

Producción de K excitados en el experimento CERN-NA62: Resultados Preliminares

7° Encuentro de Egresados de la EPF de la UNSA

Kevin Alexander Rodríguez Rivera

Dr. Jürgen Engelfried (IF-UASLP)
Dr. Marco Antonio Reyes Santos (DCI-UGTO)

-
Instituto de Física
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Noviembre 9, 2022



Universidad Autónoma de San Luis Potosí



Figure 1: Instituto de Física - UASLP (Google-Street View)



Personal Information



Dr. Jürgen Engelfried

[Instituto de Física](#)

[Universidad Autónoma de San Luis Potosí](#)

Manuel Nava #6

Zona Universitaria

San Luis Potosí, S.L.P. 78240, Mexico

Phone: (52) (444) 826 2362, x131

Fax: (52) (444) 813 3874

Email: jurgen@ifisica.uaslp.mx

jurgen@fnal.gov

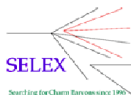
Jurgen.Engelfried@cern.ch

[WebPage of the Particle Physics Group at IF-UASLP](#)

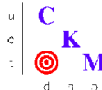
Collaborations



WA89 [WA89](#), the Hyperon Beam Experiment at [CERN](#)



[SELEX](#), Charmed Baryons at [Fermilab](#)



[CKM](#), Rare Kaon Decays at [Fermilab](#)



[NA62](#), Rare Kaon Decays at [CERN](#)



[Red de Física de Altas Energías](#)

Experimento NA62



Figure 2: Experimento CERN-NA62: Estudio de $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$
<https://home.cern/science/experiments/na62>.



NA62

El experimento NA62 se encuentra en el área norte del CERN, y se dedica principalmente al estudio de $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$.

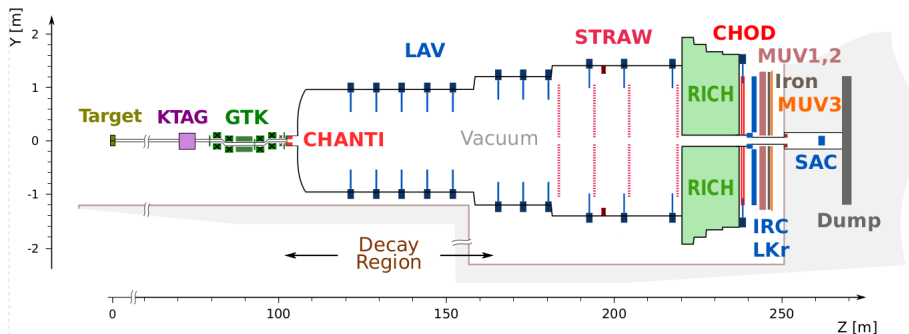


Figure 3: Vista lateral del dispositivo experimental NA62. E. Cortina Gil et al 2017 JINST 12 P05025, Journal of Instrumentation.



GTK

El GTK consiste de 3 módulos, el último se encuentra en la entrada de la región del decaimiento del K^+ , por lo que el haz puede chocar con este módulo, sirviendo de blanco fijo.

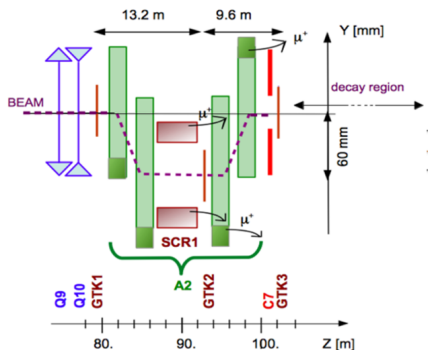


Figure 4: Esquema vertical de la región del GTK. E. Cortina Gil et. al. 2017 JINST 12 P05025, Journal of Instrumentation.



Hipótesis

El GTK3 puede cumplir la función de blanco para el haz incidente de K^+ , por lo que mediante colisiones con el GTK3, produce nuevas partículas, en particular K^{*0} , cuyos productos residuales de decaimiento son observados en el volúmen fiducial de detección posterior al GTK3.



Mesones K^+

$$I(J^P) = \frac{1}{2}(0^-) \quad (1)$$

 K^+ DECAY MODES

Mode	Fraction (Γ_i/Γ)	Scale factor/ Confidence level
Hadronic modes		
$\Gamma_9 \quad \pi^+ \pi^0$	(20.67 \pm 0.08) %	S=1.2
$\Gamma_{10} \quad \pi^+ \pi^0 \pi^0$	(1.760 \pm 0.023) %	S=1.1
$\Gamma_{11} \quad \pi^+ \pi^+ \pi^-$	(5.583 \pm 0.024) %	

Figure 5: Modos de decaimiento de K^+ . P.A. Zyla et al. (Particle Data Group), Prog. Theor. Exp. Phys. 2020, 083C01 (2020).



Mesones K_S^0

$$I(J^P) = \frac{1}{2}(0^-) \quad (2)$$

K_S^0 DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	Scale factor/ Confidence level	p (MeV/c)
Hadronic modes			
$\pi^0 \pi^0$	$(30.69 \pm 0.05) \%$		209
$\pi^+ \pi^-$	$(69.20 \pm 0.05) \%$		206
$\pi^+ \pi^- \pi^0$	$(3.5^{+1.1}_{-0.9}) \times 10^{-7}$		133

Figure 6: Modos de decaimiento de K_S^0 . P.A. Zyla et al. (Particle Data Group), Prog. Theor. Exp. Phys. 2020, 083C01 (2020).



Mesones K^*

$$I(J^P) = \frac{1}{2}(1^-) \quad (3)$$

Vamos a presentar el decaimiento $K^{*0} \rightarrow K^\pm \pi^\mp$.

