



Estudio de las propiedades de los sistemas creados en colisiones de hadrones y de iones pesados en ALICE a las energías del LHC.
Encuentro de estudiantes

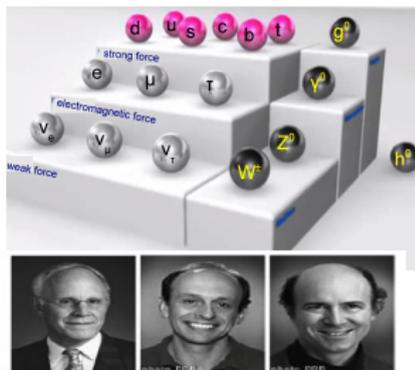
M.C. Héctor Bello Martínez BUAP-UNAM
Dr. Antonio Ortiz Velázquez ICN-UNAM,
Dr. Arturo Fernández Téllez FCFM-BUAP,

January 28, 2015

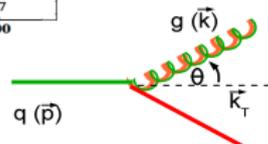
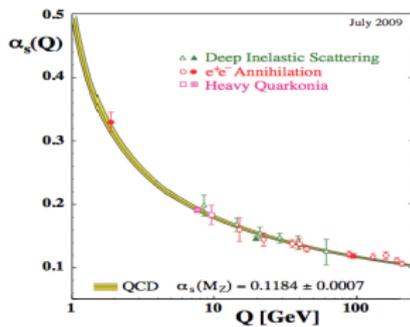
Outline

- Introducción
- El experimento ALICE del LHC.
- Observables Globales
- Resultados
- Conclusiones

Desde hace tiempo se sabe ...



Nobel prize 2004
Gross, Politzer, Wilczek



$$\alpha_s(Q^2) = \frac{4\pi}{\beta_0 \ln\left(\frac{Q^2}{\Lambda_{QCD}^2}\right)} = \frac{2\pi}{\beta_0} \ln\left(\frac{Q}{\Lambda_{QCD}}\right),$$

$$d\omega^{q \rightarrow q+g} = 2C_F \frac{\alpha_s(k_T)}{4\pi} \left[1 + \left(1 - \frac{k}{p}\right)^2\right] \frac{dk}{k} \frac{dk_T^2}{k_T^2}, \quad (1)$$

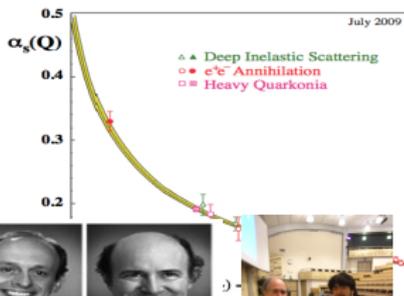
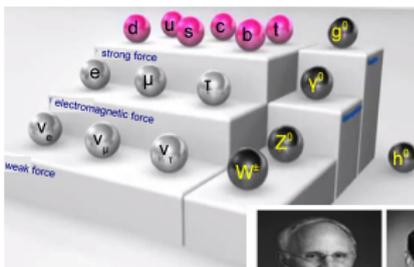
$Q^2 \rightarrow \infty, \alpha \rightarrow 0$ Libertad asintótica pQCD

emisión de gluones "suaves" $k \ll p$ singularidad infrarroja

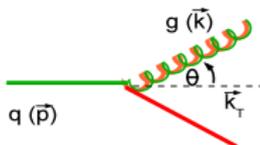
$Q^2 \rightarrow \Lambda_{QCD}, \alpha \rightarrow \infty$ confinamiento de color.

emisión de gluones "colineales" $k \sim p$ singularidad colineal

Desde hace tiempo se sabe ...



Nobel prize 2004
Gross, Politzer, Wilczek



$$\alpha_s(Q^2) = \frac{4\pi}{\beta_0 \ln\left(\frac{Q^2}{\Lambda_{QCD}^2}\right)} = \frac{2\pi}{\beta_0} \ln\left(\frac{Q}{\Lambda_{QCD}}\right),$$

$$d\omega^{q \rightarrow q+g} = 2C_F \frac{\alpha_s(k_T)}{4\pi} \left[1 + \left(1 - \frac{k}{p}\right)^2\right] \frac{dk}{k} \frac{dk_T^2}{k_T^2}, \quad (2)$$

$Q^2 \rightarrow \infty, \alpha \rightarrow 0$ Libertad asintótica pQCD

emisión de gluones "suaves" $k \ll p$ singularidad infrarroja

3 $Q^2 \rightarrow \Lambda_{QCD}, \alpha \rightarrow \infty$ confinamiento de color.

emisión de gluones "colineales" $k \sim p$ singularidad colineal

¿Qué es el campo de color y como interactúa?

