

Desarrollo de prototipo completo y preindustrialización de la sección recta corta del acelerador FCC-ee del CERN

CPM_FUTURO_COLISIONADOR

Antonio Fernández Prieto

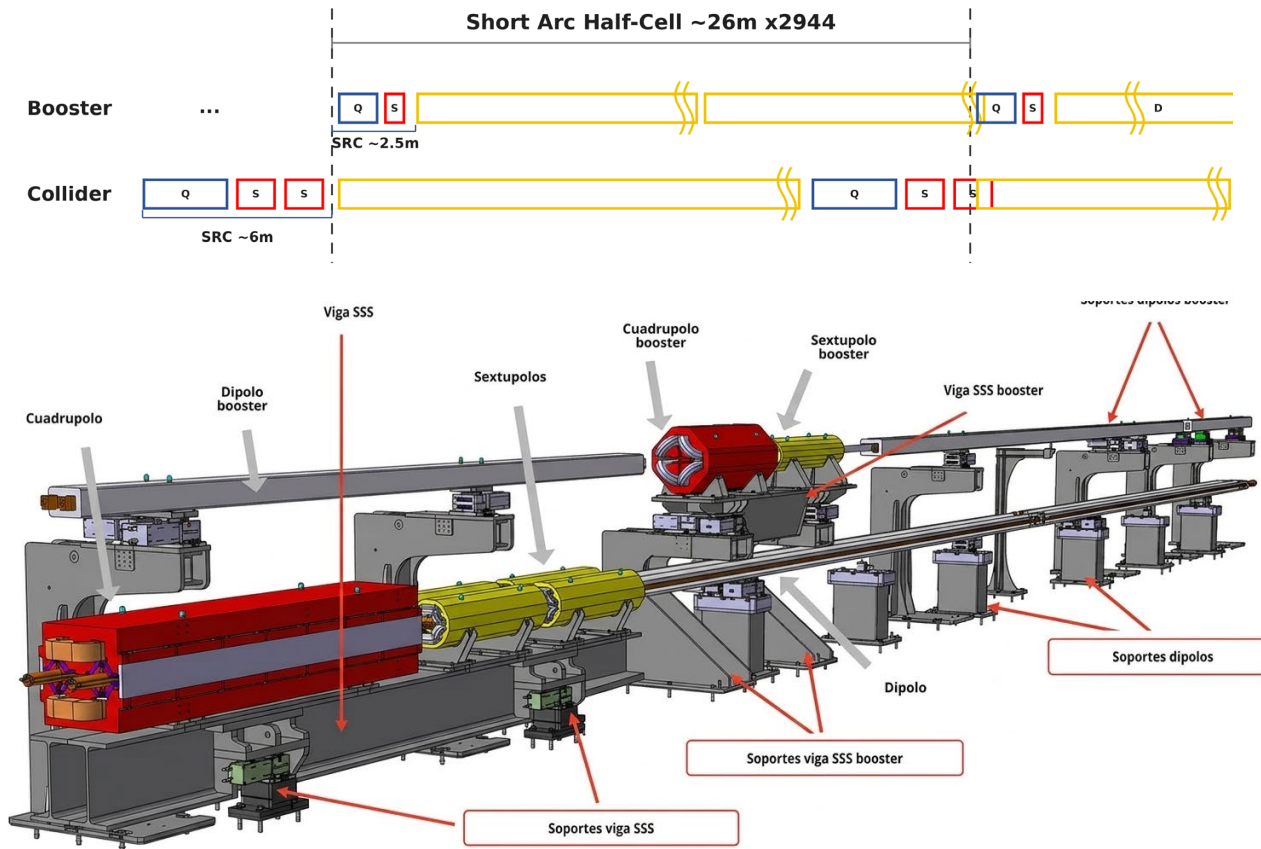
23/06/2026



FCC-ee (*)

- Colisionador de 91 km de circunferencia.
- 77 km del acelerador compuestos por celdas de arco
 - Múltiples configuraciones de celdas de arco
 - 1 **Quadrupolo**
 - 0, 1, 2 **sextupolos**
 - **Dipolos** de hasta 24m