$K^*(892)$ DECAY MODES			
	Mode	Fraction (Γ_i/Γ)	Confidence level
Γ_1	$K \pi$	~ 100	%
Γ_2	$(K \pi)^\pm$	$(99.901 \pm 0.009) \%$	
Γ_3	$(K \pi)^0$	$(99.754 \pm 0.021) \%$	
Γ_4	$K^0 \gamma$	$(2.46 \pm 0.21) \times 10^{-3}$	
Γ_5	$K^\pm \gamma$	$(9.9 \pm 0.9) \times 10^{-4}$	
Γ_6	$K \pi \pi$	< 7	$\times 10^{-4}$ 95%

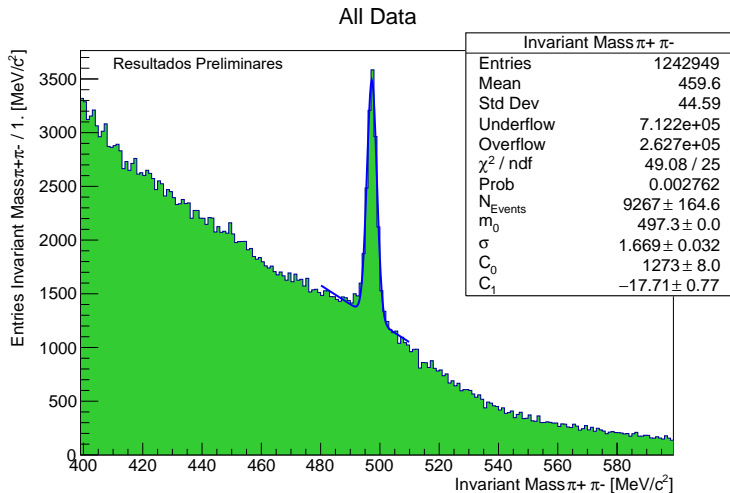
Figure 7: Modos de decaimiento de $K^*(892)$. P.A. Zyla et al. (Particle Data Group), Prog. Theor. Exp. Phys. 2020, 083C01 (2020).



El Dr. Jürgen realizó una preselección de eventos utilizando filtros (programa en C++) para seleccionar eventos que posiblemente contengan las partículas a estudiar, posteriormente se realizó un programa en C++ para el análisis de estos eventos mediante el sistema ROOT, herramienta desarrollada por el CERN.

Otros alumnos de la DCI en la Universidad de Guanajuato modificaron el programa para su análisis, en particular de Λ y $\Lambda(1520)$.



Análisis Preliminar: Estudio de K_S^0 Figure 8: Masa Invariante $\pi^+\pi^-$.

Cortes en distancia del vértice al GTK3

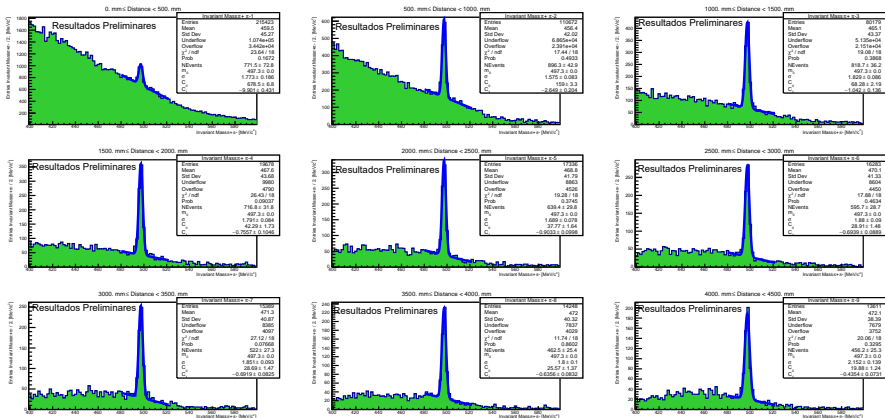


Figure 9: Histogramas con cortes en distancia en eventos $\pi^+\pi^-$ ($0\text{ m} - 4.5\text{ m}$).



Cortes en distancia del vértice al GTK3

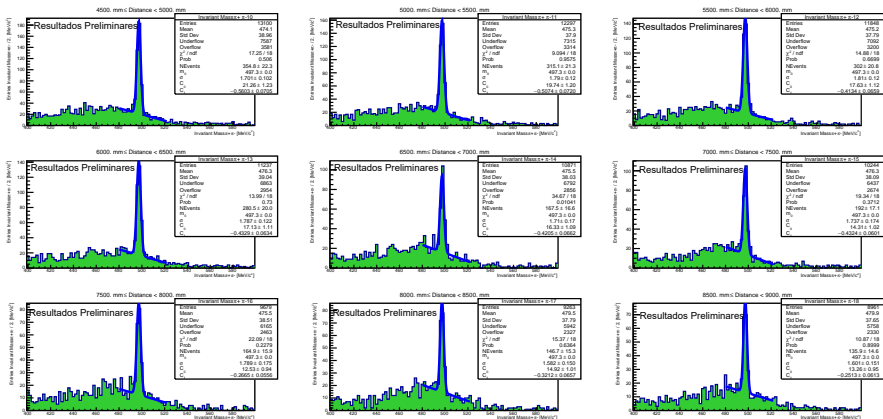


Figure 10: Histogramas con cortes en distancia en eventos $\pi^+\pi^-$ ($4.5 m - 9 m$).



