Medida de los TGCs en ALEPH

- Introducción
- Descripción del método
- Algunos resultados preliminares
- Conclusiones

Introducción

- Requiriendo invariancia Lorentz + invariancia $U(1)_{em}$, el lagrangiano más general que describe $WW\gamma$ y WWZ es:

$$
\begin{aligned}
\mathcal{L} = \; & g_{WWV}[g_1^V V^\mu (W^-_{\mu\nu} W^{+\nu} - W^+_{\mu\nu} W^{-\nu}) \\
& + \kappa_V W^+_\mu W^-_\nu V^{\mu\nu} \\
& + \frac{\lambda_V}{M_W^2} V^{\mu\nu} W^{+\rho}_\nu W^-_{\rho\mu} \\
& + i g_5^V \epsilon_{\mu\nu\rho\sigma}((\partial^\rho W^{-\mu}) W^{+\nu} - W^{-\mu}(\partial^\rho W^{+\nu})) V^\sigma \\
& + g_4^V W^-_\mu W^- + \nu(\partial^\mu V^\nu + \partial^\nu V^\mu) \\
& - \frac{\tilde{\kappa_V}}{2} W^-_\mu W^+_\nu \epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} V_{\rho\sigma} \\
& - \frac{\tilde{\lambda_V}}{2M_W^2} W^-_{\rho\mu} W^{+\mu}_\nu \epsilon^{\nu\rho\alpha\beta} V_{\alpha\beta}],
\end{aligned}
$$

con $V \equiv \gamma, Z^0$

$(C \; y \; P, C \; y \; P, CP)$

- Considerando solamente acoplamientos que conserven C y P :

$$
\begin{aligned}
\Delta g_1^Z &\equiv (g_1^Z - 1) \\
\Delta\kappa_\gamma &\equiv (\kappa_\gamma - 1) \\
\Delta\kappa_Z &\equiv (\kappa_Z - 1) \\
\lambda_\gamma & \\
\lambda_Z &
\end{aligned}
$$

- Requiriendo invariancia local $SU(2)_L \times U(1)$, se cumplen las relaciones:

$$
\begin{aligned}
\lambda_\gamma &= \lambda_Z \\
\Delta\kappa_\gamma &= -\cot^2\theta_w \cdot (\Delta\kappa_\gamma - \Delta g_1^Z)
\end{aligned}
$$

$\Rightarrow$ Finalmente nos quedamos con 3 acoplamientos:

$$\Delta g_1^Z, \Delta\kappa_\gamma, \lambda_\gamma$$

Método

• En general, dado un proceso con sección eficaz diferencial:

$$\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}} = S_0(\vec{\Omega}) + S_1(\vec{\Omega}) \cdot \alpha$$

podemos estimar α mediante un *log-likelihood*:

$$\mathcal{L} = \prod_{i=1}^{N} \frac{\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}}}{\int d\sigma}; 0 = \frac{\partial \log \mathcal{L}}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^{N} \frac{\omega(\vec{\Omega}_i)}{1 + \alpha\omega(\vec{\Omega}_i)}$$

con $\omega(\vec{\Omega}) = \frac{S_1(\vec{\Omega})}{S_0(\vec{\Omega})}$.

$*$ Un *max. lklh.* de la disribución 1D de la variable $\omega(\vec{\Omega})$ lleva a la misma ecuación $\Rightarrow$ produce el mismo estimador con el mismo error.

