donde se aumenta el tamaño de cada zona afectada agregando las primeras celdas del borde— sobre la muestra de datos reales y una muestra de datos «ideales» (sin regiones problemáticas), creada a partir de las zonas no afectadas en el mapa.⁸ En este análisis se ha utilizado como referencia el último mapa construido durante el 2010 (correspondiente a la *Run* 167521), que incluye todas las zonas problemáticas detectadas. La incerteza final asociada a la pérdida de aceptación inducida es $< 0.2\%$.

Criterio de aislamiento . $\sigma_{\text{reco}}^{\text{iso}}$

La incerteza en la eficiencia de reconstrucción asociada al requerimiento de aislamiento calorimétrico (Sec. 5.3.1) es evaluado en muestras MC de señal, alterando el valor de corte nominal ($E_{\text{T}}^{\text{iso}} < 3$ GeV) en ± 500 MeV, correspondiente a la diferencia media observada para electrones en datos y MC, extraídos en eventos $W \rightarrow e\nu$ y $Z \rightarrow ee$. La diferencia de eficiencia resultante ($\sigma_{\text{reco}}^{\text{iso}}$) es $\sim 4\%$ en la región $1.52 \leq |\eta| < 1.81$ y $\sim 3\%$ en el resto del detector. El incremento en esa región particular, se debe posiblemente a efectos de borde (dado el tamaño del intervalo y su cercanía a la región de transición excluida) y a la mayor concentración de material frente al ECAL (que contribuye al ensanchamiento de la distribución de $E_{\text{T}}^{\text{iso}}$).

6.4.2 Identificación

Método de corrección . $\sigma_{\text{ID}}^{\text{MC corr}}$

Las incertezas inherentes al método de corrección aplicado al MC a fin de emular las distribuciones en datos han sido discutidas en detalle en la Sec. 6.2.3 y figuran en la Tabla 6.5.

Clasificación de fotones convertidos . $\sigma_{\text{ID}}^{\text{conv}}$

Los cortes de identificación para fotones convertidos son, en general, más severos que aquellos para fotones no convertidos. En consecuencia, la incorrecta clasificación de conversiones se traduce en una pérdida de eficiencia global. El efecto es evaluado degradando la eficiencia de clasificación en un 10% (i.e. redefiniendo como fotones convertidos una muestra aleatoria de fotones no convertidos). Una variación de la eficiencia de identificación $\sigma_{\text{ID}}^{\text{conv}} \lesssim 1\%$ fue observada, en todo el rango de η y decreciendo con E_{T} , como es de esperar ya que los efectos de la conversión disminuyen a altas energías.

⁸Suponiendo la simetría del ECAL en ϕ , la muestra de datos ideal es creada copiando (en dirección de η) los clusters de las zonas no afectadas a las zonas problemáticas.

6.4.3 Reco+ID

Composición de la señal . $\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{d/f}}$, $\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{gen}}$

El efecto de la composición de la señal (i.e. las fracciones relativas de fotones producidos en la interacción dura (γ_d) y de fragmentación (γ_f)) es estudiado mediante las muestras MC de fotones directos⁹ detalladas en la Tabla 4.3. A partir de éstas, se construyen nuevas muestras de puros γ_d , puros γ_f y mezclas combinadas donde cada contribución individual (según la predicción de PYTHIA) es reducida un 50 %, respectivamente. Dada la correlación del efecto en $\varepsilon^{\text{reco}}$ y ε^{ID} , la incerteza es obtenida de la comparación de la eficiencia combinada ($\varepsilon^{\text{reco}} \times \varepsilon^{\text{ID}}$) para las diferentes muestras con respecto a la obtenida en la muestra nominal de PYTHIA (i.e. utilizada para estimar los valores centrales en las secciones anteriores). Un estudio similar es realizado con muestras simuladas con HERWIG, usando las mismas fracciones de mezcla, para evaluar la sensibilidad de las eficiencias a los detalles del generador MC.