Cortes en distancia del vértice al GTK3

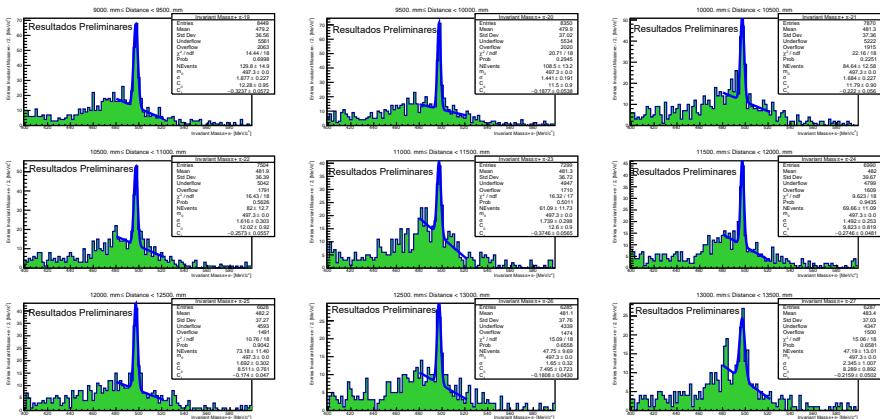


Figure 11: Histogramas con cortes en distancia en eventos $\pi^+\pi^-$ ($9 m - 13.5 m$).



Cortes en distancia del vértice al GTK3

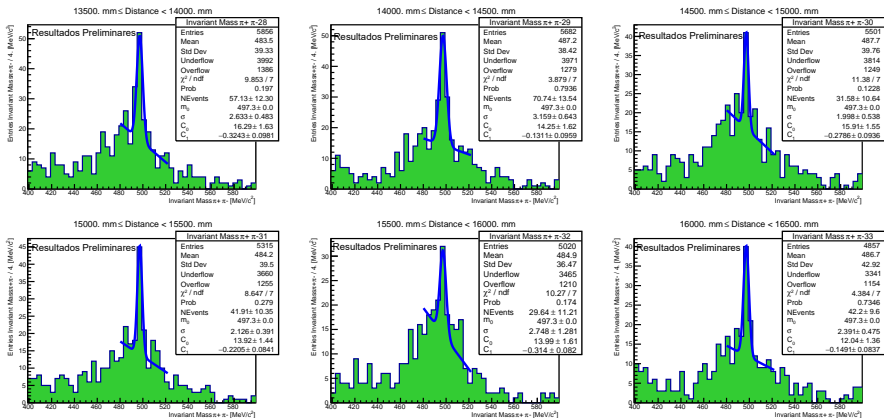


Figure 12: Histogramas con cortes en distancia en eventos $\pi^+\pi^-$ (13.5 m – 16.5 m).



Número de K_S^0 's con respecto a la distancia

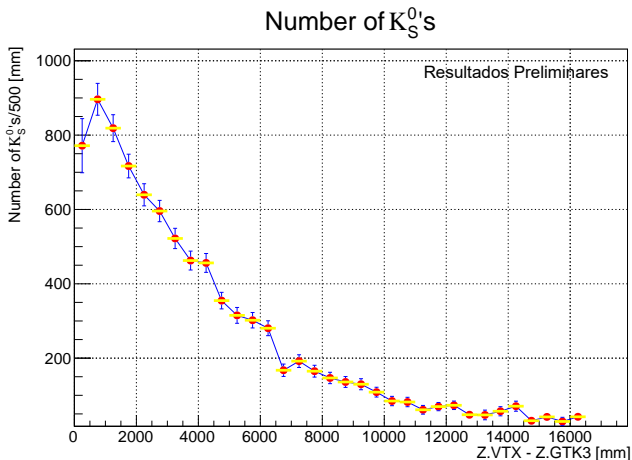
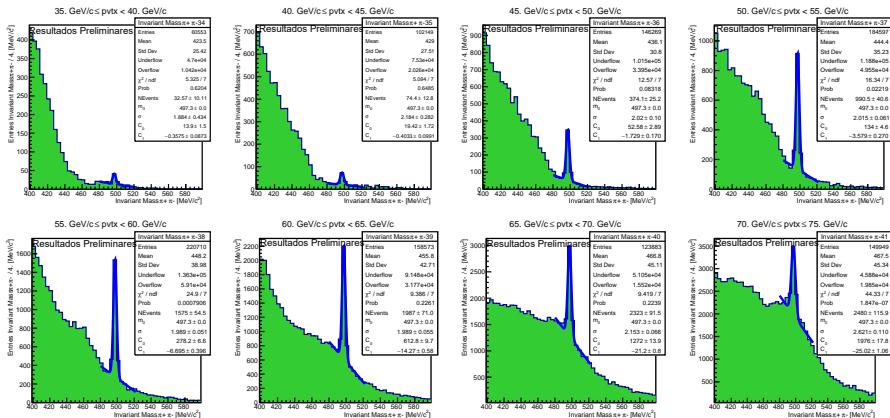


Figure 13: Número de K_S^0 con respecto a la distancia entre el vértice y el blanco fijo. Aquí se puede estudiar el tiempo de vida del K_S^0 .



Cortes en momento del par del vértice

Figure 14: Histogramas con cortes en momento en eventos $\pi^+\pi^-$.

Número de K_S^0 's con respecto al momento

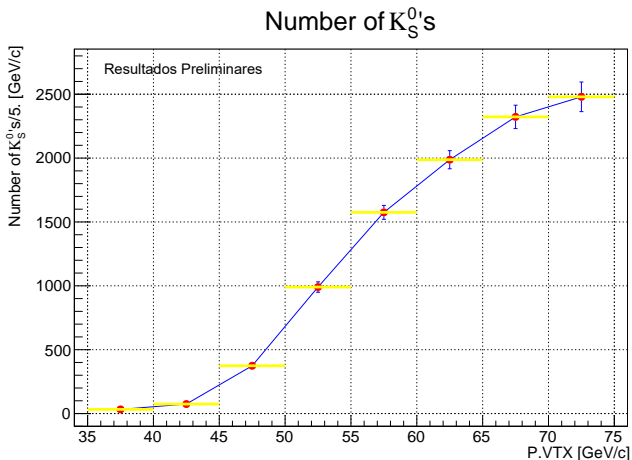


Figure 15: Número de K_S^0 con respecto al momento de las partículas. Aquí se puede estudiar la producción con respecto a la x_F .



