GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

Ciemat

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

CONTRIBUCIÓN TÉCNICA DEL CIEMAT AL EXPERIMENTO DOUBLE-CHOOZ.

Enrique Calvo Alamillo
Jose Miguel Ahijado
Antonio Verdugo

Madrid, *10 Marzo 2010*

ÍNDICE

1.- El experimento Double-Chooz. (E. Calvo)

2.- Desarrollo del proyecto. (E. Calvo)

2.1.- Ensamblaje fotomultiplicadores y estructura soporte en Buffer.

1. *Situación inicial.*
2. *Primeras aproximaciones al soporte final de los PMTs.*
3. *Versión previa a la final.*
4. *Versión final.*
5. *Test de flotabilidad.*
6. *Limpieza, tratamientos, Ensamblaje y embalado.*

2.2.- Útiles de instalación en el detector.

1. *Gamma catcher.*
2. *Target.*

3.- Carga de trabajo CIEMAT. (E. Calvo)

4.- Elementos fabricados por el CIEMAT para el 'detector lejano', y en proceso para el 'detector cercano'. (E. Calvo)

4.1.- Útiles de instalación en el detector.

4.2.- Piezas de acrílico e inoxidable del ensamblaje y soporte de los PMTs.

4.3.- Útiles de posicionamiento para taladro y soldadura.

4.4.- Montajes de mecanizado para facilitar ensamblaje de los PMTs.

5.- Limpieza, tratamientos, Embolsado, Ensamblaje en Heidelberg e instalación en Chooz. (J. Ahijado)

5.1.- Limpieza, tratamientos embolsado y embalaje en el Ciemat.

1. *Acrílicos .*
2. *Inoxidable (raíles circulares y lineales , soportes y patas).*
3. *Inoxidable (tornillería).*
4. *Nylon (tornillos y abrazaderas).*

5.2.- Ensamblaje en Heidelberg.

1. *Limpieza cilindros en sala semi-limpia.*
2. *Ensamblaje PMT en sala limpia .*
3. *Empaquetado PMT.*

5.3.- Instalación en Chooz.

1. *Colocación de raíles.*
2. *Pre-test.*
3. *Instalación patas.*
4. *Instalación PMT.*
5. *Enrutado y conexionado de cables.*
6. *Post-test.*
7. *Toma de fotogrametría.*
8. *Retirada de las 4 marcas de fotogrametría y bolsa protectora.*

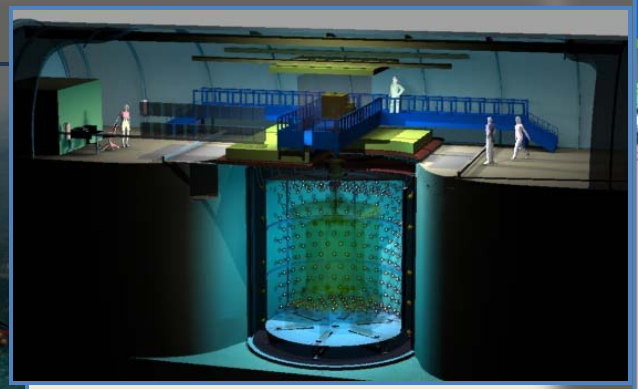
6.- Aportación Electrónica.(A. Verdugo)

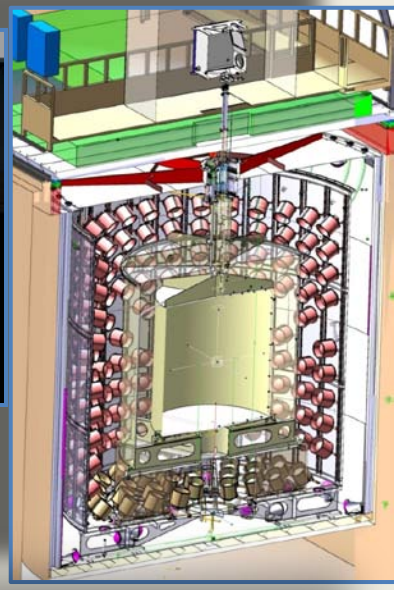
6.1.- Splitters.

6.2.- Otras aportaciones electrónicas al experimento.

7.- Conclusiones. (A. Verdudo)

1.- El experimento DoubleChooz.





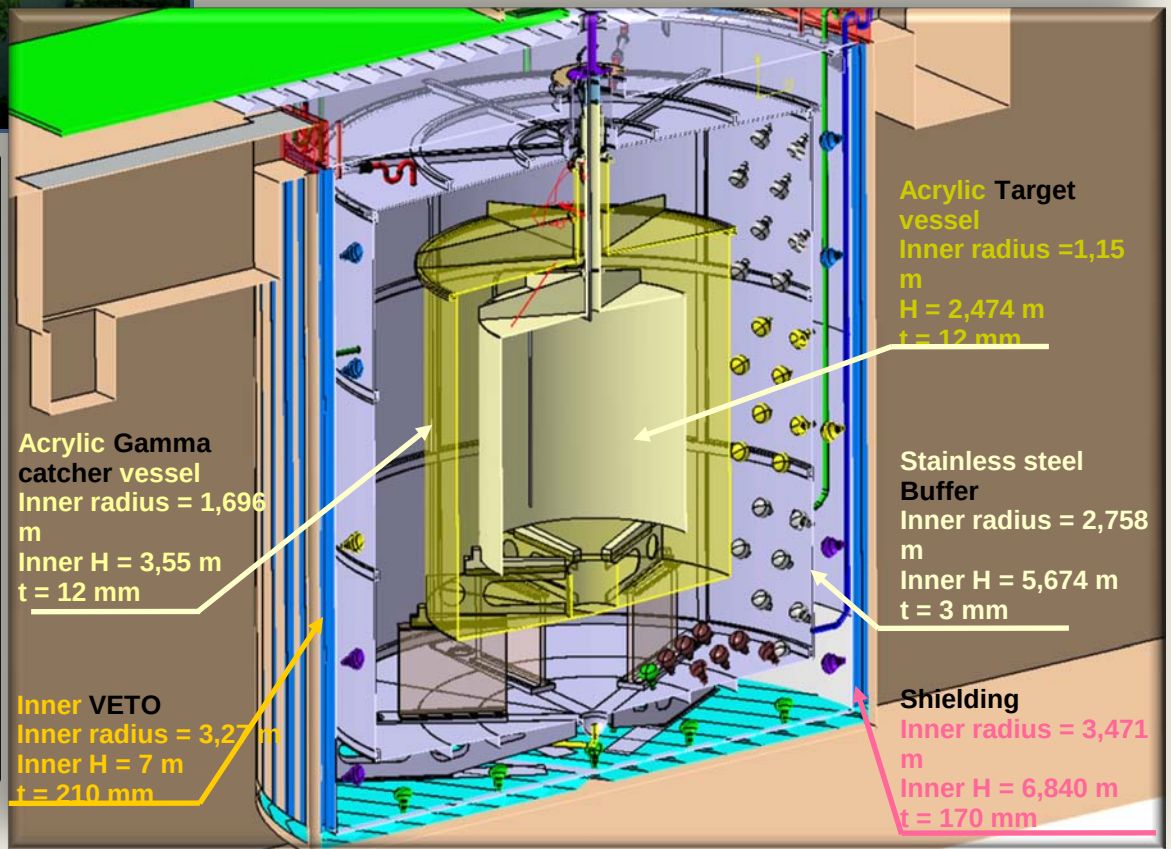
El experimento Double-Chooz. Esta ubicado en la central nuclear de Chooz en la región de las Ardenas (Francia).

Se engloba en la vertiente de la Física de Partículas que se ocupa de los experimentos de oscilaciones de neutrinos que tienen lugar en laboratorios subterráneos. Utilizando los reactores como fuentes de neutrinos.

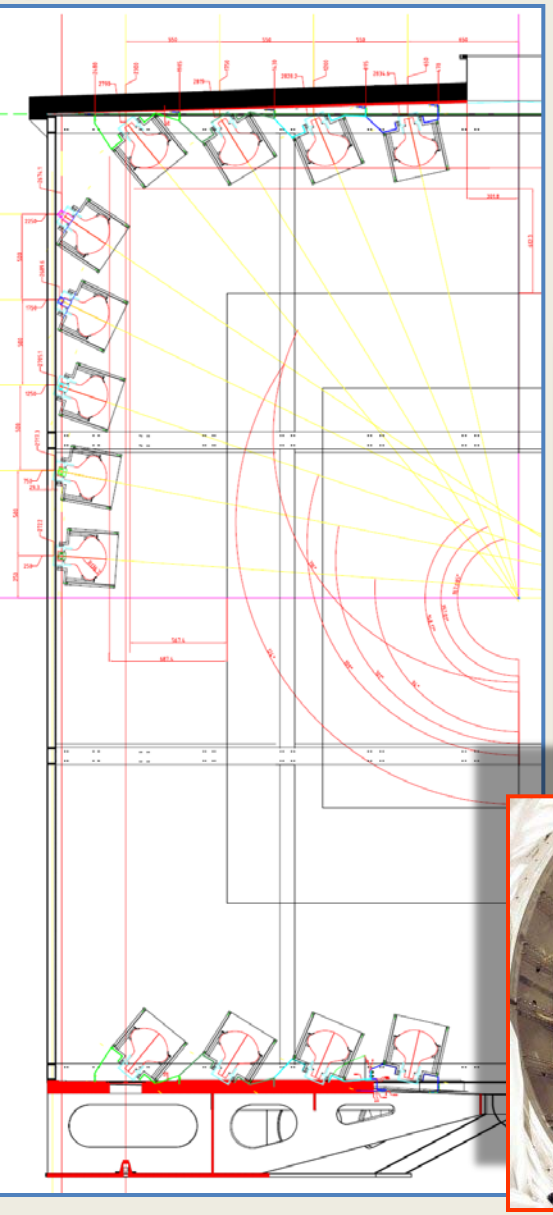
Dos detectores idénticos:

Cercano ~400 m. (detección neutrinos emitidos)

Lejano ~1 km. (detección evolución de los neutrinos con distancia)



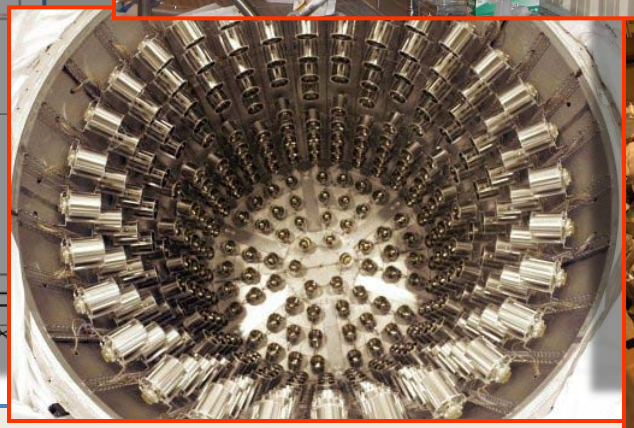
2.1.-Ensamblaje fotomultiplicadores y estructura soporte en Buffer.

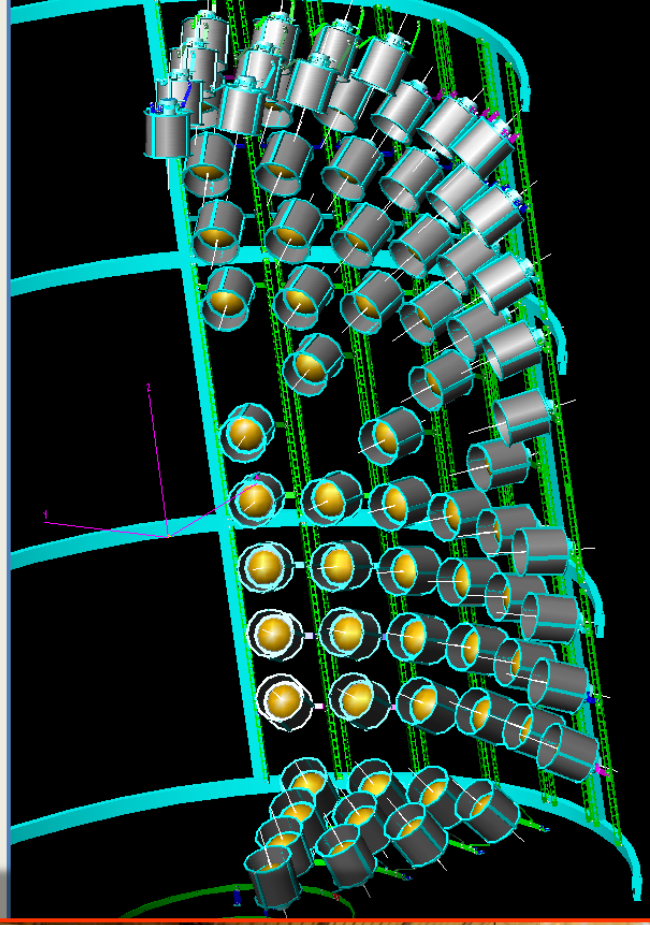


Definición distribución de los foto-multiplicadores sobre el Buffer. Iteración de simulaciones MC y comprobaciones de integración en los CAD 3Ds.

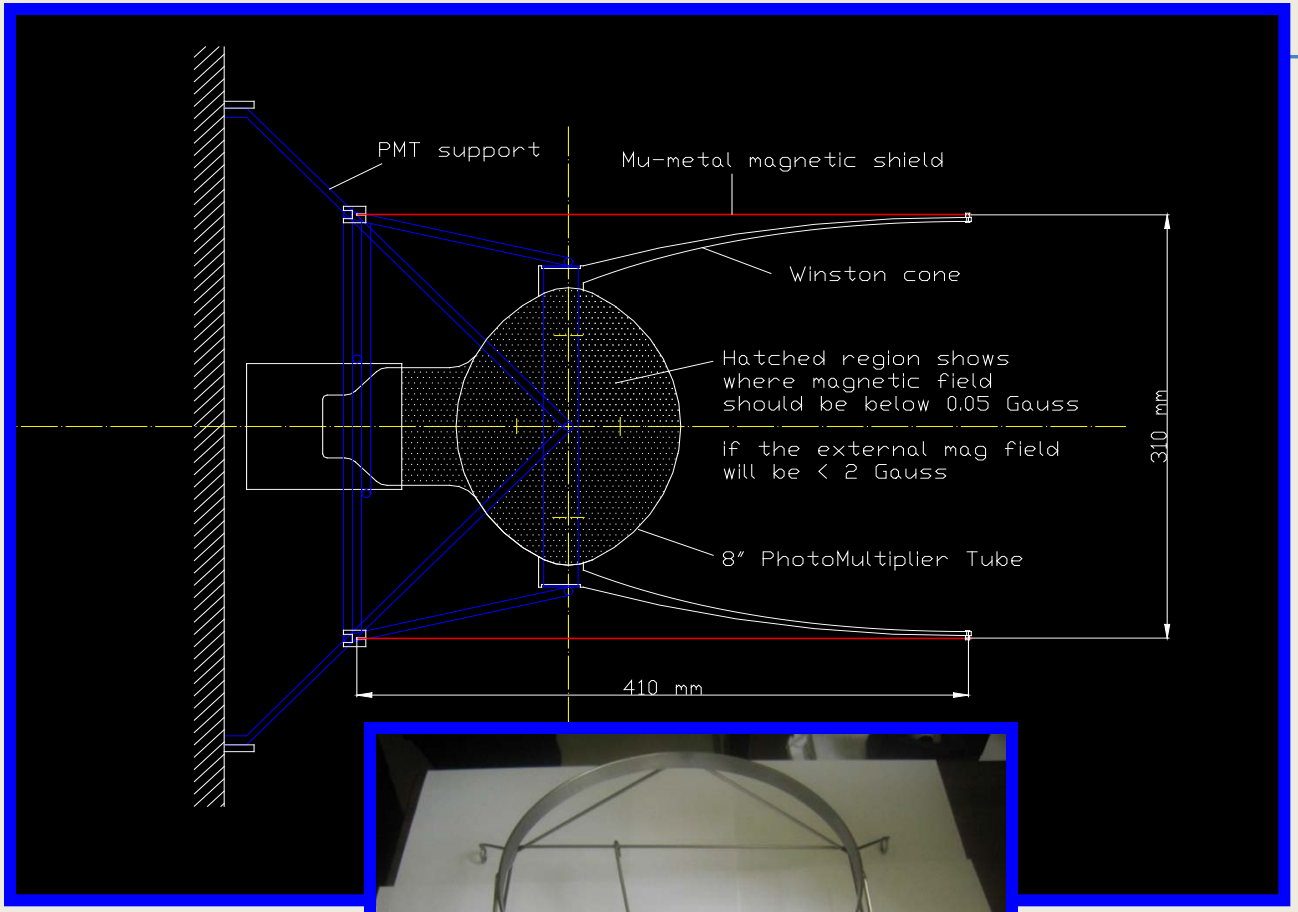
Se compone de 390 PMTs:

- *270 PMT en la zona cilíndrica.*
- *60+60 en la tapa y base.*





2.1.1.- Situación inicial



PMT 8”

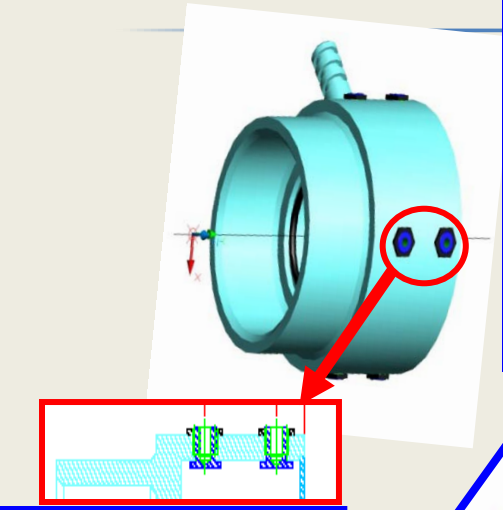
de Hamamatsu

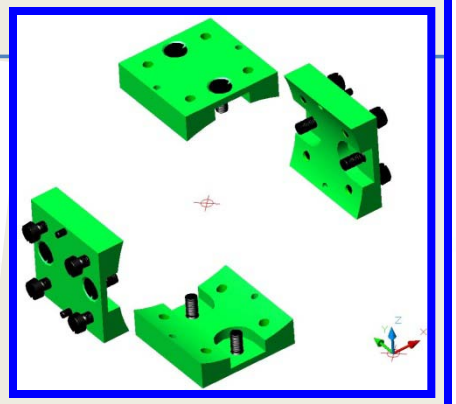
2.1.2.- Primeras aproximaciones al soporte final de los PMTs

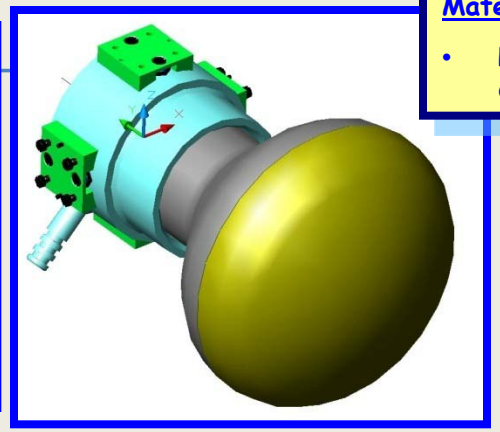
PMT 8” de Hamamatsu

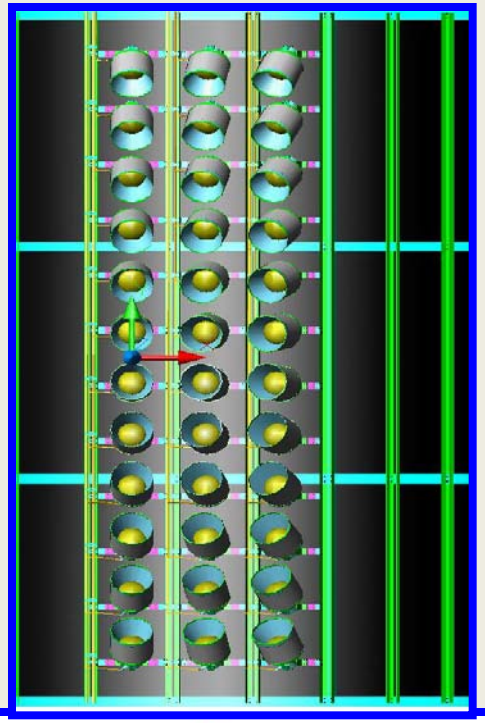
Materiales:

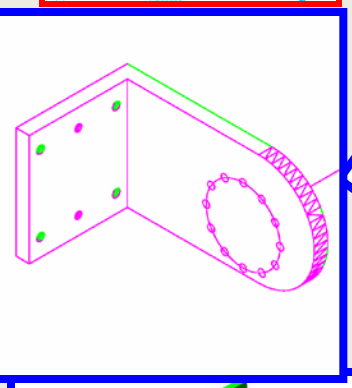
- Perfiles Comerciales de AL, tornillería de INOX. Blindaje μ-metal.

