

Actividades de I+D+i en el CIEMAT para Futuros Aceleradores de Partículas

Luis García-Tabarés

Unidad de Aceleradores del CIEMAT



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

VI Jornadas sobre la Participación Española en Futuros Aceleradores Lineales
GRANADA 16-17 de MAYO de 2011

EL GRUPO DE ACELERADORES DEL CIEMAT

ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL

DIRECCION: L. García-Tabarés							SECRETARIA: P. Durán	
FISICA DE ACELERADORES & NUEVAS INSTALACIONES C.Oliver		INGENIERIA F.Toral			ELECTRONICA M. Lafoz		INSTALACIONES & FABRICACION T.Martinez *	
FISICA	INSTALACIONES	ELECTRICA	MECANICA	OFICINA TECNICA	POTENCIA	CONTROL C. Vazquez	LABORATORIOS	TALLERES
Beca Solicitada	D. Obradors	S. Sanz	J. Munilla	E. Rodriguez	M. Blanco	E. Molina	J. Calero	J.L Gutierrez
		I. Moya	L. Sánchez		G. Navarro	I. Podadera	P. Abramian	J. de la Gama
		A. Lara	D. Iglesias		Becario CEDEX1**	L.M. Martinez		F. de Aragón
		D. Carrillo			Becario CEDEX2**			A. Pardillo
		I. Rodriguez						

INSTALACIONES



Oficinas (Moncloa)



Energía & Superconductividad (J. Camarillo)



Nave de Montaje (J. Camarillo)

ACTIVIDADES EN CURSO

ACELERADORES	ENERGÍA
Grandes Instalaciones ↓	Almacenamiento ↓
XFEL	SA ² VE
FAIR	ACEBO
CLIC	
SuperLHC	
IFMIF	
ILC	
TIARA	
Pequeños Aceleradores ↓	Generación ↓
CICLOTRON PETS	Mg ₂ B
MICROTRON	WEDGE

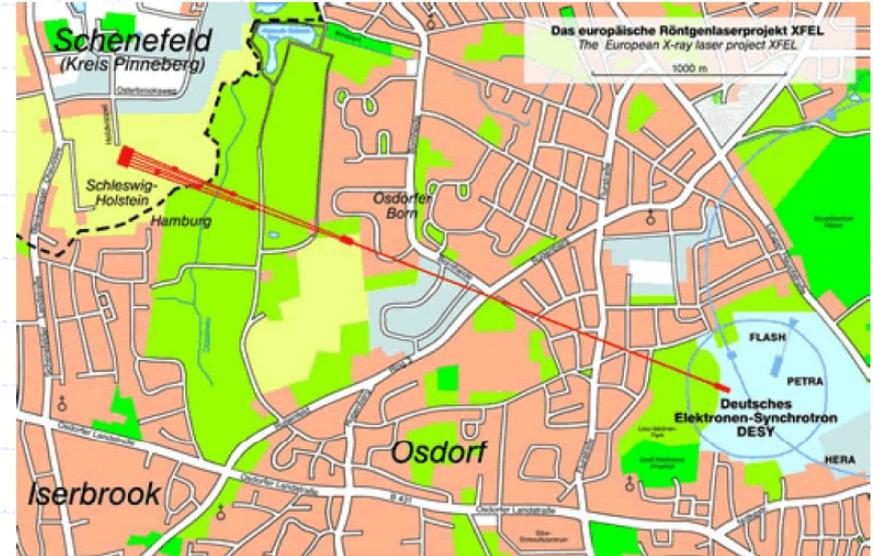


CONTRIBUCIÓN DEL CIEMAT AL PROYECTO XFEL

CIEMAT colabora desde 2004 en el proyecto internacional XFEL (X-Ray Free Electron Laser o Laser de Electrones Libres de Rayos X) que está ubicado en las instalaciones de DESY en Hamburgo.

Es una fuente de luz laser pulsada de 100ns de duración en la banda de 0,085 a 6 nm.

Consiste en un LINAC superconductor (imanes y cavidades) de hasta 17GeV junto con una matriz de onduladores basados en imanes permanentes

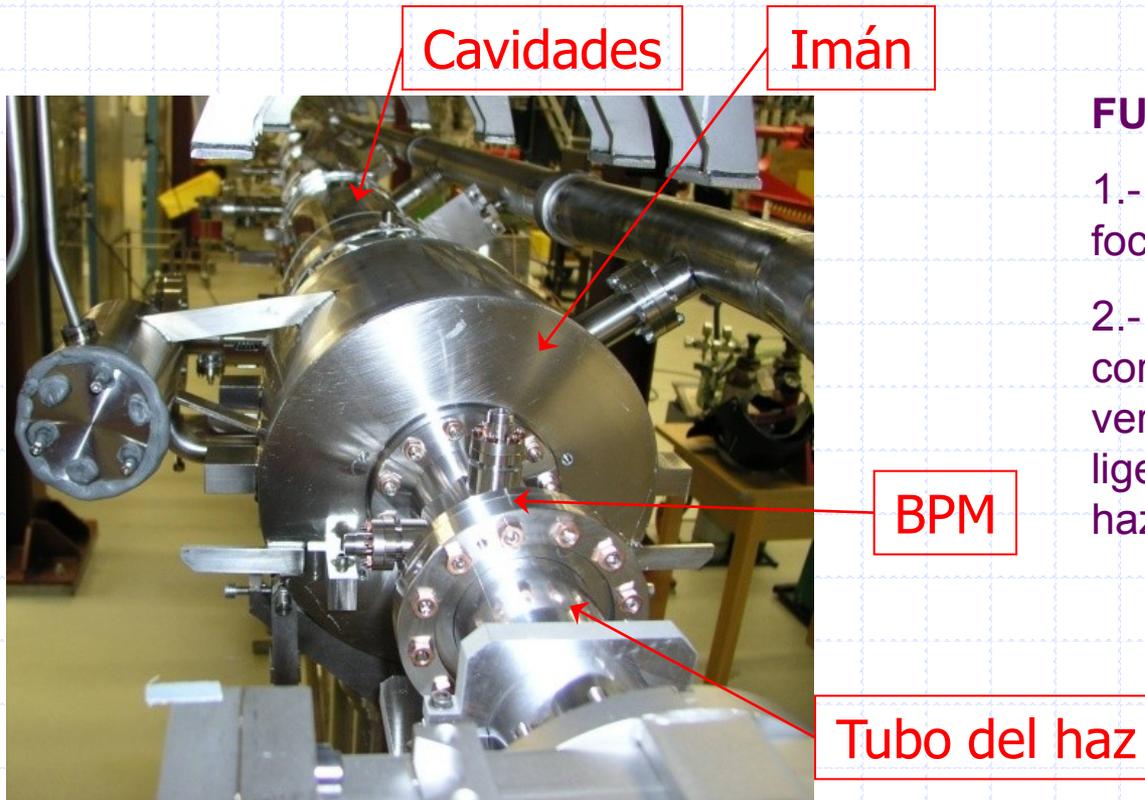


- Las tareas del CIEMAT son el envío de los siguientes elementos:
 - 83 imanes superconductores (con la posibilidad de entregar otros 20 más)
 - 91 defasadores y posicionadores de cuadrupolos para las intersecciones de los onduladores

IMAN SUPERCONDUCTOR COMBINADO: Concepto

XFEL

Según se va acelerando el haz de electrones, es necesario asegurar que el haz está centrado en el eje y no se dispersan las partículas. Por ello, cada uno de los módulos tiene nueve cavidades superconductoras de aceleración y un imán superconductor combinado.

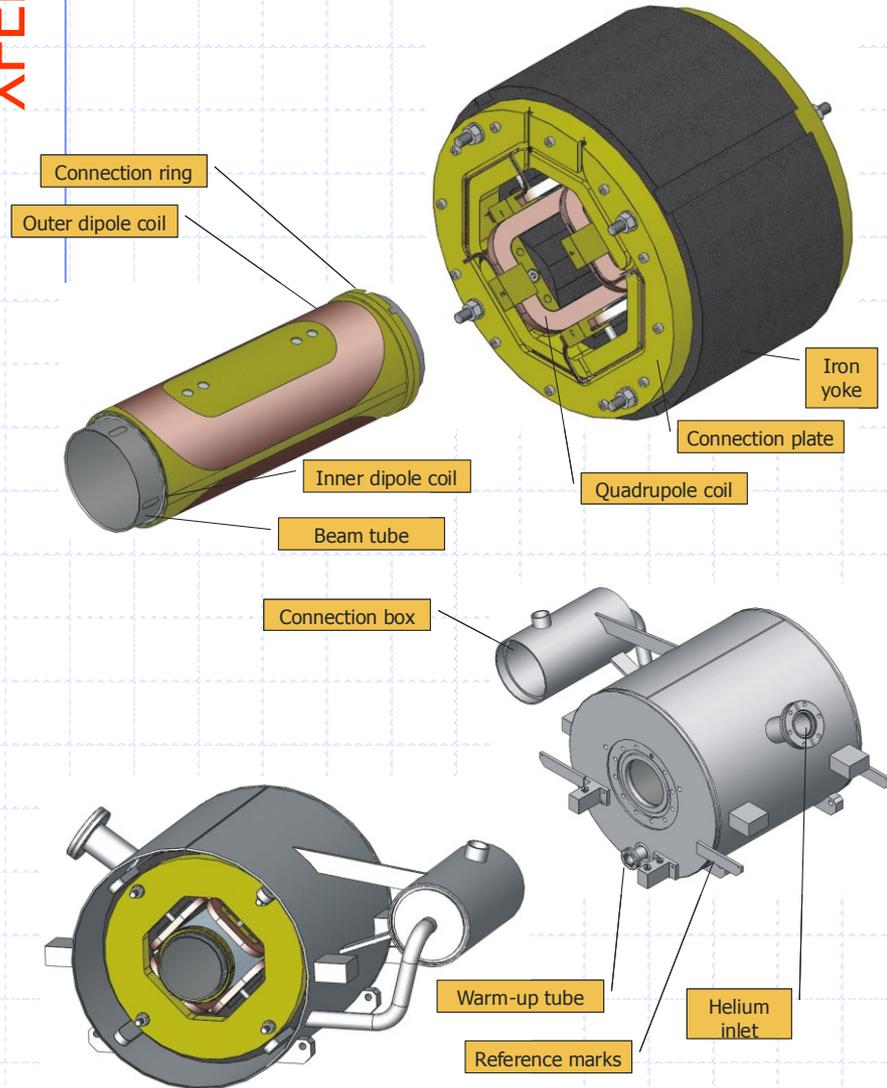


FUNCIONES

- 1.- El cuadrupolo principal focaliza el haz de partículas.
- 2.- Los dos dipolos correctores, horizontal y vertical, modifican ligeramente la trayectoria del haz.

IMAN SUPERCONDUCTOR COMBINADO: Características

XFEL



Coil	Quadru- pole	Inner dipole	Outer dipole	Units
Inner diameter	94.4	83.6	88.5	mm
Nominal current	50	50	50	A
Number of turns	648	35	36	
Integrated strength	5.976	7.92E-3	7.98E-3	T-Tm
Field relative multipoles	<10	No request	No request	1E-4
Bare wire diameter	0.4	0.7	0.7	mm
Insulated wire diameter	0.438	1.03	1.03	mm
Cu/Sc ratio	1.35	1.8	1.8	
Filament diameter	35	12	12	μm
Twist pitch	50	25	25	mm
Coil length	200.6	230	230	mm
Self inductance	1.17	0.93E-3	1.04E-3	H
Coil peak field	2.48	1.59	1.68	T
Working point at 4.3K	40	11	11	%
Working point at 2K	27	7.9	7.9	%

- Diseño de la vasija según las normas europeas para envases a presión.
- Tubo del haz cobreado.
- Soportes deslizantes.
- BPM adosado a una de las tapas.

IMAN SUPERCONDUCTOR COMBINADO: Ensayos

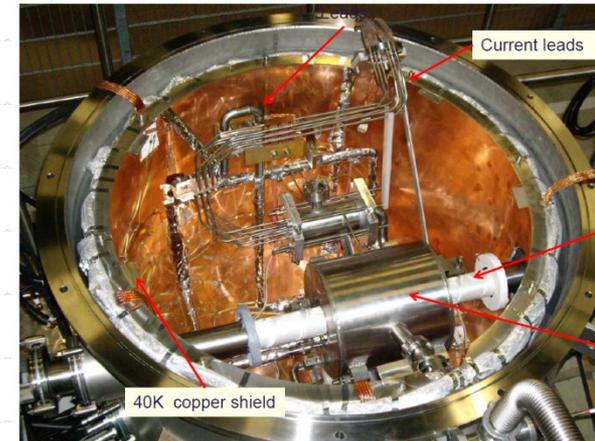
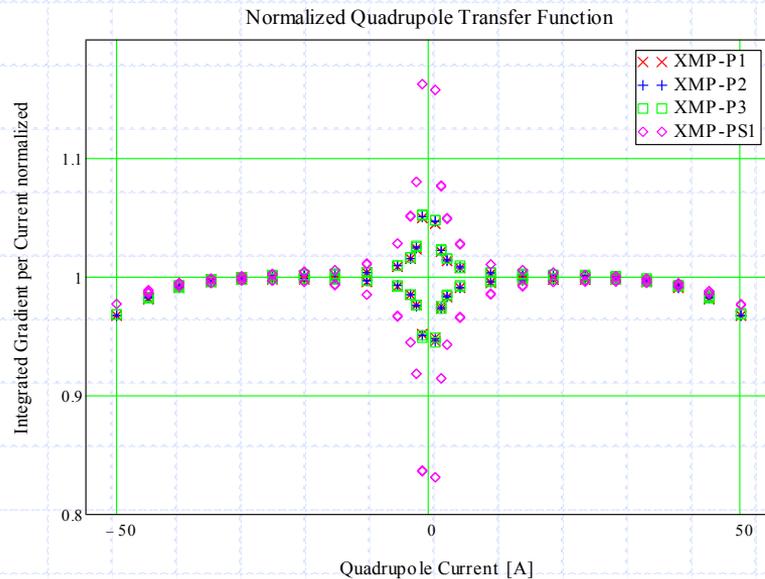
XFEL

-Medida de la calidad del campo magnético (armónicos), tanto en temperatura ambiente como en frío.