*estudio de viabilidad del CERN



Validador tecnológico integrado en el CERN

Objetivos

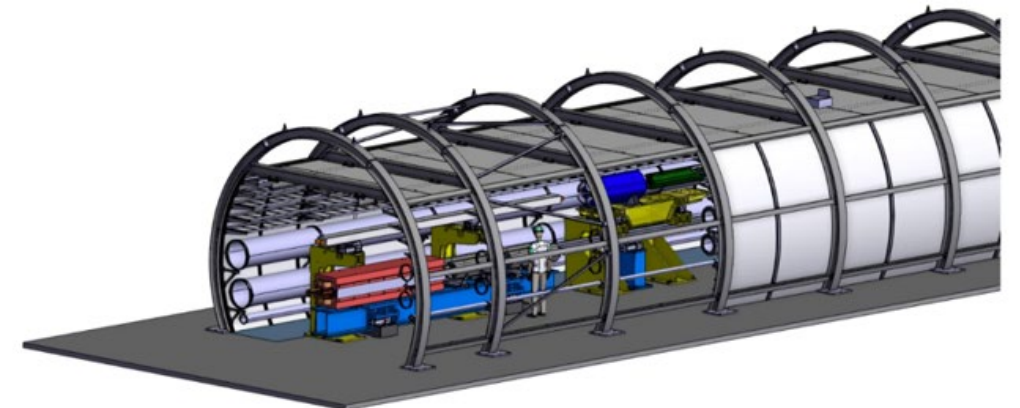
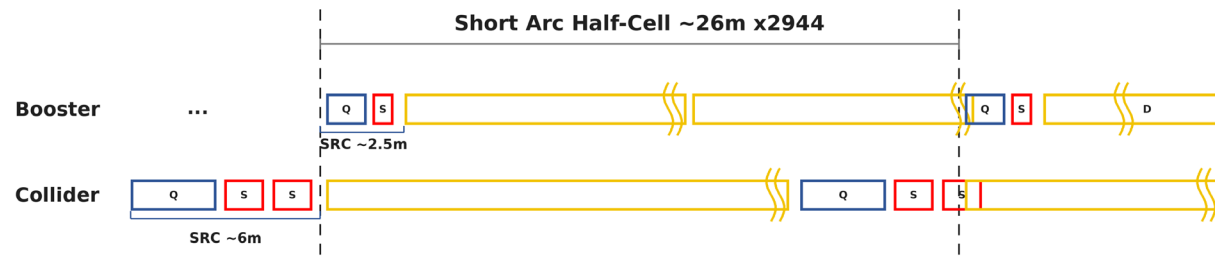
- Testar integración, transporte, estabilidad, alineamiento, mantenimiento, seguridad y acceso
- Anticipar capacidades de fabricación, capacitación de empresas y costes de componentes críticos
- Banco de pruebas para integración de equipos según se van diseñando
- Referencia visual del FCC-ee

¿Que contiene el mockup del CERN?

- Celda de arco de ~45 m
- Sección Recta Corta del colisionador (esta presentación).
 - Encargada de enfocar/desenfocar el haz, estabilizar la trayectoria del haz
- Dipolo.
 - Encargado de curvar el haz



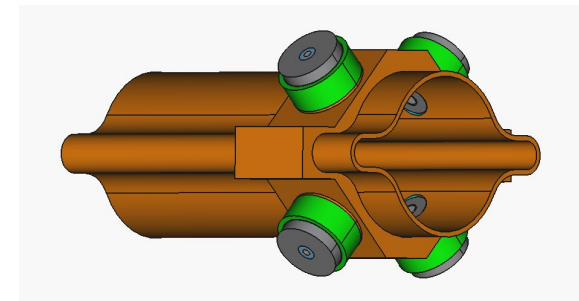
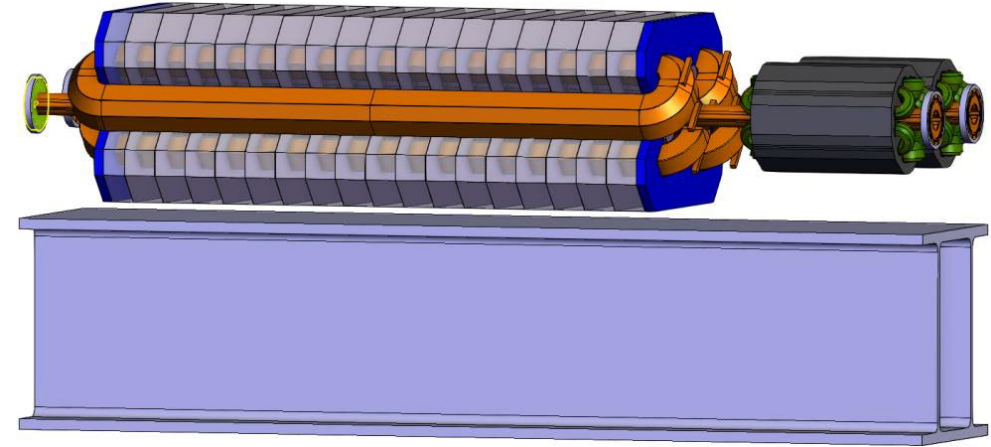
Validador tecnológico en el CERN