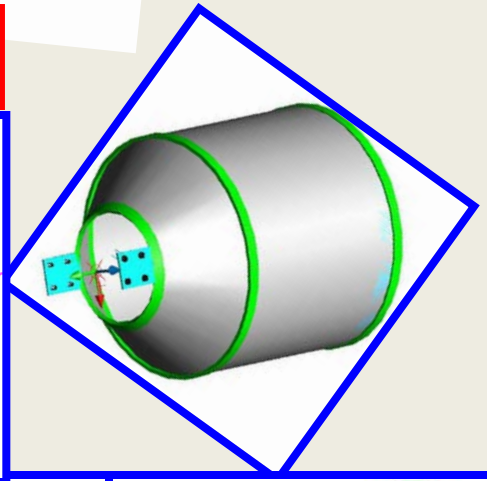


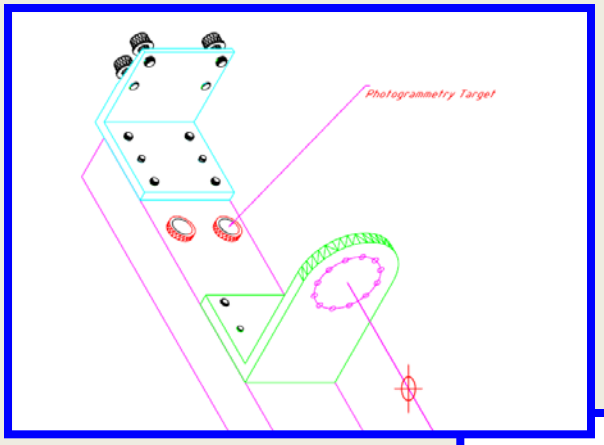


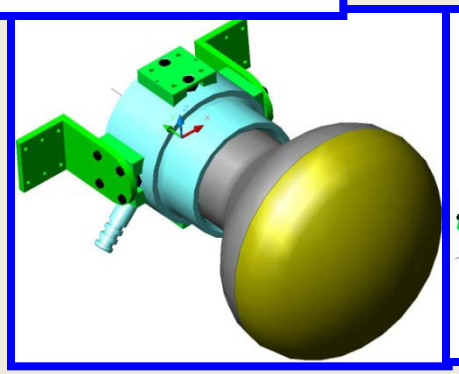


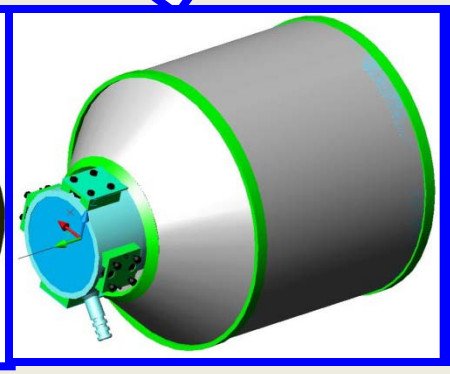


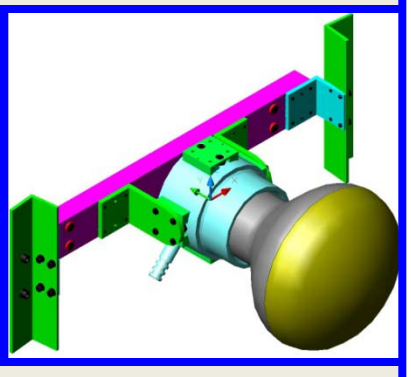


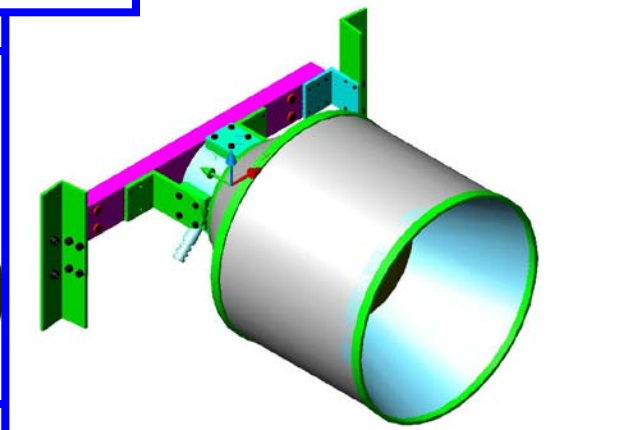




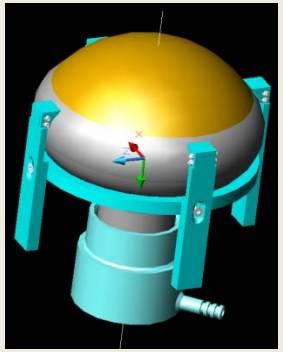
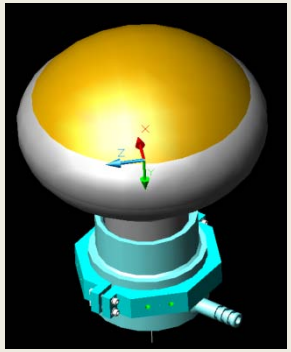
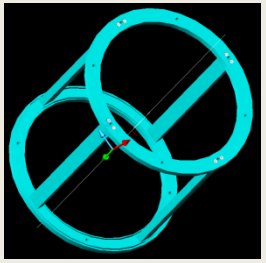
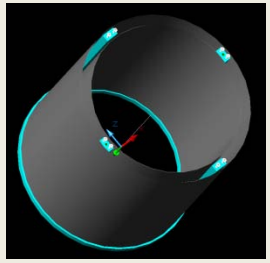
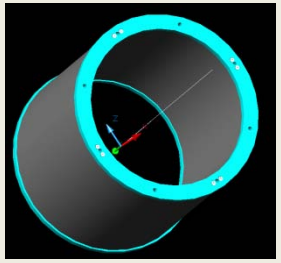








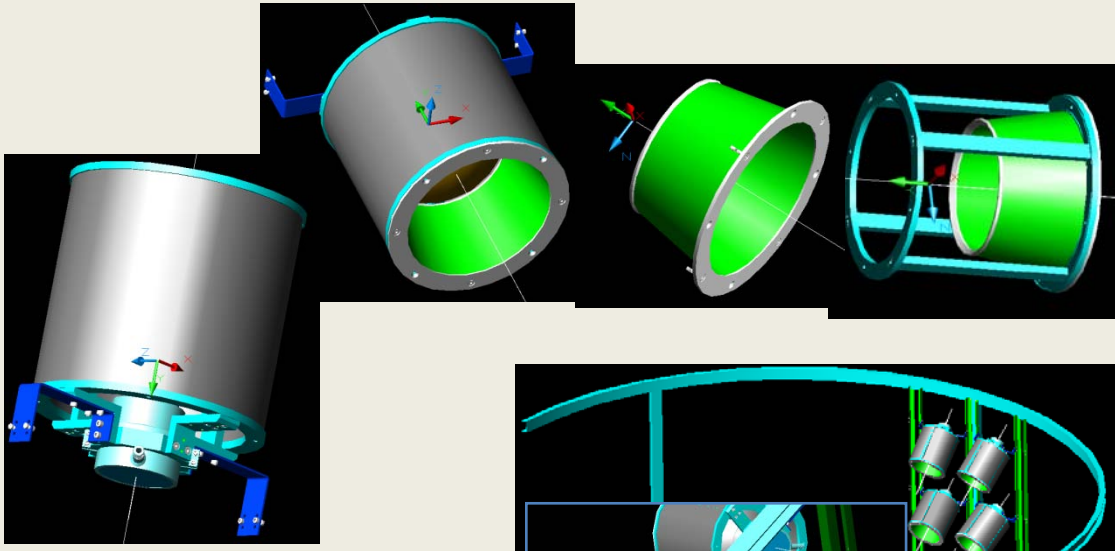
2.1.3.- Versión previa a la final.

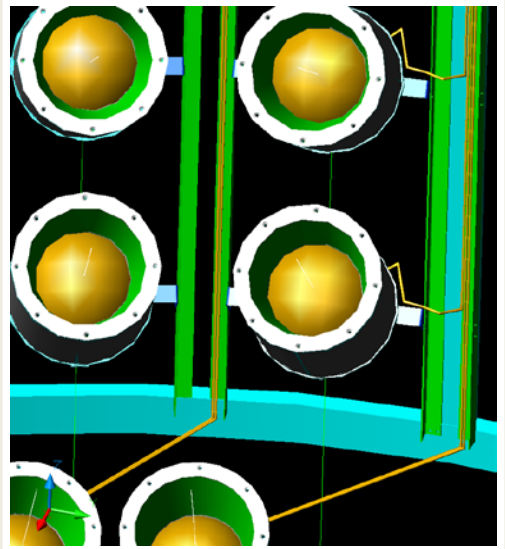
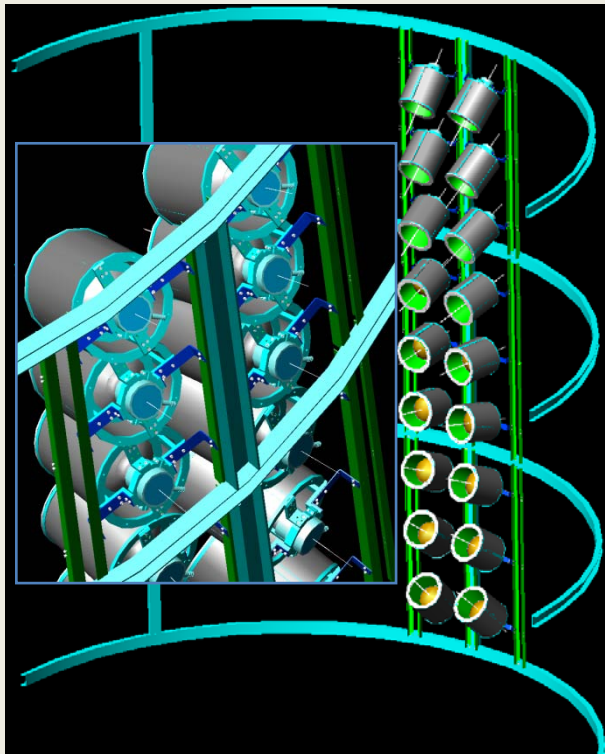






PMT 10” de Hamamatsu

Materiales utilizados:

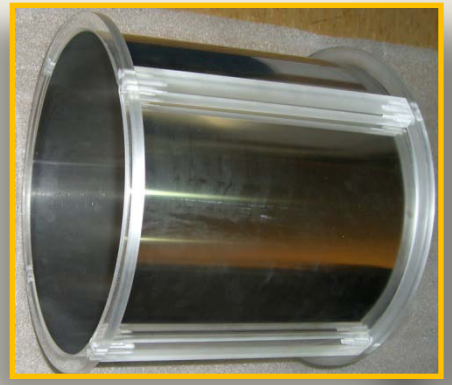
- *Soporte del PMT de Acrílico GS233.*
- *Estructura soporte de Inoxidable AISI 304L.*
- *Blindaje μ-metal.*

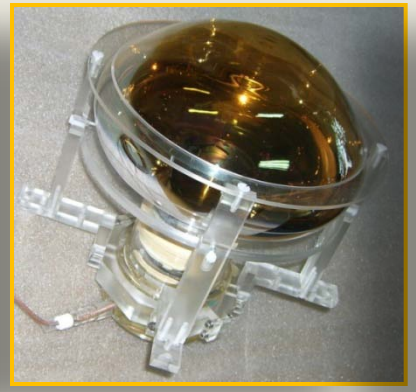


2.1.4.- Versión final. *Más de 3 años de desarrollo*

PMT 10” de Hamamatsu

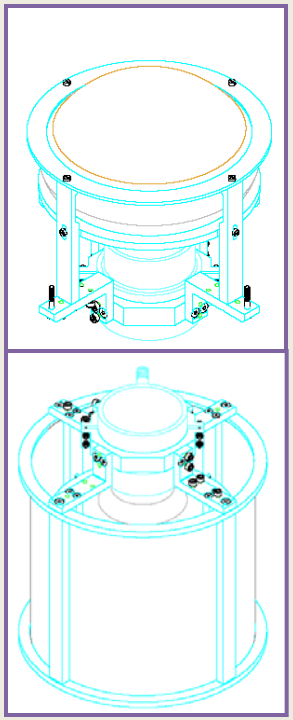


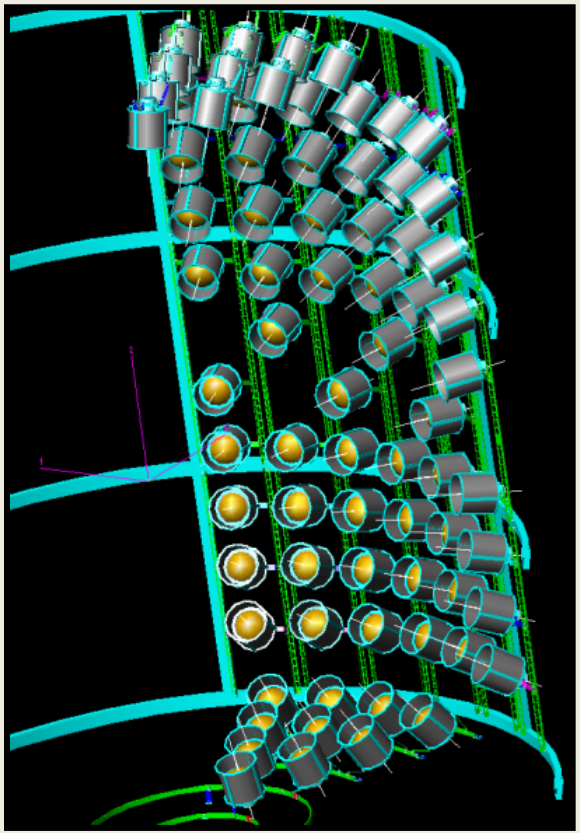


Materiales utilizados:

- *Soporte del PMT de Acrílico GS233.*
- *Estructura soporte de Inoxidable AISI 304L.*
- *Blindaje μ-metal.*
- *Sin concentrador.*
- *Tornillería Inoxidable y nylon.*

*La **fabricación** de la estructura soporte de los PMTs, ha llevado a la fabricación de unas **10.000 piezas** de acrílico e inoxidable, fabricadas en los **talleres generales del Ciemat**.*

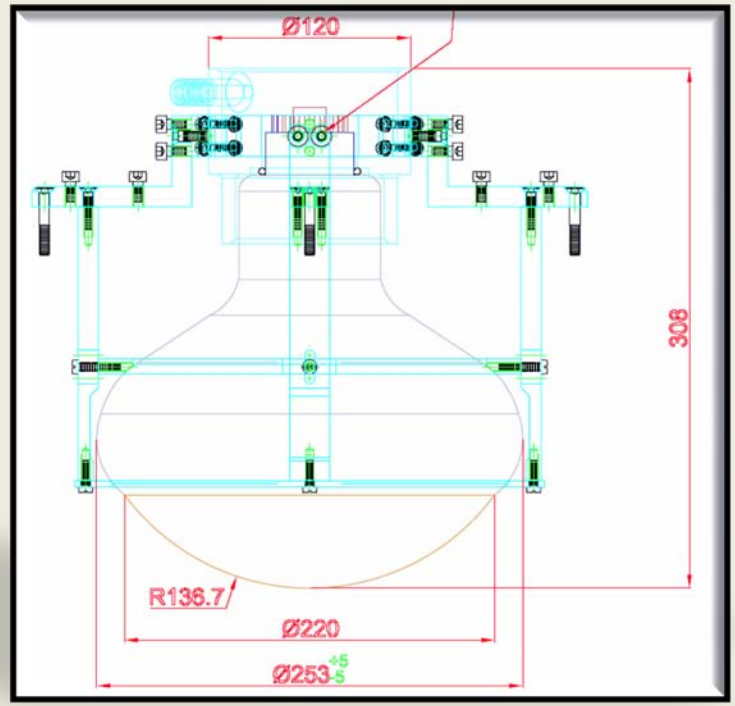


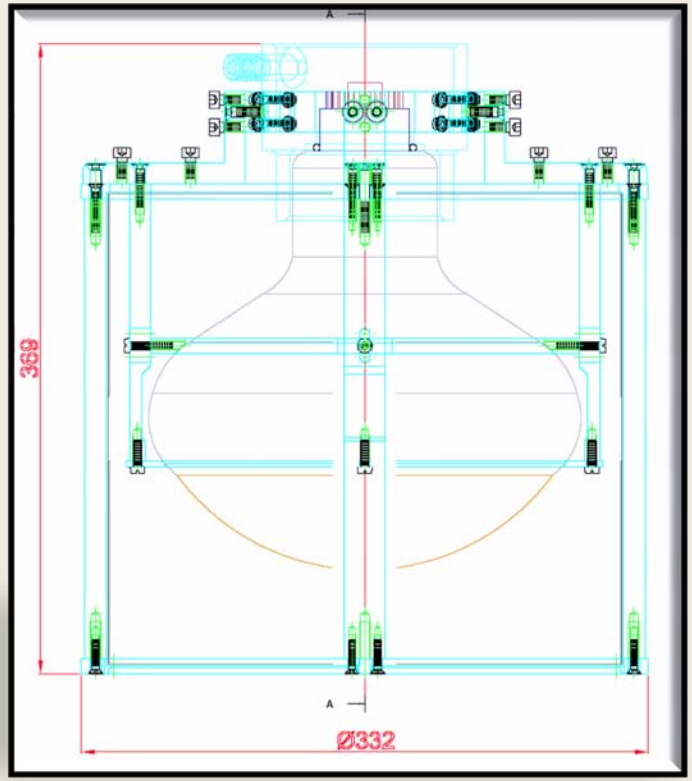


+Parámetros mecánicos del diseño final.

Ensamblaje de los PMTs.

Compuesto por 1.5 kg de Acrílico y 1.1 kg de blindaje magnetico (μ-metal). Y 3 kg el PMT.





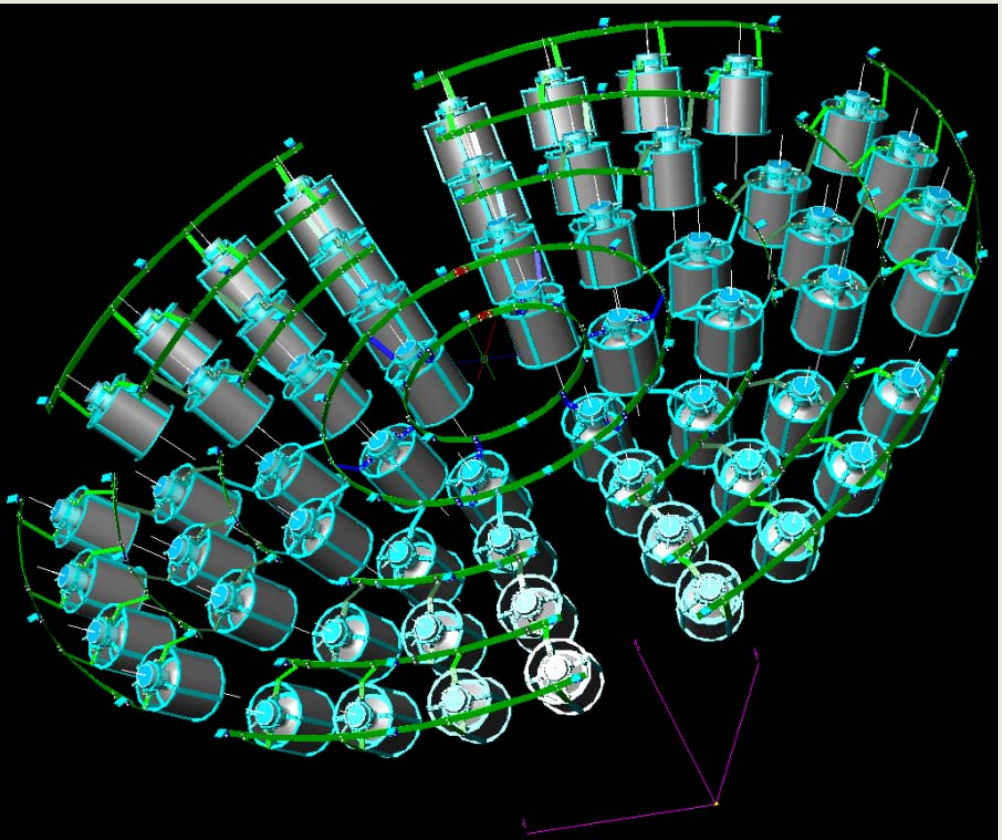
Peso total de material colocado en el detector:

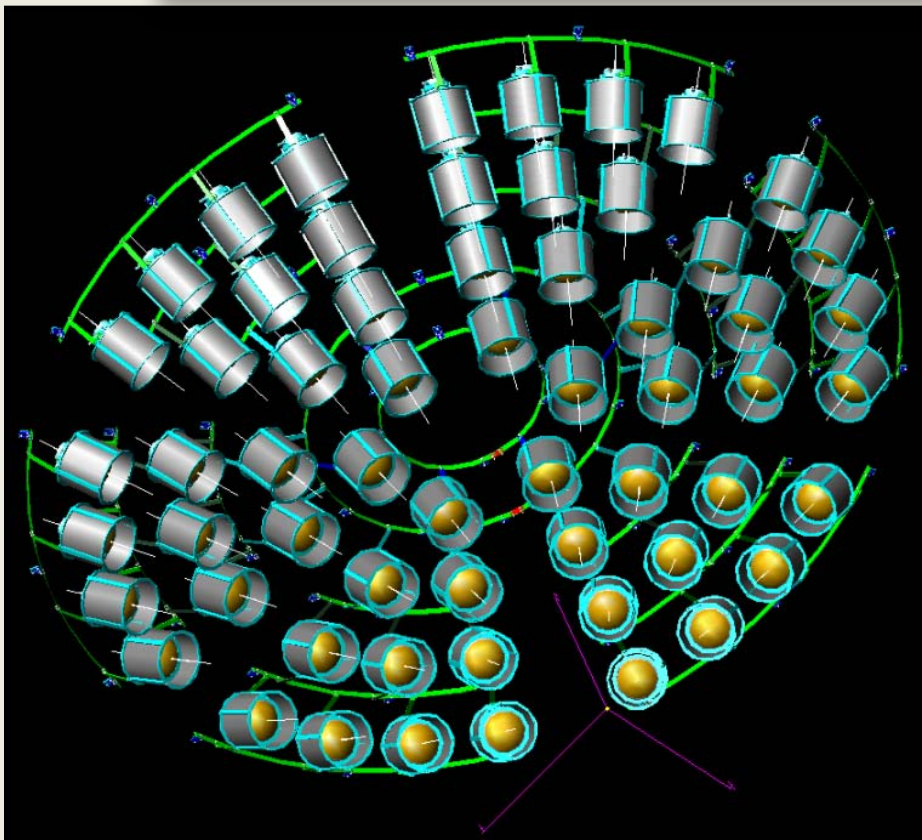
-Acrílico…….541 kg. Tornillería de inox…….20 kg.

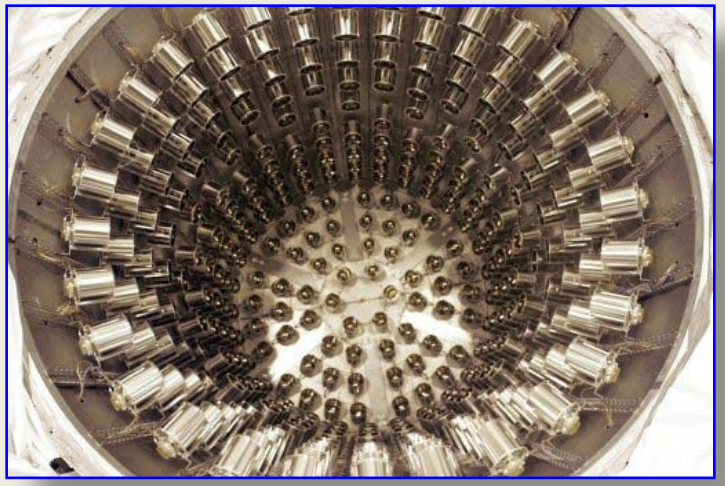
-Blindaje μ-metal ……440 kg. Tornillería de Nylon 6.6 …….25 kg.

-Inox 304 L……..459 kg. Bridas de Nylon ……15 kg.