-Medida de la magnetización de los cables superconductores: falta de linealidad en la función de transferencia.

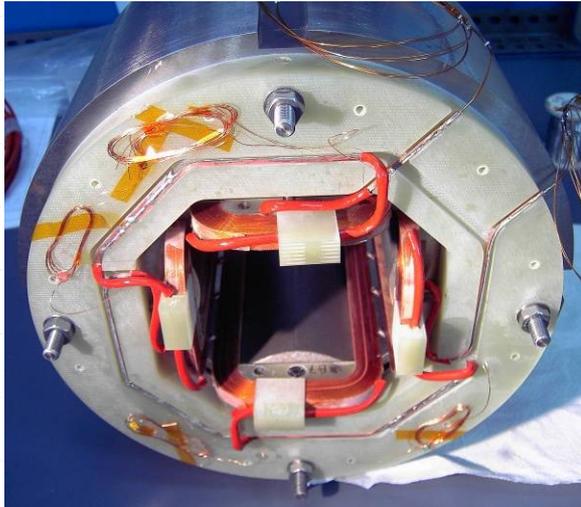
-Ensayos de estanqueidad a presión atmosférica y a 5.7 bar de la vasija.

Parameter	Computed	Warm	Cold	Units
Quadrupole at 5A				
Integrated strength	6.25	6.02	6.12	T
Integrated b6	13.2	-7	-14.4	1E-4
Integrated b10	-2.0	-2.5	noise	1E-4
Quadrupole at 50A				
Integrated strength	5.98	--	5.97	T
Integrated b6	2.24	--	-5.7	1E-4
Integrated b10	-2.18	--	-1.58	1E-4
Inner dipole at 50 A				
Integrated field	7.92E-3	7.80E-3	7.75E-3	Tm
Integrated b3	194	140	149	1E-4
Integrated b5	-834	-828	-830	1E-4
Outer dipole at 50 A				
Integrated field	7.98E-3	7.85E-3	7.80E-3	Tm
Integrated b3	-131	78	92	1E-4
Integrated b5	-829	-814	-813	1E-4



IMAN SUPERCONDUCTOR COMBINADO: Serie

- Se han fabricado cinco prototipos en los años anteriores, probando diversos diseños y validando a empresas para la fabricación en serie.
- Se ha lanzado el concurso para la fabricación en serie de 82 imanes, que se adjudicará a finales de junio de 2011.
- La producción se extenderá hasta mediados de 2013.
- Existe la opción de fabricar 20 unidades más, si la energía final del acelerador lineal se incrementa a 17 GeV.



DEFASADOR: Concepto

Cuando el haz de electrones sale de la intersección y entra de nuevo en un ondulator, se quiere garantizar que éste entra en fase con la radiación producida en el ondulator anterior para garantizar la superposición constructiva de radiación en el ondulator.

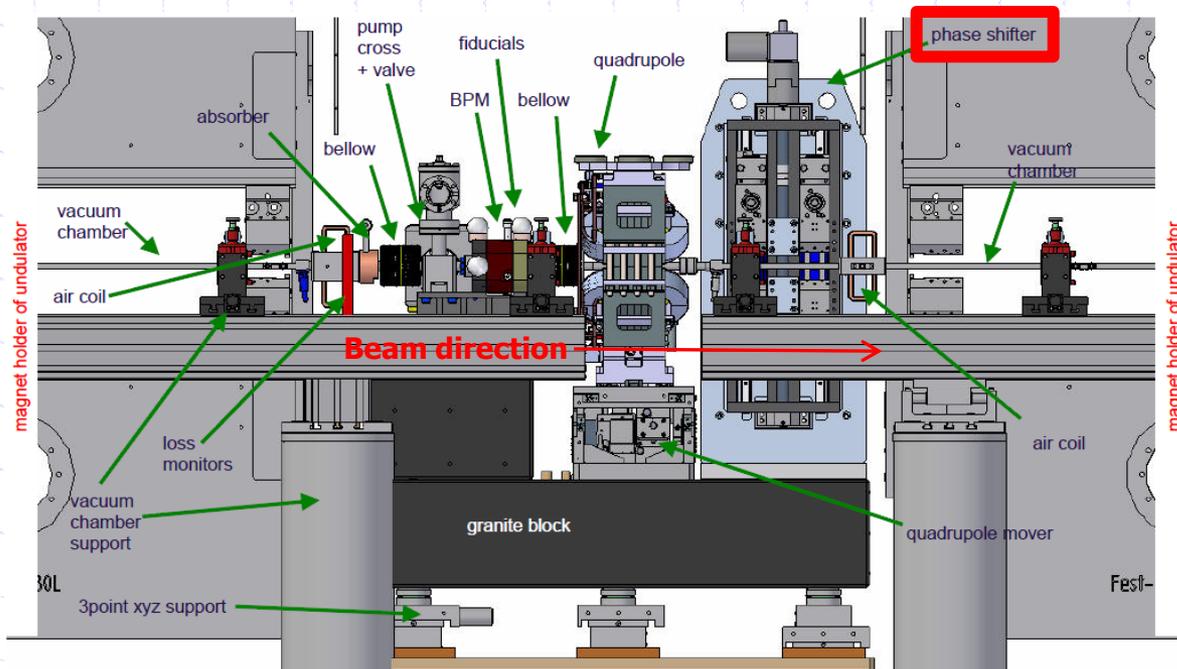
FUNCIÓN DEL DEFASADOR

Ajustar el defase entre la el haz de electrones y la radiación producida a la entrada de un ondulator.

FUNDAMENTOS DEL DEFASADOR

1.- Un conjunto de imanes permanentes en configuración de Halbach producen un aumento de la trayectoria del haz de electrones, consiguiéndose con ello el ajuste de la fase

2.- Para diferentes energías del haz de electrones, se regula el campo magnético necesario para aumentar la trayectoria acercando o alejando los conjuntos de imanes entre sí.



DEFASADOR: Características



ESPECIFICACIONES DEL DEFASADOR

- 1.- Integral de fase 25000 T².mm³ para apertura de 10 mm.
- 2.- Primera integral de campo vertical y horizontal ≤ 0.004 T.mm
- 3.- Segunda integral de campo vertical y horizontal ≤ 67 T.mm²
- 4.- Rango de apertura de los módulos magnéticos: de 10,5 mm. a 100 mm.
- 5.- Repetitividad de apertura en movimiento bidireccional ± 50 μ m
- 6.- Repetitividad de apertura en movimiento unidireccional ± 10 μ m
- 7.- Precisión absoluta de apertura: no necesaria
- 8.- Velocidad de apertura o cierre de apertura: entre 0,01 y 5 mm/s
- 9.- Posicionamiento con sistema de control en lazo cerrado
- 10.- Compatible con sistema de control de la intersección

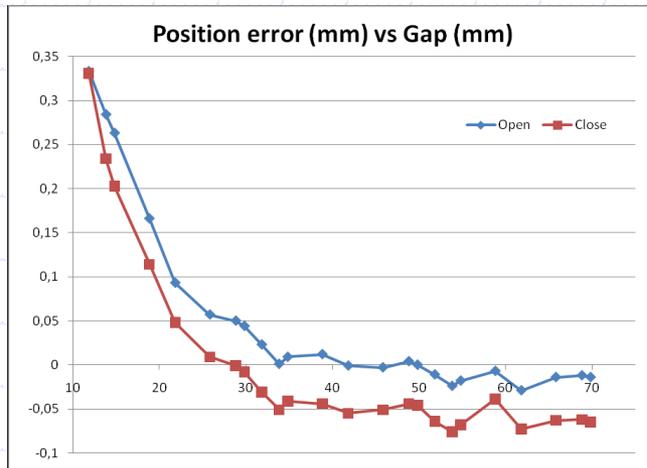
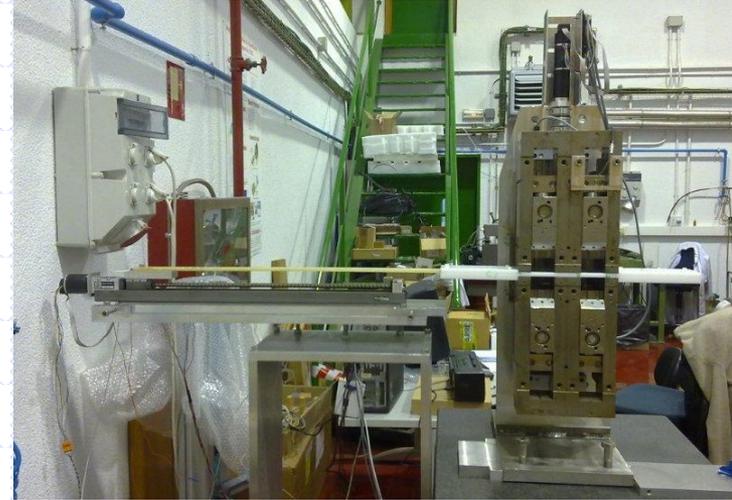
COMPONENTES PRINCIPALES

- Imanes permanentes de NbTiB
- Polos fabricados en aleación de hierro cobalto
- Yugo de hierro fabricado en hierro puro (ARMCO)
- El resto fabricado en Aluminio y Acero inoxidable no magnético
- Elementos comerciales: Actuadores, guías lineales, finales de carrera
- Rack de control: Tratamiento de señales entrada/salida (Compatible BECKHOFF)

DEFASADOR: Ensayos

ENSAYOS MECÁNICOS

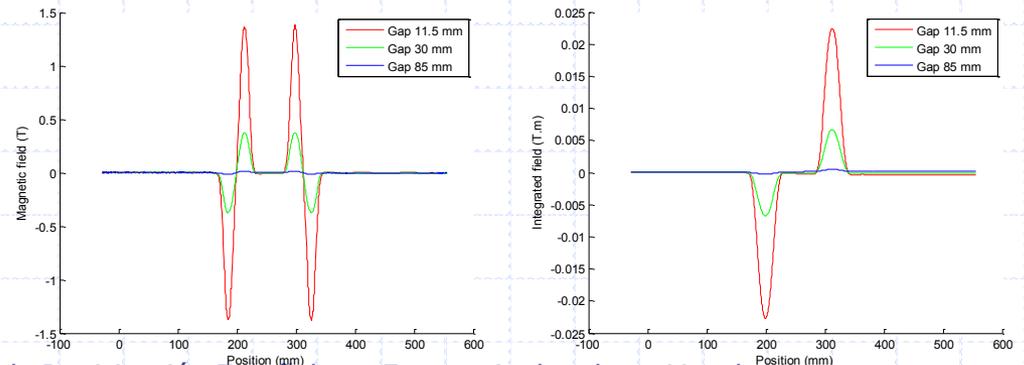
- Caracterización del movimiento de los módulos
 - Curvas de error en posición
 - Repetitividad
- Comprobación de posición de entrehierro para la cámara de vacío
- Comprobación de alineamiento de módulos magnéticos entre ellos y con el entrehierro



ENSAYOS MAGNÉTICOS

- Caracterización magnética y ajuste del defasador

- Variación de la integral de fase con la apertura
- Medida de la primera y segunda integral de campo vertical y horizontal



DEFASADOR: Serie

- Fabricación de prototipos *Preserie* en 2011 – Q2:
 - Evaluación de empresas participantes en el concurso de la serie
 - Evaluación de la idoneidad del diseño de cara a fabricación industrial
- Estos prototipos serán evaluados y testados por CIEMAT junto con los propios fabricantes
- Tras la validación de estos prototipos, se procederá a lanzar el concurso para la fabricación de la serie
- El suministro incluirá la fabricación de piezas, ensamblaje, pruebas de validación y gestión de envíos a XFEL de los imanes correspondientes
 - Se establecerá un calendario de entregas a convenir con XFEL
 - Se llevará a cabo una comprobación adicional en determinadas unidades por parte de CIEMAT
- Comienzo de fabricación de la serie prevista para finales de 2011
- Para optimizar tiempos de entrega y evitar riesgos, la serie se va a repartir en dos partes iguales encargadas a dos empresas diferentes.

