

# RAZONES DE DECAIMIENTO Y VIOLACIÓN DE CP EN DECAIMIENTOS NO-LEPTÓNICOS DEL $B_s$ INCLUYENDO LAS EXCITACIONES RADIALES $K(1460)$ Y $K^*(1410)$ EN EL ESTADO FINAL.

Oscar Fino.<sup>1</sup>  
Carlos Vera,<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad del Tolima, A.A. 546, Ibagué, Colombia.

Medellin 29 de Noviembre de 2016

# Tabla de Contenidos

- 1 MOTIVACIÓN
  - Resultados Experimentales
- 2 MARCO TEÓRICO
  - Construcción de Hamiltonianos Efectivos
  - Hipótesis de Factorización
- 3 RESULTADOS
  - Factores de forma calculados con el Modelo WSB
  - Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales
  - Branching y Asimetrías
- 4 CONCLUSIONES
- 5 APENDICES

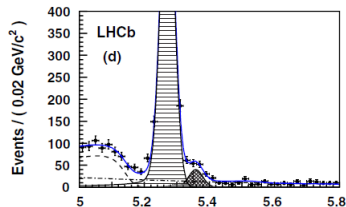
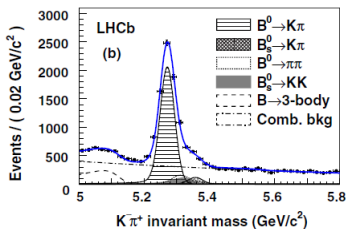
# Tabla de Contenidos

- 1 **MOTIVACIÓN**
  - **Resultados Experimentales**
- 2 MARCO TEÓRICO
  - Construcción de Hamiltonianos Efectivos
  - Hipótesis de Factorización
- 3 RESULTADOS
  - Factores de forma calculados con el Modelo WSB
  - Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales
  - Branching y Asimetrías
- 4 CONCLUSIONES
- 5 APENDICES

Resultados Experimentales

# Resultados Experimentales $B(B_s \rightarrow M_1 M_2)$ y $A(B_s \rightarrow M_1 M_2)[1],[2],[3]$

●  $B^0 \rightarrow K\pi, B_s \rightarrow K\pi$  [4, 5, 6]



# Resultados Experimentales $\mathcal{B}(B_s \rightarrow M_1 M_2)$ y $\mathcal{A}(B_s \rightarrow M_1 M_2)[1],[2],[3]$

- $B^0 \rightarrow K\pi, B_s \rightarrow K\pi$ [4, 5, 6]
- $\mathcal{A}(B^0 \rightarrow K\pi), \mathcal{A}(B_s \rightarrow K\pi)$

## Branching ratios

$$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^+ \pi^-) = (19,4 \pm 0,6) \times 10^{-6}$$

$$\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^- \pi^+) = (5,4 \pm 0,4(stat.) \pm 0,6(sist.)) \times 10^{-6}$$

$$\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^- K^+) = (23,0 \pm 0,7(stat.) \pm 2,3(sist.)) \times 10^{-6}$$

## Asimetrías

$$A_{CP}^{B^0 \rightarrow K\pi} = -0,088 \pm 0,011(stat.) \pm 0,008(syst.)$$

$$A_{CP}^{B_s^0 \rightarrow K\pi} = 0,27 \pm 0,08(stat.) \pm 0,02(syst.)$$

$$C_{KK} = 0,14 \pm 0,11(stat), \quad S_{KK} = 0,30 \pm 0,12(stat)$$

(1)

# Resultados Experimentales $B(B_s \rightarrow M_1 M_2)$ y $A(B_s \rightarrow M_1 M_2)$ [1],[2],[3]

- $B^0 \rightarrow K\pi, B_s \rightarrow K\pi$ [4, 5, 6]
- $\mathcal{A}(B^0 \rightarrow K\pi), \mathcal{A}(B_s \rightarrow K\pi)$
- **Decaimientos**  
 $B_s \rightarrow K^{(*)} M_2 \rightarrow K^{(*)} M_1 M_2$   
 [9],[10],[11].

Modos de decaimiento $K(1460)$ [7]		
	Modo	Fracción $\Gamma/\Gamma_i$
$\Gamma_1$	$K^*(892)\pi$	visto
$\Gamma_2$	$K\rho$	visto
$\Gamma_2$	$K^*(1430)\pi$	visto
Modos de decaimiento $K^*(1410)$ [8]		
	Modo	Fracción $\Gamma/\Gamma_i$
$\Gamma_1$	$K^*(892)\pi$	> 40 %
$\Gamma_2$	$K\pi$	$6,6 \pm 1,3$
$\Gamma_3$	$K\rho$	< 7
$\Gamma_4$	$\gamma K^0$	visto

Tabla 1: Decaimientos posibles de los mesones  $K(1460)$  y  $K^*(1410)$

# Tabla de Contenidos

- 1 MOTIVACIÓN
  - Resultados Experimentales
- 2 MARCO TEÓRICO
  - Construcción de Hamiltonianos Efectivos
  - Hipótesis de Factorización
- 3 RESULTADOS
  - Factores de forma calculados con el Modelo WSB
  - Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales
  - Branching y Asimetrías
- 4 CONCLUSIONES
- 5 APENDICES

# Hamiltoniano Efectivo para procesos $B_s \rightarrow M_1 M_2$

$$\mathcal{H}_{eff} = \frac{G_F}{\sqrt{2}} \sum_k V_{CKM}^k C_k(\mu) Q_k(\mu)$$

$$M_W \gg m_b \gg \Lambda_{QCD}$$

$$A(B_s \rightarrow M_1 M_2) \sim \sum_k \underbrace{C_k(\mu)}_{\text{QCD Pert.}} \times \underbrace{\langle f | Q_k(\mu) | B_s \rangle}_{\text{QCD no pert.}} \quad (1)$$



# Hamiltoniano Efectivo para procesos $B_s \rightarrow M_1 M_2$

$$\mathcal{H}_{eff} = \frac{G_F}{\sqrt{2}} \sum_k V_{CKM}^k C_k(\mu) Q_k(\mu)$$

$$M_W \gg m_b \gg \Lambda_{QCD}$$

$$A(B_s \rightarrow M_1 M_2) \sim \sum_k \underbrace{C_k(\mu)}_{\text{QCD Pert.}} \times \underbrace{\langle f | Q_k(\mu) | B_s \rangle}_{\text{QCD no pert.}} \quad (1)$$

$$\mathcal{H}_{eff} = \frac{G_F}{\sqrt{2}} \left\{ V_{ub} V_{uq}^* [c_1(\mu) \mathcal{O}_1^u + c_2(\mu) \mathcal{O}_2^u] + \right. \\ \left. V_{cb} V_{cq}^* [c_1(\mu) \mathcal{O}_1^c + c_2(\mu) \mathcal{O}_2^c] - V_{tb} V_{tq}^* \sum_{i=3}^{10} c_i(\mu) \mathcal{O}_i \right\} \quad (2)$$

# Tabla de Contenidos

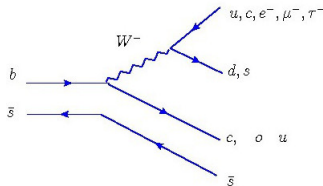
- 1 MOTIVACIÓN
  - Resultados Experimentales
- 2 MARCO TEÓRICO
  - Construcción de Hamiltonianos Efectivos
  - **Hipótesis de Factorización**
- 3 RESULTADOS
  - Factores de forma calculados con el Modelo WSB
  - Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales
  - Branching y Asimetrías
- 4 CONCLUSIONES
- 5 APENDICES

## Hipótesis de Factorización

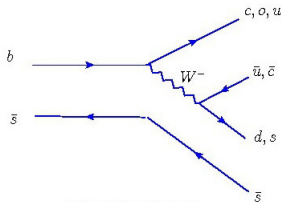
$$\Gamma(B_S \rightarrow M_1 M_2) \equiv [V_{ub} V_{uq_3} T + V_{tb} V_{tq_3} P] \chi^{B_S M_1, M_2}$$

$$\begin{aligned} \langle M_1 M_2 | \mathcal{O}_i | B_S \rangle &= \langle M_1 M_2 | J_\mu J^\mu | B_S \rangle \\ &= \langle M_1 | J_\mu | B_S \rangle \langle M_2 | J^\mu | 0 \rangle \\ &+ \langle M_2 | J_\mu | B_S \rangle \langle M_1 | J^\mu | 0 \rangle \\ &+ \langle M_1 M_2 | J_\mu | 0 \rangle \langle 0 | J^\mu | B_S \rangle \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle M_1 M_2 | \mathcal{O}_i | B_S \rangle &= \chi^{B_S M_1, M_2} \\ &+ \chi^{B_S M_2, M_1} \\ &+ \chi^{B_S, M_1 M_2} \end{aligned}$$



a) Simple espectador



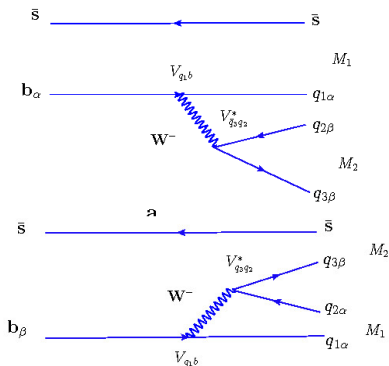
b) Supresion de color

# Contribuciones a nivel árbol, pingüino QCD y EW.

## ● Nivel Árbol

$$\mathcal{O}_1^u = (\bar{u}b)_L(\bar{q}u)_L \quad (3)$$

$$\mathcal{O}_2^u = (\bar{q}b)_L(\bar{u}u)_L \quad (4)$$



b.