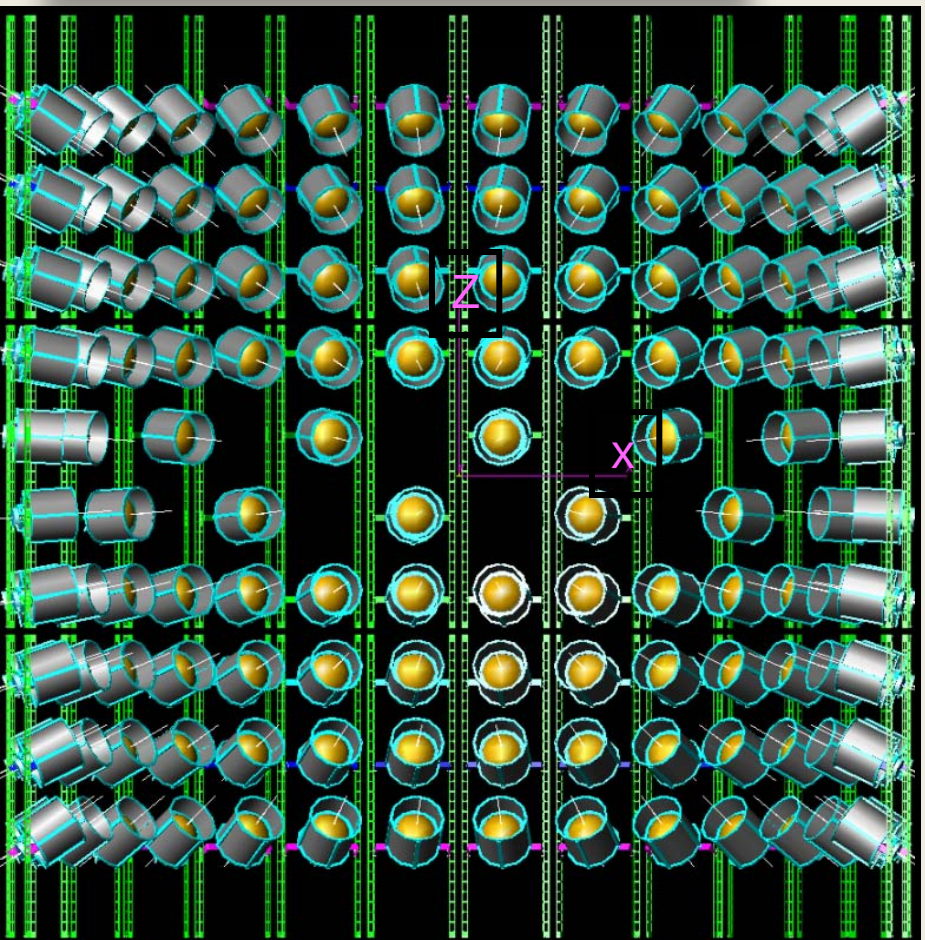
+ Distribución PMTs en la Tapa.

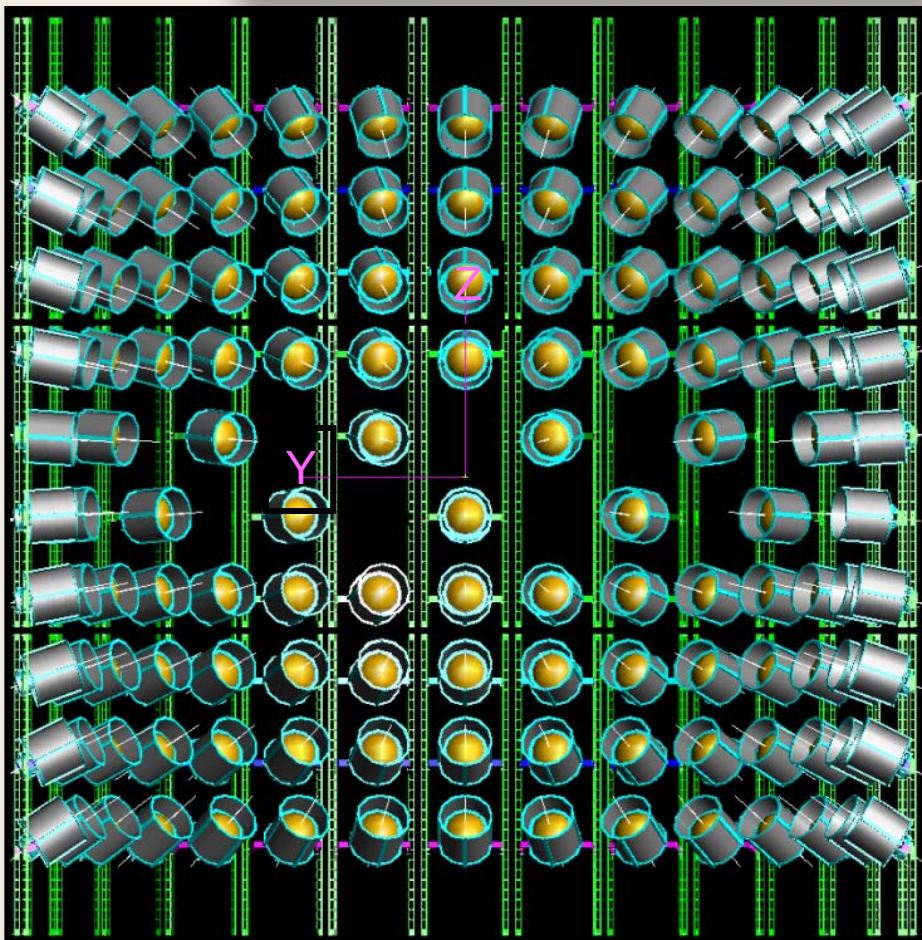


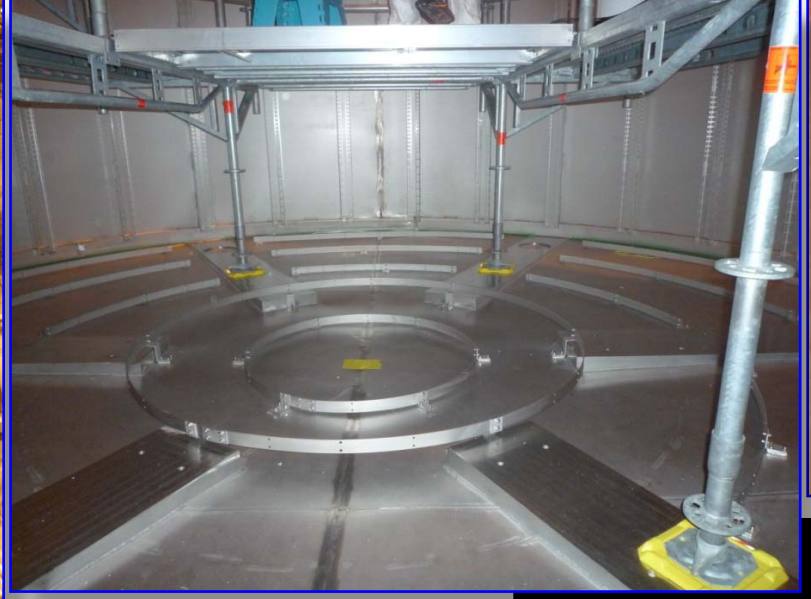




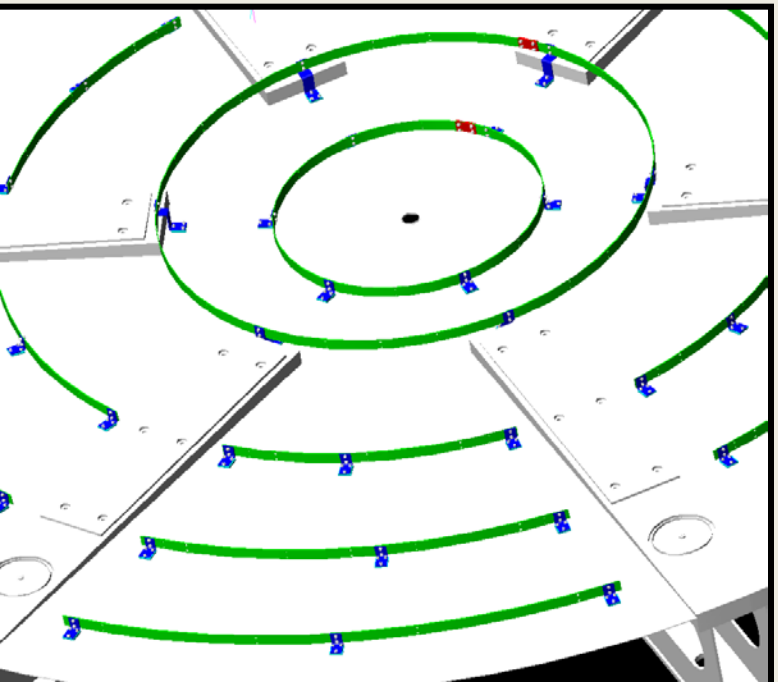
+ Distribucion de PMTs en pared cilindrica.

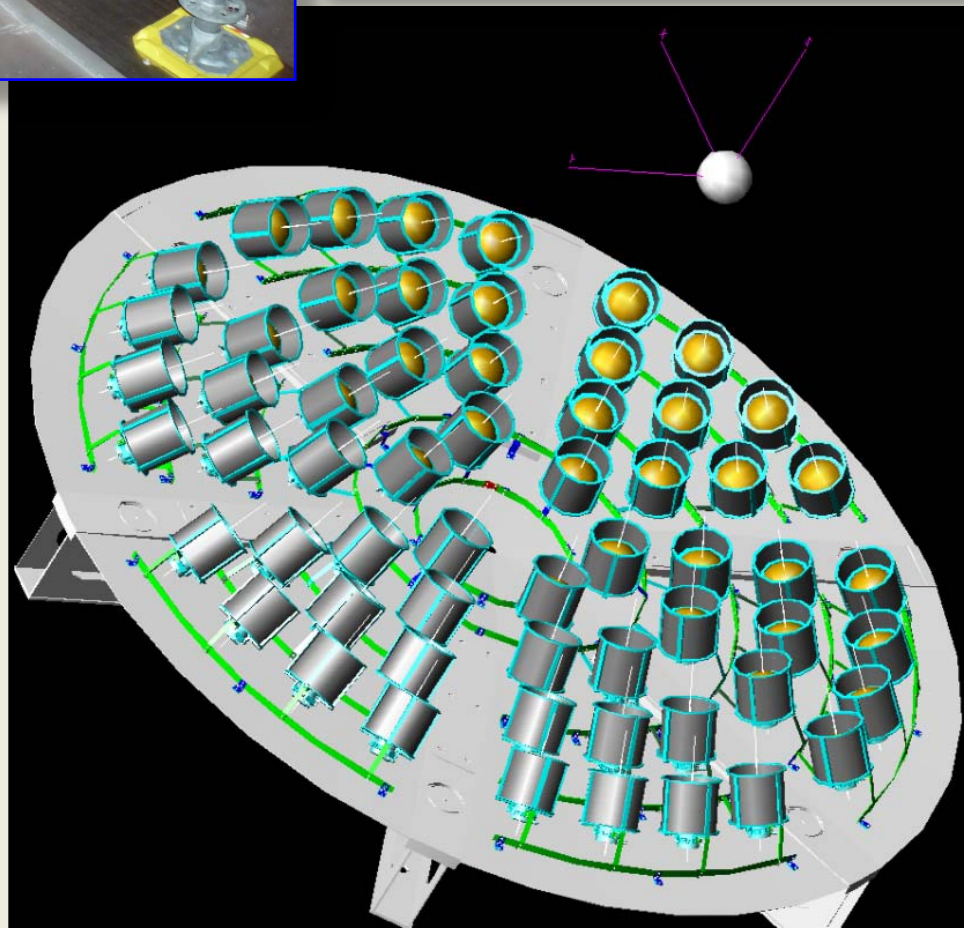






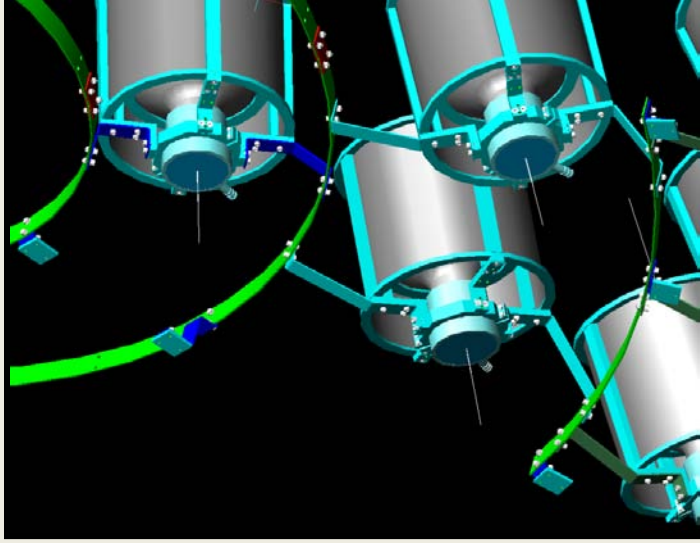
+ Distribucion de PMTs en la base.

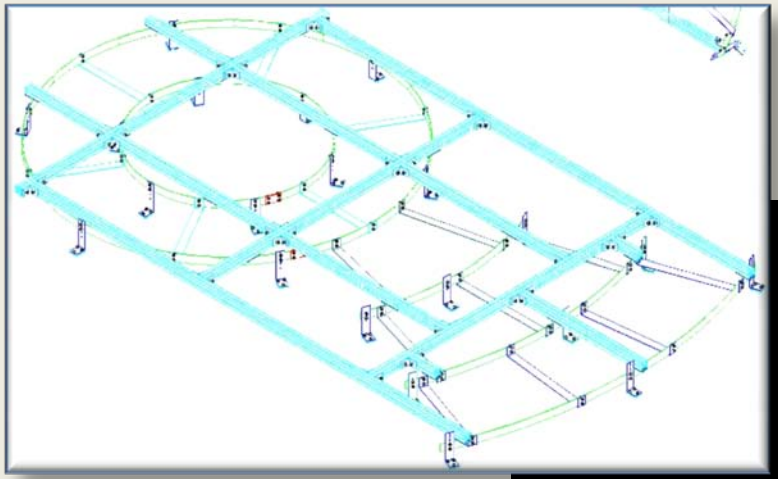




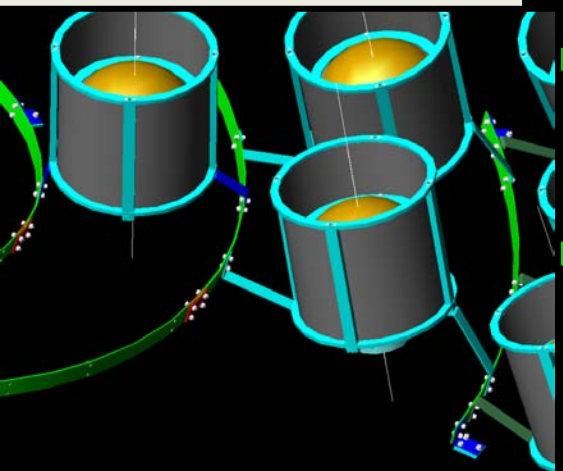
+ Estructura de fijación de los PMTs a la tapa y base del Buffer.

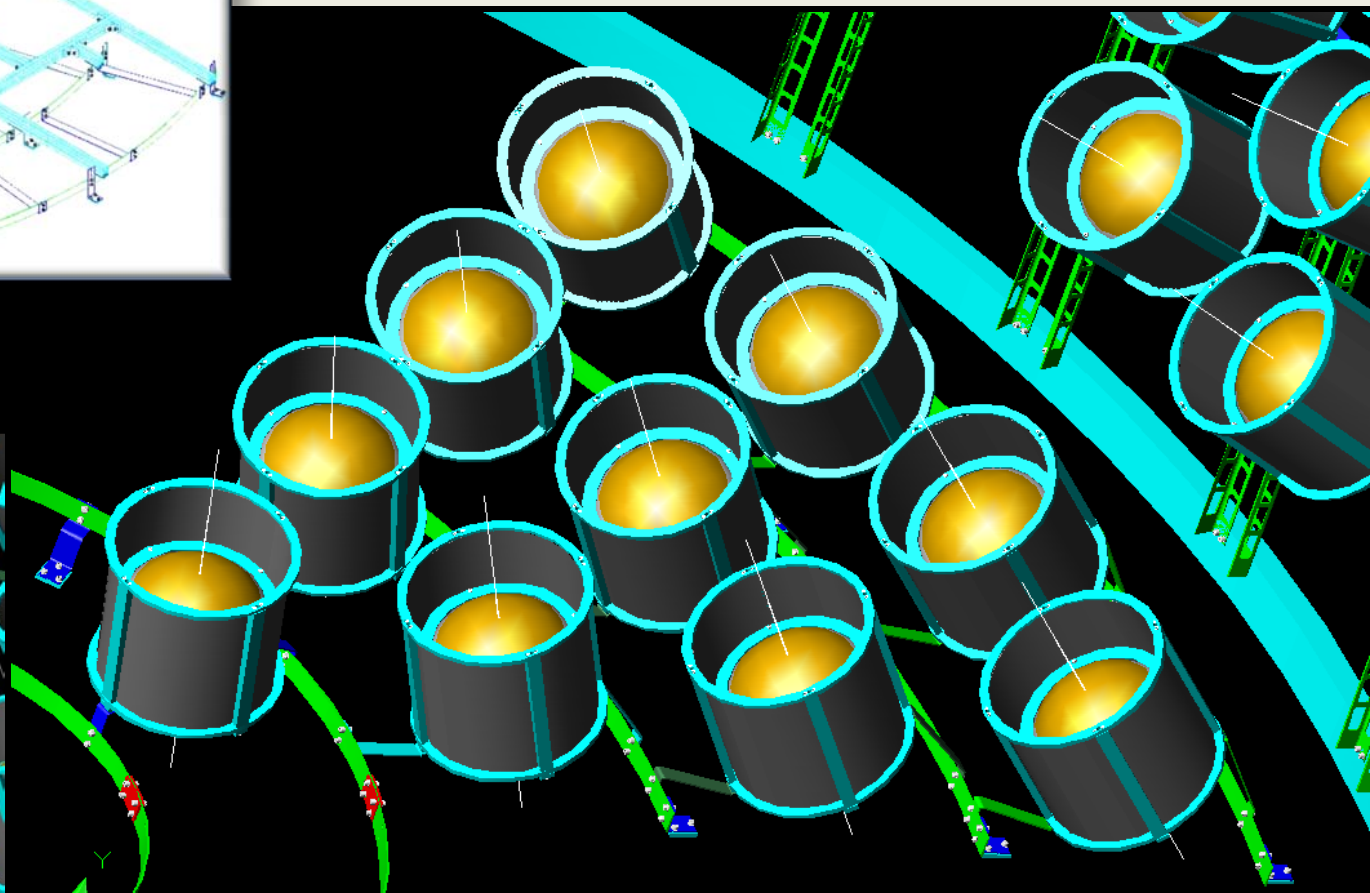
Compuesta de 2 anillos centrales y 3 sectores circulares (cada 60º).
Fijados sobre una serie de piezas soldadas a la pared de la tapa y base a través de tornillería de inoxidable de M6.
Útil de soldadura para posicionamiento piezas a soldar.



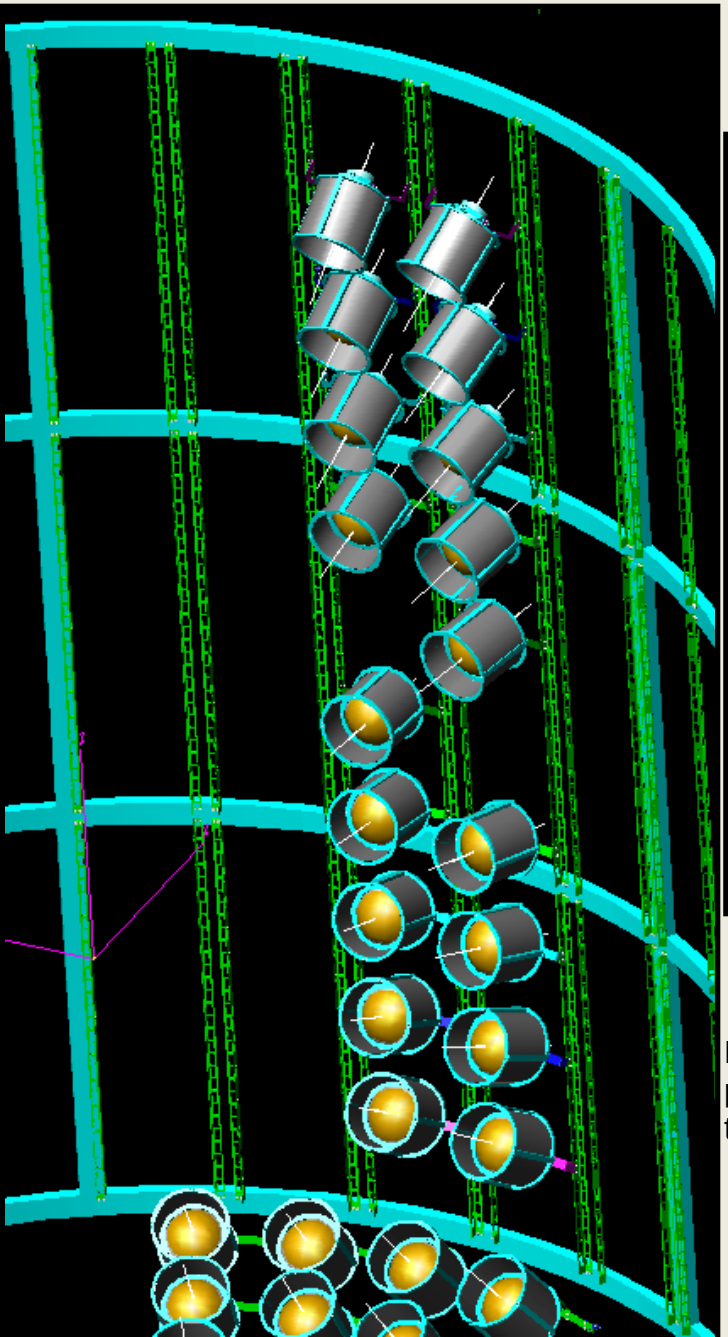


Los PMTs están fijados a esta estructura con tornillería de inoxidable M6.