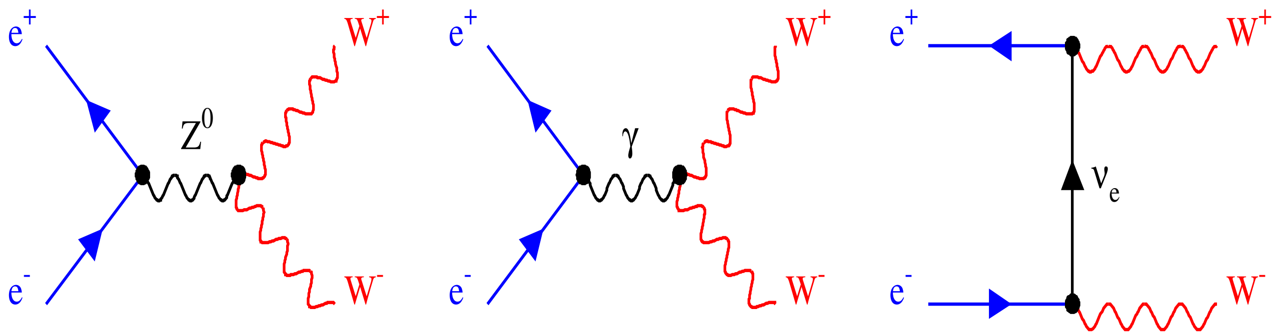
• Para valores pequeños de α, el estimador *max. lklh.* es:

$$\frac{\partial \log \mathcal{L}}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^{N} \omega_i(1 - \alpha\omega_i) = 0 \Rightarrow \hat{\alpha} = \frac{\bar{\omega}}{\overline{\omega^2}}$$

$\Rightarrow$ La información está en el valor esperado .

OOs en la medida de los TGCs

• Estamos interesados en la medida de los acoplamientos triples entre bosones de gauge (TGCs)



• La sección eficaz diferencial para este proceso será de la forma:

$$\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}} = S_0(\vec{\Omega}) + \sum_i S_{1,i}(\vec{\Omega}) g_i + \sum_{i,j} S_{2,ij}(\vec{\Omega}) g_i g_j$$

$\Rightarrow$ Usaremos los observables: $\bar{\mathcal{O}}_i$; $\mathcal{O}_i(\vec{\Omega}) \equiv \frac{S_{1,i}(\vec{\Omega})}{S_0(\vec{\Omega})}$.

• Estos estimadores seran óptimos solamente en el límite $g_i = 0$, por construcción.
Si los g_i tienen un valor finito $g_i = \tilde{g}_i \neq 0$, podemos redefinir los acoplamientos y reescribir $\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}}$:

$$\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}} = \tilde{S}_0 + \sum_i \tilde{S_{1,i}}(g_i - \tilde{g}_i) + \sum_{i,j} \tilde{S_{2,ij}}(g_i - \tilde{g}_i)(g_j - \tilde{g}_j)$$

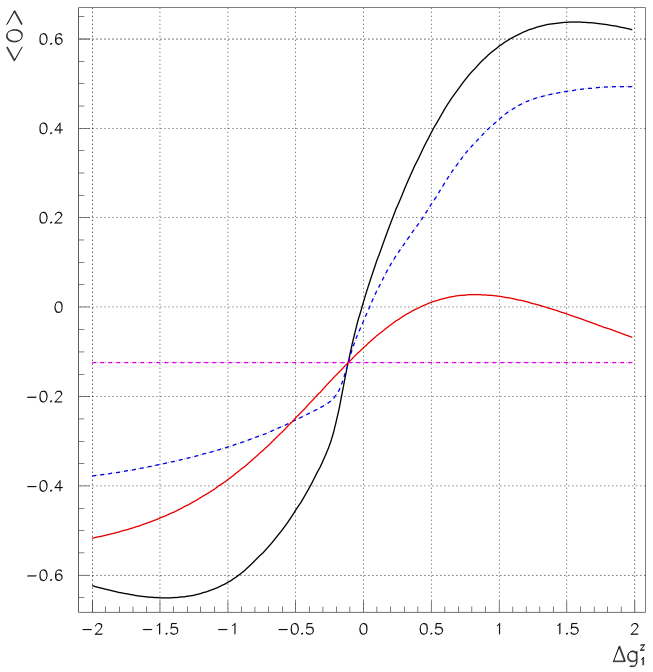
$\Rightarrow$ Nuevo observable reoptimizado en $\tilde{g}$: $\tilde{\mathcal{O}}_i \equiv \frac{\tilde{S}_1}{\tilde{S}_2}$