# Contribuciones a nivel árbol, pingüino QCD y EW.

## ● Nivel Árbol

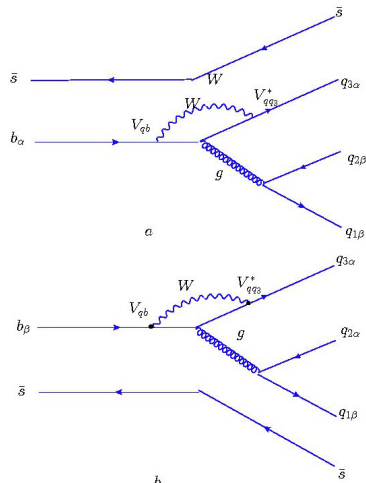
$$\mathcal{O}_1^u = (\bar{u}b)_L(\bar{q}u)_L \quad (3)$$

$$\mathcal{O}_2^u = (\bar{q}b)_L(\bar{u}u)_L \quad (4)$$

## ● QCD

$$\mathcal{O}_{3(5)} = (\bar{q}b)_L \sum_{q'} (\bar{q}' q')_{L,R}$$

$$\mathcal{O}_{4(6)} = (\bar{q}_\alpha b_\beta)_L \sum_{q'} (\bar{q}'_\beta q'_\alpha)_{L,R}$$



# Contribuciones a nivel árbol, pingüino QCD y EW.

## ● Nivel Árbol

$$\mathcal{O}_1^u = (\bar{u}b)_L(\bar{q}u)_L \quad (3)$$

$$\mathcal{O}_2^u = (\bar{q}b)_L(\bar{u}u)_L \quad (4)$$

## ● QCD

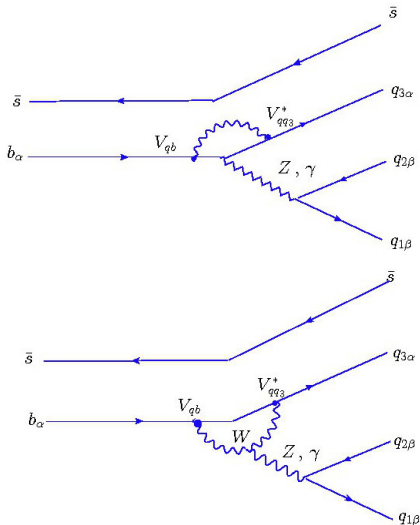
$$\mathcal{O}_{3(5)} = (\bar{q}b)_L \sum_{q'} (\bar{q}' q')_{L,R}$$

$$\mathcal{O}_{4(6)} = (\bar{q}_\alpha b_\beta)_L \sum_{q'} (\bar{q}'_\beta q'_\alpha)_{L,R}$$

## ● EW-ssc

$$\mathcal{O}_{7(9)} = \frac{3}{2} (\bar{q}b)_L \sum_{q'} e_{q'} (\bar{q}' q')_{R,L} \quad (5)$$

$$\mathcal{O}_{8(10)} = \frac{3}{2} (\bar{q}_\alpha b_\beta)_L \sum_{q'} e_{q'} (\bar{q}'_\beta q'_\alpha)_{L,R}$$



# Contribuciones a nivel árbol, pingüino QCD y EW.

## ● Nivel Árbol

$$\mathcal{O}_1^u = (\bar{u}b)_L(\bar{q}u)_L \quad (3)$$

$$\mathcal{O}_2^u = (\bar{q}b)_L(\bar{u}u)_L \quad (4)$$

## ● QCD

$$\mathcal{O}_{3(5)} = (\bar{q}b)_L \sum_{q'} (\bar{q}' q')_{L,R}$$

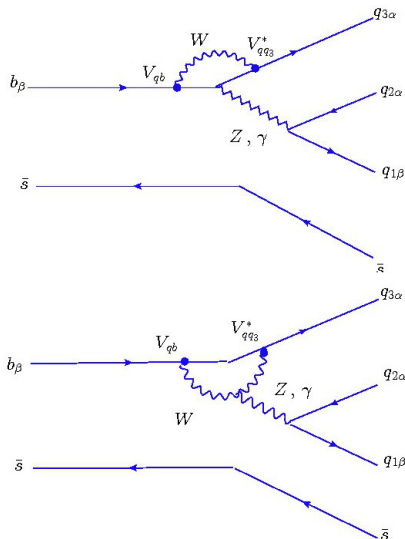
$$\mathcal{O}_{4(6)} = (\bar{q}_\alpha b_\beta)_L \sum_{q'} (\bar{q}'_\beta q'_\alpha)_{L,R}$$

## ● EW-ssc

$$\mathcal{O}_{7(9)} = \frac{3}{2} (\bar{q}b)_L \sum_{q'} e_{q'} (\bar{q}' q')_{R,L} \quad (5)$$

$$\mathcal{O}_{8(10)} = \frac{3}{2} (\bar{q}_\alpha b_\beta)_L \sum_{q'} e_{q'} (\bar{q}'_\beta q'_\alpha)_{L,R}$$

## ● EW-csc



Dinámica no perturbativa

# Amplitudes de transición

$$\langle K(1460) | j_\mu | B_s^0 \rangle, \langle K^*(1410) | j_\mu | B_s^0 \rangle, \langle M_2 | j_\mu | 0 \rangle$$

**K(1460)**

$$\langle K | j_\mu | B_s^0 \rangle = \left\{ (P_{B_s^0} + P_K) - \frac{m_{B_s^0}^2 - m_K^2}{q^2} q \right\}_\mu F_1(q^2) + \frac{m_{B_s^0}^2 - m_K^2}{q^2} q_\mu F_0(q^2) \quad (6)$$



# Amplitudes de transición

$$\langle K(1460) | j_\mu | B_S^0 \rangle, \langle K^*(1410) | j_\mu | B_S^0 \rangle, \langle M_2 | j_\mu | 0 \rangle$$

**K(1460)**

$$\langle K | j_\mu | B_S^0 \rangle = \left\{ (P_{B_S^0} + P_K) - \frac{m_{B_S^0}^2 - m_K^2}{q^2} q \right\}_\mu F_1(q^2) + \frac{m_{B_S^0}^2 - m_K^2}{q^2} q_\mu F_0(q^2) \quad (6)$$

**K\*(1410)**

$$\begin{aligned} \langle K^* | j_\mu | B_S^0 \rangle = & \frac{2}{m_{B_S^0} + m_{K^*}} \varepsilon_{\mu\nu\rho\sigma} \varepsilon^{*\nu} P_{B_S^0}^\rho P_{K^*}^\sigma V(q^2) + \\ & i \left\{ \varepsilon_\mu^* (m_{B_S^0} + m_{K^*}) A_1(q^2) - \frac{\varepsilon^* \cdot q}{(m_{B_S^0} + m_{K^*})} (P_{B_S^0} + P_{K^*})_\mu A_2(q^2) \right. \\ & \left. - \frac{\varepsilon^* \cdot q}{q^2} 2m_{K^*} q_\mu A_3(q^2) \right\} + i \frac{\varepsilon^* \cdot q}{q^2} 2m_{K^*} q_\mu A_0(q^2) \end{aligned} \quad (7)$$

# Amplitudes de transición

$$\langle K(1460) | j_\mu | B_S^0 \rangle, \langle K^*(1410) | j_\mu | B_S^0 \rangle, \langle M_2 | j_\mu | 0 \rangle$$

**K(1460)**

$$\langle K | j_\mu | B_S^0 \rangle = \left\{ (P_{B_S^0} + P_K) - \frac{m_{B_S^0}^2 - m_K^2}{q^2} q \right\}_\mu F_1(q^2) + \frac{m_{B_S^0}^2 - m_K^2}{q^2} q_\mu F_0(q^2) \quad (6)$$

**K\*(1410)**

$$\begin{aligned} \langle K^* | j_\mu | B_S^0 \rangle &= \frac{2}{m_{B_S^0} + m_{K^*}} \varepsilon_{\mu\nu\rho\sigma} \varepsilon^{*\nu} P_{B_S^0}^\rho P_{K^*}^\sigma V(q^2) + \\ & i \left\{ \varepsilon_\mu^* (m_{B_S^0} + m_{K^*}) A_1(q^2) - \frac{\varepsilon^* \cdot q}{(m_{B_S^0} + m_{K^*})} (P_{B_S^0} + P_{K^*})_\mu A_2(q^2) \right. \\ & \left. - \frac{\varepsilon^* \cdot q}{q^2} 2m_{K^*} q_\mu A_3(q^2) \right\} + i \frac{\varepsilon^* \cdot q}{q^2} 2m_{K^*} q_\mu A_0(q^2) \end{aligned} \quad (7)$$