Componente tecnológico 1: FCC-VMS (Sistema magnético y de vacío)

- Cámaras de ultra alto vacío (UHV)

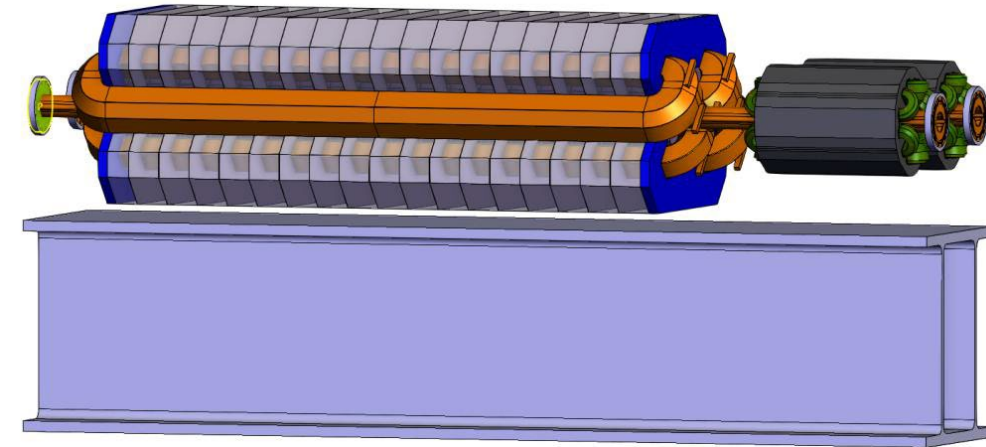
- Dos cámaras paralelas de ~4 m de largo
- Presión promedio de 10^{-9} mbar
- Cobre extruido OFS
- Diseño optimizado para minimizar impedancia y perturbaciones del haz
- Sistema de posicionamiento del haz (BPM)
- Diseño de módulos de interconexión desmontables con otras cámaras de vacío
 - Debe absorber movimientos axiales de hasta 80 mm y laterales de hasta 3 mm
- Recubrimiento interno de la cámara tipo NEG (Non Evaporative Getter) de 200 nm
- Control térmico de la cámara
 - Integración de un sistema de calentamiento uniforme a 230°C
 - Sistema de refrigeración líquida



Ejemplo de BPM integrado con cámara de vacío

Componente tecnológico 1: FCC-VMS (Sistema magnético y de vacío)

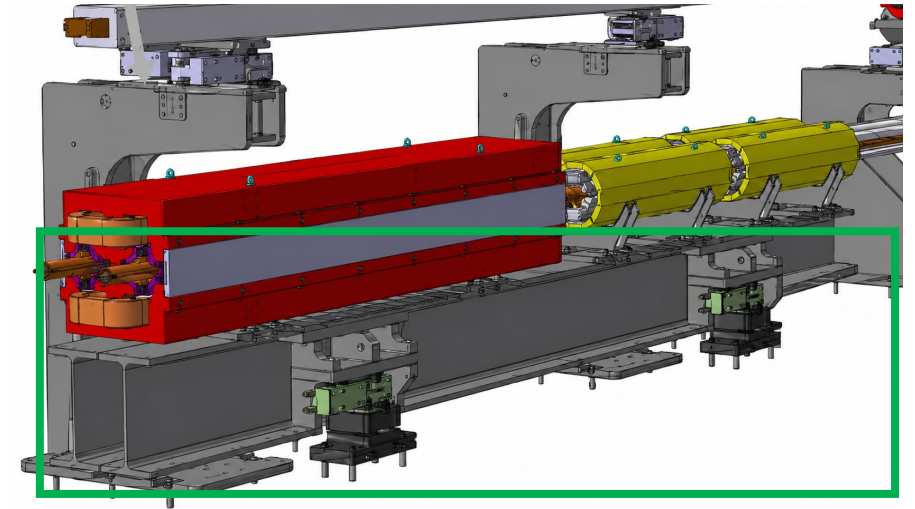
- Sistema magnético
 - Debe recubrir las cámaras de vacío.
Separación entre cámaras de 350 mm
 - Diseñados para soportar radiaciones de 10 MGy
 - 1 Cuadrupolo
 - Focalización en el plano horizontal
 - 2 Sextupolos montados sobre un soporte común



