
Principios de Aceleradores de Partículas

Parte I/II

Javier Barranco García

CERN ABP/CC3

28 Junio 2011

Grandes instrumentos en física

- ▶ **Aceleradores de Partículas**
 - ▶ Para estudiar lo que es extremadamente pequeño
 - ▶ Partículas son creadas a partir de colisiones muy energéticas y son analizadas.
 - ▶ Se excitan los núcleos a determinados estados y se analizan.
 - ▶ Fotones de onda corta y neutrones son generados indirectamente para observar lo extremadamente pequeño.
 - ▶ Como fuente intensa de partículas para otras aplicaciones
 - ▶ Radio terapia contra el cáncer y producción de radioisotops
 - ▶ nuclear waste transmutation to reduce toxicity
 - ▶ intense photon beams for: micro-lithography, food, catalysis, etc.
- ▶ **Gran telescopios**
 - ▶ Para estudiar lo que es extremadamente grande
 - ▶ Para ver lo que está lejos en el espacio y en el tiempo.
 - ▶ Observing large phenomena at their extreme conditions

Ramas de la Física

La física podría definirse como la ciencia que estudia la naturaleza de la materia y cómo ésta interacciona con el medio que la rodea.

- | | | |
|---|-----------|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Astronomy/Astrophysics• Classical Physics• Low Temperature Physics• Plasma Physics• Quantum Physics | | <ul style="list-style-type: none">• Stars, Galaxies, Cosmos• Light, Heat, Motion, Electricity, Magnetism• Superconductivity• Discharge tubes, Fusion• Lasers, LED's, Fiber Optics, Quantum Dots |
| <ul style="list-style-type: none">• Atomic & Solid State Physics• Relativistic Physics• Macromolecular "Biology"• Accelerator Physics | ←-Smaller | <ul style="list-style-type: none">• Material Science, Semiconductors, Surface Physics, Nanotechnology• Stars, Cosmology, Particle Physics• Virus crystallography• Particle Accelerators, RF Devices, X-ray |
| <ul style="list-style-type: none">• Nuclear Physics• High Energy Particle Physics | Larger-> | <ul style="list-style-type: none">• Nuclei, Fission, Radiation Therapy• Subatomic Physics, Quarks, Tomography |

Principio básico de funcionamiento de un acelerador de partículas

Las dos principales funciones de un acelerador son:

- ▶ Incrementar la energía de la partícula
- ▶ Guiar y focalizar las partículas a la largo de una trayectoria definida.

La ecuación de Lorentz,

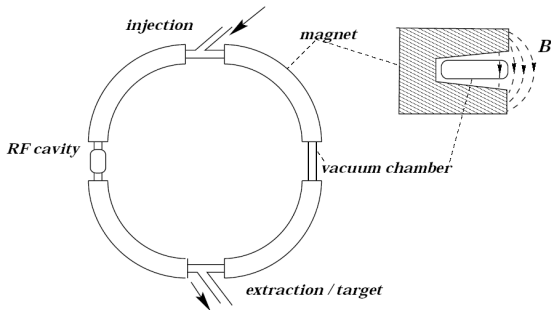
$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (1)$$

De la ecuación anterior se desprende que necesitamos un campo eléctrico para acelerar las partículas. La unidad de energía es electrón-voltio (1 eV es la energía ganada por un electrón al atravesar una diferencia de potencial de 1 voltio).

Esquema Básico de un Acelerador

A grandes rasgos un acelerador consta de:

- ▶ Elementos a través de los que circulan las partículas.(cámara de vacío)
- ▶ Elementos que aceleran las partículas (cavidades de radiofrecuencia)
- ▶ Elementos que guían las partículas (dipolos, cuadrupolos,etc.)
- ▶ Elementos que miden las partículas (monitores de posición, etc.)