**M<sub>2</sub>**

$$\langle M_2 | j_\mu | 0 \rangle = i f_{M_2} q_\mu \quad (8)$$

# Funciones de onda mesonicas - Modelo WSB

Función de onda en el estado base WSB[14]

$$\phi_m(\mathbf{k}_T, x) = N_m \sqrt{x(1-x)} \exp\left[-\frac{k_T^2}{2\omega^2}\right] \exp\left[-\frac{m^2}{2\omega^2} \left(x - \frac{1}{2} - \frac{m_{q_1}^2 - m_{q_2}^2}{2m^2}\right)^2\right] \quad (9)$$

# Funciones de onda mesonicas - Modelo WSB

**Función de onda en el estado base WSB[14]**

$$\phi_m(\mathbf{k}_T, x) = N_m \sqrt{x(1-x)} \exp\left[-\frac{k_T^2}{2\omega^2}\right] \exp\left[-\frac{m^2}{2\omega^2}\left(x - \frac{1}{2} - \frac{m_{q_1}^2 - m_{q_2}^2}{2m^2}\right)^2\right] \quad (9)$$

**Para las excitaciones radiales WSB[15]:**

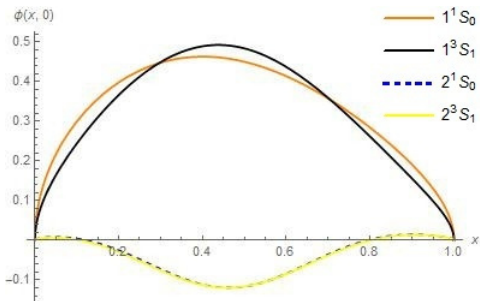
$$\begin{aligned} \phi_m(\mathbf{k}_T, x) = & N_m \sqrt{x(1-x)} \exp\left[-\frac{k_T^2}{2\omega^2}\right] \exp\left[-\frac{m^2}{2\omega^2}\left(x - \frac{1}{2} - \frac{m_{q_1}^2 - m_{q_2}^2}{2m^2}\right)^2\right] \\ & \times \left[k_T^2 + m^2\left(x - \frac{1}{2} - \frac{m_{q_1}^2 - m_{q_2}^2}{2m^2}\right)^2 - \frac{3}{2}\omega^2\right] \end{aligned} \quad (10)$$

# Tabla de Contenidos

- 1 MOTIVACIÓN
  - Resultados Experimentales
- 2 MARCO TEÓRICO
  - Construcción de Hamiltonianos Efectivos
  - Hipótesis de Factorización
- 3 RESULTADOS
  - Factores de forma calculados con el Modelo WSB
  - Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales
  - Branching y Asimetrías
- 4 CONCLUSIONES
- 5 APENDICES

## Funciones de Onda WSB $n^{2s+1} L_j$ , (9),(10)

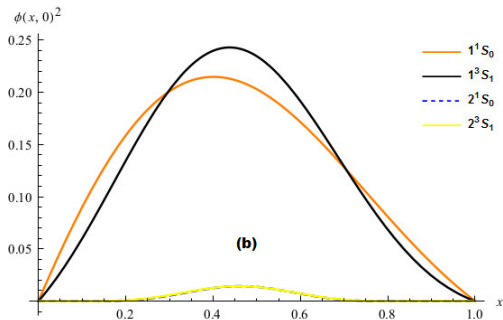
●  $\phi(x, 0)$



## Funciones de Onda WSB $n^{2s+1} L_j$ , (9),(10)

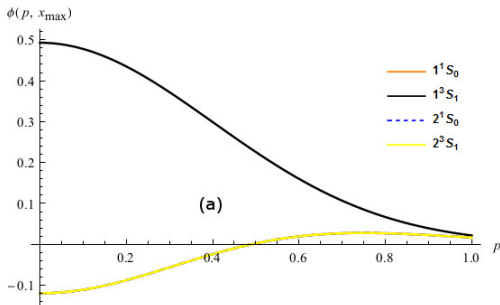
●  $\phi(x, 0)$

●  $|\phi(x, 0)|^2$



## Funciones de Onda WSB $n^{2s+1} L_j$ , (9),(10)

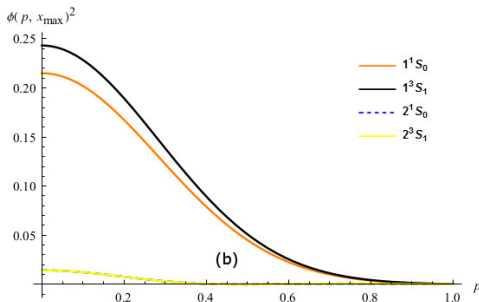
- $\phi(x, 0)$
- $|\phi(x, 0)|^2$
- $\phi(x_{max}, K_{\perp})$ ,





## Funciones de Onda WSB $n^{2s+1} L_j$ , (9),(10)

- $\phi(x, 0)$
- $|\phi(x, 0)|^2$
- $\phi(x_{max}, K_{\perp})$ ,
- $|\phi(x_{max}, K_{\perp}^2)|^2$



Factores de forma calculados con el Modelo WSB

Factores de forma calculados **WSB**[14]

Tabla 2: Factores de forma evaluados a momentum transferido  $q^2 = 0$ , en el modelo **WSB**, para el estado base y los estados excitados radialmente.

Factores de Forma en el estado base					
Transition	$F_1 = F_0$	$V$	$A_1$	$A_2$	$A_0$
$B_S \rightarrow K$	0,267				
$B_S \rightarrow \eta(547)$	0,328				
$B_S \rightarrow \eta'(958)$	0,263				
$B_S \rightarrow K^*(892)$		0,275	0,226	0,226	0,229
$B_S \rightarrow \phi(1020)$		0,311	0,265	0,266	0,263
Factores de Forma a excitaciones radiales					
Transition	$F_1 = F_0$	$V$	$A_1$	$A_2$	$A_0$
$B_S \rightarrow K(1460)$	0,205				
$B_S \rightarrow \eta(1295)$	0,160				
$B_S \rightarrow \eta(1475)$	0,191				
$B_S \rightarrow K^*(1410)$		0,268	0,180	0,165	0,202
$B_S \rightarrow \phi(1680)$		0,284	0,186	0,166	0,208

# Tabla de Contenidos

- 1 MOTIVACIÓN
  - Resultados Experimentales
- 2 MARCO TEÓRICO
  - Construcción de Hamiltonianos Efectivos
  - Hipótesis de Factorización
- 3 **RESULTADOS**
  - Factores de forma calculados con el Modelo WSB
  - **Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales**
  - Branching y Asimetrías
- 4 CONCLUSIONES
- 5 APENDICES

## Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales [16]

I Método [17]

$$f_K^2 \leq \frac{1}{(2\pi)^3} \int_0^1 dx \left| \int_0^\infty d^2 k \phi(x, k^2) \right|^2 \quad (11)$$

## Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales [16]

I Método [17]

$$f_K^2 \leq \frac{1}{(2\pi)^3} \int_0^1 dx \left| \int_0^\infty d^2 k \phi(x, k^2) \right|^2 \quad (11)$$

II Método [18]

$$f_K = \int d\mathbf{k} \phi(x, \mathbf{k}^2), \quad d\mathbf{k} = 2(2\pi)^{-3/2} dx d^2 k_\perp \quad (12)$$

## Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales [16]

I Método [17]

$$f_K^2 \leq \frac{1}{(2\pi)^3} \int_0^1 dx \left| \int_0^\infty d^2 k \phi(x, k^2) \right|^2 \quad (11)$$

II Método [18]

$$f_K = \int d\mathbf{k} \phi(x, \mathbf{k}^2), \quad d\mathbf{k} = 2(2\pi)^{-3/2} dx d^2 k_\perp \quad (12)$$

III Método [19],[20]

$$f_{P,V} = 2 \sqrt{\frac{N_c}{M_{P,V}}} | \phi_{P,V}(0) | = \sqrt{\frac{12}{M_{P,V}}} | \psi_{P,V}(0) | \quad (13)$$

Constantes de decaimiento para los mesones K y $K^*$				
Meson K	$f_{exp}$ [MeV]	I[MeV][17]	II[MeV][18]	III[MeV][19]
$f_K$	160	180.1	170,5	210.3
$f_{K(1460)}$		153.6	147.8	106.0

Meson $K^*$	$f_{exp}$ [MeV]	I[MeV][17]	II[MeV][18]	III[MeV][19]
$f_{K^*(892)}$	221	180.1	166.5	152.6
$f_{K^*(1410)}$		151.7	146.3	106.7

Tabla 3: Constantes de decaimiento para los mesones K y  $K^*$ , en los estados  $1^1S_0$  y  $2^3S_1$ .

