



# Introducción a los Aceleradores de Partículas Sesión 2

Antonio Vergara  
(CERN – CIEMAT)

Ginebra, 25-26 de Julio 2007



## Física del Haz (Continuación)

## 2. Confinamiento - Correctores

Teóricamente, todas las partículas oscilan entorno a una órbita nominal. Sin embargo existen varias fuentes de error que hacen imprescindibles:

- a) Monitorizar el haz (Beam Position Monitors)
- b) Corregir el haz (imanes correctores)

Fuentes previsibles de desviación de la órbita nominal:

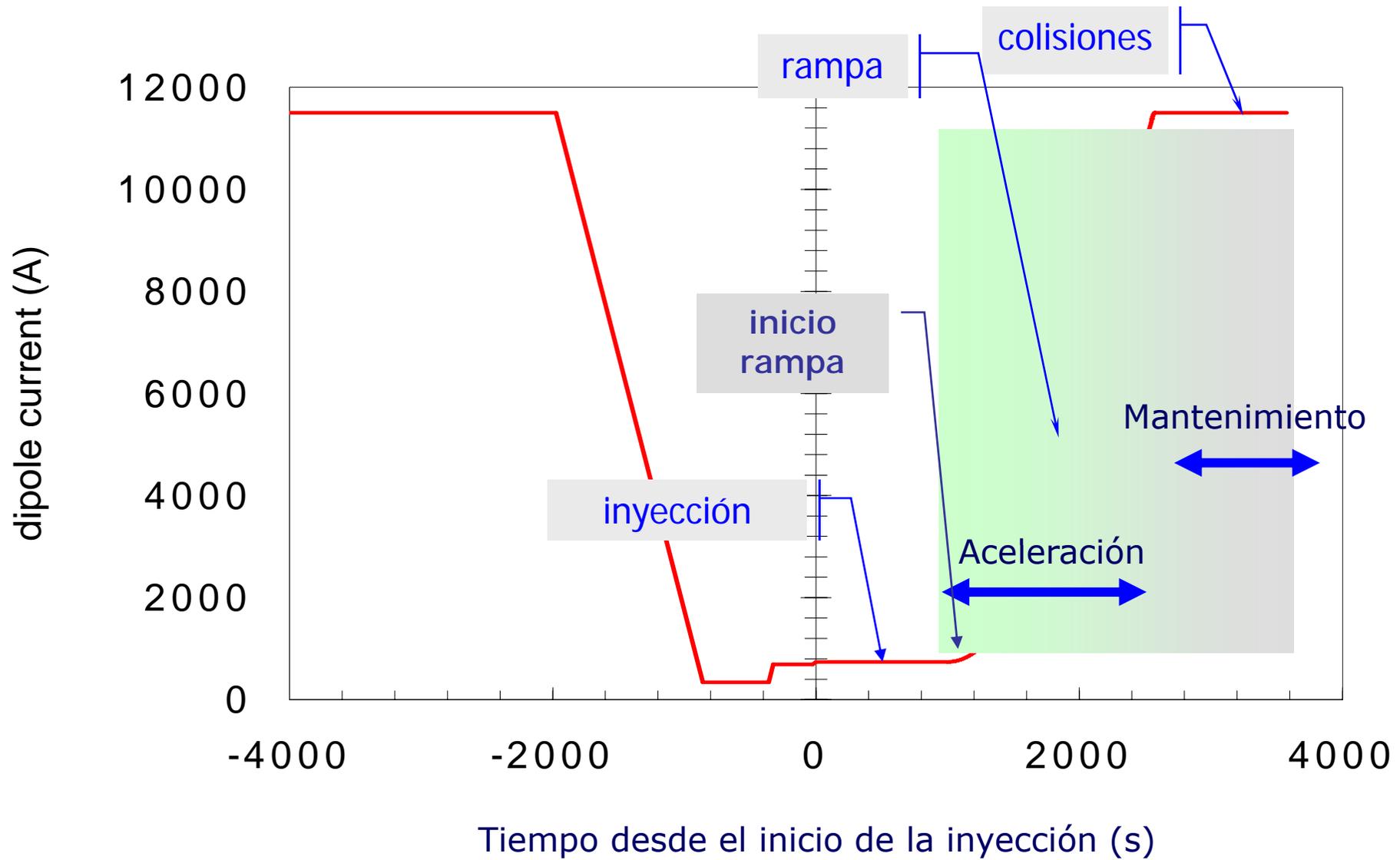
- Resonancias – Tono (Tune, Q) del acelerador no entero
- Alineamiento imperfecto de los imanes – Imanes correctores, BPM
- Los imanes no son perfectos – Imanes correctores

Fuentes exóticas de desviación de la órbita nominal:

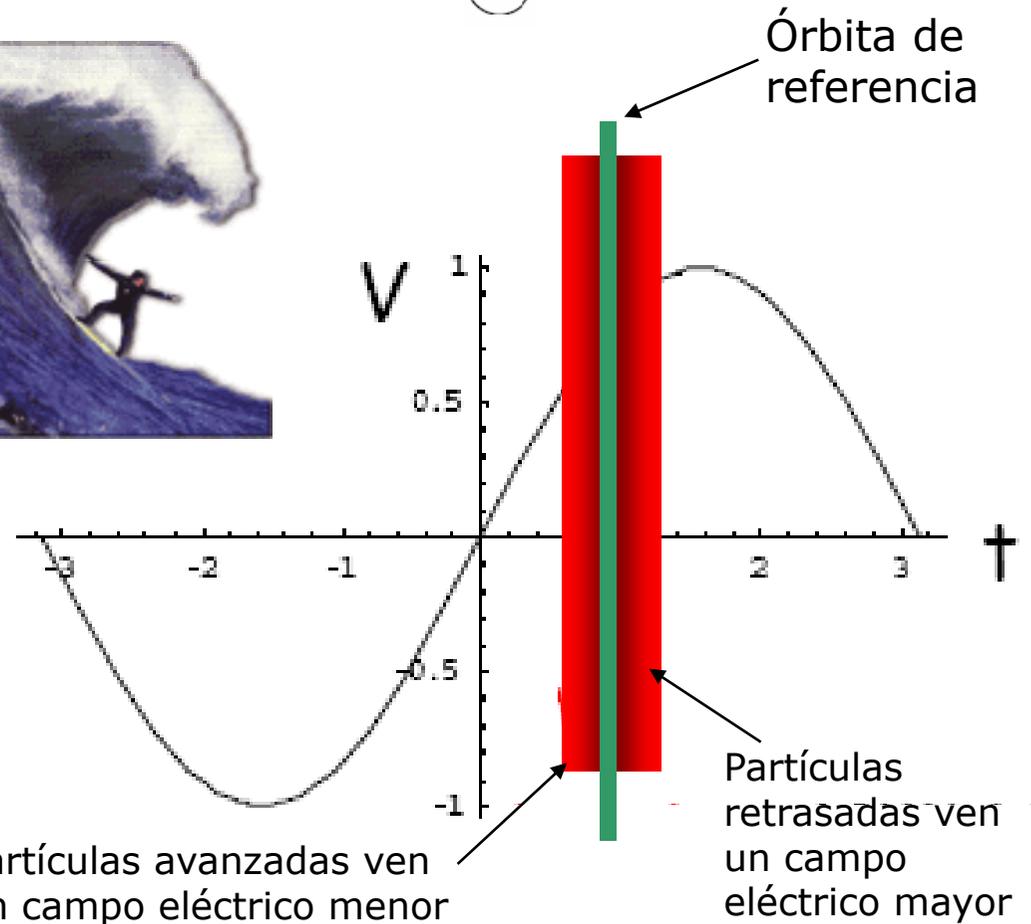
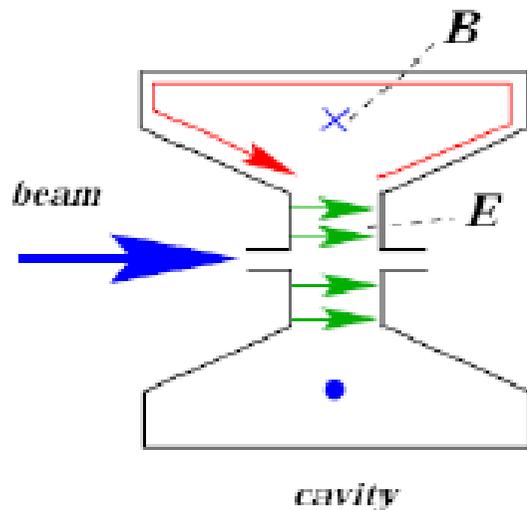
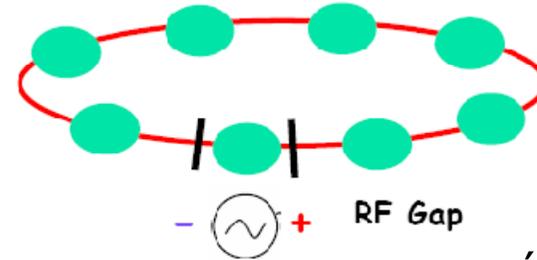
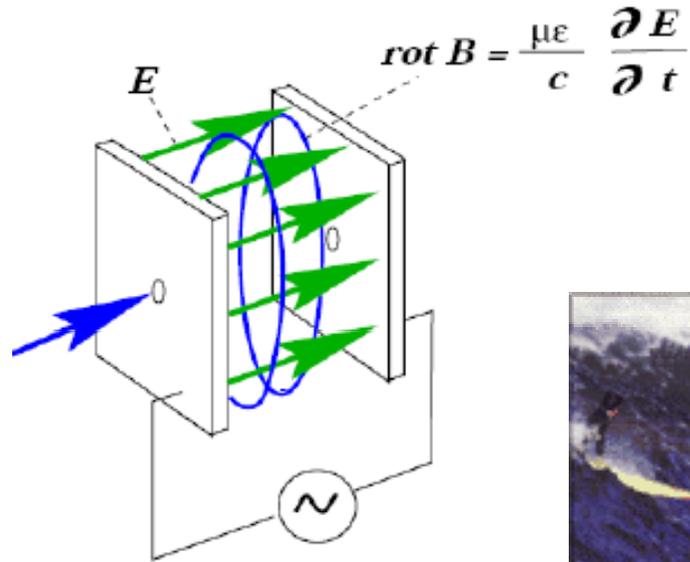
- Movimientos geológicos
- La luna
- Los trenes
- Las estaciones