- Para obtener el error en los parámetros g usaremos:

$$\chi^2(g) = \sum_{ij} (\bar{\mathcal{O}}_i - E[\mathcal{O}_i]) NV(\mathcal{O})^{-1}_{ij} (\bar{\mathcal{O}}_j - E[\mathcal{O}_j])$$

- Obtendremos la predicción teórica para $E[\mathcal{O}_i](g)$ de repesar sucesos MC totalmente reconstruidos:

$$E[\mathcal{O}_i] = \frac{\sum_i \omega_i \mathcal{O}_i}{\omega_i} \; ; \; \omega_i(g) = \frac{\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}}(g)}{\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}}(g=0)}$$



con:

$$E[\tilde{\mathcal{O}}_{\tilde{g}}](\tilde{g}) \quad ; \quad \bar{\tilde{\mathcal{O}}}_{\tilde{g}}(\tilde{g})$$

$$E[\tilde{\mathcal{O}}_{\tilde{g}_0}](g) \quad ; \quad \bar{\tilde{\mathcal{O}}}_{\tilde{g}_0}(g)$$

Ambiguedad en $W \to q\bar{q}$

- Para hacer la medida, pretendemos usar los canales semileptónico y hadrónico :

$\Rightarrow$ *jets* en el estado final (no conocemos el *sabor* de los quarks)

$\Rightarrow$ ambiguedad al asignar jets $\leftrightarrow$ quarks:

$$\boxed{\begin{array}{lll} W^+W^- \to q\bar{q}\ell\nu;\ (\ell = e, \mu) & \longrightarrow & 2 \text{ posibilidades} \\ W^+W^- \to q\bar{q}q\bar{q} & \longrightarrow & 3 \times 8 \text{ posibilidades} \end{array}}$$

- Incluimos esta ambiguedad en la definición de los observables:

$$\mathcal{O}'(\vec{\Omega}) \equiv \frac{S'_1(\vec{\Omega})}{S'_0(\vec{\Omega})}$$

donde

$$S'_{1,0}(\vec{\Omega}) = \sum_{p=1}^{N_{perm}} S_{1,0}(\vec{\Omega}_p) \times w_p$$

Identificación de la carga de los W

- En el canal hadrónico, podemos usar la información de la carga de los *jets*

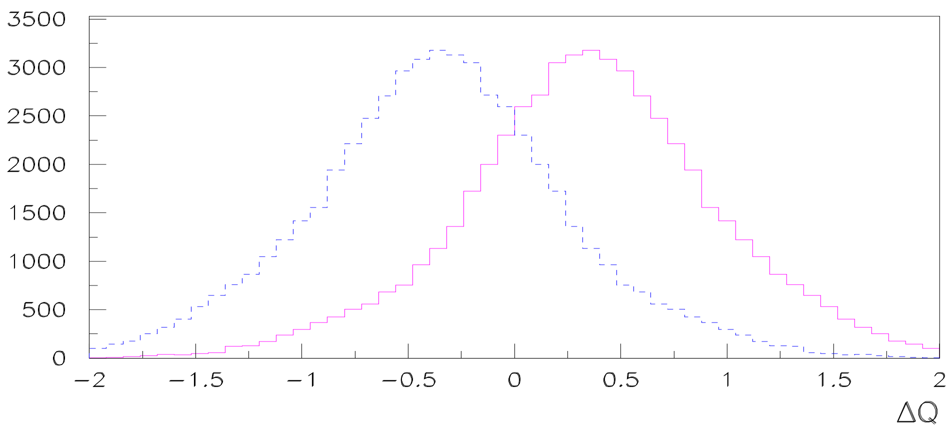
definimos

$$\boxed{\Delta Q \equiv Q_{j3} + Q_{j4} - Q_{j2} - Q_{j1}}$$

cada permutación tendrá un peso :

$$w_{p(j1,j2,j3,j4)} = P(W^-_{[j1,j2]}|\Delta Q)$$

$$P(W^-_{[j1,j2]}|\Delta Q) = \frac{P(\Delta Q|W^-_{[j1,j2]})}{P(\Delta Q|W^-_{[j1,j2]}) + P(\Delta Q|W^-_{[j3,j4]})}$$

