Búsqueda de Partículas de Technicolor en los canales Leptón mas Jets y Multijets en Colisiones $p\bar{p}$ a $\sqrt{s}$ = 1.8 TeV

XXVII Bienal de Física (R.S.E.F.)

20-24, Septiembre de 1999

Valencia

Authors:

Takanobu Handa, Rocio Vilar, Kaori Maeshima

T. Ohsugi, T. Rodrigo, J. Valls

Esquema

1. **Introducción:**
   - Modelos de Technicolor
   - Walking Technicolor
   - Modos de Producción y Desintegración
2. **El detector: CDF**
3. **Búsqueda en el Canal Leptónico**
   - Selección $W + 2\,jets$
   - Fondos
   - Criterios de Selección Adicionales
   - Límites
4. **Búsqueda en el Canal Hadrónico**
   - Selección de Multijets
   - Fondos
   - Análisis de las Distribuciones de Masa Invariante
   - Límites
5. **Combinación de Resultados**
6. **Conclusión**

Introducción

- El origen de SB permanece desconocido
  $\rightarrow$ Higgs
  $\rightarrow$ Technicolor
- Modelos de Technicolor: Technifermiones

$$\begin{pmatrix} U \\ D \end{pmatrix}$$

Se rompe la simetría $\longrightarrow$ aparecen estados ligados Bosones Pseudogoldstone:

$$\pi_T^+(U,\bar{D}),\ \pi_T^-(\bar{U},D),\ \pi_T^0(\frac{U\bar{U}-D\bar{D}}{\sqrt{2}})$$

Y otros estados resonantes

$$\rho_T^{\pm,0},\ \omega_T^0,\ ...etc.$$

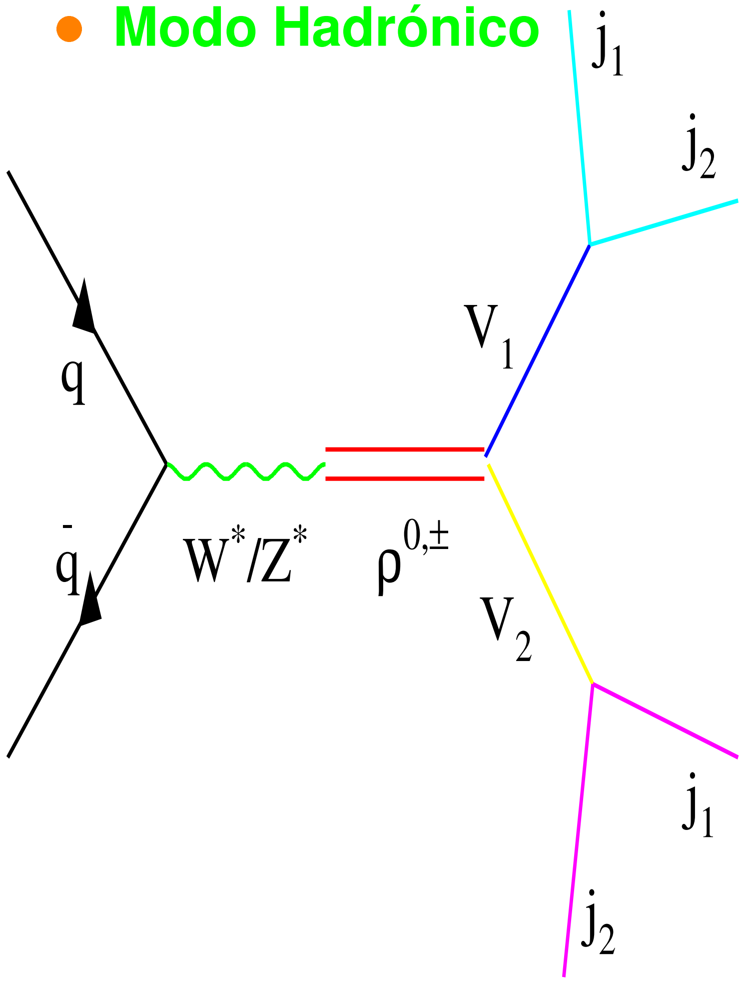
- El TC no da masa a los fermiones $\longrightarrow$ ETC
- ETC produce una alta tasa de FCNC $\longrightarrow$ Walking TC
- Para acomodar la masa del Top quark $\longrightarrow$ Topcolor