Errores en la energía de las partículas

# 3. Aceleración



# 3. Aceleración – Cavidades RF



### 3. Aceleración – Cavidades RF del LHC



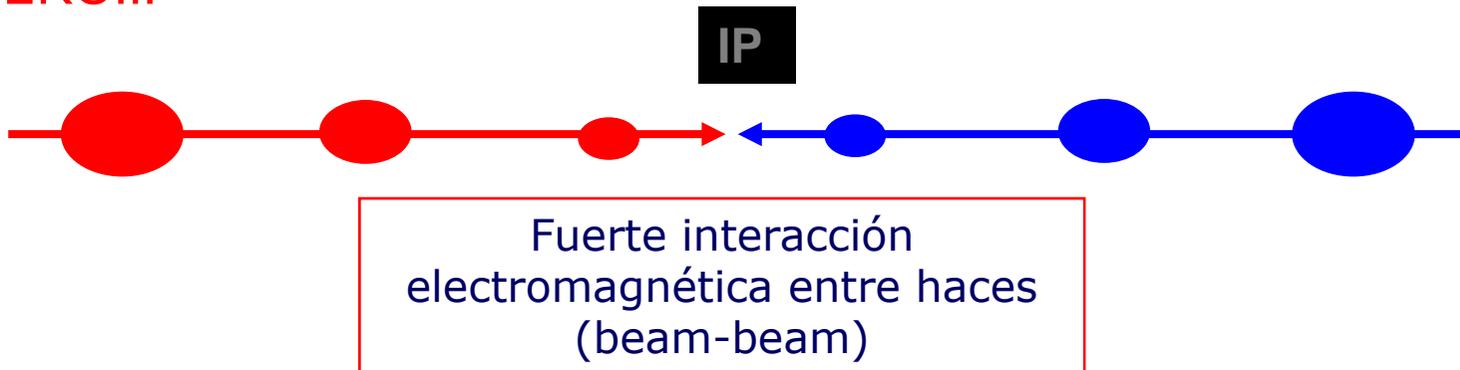
## 4. Colisiones - Luminosidad

Como hemos visto:

$$L = \frac{N^2 \cdot f \cdot n_b}{4\pi \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Optimizaríamos la luminosidad simplemente incrementando N (Partículas en el haz)

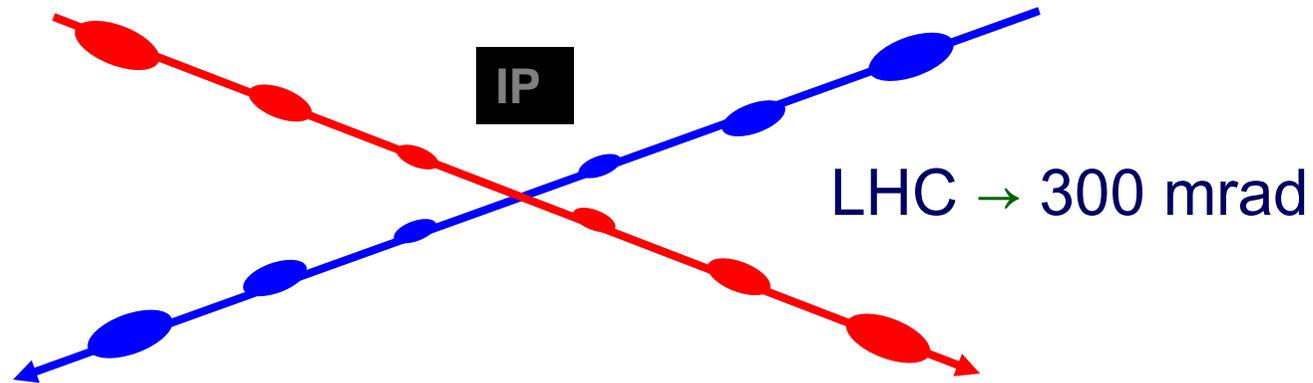
PERO...



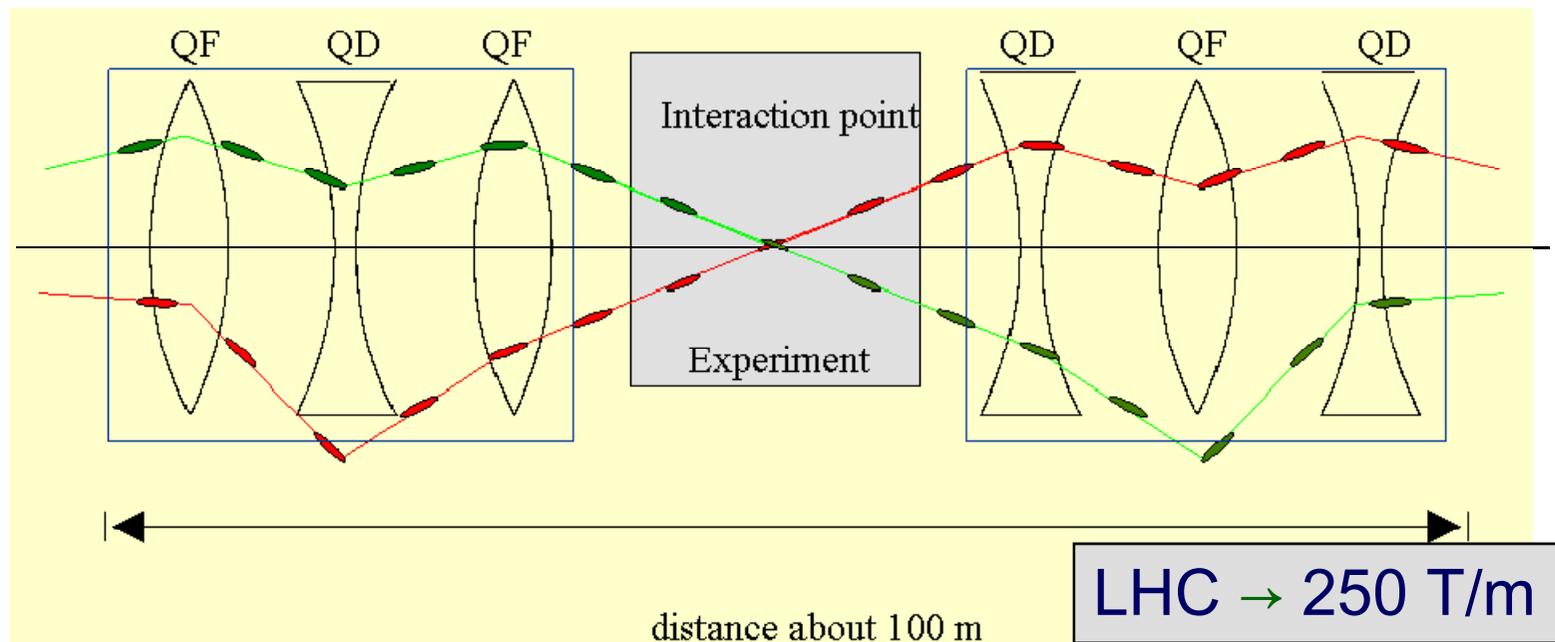
Objetivo: Maximizar la luminosidad minimizando los efectos beam-beam