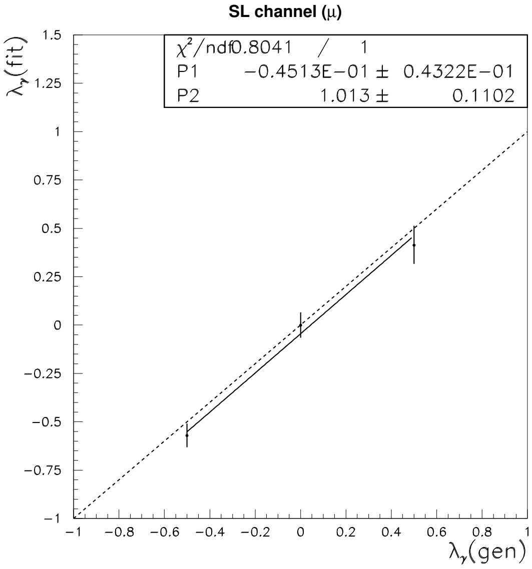


Si hacemos un *fit* a 5k sucesos MC totalmente reconstruidos $WW \to q\bar{q}q\bar{q}$:

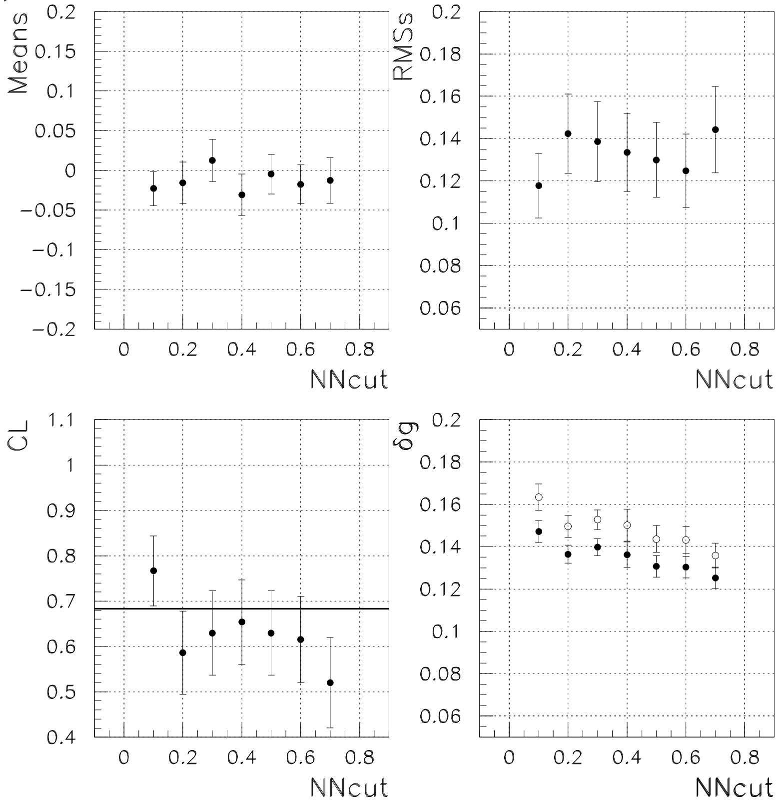
1) $N_{perm} = 8$ con $w_p = 1/N_{perm} \to \Delta\hat{g}_1^Z = 0.032 \pm 0.099$