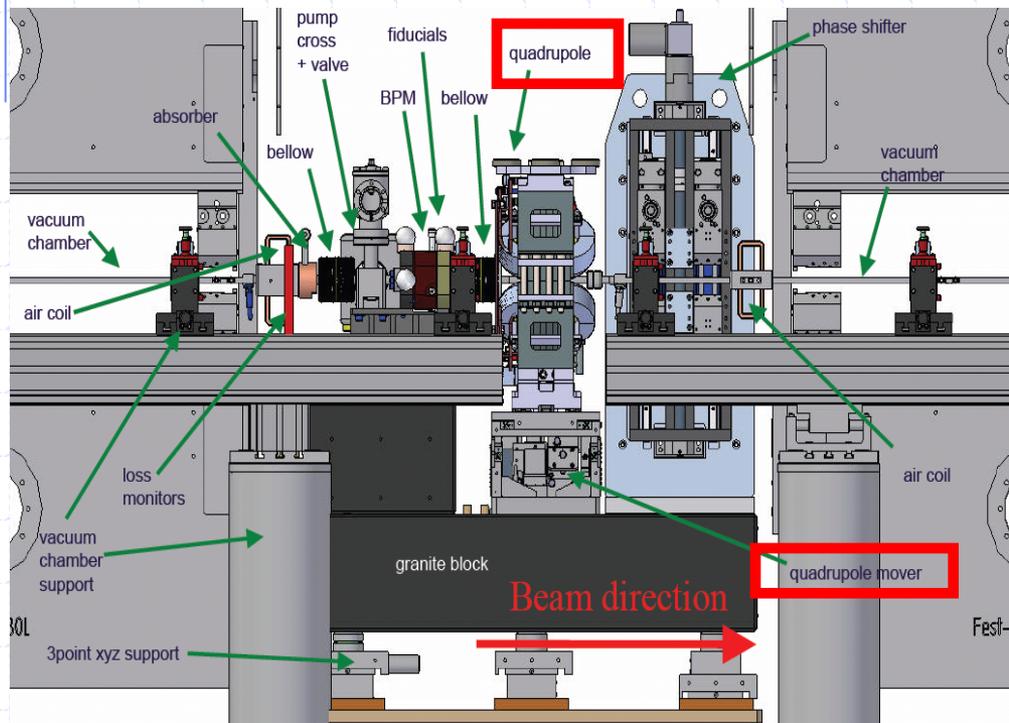
MESA DE POSICIONAMIENTO: Concepto

XFEL

Según se va acelerando el haz de electrones, es necesario asegurar que el haz está centrado en el eje. Por ello entre una sección de aceleración y otra se disponen las intersecciones (Figura), que incluyen cuadrupolos magnéticos para enfocar el haz.

FUNCIONES DE LA MESA DE POSICIONAMIENTO

- 1.- Posicionar al cuadrupolo en su posición óptima para cada operación concreta
- 2.- Corregir posibles descentrados durante la operación
- 3.- Relajar tolerancias en el cuadrupolo y el montaje de la intersección

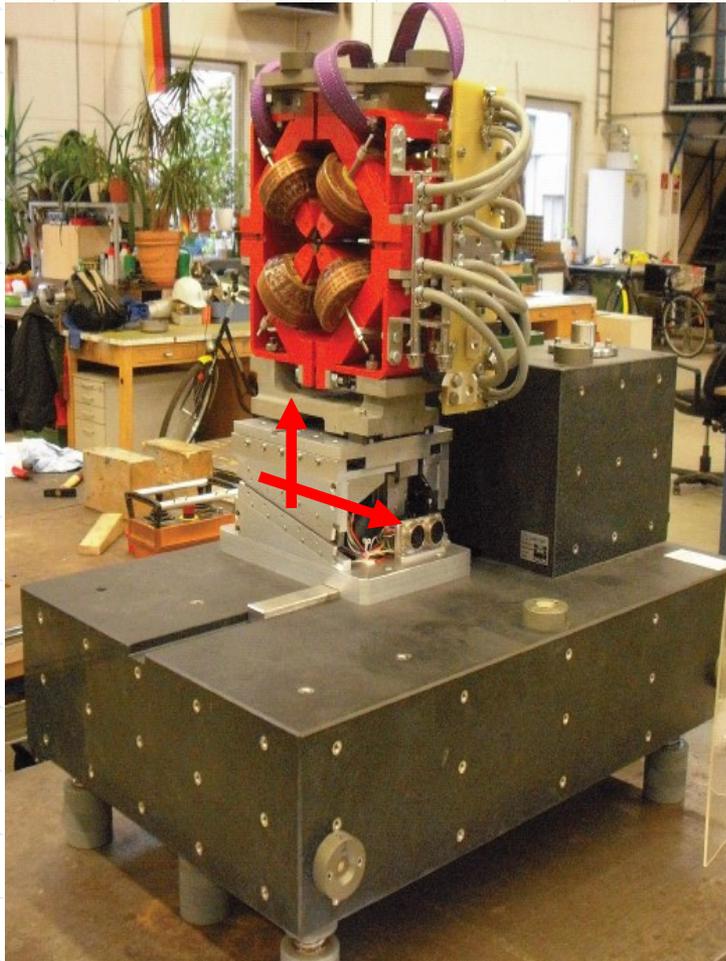


MESA DE POSICIONAMIENTO: Características

XFEL

ESPECIFICACIONES DE LA MESA DE POSICIONAMIENTO

- 1.- Posicionamiento en dos ejes:
Horizontal y Vertical
- 2.- Rango de movimiento ± 1.5 mm
- 3.- Repetitividad < 1 μ m
- 4.- Peso Cuadrupolo 70 kg
- 5.- Sensores internos de posición:
Posicionamiento con sistema de control en lazo cerrado
Corrección automática de posición
- 6.- Compatible con sistema de control de la intersección



COMPONENTES PRINCIPALES

- Fabricado en Aluminio y Acero inoxidable no magnético
- Elementos comerciales: Actuadores, guías lineales, finales de carrera
- Rack de control: Tratamiento de señales entrada/salida (Compatible Beckhoff)

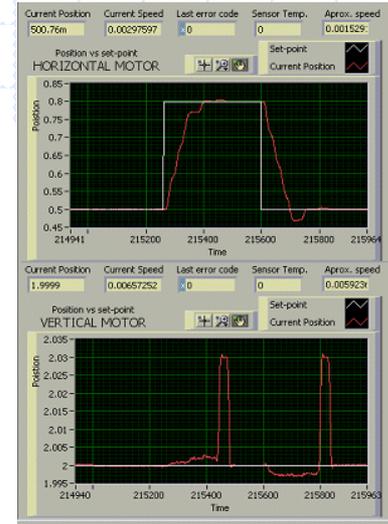
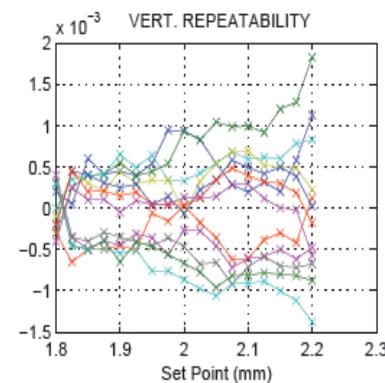
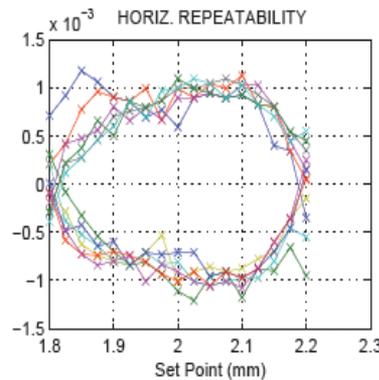
MESA DE POSICIONAMIENTO: Ensayos

XFEL

- Movimientos en todo el rango de desplazamiento
- Distintas estrategias de control evaluadas
- La posición final depende de la dirección del movimiento
- Efectos cruzados importantes entre los ejes
- Medidas de posición externa tomadas a la distancia real del eje del cuadrupolo
- Introduciendo una compensación en el sistema de control se obtienen mejores resultados:
 - Repetitividad RMS < 1 μm para cualquier posicionado en ambos ejes
 - Se han siempre posiciones finales (repetitividad de posicionado), no durante el movimiento.



- Visualización en tiempo real de los sensores internos de posición
- Ciclos de movimiento automatizados
- Adquisición de medidas exteriores automática
- Procesado de datos



MESA DE POSICIONAMIENTO: Serie

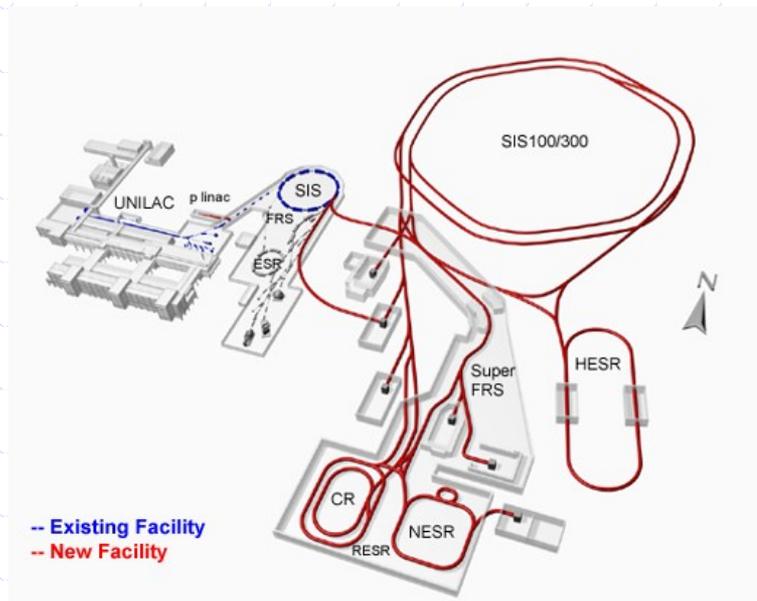
- Fabricación de prototipos *Preserie* en 2011 – Q2:
 - Evaluación de empresas participantes en el concurso de la serie
 - Evaluación de la idoneidad del diseño de cara a fabricación industrial
- Estos prototipos serán evaluados y testados por CIEMAT junto con los propios fabricantes
- Tras la validación de estos prototipos, se procederá a lanzar el concurso para la fabricación de la serie
- El suministro incluirá la fabricación de piezas, ensamblaje, pruebas de validación y gestión de envíos a XFEL de las mesas correspondientes
 - Se establecerá un calendario de entregas a convenir con XFEL
 - Se llevará a cabo una comprobación adicional en determinadas unidades por parte de CIEMAT
- Comienzo de fabricación de la serie prevista para finales de 2011
- Para optimizar tiempos de entrega y evitar riesgos, la serie se va a repartir en dos partes iguales encargadas a dos empresas diferentes.

CONTRIBUCIÓN DEL CIEMAT AL PROYECTO FAIR

CIEMAT también colabora desde 2004 en el proyecto internacional FAIR (Facility for Antiproton Ion Research) que está ubicado en las instalaciones de GSI en Darmstadt.

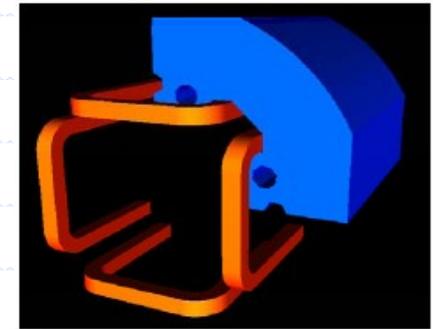
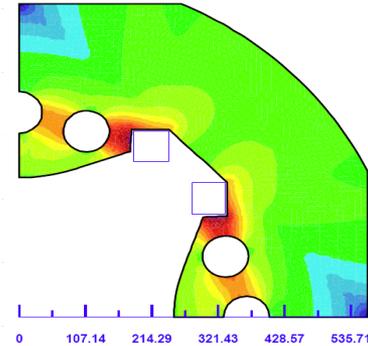
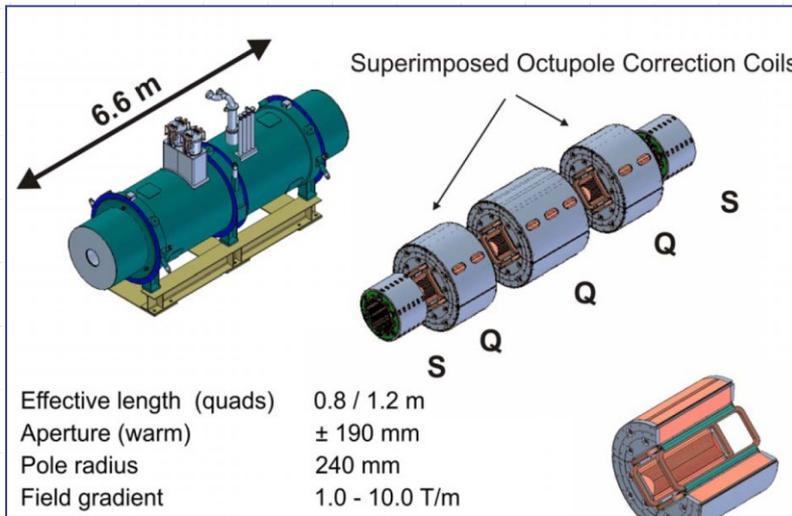
Consiste en 8 aceleradores circulares de hasta 1.100 m de circunferencia, dos aceleradores lineales y hasta 3.500m de transporte del haz.