# 4. Colisiones - Luminosidad

1. Para minimizar interacciones beam-beam

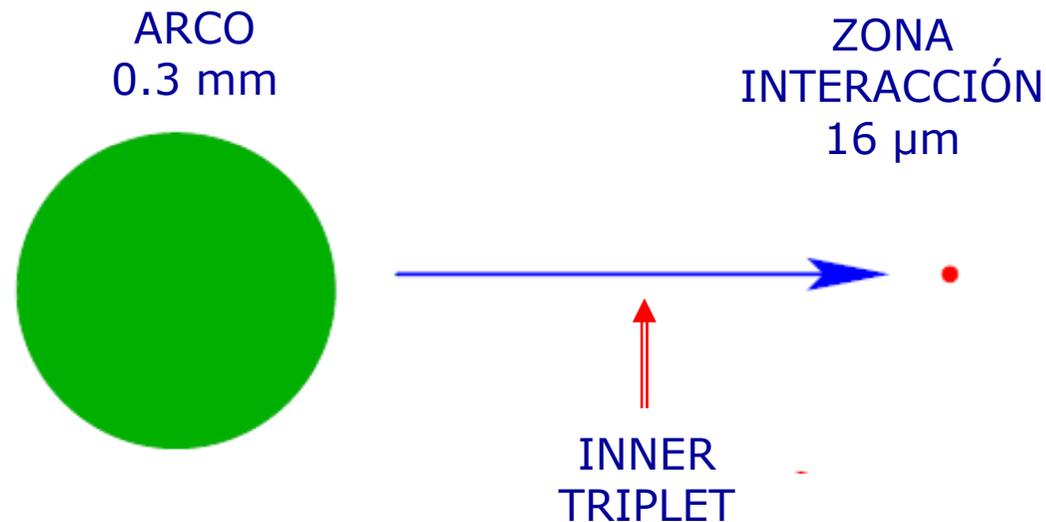


2. Para maximizar número de eventos (L): Alta focalización (low- $\beta$  region)

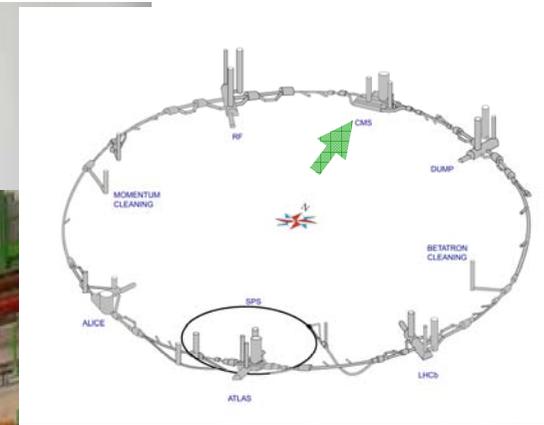
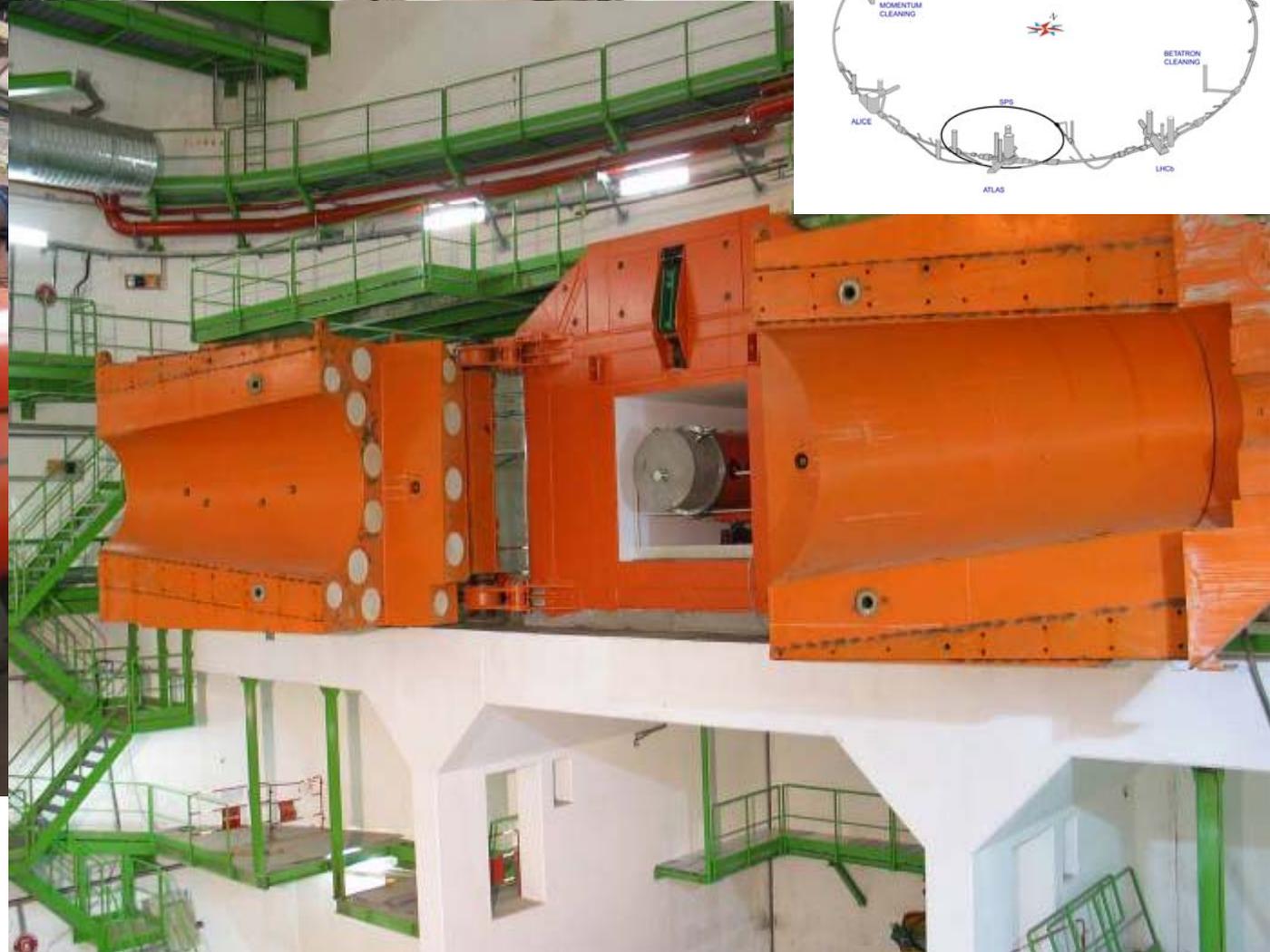


## 4. Colisiones en el LHC

LEP (e+e-) :  $3-4 \cdot 10^{31} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}$   
Tevatron (p-pbar) :  $\sim 10^{32} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}$   
LHC:  $10^{34} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}$



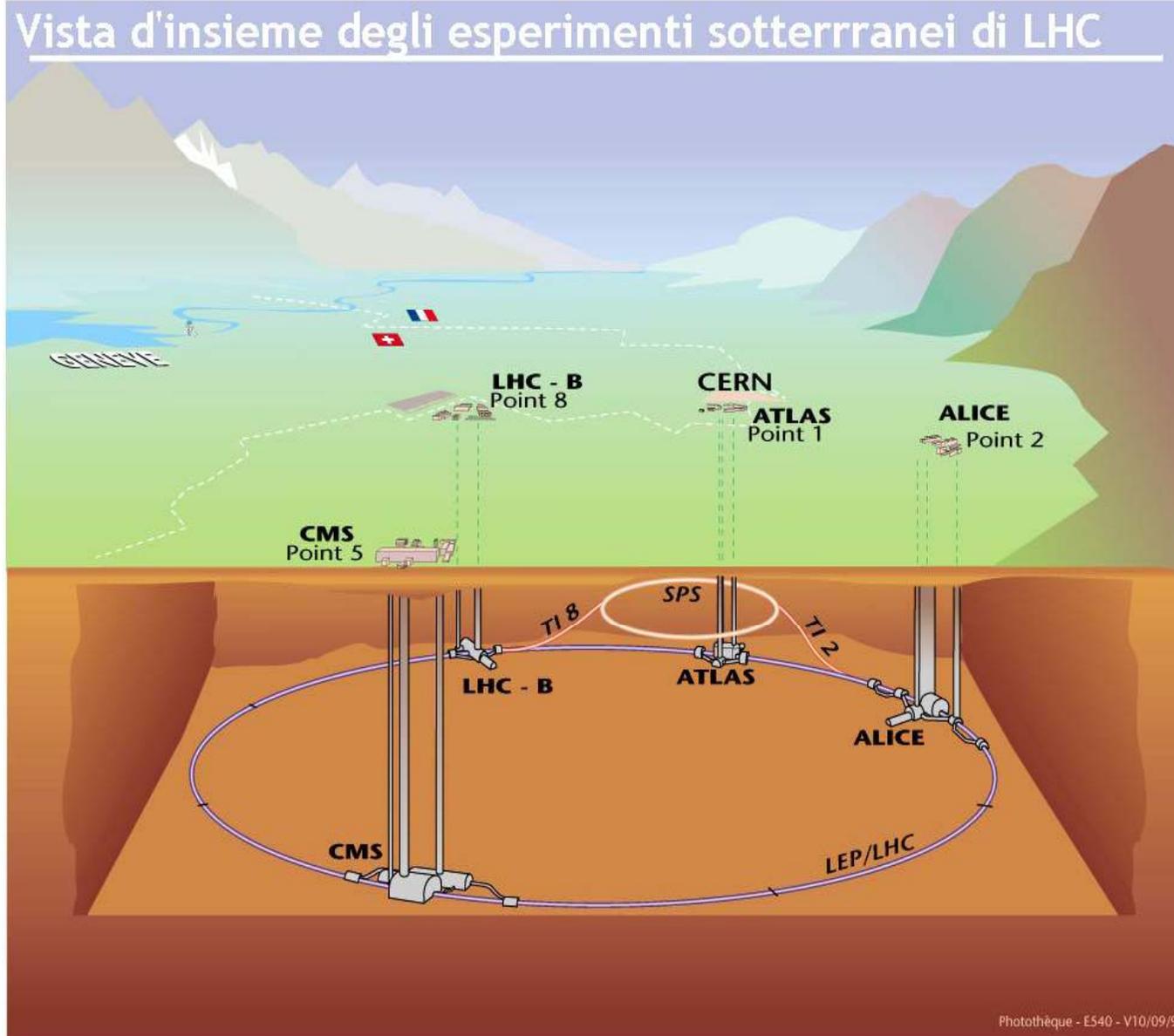
# Colisiones en el LHC – El Inner Triplet