Introducción

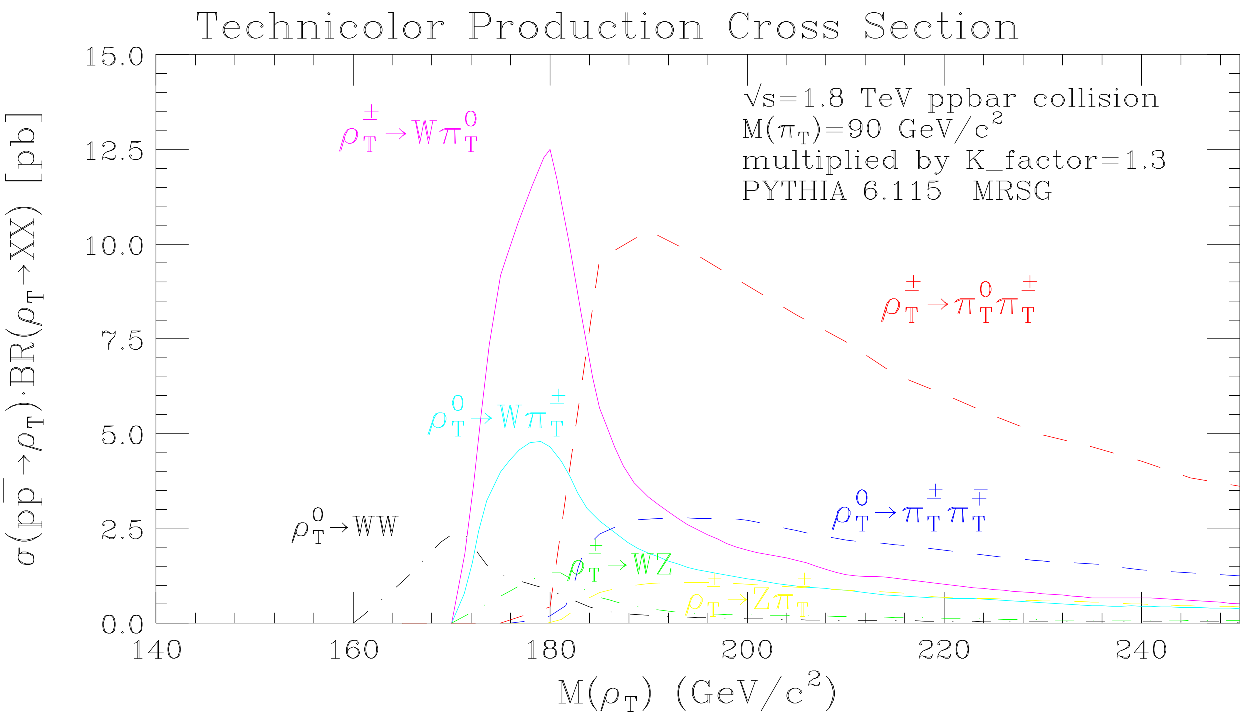
- **Modo Leptónico**

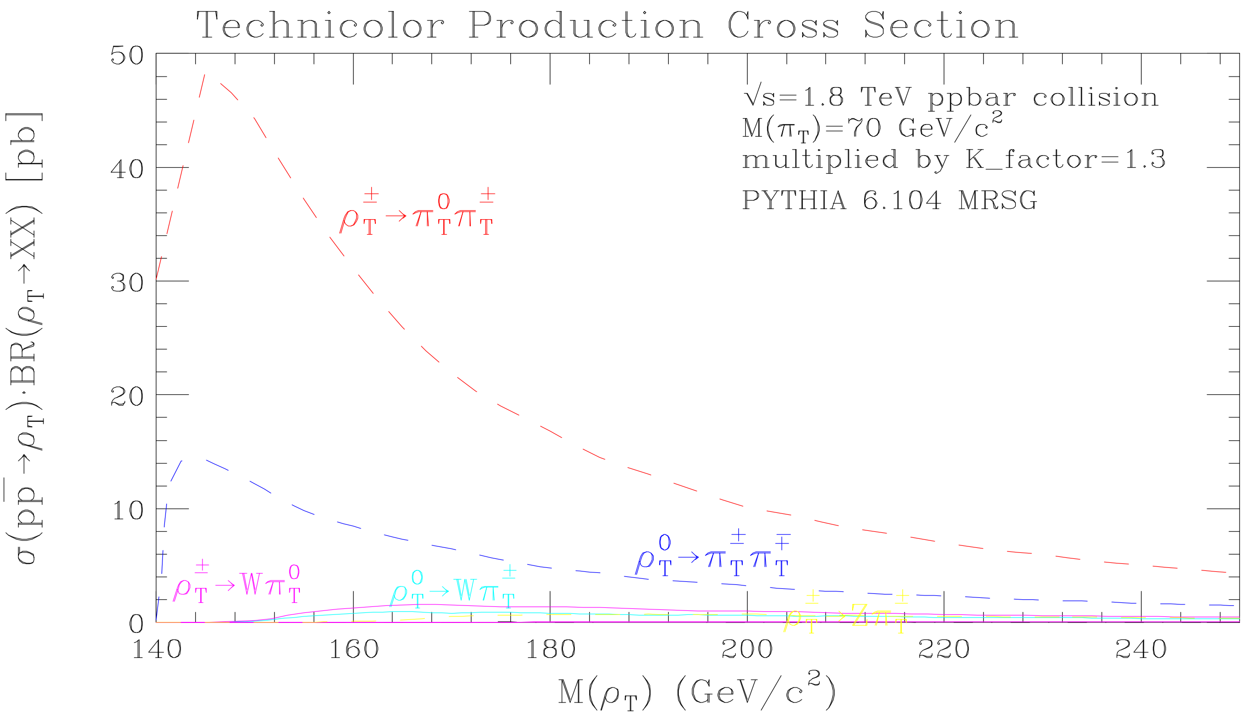
$$\rho_T^0 \rightarrow W\pi_T^{\pm} \rightarrow l\nu bc$$
$$\rho_T^{\pm} \rightarrow W\pi_T^0 \rightarrow l\nu b\bar{b}$$