Constante de decaimiento meson  $f_{K(1460)}$  [21]

$$f_{K(1460)} = -18MeV \quad (14)$$

## Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales

Constantes de decaimiento para los mesones K y K*				
Meson K	$f_{exp}$ [MeV]	I[MeV][17]	II[MeV][18]	III[MeV][19]
$f_K$	160	180.1	170,5	210.3
$f_{K(1460)}$		153.6	147.8	106.0

Meson K*	$f_{exp}$ [MeV]	I[MeV][17]	II[MeV][18]	III[MeV][19]
$f_{K^*(892)}$	221	180.1	166.5	152.6
$f_{K^*(1410)}$		151.7	146.3	106.7

Tabla 3: Constantes de decaimiento para los mesones K y K\*, en los estados  $1^1S_0$  y  $2^3S_1$ .

**Constante de decaimiento meson  $f_{K(1460)}$  [21]**

$$f_{K(1460)} = -18MeV \quad (14)$$

**Constante de decaimiento meson  $f_{K^*(1410)}$  [22]**

$$f_{K^*(1410)} = 155 \pm 11MeV \quad (15)$$



# Tabla de Contenidos

- 1 MOTIVACIÓN
  - Resultados Experimentales
- 2 MARCO TEÓRICO
  - Construcción de Hamiltonianos Efectivos
  - Hipótesis de Factorización
- 3 **RESULTADOS**
  - Factores de forma calculados con el Modelo WSB
  - Constantes de Decaimiento a excitaciones radiales
  - **Branching y Asimetrías**
- 4 CONCLUSIONES
- 5 APENDICES

## Branching y Asimetrías

$$B_S^0 \rightarrow P^{(\prime)} P, y, B_S^0 \rightarrow P^{(\prime)} V \quad \triangleright, \triangleright$$

Tabla 4: Branching promediados (En unidades de  $10^{-6}$ ) sobre los modos CP conjugados y asimetrías PP Y PV. los cocientes  $\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$  y  $\mathcal{A}(\mathcal{A}')$ , son comparaciones de los valores en el estado final con respecto al estado base

Decaimientos $B_S \rightarrow PP$					
Modo	$\langle B \rangle$	$\langle B' \rangle$	$\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$	$\mathcal{A}(\mathcal{A}')$	$\frac{\mathcal{A}'}{\mathcal{A}}$
$B_S \rightarrow K^{+(\prime)} \pi^-$	7,115	3,416	<b>0,48</b>	-0,116	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \pi^0$	0,193	0,093	<b>0,48</b>	0,009	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \eta$	0,021	0,056	1,31	-0,205(-0,132)	0,64
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \eta'$	0,012	0,152	12,66	-0,249(-0,084)	0,34
$B_S \rightarrow K^{+(\prime)} K^-$	9,905	4,652	<b>0,47</b>	0,125	1
$B_S \rightarrow K^+ K^{-(\prime)}$	9,905	3,494	<b>0,36</b>	0,125(0,025)	0,2
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \bar{K}^0$	9,986	4,788	<b>0,48</b>	0,00	N.P
$B_S \rightarrow K^0 \bar{K}^{0(\prime)}$	9,986	3,457	<b>0,35</b>	0,00	N.P
Decaimientos $B_S \rightarrow PV$					
Modo	$\langle B \rangle$	$\langle B' \rangle$	$\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$	$\mathcal{A}(\mathcal{A}')$	$\frac{\mathcal{A}'}{\mathcal{A}}$
$B_S \rightarrow K^{+(\prime)} \rho^-$	17,15	8,12	<b>0,48</b>	-0,06	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \rho^0$	0,135	0,064	<b>0,47</b>	+0,40	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \omega$	0,203	0,096	<b>0,47</b>	-0,25	1
$B_S \rightarrow K^{+(\prime)} K^{*-}$	4,171	1,964	<b>0,47</b>	0,28	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \bar{K}^{*0}$	4,030	1,897	<b>0,47</b>	0,00	N.P
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \bar{\phi}^0$	0,012	0,002	0,16	0,00	N.P

## Branching y Asimetrías

$$B_S^0 \rightarrow P^{(\prime)} P, y, B_S^0 \rightarrow P^{(\prime)} V \quad \triangleright, \triangleright$$

Tabla 4: Branching promediados (En unidades de  $10^{-6}$ ) sobre los modos CP conjugados y asimetrías PP Y PV. los cocientes  $\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$  y  $\mathcal{A}(\mathcal{A}')$ , son comparaciones de los valores en el estado final con respecto al estado base

Decaimientos $B_S \rightarrow PP$					
Modo	$\langle B \rangle$	$\langle B' \rangle$	$\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$	$\mathcal{A}(\mathcal{A}')$	$\frac{\mathcal{A}'}{\mathcal{A}}$
$B_S \rightarrow K^{+(\prime)} \pi^-$	7,115	3,416	<b>0,48</b>	-0,116	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \pi^0$	0,193	0,093	<b>0,48</b>	0,009	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \eta$	0,021	0,056	1,31	-0,205(-0,132)	0,64
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \eta'$	0,012	0,152	12,66	-0,249(-0,084)	0,34
$B_S \rightarrow K^{+(\prime)} K^-$	9,905	4,652	<b>0,47</b>	0,125	1
$B_S \rightarrow K^+ K^{-(\prime)}$	9,905	3,494	<b>0,36</b>	0,125(0,025)	0,2
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \bar{K}^0$	9,986	4,788	<b>0,48</b>	0,00	N.P
$B_S \rightarrow K^0 \bar{K}^{0(\prime)}$	9,986	3,457	<b>0,35</b>	0,00	N.P
Decaimientos $B_S \rightarrow PV$					
Modo	$\langle B \rangle$	$\langle B' \rangle$	$\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$	$\mathcal{A}(\mathcal{A}')$	$\frac{\mathcal{A}'}{\mathcal{A}}$
$B_S \rightarrow K^{+(\prime)} \rho^-$	17,15	8,12	<b>0,48</b>	-0,06	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \rho^0$	0,135	0,064	<b>0,47</b>	+0,40	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \omega$	0,203	0,096	<b>0,47</b>	-0,25	1
$B_S \rightarrow K^{+(\prime)} K^{*-}$	4,171	1,964	<b>0,47</b>	0,28	1
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \bar{K}^{*0}$	4,030	1,897	<b>0,47</b>	0,00	N.P
$B_S \rightarrow K^{0(\prime)} \bar{\phi}^0$	0,012	0,002	0,16	0,00	N.P

## Branching y Asimetrías

$$B_S^0 \rightarrow V^{(\prime)} P, y, B_S^0 \rightarrow V^{(\prime)} V \quad \triangleright, \triangleright$$

Tabla 5: Branching promediados (En unidades de  $10^{-6}$ ) sobre los modos CP conjugados y asimetrías VP Y

VV. los cocientes  $\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$  y  $\mathcal{A}(A')$ , son comparaciones de los valores en el estado final con respecto al estado base

Decaimientos $B_S \rightarrow VP$					
Modo	$\langle B \rangle$	$\langle B' \rangle$	$\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$	$\mathcal{A}(A')$	$\frac{A'}{A}$
$B_S \rightarrow K^{+*(\prime)} \pi^-$	4,824	3,289	<b>0,68</b>	-0,004	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \pi^0$	0,019	0,013	<b>0,68</b>	0,198	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \eta$	0,273	0,105	0,38	-0,089(-0,120)	1,35
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \eta'$	0,080	0,022	0,28	-0,206(-0,355)	1,73
$B_S \rightarrow K^{+*(\prime)} K^-$	0,457	0,310	<b>0,68</b>	0,133(0,133)	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \bar{K}^0$	0,040	0,027	<b>0,68</b>	0,00	N.P
Decaimientos $B_S \rightarrow VV$					
Mode	$\langle B \rangle$	$\langle B' \rangle$	$\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$	$\mathcal{A}(A')$	$\frac{A'}{A}$
$B_S \rightarrow K^{+*(\prime)} \rho^-$	14,17	9,36	<b>0,66</b>	-0,06	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \rho^0$	0,111	0,074	<b>0,67</b>	+0,40	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \omega$	0,168	0,114	<b>0,68</b>	-0,25	1
$B_S \rightarrow K^{+*(\prime)} K^{*-}$	3,656	2,518	<b>0,69</b>	0,29	1
$B_S \rightarrow K^{+*} K^{*- (\prime)}$	3,656	2,358	<b>0,64</b>	0,28	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \bar{K}^{0*}$	3,533	2,301	<b>0,65</b>	0,00	N.P
$B_S \rightarrow K^{0*} \bar{K}^{0*(\prime)}$	3,533	2,279	<b>0,64</b>	0,00	N.P
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \bar{\phi}^0$	0,165	0,106	0,65	0,00	N.P

## Branching y Asimetrías

$$B_S^0 \rightarrow V^{(\prime)} P, y, B_S^0 \rightarrow V^{(\prime)} V \quad \triangleright, \triangleright$$