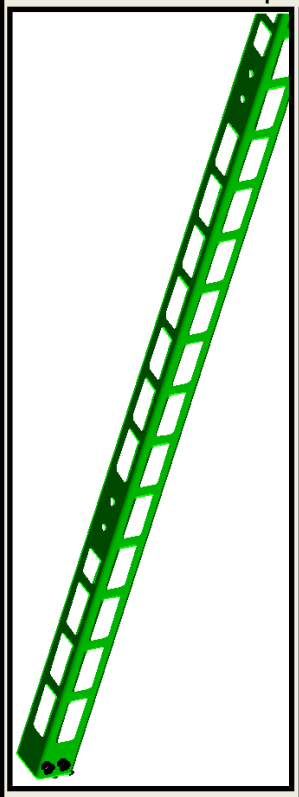


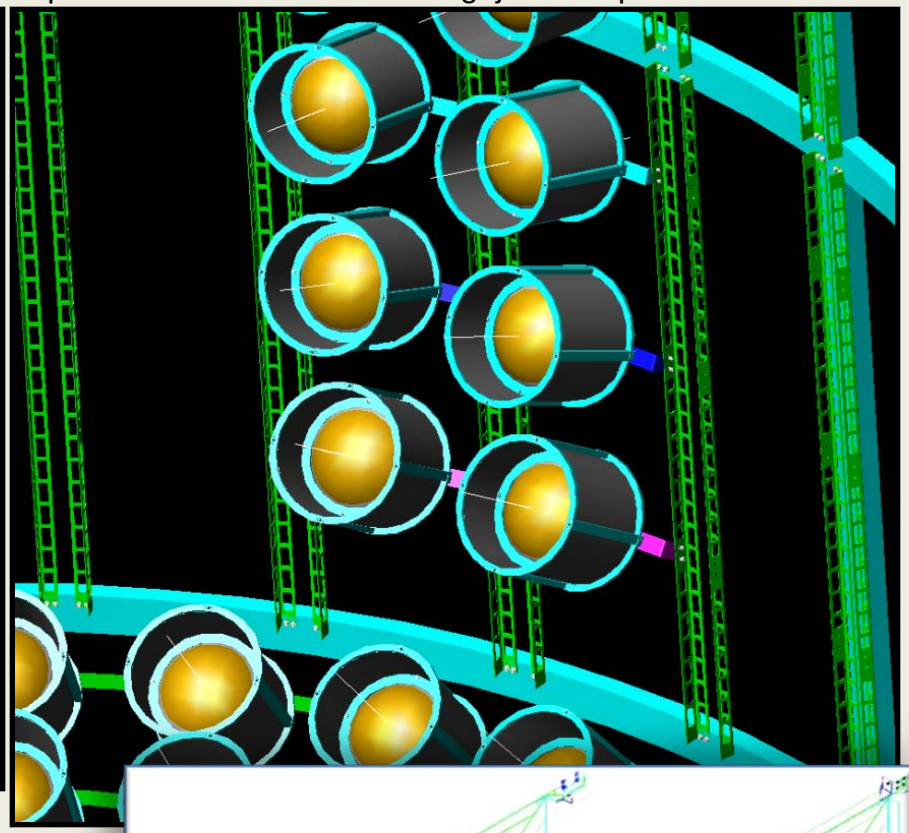


+Estructura de fijación de los PMTs a la pared cilindrica del Buffer.

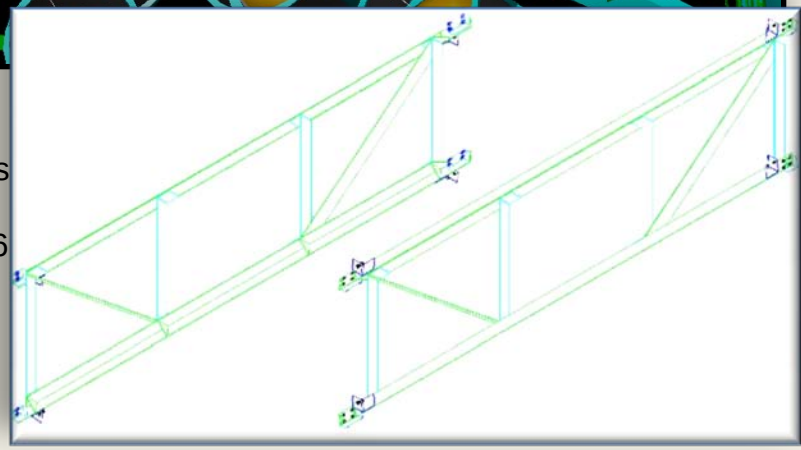


Estructura compuesta por 30 sectores circunferenciales con 2 railes verticales independientes, por cada uno de los 3 diferentes niveles. Fijados a los refuerzos circunferenciales del Buffer, a través de tornillos de inoxidable de M6. Útil de taladrado para posicionamiento relativo de agujeros en pared.





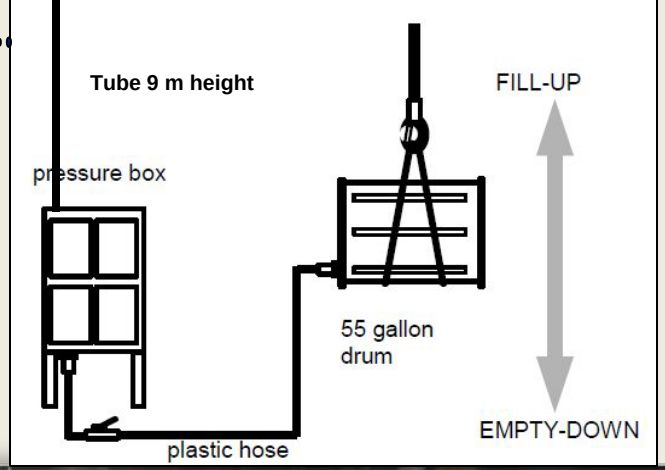
Los PMTs estan fijados a los perfiles en L mediante tornillos de inoxidable de M6



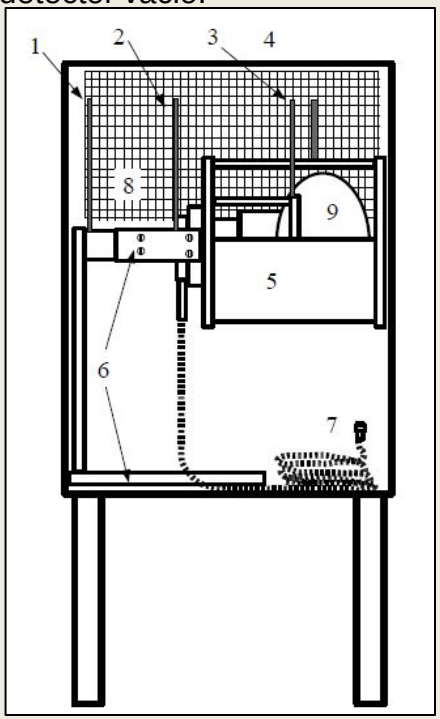
2.1.5.- Test de flotabilidad.

Peso /PMT:
-PMT+BASE, 3kg.
-Soporte Acrílico, 1.49 kg.
-μ-metal, 1.07 kg
Total ***~5.56 Kg****.*

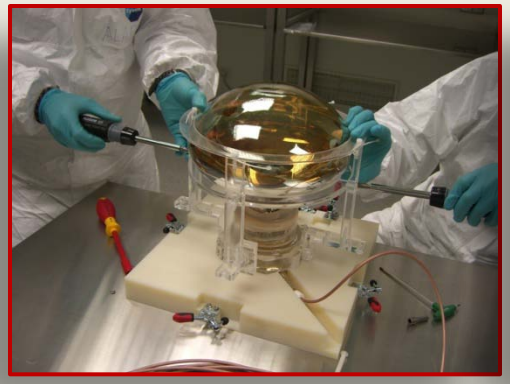
Volumen/PMT:
-PMT+BASE, 6.7 liters
-Acrylic support, 1.24 liters.
-μ-metal, 0.13 liters.
Total ~8.07 liters.



'*Fuerza de empuje' del aceite* ~ 6.4 kg (contrarrestada con el peso (5.56 kg)). La estructura no experimenta grandes fuerzas en funcionamiento. Situación más desfavorable con detector vacio.



2.1.6.- Limpieza, tratamientos, Ensamblaje y embalado.

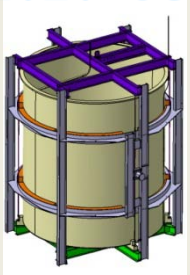


*Todas las cerca de 10.000 piezas fabricadas, han de ser **limpiadas y tratadas** siguiendo un detallado **procedimiento**, antes de poder ser utilizadas en el detector. Siendo diferente para cada tipo de material.*

*Finalmente estas son embaladas, en el Ciemat, en dobles bolsas herméticas en sala blanca para su transporte a MPIK de Heidelberg, donde se procedió a **ensamblarlas**, utilizando **montajes de mecanizado** diseñados a tal efecto, en **sala blanca** para salvaguardar esa limpieza, en cada uno de los más de **400 conjuntos** ensamblados.*

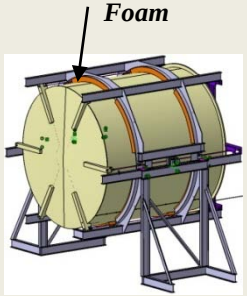
2.2.-Útiles de instalación en el detector.

2.2.1.- Gamma catcher

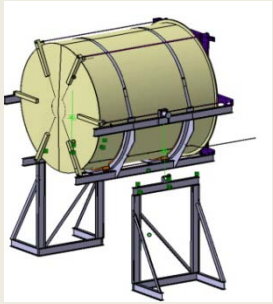


After the transportation

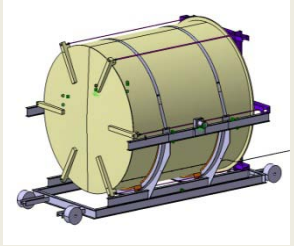
Installation of the tipper



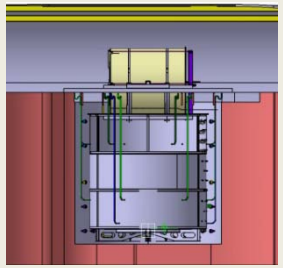
Swiveling of Gamma catcher



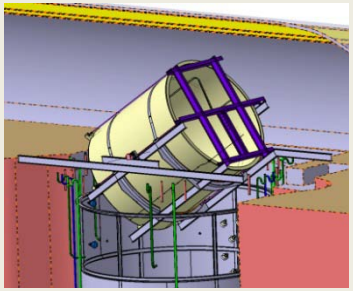
Lifting

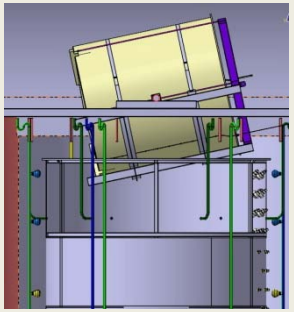


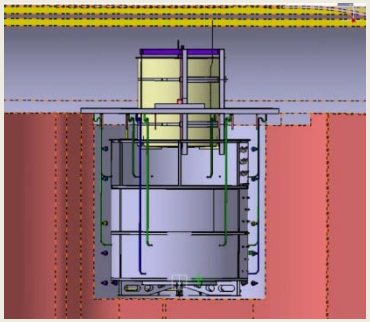
Installation on the crab and Descent in the tunnel



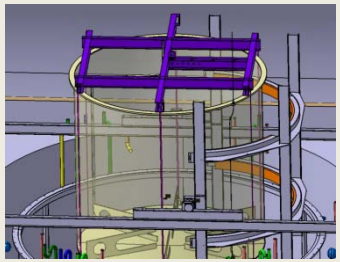
Swivelling over the pit



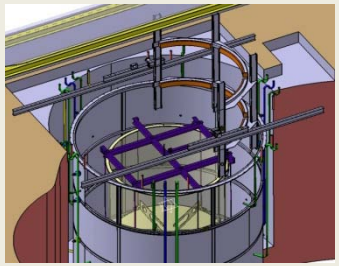


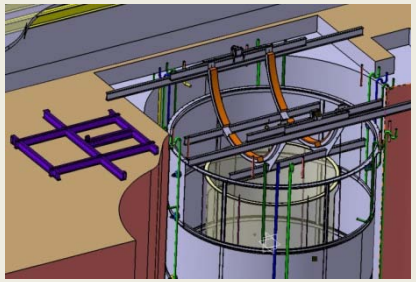


Gamma catcher – support separation

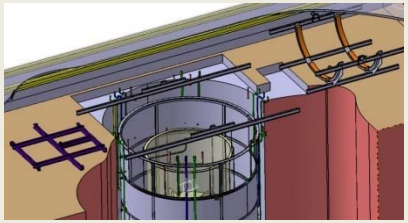


Gamma catcher down

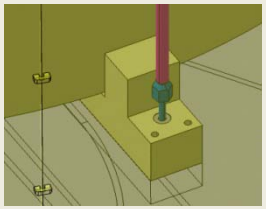


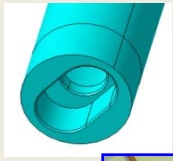


Support swivelling



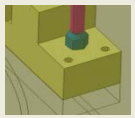
Support extraction

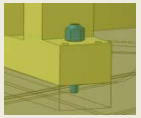




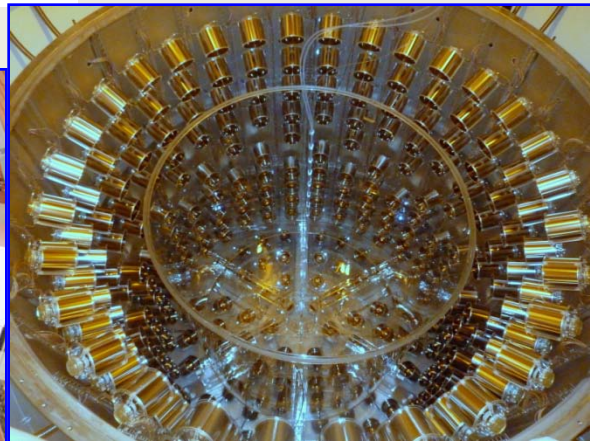
Screws tightening
With special tools

Tightening until screws clamping



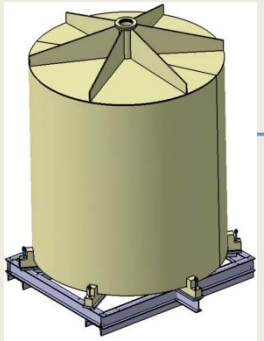


Special tools and tie rob extraction

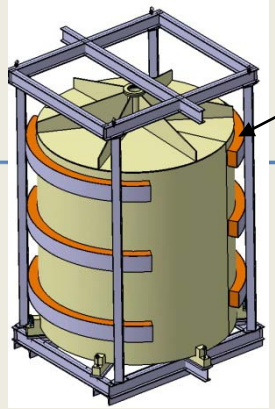


2.2.-Útiles de instalación en el detector.

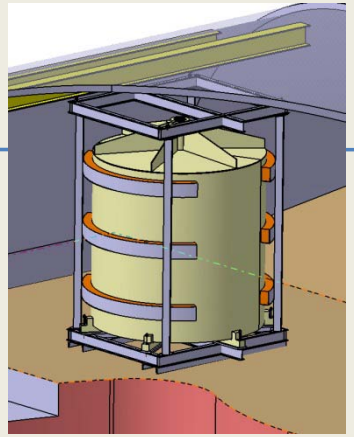
2.2.2.-Target



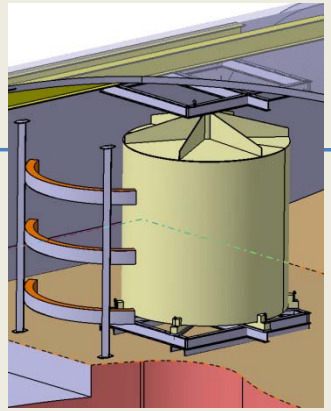
Target construction on the inferior frame (in industry)



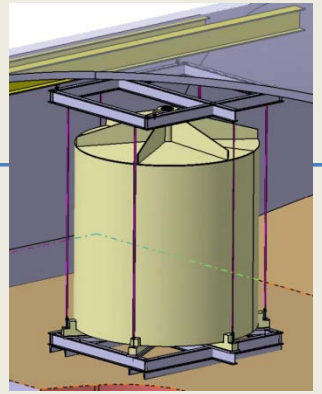
Target support frame



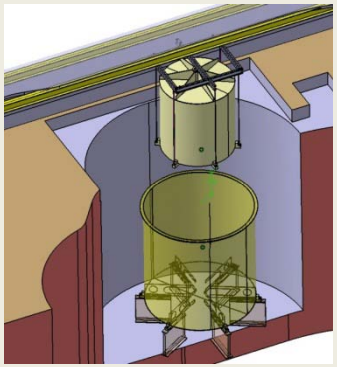
Descent in the tunnel with rider pallet truck



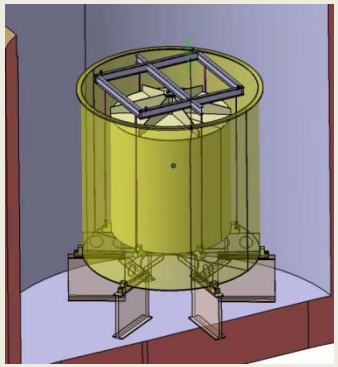
Support extraction



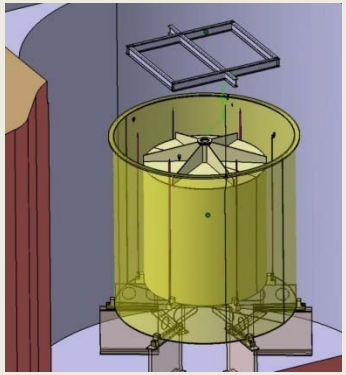
Installation of tie rod



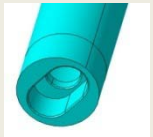
Positioning above The gamma catcher

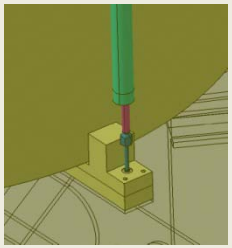


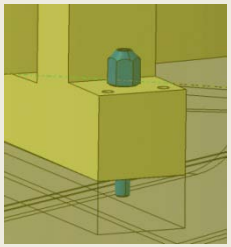
Target go down in the gamma catcher



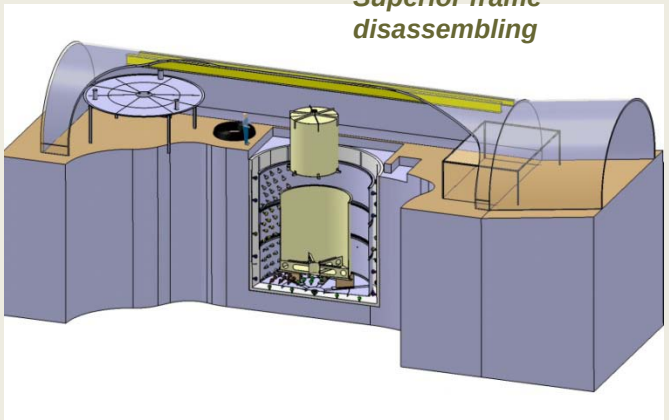
Superior frame disassembling







Screws tightening until screws clamping With special tools

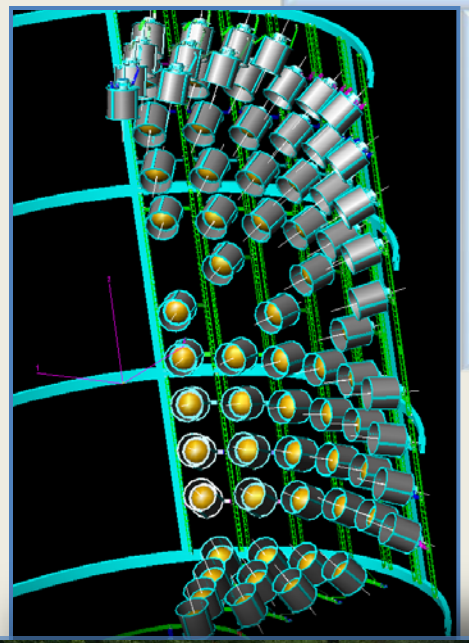


3.

Carga de trabajo CIEMAT

Cometido del ***Ciemat: diseño e integración, fabricación, limpieza, ensamblaje e instalación*** *de la* ***estructura soporte*** *de los foto-multiplicadores (PMT) en la región del Buffer y de las* ***piezas*** *que componen el* ***ensamblaje*** *de los foto-multiplicadores. Así como la fabricación de diferente* ***utillaje*** *para la instalación del detector. Detector Lejano y Cercano.* Por otro lado está el ***desarrollo de la electrónica, así como sus cableados y servicios asociados.***

Todos estos elementos, en su mayoría, se han fabricado en los talleres y departamentos del CIEMAT para el detector lejano, y se están fabricando para el próximo detector cercano. Y sin cuya colaboración no habría sido posible la materialización de este proyecto.

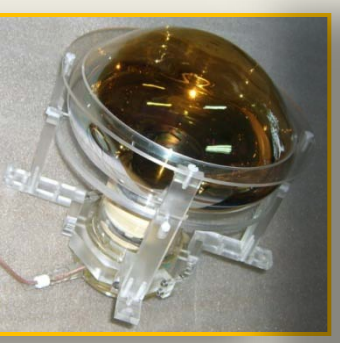


Finalizado: diseño del detector lejano, fabricación limpieza, ensamblaje de todos sus componentes e instalación de componentes en el detector lejano.

Realizando:. Fabricación y limpieza de componentes para el detector cercano.

A realizar: ensamblaje e instalación del detector cercano.

Especial cuidado en la definición de los materiales: requisitos especiales de **radio-pureza** y **compatibilidad** con los líquidos del detector.
Limpieza de los componentes a instalar. Definición de sitios limpios para su limpieza, embalaje y el ensamblaje antes de instalación en detector. La instalación en Chooz se realiza en condiciones de sala blanca grado ISO 6.
Estrictos **procedimientos de manipulación**.



Fotogrametría para conocer el posicionamiento de los fotomultiplicadores instalados dentro del volumen del detector.