Sincrotrón

Los Sincrotrones se utilizan en la mayoría de experimentos de física de altas energías (HEP). Ejemplos son LHC, Tevatron, HERA, LEP, SppS, CERN PS y también en fuentes de luz síncrotra. La aceleración se realiza mediante cavidades de radio-frecuencia. La frecuencia de las cavidades de RF debe seguir la frecuencia de la partícula a medida que se incrementa la energía



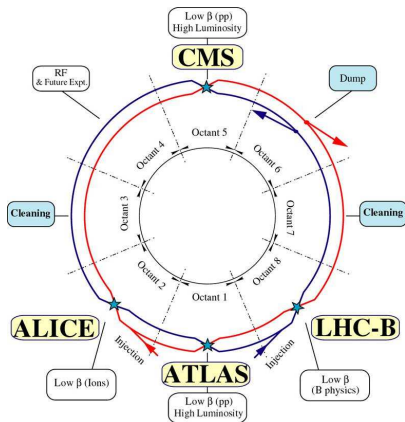
Algunos hitos de la historia de los Colisionadores

- ▶ **CERN ISR:** protón-protón a 64 GeV (1971-1984) Primer colisionador de hadrones
- ▶ **CERN SppS:** protón-antiprotón a 620 GeV (1981-1990) Descubrimiento de los bosones W (81 GeV) y Z(91 GeV)
- ▶ **Fermilab Tevatron:** protón-antiprotón a 1.96 TeV (1987-actualidad) Descubrimiento del Top Quark (172 GeV)
- ▶ **CERN LHC:** protón-protón 7 TeV inicial, 14 TeV diseñado (2009-actualidad) Entre otros descubrimiento del bosón de Higgs, Supersimetría, Dimensiones extras, etc.

Una lista más completa, incluyendo no sólo sincrotrones puede encontrarse en,

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_accelerators_in_particle_physics

Gran Colisionador de Hadrones (LHC)



LHC está dividido en 8 zonas (octantes)

- ▶ 4 puntos de colisión (1,2,5,8)
- ▶ 2 zonas para limpiar el haz de partículas (3,7)
- ▶ 2 zonas para inyectar las partículas (2,8)
- ▶ 1 zona para acelerar las partículas (4)
- ▶ 1 zona para extraer las partículas (6)

Evaluación del funcionamiento de un colisionador

El funcionamiento de un colisionador de altas energías se mide mediante la energía a las que se producen las colisiones y la luminosidad. El segundo depende entre otros parámetros en número de partículas, tamaño del haz, etc.

$$L = \frac{N_b^2 n_b f \gamma}{4\pi \epsilon_n \beta}$$

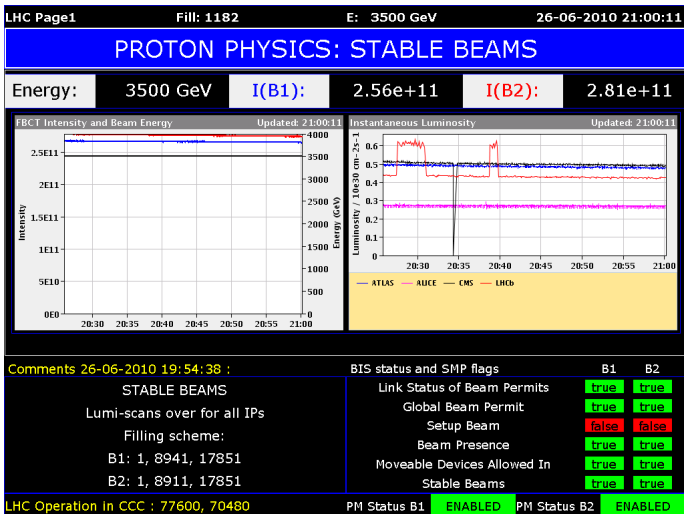
La luminosidad nominal para el LHC es,

$$L_{\text{nom}} = 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$$

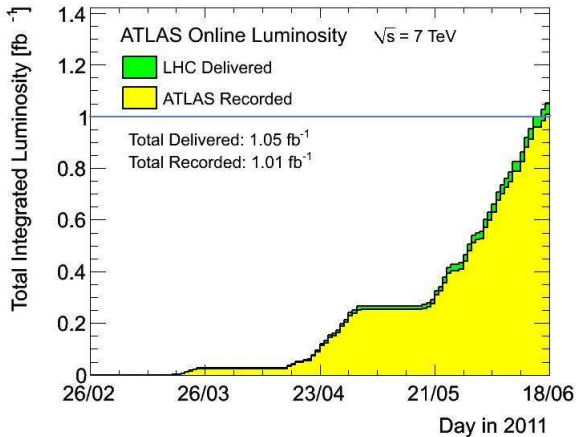
Para seguir en directo una estimación real del número de colisiones que ocurren en cada experimento podeis ir a este link,