Tabla 5: Branching promediados (En unidades de  $10^{-6}$ ) sobre los modos CP conjugados y asimetrías VP Y

VV. los cocientes  $\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$  y  $\mathcal{A}(A')$ , son comparaciones de los valores en el estado final con respecto al estado base

Decaimientos $B_S \rightarrow VP$					
Modo	$\langle B \rangle$	$\langle B' \rangle$	$\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$	$\mathcal{A}(A')$	$\frac{A'}{A}$
$B_S \rightarrow K^{+*(\prime)} \pi^-$	4,824	3,289	<b>0,68</b>	-0,004	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \pi^0$	0,019	0,013	<b>0,68</b>	0,198	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \eta$	0,273	0,105	0,38	-0,089(-0,120)	1,35
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \eta'$	0,080	0,022	0,28	-0,206(-0,355)	1,73
$B_S \rightarrow K^{+*(\prime)} K^-$	0,457	0,310	<b>0,68</b>	0,133(0,133)	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \bar{K}^0$	0,040	0,027	<b>0,68</b>	0,00	N.P
Decaimientos $B_S \rightarrow VV$					
Mode	$\langle B \rangle$	$\langle B' \rangle$	$\frac{\langle B' \rangle}{\langle B \rangle}$	$\mathcal{A}(A')$	$\frac{A'}{A}$
$B_S \rightarrow K^{+*(\prime)} \rho^-$	14,17	9,36	<b>0,66</b>	-0,06	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \rho^0$	0,111	0,074	<b>0,67</b>	+0,40	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \omega$	0,168	0,114	<b>0,68</b>	-0,25	1
$B_S \rightarrow K^{+*(\prime)} K^{*-}$	3,656	2,518	<b>0,69</b>	0,29	1
$B_S \rightarrow K^{+*} K^{*-(\prime)}$	3,656	2,358	<b>0,64</b>	0,28	1
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \bar{K}^{0*}$	3,533	2,301	<b>0,65</b>	0,00	N.P
$B_S \rightarrow K^{0*} \bar{K}^{0*(\prime)}$	3,533	2,279	<b>0,64</b>	0,00	N.P
$B_S \rightarrow K^{0*(\prime)} \bar{\phi}^0$	0,165	0,106	0,65	0,00	N.P

# Resultados $B_s \rightarrow K^{(\prime)} P$

$$d\Gamma = \frac{1}{32\pi^2} |M_{fi}|^2 \frac{|p_1|}{m_b^2} d\Omega \quad ; \quad \text{Asimetria} = \frac{|\mathcal{A}(\bar{B}_s^0 \rightarrow \bar{f})|^2 - |\mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow f)|^2}{|\mathcal{A}(\bar{B}_s^0 \rightarrow \bar{f})|^2 + |\mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow f)|^2} \quad (16)$$

# Resultados $B_s \rightarrow K^{(\prime)} P$

$$d\Gamma = \frac{1}{32\pi^2} |M_{fi}|^2 \frac{|p_1|}{m_b^2} d\Omega \quad ; \quad \text{Asimetria} = \frac{|\mathcal{A}(\bar{B}_s^0 \rightarrow \bar{f})|^2 - |\mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow f)|^2}{|\mathcal{A}(\bar{B}_s^0 \rightarrow \bar{f})|^2 + |\mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow f)|^2} \quad (16)$$

$$\Gamma(B_s \rightarrow M_1 M_2) = \frac{|\mathbf{M}|^2}{16\pi m_{B_s}^3} \lambda[m_{B_s}^2, m_1^2, m_2^2]^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

$$\frac{\Gamma'(B_s \rightarrow P_1' P_2)}{\Gamma(B_s \rightarrow P_1 P_2)} = \left[ \frac{m_{B_s}^2 - m_{P_1'}^2}{m_{B_s}^2 - m_{P_1}^2} \right]^2 \left[ \frac{\lambda^{B_s P_1', P_2}}{\lambda^{B_s P_1, P_2}} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{F_0^{B_s P_1'}(m_{P_2})}{F_0^{B_s P_1}(m_{P_2})} \right]^2 \approx 0,48 \quad (18)$$

$$\frac{\Gamma(B_s \rightarrow K^+ K^{-'})}{\Gamma(B_s \rightarrow K^+ K^-)} \approx 0,35 \quad (19)$$

$$\frac{\Gamma(B_s \rightarrow K^0 \bar{K}^{0'})}{\Gamma(B_s \rightarrow K^0 \bar{K}^0)} \approx 0,35$$

Con un 13 % de disminución relativa. Dominancia  $a_4$ ,  $a_6$  y  $a_8$ ,  $a_{10}$ , QCD y EW.(LR)

# Resultados $B_s \rightarrow K^{(\prime)} V$ y $B_s \rightarrow K^{*(\prime)} V$ .

$$\Gamma(B_s \rightarrow PV) = \frac{|M|_{eff}^2}{16\pi M_{B_s}^3} \lambda^{\frac{3}{2}} [m_{B_s}^2, m_P^2, m_V^2] f_V^2 (F_1^{B_s P, V})^2 \quad (20)$$



# Resultados $B_s \rightarrow K^{(\prime)} V$ y $B_s \rightarrow K^{*(\prime)} V$ .

$$\Gamma(B_s \rightarrow PV) = \frac{|M|_{eff}^2}{16\pi M_{B_s}^3} \lambda^{\frac{3}{2}} [m_{B_s}^2, m_P^2, m_V^2] f_V^2 (F_1^{B_s P, V})^2 \quad (20)$$

$$\frac{\Gamma'(B_s \rightarrow P' V)}{\Gamma(B_s \rightarrow PV)} = \left[ \frac{\lambda^{B_s P', V}}{\lambda^{B_s P, V}} \right]^{\frac{3}{2}} \left[ \frac{F_1^{B_s P'}(m_V^2)}{F_1^{B_s P}(m_V^2)} \right]^2 \approx 0,47 \quad (21)$$

# Resultados $B_s \rightarrow K^{(\prime)} V$ y $B_s \rightarrow K^{*(\prime)} V$ .

$$\Gamma(B_s \rightarrow PV) = \frac{|M|_{eff}^2}{16\pi M_{B_s}^3} \lambda^{\frac{3}{2}} [m_{B_s}^2, m_P^2, m_V^2] f_V^2 (F_1^{B_s P, V})^2 \quad (20)$$

$$\frac{\Gamma'(B_s \rightarrow P' V)}{\Gamma(B_s \rightarrow PV)} = \left[ \frac{\lambda^{B_s P', V}}{\lambda^{B_s P, V}} \right]^{\frac{3}{2}} \left[ \frac{F_1^{B_s P'}(m_V^2)}{F_1^{B_s P}(m_V^2)} \right]^2 \approx 0,47 \quad (21)$$

$$\Gamma(B_s \rightarrow VP) = \frac{|M|_{eff}^2}{16\pi M_{B_s}^3} \lambda^{\frac{3}{2}} [m_{B_s}^2, m_P^2, m_V^2] f_P^2 (A_0^{B_s V, P})^2 \quad (22)$$

# Resultados $B_s \rightarrow K^{(\prime)} V$ y $B_s \rightarrow K^{*(\prime)} V$ .

$$\Gamma(B_s \rightarrow PV) = \frac{|M|_{eff}^2}{16\pi M_{B_s}^3} \lambda^{\frac{3}{2}} [m_{B_s}^2, m_P^2, m_V^2] f_V^2 (F_1^{B_s P, V})^2 \quad (20)$$

$$\frac{\Gamma'(B_s \rightarrow P'V)}{\Gamma(B_s \rightarrow PV)} = \left[ \frac{\lambda^{B_s P', V}}{\lambda^{B_s P, V}} \right]^{\frac{3}{2}} \left[ \frac{F_1^{B_s P'}(m_V^2)}{F_1^{B_s P}(m_V^2)} \right]^2 \approx 0,47 \quad (21)$$

$$\Gamma(B_s \rightarrow VP) = \frac{|M|_{eff}^2}{16\pi M_{B_s}^3} \lambda^{\frac{3}{2}} [m_{B_s}^2, m_P^2, m_V^2] f_P^2 (A_0^{B_s V, P})^2 \quad (22)$$

$$\frac{\Gamma'(B_s \rightarrow V'P)}{\Gamma(B_s \rightarrow VP)} = \left[ \frac{\lambda^{B_s V', P}}{\lambda^{B_s V, P}} \right]^{\frac{3}{2}} \left[ \frac{A_0^{B_s V'}(m_P^2)}{A_0^{B_s V}(m_P^2)} \right]^2 \approx 0,68 \quad (23)$$

Resultados  $B_s \rightarrow K^{*(l)} V.$  ▸

$$\frac{\Gamma(B_s \rightarrow V_1' V_2)}{\Gamma(B_s \rightarrow V_1 V_2)} \approx \begin{cases} 0,66, & b \rightarrow d; \\ 0,65, & b \rightarrow s; \\ 0,65, & \text{p.p.} \end{cases} \quad (24)$$