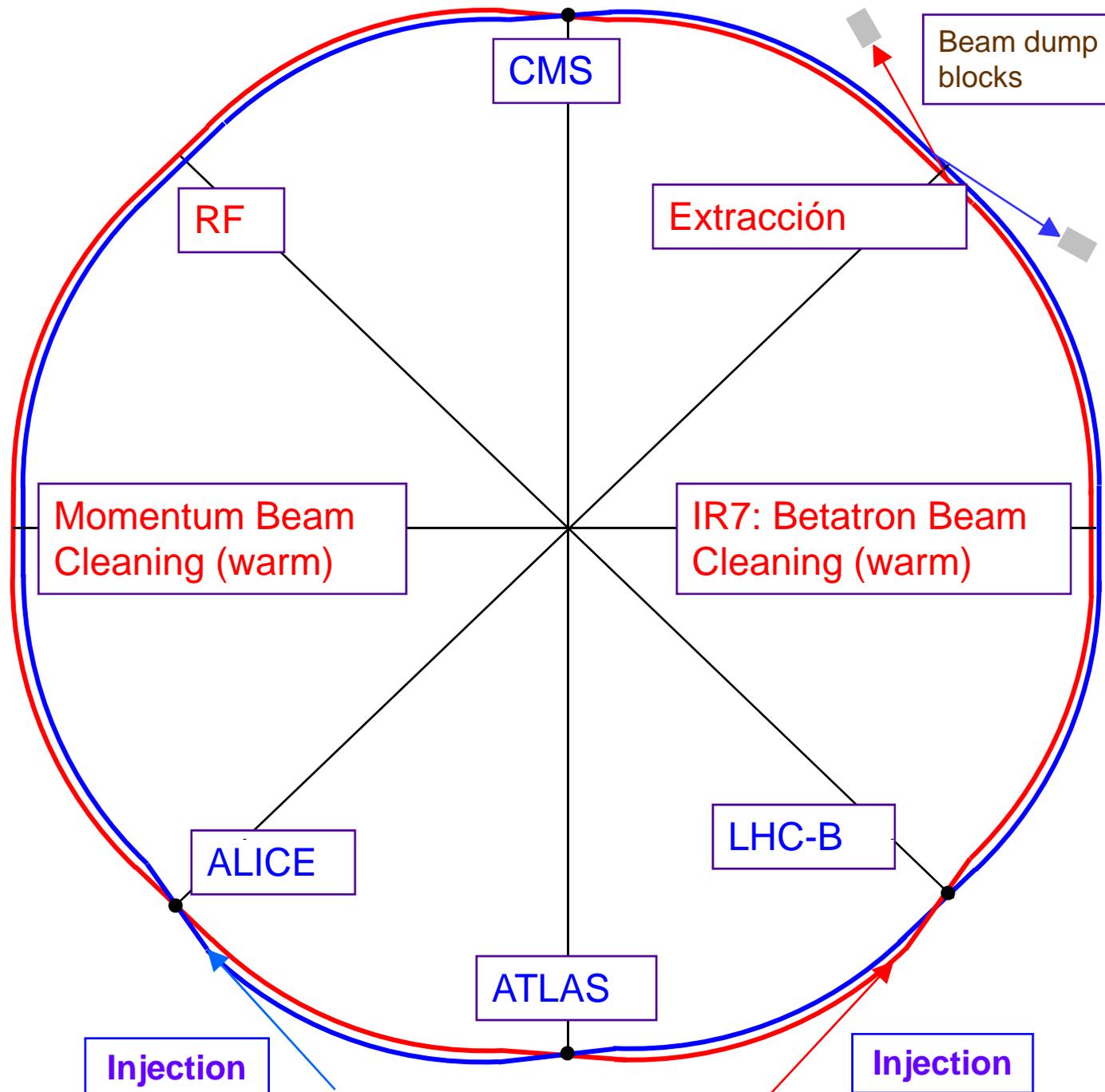




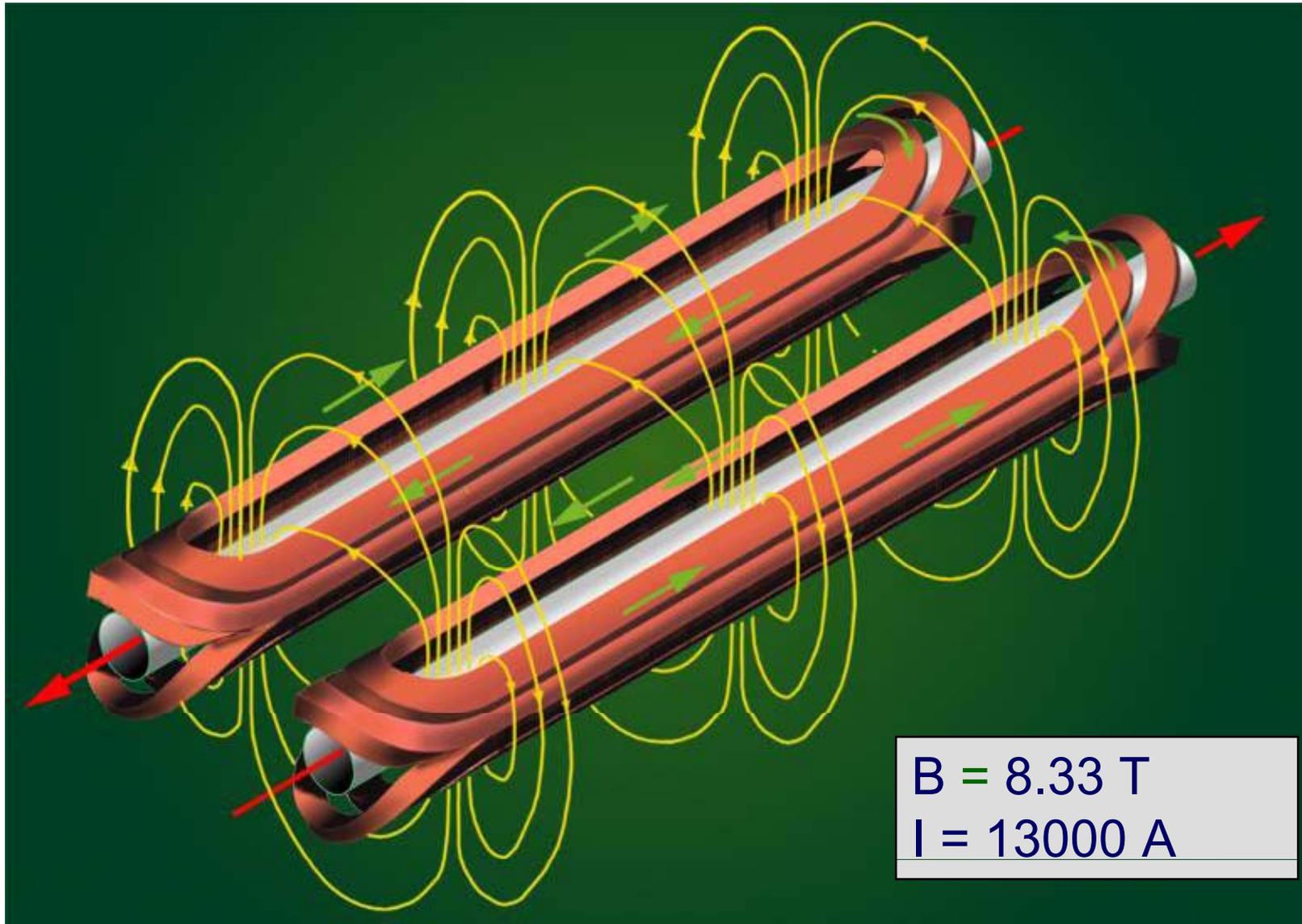
# EL Large Hadron Collider



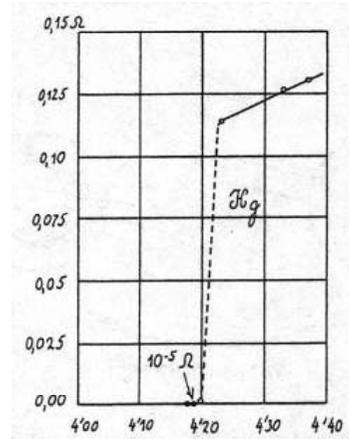




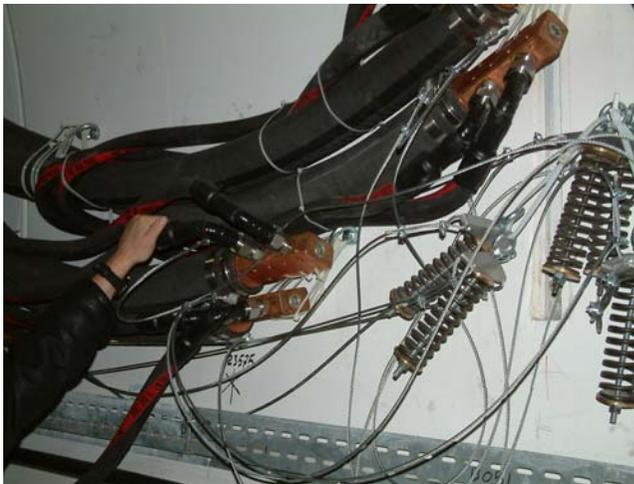
# LHC - Dipolos



- **1908** -- Kamerlingh Onnes licua el Helio



- **2007** – 6.5 kA en los dipolos del LHC a 1.9K



Cable  $\varnothing$ 1 mm



Imanes a 1.9 K  $\Rightarrow$   $\downarrow$  Entalpía -  $\downarrow$  Margen de Temperatura (1.4K)



0.6 J/cm<sup>3</sup> ( $10^7$  de  $10^{14}$  p<sup>+</sup> por haz)  
es suficiente para perder la superconductividad:

**QUENCH**

## ◆ Riesgo:

- ◆ **Proceso Irreversible.**
- ◆ **Corriente Nominal: ~ 12 kA.**
- ◆ **Baja Velocidad de Propagación: ~10 m/s.**