- **Modo Hadrónico**

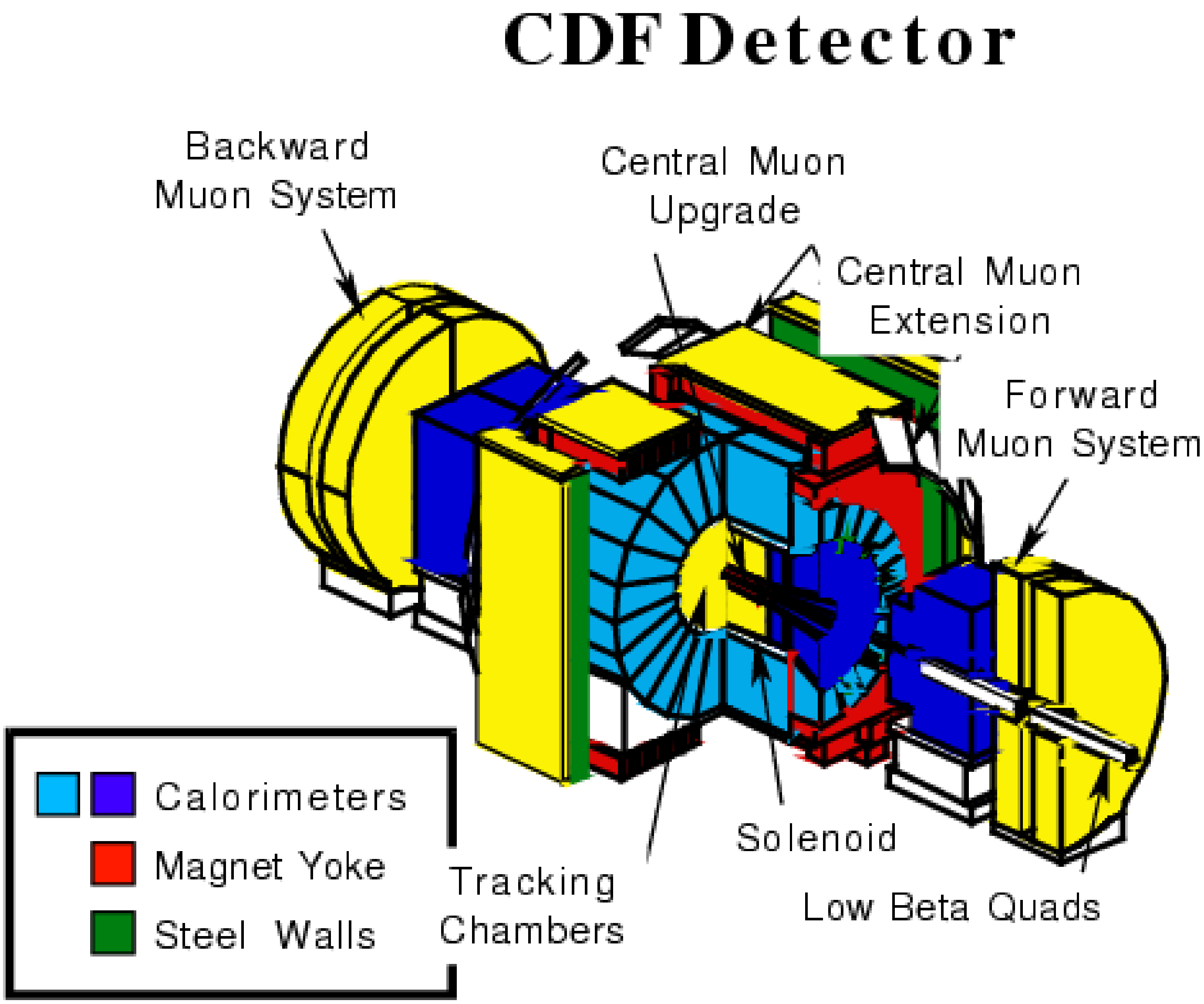


$$\rho_T^0 \rightarrow W^{\pm}\pi_T^{\pm} \rightarrow jjbc$$
$$\rho_T^0 \rightarrow \pi_T^{\pm}\pi_T^{\mp} \rightarrow bcbc$$
$$\rho_T^0 \rightarrow W^{\pm}W^{\mp} \rightarrow jjjj$$
$$\rho_T^{\pm} \rightarrow W^{\pm}\pi_T^0 \rightarrow jjb\bar{b}$$
$$\rho_T^{\pm} \rightarrow \pi_T^{\pm}\pi_T^0 \rightarrow bcb\bar{b}$$
$$\rho_T^{\pm} \rightarrow W^{\pm}Z \rightarrow jjjj$$
$$\rho_T^{\pm} \rightarrow Z\pi_T^{\pm} \rightarrow jjbc$$


Technicolor Production Cross Section
√s=1.8 TeV ppbar collision
M(π_T)=90 GeV/c²
multiplied by K_factor=1.3
PYTHIA 6.115 MRSG
ρ_T^± → W π_T^0
ρ_T^± → π_T^0 π_T^±
ρ_T^0 → W π_T^±
ρ_T^0 → π_T^± π_T^∓
ρ_T^0 → WW
ρ_T^± → WZ
ρ_T^± → Z π_T^±
σ(pp̄→ρ_T)·BR(ρ_T→XX) [pb]
M(ρ_T) (GeV/c²)