# Resultados $B_s \rightarrow K^{*(l)} V$ .

$$\frac{\Gamma(B_s \rightarrow V_1' V_2)}{\Gamma(B_s \rightarrow V_1 V_2)} \approx \begin{cases} 0,66, & b \rightarrow d; \\ 0,65, & b \rightarrow s; \\ 0,65, & \text{p.p.} \end{cases} \quad (24)$$

$$\Gamma(B_s \rightarrow PV) > \Gamma(B_s \rightarrow VV) \rightarrow \Gamma(B_s \rightarrow P'V) < \Gamma(B_s \rightarrow V'V) \quad (25)$$

Resultados  $B_s \rightarrow K^{*(l)} V$ .

$$\frac{\Gamma(B_s \rightarrow V_1' V_2)}{\Gamma(B_s \rightarrow V_1 V_2)} \approx \begin{cases} 0,66, & b \rightarrow d; \\ 0,65, & b \rightarrow s; \\ 0,65, & \text{p.p.} \end{cases} \quad (24)$$

$$\Gamma(B_s \rightarrow PV) > \Gamma(B_s \rightarrow VV) \rightarrow \Gamma(B_s \rightarrow P'V) < \Gamma(B_s \rightarrow V'V) \quad (25)$$

$$\Gamma(B_s \rightarrow K^{0*} \phi) > \Gamma(B_s \rightarrow K^0 \phi) \quad (26)$$

$$\frac{\Gamma(B_s \rightarrow K^{0*} \phi)}{\Gamma(B_s \rightarrow K^0 \phi)} = \frac{1,65 \times 10^{-7}}{1,21 \times 10^{-8}} \approx 14 \quad (27)$$

$$\frac{\Gamma(B_s \rightarrow K^{0*l} \phi)}{\Gamma(B_s \rightarrow K^{0l} \phi)} = \frac{1,07 \times 10^{-7}}{1,52 \times 10^{-9}} \approx 70 \quad (28)$$

# Comparación con los datos experimentales

Tabla 6: Comparación entre los Branching medidos experimentalmente en el estado base [23] y calculados teóricamente por nosotros y en las referencias[12, 24, 25]

Modo	$(\Gamma_i/\Gamma)_{exp}[23]$	$(\Gamma_i/\Gamma)_{Teor}[12]$	$(\Gamma_i/\Gamma)_{Teor}^{Av}[25]$	$(\Gamma_i/\Gamma)_{Nuestro}^{Av}$	$(\Gamma_i/\Gamma)_{ER}^{Av}$
$B_s \rightarrow K^+ \pi^-$	$5,5 \pm 0,6$	7,38(34 %)	10,2(85 %)	7,12(29 %)	3,42
$B_s \rightarrow K^{*0} \rho^0$	$< 767$	0,044	1,5	0,011	0,074
$B_s \rightarrow K^+ K^-$	$24,9 \pm 1,7$	10,9(56 %)	22,7(9 %)	9,70(61 %)	4,65,(3,49)
$B_s \rightarrow K^0 \bar{K}^0$	$< 66$	12,0	24,7	9,98	4,51
$B_s \rightarrow K^{*0} \bar{K}^{*0}$	$28 \pm 7$	3,09(89 %)	4,2(85 %)	3,53(87 %)	0,26
$B_s \rightarrow \phi \bar{K}^{*0}$	$1,13 \pm 0,30$	0,13(88 %)	0,4(64 %)	0,16(85 %)	0,11

# Comparación con otros resultados teóricos PP y VP

Tabla 7: Comparación de branching promediados (En unidades de  $10^{-6}$ ) sobre los modos CP conjugados y asimetrías con otros resultados teóricos para los modos PP Y VP.

Mode	$(\Gamma_i/\Gamma_T)_{\text{Nuestro}}$	$(\Gamma_i/\Gamma_T)[12]$	$(\Gamma_i/\Gamma_T)[24][25]$	$\mathcal{A}_{\text{Nuestro}}$	$\mathcal{A}[25]$
$B_S \rightarrow K^+ \pi^-$	7,12	7,38(0,26)	10,2(3,08)	-0,12	-0,067(0,053)
$B_S \rightarrow K^{*+} \pi^-$	4,82	4,79(0,03)	8,7(3,88)	-0,004	+0,006(0,002)
$B_S \rightarrow K^0 \pi^0$	0,19	0,08(0,11)	0,49(0,30)	+0,20	+0,416(0,216)
$B_S \rightarrow K^{*0} \pi^0$	0,02	0,01(0,01)	0,25(0,23)	+0,20	-0,457(0,257)
$B_S \rightarrow K^0 \eta$	0,14	0,82(0,68)	0,34(0,20)	+0,11	+0,468(0,358)
$B_S \rightarrow K^{*0} \eta$	0,27	0,13(0,14)	0,26(0,01)	-0,09	+0,402(0,312)
$B_S \rightarrow K^0 \eta'$	0,12	0,54(0,42)	2,0(1,88)	-0,25	-0,366(0,116)
$B_S \rightarrow K^{*0} \eta'$	0,08	0,04(0,04)	0,28(0,20)	-0,21	-0,586(0,376)
$B_S \rightarrow K^+ K^-$	9,70	10,9(1,2)	22,7(13,0)	+0,12	+0,040(0,08)
$B_S \rightarrow K^{*+} K^-$	0,46	0,75(0,29)	22,7(22,24)	+0,13	+0,022(0,108)
$B_S \rightarrow K^0 \bar{K}^0$	9,98	12,0(2,02)	24,7(14,72)	0	+0,009(0,009)
$B_S \rightarrow K^{*0} \bar{K}^0$	0,04	0,20(0,16)	4,2(4,16)	0	+0,002(0,002)



# Comparación con otros resultados teóricos PV y VV

**Tabla 8:** Comparación de branching promediados (En unidades de  $10^{-6}$ ) sobre los modos CP conjugados y asimetrías con otros resultados teóricos para los modos PV Y VV.

Mode	$(\Gamma_i/\Gamma_T)_{\text{Nuestro}}$	$(\Gamma_i/\Gamma_T)[12]$	$(\Gamma_i/\Gamma_T)[24][25]$	$\mathcal{A}_{\text{Nuestro}}$	$\mathcal{A}[25]$
$B_s \rightarrow K^+ \rho^-$	17,15	19,2(2,05)	24,5(7,35)	-0,06	-0,015(0,045)
$B_s \rightarrow K^{*+} \rho^-$	14,17	13,9(0,27)	25,2(11,03)	-0,05	-0,030(0,02)
$B_s \rightarrow K^0 \rho^0$	0,14	0,06(0,08)	0,61(0,47)	+0,40	0,247(0,153)
$B_s \rightarrow K^{*0} \rho^0$	0,11	0,044(0,066)	1,5(1,39)	+0,40	0,27(0,13)
$B_s \rightarrow K^0 \omega$	0,20	0,11(0,09)	0,51(0,31)	-0,25	-0,439(0,189)
$B_s \rightarrow K^{*0} \omega$	0,17	0,04(0,13)	1,2(1,03)	-0,25	-0,34(0,09)
$B_s \rightarrow K^+ K^{*-}$	4,17	3,77(0,40)	4,1(0,07)	+0,29	0,02(0,27)
$B_s \rightarrow K^{*+} K^{*-}$	3,66	2,80(0,86)	9,1(5,44)	+0,28	0,02(0,26)
$B_s \rightarrow K^0 \bar{K}^{*0}$	4,02	4,15(0,13)	3,9(0,12)	0	0,009(0,009)
$B_s \rightarrow K^{*0} \bar{K}^{*0}$	3,53	3,09(0,44)	0,6(2,93)	0	0,01(0,01)
$B_s \rightarrow K^0 \phi$	0,01	0,03(0,02)	0,27(0,26)	0	-0,10(0,10)
$B_s \rightarrow K^{*0} \phi$	0,16	0,13(0,03)	0,4(0,24)	0	-0,17(0,17)

# CONCLUSIONES ◀

- Evaluación del modelo WSB, para la determinación de los factores de forma y constantes de decaimiento a excitaciones radiales.

- Factores de forma disminuyen en general la magnitud de los branching.

- $f'_{k^*}$  relevantes en decaimientos simétricos.