proton

up quark

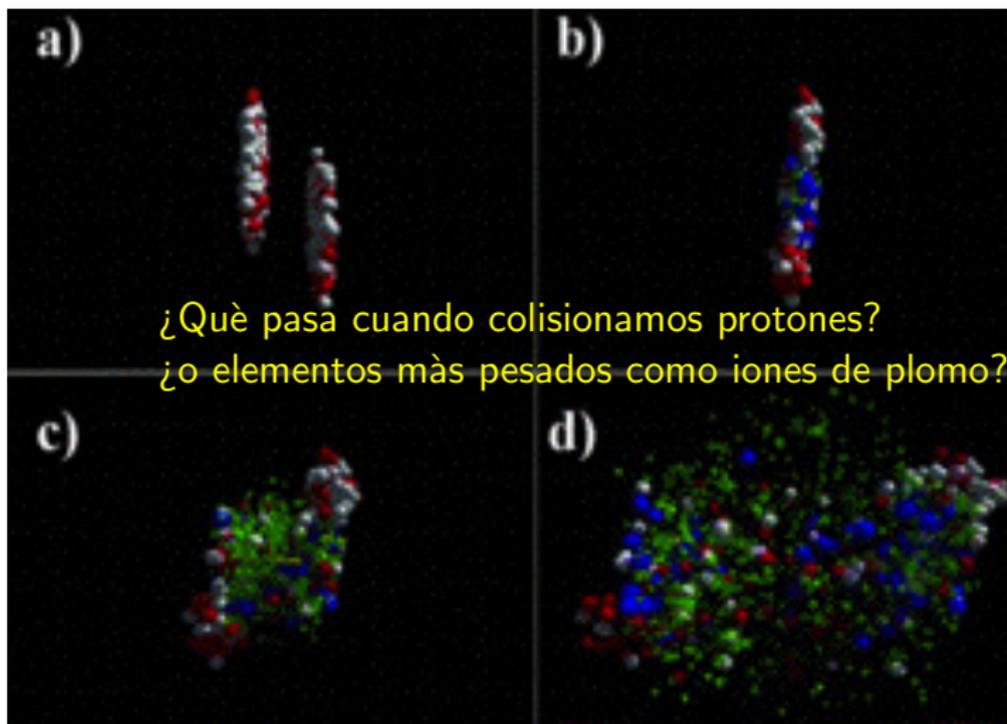
down quark

gluons

up quark

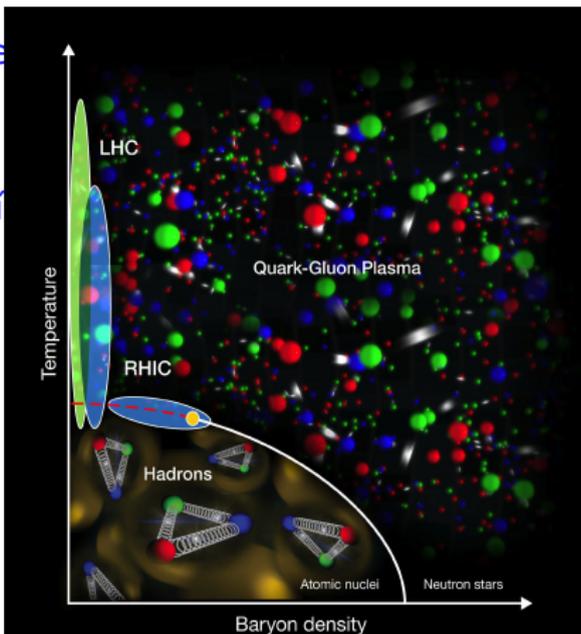
$M_{proton} = 0.938 GeV;$
 $M_{Uquark} = 0.0023 GeV;$
 $M_{Dquark} = 0.0048 GeV;$
 $M_{gluon} = 0 (teo.)$
 $M_{gluon} < 0.02 GeV (exp * .)$
 $2M_u + M_d \neq M_p$
 faltante $\approx g \bar{q} \gamma^{\mu\nu} T^a q G_{\mu}^a - 1/4 G_{\mu\nu}^a G_a^{\mu\nu}$

* Limits on the mass of the gluon. F.J. Ynduriin (1995)

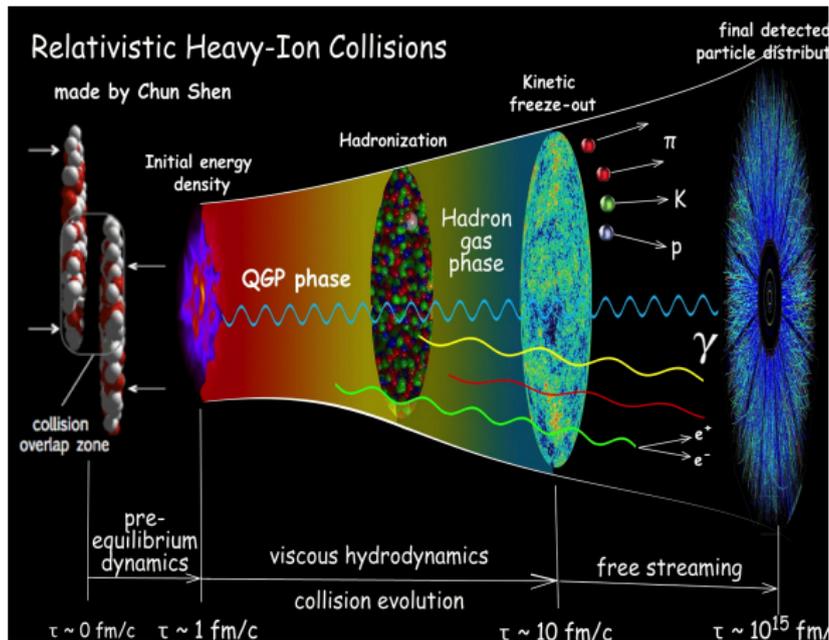


¿Por qué collisionar iones pesados?

El principal objetivo es estudiar el comportamiento de la materia a condiciones extremas, explorar y probar el diagrama de fase de QCD, así como direccionar las preguntas de confinamiento hadrónico y rompimiento de la simetría quiral, relacionados a la existencia y propiedades del plasma de quarks y gluones (QGP)



¿Qué información nos da este “little bang”?