Technicolor Production Cross Section
√s=1.8 TeV ppbar collision
M(π_T)=70 GeV/c²
multiplied by K_factor=1.3
PYTHIA 6.104 MRSG
ρ_T^± → π_T^0 π_T^±
ρ_T^0 → π_T^± π_T^∓
ρ_T^± → W π_T^0
ρ_T^0 → W π_T^±
ρ_T^± → Z π_T^±
σ(pp̄→ρ_T)·BR(ρ_T→XX) [pb]
M(ρ_T) (GeV/c²)

El detector: CDF



Búsqueda en el canal Leptónico, Selección

- **Selección de W**
  - $\rightarrow$ **Leptón de alto** $P_T \Rightarrow P_T(E_T) \geq$ **20 GeV**
  - $\rightarrow$ $\not{E}_{\mathrm{T}} \geq$ **20 GeV**
- **Eliminación de Dileptones**
  - $\rightarrow$ **Sucesos candidatos a** Z**:**
    $\Rightarrow 75\,GeV \leq M(l_1 l_2) \leq 105\,GeV$
  - $\rightarrow$ **Sucesos candidatos a dileptones de** $t\bar{t}$
- **Selección de 2 jets**
  - $\rightarrow$ $E_T \geq$ **15 GeV (sin corregir),** $|\eta| \leq$ **2.0**
  - $\rightarrow$ **Al menos un jets identificado como** b **(reconstrucción de vértice secundario)**
- **La eficiencia se define como:**

$$\varepsilon_{tot} \cdot \mathrm{BR}(W \rightarrow e, \mu) \sim 1\%$$

Después, se requieren cortes adicionales que favorecen la distinción de la señal:

$\Delta\phi(jj)$, $P_T(jj)$, **y cortes en las ventanas de masas**

El canal leptónico, Fondo y Datos

- **Número de sucesos** (109 pb^{-1})

CDF Preliminary

Selección	Número de sucesos (electrón/muón)
W	113710 (68874/44836)
W + 2 jet	1611 (904/707)
SECVTX b-tag	42 (24/18)

- **Número de sucesos esperados de fondo**(109 pb^{-1})

CDF Preliminary

Fuente	Distribución	$N_{sucesos}$
Mistag	DATA (W + 2 jet)	5.1$\pm$2.0
Wbb Wcc	Herwig	9.4$\pm$2.5
Z+h.f.	VECBOS	1.4$\pm$0.5
Wc	Herwig	4.6$\pm$1.5
WW,WZ,Z$\tau\tau$	PYTHIA	1.5$\pm$0.5
non-W	DATA($\not{E}_T$,Iso method)	2.1$\pm$1.3
$t\bar{t}$	Herwig(σ=7.5 pb)	5.1$\pm$1.9
single top	Herwig(W* and Wg)	2.4$\pm$0.8
TOTAL		31.6$\pm$4.3

Significancia $\sim 1.5\,\sigma$

$\Delta\phi(jj)$, $P_T(jj)$, Ventanas de masa

- **Optimizamos la selección W + 2 jets**

  $\rightarrow$ **S/**$\sqrt{B}$

  Referencia:*Finding low Technicolor at hadron colliders*
  by Estia Eichten, Kenneth Lane and John Womersley.

  $\rightarrow$ *Phys. Lett.* **B405:305-311***,1997*

- **Requisitos topológicos**

  $\rightarrow$ $\Delta\Phi$ **entre los dos jets** $\Rightarrow\Delta\phi(jj) \equiv \Delta\phi(\pi_T)$

  $\rightarrow$ P_T **del sistema de dos jets**
  $\Rightarrow P_T(jj) \equiv P_T(\pi_T)$