Los aceleradores existentes en GSI, harán de preinyectores de las máquinas de FAIR.



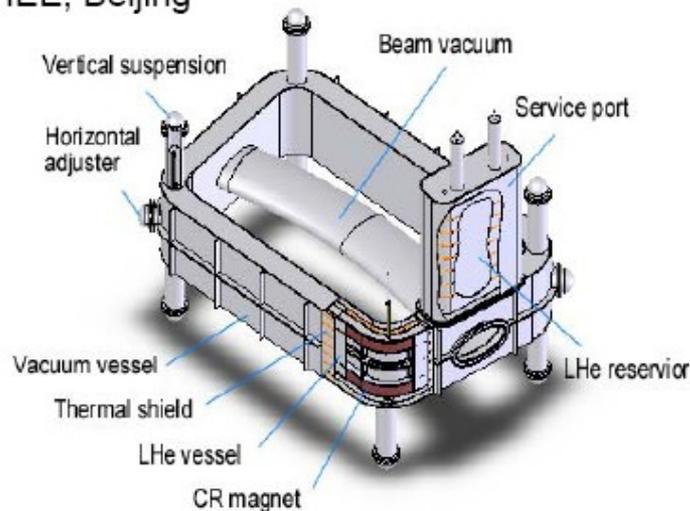
- Las tareas del CIEMAT no están todavía definitivamente asignadas:
 - Inicialmente se consideró el suministro de los multipletes del SFRS
 - Actualmente se piensa en la entrega de 8 dipolos superférricos también para el SFRS

COMPONENTES PARA EL SuperFRagment Separator



CIEMAT desarrolló una solución para los cuadrupolos de los multipletes del SFRS, que finalmente fue la opción considerada por GSI.

IEE, Beijing



Actualmente se considera como mas probable que CIEMAT contribuya con el suministro industrial de 8 dipolos superconductores tipo superferricos de hierro caliente, de los cuales China ya ha construido un prototipo.

ESTRUCTURAS PETS DENTRO DE CLIC

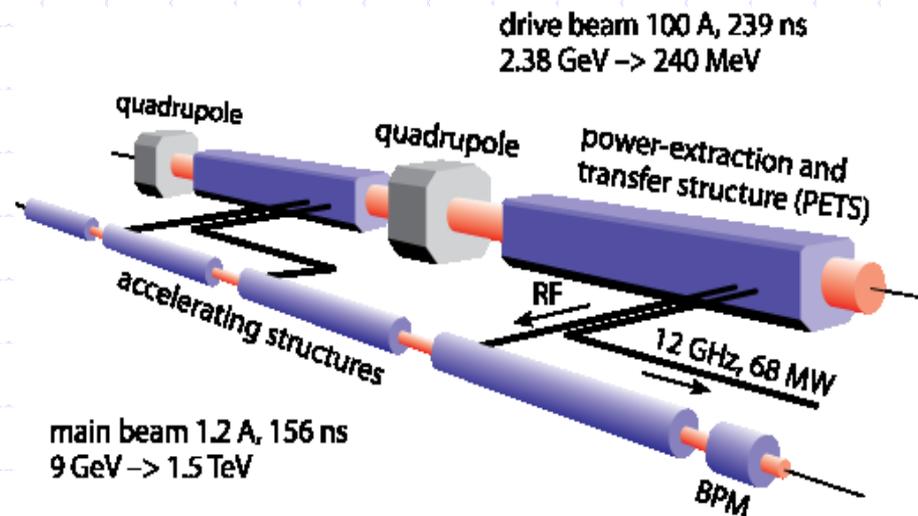
CLIC

CLIC (Compact Linear Collider)

- Acelerador lineal electrón-positrón
- Energía 3 TeV
- Frecuencia 12 GHz
- Tecnología de cavidades no superconductoras

Las estructuras PETS (power extractor and transfer structure) son dispositivos de transferencia de potencia diseñados para el futuro acelerador lineal CLIC.

Función: extraer potencia del haz conductor y transferirla al principal

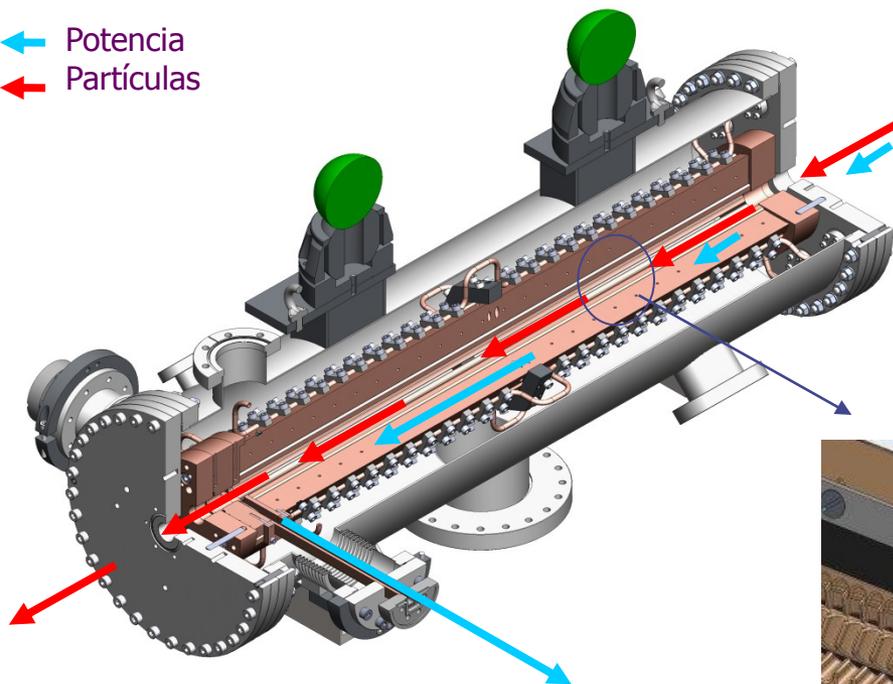


Esquema módulo CLIC. Fuente www.clic-study.web.cern.ch

CONCEPTO PETS

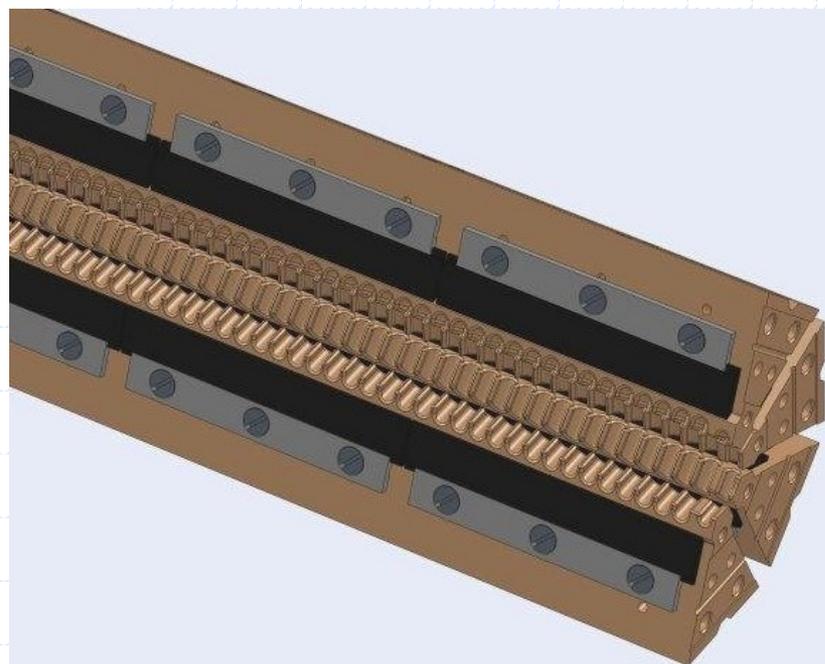
CLIC

← Potencia
← Partículas



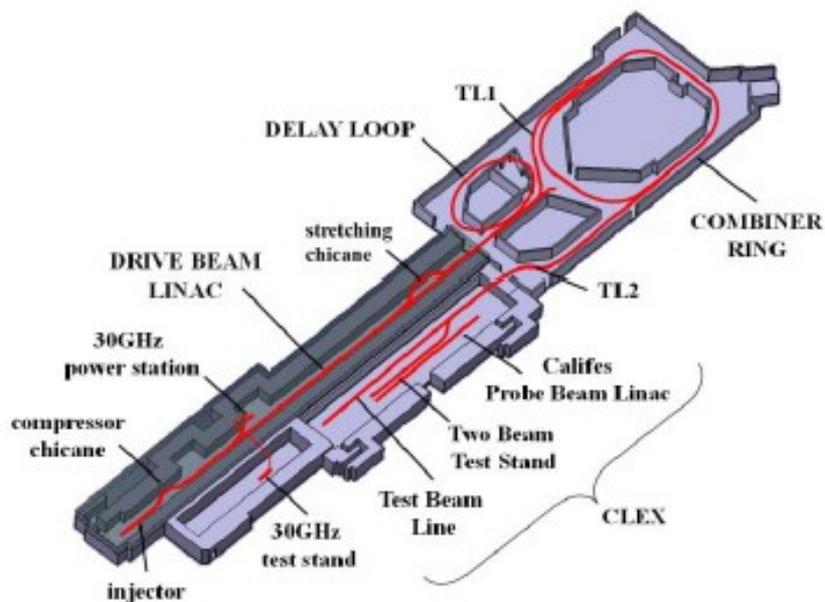
Las partículas del haz conductor interactúan con la estructura corrugada, convirtiendo la energía cinética del haz en electromagnética.

Esta potencia RF generada es extraída al final de la estructura y transferida al haz principal por guías de ondas rectangulares



DESARROLLO DE PETS EN EL CIEMAT

CLIC



Esquema general CTF3

CTF3: Clic Test Facility 3



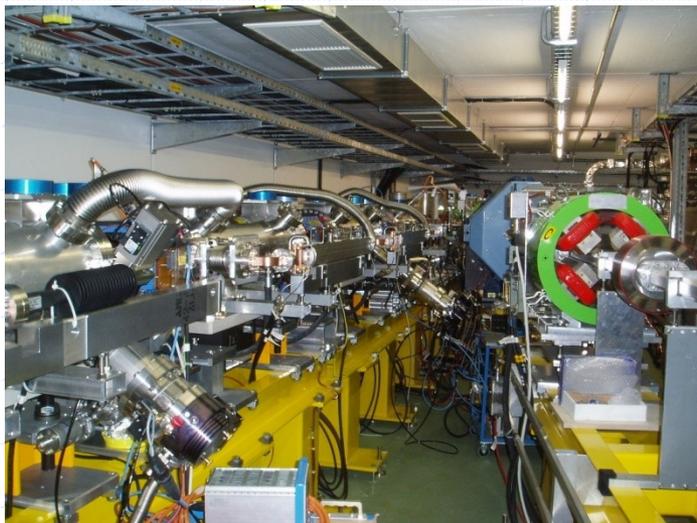
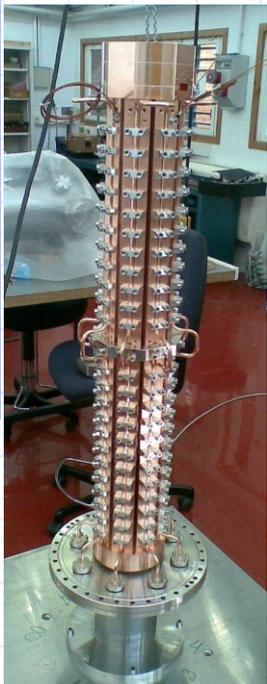
Demostrar la viabilidad del esquema CLIC, un acelerador con dos haces de partículas

Colaboración CIEMAT en PETS:

- Desarrollo PETS para TBL
- Serie de PETS para TBL
- Desarrollo PETS para CLIC

PETS TBL

Primer prototipo



Montaje en la línea TBL

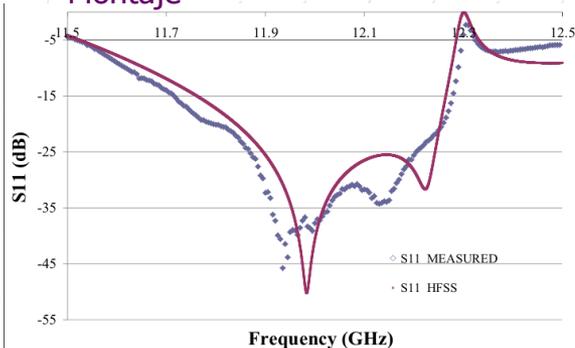
Primer prototipo:

- Diseño
- Fabricación
- Soldaduras
- Montaje
- RF test

Serie: 12 PETS (CERN + CIEMAT)
CIEMAT:

- Cámara de vacío, montaje y medidas RF de baja potencia de 3 prototipos.
- Conjuntos de guías de ondas y circuitos refrigeración para todos.