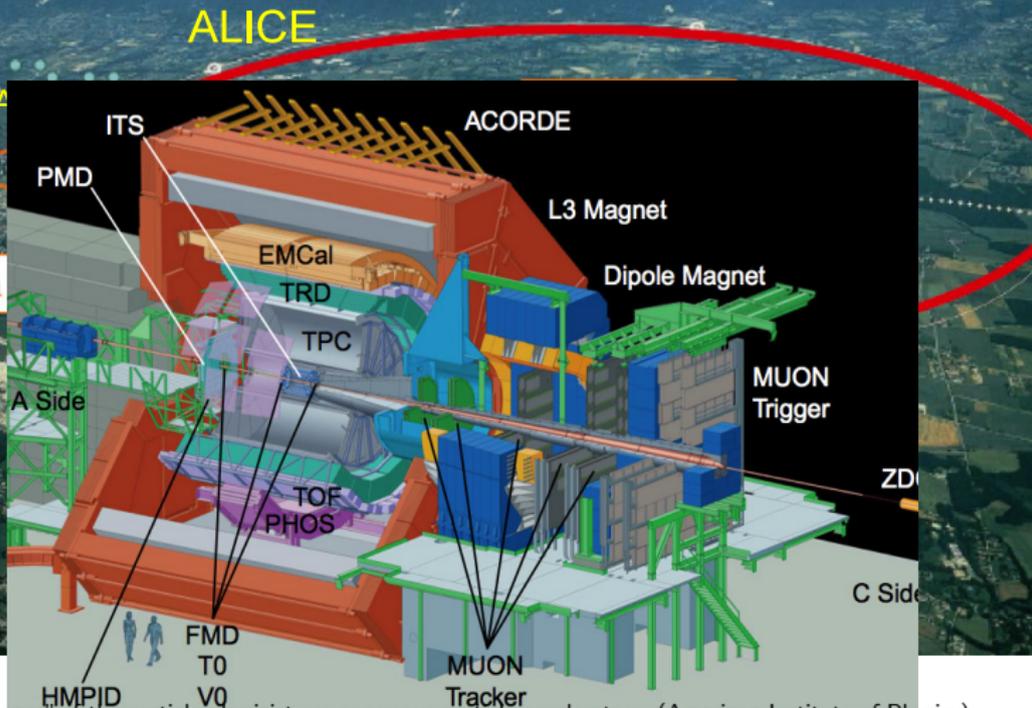
Estos estudios nos ayudan a entender las etapas del Universo y su la evolución cósmica. Esto requiere de aceleradores a altas energías como LHC: ej. colisión Pb-Pb $\sqrt{s_{NN}} = 2.76 \text{ TeV}$

LHC del CERN



El experimento ALICE

CERN main



The "microscopes" of the particle physicist are enormous particle accelerators. (American Institute of Physics)

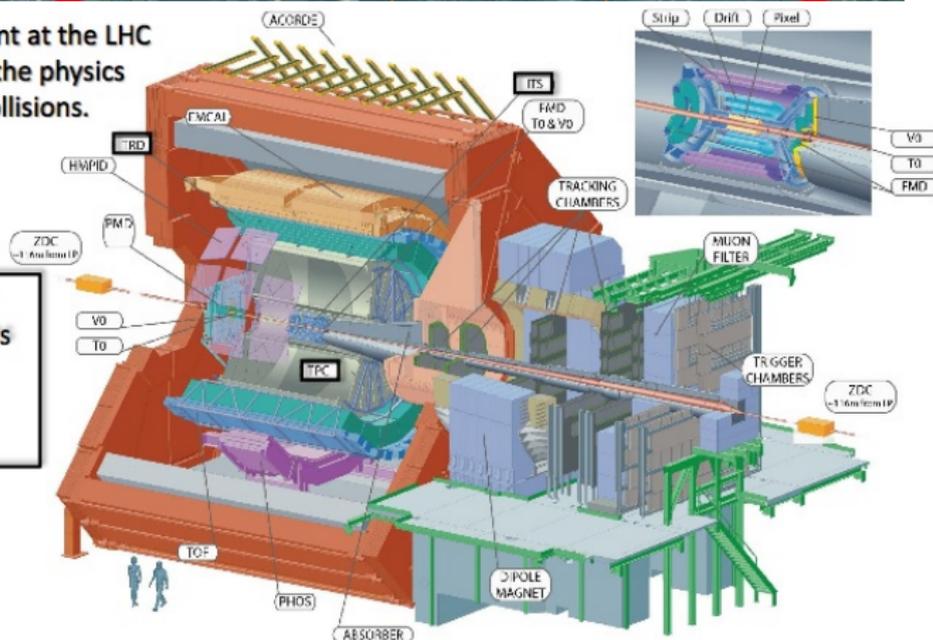
Los detectores de ALICE

ALICE

The only experiment at the LHC designed to study the physics of the heavy ion collisions.

CE

ITS+TPC: excellent tracking capabilities in a high track density environment.