Gran cantidad  
de energía  
disipada en  
una pequeña  
zona

## ◆ Solución:

- ◆ **Sistema de Protección Activo**

# Energía Magnética

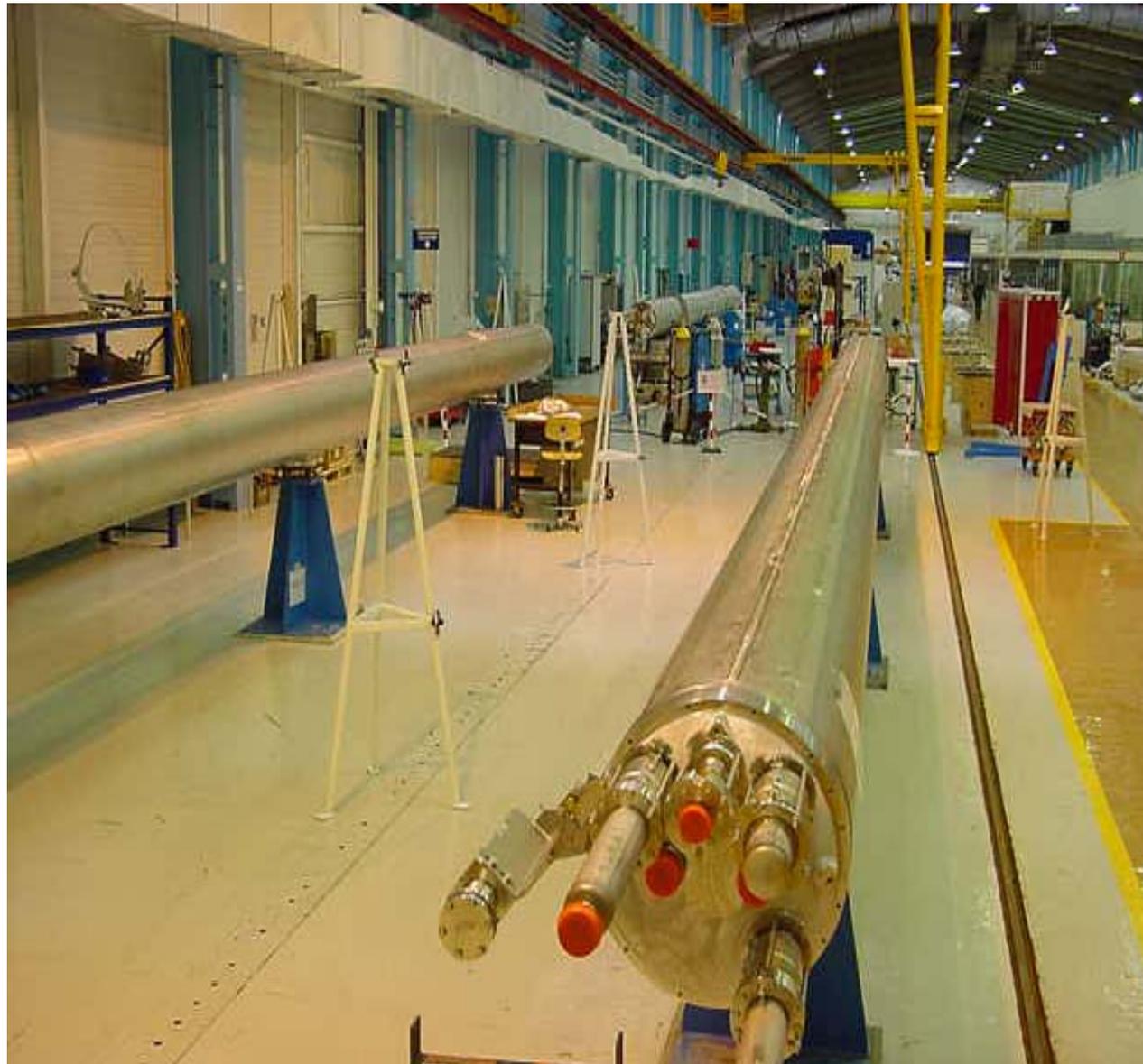


La energía total almacenada en los dipolos y cuadrupolos principales del LHC es análoga a la energía cinética del **USS Kitty Hawk** a velocidad de batalla **55 km/h**

Cuando las cosas no funcionan...