Montaje



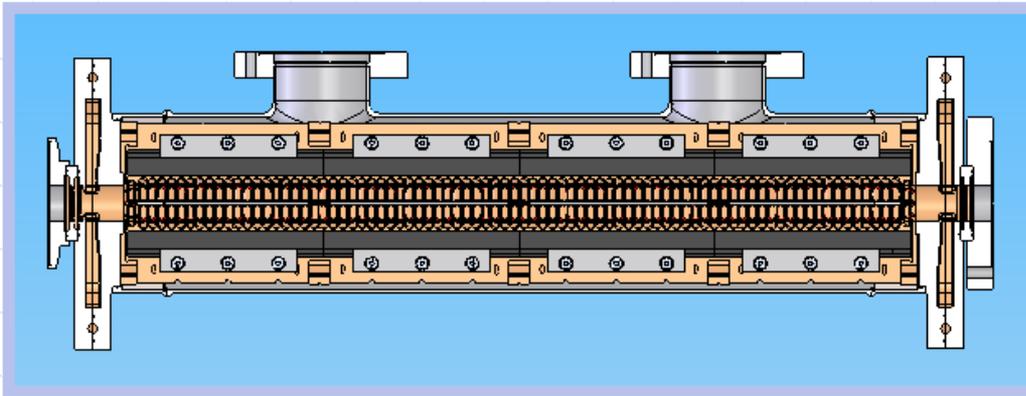
Medidas RF



Conjuntos guías de ondas y circuito refrigeración. Soldadura Brazing en vacío

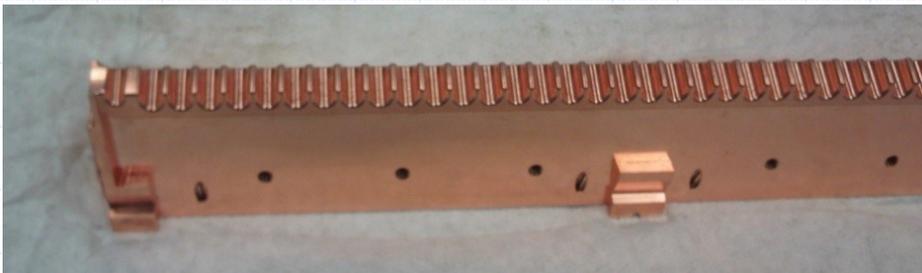
DOUBLE LENGTH PETS

- PETS diseñados para generar potencia RF en el módulo CLEX.
- Doble longitud que los PETS estudiados para CTF3.
- Financiación VII PM (EuCARD)

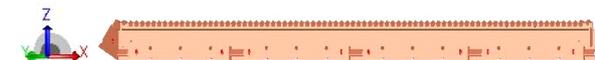
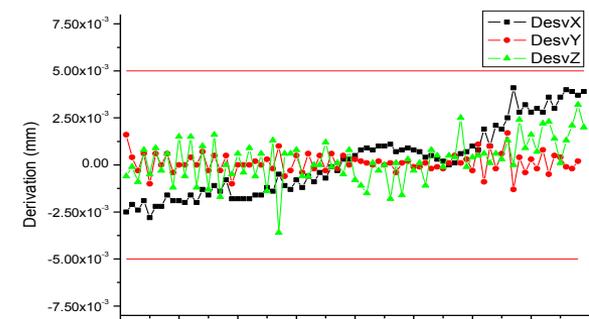


Basado en diseño compacto:

- Mini tanque de vacío
- Acoplador: extractor de potencia, con refrigeración y guías de onda integradas.
- Estado: Fabricación del primer prototipo.



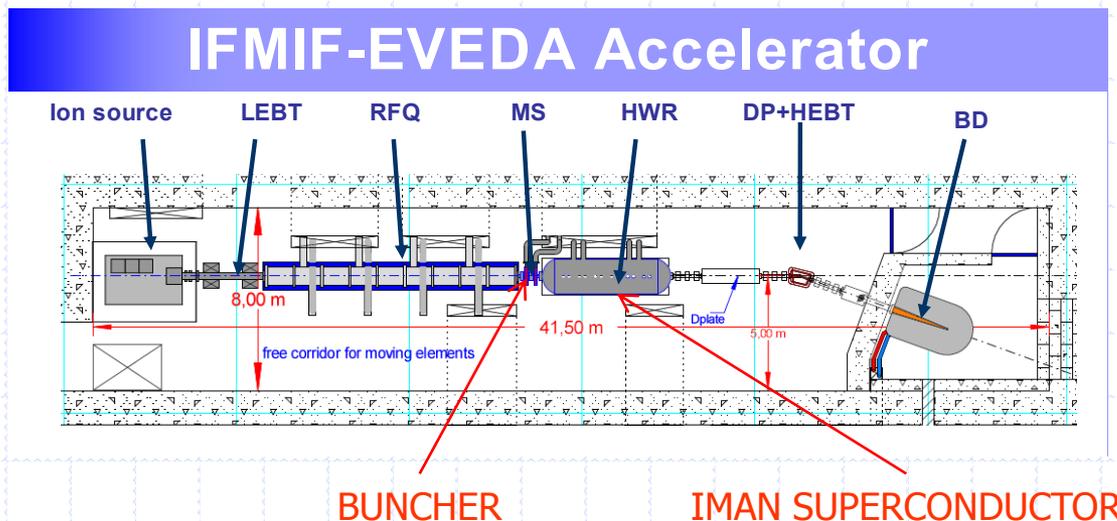
Primer Octante



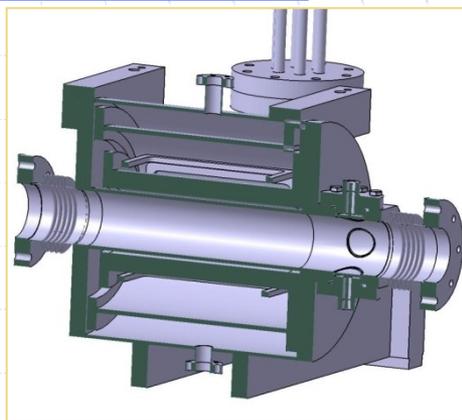
Primer octante. Análisis dimensional

CONTRIBUCIÓN DE CIEMAT A IFMIF

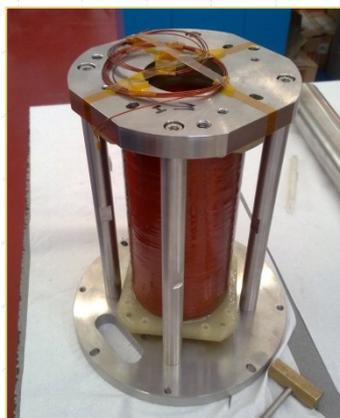
La Unidad de Aceleradores de CIEMAT participa en un prototipo del LINAC de IFMIF International Fusion Materials Irradiation Facility) en la fase denominada EVEDA con el desarrollo de equipos para la Matching Section, el DTL y las líneas de transporte. También se colabora en estudios de dinámica, instrumentación y del Beam Dump.



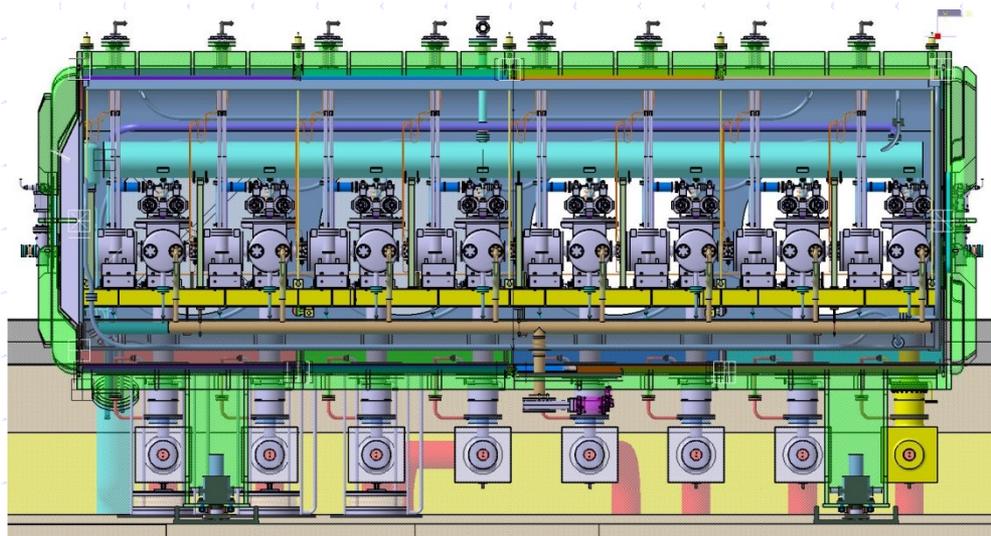
SOLENOIDE DE IFMIF: Concepto



Modelo sólido del solenoide



Primer prototipo de solenoide



Criomódulo donde van situados los 8 solenoides entre las cavidades

OBJETIVO

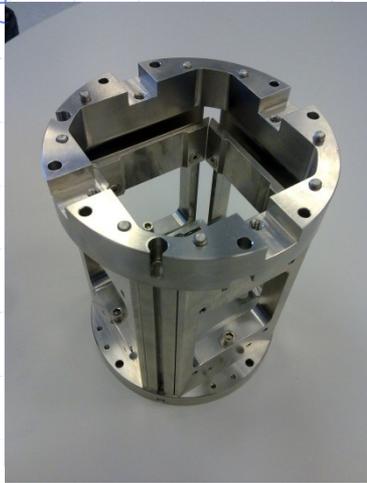
Al pasar el haz de partículas por las cavidades superconductoras, debido a la falta de uniformidad del campo eléctrico acelerador se produce una dispersión del haz en dirección transversal. Esto se suma a las fuerzas de repulsión electrostática entre las cargas eléctricas que forman el haz (espacio de cargas), muy importante en aceleradores de alta intensidad como IFMIF. Para ello se intercalarán unas lentes magnéticas superconductoras muy intensas en el escaso sitio disponible entre las cavidades superconductoras. Es necesario al mismo tiempo evitar afectar a las cavidades vecinas, muy sensibles al campo magnético.

FUNCIONES DEL IMÁN

Enfocar el haz de partículas para evitar la colisión del mismo con las paredes del tubo de vacío por el que circula el haz, corregir posibles descentrados del haz durante la operación, así como posibles imperfecciones en el alineamiento de los elementos del criomódulo.

SOLENOIDE DE IFMIF: Características

IFMIF



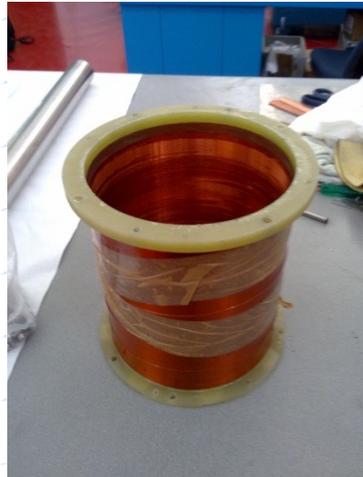
Soporte de los dipolos



Bobina de los dipolos



Solenoid interior



Solenoid exterior

COMPONENTES PRINCIPALES

- 1.- Solenoide interior para enfocar el campo
- 2.- Solenoide exterior de apantallamiento magnético en las cavidades conectado en serie con el anterior.
- 3.- Dipolos horizontal y vertical (independientes entre sí) para corregir posición del haz y errores de alineamiento del criomódulo. Cada uno formado por dos bobinas paralelas tipo «pista de carreras».