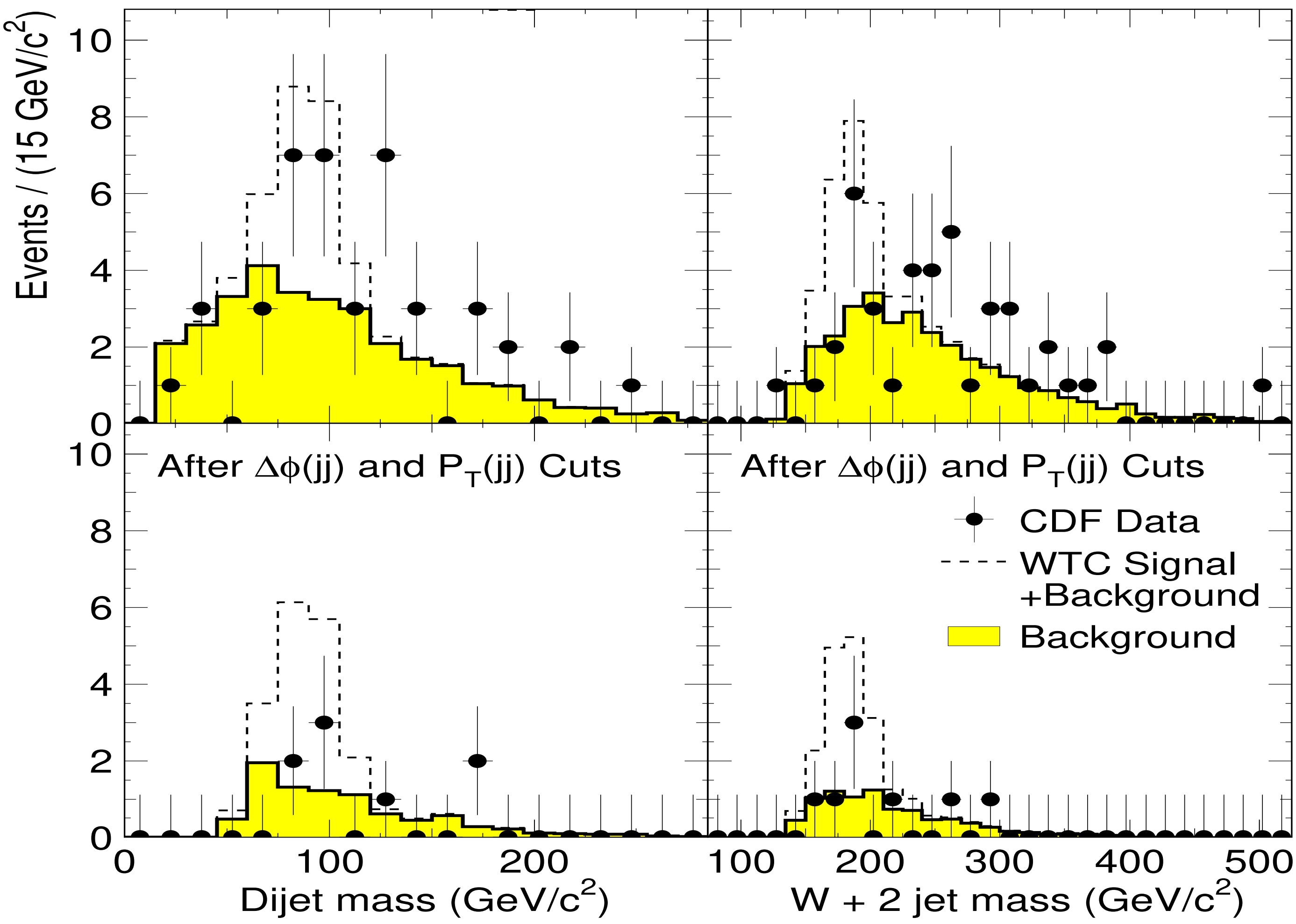
- **Ventanas de masa**

  $\rightarrow$ **Masa de sistema de dijet** $\Rightarrow$**corte en** π_T
  $\Rightarrow M(\pi_T) \pm 3\,\sigma$

  $\rightarrow$ **Masa del sistema W + 2 jets** $\Rightarrow$**corte en** ρ_T
  $\Rightarrow M(\rho_T) \pm 3\,\sigma$