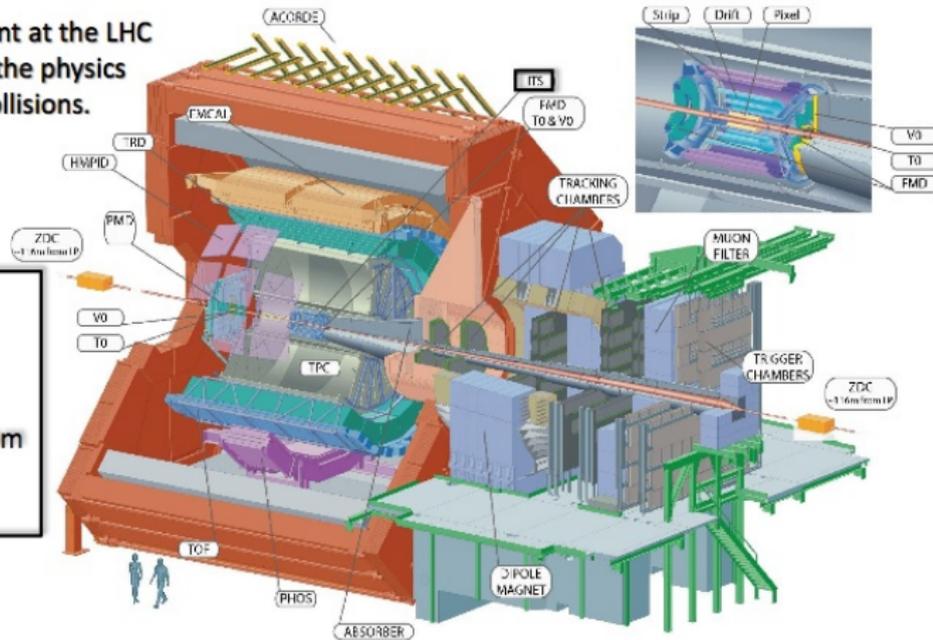
Los detectores de ALICE

ALICE

The only experiment at the LHC designed to study the physics of the heavy ion collisions.

CEI

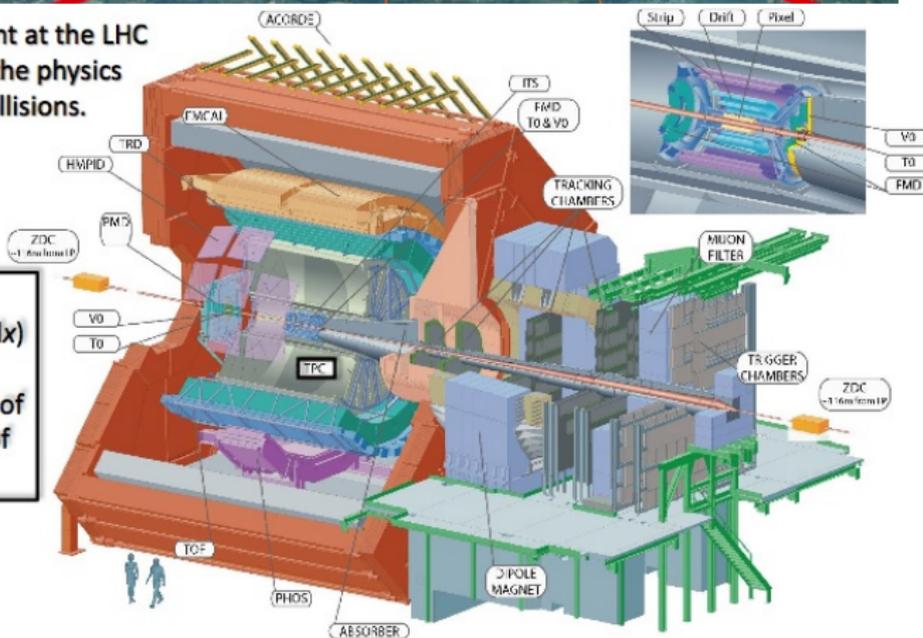
ITS: precise separation of primary particles and those from weak decays or from interactions with material.



Los detectores de ALICE

ALICE

The only experiment at the LHC designed to study the physics of the heavy ion collisions.



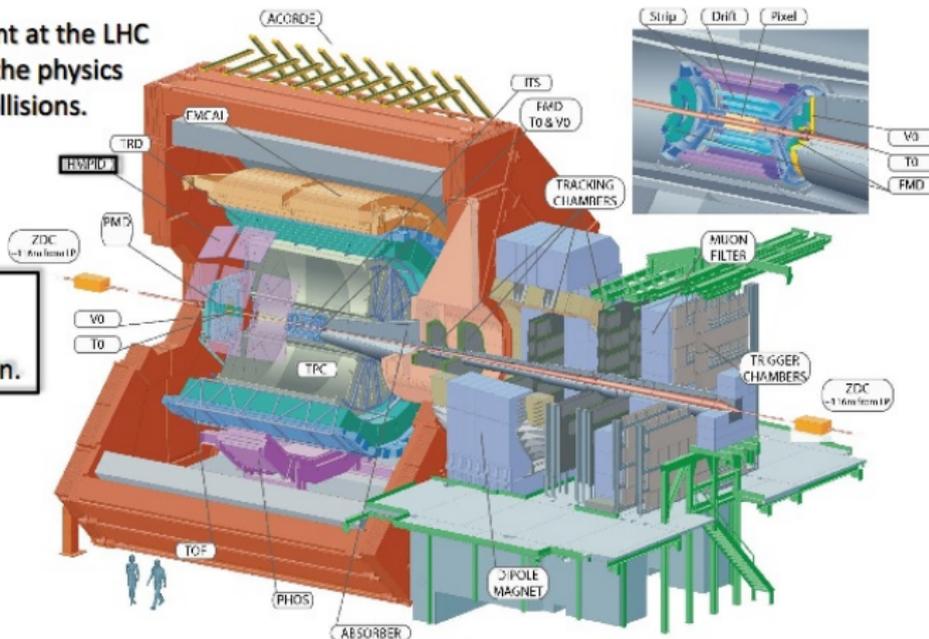
TPC: particle identification (dE/dx) over a broad p_T interval (hundreds of MeV/c up to tens of GeV/c).

CEL

Los detectores de ALICE

ALICE

The only experiment at the LHC designed to study the physics of the heavy ion collisions.