ESPECIFICACIONES

- 1.- Campo máximo en el eje: 5.8 T
- 2.- Corriente nominal: 210 A (diámetro del hilo 0.7 mm)
- 3.- Campo integrado a lo largo del eje: 1.1 T.m
- 4.- Campo disperso en la cavidad: 20 mT
- 5.- Longitud total del conjunto de imanes, incluyendo vasija de helio y BPM (diagnóstico de posición del haz): 400 mm
- 6.- Corriente nominal de un dipolo: 50 A
- 7.- Campo integrado de un dipolo: 3.51 mT.m

SOLENOIDE DE IFMIF: Ensayos

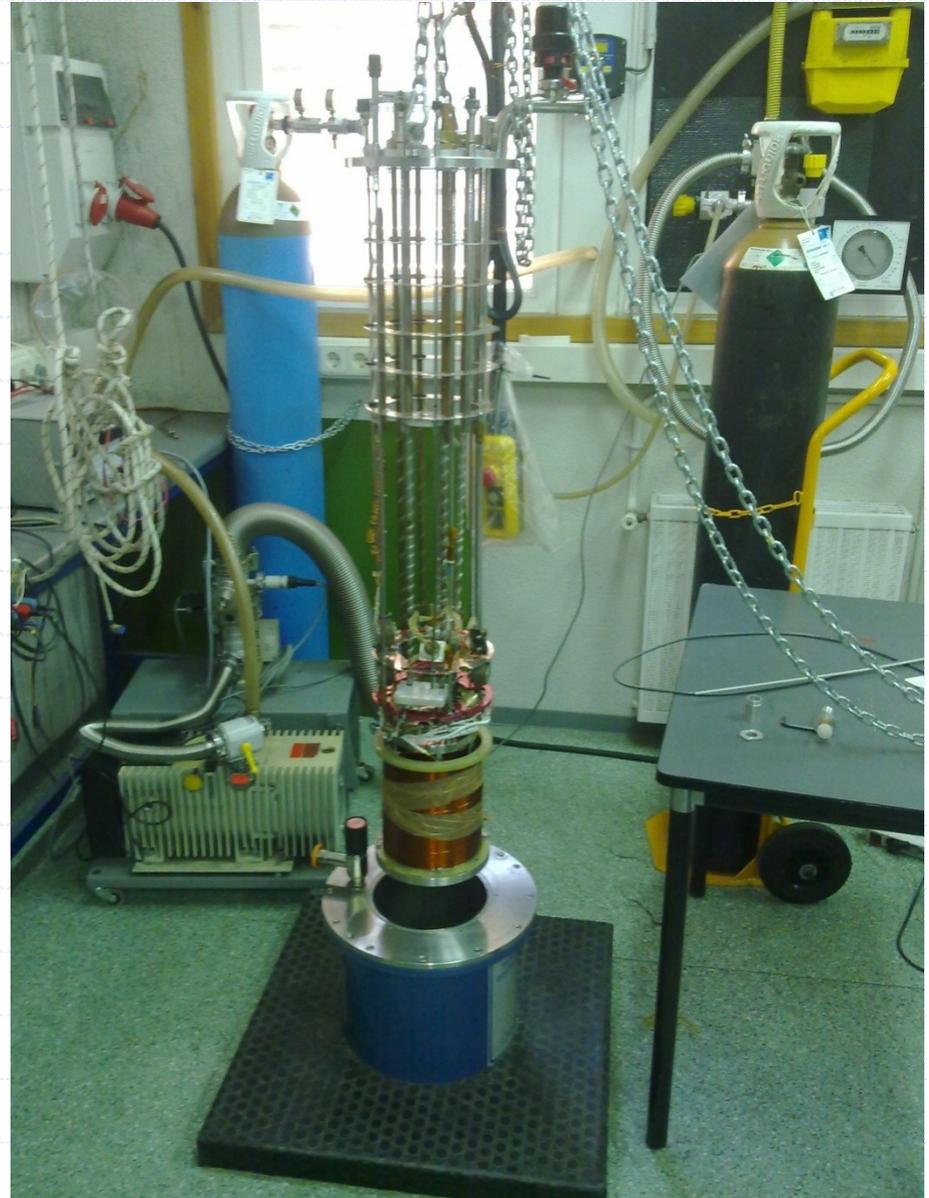
IFMIF

-El objetivo es validar las bobinas solenoide interior y exterior ya fabricadas del primer prototipo.

-Se medirá el campo magnético en el eje con el fin de chequear el máximo valor (objetivo 5.8 T), así como estimar el valor del campo residual donde irán colocadas las cavidades (objetivo 20 mT).

-Se medirá la corriente crítica de cada bobina para distintos valores del campo.

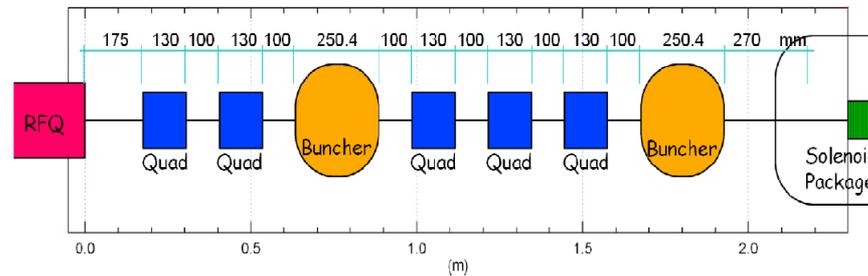
-Se estudiará la propagación del *quench* en las bobinas, con el fin de comparar con los cálculos realizados.



BUNCHER IFMIF: Concepto

El “buncher” es una cavidad de radiofrecuencia, cuya misión es “empaquetar” los haces de deuterones. Homogeniza la dispersión de energía de las partículas que salen del cuadrupolo de radiofrecuencia, de modo que las que llegan antes de tiempo son frenadas, mientras que las que llegan retrasadas, son aceleradas.

Se necesita que las partículas tengan una dispersión de energía pequeña a la entrada de las cavidades superconductoras del DTL para ser aceleradas correctamente.



BUNCHER IFMIF: Características

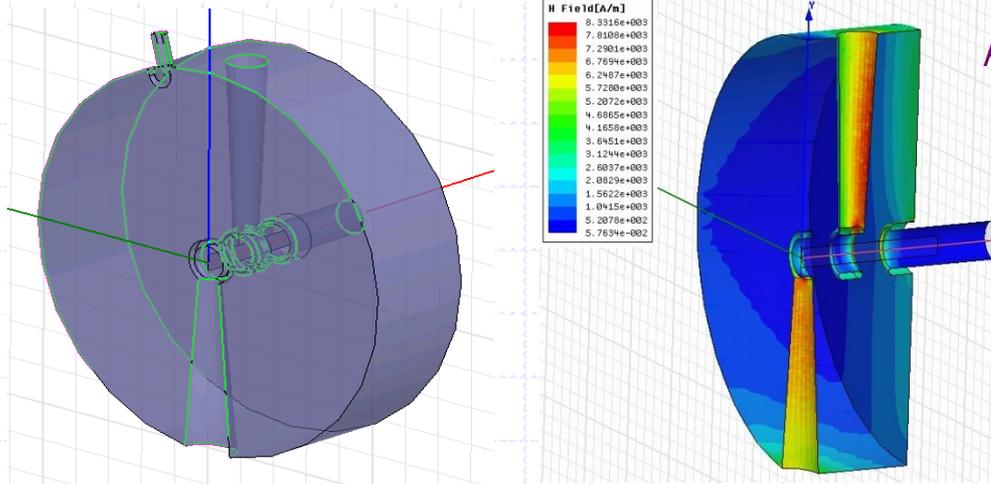
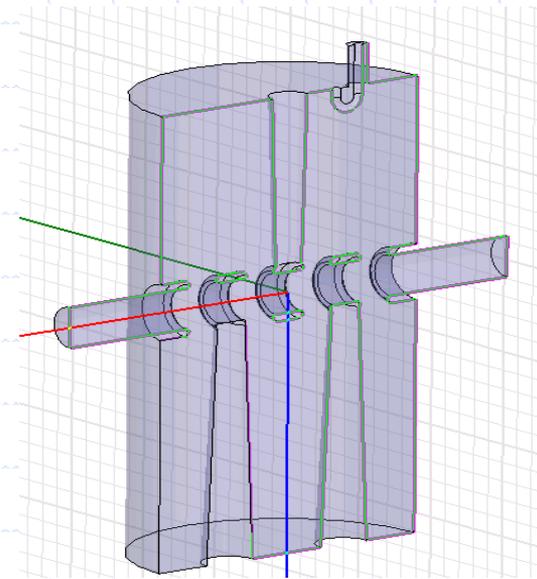
IFMIF

Parameter	Value	Comments
RF		
Frequency	175 MHz	
EOLT	350kV	
Peak electric field E_{\max}	24 MV/m	1.7 of Kilpatrick criterion for electric field
Power	$\leq 100\text{kW}$	Limited by the 105 kW RF power supply
COOLING		
Water cooling ΔT	$\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Copper temperature	$\leq 60^{\circ}\text{C}$	Higher temperatures increase electron emission
Water cooling velocity	$\leq 5\text{m/s}$	Higher speeds increase corrosion and vibrations.
PHYSICAL RESTRICTIONS		
Cavity length	330 mm	Depending on distance between adjacent magnets and interface MEBT-SRF
Beam pipe radius	22 mm	

BUNCHER IFMIF: Diseño

El mayor reto es conseguir un valor razonable de disipación de potencia, suministrando el elevado campo eléctrico exigido. Para ello, se han realizado diversos diseños:

- Tipo “pillbox”.
- Resonadores coaxiales de cuarto y media onda, de 2, 3 y 4 espacios de aceleración.
- Resonador tipo IH con 4 espacios de aceleración.



Resonador coaxial de cuarto de onda, con 4 espacios de aceleración

La menor disipación de potencia corresponde al resonador IH.

Resonador IH, con 4 espacios de aceleración, con su mapa de campo magnético

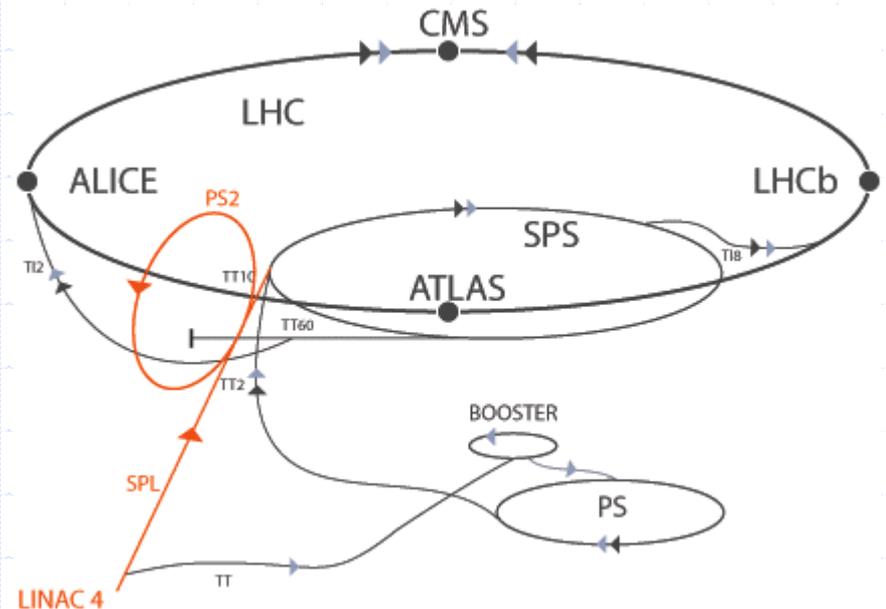
CONTRIBUCIÓN DEL CIEMAT AL SuperLHC-PP

SuperLHC

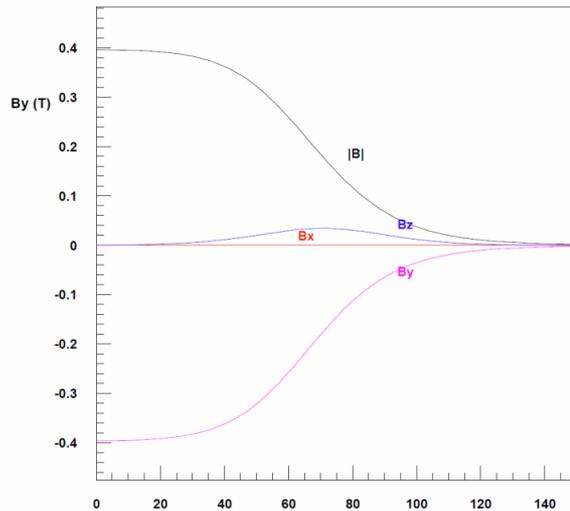
❑ CIEMAT colabora desde 2008 en el proyecto SLHC-PP (SuperLHC - Preparatory Phase), que es la fase preparatoria de las actuaciones necesarias para el aumento de la luminosidad del LHC.

❑ Se prevé cambiar los imanes cercanos a los puntos de intersección por otros de mayor apertura y resistencia a la radiación.

❑ CIEMAT ha desarrollado dos prototipos de imanes correctores: un sextupolo y un octupolo.

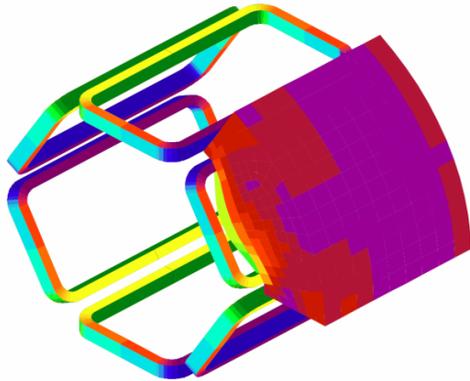


SEXTUPOLO SLHC: Características

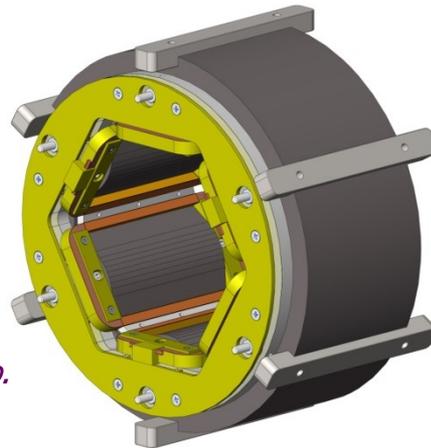


Campo magnético en el radio de referencia (40 mm).