2) $N_{perm} = 8$ usando ΔQ en $w_p \to \Delta\hat{g}_1^Z = 0.030 \pm 0.073$

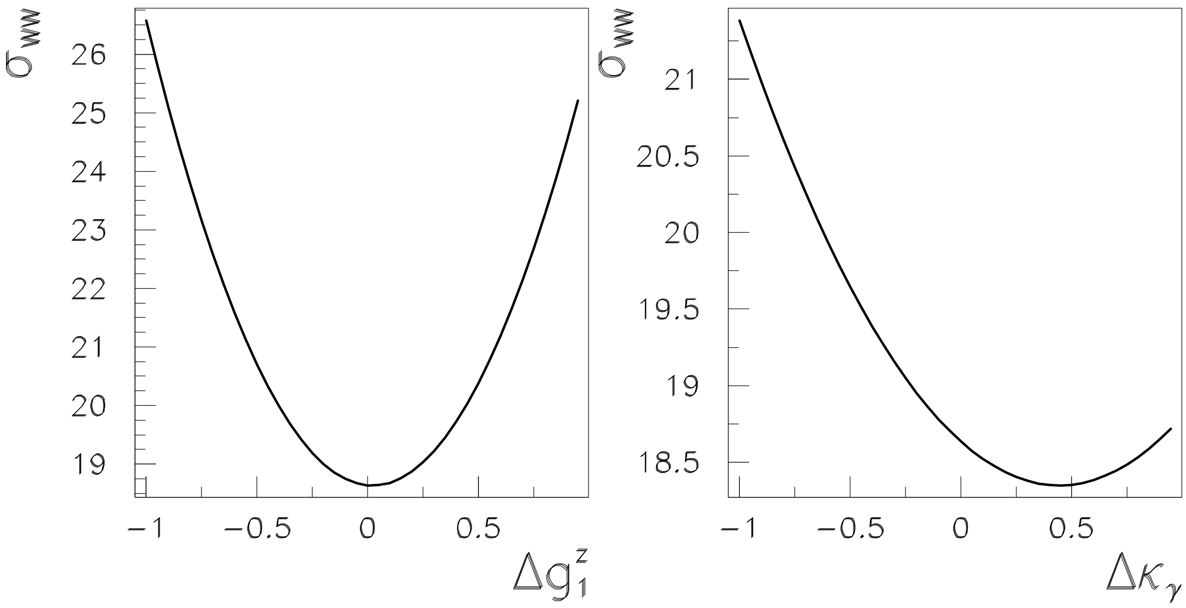
• Curva de calibración: Un *fit* a sucesos MC ($\mathcal{L} \sim 600 pb^{-1}$) generados con $g = 0, \pm 0.5$, incluyendo *background*:



• Credibilidad de los errores del *fit*: Repetimos la medida en muchas muestras de sucesos MC (*señal* + *background*) del tamaño de los datos ($\mathcal{L} = 174.2 pb^{-1}$):



- A través de los $E[O_i]$ usamos la sensitividad a los TGCs que hay en la $\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}}$.
- También existe sensitividad a través de la sección eficaz total de producción de W^+W^-:



$\Rightarrow$ Para cada canal, deberemos añadir al χ^2 términos del tipo:

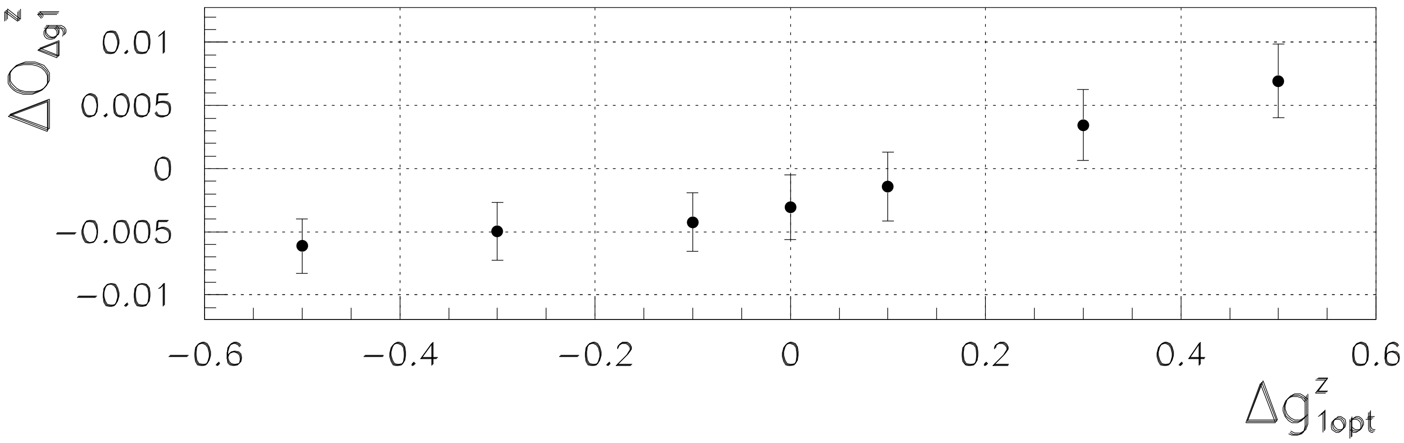
$$\chi^2 = \chi^2 + \frac{(N_{obs}^{ch} - N_{esp}^{ch}(g))^2}{N_{obs}^{ch}}$$

donde

$$N_{esp}^{ch}(g) = \mathcal{L}[\sigma_{WW}^{cc03}(g)(\mathcal{BR}_{ch}\epsilon_{ch}(g) + (1 - \mathcal{BR}_{ch})\epsilon_{\bar{ch}}(g)) + \sum_b \sigma_b \epsilon_b + \Delta\sigma_{4f-cc03}]$$

Errores sistemáticos

- Sección eficaz diferencial:Estimaremos el *bias* que causan los diferentes efectos sistemáticos en $\bar{\mathcal{O}}_i$, usando una muestra de sucesos MC con alta estadística :



$$\chi^2 = \frac{(\bar{\mathcal{O}}_i - E[\mathcal{O}_i](g))^2}{\frac{V[\mathcal{O}_i]}{N_{obs}} + (\Delta\mathcal{O}_{sist})^2}$$

- Sección eficaz total:Esta medida estará afectada por sistemáticos en $\mathcal{L}$, σ_{WW}, σ_b, ϵ_s y ϵ_b.

- Finalmente, querremos usar toda la información disponible para realizar la medida:

$$\chi^2 = \begin{pmatrix} \bar{\mathcal{O}}^{SL_e}_{\Delta g_1^Z} - E[\mathcal{O}^{SL_e}_{\Delta g_1^Z}](\vec{g}) \\ \bar{\mathcal{O}}^{SL_e}_{\Delta \kappa_\gamma} - E[\mathcal{O}^{SL_e}_{\Delta \kappa_\gamma}](\vec{g}) \\ \bar{\mathcal{O}}^{SL_e}_{\lambda_\gamma} - E[\mathcal{O}^{SL_e}_{\lambda_\gamma}](\vec{g}) \\ \\ \bar{\mathcal{O}}^{SL_\mu}_{\Delta g_1^Z} - E[\mathcal{O}^{SL_\mu}_{\Delta g_1^Z}](\vec{g}) \\ \bar{\mathcal{O}}^{SL_\mu}_{\Delta \kappa_\gamma} - E[\mathcal{O}^{SL_\mu}_{\Delta \kappa_\gamma}](\vec{g}) \\ \bar{\mathcal{O}}^{SL_\mu}_{\lambda_\gamma} - E[\mathcal{O}^{SL_\mu}_{\lambda_\gamma}](\vec{g}) \\ \\ \bar{\mathcal{O}}^{HD}_{\Delta g_1^Z} - E[\mathcal{O}^{HD}_{\Delta g_1^Z}](\vec{g}) \\ \bar{\mathcal{O}}^{HD}_{\Delta \kappa_\gamma} - E[\mathcal{O}^{HD}_{\Delta \kappa_\gamma}](\vec{g}) \\ \bar{\mathcal{O}}^{HD}_{\lambda_\gamma} - E[\mathcal{O}^{HD}_{\lambda_\gamma}](\vec{g}) \\ \\ N^{SL_e}_{obs} - N^{SL_e}_{esp}(\vec{g}) \\ N^{SL_\mu}_{obs} - N^{SL_\mu}_{esp}(\vec{g}) \\ N^{HD}_{obs} - N^{HD}_{esp}(\vec{g}) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \\ \\ \\ V \\ \\ \\ \end{pmatrix}^{-1} \cdot (\ldots)$$