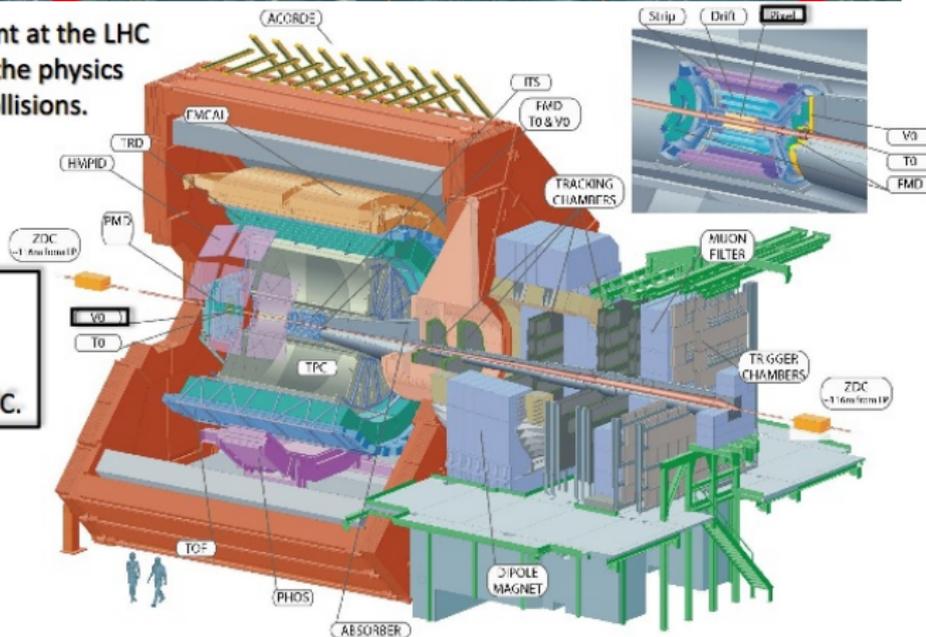
HMPID: particle identification via Cherenkov radiation.

CE

Los detectores de ALICE

ALICE

The only experiment at the LHC designed to study the physics of the heavy ion collisions.



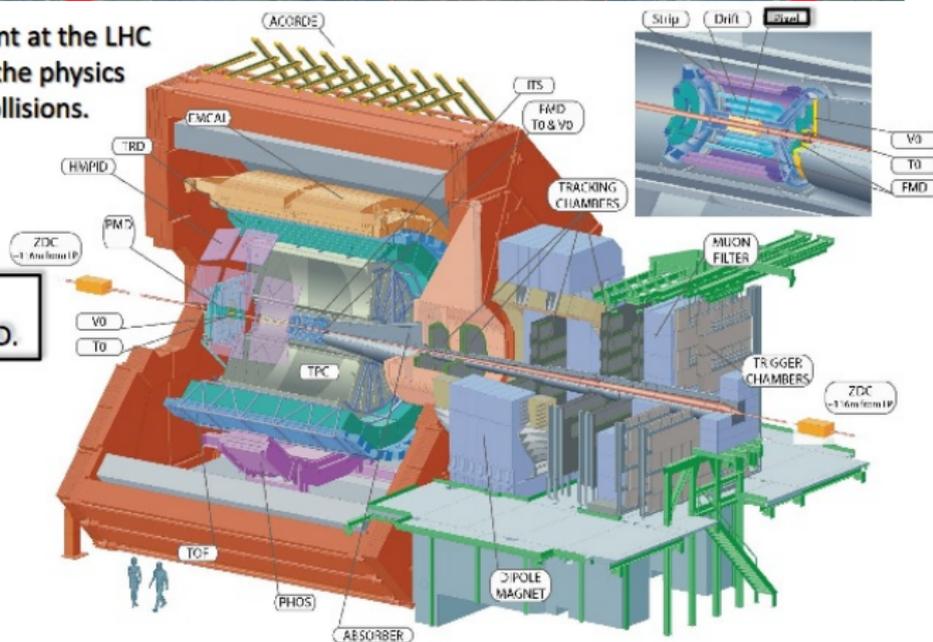
MB trigger:
 coincidences
 between SPD OR
 VZEROA OR VZEROC.

CE

Los detectores de ALICE

ALICE

The only experiment at the LHC designed to study the physics of the heavy ion collisions.



Vertex determination: SPD.

CE

Los detectores de ALICE

ALICE

System	$\sqrt{s_{NN}}$ (TeV)	Year	Integrated luminosity
Pb-Pb	2.76	2010	$10 \mu\text{b}^{-1}$
Pb-Pb	2.76	2011	0.1nb^{-1}
p-Pb	5.02	2013	30nb^{-1}

Also pp collisions at $\sqrt{s} = 0.9, 2.76$ and 7 TeV
have been analyzed.

Geneva Airport

LHC accelerator

Observables Globales

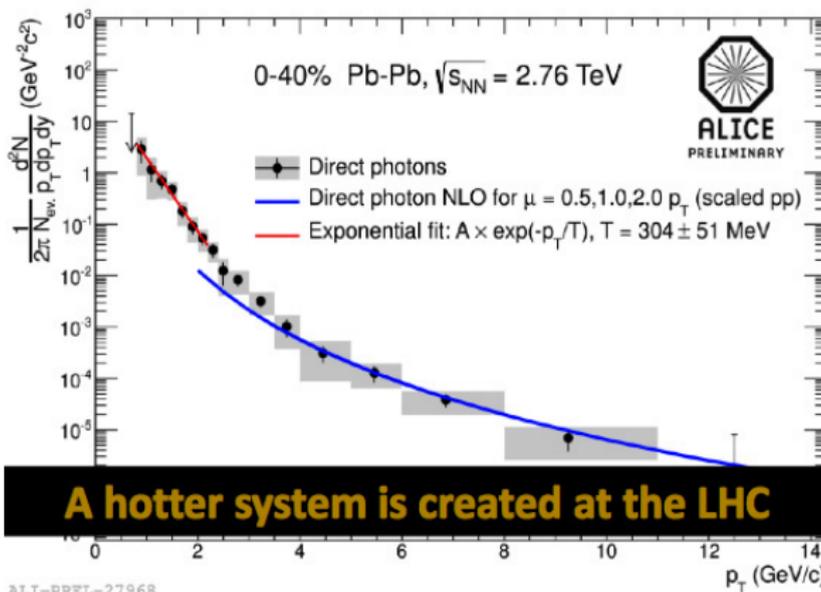
Observables Globales medidas en ALICE.