Nominal current	100	A
Bare wire diameter	0.5	mm
Insulation thickness	0.02	mm
Cu/Sc	1.55	
Filament size	4	μm
Number of turns	228	
Effective length	0.137	m
Overall length	160	mm
Integrated strength	0.055	T.m
Integrated b9	0.504	$1\text{e-}4$
Integrated b15	0.127	$1\text{e-}4$
Integrated b21	-0.001	$1\text{e-}4$
Non-linearity in the load line	3	%
Coil peak field	2.02	T
Working point @ 1.9 K	33.5	%
Iron outer radius	140	mm
Self inductance	192	mH
Stored magnetic energy	960	J



*Mapa de campo magnético en el hierro.
Densidad de corriente en las bobinas.*

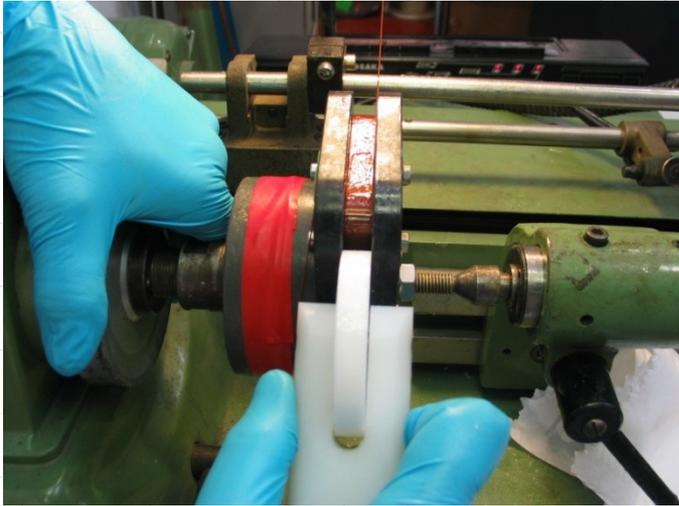


➤ Imán superférico:

- ✓ Las bobinas están situadas radialmente más alejadas que la apertura del imán: buena resistencia a radiación.
- ✓ Diseño compacto para imanes cortos con aperturas grandes.

➤ Hierro laminado y embridado.

SEXTUPOLO SLHC: Fabricación



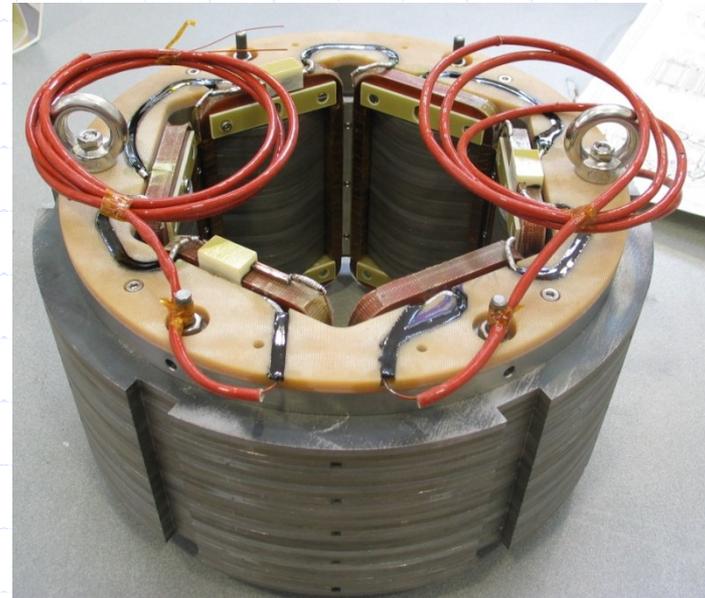
Proceso de bobinado (impregnación húmeda)



Molde ensamblado listo para el curado

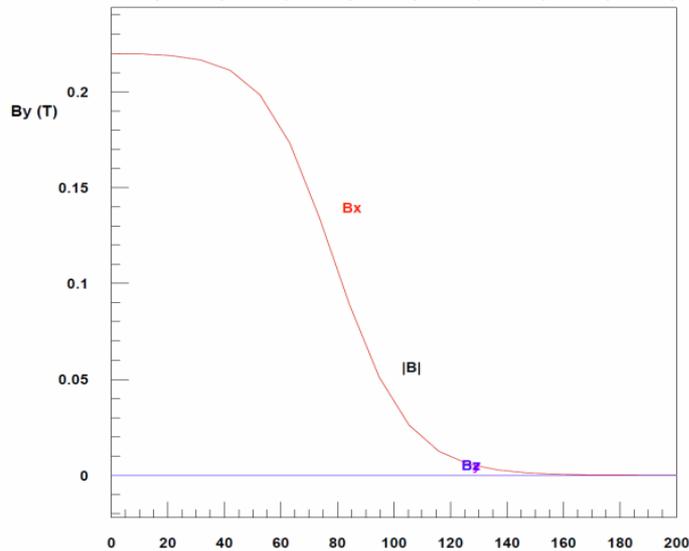


Bobina terminada (arriba) e imán ensamblado (derecha)

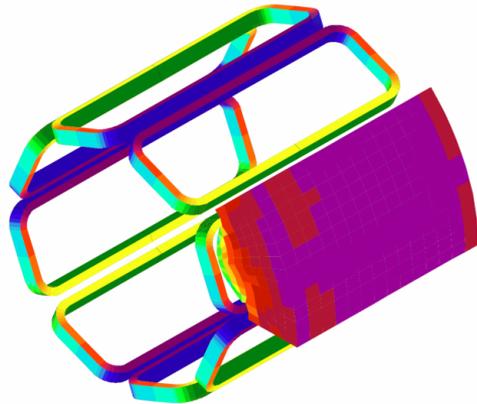


OCTUPOLO SLHC: Características

SuperLHC



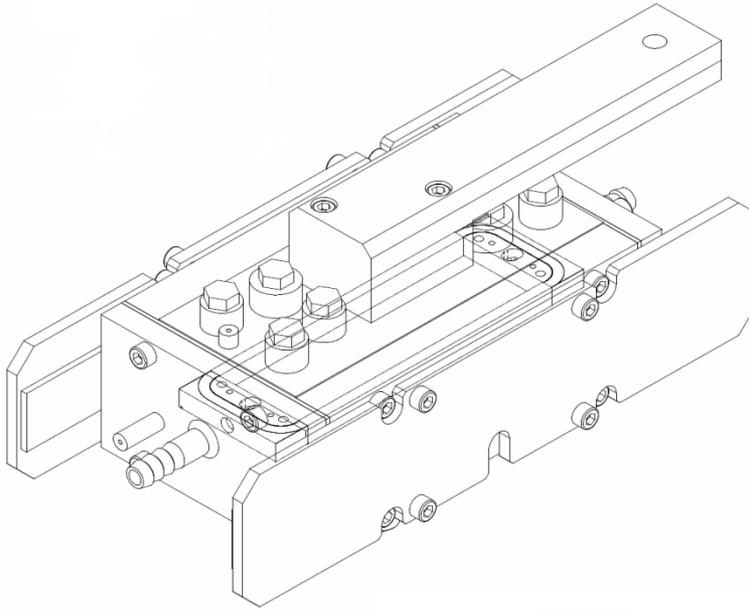
Campo magnético en el radio de referencia (40 mm).



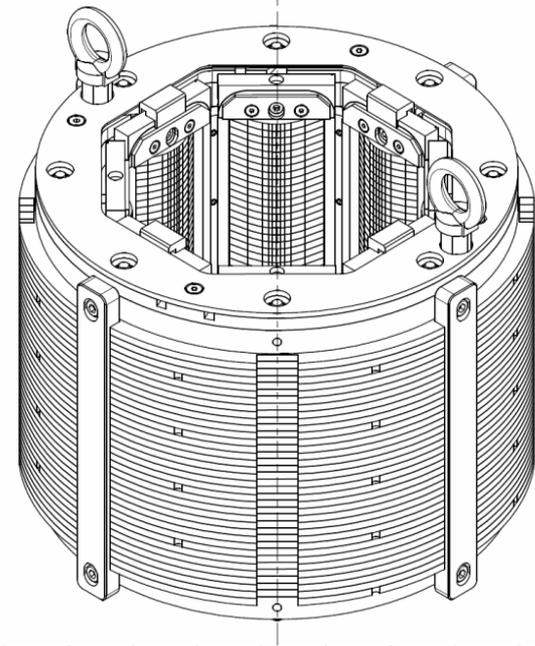
*Mapa de campo magnético en el hierro.
Densidad de corriente en las bobinas.*

Nominal current	100	A
Bare wire diameter	0.5	mm
Insulation thickness	0.02	mm
Cu/Sc	1.5	
Filament size	5	μm
Number of turns	165	
Effective length	0.161	m
Reference radius	40	mm
Integrated strength	0.035	T.m
Integrated b12	0.052	1e-4
Integrated b20	0.016	1e-4
Integrated b28	-0.001	1e-4
Non-linearity in the load line	2.2	%
Coil peak field	1.87	T
Working point @ 1.9 K	30.6	%
Iron outer radius	125	mm
Self inductance	152	mH
Stored magnetic energy	758	J
Overall length	180	mm

OCTUPOLO SLHC: Fabricación



Molde de impregnación en vacío

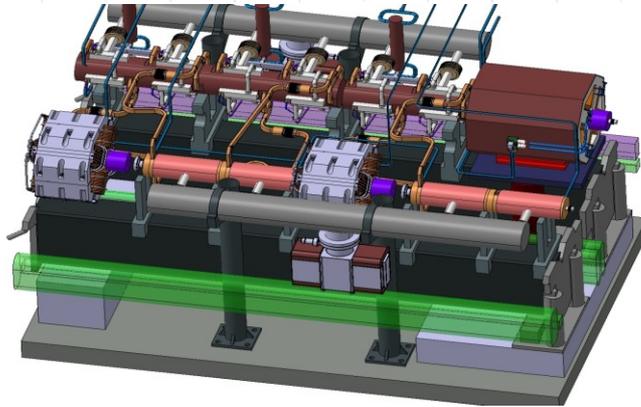


Modelo 3D del imán ensamblado

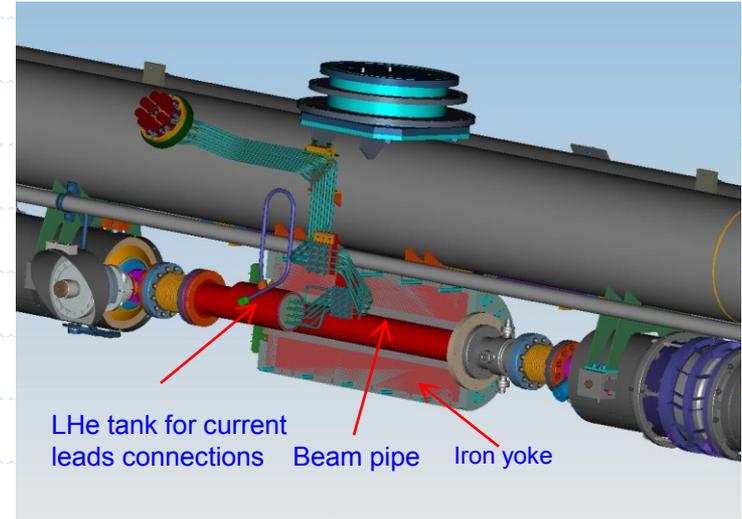
- Imán superférrico.
- Excelente resistencia a la radiación:
 - ✓ Se evita la presencia de materiales sensibles a la radiación.
 - ✓ Se impregnan las bobinas con una resina de cianato-ester.

CONTRIBUCIÓN DEL CIEMAT AL PROYECTO DANTE

CIEMAT colabora con IFIC en el desarrollo de nuevas tecnologías para aceleradores lineales (proyecto DANTE).



Modelo 3D del módulo de CLIC



Modelo 3D del imán superconductor de ILC (cortesía de V. Kashikhin, Fermilab)

Las tareas del CIEMAT son:

- ▶ Diseño conceptual de un imán superconductor combinado con refrigeración indirecta para el acelerador lineal principal de ILC.
- ▶ Ingeniería de fabricación y fabricación de un prototipo de PETS para el primer módulo de CLIC.
- ▶ Estudio de la viabilidad de utilizar un ciclotrón como inyector de un acelerador con estructuras aceleradoras en banda X.