El canal leptónico, Masa invariante

$$M(\rho_T) = 180 \textbf{ GeV}/c^2,\ M(\pi_T) = 90 \textbf{ GeV}/c^2$$



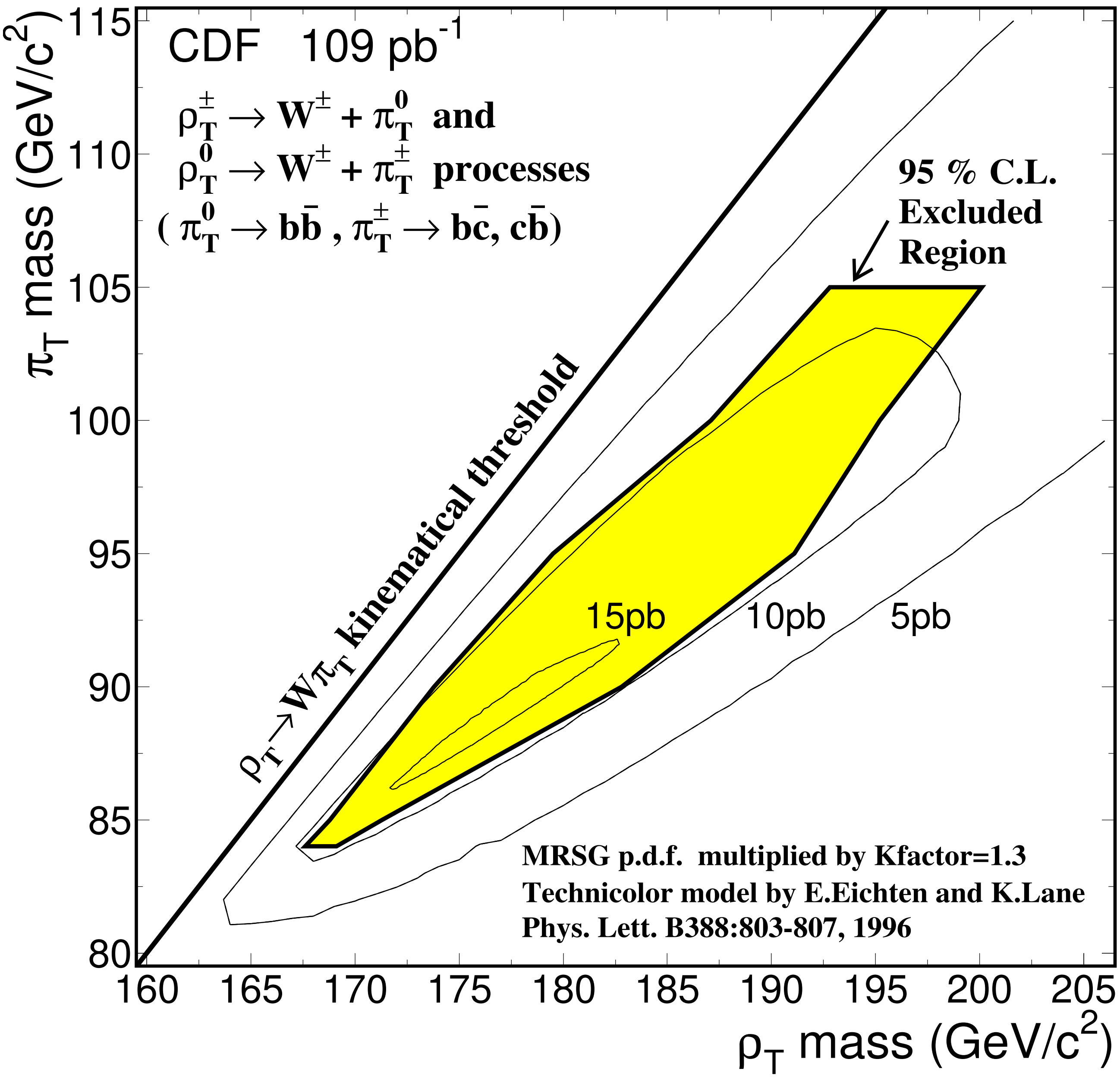
El canal leptónico, Inc. sistemáticas

	$M(\pi_T), M(\rho_T)$			
Fuente	85,170	90,180	100, 200	110, 200
Rad. inicial	9%	10%	11%	11%
Rad. Final	15%	19%	17%	15%
PDF Lib	8%	6%	4%	4%
Energía del jet	5 %	4%	1%	2%
trigger	5%	5%	5%	5%
ID. Leptón	5%	5%	5%	5%
b-tagging	9%	9%	9%	9%
Luminosidad	7%	7%	7%	7%
Est. finita del MC	6%	6%	5%	5%
TOTAL	25 %	27 %	25%	24%

El canal leptónico, Límites

π_T, ρ_T [GeV/c^2]	σ^{th}_{cou} [pb]	ϵ_{tot} [%]	N_{exp}	$N_{B.G.}$	N_{obs}	$N^{95\%C.L.}_{lim}$	$\sigma^{95\%C.L.}_{lim}$ [pb]
80,170	3.7	0.64	2.6	5.4±0.7	5	7.3	10.5
85,170	14.1	0.66	10.2	3.8±0.5	5	8.4	11.7
90,180	15.7	0.69	11.8	5.7±0.8	5	7.1	9.5
95,185	13.0	0.88	12.5	6.4±0.9	6	7.9	8.1
100,190	10.9	0.92	10.9	6.5±0.9	6	7.8	7.8
105,200	9.3	0.94	9.5	7.4±1.0	8	9.5	9.2
110,210	7.4	0.97	7.9	9.8±1.3	13	13.8	13.0
115,210	6.9	1.02	7.7	8.4±1.2	10	11.2	10.0

El canal leptónico, Región excluida



Búsqueda en el canal hadrónico, Selección

- ***Trigger* de Multijet**
  - $\rightarrow$ **4 *clusters* en el Calorímetro**
    $\Rightarrow E_T^{L2\,clus} \geq$ 15 GeV y centrales
  - $\rightarrow$ **$\Sigma E_T^{L2\,clus} \geq$ 125 GeV**

- **Selección *offline***
  - $\rightarrow$ **Al menos 4 jets reconstruídos con $\Delta R \leq$0.4**
    $\Rightarrow E_T \geq$ 15 GeV $|\eta| \leq$ 2.1
  - $\rightarrow$ **Al menos dos jets identificados como jets b entre los cuatro jets más energéticos.**
  - $\rightarrow$ **$\Delta\phi(b\bar{b}) \geq$ 1.5 rad.**

- **La eficiencia se define como:**

$$\varepsilon_{tot} = \varepsilon_{trig} \cdot \varepsilon_{cin} \cdot \varepsilon_{b-tag} \cdot \varepsilon_{top}$$

  - $\rightarrow$ **Calculada usando PYTHIA 6.1.**
  - $\rightarrow$ **ε_{tot} varía de 0.1% a 0.5% dependiendo de la combinación de masa estudiada.**

El canal hadrónico, Fondos

- **Número de sucesos en 90.6 pb^{-1} :**

CDF Preliminary

Selección	Número de sucesos
trigger	250485
$\geq$ 4 jets	207604
doble b-tag	764
$\Delta\phi(b\bar{b})$	389