Medir lo que se puede medir, y hacer medible lo que no es así
(Galileo Galilei)

Solo los físicos y los poetas tienen el poder de atisbar lo eterno. (G.H.C.)
.... pero la poesía no es lo mio

Observables globales medidas en ALICE: Temperatura

Temperatura



Ajuste exponencial
para $p_T < 2$ GeV/c
Inversa de la pendiente:
 $T = 304 \pm 51$ MeV
PHENIX:
 $T = 221 \pm 19 \pm 19$ MeV

0 – 20% Au-Au $\sqrt{s} = 200$ MeV

$p_T < 2$ GeV/c \approx 20%
exceso de fotones directos
 $p_T > 4$ GeV/c acuerdo

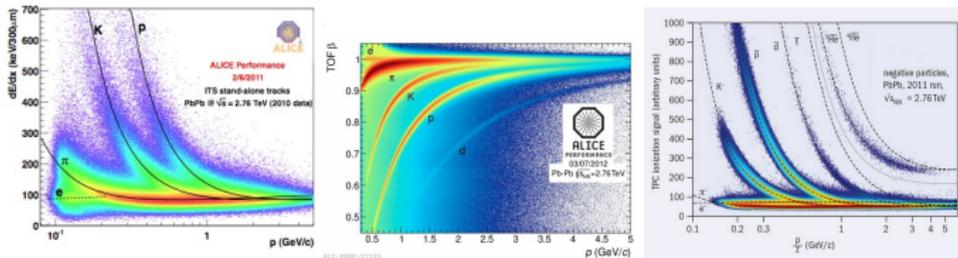
con N_{coll} – escalado NLO

A hotter system is created at the LHC

ALI-PREL-27968

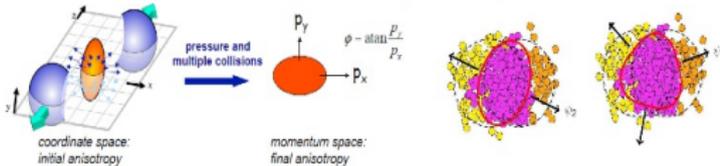
Observables Globales medidas en ALICE: Flujo

Identificación de partículas (muy buena resolución a bajo p_T)



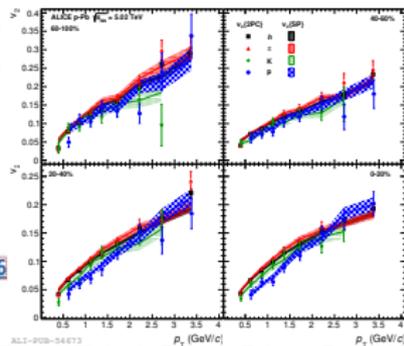
Flujo Anisotrópico (Hidrodinámica), partidarios del fluido perfecto

Pressure gradient generates collective flow \rightarrow anisotropy in momentum space

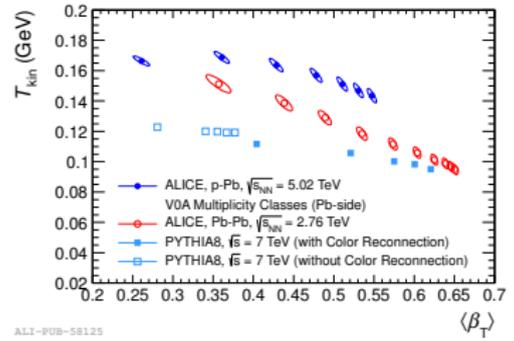
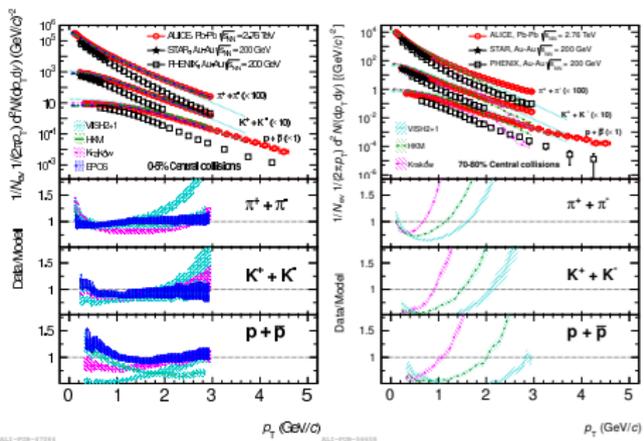


M. Luzum, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 38 (2011) 124026

$$E \frac{d^3N}{d^3p} = \frac{1}{2\pi} \frac{d^2N}{p_T dp_T dy} \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} 2v_n \cos(n(\phi - \Psi_n)) \right)$$