Selección de Eventos para el decaimiento $K^{*0} \rightarrow K^+ \pi^-$

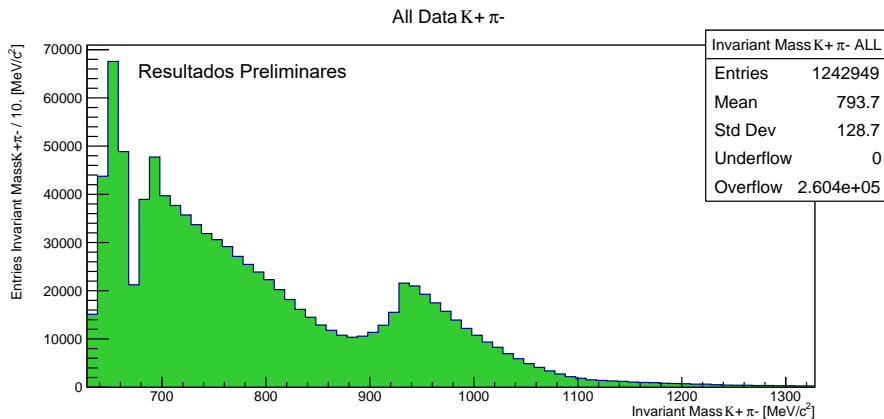


Figure 16: Masa invariante $K^+ \pi^-$.



Haz incidente de K^+

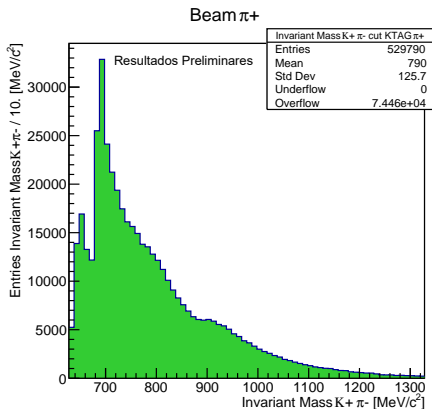
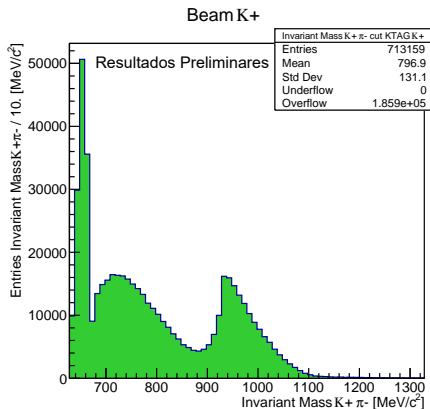


Figure 17: Haz incidente de K^+ en eventos $K^+ \pi^-$.



Identificación Cherenkov de K^+

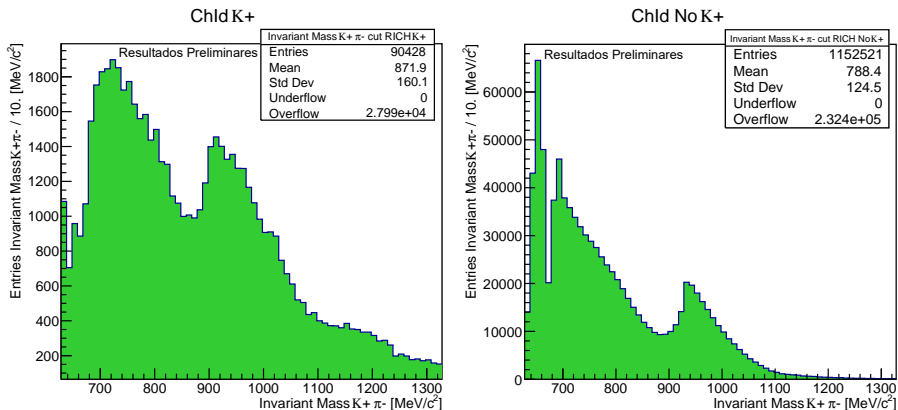


Figure 18: Identificación Cherenkov de K^+ en eventos $K^+ \pi^-$.



Identificación Cherenkov de π^-

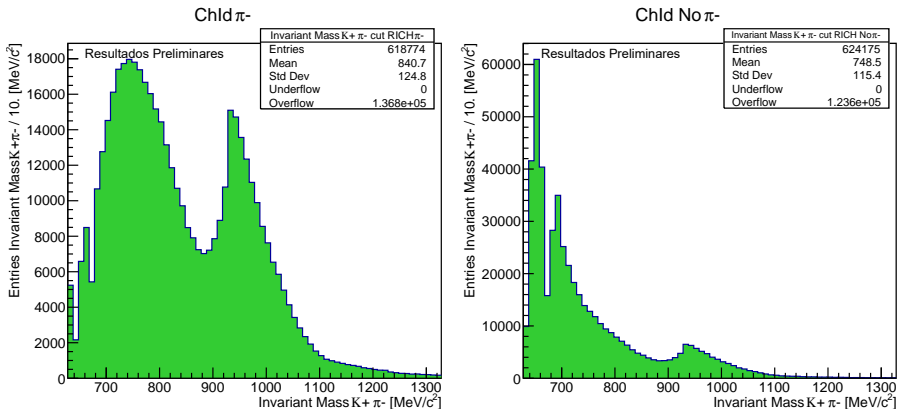


Figure 19: Identificación Cherenkov de π^- en eventos $K^+ \pi^-$.