# LHC – Dipolos – Fabricación





# Dipolos LHC – Ensamblado y Tests en el CERN

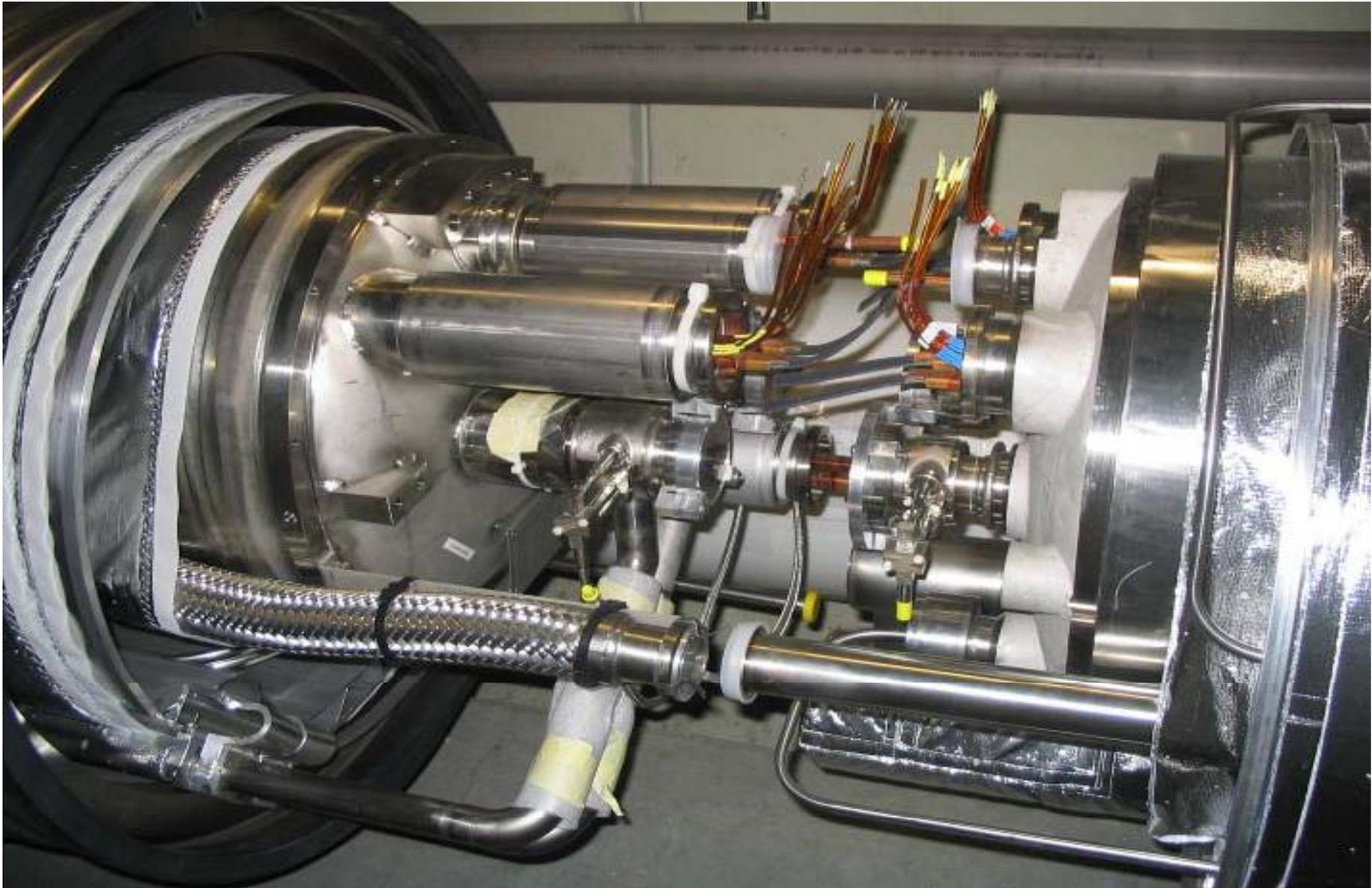


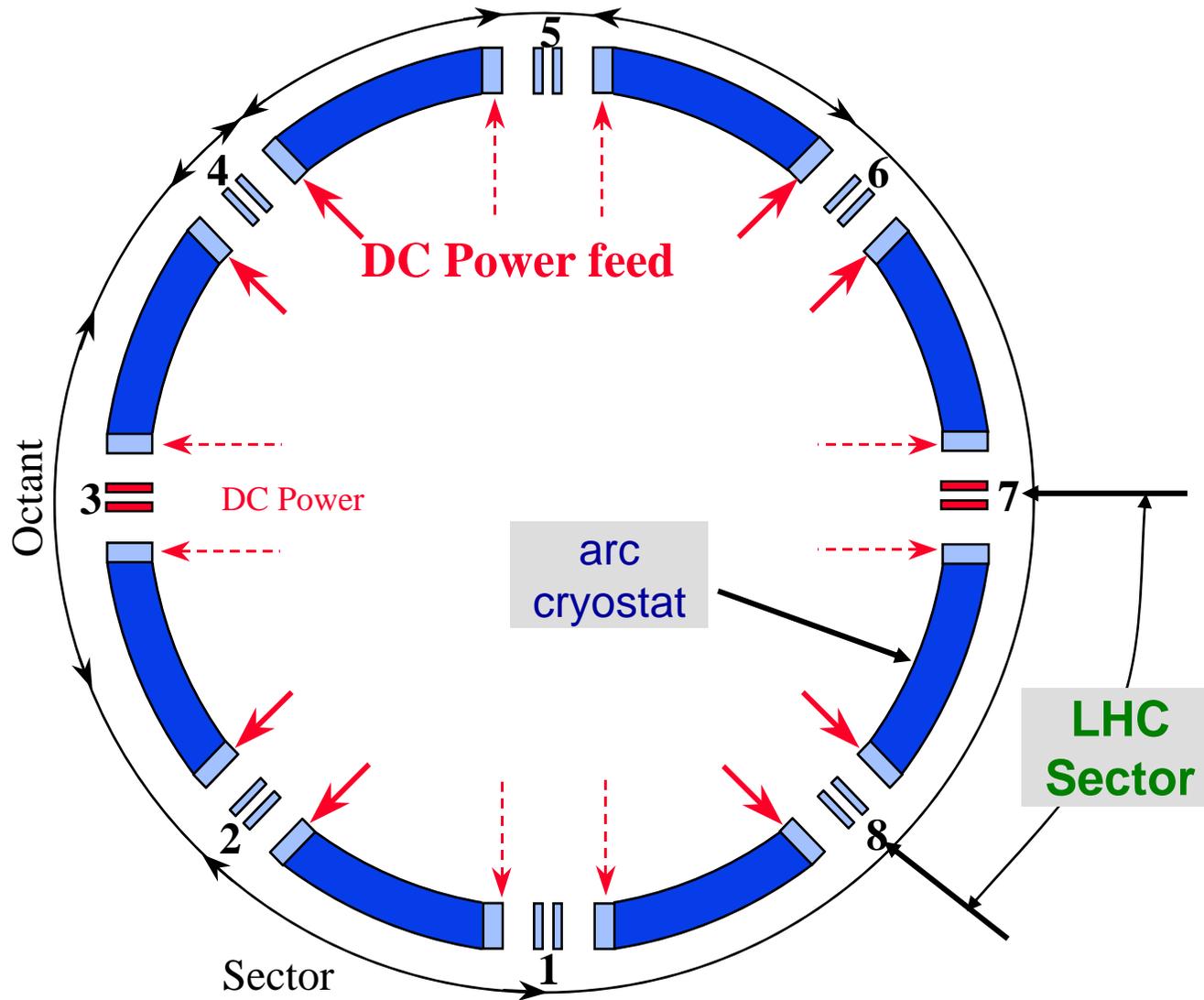
**ANTES DE  
INSTALAR...  
TRAINING!!**

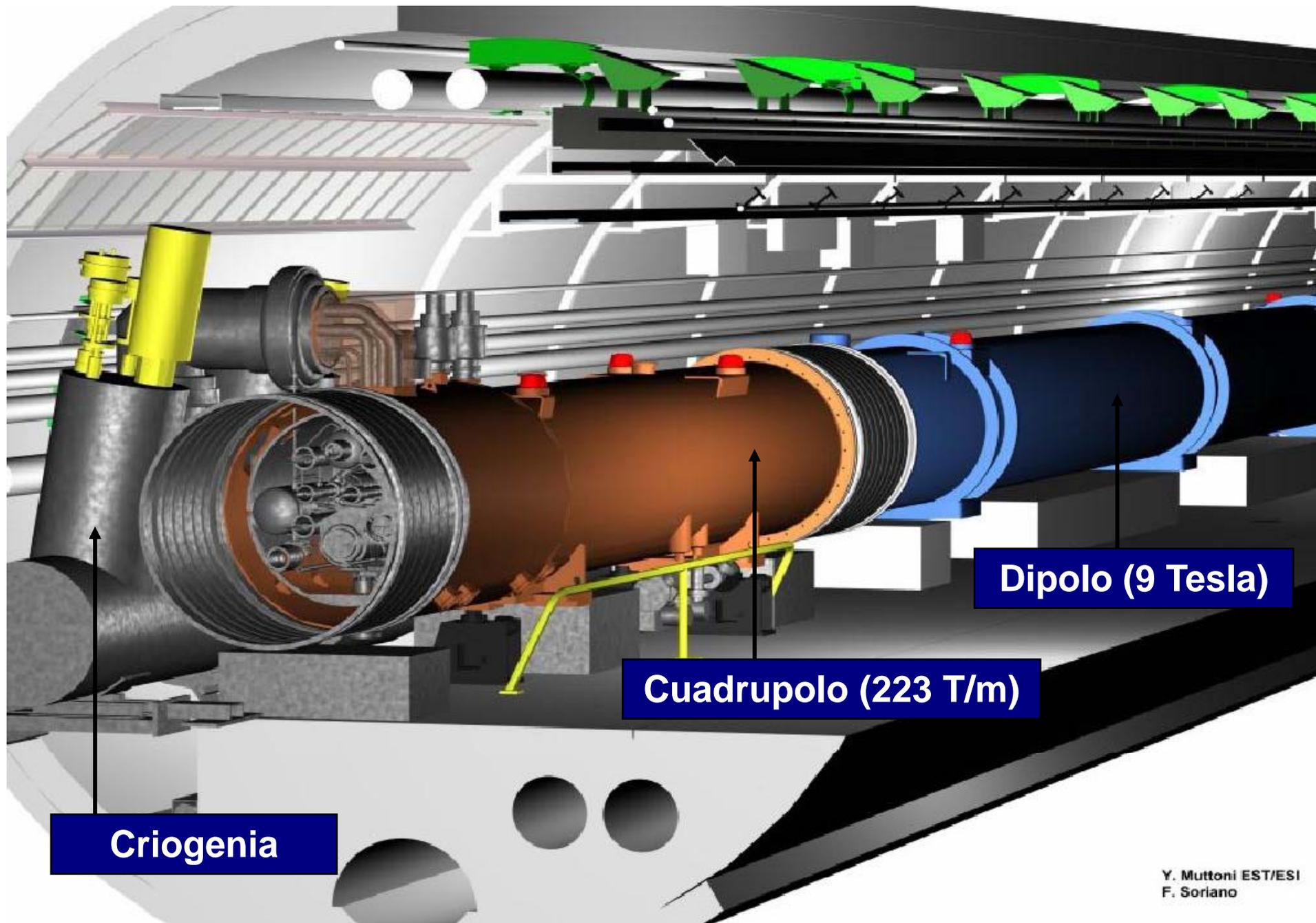


# Instalación









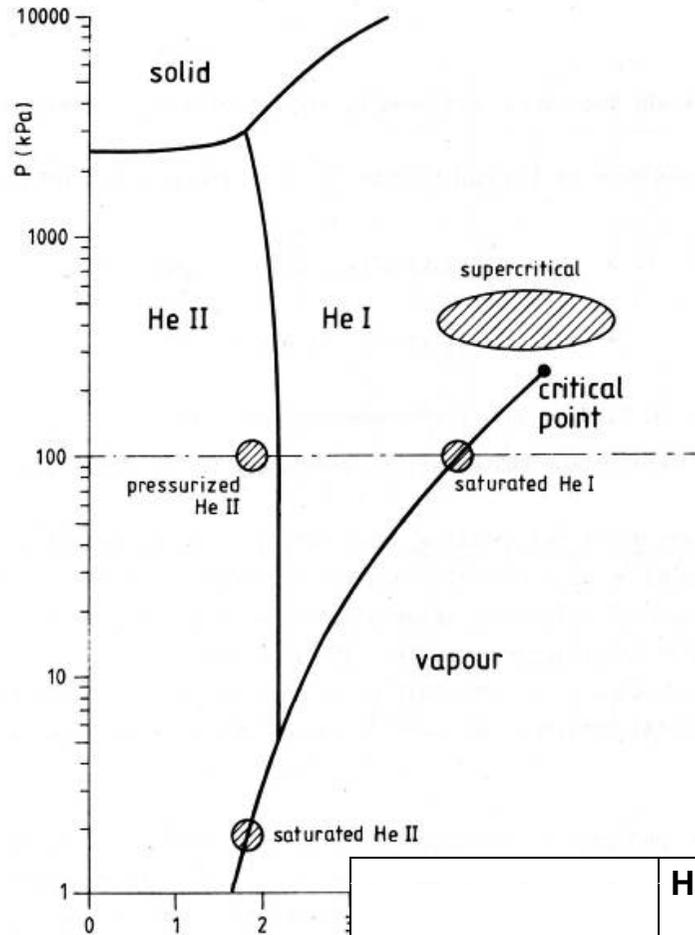
**Criogenia**

**Cuadrupolo (223 T/m)**

**Dipolo (9 Tesla)**

Y. Muttoni EST/ESI  
F. Soriano

# La Superfluidez



$T > T_\lambda$ : He I

$T < T_\lambda$ : He II  
(superfluid Helium)