Observables Globales medidas en ALICE: Blast Wave An



ALI-Pb-50125

El modelo de Blast-wave da descripción razonable del espectro en colisiones pp. permite comparación de diferentes sistemas, comportamientos similares consistentes con expansión colectiva. PYTHIA8 con reconexión por color produce efectos "tipo flujo" (sin hidrodinámica)

Phys. Rev.Lett. 111, 042001 (2013)

Schnedermann et al, Phys. Rev. C 48, 2462 (1993)

$$\frac{dN}{p_{\perp} dp_{\perp}} \propto \int_0^R r dr m_{\perp} I_0 \left(\frac{p_{\perp} \sinh \rho}{T_{kin}} \right) K_1 \left(\frac{m_{\perp} \cosh \rho}{T_{kin}} \right)$$

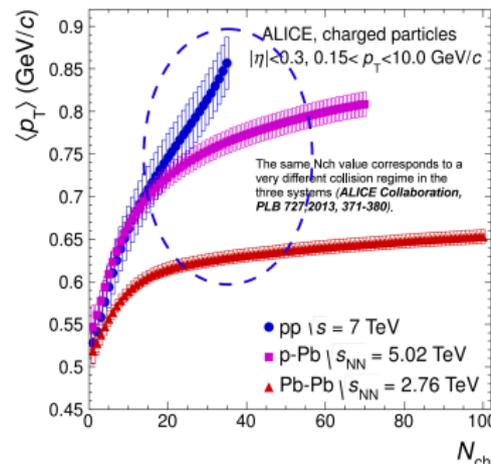
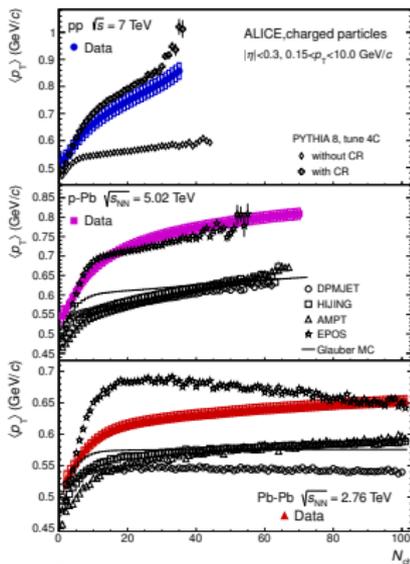
$$\rho = \tanh^{-1} \beta_T$$

$$\beta_s = \beta_s(r/R)^n$$

$$\langle \beta \rangle = \frac{2}{2+n} \beta_s$$

Observables Globales: Momento transverso promedio

¿Como distinguimos a los diferentes sistemas?



¿Cual es el impacto de procesos duros a alta multiplicidad en pp?

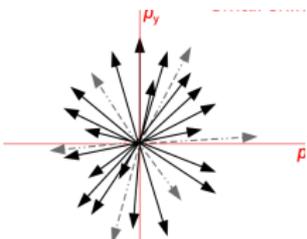
Observables Globales: Esfer(i)ocidad

Esfericidad

$$S_{x,y}^L = \frac{1}{\sum_i p_{Ti}} \sum_i \frac{1}{p_{Ti}} \begin{pmatrix} p_{xi}^2 & p_{xi}p_{yi} \\ p_{yi}p_{xi} & p_{yi}^2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

definida como: $S_T = \frac{2\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$, así:

$$S_T = \begin{cases} 1 & \text{estructura isotrópica} \\ 0 & \text{estructura de dijets} \end{cases} \quad (4)$$



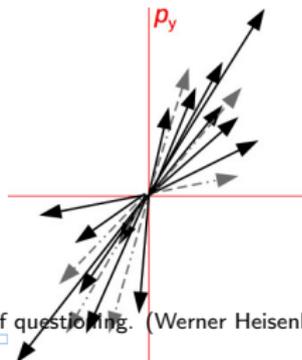
[6]Andrea Banfi, G. Salam and G. Zanderighi arxiv:1001.4082

Esferocidad

$$S_T^{sphericity} = \frac{\pi^2}{4} \min_{\vec{n}=(n_x, n_y, 0)} \left(\frac{\sum_i |\vec{p}_{Ti} \times \vec{n}|}{\sum_i p_{Ti}} \right)^2 \quad (5)$$

Los límites de esta variable:

$$S_o = S_T^{sphericity} = \begin{cases} 1 & \text{isotropic structure} \\ 0 & \text{dijet structure} \end{cases} \quad (6)$$



Resultados: Reconexión por color

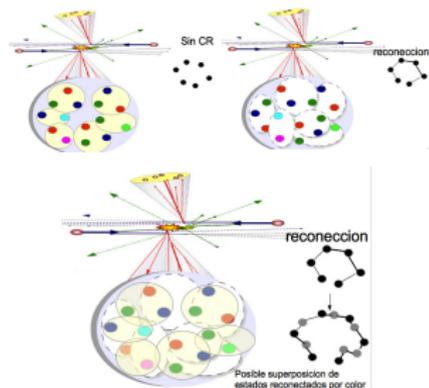
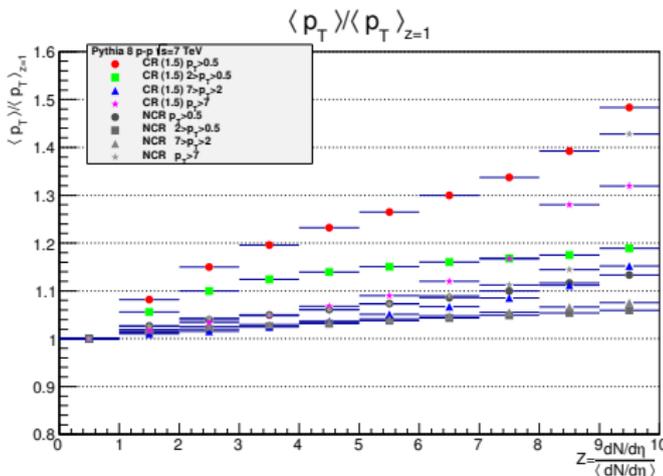
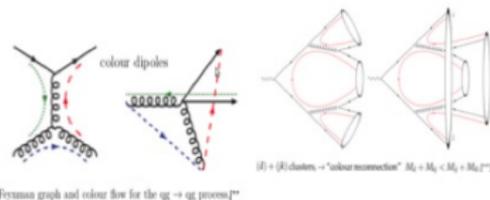