El impacto sobre la eficiencia total de las diferentes composiciones $\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{d/f}}$ es $\lesssim 1\%$. Similarmente, una incerteza $\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{gen}} = 1\%$ es asignada para tener en cuenta las diferencias entre los valores centrales obtenidos para PYTHIA y HERWIG.

Concentración de material frente al ECAL . $\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{material}}$

La cantidad de material en el detector, particularmente en el ID, tiene un impacto directo en la *performance* de los algoritmos de reconstrucción e identificación de fotones. La sensibilidad de las eficiencias en cada caso ha sido estudiada mediante muestras MC simuladas con una geometría alternativa, listadas en la Tabla 4.3, en donde la cantidad de material —y su disposición en el volumen del detector— ha sido distorsionada respecto de la configuración nominal (Véase Sec. 4.2 para más detalles). El efecto sobre la eficiencia de reconstrucción, evaluado a partir de la comparación de las eficiencias obtenidas con una y otra geometría, es $< 1.5\%$ en la región central ($|\eta| < 1.37$) y $< 3.5\%$ para $|\eta| > 1.52$, donde la concentración de material es más importante.

Por otro lado, los factores aplicados para corregir la simulación nominal en la estimación de la eficiencia de identificación tienen en cuenta, al menos parcialmente, las diferencias en la distribución de material en datos y MC. Para estimar los efectos remanentes en esta aproximación, los factores de corrección fueron re-calculados comparando las distribuciones en datos con aquellas en las muestras de QCD del MC «distorsionado», y utilizados para estimar la eficiencia sobre las muestras de señal, también simuladas con la geometría alternativa ($\varepsilon_{\text{dist}}^{\text{ID}}$). Los valores absolutos de la discrepancia entre esta nueva eficiencia y el valor central nominal, $|\varepsilon_{\text{dist}}^{\text{ID}} - \varepsilon_{\text{nom}}^{\text{ID}}|$, son considerados como estimadores de la incerteza sistemática residual en la eficiencia de identificación, variando en el rango 1 – 2.5 % como función de η . Debido a la escasa estadística disponible para las muestras con geometría

⁹DPXX, con ID 108081-108087

distorsionada, las incertezas fueron obtenidas por región de pseudorapidez, ajustando la dependencia con E_T a un valor constante. Finalmente, dado que ésta es una incerteza común a la eficiencia de reconstrucción e identificación, la incerteza total $\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{material}}$ sobre la eficiencia total ($\varepsilon^{\text{reco}} \times \varepsilon^{\text{ID}}$) es estimada —suponiendo total correlación entre ambas— como la suma lineal de los efectos individuales.

6.4.4 Incertezas sistemáticas totales

Las incertezas sistemáticas finales en la eficiencia total ($\varepsilon^{\text{reco}} \times \varepsilon^{\text{ID}}$) utilizadas en la medida de la sección eficaz de producción de fotones aislados, resultado del trabajo de esta tesis, son obtenidas sumando en cuadratura todas las contribuciones relevantes discutidas previamente y figuran en la Tabla 6.7, como función de E_T y η . En general, las incertezas más importantes provienen de la descripción del material en el detector y del efecto del corte de aislamiento en la eficiencia de reconstrucción. Es de esperar que un mejor entendimiento de la geometría «real» del detector y de la respuesta del mismo permita reducir significativamente estas fuentes de incerteza en el futuro.

Tabla 6.7. Contribuciones a la incerteza sistemática en la eficiencia de reconstrucción e identificación ($\varepsilon^{\text{reco}} \times \varepsilon^{\text{ID}}$) utilizada para la medida de la sección eficaz de producción de fotones directos aislados, como función de E_T en las distintas regiones de η . La incerteza total $\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{total}}$ es calculada como la suma cuadrática de las contribuciones individuales.