- Matriz de covarianza:

$$V = V_{est} + \sum_{sist} V_{sist}$$

con:

$$V_{est} = \begin{pmatrix} \boxed{V_{ij}^{SL_e}} & & & & & \\ & \boxed{V_{ij}^{SL_\mu}} & & & & \\ & & \boxed{V_{ij}^{HD}} & & & \\ & & & N_{obs}^{SL_e} & & \\ & & & & N_{obs}^{SL_\mu} & \\ & & & & & N_{obs}^{HD} \end{pmatrix}$$

$$V_{sist} = \begin{pmatrix} 0 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ \ldots & 0 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ \ldots & \ldots & (\Delta \mathcal{O}_i)^2 & \ldots & \rho \Delta \mathcal{O}_i \Delta \mathcal{O}_j & \ldots & \ldots \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & 0 & . & . & . & . & . & . & . & . \\ \ldots & \ldots & \rho \Delta \mathcal{O}_i \Delta \mathcal{O}_j & \ldots & (\Delta \mathcal{O}_j)^2 & \ldots & \ldots \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & 0 \end{pmatrix}$$

- Resultado preliminar para un *fit* 1D a los TGCs Δg_1^Z y λ_γ usando los canales SL_e y SL_μ y datos de ALEPH tomados a 188.6 GeV:

- Estimación de la contribución de algunos sistemáticos:

	Δg_1^Z		λ_γ	
	e	μ	e	μ
Fragm.	0.016	0.021	0.029	0.019
Tracking	0.001	0.001	0.002	0.002
Jet Corr.	0.001	-	0.001	0.001
σ_{WW}	-	0.002	0.001	0.001
σ_{bck}	0.005	0.012	-	0.005

- Combinación de los canales SL_e y SL_μ (información $\frac{d\sigma}{d\vec{\Omega}} + \int d\sigma$) incluyendo estos sistemáticos:

$$\Delta g_1^Z = -0.061^{+0.096}_{-0.088}$$
$$\lambda_\gamma = -0.081^{+0.084}_{-0.078}$$

Conclusiones

- Se ha descrito el análisis mediante el cual se pretendenden medir los TGCs $\Delta g_1^Z, \Delta\kappa_\gamma$ y λ_γ usando las topologias con más alta estadística y más sensitivas a estos parámetros:

$$W^+W^- \rightarrow q\bar{\ell}\nu$$
$$W^+W^- \rightarrow q\bar{q}\bar{q}$$

- En el *fit* se incluyen, para cada canal, la información de la sección eficaz total así como la de la cinemática de los sucesos (mediante el método de los *observables óptimos*).

- Se han presentado algunos resultados preliminares de *fits* 1D a los parámetros Δg_1^Z y λ_γ usando los datos de ALEPH tomados a 188.6 GeV y combinando la información de los dos canales semileptónicos considerados (e, μ):

$$\Delta g_1^Z = -0.061^{+0.096}_{-0.088}$$
$$\lambda_\gamma = -0.081^{+0.084}_{-0.078}$$