	Cuadrupolo	Sextupolos
Longitud	1,86 m	0,52 m
Apertura	Doble	Simple
Refrigeración	Agua desmineralizada	Agua desmineralizada
Corriente máxima	~500 A	~200 A
Gradiente	2-13,5 T/m	24-405 T/m ²

Componente tecnológico 2: FCC-SAS (Sistema de soporte y alineamiento)

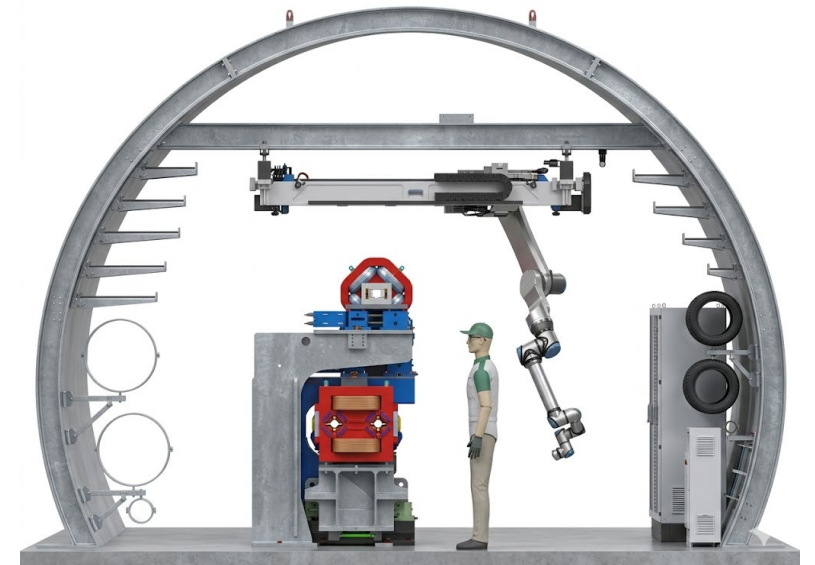
- Sistema de soporte para: cuadrupolo, los dos sextupolos y cámaras de vacío
- Partes:
 - Viga estructural de soporte de 4 m
 - Gatos para el ajuste global respecto al túnel
 - Sistema de ajuste micrométrico individual para cada uno de los componentes montados sobre la viga
- Consideraciones
 - Tolerancia de posicionamiento de todos los componentes $<150 \mu\text{m}$ respecto a la posición nominal
 - Tolerancia de coaxialidad de los componentes montados sobre el soporte debe ser $<50 \mu\text{m}$
 - Estable a variaciones de temperatura del entorno
 - Estabilidad del sistema ante vibraciones
 - No se prevé compensación activa para frecuencias superiores a 1 Hz.
 - Frecuencias >1 Hz: 20 nm (vertical), 200 nm (lateral)
 - Frecuencias naturales >40 Hz (vertical) >25 Hz (lateral)
 - Banda prohibida 50 Hz ± 5 Hz
 - Tener en cuenta que el sistema requiere ser transportado



Componente tecnológico 2: FCC-SAS (Sistema de soporte y alineamiento)