Haz de K^+ e identificación Cherenkov de K^+ y de π^- en eventos $K^+ \pi^-$.

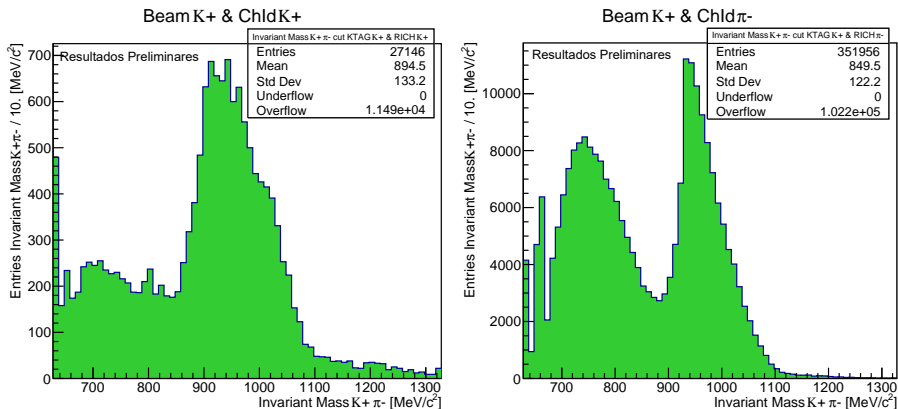


Figure 20: Haz de K^+ e identificación Cherenkov de K^+ y de π^- en eventos $K^+ \pi^-$.



Eventos seleccionados con los cortes

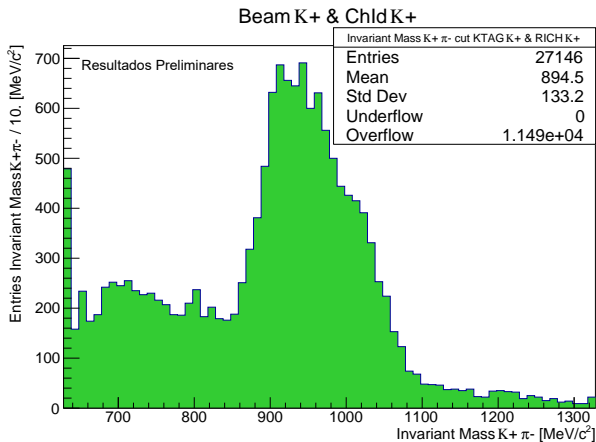


Figure 21: Haz de K^+ e identificación Cherenkov de K^+ en eventos $K^+ \pi^-$.



Cortes en distancia del vértice al GTK3

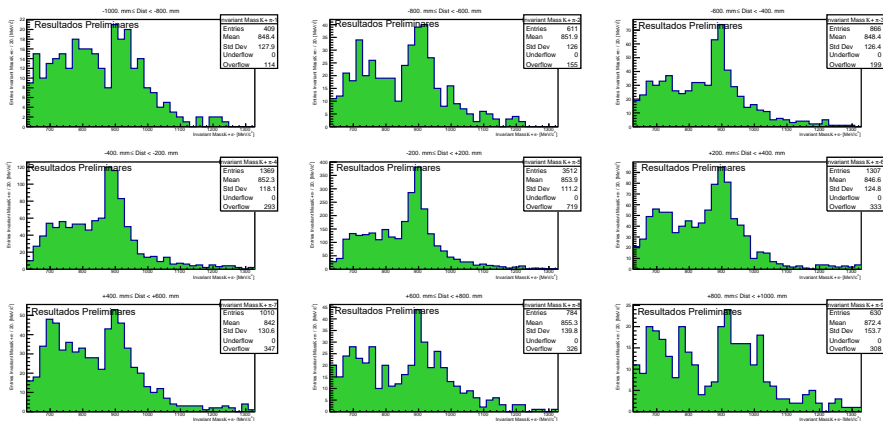


Figure 22: Histogramas con corte en distancia del GTK3 al vértice de decaimiento con haz de K^+ e identificación Cherenkov de K^+ en eventos $K^+ \pi^-$.



Selección final

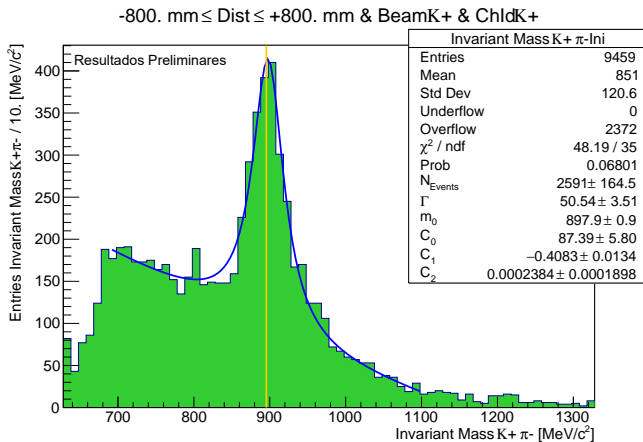


Figure 23: Corte en distancia del GTK3 al vértice de decaimiento desde -800 mm hasta 800 mm , corte en haz de K^+ y corte en identificación Cherenkov de K^+ en eventos $K^+ \pi^-$.