Figure 1 : $\frac{\langle p_T \rangle}{\langle p_T \rangle_{z=1}}$ vs z con y sin CR para $p_T > 0.5$, $2 > p_T > 0.5$, $7 > p_T > 2$, $p_T > 7$.



R. Corke and T. Sjöstrand, Interleaved Parton Showers and Tuning Prospects. arXiv:1011.1759 (2010).

Christian Røhr, Colour Reconnection in Cluster Hadronization. 8th MCnet Meeting Cambridge (2010).

Resultados: Interacciones partónicas múltiples

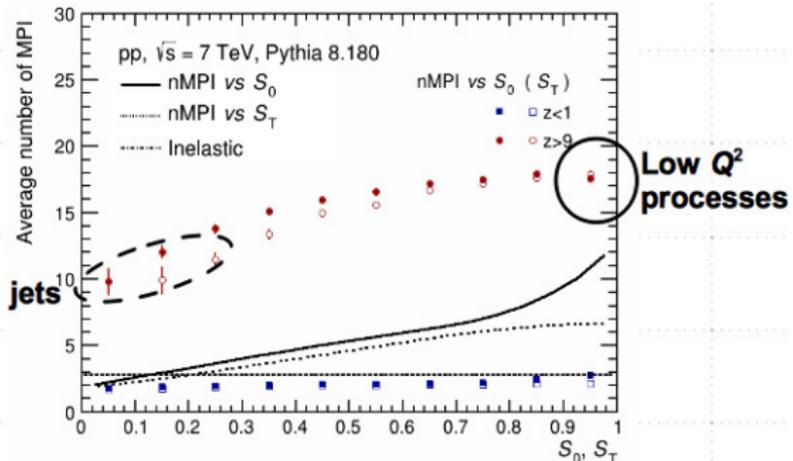


Figure 2 : MPI vs S_0 and sphericity S_T .

Para baja multiplicidad el número de MPI no crece independiente de la forma de los eventos, para alta multiplicidad el mayor número de MPIs es en **procesos suaves** (bajo Q^2) en eventos isotrópicos.

Resultados: Esferocidad

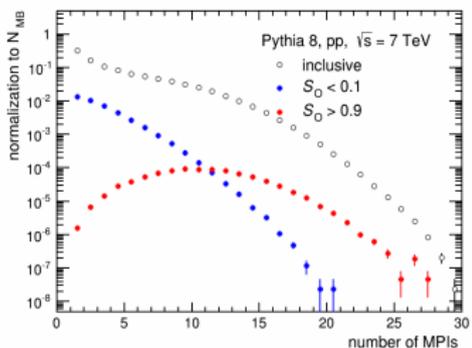


Figure 3 : MPI para baja y alta S_0 .

Los eventos isotrópicos tienen mayor interacciones multi-partónicas.
 Los eventos tipo jetty poseen el mayor momento transverso partónico por evento.

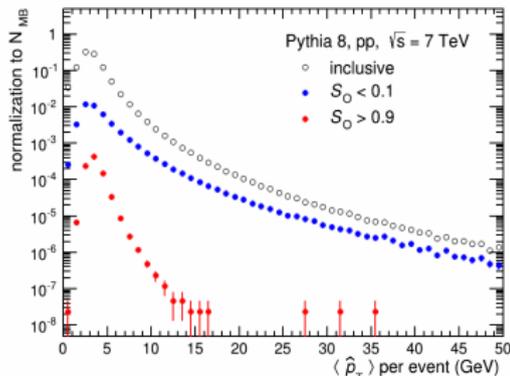


Figure 4 : momento transverso partónico vs S_0 .

- La idea es ver los efectos de distribuciones de $\langle p_T \rangle$ para colisiones p-p y p-Pb en eventos de **dijets e isotrópicos**.
- Se han analizado datos de ALICE para p-p y pPb, esperamos aprobación de resultados para hacer públicos los resultados de $\langle p_T \rangle$ con cortes en S_0 .
- Datos de colisiones p-Pb a mas altas energías proveerá mas estadística y nuevos resultados.

Conclusiones

- Las distribuciones de $\langle p_T \rangle$ nos dan información de lo que ocurre en los diferentes sistemas de colisión.
- Existe física diferente a Hidrodinámica-Relativista tal como Reconexión por Color que producen un efecto parecido al flujo.
- Las variables de forma como la esferocidad nos ayuda a estudiar los efectos que producen estructuras de dijets e isotrópicas.

Cosas por hacer:

- Estudiar $\langle p_T \rangle$ vs Nch usando el estimador V0M (V0A+V0C).
- Cálculo de errores sistemáticos para muestras con datos
- Se espera RUN-II (mayo 2015) para mayores sorpresas.
- producción de artículos

GRACIAS !

Scientific knowledge is a body of statements of varying degrees of certainty — some most unsure, some nearly sure, but none absolutely certain. (Richard Feynman)



backup