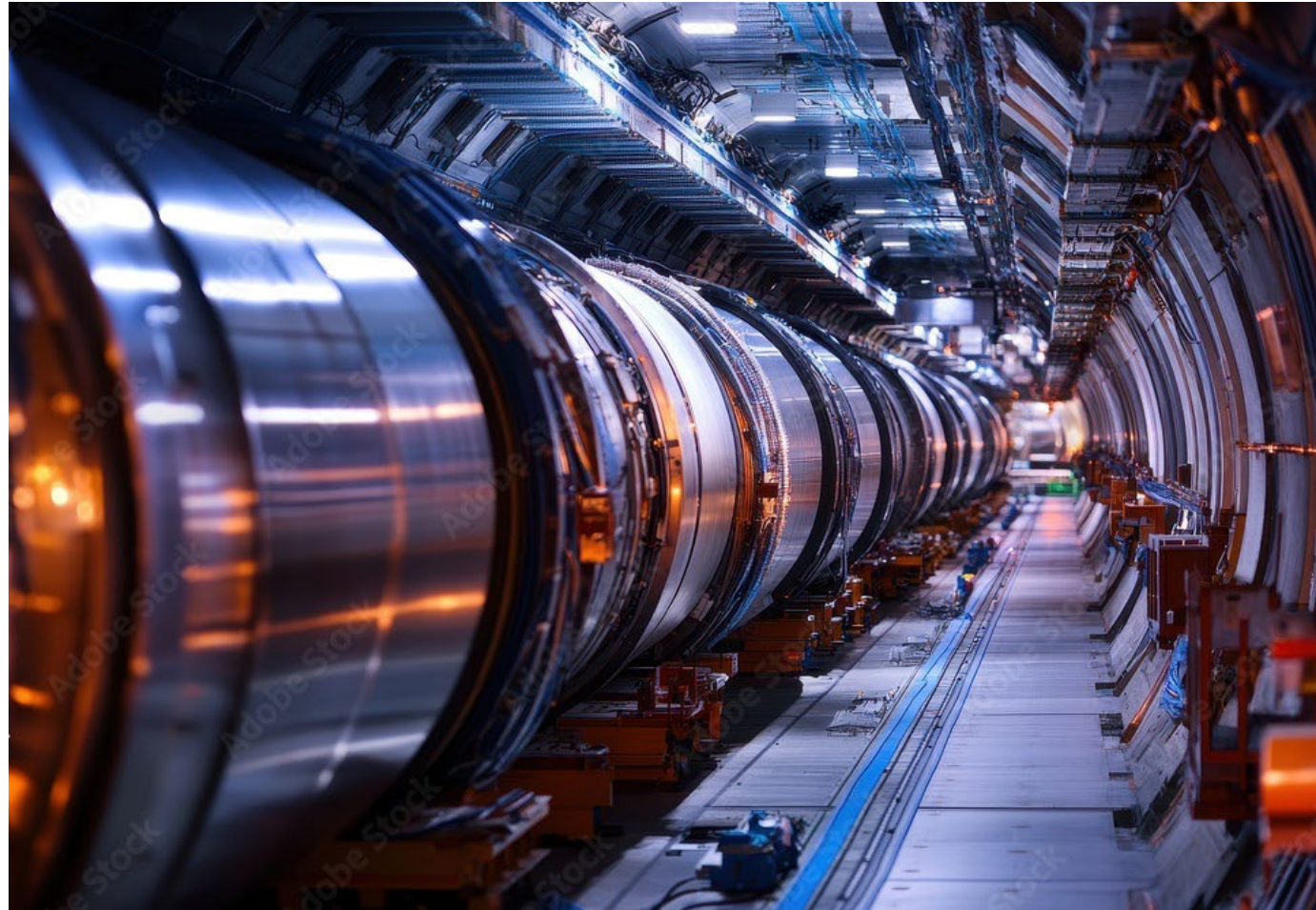
Alineamiento robotizado

- Una vez instalado el FCC-ee, el acceso para tareas de mantenimiento se hará fundamentalmente robotizado
- Modulo de alineamiento
 - Los sistemas instalados en el dispositivo deben ser pasivos
 - Toda la parte activa y electrónica deberá ser desacoplable y transportable en un robot
 - Interfaz con el robot siguiendo guías de diseño del CERN para garantizar la compatibilidad de los sistemas
 - Compatible con operación en zonas expuestas a radiación
 - Partes
 - Interfaz mecánico
 - Módulo de medida del alineamiento micrométrico
 - Módulo de alineamiento



Componente tecnológico 3: FCC-SIQ (Integración y cualificación in situ)

- Integración en las instalaciones habilitadas por la Xunta de Galicia/IGFAE
 - Ensamblado, alineado, instrumentado y puesta en funcionamiento
- Cualificación de todos los componentes del sistema:
 - Vacío: fugas, outgassing, calentamiento para activación de NEG, etc.
 - Imanes: caracterización magnética, refrigeración, etc.
 - Sistema de alineamiento: interfaz robotizado, medida y alineamiento
 - Metrología del sistema
- Tests con haz quedan excluidos de este componente tecnológico.
 - Se probará posteriormente en el CERN



¡Gracias por su atención!