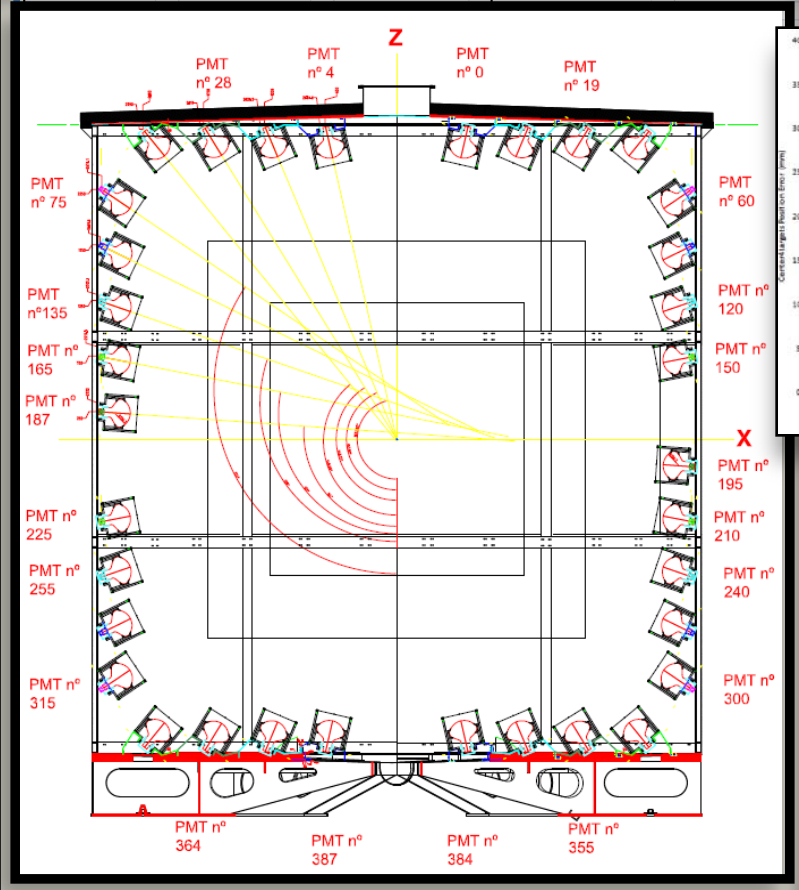
Tablas y gráficos con valores teóricos, medidos por fotogrametría y errores

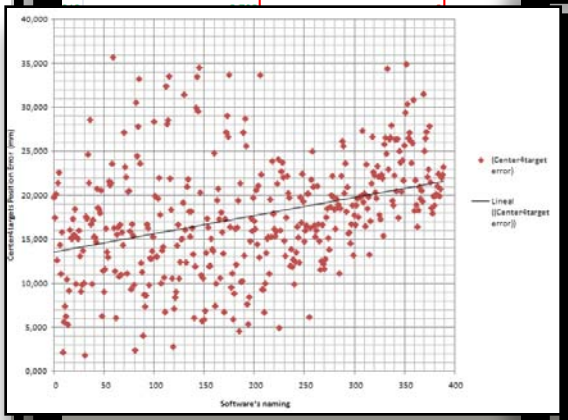
DocDB ref. 1337-v1

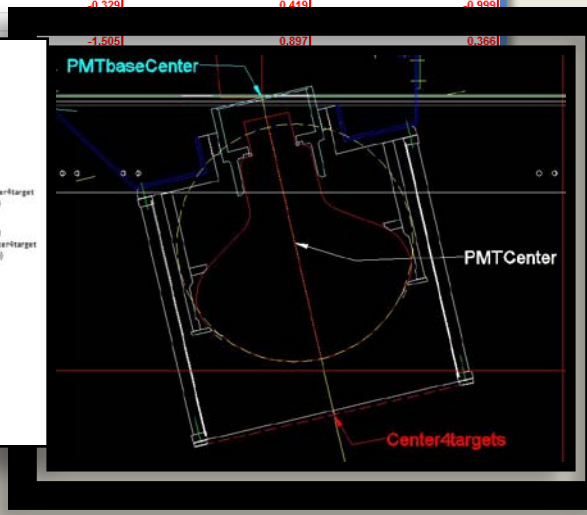
Installation's position	Ring L,W,B	p': Software's general th. Coordinates (PMTcenter))	x'	y'	z'	theta	P'e': ESIC's Measures ((PMTcenter))	X'e	Y'e	Z'e	Software's general naming (PMTcenter error))	Δ(x'-X'e)	Δ(y'-Y'e)	Δ(z'-Z'e)	Δ|p'-P'e|
T1_1/1	1	0	611,714	0,000	2667,630	167,090	T10105	609,476	3,931	2683,543	0	2,238	-3,931	-15,913	**16,543**
T1_1/2	1	1	305,856	529,743	2667,640	167,080	T20105	304,186	526,514	2681,604	1	1,670	3,229	-13,964	**14,429**
T1_1/3	1	2	-305,844	529,767	2667,630	167,090	T30105	-299,771	527,916	2679,037	2	-6,073	1,851	-11,407	**13,055**
T1_1/4	1	3	-611,714	0,000	2667,630	167,090	T40105	-612,443	0,995	2675,504	3	0,729	-0,995	-7,874	**7,970**
T1_1/5	1	4	-305,856	-529,743	2667,640	167,080	T50105	-304,079	-518,221	2677,043	4	-1,777	-11,522	-9,403	**14,978**
T1_1/6	1	5	305,844	-529,767	2667,630	167,090	T60105	301,751	-517,567	2682,257	5	4,093	-12,200	-14,627	**19,482**
T2_2/1														-14,137	**14,691**
T2_1/1														-8,316	**8,513**
T2_2/2														-5,960	**10,920**
T2_1/2														-0,834	**2,656**
T2_2/3														-2,937	**5,094**
T2_1/3														-0,100	**5,086**
T2_2/4														0,698	**5,723**

p": Software's general th. Coordinates (center4targets))	x"	y"	z"	theta	P'e": ESIC's Measures ((center4targets))	X"e	Y"e	Z"e	Software's general naming (center4target error))	Δ(X"-X"e)	Δ(y"-Y"e)	Δ(z"-Z"e)	Δ|p"-P"e|
0	566,427	0,000	2470,050	167,090	T10100	558,376	4,831	2487,391	0	8,051	-4,831	-17,341	**19,720**
1	283,195	490,493	2470,070	167,080	T20100	280,807	482,175	2485,200	1	2,388	8,318	-15,130	**17,430**
2	-283,201	490,547	2470,050	167,090	T30100	-269,498	484,330	2483,408	2	-13,703	6,217	-13,358	**20,121**
3	-566,427	0,000	2470,050	167,090	T40100	-558,806	-0,285	2480,034	3	-7,621	0,285	-9,984	**12,563**
4	-283,195	-490,493	2470,070	167,080	T50100	-277,205	-473,280	2481,222	4	-5,990	-17,213	-11,152	**21,367**
5	283,201	-490,547	2470,050	167,090	T60100	278,908	-474,682	2485,466	5	4,293	-15,865	-15,416	**22,534**

α: th. PMT angle on XY plane	β: th. PMT angle on YZ plane	χ: th. PMT angle on ZX plane	αe: ESIC PMT angle on XY plane	βe: ESIC PMT angle on YZ plane	χe: ESIC PMT angle on ZX plane	Software's general naming (PMT))	Δ(α- αe) PMT angle on XY error	Δ(β- βe) PMT angle on YZ error	Δ(χ- χe) PMT angle on ZX error
0,000	90,000	12,910	-1,009	90,263	14,602	0	**1,009**	**-0,263**	**-1,692**
60,000	78,764	6,543	62,198	77,279	6,788	1	**-2,198**	**1,485**	**-0,245**
119,999	78,773	-6,538	124,782	77,440	-8,797	2	**-4,783**	**1,333**	**2,259**
180,000	90,000	-12,910	178,633	89,625	-15,344	3	**1,367**	**0,375**	**2,435**
-120,000	101,236	-6,543	-120,879	102,926	-7,814	4	**0,879**	**-1,689**	**1,271**
-60,001	101,227	6,538	-61,958	102,294	6,621	5	**1,957**	**-1,066**	**-0,083**
13,001	84,548	22,460	13,330	674	22,475	6	**-1,824**	**0,779**	**-0,015**
				129	23,459	7	**-0,329**	**0,419**	**-0,999**
				971	17,452	8			
							-1,505	**0,897**	**0,366**





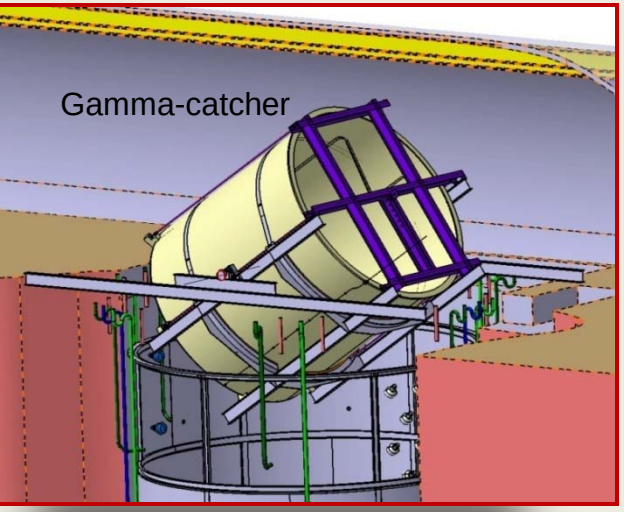


RMS Center4target error:

Δ(x"-X"e) = 11,083 mm;
Δ(y"-Y"e) =10,391 mm;
Δ(z"-Z"e) =10,974 mm;
Δ|p"-P"e| =18,742 mm.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

4. Elementos fabricados por el CIEMAT para el ‘detector lejano’, y en proceso para el ‘detector cercano’.



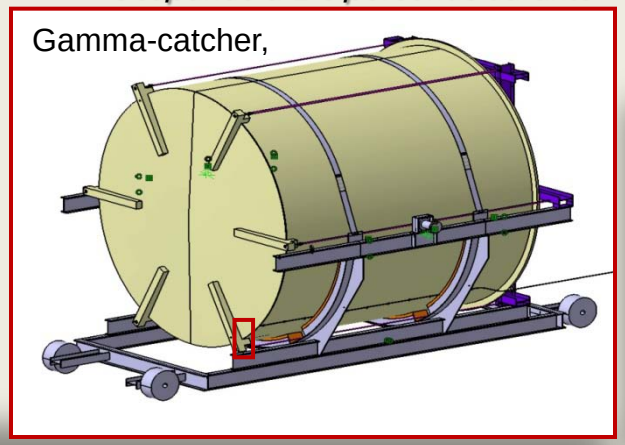
4.1 Útiles de instalación en el detector.

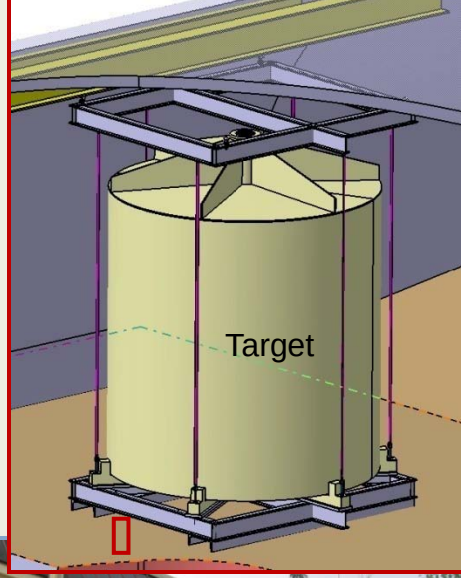
Fabricados en el taller general del Ciemat:

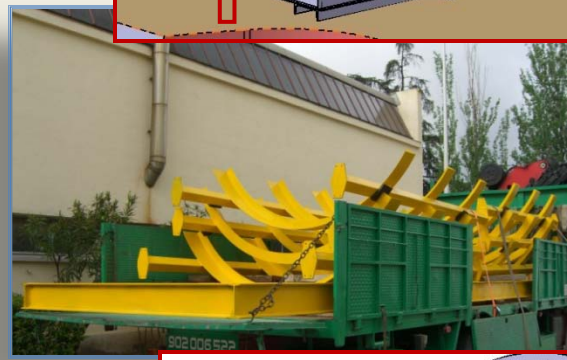
- 1 del Gamma-catcher,
- 3 del Target,
- 1 de Rotación.

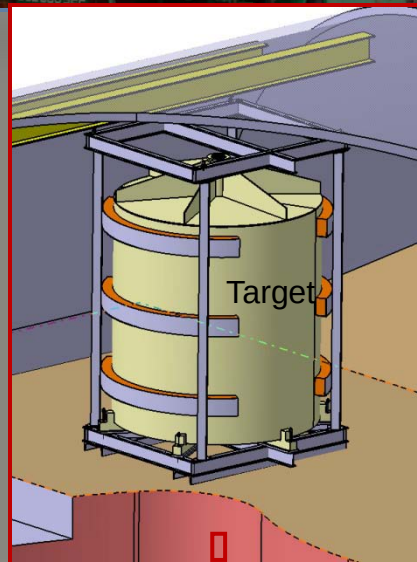
(Detector Lejano y Cercano)

Ocupando a 2-3 personas durante ~1 año.









'BENITO' soldando la base del útil del target.

4.2 Piezas de acrílico e inoxidable del ensamblaje y soporte de los PMTs.

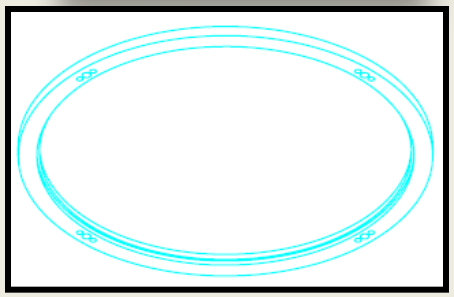
•ACRÍLICO:

Para ensamblaje del PMT.

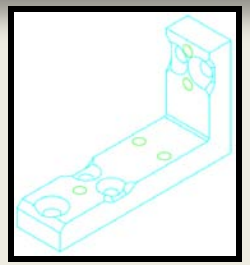
Ocupando a 3-4 personas durante 4-6 meses.

Hay 7 diferentes tipos de piezas fabricadas en metacrilato GS233 (GS0F000), transparente, para el lejano y se esta repitiendo para el cercano.

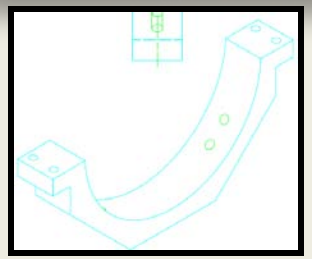
+ 10% repuestos.



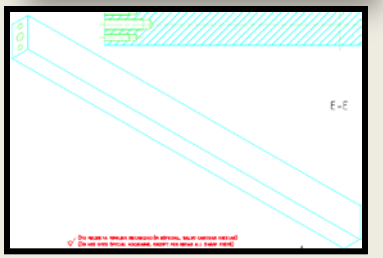
840 necesarias.



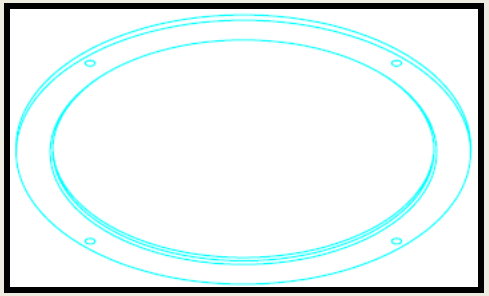
1640 necesarias.



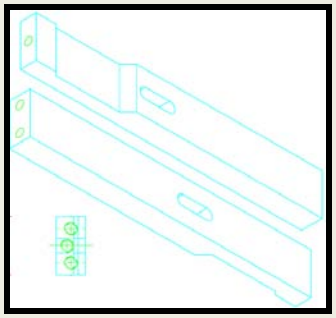
840 necesarias.



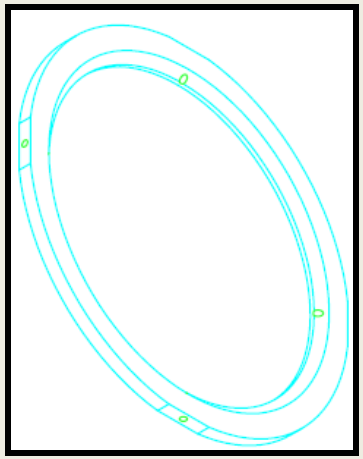
1640 necesarias.



420 necesarias.



1680 necesarias.



420 necesarias.

Fabricadas 17 diferentes piezas en inoxidable AISI 304L para el lejano. Y se va a repetir para el cercano.

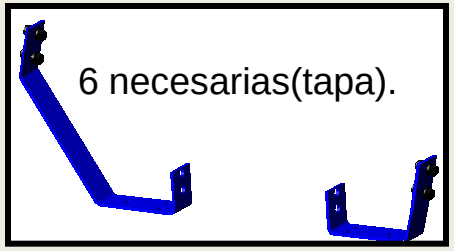
•INOXIDABLE:

Para fijacion del ensamblaje a la estructura soporte en el Buffer.

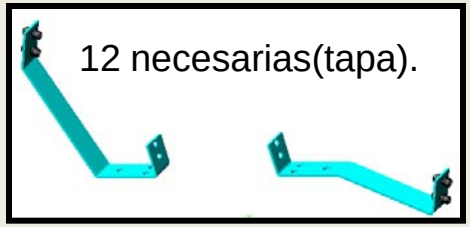
Para la tapa y base:

Ocupando a 1-2 personas durante 1-2 meses.

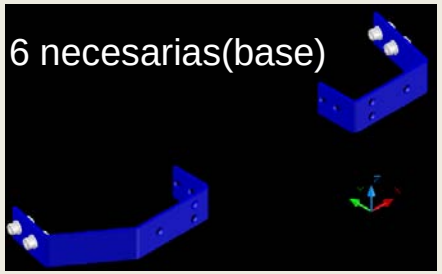
+ 10% repuestos.



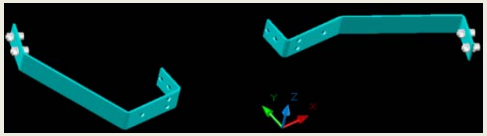
6 necesarias(tapa).



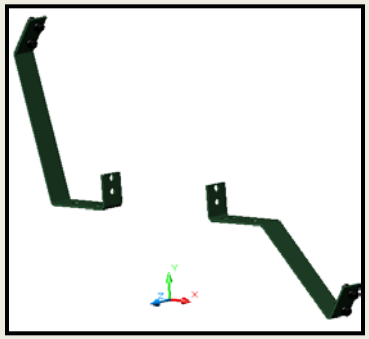
12 necesarias(tapa).



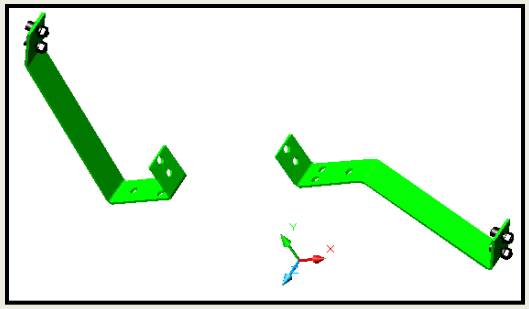
6 necesarias(base)



12 necesarias(base)

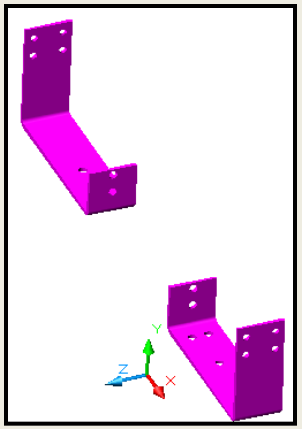


36 necesarias.

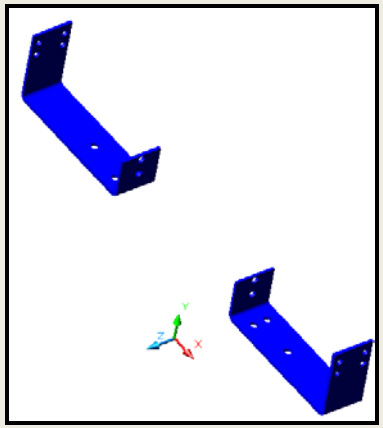


48 necesarias.

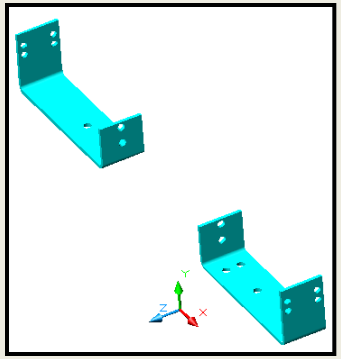
Para el cilindro:



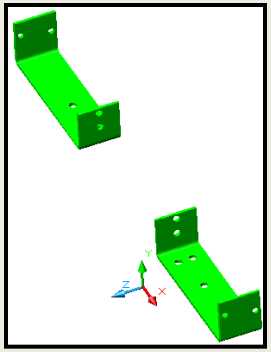
60 necesarias.



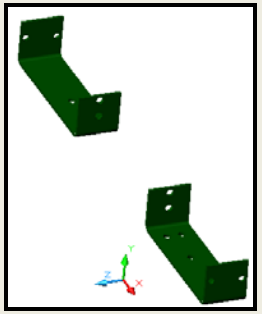
60 necesarias.



60 necesarias.



60 necesarias.



30 necesarias.

Fabricadas 4 diferentes piezas en inoxidable AISI 304L para el lejano. Y se va a repetir para el cercano.

•INOXIDABLE:

Ocupando a 1-2 personas durante 1-2 meses.

Para estructura soporte en la pared cilíndrica del Buffer.

60+60 fabricadas.

30+30 fabricadas.

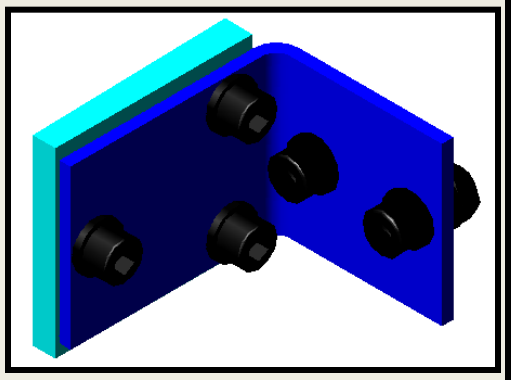
+ 10% repuestos.

Fabricadas 10 diferentes piezas en inoxidable AISI 304L para el lejano. Y se va a repetir para el cercano.

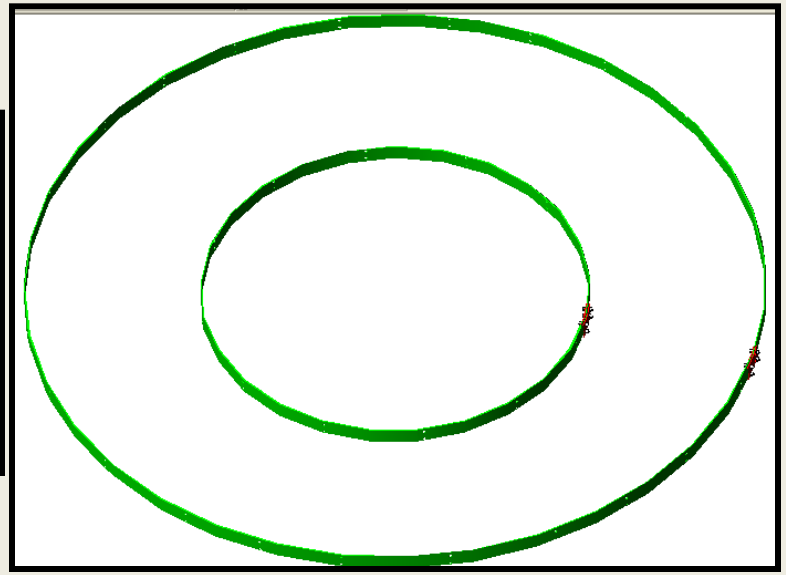
•INOXIDABLE:

Ocupando a 2-3 personas durante 1-2 meses.