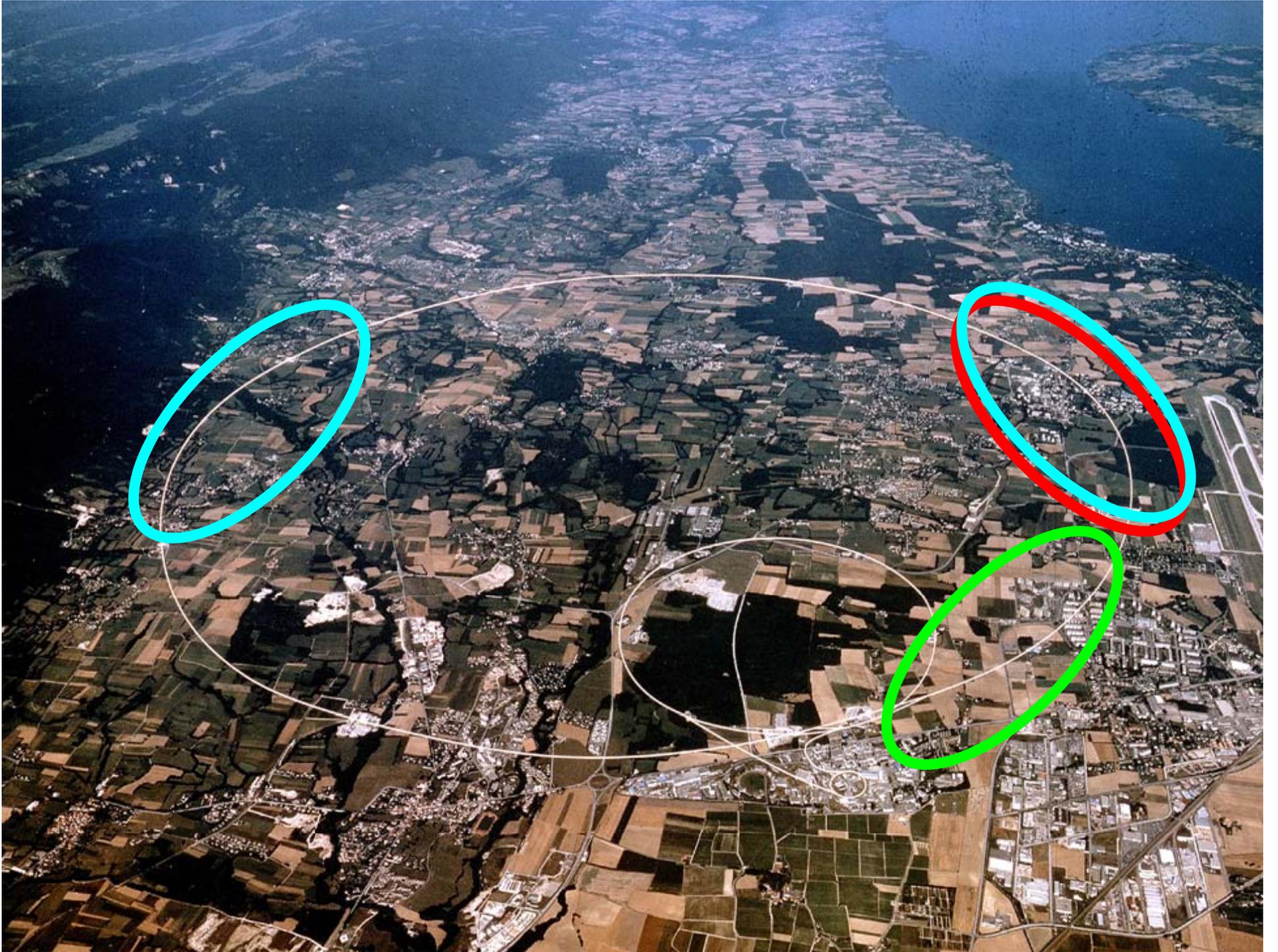
$T_\lambda = 2.17$  K

LHC:

$T = 1.9$  K

$P \approx 1.2$  bar

	He II, 1.9K	He I, 4.2K	Water, 300K	SC @ 8T, 1.9K	SC @ 8T, 4.2K
<b>thermal cond.</b>	~100,000	0.02	1	~400	~400
<b>viscosity</b>	0.01 – 0.1	3	1000		
<b>Cp</b>	4	5		0.0001	0.0004

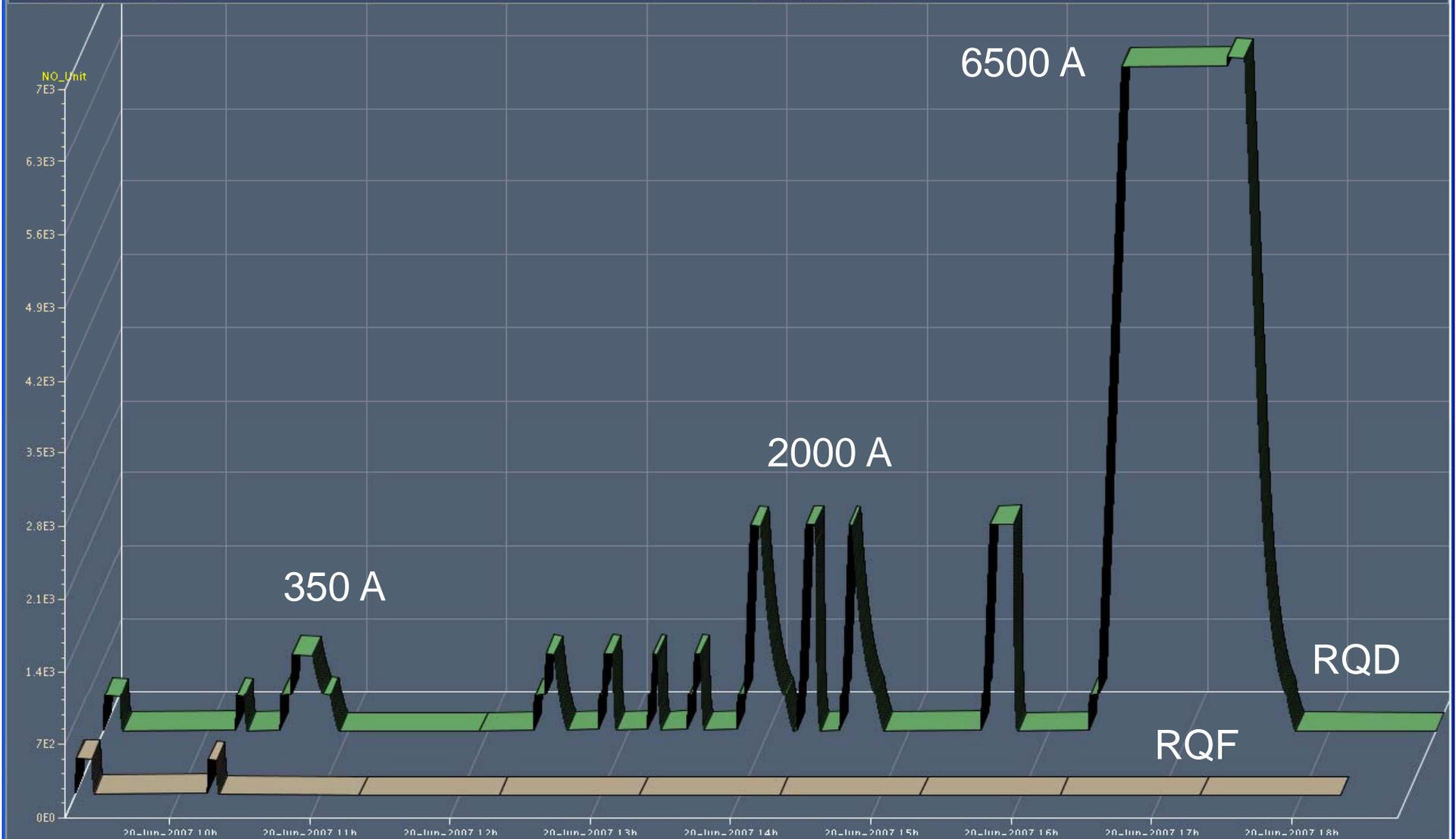


Active Data Set:

RPHE.UA83.RQD.A78:I\_MEAS

RPHE.UA83.RQD.A78:I\_MEAS

RPHE.UA83.RQF.A78:I\_MEAS



Highlight not available for the Active Data Set at this zoom level.