Distribución Breit-Wigner relativista

La función de ajuste es:

$$f(m) = \frac{k b N}{(m^2 - m_0^2)^2 + m_0^2 \Gamma^2} + C_0 + C_1 m + C_2 m^2,$$

en donde $k = \frac{2\sqrt{2}m_0\Gamma\gamma}{\pi\sqrt{m_0^2+\gamma}}$ es una constante de normalización,

$\gamma = \sqrt{m_0^2 + \sqrt{m_0^2 + \Gamma^2}}$, b es la anchura del bin, y m es la variable.

Los parámetros que obtenemos de este ajuste son N , el número de eventos, y las variables de la BW, m_0 , el centro del pico, y Γ , la anchura de la BW. También obtenemos los coeficientes del polinomio que describe al background, C_i .



Estudio de coincidencia de tiempos

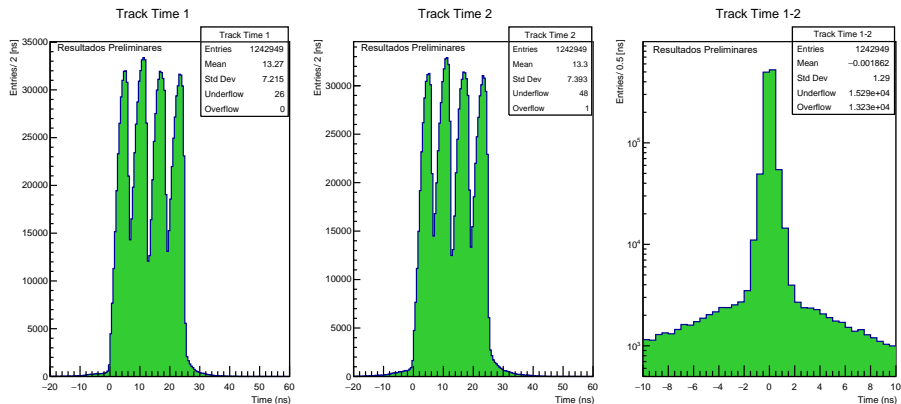


Figure 24: Estudio de coincidencia de tiempos para las 2 trayectorias del vértice.



Coincidencia de tiempos

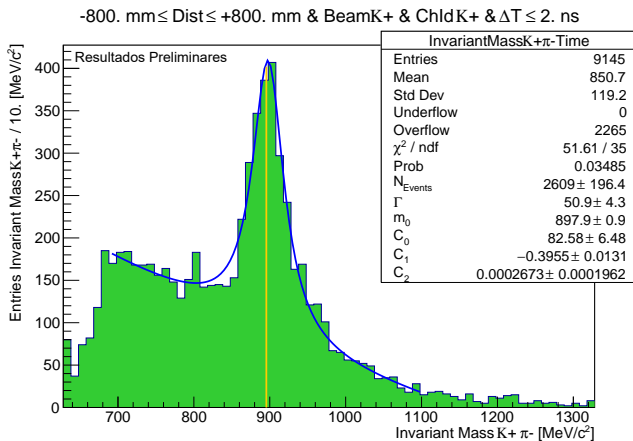


Figure 25: Corte en coincidencia de tiempos ≤ 2 ns del histograma de la figura 23 en eventos $K^+\pi^-$.



Momento del par del vértice $\leq 75 \text{ GeV}/c$

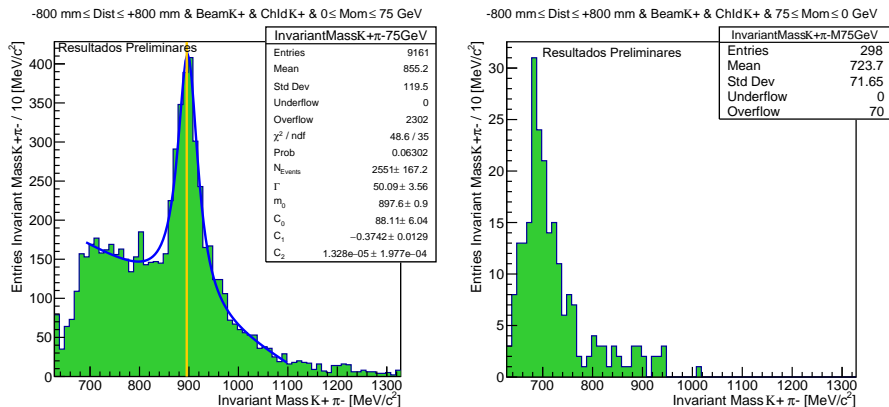


Figure 26: Corte en el momento del par ≥ 0 y $\leq 75 \text{ GeV}/c$ del histograma de la figura 23 en eventos $K^+\pi^-$.



Variable x_F de Feynman

La x de Feynman, x_F , puede ser medida como: $x_F = p_\ell/W$ es la componente longitudinal del momento de las partículas en la dirección del haz, por energía disponible.

$$x_F = \frac{p_\ell}{W} = \frac{p_\ell}{74366.753 \text{ MeV}/c}. \quad (4)$$



Análisis de la x_F

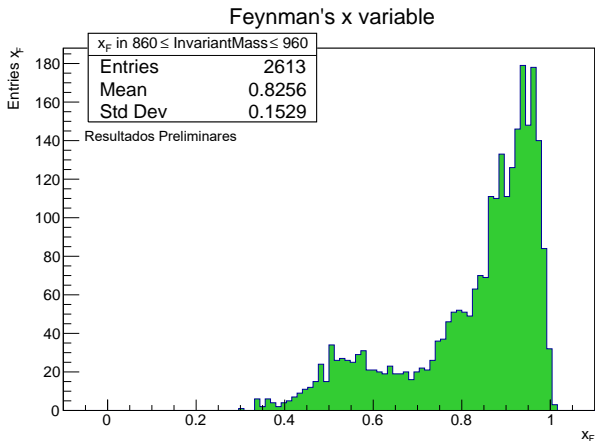


Figure 27: Variable x_F con los eventos del pico (860 a 960 MeV/c^2) del histograma de la figura 23.