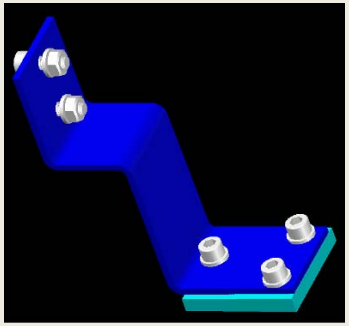
Para estructura soporte en tapa y base del Buffer.



126 conjuntos necesarios.

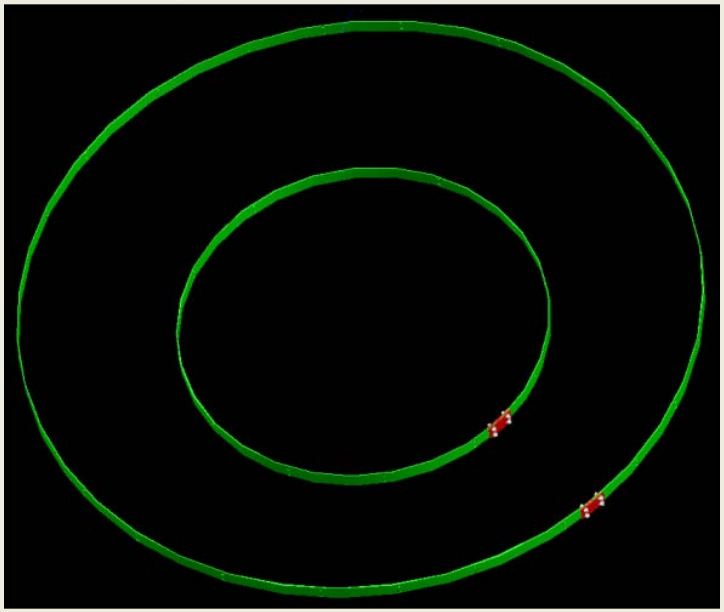


1 conjunto necesario (tapa).



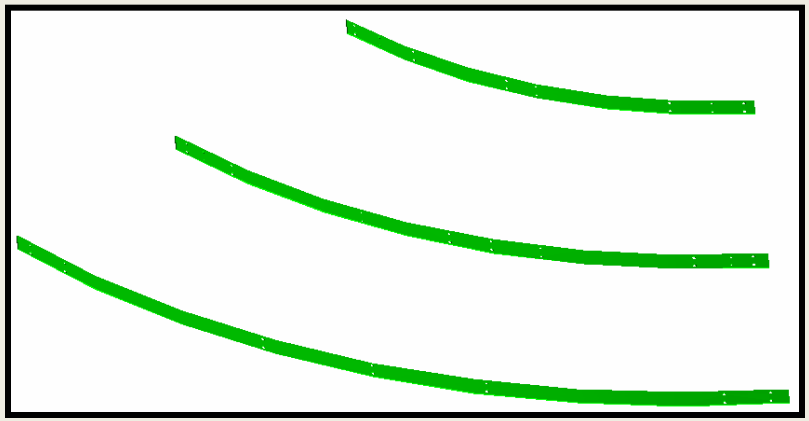
132 conjuntos necesarios.

1 conjunto necesario (base).



+ 10% repuestos.

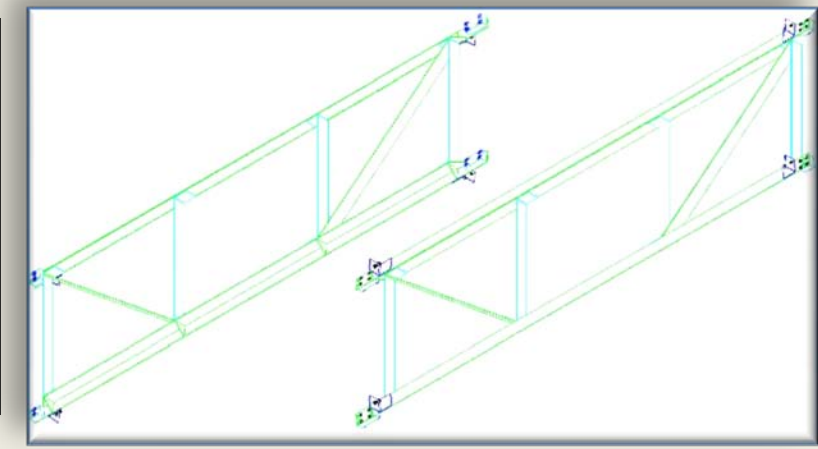
12 conjuntos necesario.



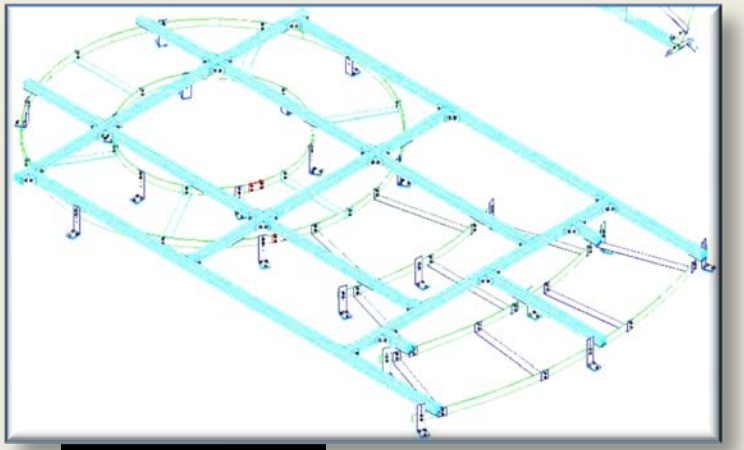
4.3 Útiles de posicionamiento para taladro y soldadura.

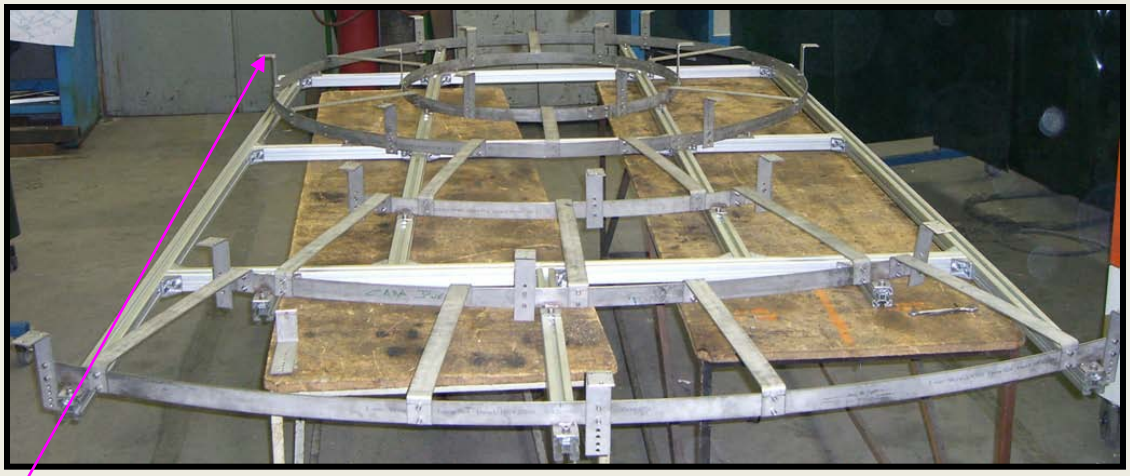
•Útil de posicionamiento de los taladros sobre la pared cilíndrica del Buffer .

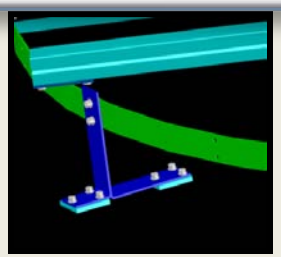
Permite hacer agujeros sobre los refuerzos del Buffer, los cuales, una vez roscados, soportan los perfiles verticales en L.

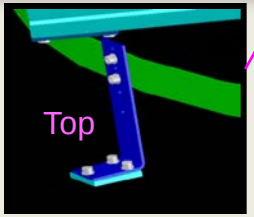


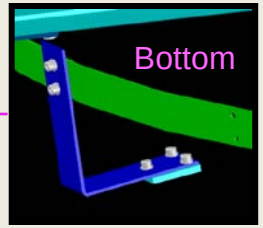
•Útil de soldadura de piezas fijación sobre pared de tapa y base del Buffer.









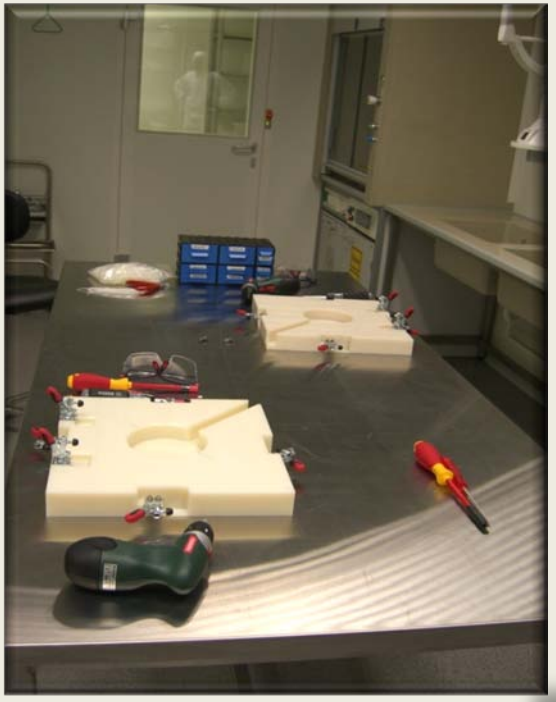


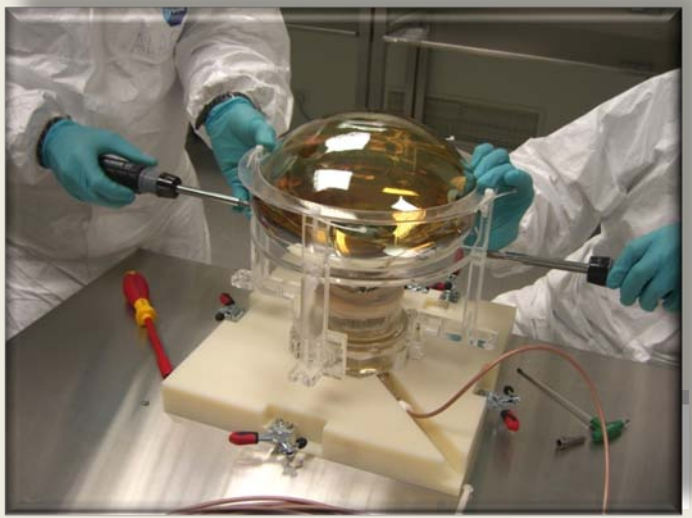
Permite posicionar las piezas a soldar, sobre las que se montarán los anillos y sectores circulares.

Ocupando a 1-2 personas durante ~1 mes.

4.4 Montajes de mecanizado para facilitar ensamblaje de los PMTs.

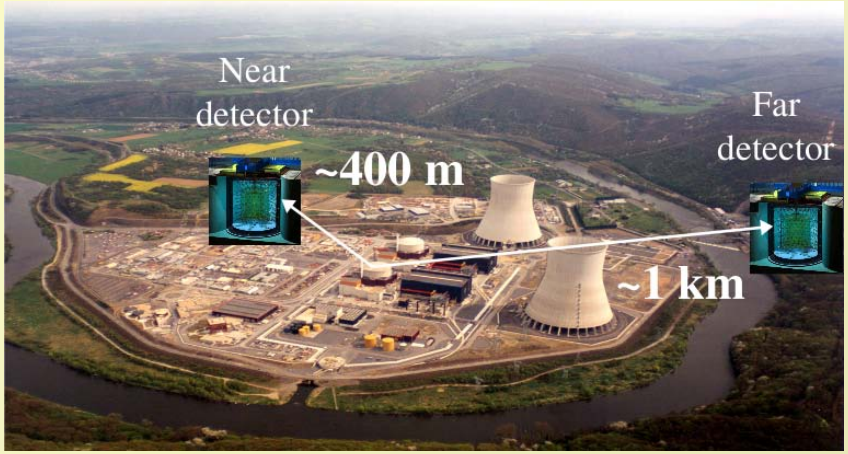
Para facilitar el ensamblaje mecánico de los fotomultiplicadores dentro de la sala limpia.

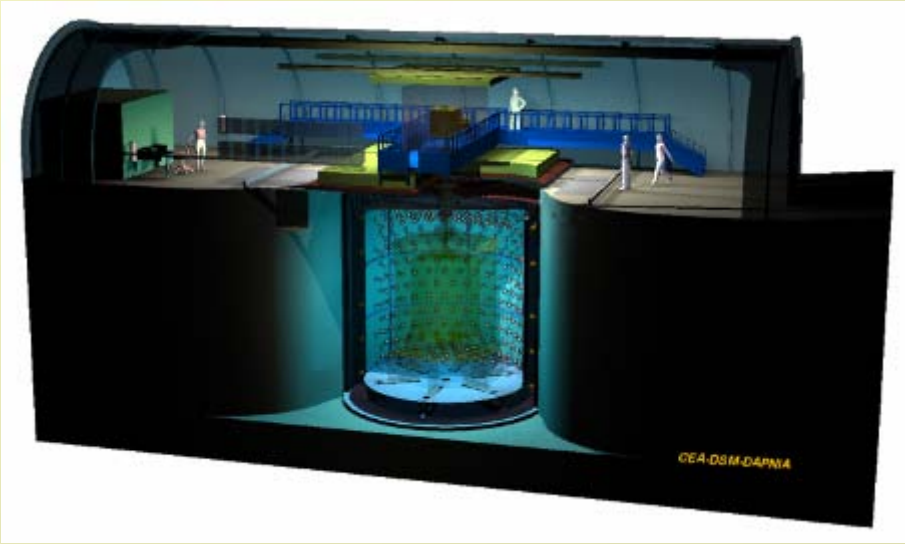




Contribución Técnica del CIEMAT en el Experimento Double Chooz

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN | Ciemat Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas





Jose Miguel Ahijado 10/Marzo/2010

Ciemat

INDICE

A.- Limpieza, tratamientos embolsado y embalaje en el Ciemat

- Acrílicos
- Inoxidable (raíles circulares y lineales , soportes y patas)
- Inoxidable (tornillería)
- Nylon (tornillos y abrazaderas)

B.- Ensamblaje en Heidelberg

1. Limpieza cilindros en sala semilimpia
2. Preparación 16 PMT´s
3. Ensamblaje PMT en sala limpia
4. Empaquetado PMT

C.- Instalación en Chooz

1. Colocación de raíles
2. Pretest
3. Instalación patas
4. Instalación PMT
5. Enrutado y conexionado de cables
6. Postest
7. Toma de fotogrametría
8. Retirada de las 4 marcas de fotogrametría y bolsa protectora

Limpieza de los materiales en el CIEMAT (Edif. 75, 3 y 22)

Cámaras climáticas

Máquina ultrasonidos

Máquina destilación

LIMPIEZA

- Acrílico
  - Lavado manual en agua destilada 40º y jabón neutro
  - Lavado en ultrasonidos con agua destilada a 60º y jabón durante 15 minutos.
  - Aclarado manual con agua destilada
  - Aclarado en ultrasonidos con agua destilada y jabón a una temperatura de 60º durante 15 minutos.
  - Secado en cámara climática en un programa de 3 ciclos y con una duración total de 14 horas: durante la primera hora sube hasta 80º, en el segundo ciclo mantiene la temperatura durante 12 horas y en el tercer ciclo baja a temperatura ambiente durante una hora.

Cámaras climáticas

Ultrasonidos y jabón

Aclarado ultrasonidos

LIMPIEZA

- ACERO INOXIDABLE (general)
  - Lavado manual en **agua desionizada** a 40º y jabón neutro
  - Aclarado manual en **agua desionizada** a 40º para eliminar restos de jabón
  - Lavado en ultrasonidos con **alcohol isopropanol** a temperatura ambiente durante 15 minutos.
  - Aclarado manual con agua **desionizada** a 40º
  - Tratamiento de **decapado-pasivado** hecho en laboratorio de química (ed.3): introduciendo las piezas en **ácido nítrico y agua desionizada al 50 %** durante 20 min. dentro de una campana de extracción de vapores
  - Secado en cámara climática en un programa de 3 ciclos y con una duración total de **6 horas**: durante la primera hora sube hasta **90º**, en el segundo ciclo mantiene la temperatura durante 4 horas y en el tercer ciclo baja a temperatura ambiente durante una hora.

LIMPIEZA

- **Tornillería ACERO INOXIDABLE**

Otro proceso para **evitar** que el ácido dañe las roscas.

- Lavado en ultrasonidos con **agua desionizada** a 70º y jabón durante 15 minutos.
- Aclarado manual con **agua desionizada** a 40º
- Limpieza en ultrasonidos con **alcohol isopropanol** a temperatura ambiente durante 15 min.
- Aclarado manual con **agua desionizada** a 40º
- Aclarado en ultrasonidos con **agua desionizada** a una temperatura de 70º durante 15 minutos.
- Secado en cámara climática en un programa de 3 ciclos y con una duración total de **5 horas**: durante la primera hora sube hasta **90º**, en el segundo ciclo mantiene la temperatura durante 3 horas y en el tercer ciclo baja a temperatura ambiente durante una hora.

LIMPIEZA

- **NYLON 6.6** (Tornillos y abrazaderas)
  - Lavado en ultrasonidos con **agua destilada** a 60º y jabón durante 15 minutos.
  - Aclarado manual con **agua destilada** a 40º
  - Aclarado en ultrasonidos con **agua destilada** y jabón a una temperatura de 60º durante 15 minutos.
  - Secado en cámara climática en programa de 3 ciclos y con una duración total de **4 horas**: durante la primera hora sube hasta **60º**, en el segundo ciclo mantiene la temperatura durante 2 horas y en el tercer ciclo baja a temperatura ambiente durante una hora.

Embolsado en sala Limpia Edif. 20

Iuri y Paco embolsando

Embolsando y termosellando

Embolsado en sala Limpia Edif. 20

Acrílico

Tornillería Nylon e Inoxidable

Embolsado en sala Limpia Edif. 20

Kit para 1 PMT

15 Kits/caja

Cerrada y retractilada

Duración del proceso de limpiado, embolsado y empaquetado fue de 8 meses y en el participaron:

- Paco García
- Juan Carlos Puras
- Julian García
- Carlos Blanco
- Iuri Pepe
- Jose Miguel Ahijado

Muchas gracias a todos

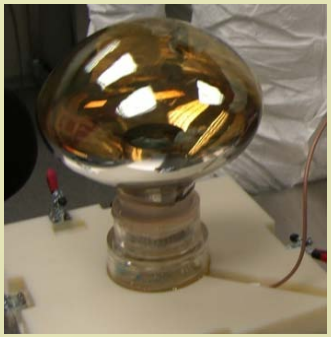
Ensamblaje de cada PMT en el Max Planck Institut Kernphysik Heidelberg (Alemania)

Objetivo

- Ensamblar 400 PMT´s
  - Cilindro apantallamiento

  - Acrílico (kits)

  - Fotomultiplicador (PMT)



- Embolsado y empaquetado para envío a Chooz

Blindajes magnéticos (cilindros)

- Diseño y optimización de los blindajes magnéticos.
- Se reciben 3 cilindros en el Ciemat y se les hacen pruebas de calidad para validar su posterior producción.
- Meca Magnetic fabrica 800 (400 + 400) en una colada.
- Cerca de 400 enviados a Heidelberg (marzo 08).
- En Heidelberg se testean si cumplen las especificaciones requeridas y que no hayan sufrido magnetización (abril 08)

1.-Limpieza de los cilindros

Caja con 45 cilindros

Extracción de cilindros

Sala semilimpia

1.-Limpieza de los cilindros

Con aire e isopropanol

1ª Bolsa

2ª Bolsa

2.-Preparación 16 PMT´s

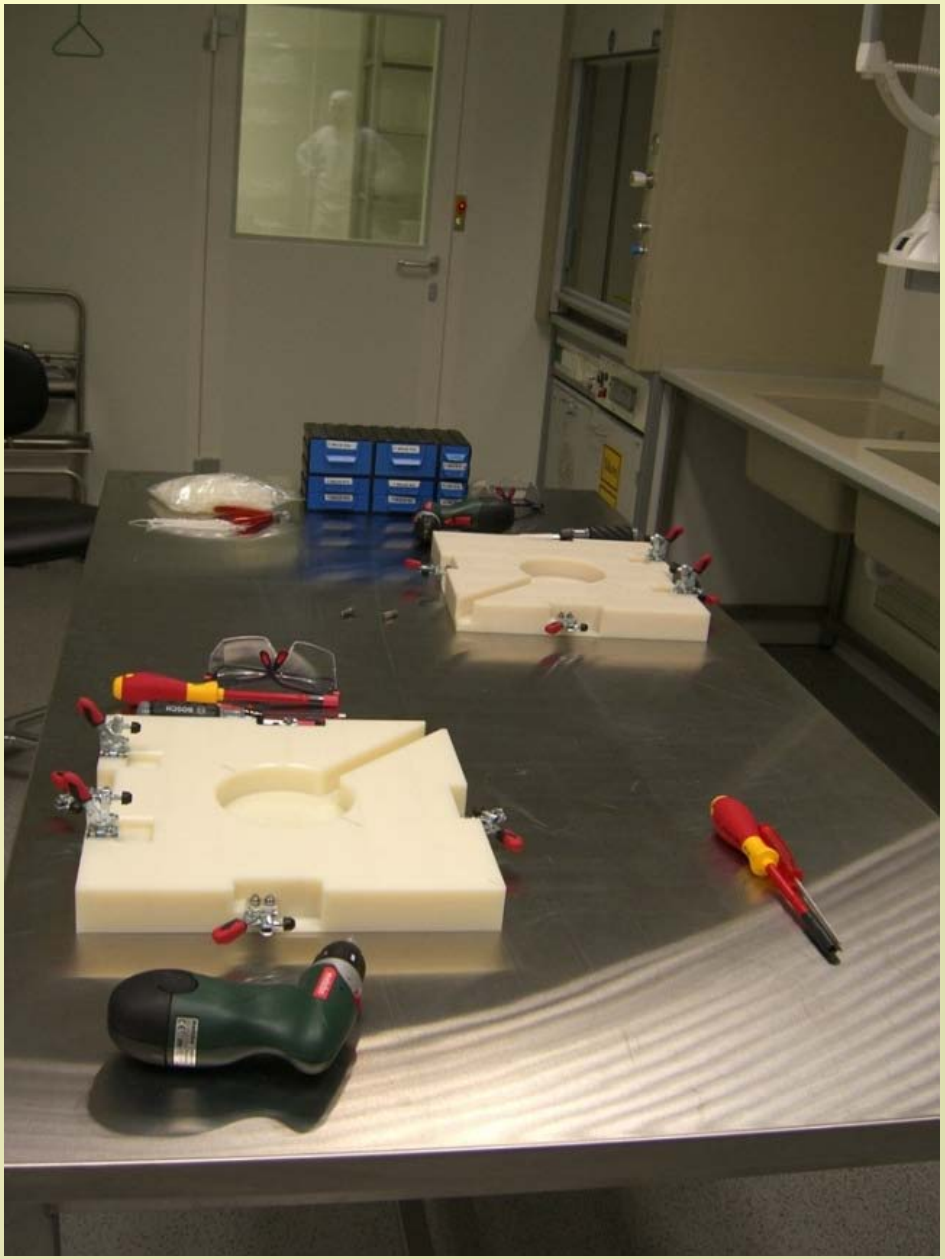
Fotomultiplicadores

Cilindros

Mesa de trabajo en la sala limpia con:

-herramientas

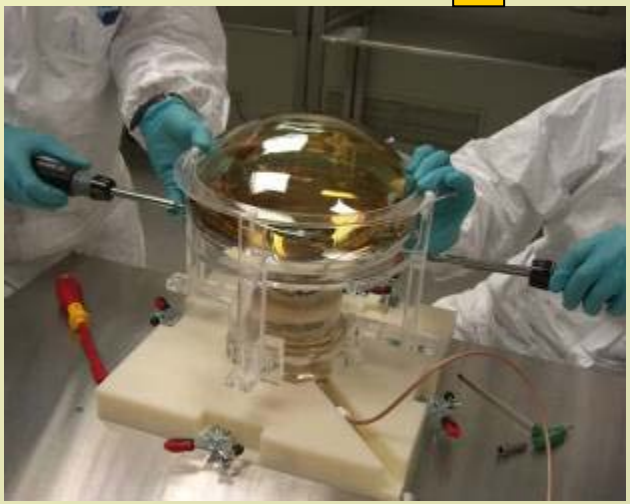
-bases (blancas) para ensamblar PMT diseñadas y fabricadas en Ciemat



3.-Ensamblaje PMT Sala Limpia

Montaje de metacrilato

3.-Ensamblaje PMT Sala Limpia



3.-Ensamblaje PMT Sala Limpia

1ª bolsa

2ª bolsa

Cerrada

4.-Empaquetado PMT

5.-Transporte y empaquetado de 8 PMT

Transporte 8 PMT´s

Caja final con 8 PMT´s

Equipo desplazado

3 periodos ensamblaje:

- 3 semanas Sep-oct/08 ➔ **146** PMT´s
  * E. Calvo, JM Ahijado y JM. Alarcón
- 3 semanas Nov/08 ➔ **216** PMT´s
  * JM. Ahijado, JM. Alarcón, J, Alba y P.García
- 1 Semana Abril/09 ➔ **40** PMT´s
  * JM. Ahijado, JM. Alarcón, P. García y JL. Ramírez

TOTAL ensamblados 402

Muchas gracias por el esfuerzo realizado

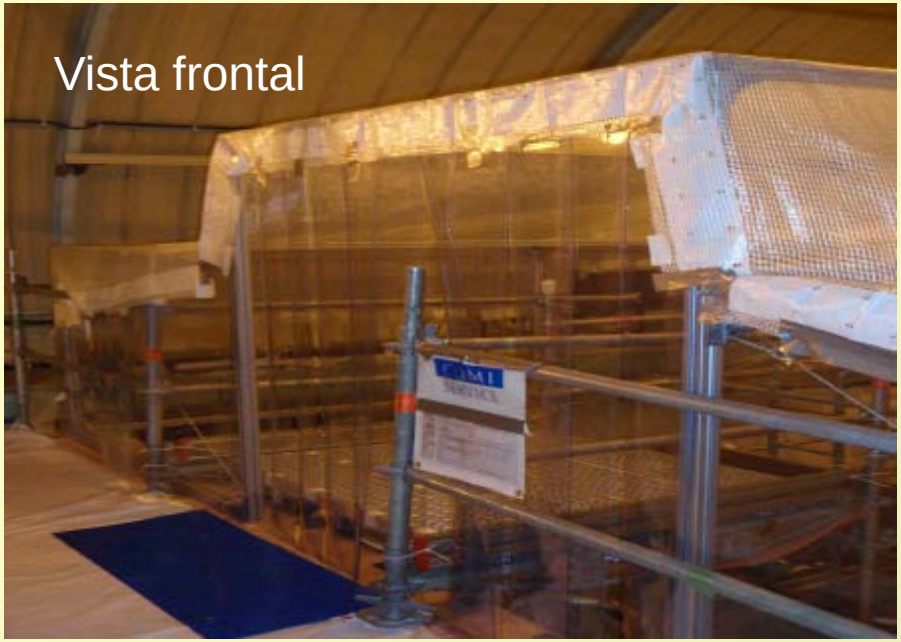
Instalación de los PMT´s en Chooz (Francia)

Acceso al laboratorio

Descenso al laboratorio

Entrada al laboratorio

Interior del laboratorio



Vista trasera

1.- Colocación de raíles

180 lineales

20 circulares

2.- Pretest

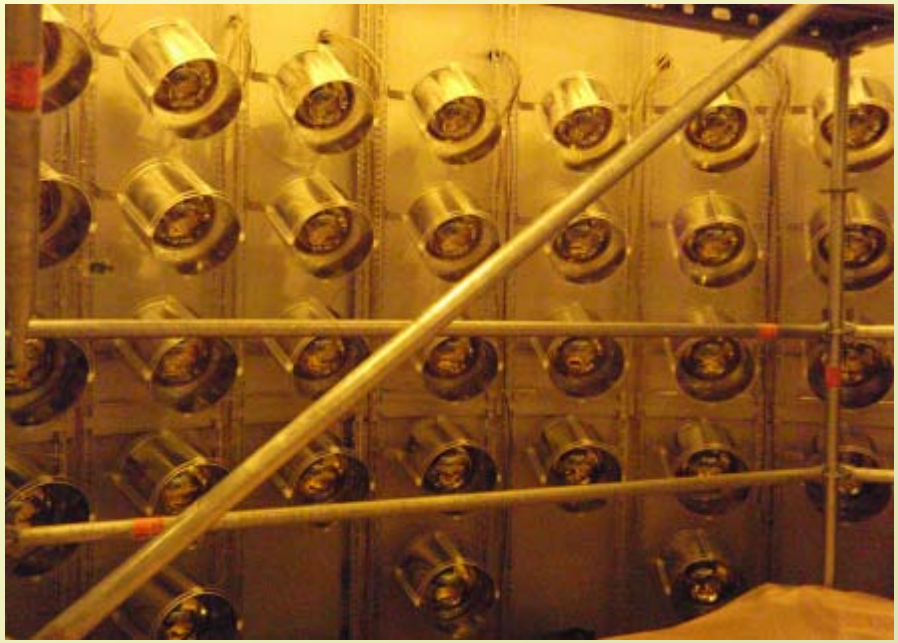
3.- Colocación de las patas en el PMT

Número PMT, posición en el pozo y en la splitter

Bolsa protectora

4 Marcas para fotogrametría

4.- Instalación PMT en los raíles



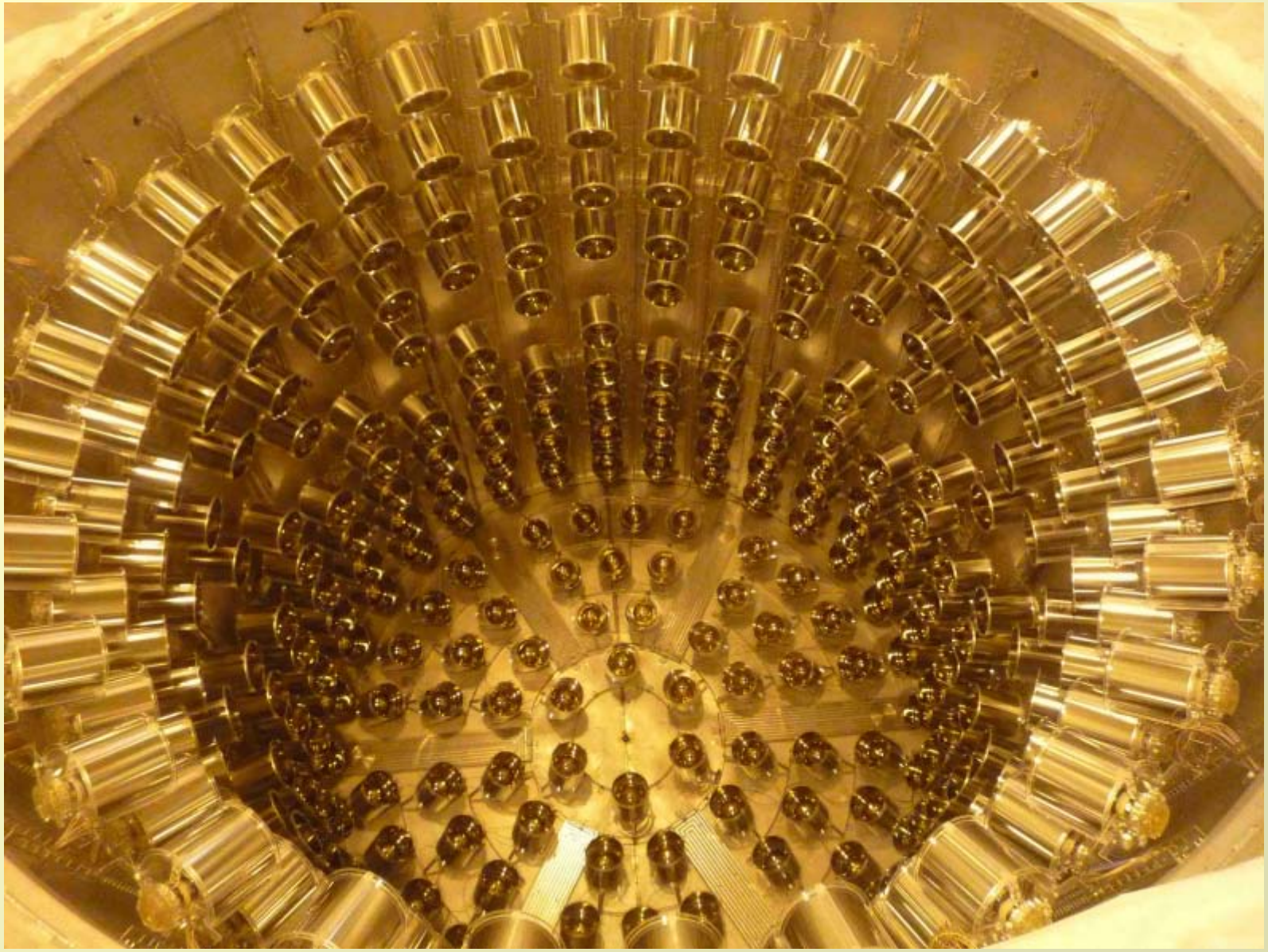
5.- Enrutado y conexionado de los cables

6.- Post-test

Para verificar que en la instalación, cableado y conexionado no han variado las características de cada PMT.

7.- Toma de fotogrametría

8.- Retirada de las 4 marcas de fotogrametría y bolsa protectora



- 330 PMT´s instalados en mayo/juno 2009 en la base 60 y en la pared 270.

- 60 PMT´s instalados del 16nov al 20nov en la tapa

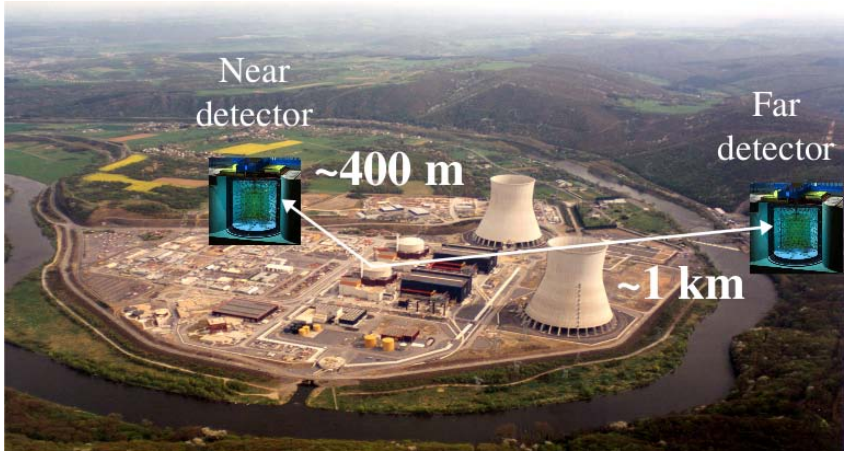
E. Calvo, A. Verdugo, Iuri Pepe, JM. Ahijado, P. García, J. Yañez y JM. Alarcón

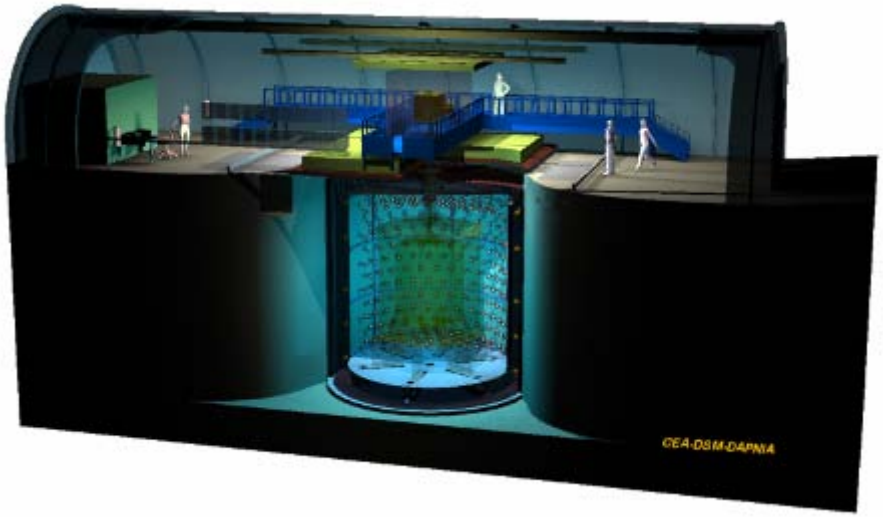
Contribución Técnica del CIEMAT en el Experimento Double Chooz

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

DOUBLE CHOOZ





Antonio Verdugo 10/Marzo/2010

Aportación Electrónica

- Splitters
  - Diseño y pruebas
  - Fabricación
  - Prueba de las tarjetas
  - Montaje en los módulos
  - Pruebas de los módulos

- Otras aportaciones “electrónicas” al experimento.

Splitters

- **Necesidad:**
  - El PMT tiene un solo cable para señal y alimentación.
- **Funciones:**
  - Separar la señal generada en el PMT (~10mVpp) de la alta tensión de alimentación (~1500V).
  - Filtrar el ruido de las fuentes de alta tensión (~300 mVpp) y el ruido EMI inducido en los cables de alta tensión.
- **Requisitos:**
  - Alta estabilidad en el tiempo.
  - Distorsión mínima sobre la señal del PMT.
  - Evitar interferencias EMI y crosstalk entre canales.
  - Evitar bucles de corriente entre las distintas tierras.
  - Funcionamiento con una humedad muy elevada (~90%)

Algunas ideas para conseguir estos requisitos

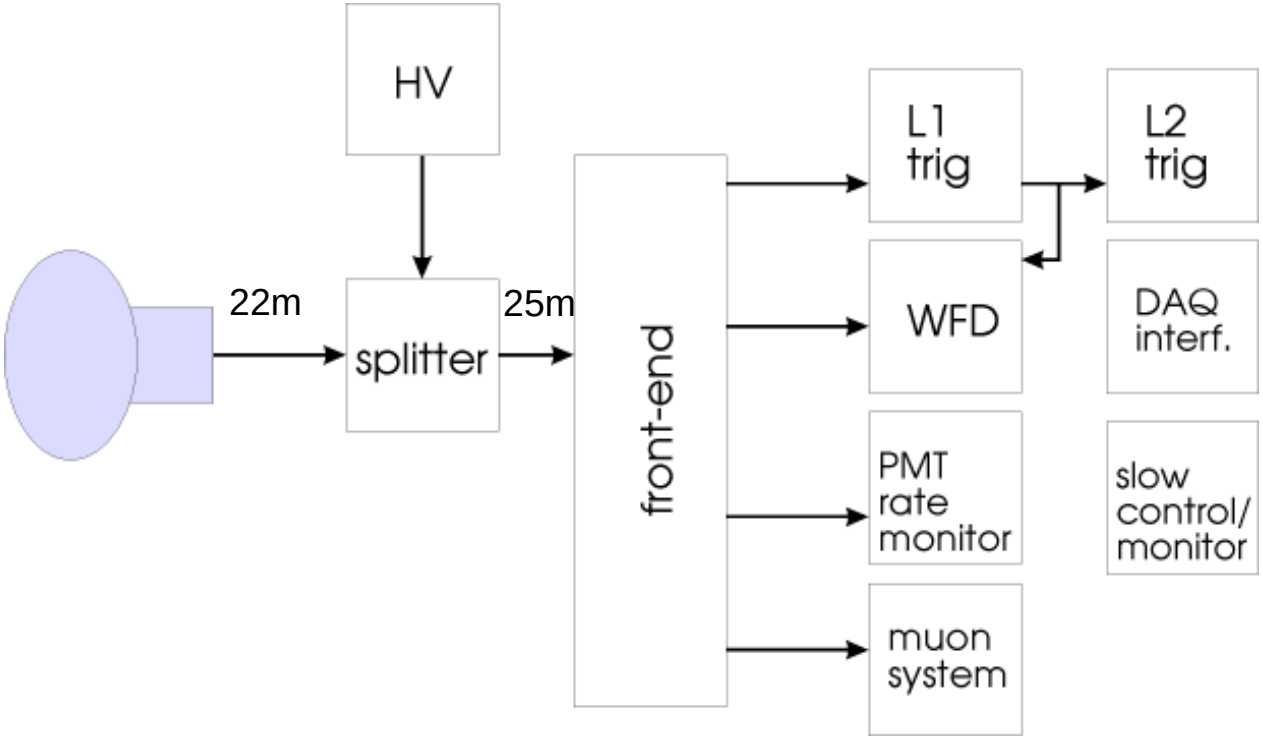
- Estabilidad en el tiempo:
  - Uso de condensadores con dieléctrico estable (X7R) o ultra-estable (C0G).

- Para minimizar las EMI externas y el crosstalk entre canales:
  - La EMI conducida y el ruido de la fuente de alta tensión se deben reducir con el filtro de entrada al splitter.
  - La EMI radiada y el crosstalk se minimizan apantallando cada circuito de forma individual (una caja por circuito).

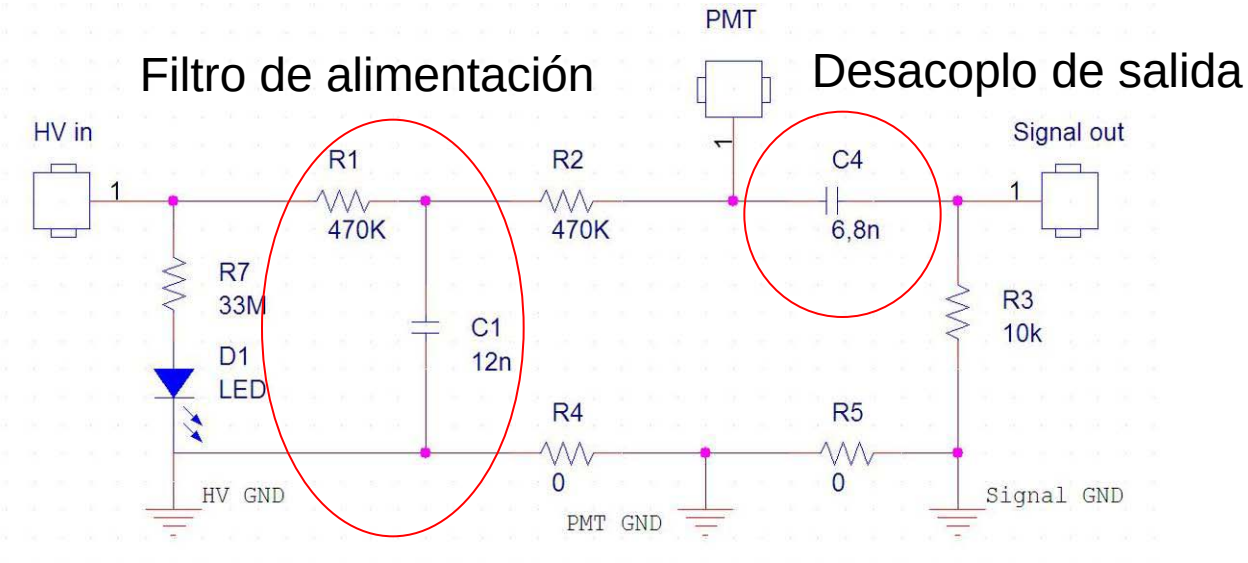
- Para minimizar los bucles de corriente entre las tierras:
  - Flexibilidad en las conexiones a tierra: tanto en el diseño del PCB del splitter como en la mecánica y el cableado. De esta forma durante las pruebas finales se podrá elegir la forma de interconexión que minimice el ruido.

- Para evitar que la humedad afecte a los componentes o produzca chispas:
  - Los componentes se han cubierto con una silicona protectora (coating).
  - La caja de aluminio y la caja externa del módulo son estancas.
  - Se colocarán varias bolsas de desecante en el interior de cada modulo.