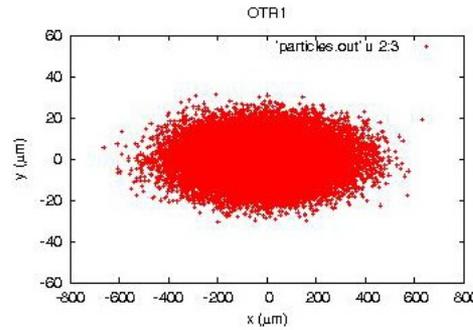
CONTRIBUCIÓN DEL IFIC AL PROYECTO DANTE (1)

Objectives

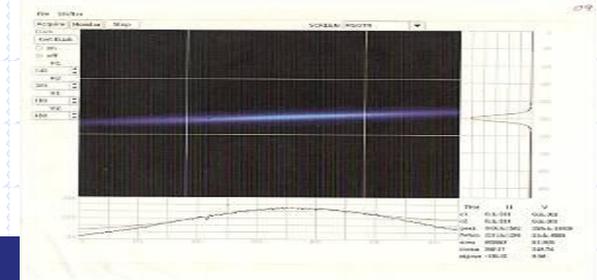
Beams Dynamics and Experiments

- Beam studies, realistic tracking simulations, control software developments and experiments for the multi-OTR system in the EXT line of the ATF2
- Realistic tracking simulations and control software developments for FONT (with micromovers) in ATF2
- Simulation and beam measurements on beam halo, intensity reach, collimation efficiency and upgrades for the LHC

Beam size simulations in the OTR1



Beam size measurement in the OTR1X

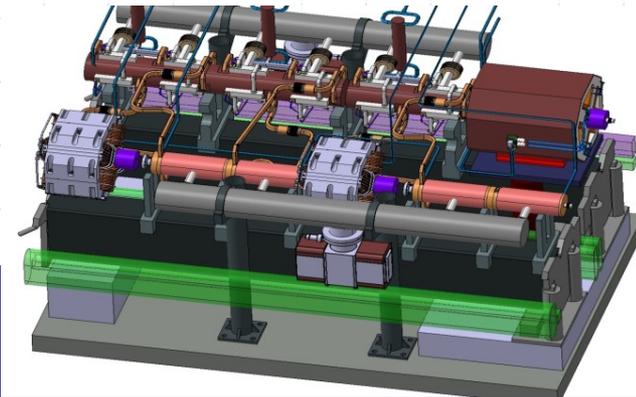


CONTRIBUCIÓN DEL IFIC AL PROYECTO DANTE (2)

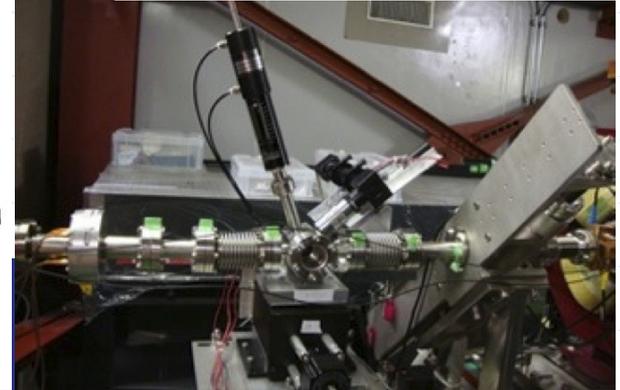
DANTE

Objectives

1st module of CLIC



OTR2 installed in the EXT line of ATF2



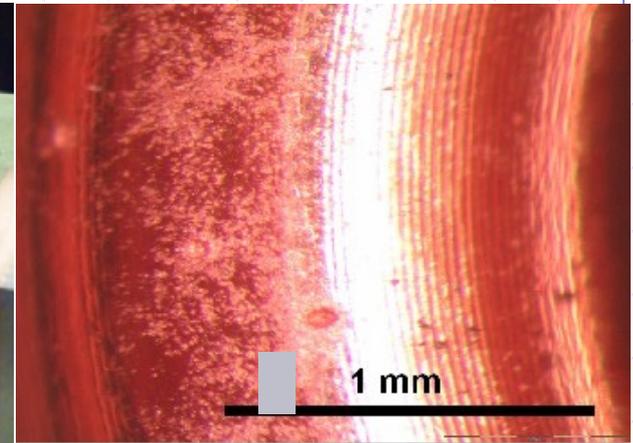
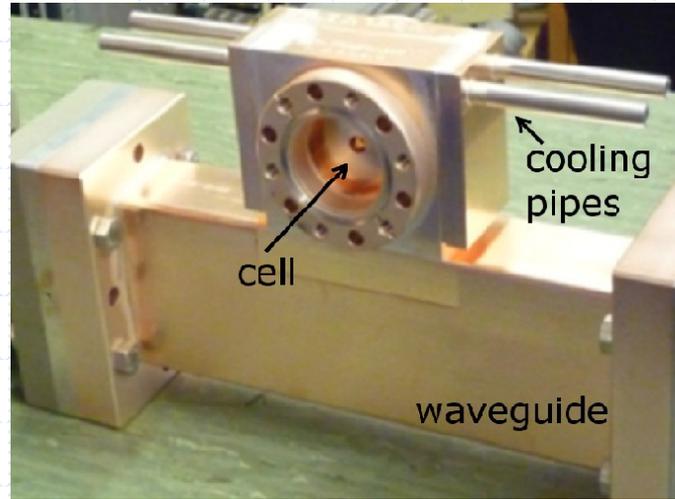
Beam
Instrumentation

- Design, construction and calibration of the Multi-OTR system for EXT line of ATF2
- Contribution to R&D for the dipole mode cavity BPM for the MLI and BDS-BPM for ILC
- Design, construction and calibration of a kicker for the DR and pre-DR for CLIC
- Contribution to conceptual design and construction of a Drive Beam Decelerator BPM for the 1st CLIC module

CONTRIBUCIÓN DEL IFIC AL PROYECTO DANTE (3)

DANTE

Objectives



RF structures

- Studies of linacs structures for medical applications
- Material breakdown studies in linacs structures

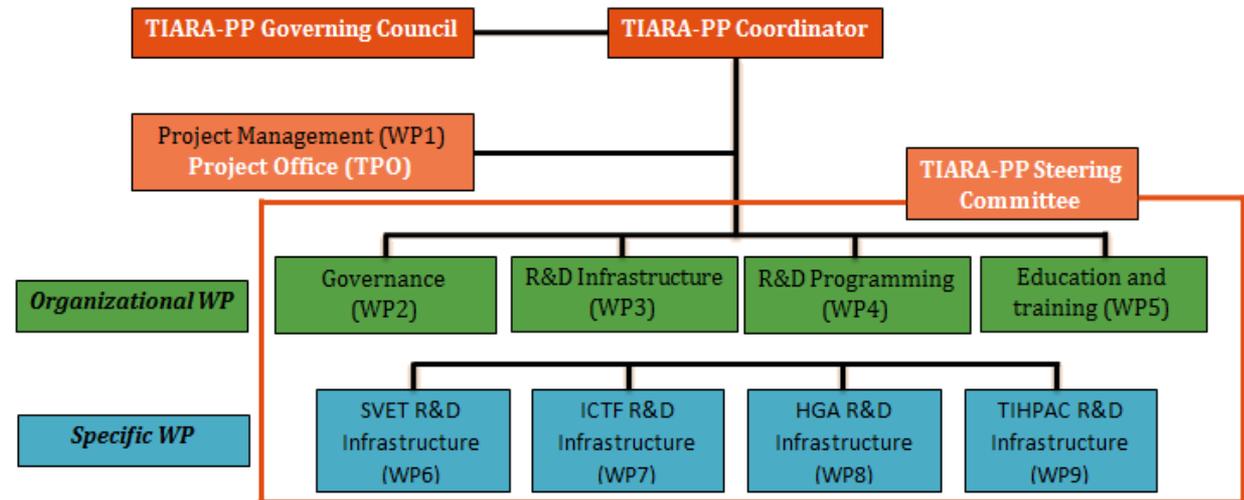
EL PROYECTO TIARA



OBJETIVOS

- ✓ El objetivo global de TIARA es facilitar y optimizar los esfuerzos de I+D en el campo de la ciencia de los aceleradores en Europa.
- ✓ Incorpora a un gran número de socios de diversos países europeos que incluyen Organizaciones Nacionales e Internacionales, Centro de Investigación, Universidades e Industrias.
- ✓ Está dividido en 9 WP, 5 de los cuales son de carácter administrativo y organizativo. Los otros 4 son técnicos y están dedicados a la mejora y/o realización de infraestructuras de I+D.

ESTRUCTURA



CONTRIBUCION CIEMAT A TIARA



WP2: Gobernanza

- ✓ Desarrollar la estructura de gobernanza de TIARA permitiendo la creación, la gestión y la operación de las instalaciones distribuidas de aceleradores que se proponen en Europa.

WP3: R&D Infraestructuras

- ✓ Integrar y optimizar las infraestructuras para la I+D en aceleradores en Europa.
- ✓ Identificar sinergias entre las diferentes infraestructuras existentes.
- ✓ Identificar discrepancias entre las diferentes infraestructuras existentes y las futuras necesidades en el campo de los aceleradores.
- ✓ Garantizar que las necesidades de la comunidad de usuarios sean tenidas en cuenta.

WP4: Programa Conjunto de I+D

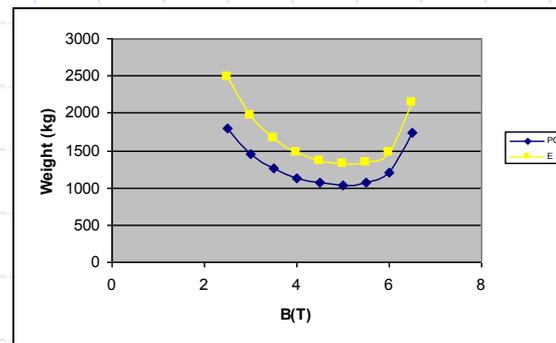
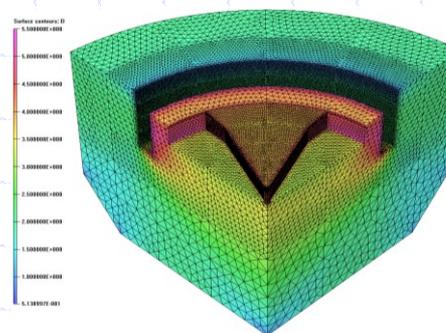
- ✓ Desarrollar una metodología común para el arranque, la evaluación de costes y la implementación de un I+D conjunto y sostenible.
- ✓ Identificar las actividades en ciencia de aceleradores que deban ser desarrolladas por una comunidad amplia, dentro de la infraestructura de TIARA.

WP5: Educación

- ✓ Desarrollar las estructuras y mecanismos que permitan una educación eficiente y una formación de los recursos humanos que facilite su intercambio entre los participantes.

ACTIVIDADES EN EL CICLOTRON PET

Se trata de desarrollar un ciclotrón superconductor compacto para la producción de radioisótopos en técnicas PET. Es un proyecto de alto interés para el grupo de aceleradores porque implica el desarrollo completo de su primer acelerador de partículas, que además sería de última generación.

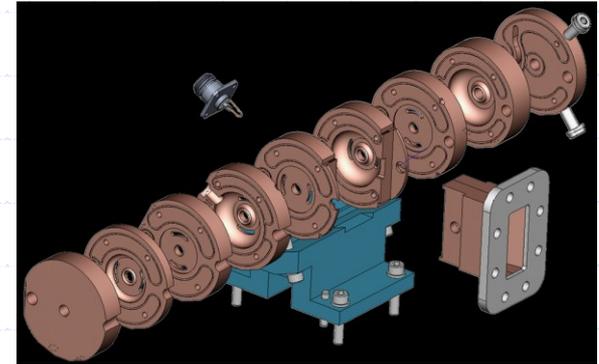
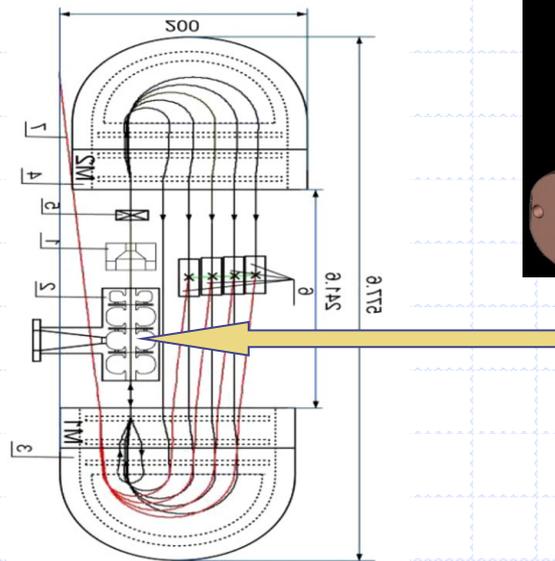
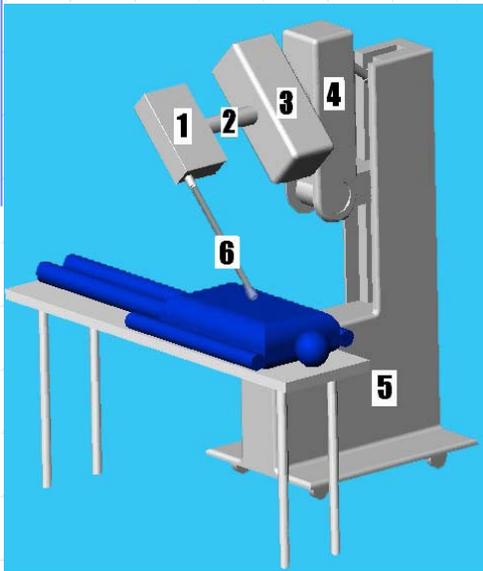


PARAMETRO	VALOR	UNIDADES
Tipo	Clásico	
Energía	> 8,5*	MeV
Corriente	>10 μ A	μ A
Iones	H-	
Imán	Superconductor Baja Tc	
Campo Magnético Central	4*	T
Tensión de aceleración /gap	70	kV
Radio de extracción	105,3	mm

La actividad del grupo en este proyecto consiste en el cálculo y diseño de todos los componentes de la máquina, que será fabricada por la industria. La operación del primer prototipo también se realizará en el CIEMAT.

ACTIVIDADES EN EL MICROTRON

Es un acelerador tipo microtrón en pista (racetrack) para aplicaciones de cirugía intraoperatoria. CIEMAT ha participado juntos con otros socios liderados por la UPC.



La actividad del grupo en este proyecto ha sido la de diseñar y construir el LINAC del acelerador, tarea ya concluida, con pleno éxito. Actualmente el proyecto se encuentra en fase de integración de componentes.