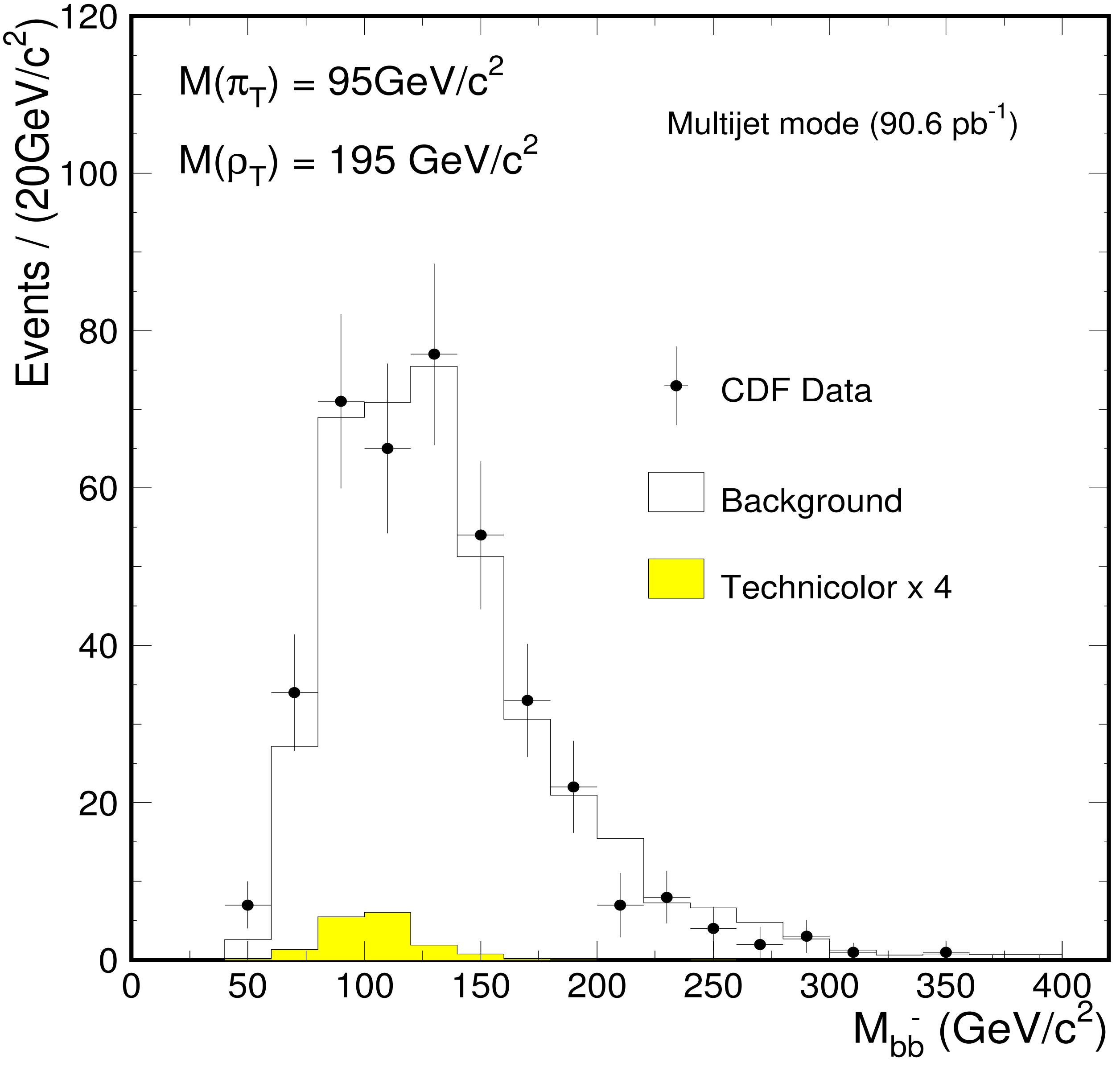
- **El fondo principal es QCD $\Rightarrow$ La normalización absoluta se considera un parámetro desconocido.**

- **Otros fondos**

CDF Preliminary

Fondos	Distribución	$N_{sucesos}$
$Fakes$	DATA(multijets)	81 ± 10
Top	Herwig	25 ± 6
Z($Z \rightarrow b\bar{b}$) + jets	Herwig	8 ± 2
Total		114 $\pm$ 12

El canal hadrónico, Masa invariante



El canal hadrónico, Ajuste de masa

- Ajustamos el espectro de masa invariante, $M(b\bar{b})$, observado en los datos a una combinación de señal + fondo

- Método usado maximiza la función de verosimilitud

  La función de máxima verosimilitud se define:

$$L^* = -lnL = -ln\prod_i P_i + \frac{\gamma-\gamma_0}{\Delta\gamma^2} + \frac{\omega-\omega_0}{\Delta\omega^2} + \frac{\epsilon-\epsilon_0}{\Delta\epsilon^2}$$

  donde P_i es una función de Poisson:

$$P_i = \frac{\mu^{N_i} e^{-\mu_i}}{N!}$$

  y μ_i es el número de sucesos en cada intervalo:

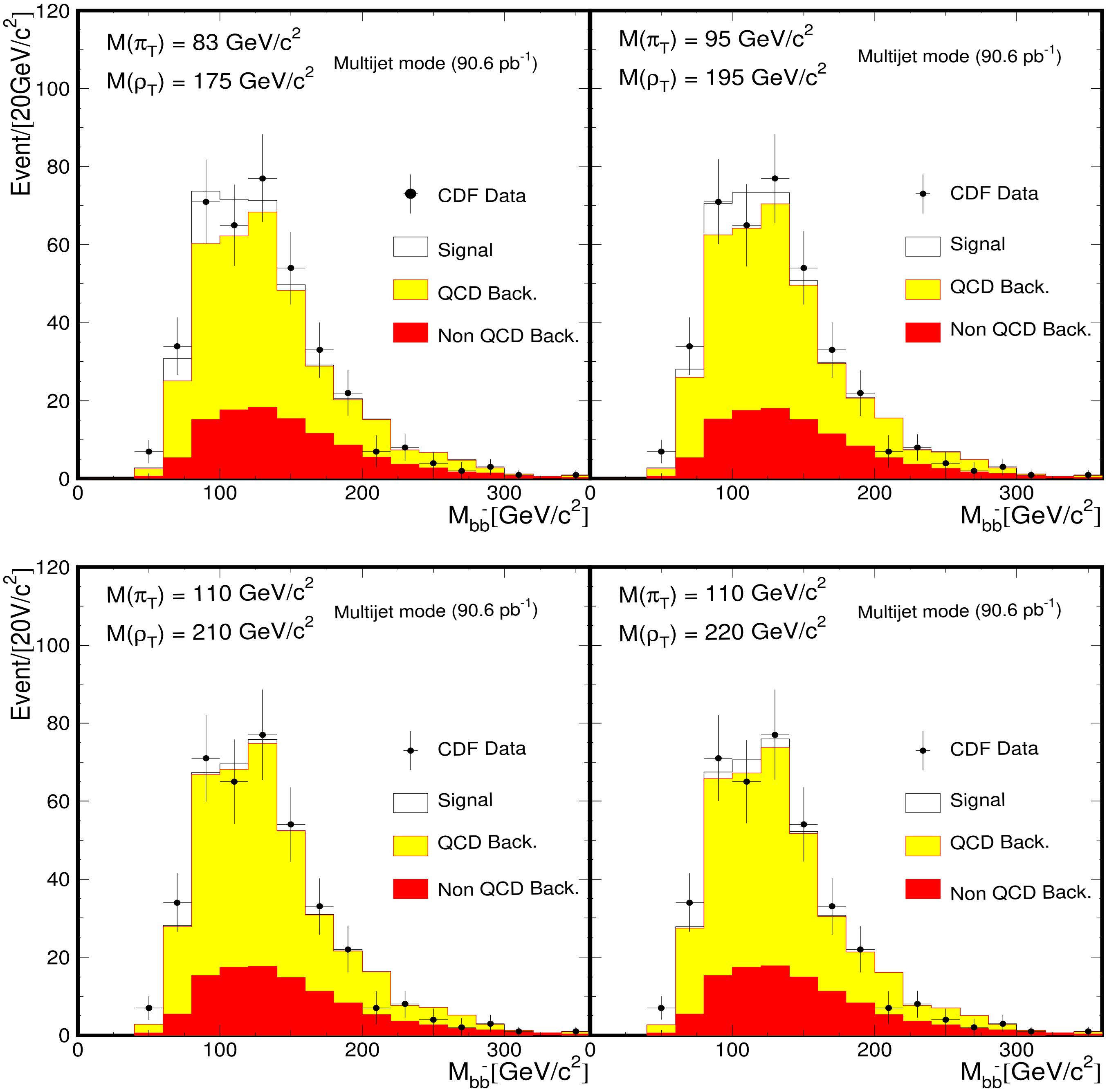
$$\mu_i = N^D[\alpha N_i^{signal} + \beta N_i^{QCD} + \gamma N_i^{Fakes} + \omega N_i^{Top} + \epsilon N_i^{Zjj}]$$

El canal hadrónico, Inc. sistemática

Fuente	
Luminosidad	7 %
Energía del jet	14 %
b-tagging	17%
Radiación de gluones	22%
Estadística finita del MC	5%
Contenido del fondo	2%
Eficiencia de *trigger*	5%
Forma del fondo	10%
TOTAL	34 %

- Convoluciona la función de verosimilitud con una gausiana de anchura igual a la incertidumbre sistemática

El canal hadrónico, Ajuste de masa



Combinación de los límites

- Se hace un análisis similar al del canal hadrónico en la muestra de leptón más jets para la misma región de búsqueda.

- Se calculan dos fuciones de verosimilitud independientes (para el canal leptónico y hadrónico), cada una convolucionada con el incertidumbre sistemáticas no correlacionadas de cada canal.

- Se multiplican estas dos funciones de verosimilitud.

- La función resultante se convoluciona con las incertidumbre sistemática correlacionada.

- El límite al 95% de nivel de confianza se obtiene integrando la función de verosimilitud hasta el 95% de su area total.

Combinación de los límites

95% C.L. upper limits on $\sigma_{fitting}$

$M_{(\pi_T,\rho_T)}$ [GeV/c^2]	$\sigma^{theory}_{fitting}$ [pb]	$4j$ [pb]	$\ell+2j$ [pb]	Combined [pb]
95,195	12.3	613	50.1	160
100,205	9.8	257	44.2	109
105,205	8.2	375	31.1	82
110,210	7.3	388	31.5	83
110,220	6.6	362	32.0	89

Conclusiones

- Hemos buscado partículas de Technicolor en: el canal leptónico usando la estadística de Poisson ("counting experiment") y en el canal hadrónico y leptónico usando un método de ajuste de la distribución de $M(b\bar{b})$.

- Para este modelo de Technicolor, se puede excluir una región en el plano $M(\rho_T), M(\pi_T)$ usando el canal leptónico que corresponde a $\sigma^{theo} \gtrsim 10\,pb$.

- Combinando todos los datos existentes hemos establecido límites superiores en la sección eficaz de producción al 95% de nivel de confianza para las regiones de masa correspondientes a $\sigma^{theo} \lesssim 10\,pb$.