<http://lhc-webcast.web.cern.ch/lhc-webcast/>

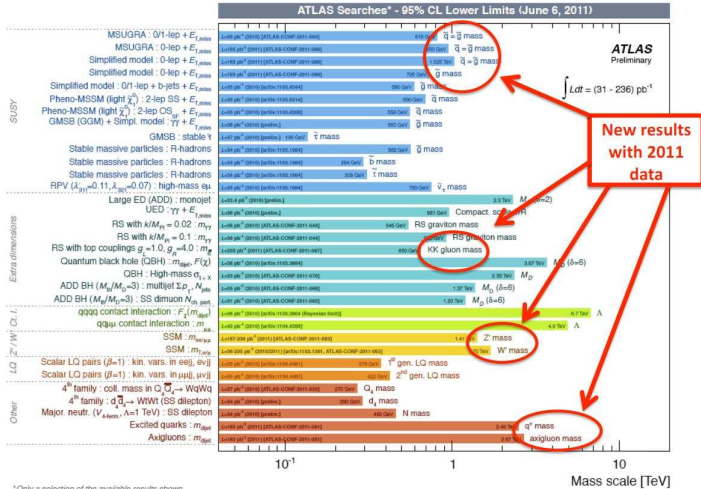
Evaluación del funcionamiento de un colisionador



Recientes logros del LHC



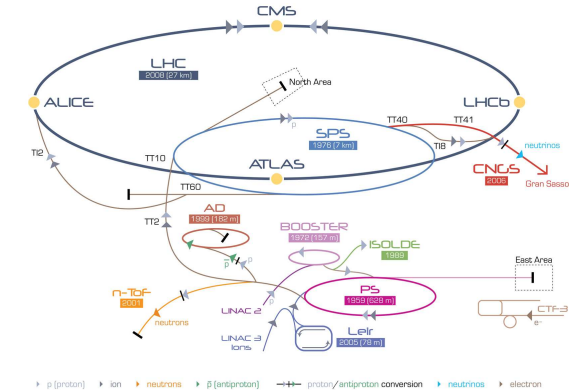
Recientes logros del LHC



*Only a selection of the available results is shown

Complejo de Aceleradores del CERN

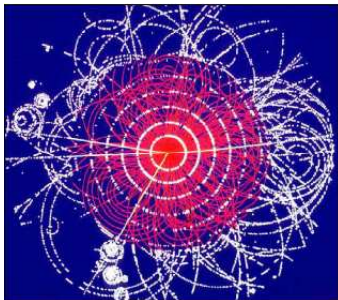
El complejo de aceleradores del CERN es mucho más que el LHC. A diferentes energías hay varios experimentos.



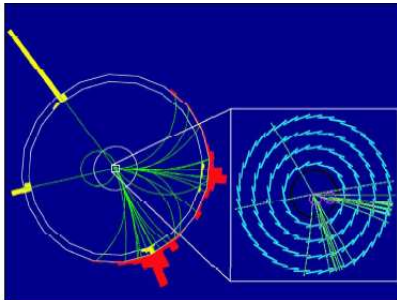
LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron
 AD Antiproton Decelerator CTF-3 CERN Test Facility CNCS CERN Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
 LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-Tof Neutrons Time Of Flight

¿Por qué un acelerador lineal?

Comparación de la simulación de un evento Higgs en LHC y ILC.
LHC es descubrimiento mientras que ILC es precisión.