Display: 20

Legend: Visible

Size: Large

PNG JPEG

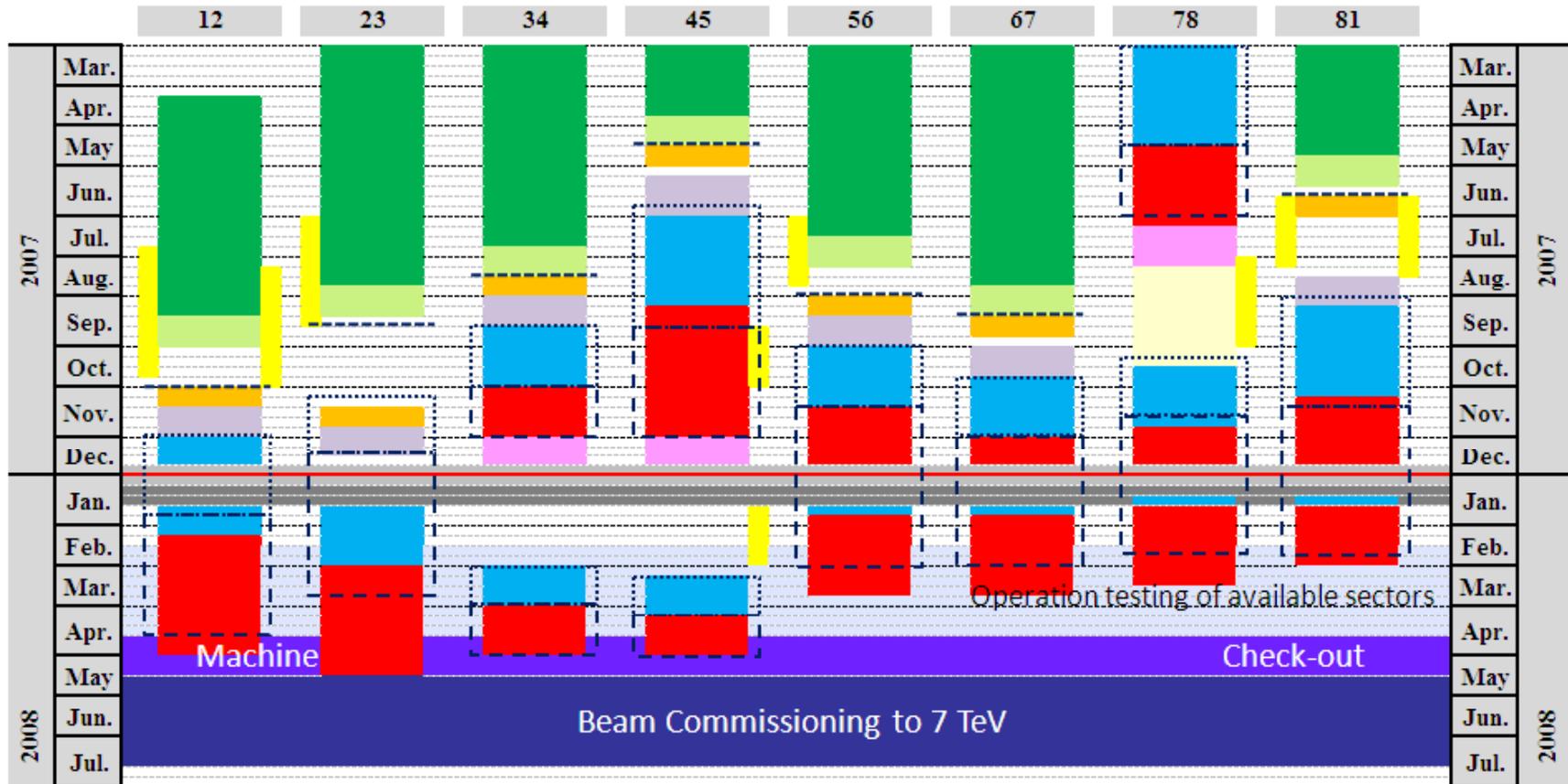
Select an area to zoom in

Local intranet

100%



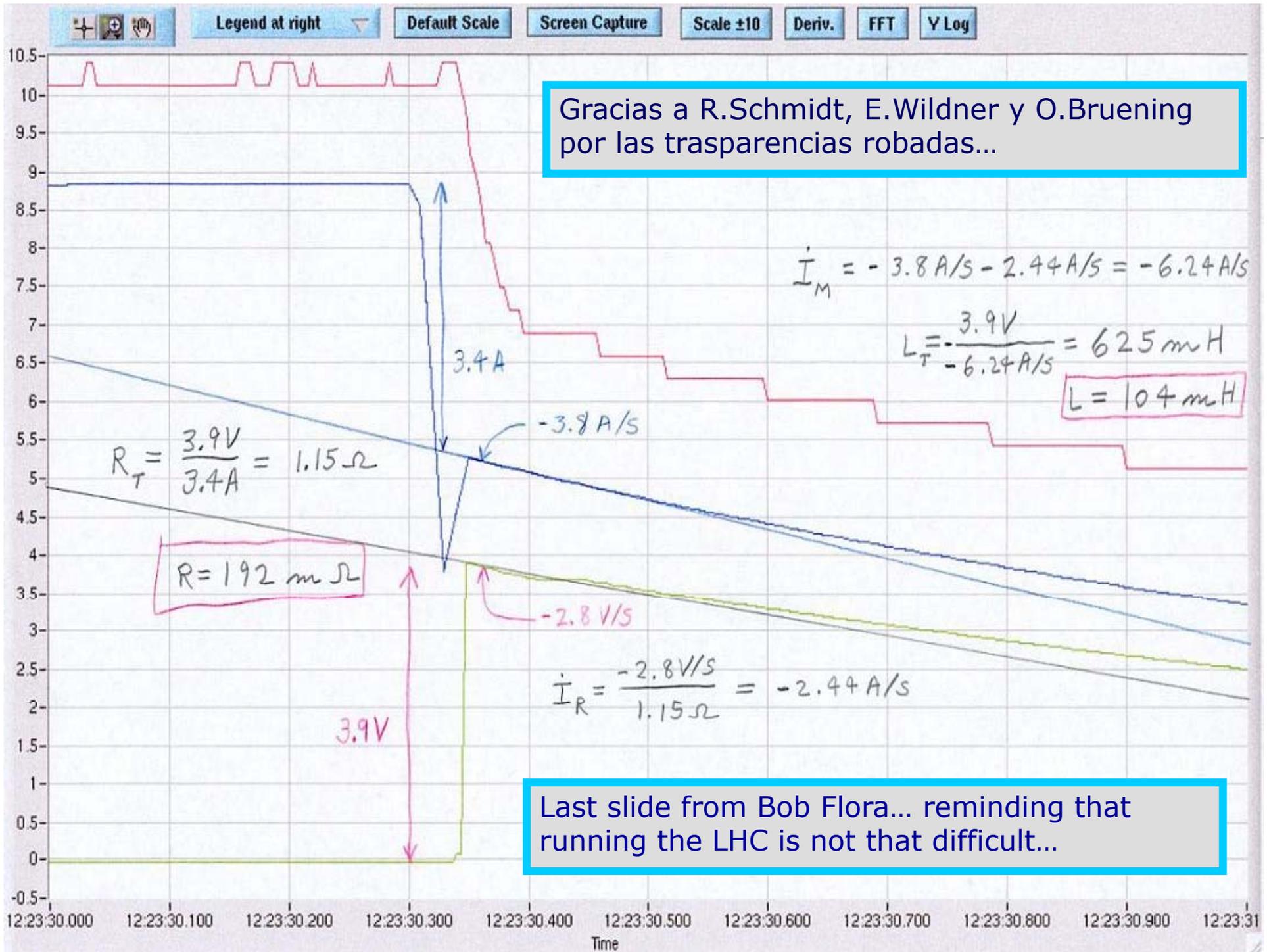
# Y el Higgs... ¿para cuándo?



**General schedule Baseline rev.**

- ..... Global pressure test & Consolidation
- Cool-down
- Powering Tests

- Interconnection of the continuous cryostat
- Leak tests of the last sub-sectors
- Inner Triplets repairs & interconnections
- Global pressure test & Consolidation
- Flushing
- Cool-down
- Warm up
- Powering Tests



Gracias a R.Schmidt, E.Wildner y O.Bruening por las transparencias robadas...

Last slide from Bob Flora... reminding that running the LHC is not that difficult...



# The LHC Hardware Commissioning

... when you have the right people...

<http://hcc.web.cern.ch/hcc/>



# Haciéndome CERNERO:

Summer Student

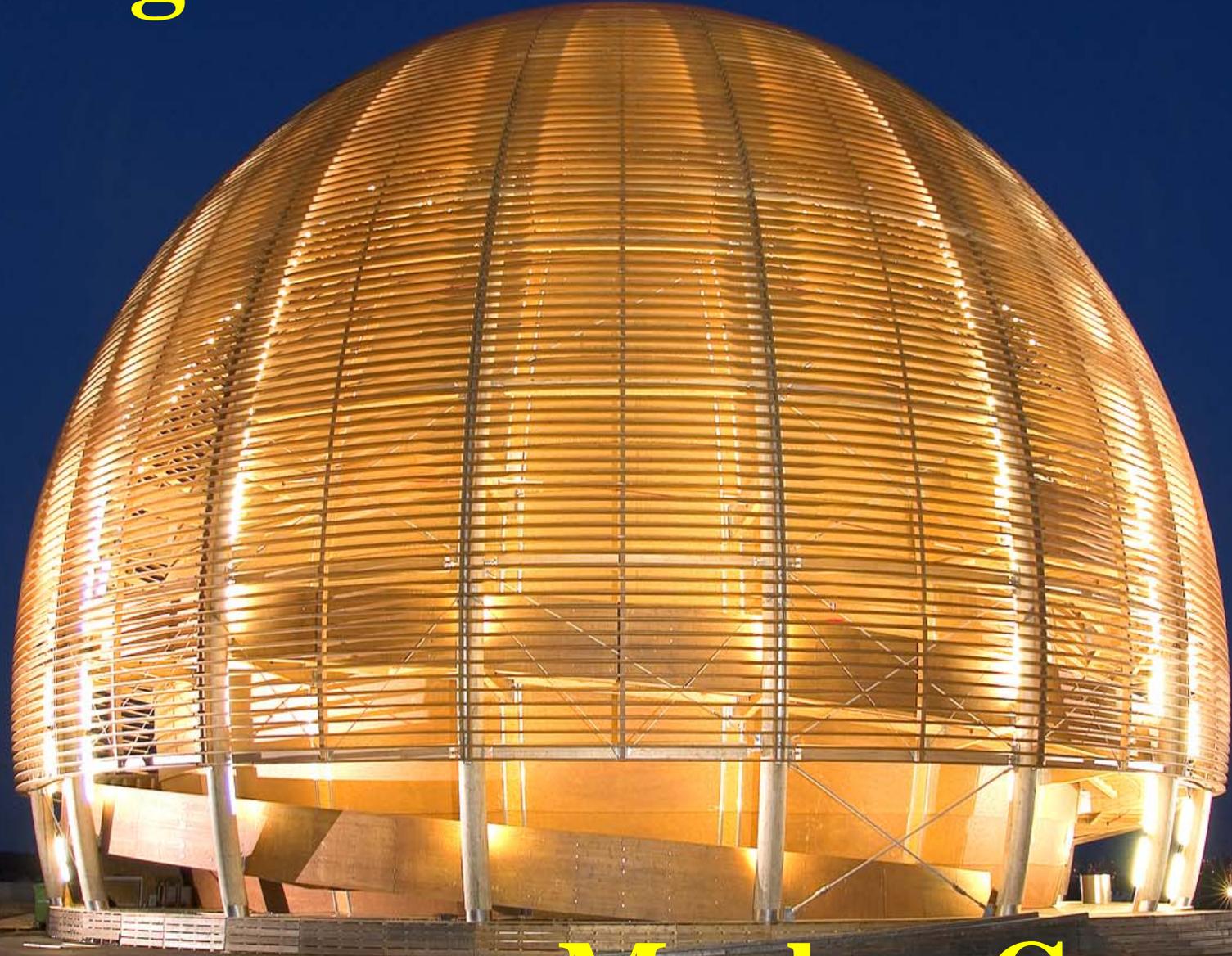
Technical Student

Doctoral Student

Fellow



[avergara@cern.ch](mailto:avergara@cern.ch)



... Muchas Gracias