INCERTEZAS SISTEMÁTICAS $\varepsilon^{\text{reco}} \times \varepsilon^{\text{ID}}$ [%]								
E_T [GeV]	$\sigma_{\text{reco}}^{\text{OQ}}$	$\sigma_{\text{reco}}^{\text{iso}}$	$\sigma_{\text{ID}}^{\text{MC corr}}$	$\sigma_{\text{ID}}^{\text{conv}}$	$\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{material}}$	$\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{d/f}}$	$\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{gen}}$	$\sigma_{\text{reco+ID}}^{\text{total}}$
$ \eta < 0.6$								
[45, 55)	0.2	2.8	1.07	1.03	1.67	1.0	1.0	3.9
[55, 70)	0.2	2.7	0.43	0.85	1.09	1.0	1.0	3.4
[70, 85)	0.2	2.3	0.62	0.82	1.59	1.0	1.0	3.3
[85, 100)	0.2	2.7	0.17	0.58	1.47	1.0	1.0	3.5
[100, 125)	0.2	2.6	0.18	0.39	1.62	1.0	1.0	3.4
[125, 150)	0.2	2.6	0.18	0.25	2.57	1.0	1.0	3.9
[150, 200)	0.2	2.3	0.18	0.16	1.32	1.0	1.0	3.1
[200, 400)	0.2	2.5	0.27	0.08	1.37	1.0	1.0	3.2
$0.6 \leq \eta < 1.37$								
[45, 55)	0.2	3.6	0.67	0.73	1.45	1.0	1.0	4.2
[55, 70)	0.2	3.5	0.62	0.62	1.34	1.0	1.0	4.1
[70, 85)	0.2	3.3	0.19	0.44	2.22	1.0	1.0	4.3
[85, 100)	0.2	3.6	0.14	0.27	2.02	1.0	1.0	4.4
[100, 125)	0.2	3.5	0.05	0.20	1.32	1.0	1.0	4.0
[125, 150)	0.2	3.3	0.20	0.13	1.75	1.0	1.0	4.0
[150, 200)	0.2	3.6	0.20	0.03	1.42	1.0	1.0	4.2
[200, 400)	0.2	3.3	0.01	0.04	2.35	1.0	1.0	4.3
$1.52 \leq \eta < 1.81$								
[45, 55)	0.2	4.5	0.77	1.24	4.20	1.0	1.0	6.5
[55, 70)	0.2	4.4	0.40	0.98	1.82	1.0	1.0	5.1
[70, 85)	0.2	4.1	0.33	0.36	1.64	1.0	1.0	4.6
[85, 100)	0.2	4.2	0.17	0.39	2.74	1.0	1.0	5.2
[100, 125)	0.2	4.2	0.14	0.25	4.46	1.0	1.0	6.3
[125, 150)	0.2	4.2	0.08	0.26	1.37	1.0	1.0	4.7
[150, 200)	0.2	3.6	0.62	0.17	2.13	1.0	1.0	4.5
[200, 400)	0.2	3.8	0.11	0.18	3.85	1.0	1.0	5.6
$1.81 \leq \eta < 2.37$								
[45, 55)	0.2	2.9	1.75	1.14	3.47	1.0	1.0	5.2
[55, 70)	0.2	2.8	0.37	0.73	2.93	1.0	1.0	4.4
[70, 85)	0.2	2.6	1.08	0.61	2.67	1.0	1.0	4.2
[85, 100)	0.2	2.8	1.93	0.38	4.47	1.0	1.0	5.8
[100, 125)	0.2	2.7	1.41	0.17	4.08	1.0	1.0	5.3
[125, 150)	0.2	2.9	0.86	0.25	2.60	1.0	1.0	4.2
[150, 200)	0.2	2.8	1.13	0.12	6.42	1.0	1.0	7.2
[200, 400)	0.2	2.7	0.37	0.02	2.74	1.0	1.0	4.1