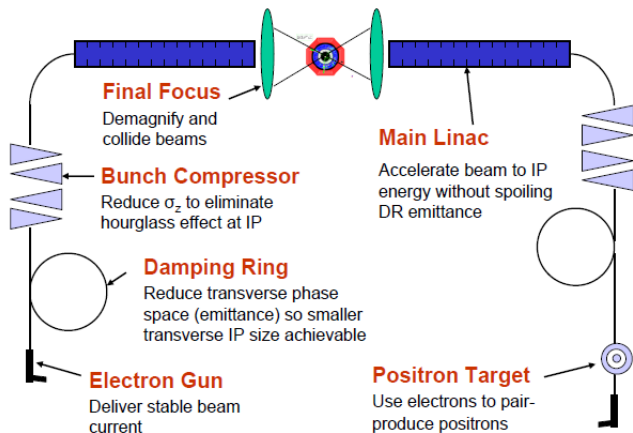


LHC

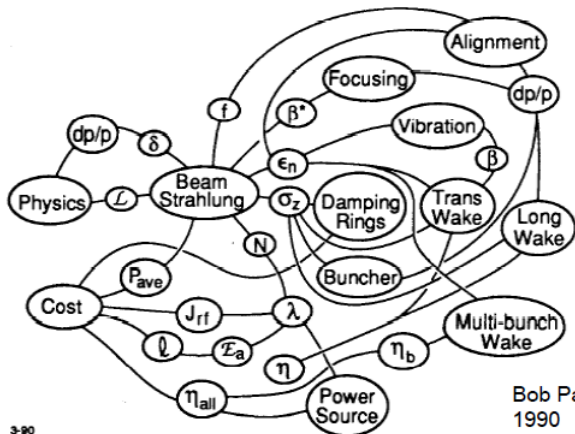


ILC

Esquema de un colisionador lineal



Diseño de un colisionador lineal

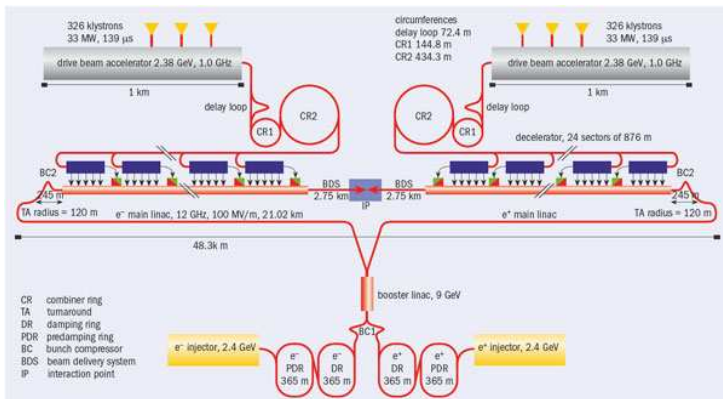


Bob Palmer
1990

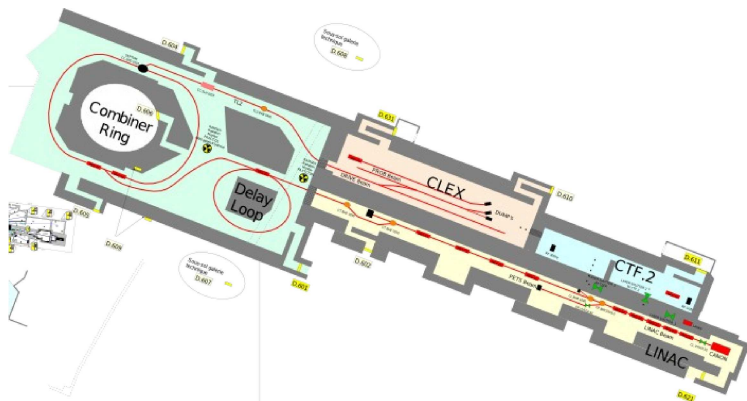
3-90

Compact Linear Collider

CLIC es la apuesta del CERN para el próximo colisionador lineal e^+e^- .



CLIC Test Facility 3 (CTF3)



CLIC Test Facility 3 (CTF3)