$K^{+'}K^{-}, K^{+}K^{-'}$ ,  $K^{0'}\bar{K}^0, K^0\bar{K}^{0'}$  en el caso PP  
 $K^{+*'}K^{*-}, K^{+*}K^{-*'}, K^{0*'}\bar{K}^{0*}, K^{0*}K^{0*'}$

# CONCLUSIONES ◀

- Evaluación del modelo WSB, para la determinación de los factores de forma y constantes de decaimiento a excitaciones radiales.
- Se encontraron relaciones constantes entre los anchos de decaimiento a excitaciones radiales con respecto al estado base en los cocientes  $\frac{\Gamma(B_S \rightarrow K^{(*)} M_2)}{\Gamma(B_S \rightarrow K^{(*)} M_2)}$ .

$$\frac{B(B_S \rightarrow M_1' M_2)}{B(B_S \rightarrow M_1 M_2)} = cte \quad (29)$$

# CONCLUSIONES ◀

- Evaluación del modelo WSB, para la determinación de los factores de forma y constantes de decaimiento a excitaciones radiales.
- Se encontraron relaciones constantes entre los anchos de decaimiento a excitaciones radiales con respecto al estado base en los cocientes  $\frac{\Gamma(B_S \rightarrow K^{(*)} M_2)}{\Gamma(B_S \rightarrow K^{(*)} M_2)}$ .
- Las asimetrías tanto en el estado base como a las excitaciones radiales son invariantes, cuando su ocurrencia depende de una única amplitud de transición factorizable,  $\chi^{B_S M_1, M_2}$ .

$$\frac{A(B_S \rightarrow M_1' M_2)}{A(B_S \rightarrow M_1 M_2)} = 1 \quad (30)$$

# CONCLUSIONES ◀

- Evaluación del modelo WSB, para la determinación de los factores de forma y constantes de decaimiento a excitaciones radiales.
- Se encontraron relaciones constantes entre los anchos de decaimiento a excitaciones radiales con respecto al estado base en los cocientes  $\frac{\Gamma(B_S \rightarrow K^{(*)'} M_2)}{\Gamma(B_S \rightarrow K^{(*)} M_2)}$ .
- Las asimetrías tanto en el estado base como a las excitaciones radiales son invariantes, cuando su ocurrencia depende de una única amplitud de transición factorizable,  $\chi^{B_S M_1, M_2}$ .
- Se estableció jerarquía en los Branching obtenidos de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia.

$$K^{+*'} \rho^-, K^{+'} \rho^-, K^{+'} \pi^-, K^{+'} K^-, K^+ K^{-'}, \\ K^{0'} \bar{K}^0, K^{0'} \bar{K}^0, K^0 \bar{K}^{0'}, K^{+*'} K^{-*}, K^{+*} K^{-*'}, \\ K^{0*'} \bar{K}^{0*}, K^{0*} \bar{K}^{0*'}, K^{+'} K^{-*}, K^{0'} \bar{K}^{0*}$$

(31)

# CONCLUSIONES ◀

- Jerarquización de acuerdo al tipo de decaimiento para branching al orden de  $10^{-6}$  para estados excitados.

- $\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{*+} \rho^-) > \mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{+} \rho^-) > \mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{+} \pi^-) > \mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{*+} \pi^-)$
- $\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{+(')} K^{-(')}) > \mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{*+(')} K^{-(')}) > \mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{+'} K^{-*})$
- $\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{0(')} \bar{K}^{0(')}) > \mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{0*(')} \bar{K}^{0(')}) > \mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^{0'} \bar{K}^{0*})$

# CONCLUSIONES ◀

- Jerarquización de acuerdo al tipo de decaimiento para branching al orden de  $10^{-6}$  para estados excitados.
- Comparación de las Jerarquías entre el estado base y excitado

- $\Gamma(B_s \rightarrow PP) > \Gamma(B_s \rightarrow VP), y, \Gamma(B_s \rightarrow PV) > \Gamma(B_s \rightarrow VV)$
- $\Gamma(B_s \rightarrow P'P) > \Gamma(B_s \rightarrow V'P), y, \Gamma(B_s \rightarrow P'V) < \Gamma(B_s \rightarrow V'V)$

# CONCLUSIONES ◀

- Jerarquización de acuerdo al tipo de decaimiento para branching al orden de  $10^{-6}$  para estados excitados.
- Comparación de las Jerarquías entre el estado base y excitado
- Jerarquía en las asimetrías

Modos cargados

$$\mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{+*(\prime)} K^{-*}) > \mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{+*(\prime)} K^-) \approx \mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{+(\prime)} K^-)$$

$$0,29 > 0,133 \approx 0,125$$

Modos neutros

$$\mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{0*(\prime)} \pi^0) > \mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{0(\prime)} \pi^0) \rightarrow 0,20 > 0,009$$

$$\mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{0*(\prime)} \rho) \approx \mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{0(\prime)} \rho) \approx 0,40$$

$$\mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{0*(\prime)} \omega) \approx \mathcal{A}(B_s^0 \rightarrow K^{0(\prime)} \omega) \approx -0,25$$

Decaimientos estrictamente pingüino  $\mathcal{A}(B_s \rightarrow M_1 M_2) = 0$ .

Comparación cocientes  $\mathcal{A}' / \mathcal{A}(B_s \rightarrow K^{(*)} \eta^{(\prime)})$

$$\mathcal{A}' / \mathcal{A}(B_s \rightarrow K \eta) > \mathcal{A}' / \mathcal{A}(B_s \rightarrow K \eta') \rightarrow 0,64 > 0,34$$

$$\mathcal{A}' / \mathcal{A}(B_s \rightarrow K^* \eta) < \mathcal{A}' / \mathcal{A}(B_s \rightarrow K^* \eta') \rightarrow 1,35 < 1,73$$



# CONCLUSIONES ◀

- Jerarquización de acuerdo al tipo de decaimiento para branching al orden de  $10^{-6}$  para estados excitados.
- Comparación de las Jerarquías entre el estado base y excitado
- Jerarquía en las asimetrías
- Comparación con  $\mathcal{A}(B_s \rightarrow K^+ \pi^-)_{exp}$

exactitud=56 %

# FUTURO

Evaluación de las constantes de decaimiento en el modelo Light-Front [26, 27].

# FUTURO

Evaluación de las constantes de decaimiento en el modelo Light-Front [26, 27].

Revisión de modelos a excitaciones radiales, LCSR, JNL, para la determinación de masas y constantes de decaimientos [28],[29] . .

# FUTURO

Evaluación de las constantes de decaimiento en el modelo Light-Front [26, 27].

Revisión de modelos a excitaciones radiales, LCSR, JNL, para la determinación de masas y constantes de decaimientos [28],[29] . .

Extension a modelos QCDF,PQCD, SCFT [30].

# FUTURO

Evaluación de las constantes de decaimiento en el modelo Light-Front [26, 27].

Revisión de modelos a excitaciones radiales, LCSR, JNL, para la determinación de masas y constantes de decaimientos [28],[29] . . .

Extension a modelos QCDF,PQCD, SCFT [30].

Extension de este trabajo al decaimiento a tres cuerpos.  $B_s^0 \rightarrow K^{(*)} M_2 \rightarrow B_s^0 \rightarrow K_s^0 h^+ h^-$  [31],[32].



# Bibliografía



[1]. Bediaga and J.H. Muñoz, **Production of radially excited charmonium mesons in two-body nonleptonic  $B_c$  decays**. arXiv: 1102.2190 26, 110744 (2011).



[2]. J.C. Barrios Avila, J.D. Sanabria Gomez and J.H. Muñoz Nungo. **Decaimiento no leptónico del  $B_c$  considerando mesones excitados radialmente en el estado final.**



[3]. G. Calderon. **Branching ratios and CP asymmetries in charmless nonleptonic B decays to radially excited mesons**. Phys. Rev D. 86,094022.(2012)



[4]. R.Aaij et al. (LHCb Colabration PRL) Phys. Rev. Lett. PRL 110, 221601. (2013).



[5]. LHCb Collaboration, R. Aaij(NIKHEF, Amsterdam et al. ).**Measurement of b-hadron fractions for two-body decays into charmless charged hadrons**. JHEP 10 (2012) 037.[arXiv: hep-ph/1206.2794].



[6]. Aurélien MARTENS. **Charmless B Decays** EPJ web of conferences **70** 00079 (2014)DOI: 10.1051/epjconf/20147000079



[7]. K. Nakamura et al. (Particle Data Group), JPG 37, 075021 (2010) (URL: <http://pdg.lbl.gov>).



[8] KA oliva . et al (Particle Data Group), Chin. Phys. C, 38 , 090001 (2014).



[9]. G.W. Brandenburg, R.K. Karnegie, R.J. Cashmore, W.M Dunwoodie, T.A Lasinski.**Evidence for a New-Strangeness-One Pseudoscalar Meson**. Phys. Rev Lett. Vol 36 (1976).



[10]. A.Martinez, D.Jido and J. Kanada-Enquad yo. **Theoretical Study of  $KK\bar{K}$  system and dynamical generation of the  $K(1460)$  resonance** Phys. Rev. C 83, 065205 (2011)



[11].<http://pdg8.lbl.gov/rpp2014v1/pdgLive/Particle.action?node=M021>, <http://www.science.gov/topicpages/k/k-1460+mesons.html>.