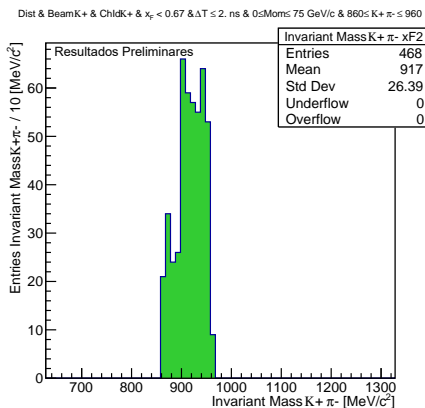
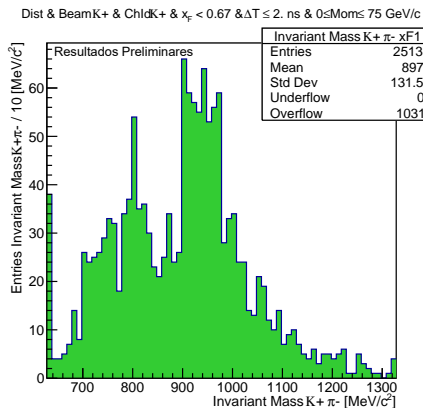
Variable $x_F < 0.67$ 

Figure 28: Corte en coincidencia temporal ≤ 2 ns, corte en momentum del par ≥ 0 y ≤ 75 GeV/c, y corte en $x_F < 0.67$ del histograma de la figura 23 en eventos $K^+ \pi^-$.



Resultado del estudio

$$m_0 = 894.2 \pm 0.8 \text{ MeV}/c^2 \text{ y } \Gamma = 47.73 \pm 2.77 \text{ MeV}/c^2.$$

Dist & BeamK+ & ChldK+ & $x_F \geq 0.67$ & $\Delta T \leq 2. \text{ ns}$ & $0 \leq \text{Mom} \leq 75. \text{ GeV}/c$ (Relativistic B-W)

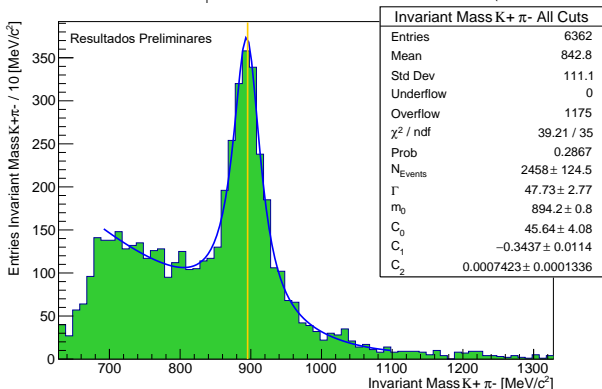


Figure 29: Corte en coincidencia temporal $\leq 2 \text{ ns}$, corte en momento del par ≥ 0 y $\leq 75 \text{ GeV}/c$ y corte en $x_F \geq 0.67$ del histograma de la figura 23, en eventos $K^+\pi^-$.



Cortes en distancia

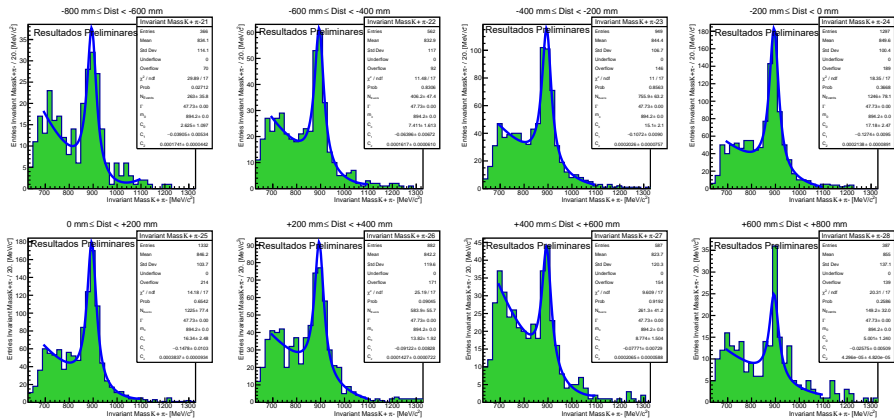


Figure 30: Histogramas con corte en distancia del histograma de la figura 29 en eventos $K^+\pi^-$ desde $-0.8 m$ hasta $0.8 m$.



Resolución del GTK3

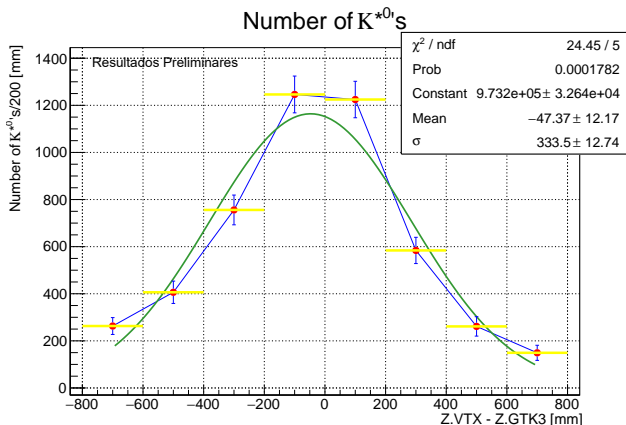


Figure 31: Número de K^{*0} 's con respecto a la distancia entre el vértice y el GTK3. Aquí comprobamos que este módulo está sirviendo de blanco fijo.