# Masas de los quark y mesones participantes

## ● Masas de los quarks

$\Lambda(\text{QCD}) \sim 100 \text{ MeV}$	Quark	masa[MeV][?].
Quarks Livianos	<b>u</b>	$2,3_{0,5}^{0,7}$
	<b>d</b>	$4,8_{0,3}^{0,7}$
	<b>s</b>	$95 \pm 5$
Quarks Pesados	<b>c</b>	$1275 \pm 25$
	<b>b</b>	$4650 \pm 30$
	<b>t</b>	$(173,5 \pm 0,6) \times 10^3$

## ● Masas de los mesones en el estado base

Meson	Masa[MeV]	$n^{2s+1}L_j$	$J^{PC}$
$B_s^0 = s\bar{b}, \bar{B}_s^0 = b\bar{s}$	$5366,3 \pm 0,6$	$1^1S_0$	$0^{-+}$

## ● Masas a excitaciones radiales

$K(1460)$	$1460 \pm$	$2^1S_0$	$0^{-+}$
$K^*(1410)$	$1414 \pm 15$	$2^3S_1$	$1^{--}$



$$\chi^{B_s P, P}, \chi^{B_s P, V}, \chi^{B_s V, P}, \chi^{B_s V, V}.$$

$$\begin{aligned} \langle M_1 M_2 | \mathcal{O}_i | B_s \rangle &= \langle M_1 M_2 | J_\mu J^\mu | B_s \rangle \\ &= \langle M_1 | J_\mu | B_s \rangle \langle M_2 | J^\mu | 0 \rangle \\ &+ \langle M_2 | J_\mu | B_s \rangle \langle M_1 | J^\mu | 0 \rangle \\ &+ \langle M_1 M_2 | J_\mu | 0 \rangle \langle 0 | J^\mu | B_s \rangle \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle M_1 M_2 | \mathcal{O}_i | B_s \rangle &= \chi^{B_s M_1, M_2} \\ &+ \chi^{B_s M_2, M_1} \\ &+ \chi^{B_s, M_1 M_2} \end{aligned}$$

$$\chi^{B_s P_1, P_2} = if_{P_2} (m_{B_s}^2 - m_{P_1}^2) F_0^{B_s P_1} (m_{P_2}^2)$$

$$\chi^{B_s P, V} = 2f_V m_V F_1^{B_s P} (m_V^2) \varepsilon \cdot P_P$$

$$\chi^{B_s V, P} = 2f_P m_V A_0^{B_s V} (m_P^2) \varepsilon \cdot P_P$$

$$\begin{aligned} \chi^{B_s V_1, V_2} &= if_{V_2} m_{V_2} \left[ (\varepsilon_1^* \cdot \varepsilon_2^*) (m_{B_s} + m_{V_1}) A_1^{B_s V_1} (m_{V_2}^2) \right. \\ &\quad \left. - (\varepsilon_1^* \cdot P_{B_s}) (\varepsilon_2^* \cdot P_{B_s}) \frac{2A^{B_s V_1} (m_{V_2}^2)}{(m_{B_s} + m_{V_1})} \right. \\ &\quad \left. + i \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \varepsilon_2^{*\mu} \varepsilon_1^{*\nu} P_{B_s} \alpha P_1^\beta \frac{2V^{B_s V_1} (m_{V_2}^2)}{(m_{B_s} + m_{V_1})} \right] \end{aligned}$$

$$\chi^{B_s P, P}, \chi^{B_s P, V}, \chi^{B_s V, P}, \chi^{B_s V, V}.$$

$$\begin{aligned} \langle M_1 M_2 | \mathcal{O}_i | B_s \rangle &= \langle M_1 M_2 | J_\mu J^\mu | B_s \rangle \\ &= \langle M_1 | J_\mu | B_s \rangle \langle M_2 | J^\mu | 0 \rangle \\ &+ \langle M_2 | J_\mu | B_s \rangle \langle M_1 | J^\mu | 0 \rangle \\ &+ \langle M_1 M_2 | J_\mu | 0 \rangle \langle 0 | J^\mu | B_s \rangle \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle M_1 M_2 | \mathcal{O}_i | B_s \rangle &= \chi^{B_s M_1, M_2} \\ &+ \chi^{B_s M_2, M_1} \\ &+ \chi^{B_s, M_1 M_2} \end{aligned}$$

$$\chi^{B_s P_1, P_2} = i f_{P_2} (m_{B_s}^2 - m_{P_1}^2) F_0^{B_s P_1} (m_{P_2}^2)$$

$$\chi^{B_s P, V} = 2 f_V m_V F_1^{B_s P} (m_V^2) \varepsilon \cdot P_P$$

$$\chi^{B_s V, P} = 2 f_P m_V A_0^{B_s V} (m_P^2) \varepsilon \cdot P_P$$

$$\begin{aligned} \chi^{B_s V_1, V_2} &= i f_{V_2} m_{V_2} \left[ (\varepsilon_1^* \cdot \varepsilon_2^*) (m_{B_s} + m_{V_1}) A_1^{B_s V_1} (m_{V_2}^2) \right. \\ &\quad - (\varepsilon_1^* \cdot P_{B_s}) (\varepsilon_2^* \cdot P_{B_s}) \frac{2 A^{B_s V_1} (m_{V_2}^2)}{(m_{B_s} + m_{V_1})} \\ &\quad \left. + i \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \varepsilon_2^{*\mu} \varepsilon_1^{*\nu} P_{B_s} \alpha P_1^\beta \frac{2 V^{B_s V_1} (m_{V_2}^2)}{(m_{B_s} + m_{V_1})} \right] \end{aligned}$$

# Coefficientes de Wilson

$a_1^{eff}$	$a_2^{eff}$	$a_3^{eff}$	$a_4^{eff}$	$a_5^{eff}$	$a_6^{eff}$	$a_7^{eff}$	$a_8^{eff}$	$a_9^{eff}$	$a_{10}^{eff}$
1.04	0.058	61	-380-121i	-52.7	-515-121i	-0.71-2.73i	3.32-0.91i	-91.1 -2.73i	-13.1-0.91i

Tabla 9: Valores numéricos de los coeficientes efectivos, a  $N_c = 3$ , tomados de [12, 13].

Parámetros efectivos  $a_i^{eff}$

$$a_{2i}^{eff} = c_{2i}^{eff} + c_{2i-1}^{eff} \left( \frac{1}{N_c} + \chi_{2i} \right) ; \quad a_{2i-1}^{eff} = c_{2i-1}^{eff} + c_{2i}^{eff} \left( \frac{1}{N_c} + \chi_{2i-1} \right) \quad (32)$$

# Coefficientes de Wilson

$a_1^{eff}$	$a_2^{eff}$	$a_3^{eff}$	$a_4^{eff}$	$a_5^{eff}$	$a_6^{eff}$	$a_7^{eff}$	$a_8^{eff}$	$a_9^{eff}$	$a_{10}^{eff}$
1.04	0.058	61	-380-121i	-52.7	-515-121i	-0.71-2.73i	3.32-0.91i	-91.1-2.73i	-13.1-0.91i

Tabla 9: Valores numéricos de los coeficientes efectivos, a  $N_c = 3$ , tomados de [12, 13].

## Parámetros efectivos $a_i^{eff}$

$$a_{2i}^{eff} = c_{2i}^{eff} + c_{2i-1}^{eff} \left( \frac{1}{N_c} + \chi_{2i} \right) ; \quad a_{2i-1}^{eff} = c_{2i-1}^{eff} + c_{2i}^{eff} \left( \frac{1}{N_c} + \chi_{2i-1} \right) \quad (32)$$

## Aproximación homogénea

$$(N_c^{eff})_1 \approx (N_c^{eff})_2 \approx \dots (N_c^{eff})_{10} \quad (33)$$

# Coefficientes de Wilson

$a_1^{eff}$	$a_2^{eff}$	$a_3^{eff}$	$a_4^{eff}$	$a_5^{eff}$	$a_6^{eff}$	$a_7^{eff}$	$a_8^{eff}$	$a_9^{eff}$	$a_{10}^{eff}$
1.04	0.058	61	-380-121i	-52.7	-1515-121i	-0.71-2.73i	3.32-0.91i	-91.1 -2.73i	-13.1-0.91i

Tabla 9: Valores numéricos de los coeficientes efectivos, a  $N_c = 3$ , tomados de [12, 13].

### Parámetros efectivos $a_i^{eff}$

$$a_{2i}^{eff} = c_{2i}^{eff} + c_{2i-1}^{eff} \left( \frac{1}{N_c} + \chi_{2i} \right) ; \quad a_{2i-1}^{eff} = c_{2i-1}^{eff} + c_{2i}^{eff} \left( \frac{1}{N_c} + \chi_{2i-1} \right) \quad (32)$$

### Aproximación homogénea

$$(N_c^{eff})_1 \approx (N_c^{eff})_2 \approx \dots (N_c^{eff})_{10} \quad (33)$$

### Aproximación heterogénea

$$\begin{aligned} N_c^{eff}(V+A) &\neq N_c^{eff}(V-A) \\ N_c^{eff}(V-A) &\equiv (N_c^{eff})_1 \approx (N_c^{eff})_2 \approx (N_c^{eff})_3 (N_c^{eff})_4 \approx (N_c^{eff})_9 \approx (N_c^{eff})_{10} \\ N_c^{eff}(V+A) &\equiv (N_c^{eff})_5 \approx (N_c^{eff})_6 \approx (N_c^{eff})_7 (N_c^{eff})_8 \end{aligned} \quad (34)$$