Cortes en momento

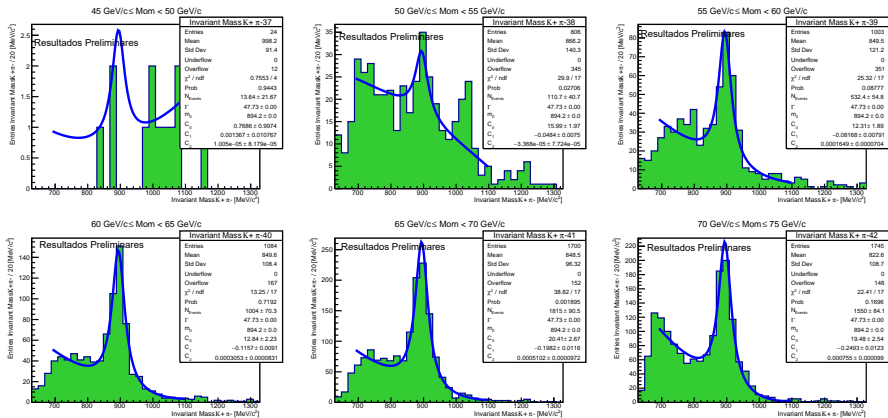


Figure 32: Histogramas con corte en momento del par del vértice en eventos del histograma de la figura 29.



Número de K^{*0} 's con respecto al momento

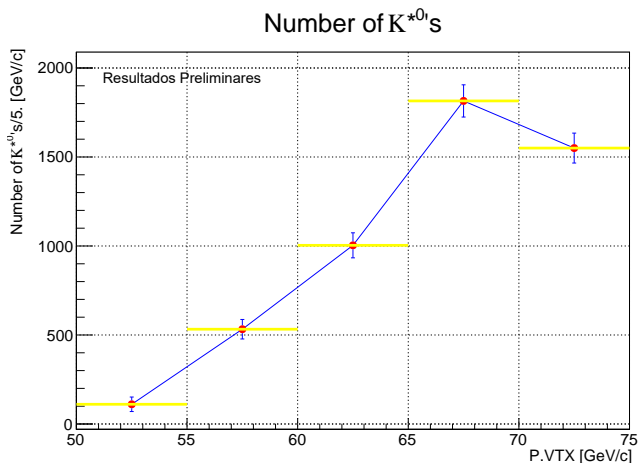


Figure 33: Número de K^{*0} 's con respecto al momento total del par del vértice.



Variables de Mandelstam

$$s = (p_1 + p_2)^2 = (p_3 + p_4)^2$$

$$t = (p_1 - p_3)^2 = (p_2 - p_4)^2$$

$$u = (p_1 - p_4)^2 = (p_2 - p_3)^2$$

$$s + t + u = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2$$



Variable T de Mandelstam

$$\begin{aligned}t &= (p_1 - p_3)^2 \\ &= p_1^2 + p_3^2 - 2p_1 \cdot p_3 \\ &= m_1^2 + m_2^2 - 2(E_1 E_3 - p_z \cdot vt_x.GetTotalThreeMomentum())\end{aligned}$$



Estudios actuales

- Estudio con 20 veces más estadística.
- Estudio y discriminación del background bajo la curva.
- Optimización de TriggerLine's a utilizar.
- Implementación de simulación Montecarlo para determinar los errores y la aceptación de los eventos.



... Jobs running.



BackUp

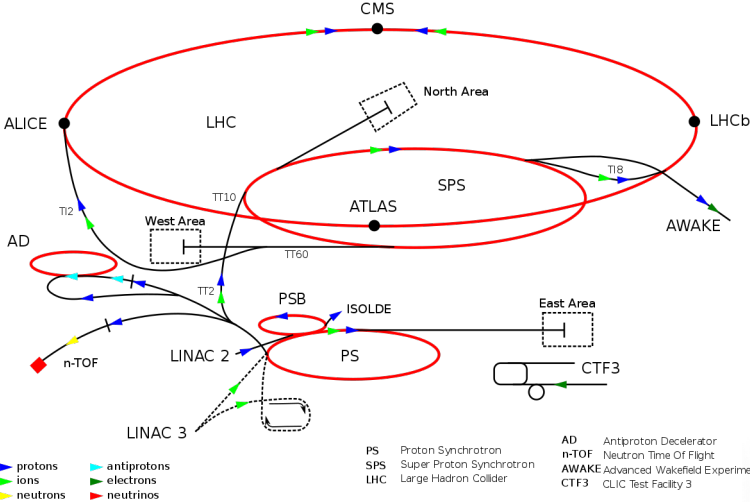


Figure 34: Complejo del acelerador del CERN



Vista del GTK3

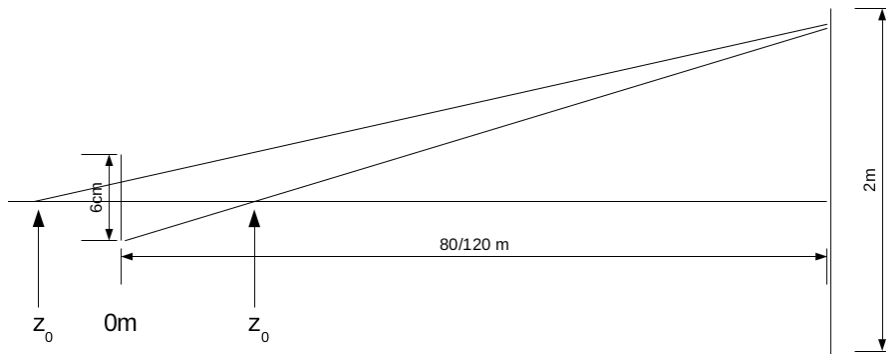


Figure 35: Vista del GTK3