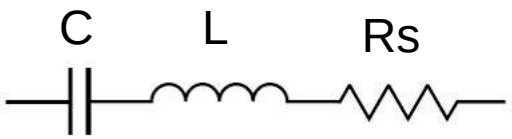
Situación del splitter en la electrónica del detector



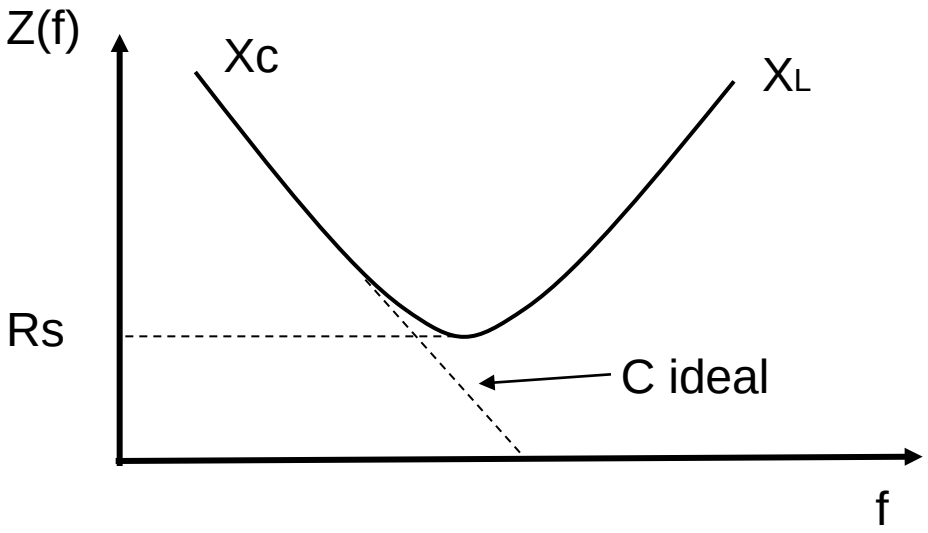
Circuito eléctrico



Los condensadores en alta frecuencia

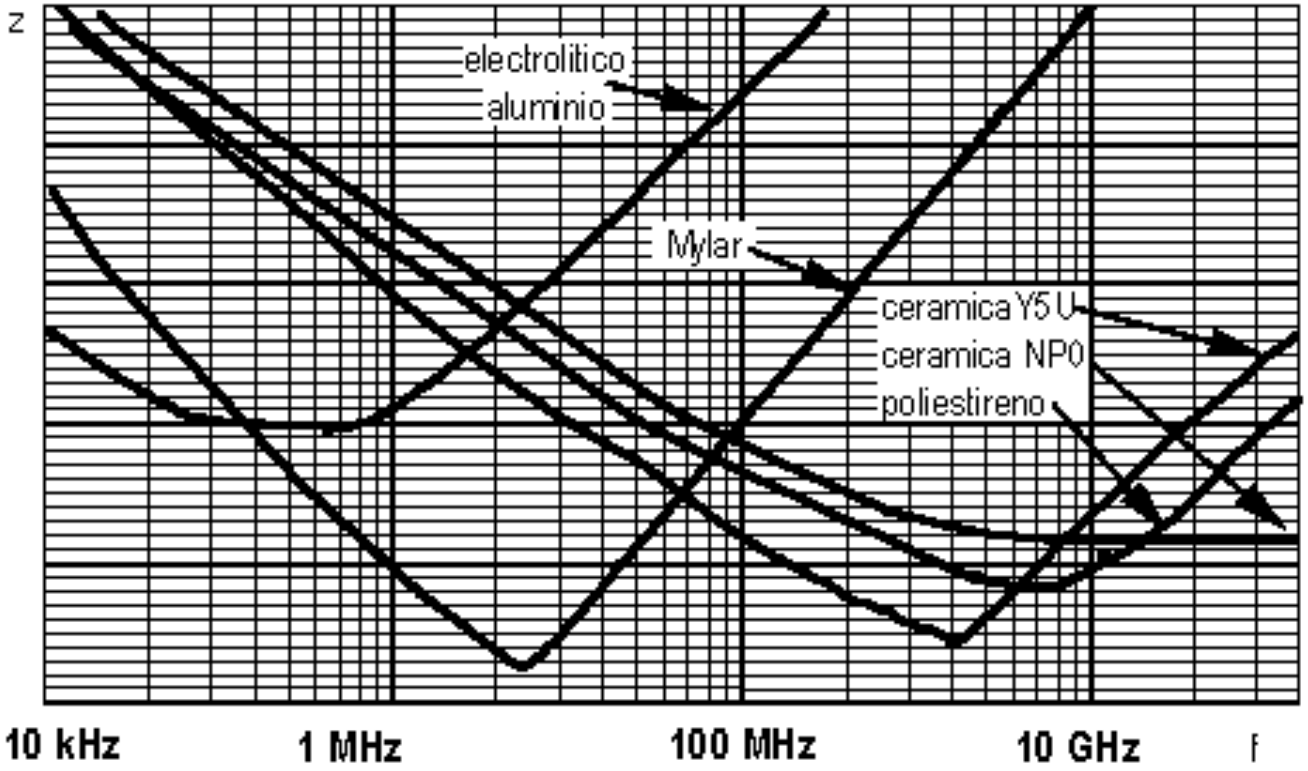


Circuito equivalente de un condensador real

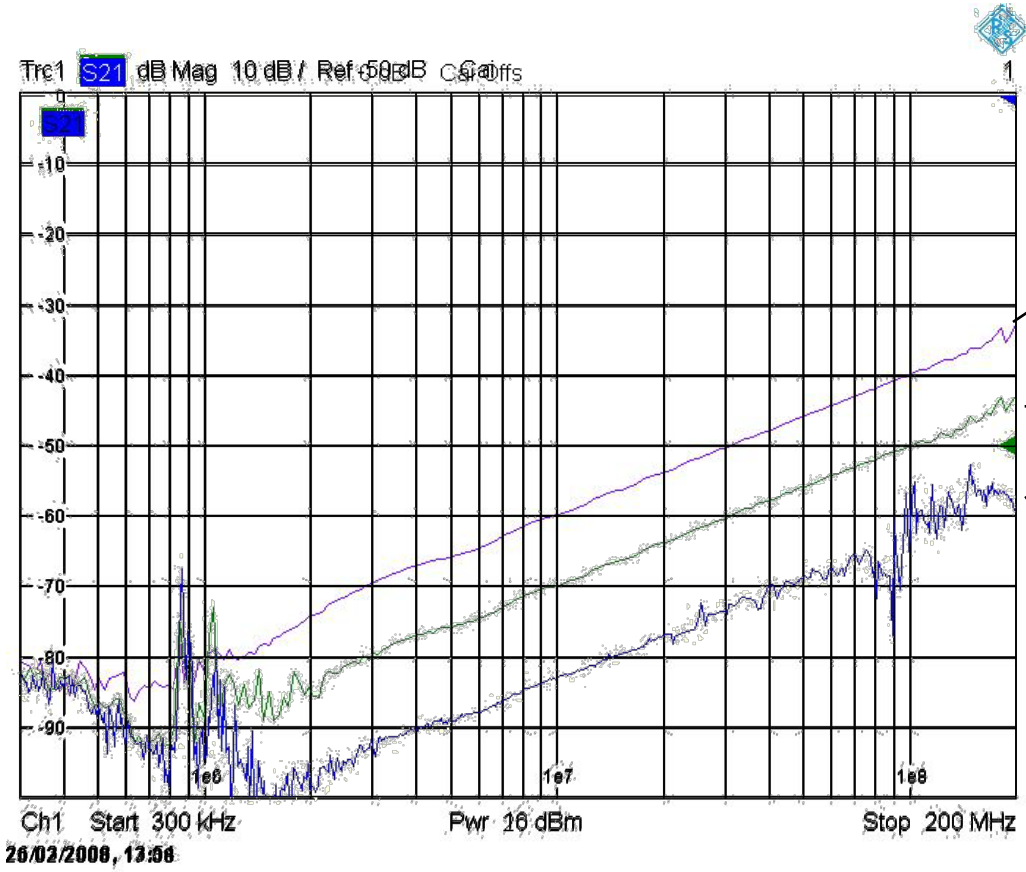


Respuesta en frecuencia de un condensador real

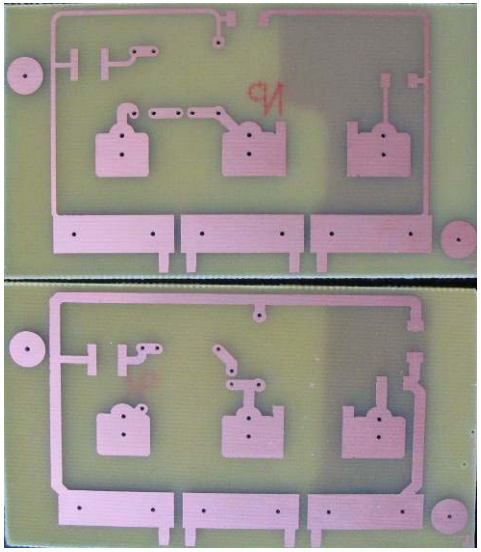
Respuesta en frecuencia de los condensadores en función del dieléctrico

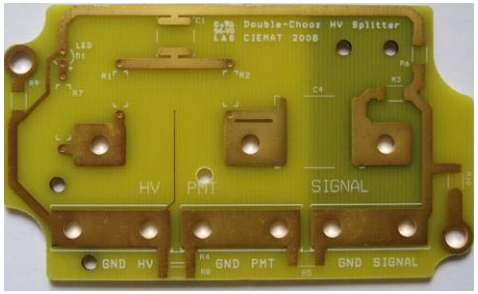


Respuesta en frecuencia en función del PCB entre HV-in y Signal-out



Peor



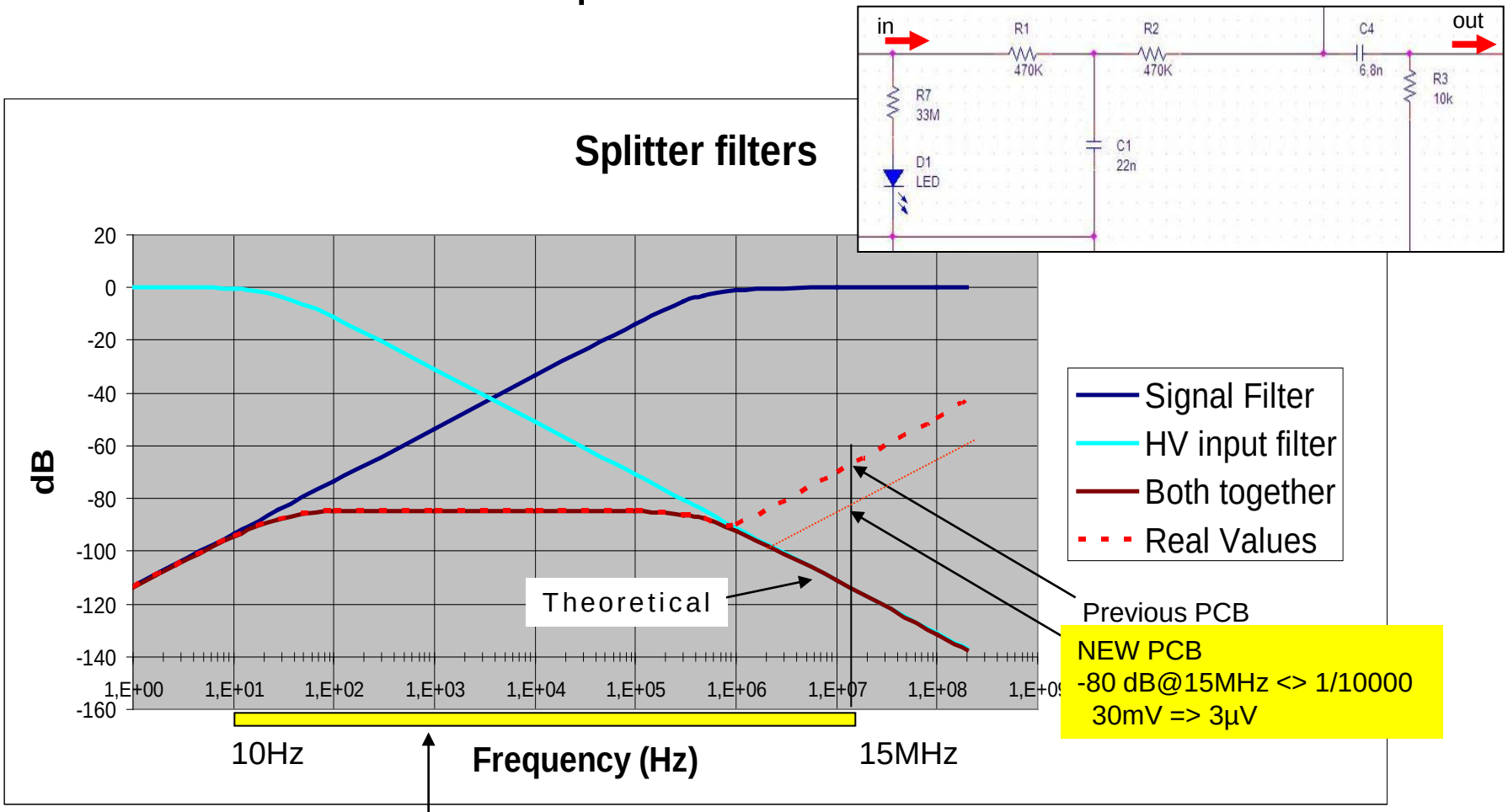


HV PMT Signal

- Las pistas largas o próximas en el PCB facilitan el paso de altas frecuencias.

Pruebas del diseño del Splitter

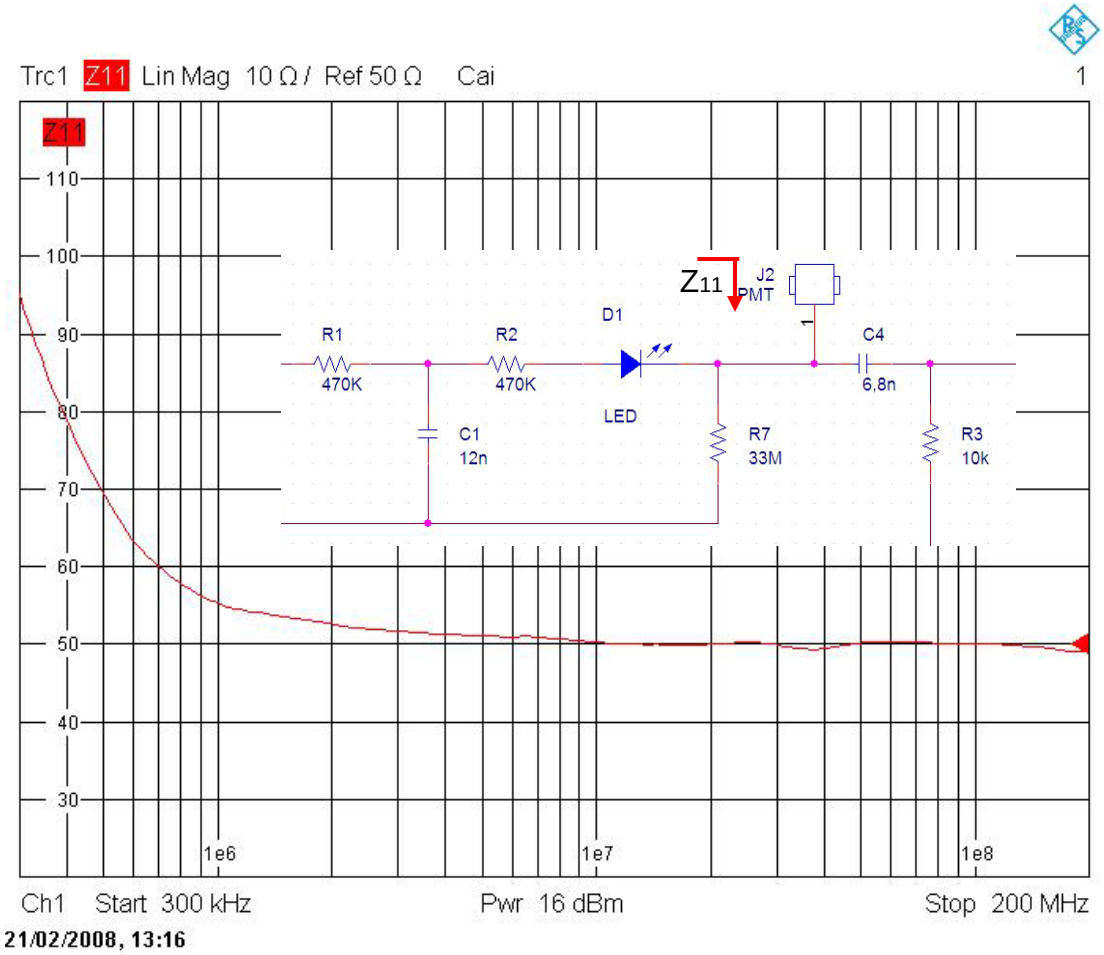
Funcion de transferencia para el ruido de alimentación.



A1535 Voltage ripple specification: 30mV max from 10Hz to 15MHz

Pruebas del diseño del Splitter

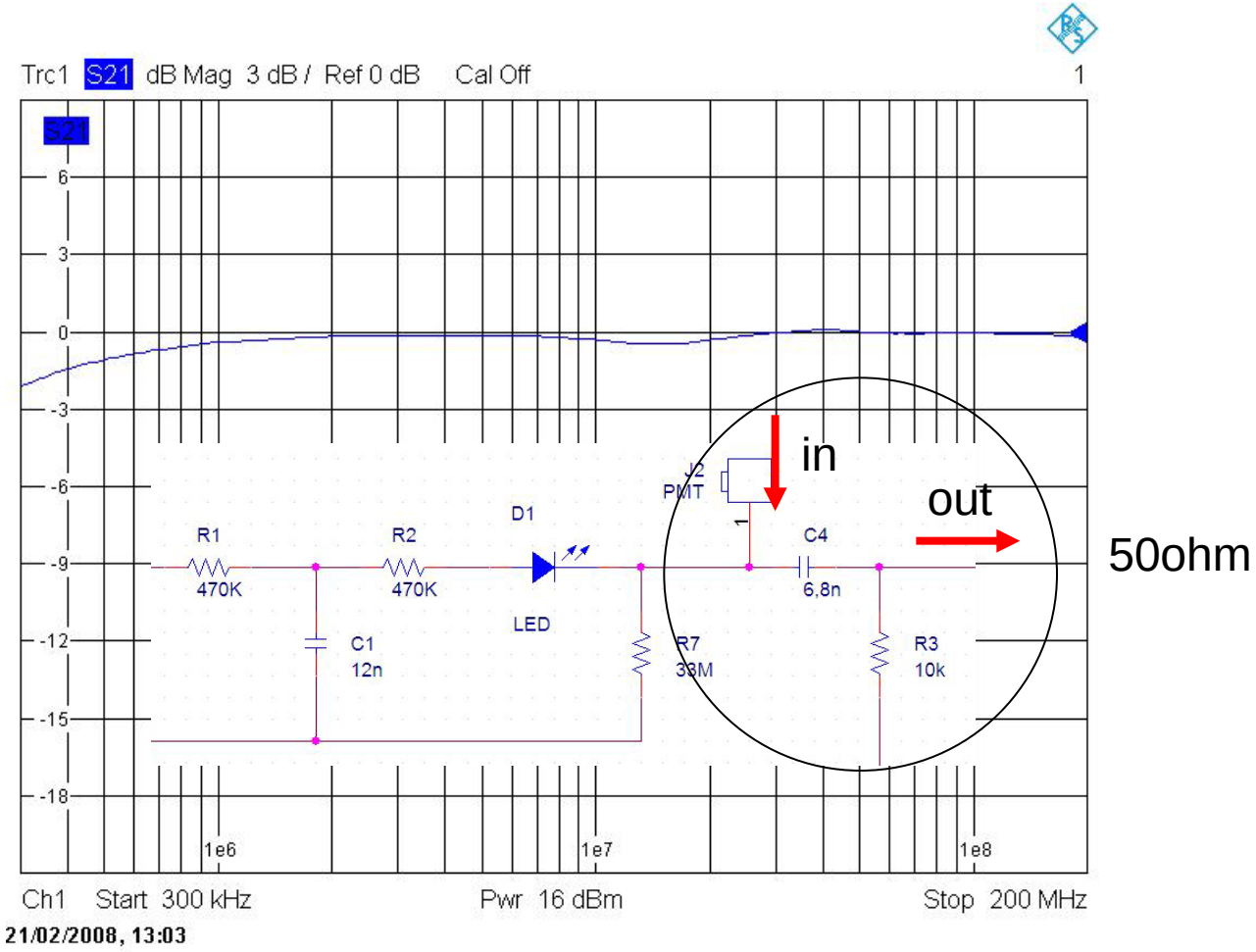
Impedancia a la entrada del PMT



Con 50ohm en la salida de señal

Pruebas del diseño del Splitter

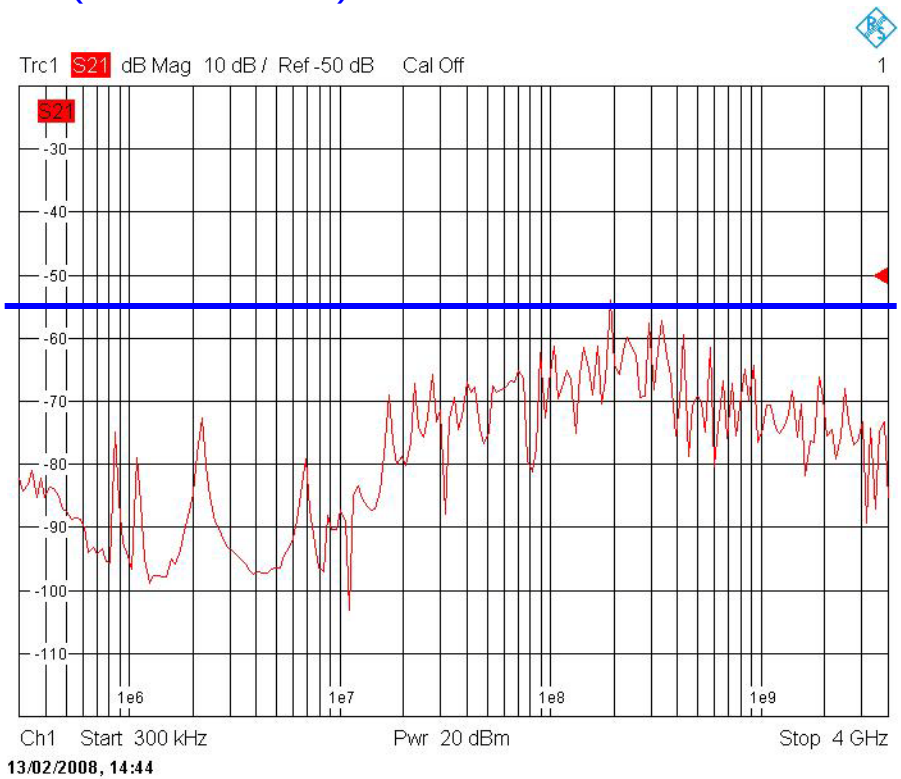
Función de transferencia: PMT –> salida de señal

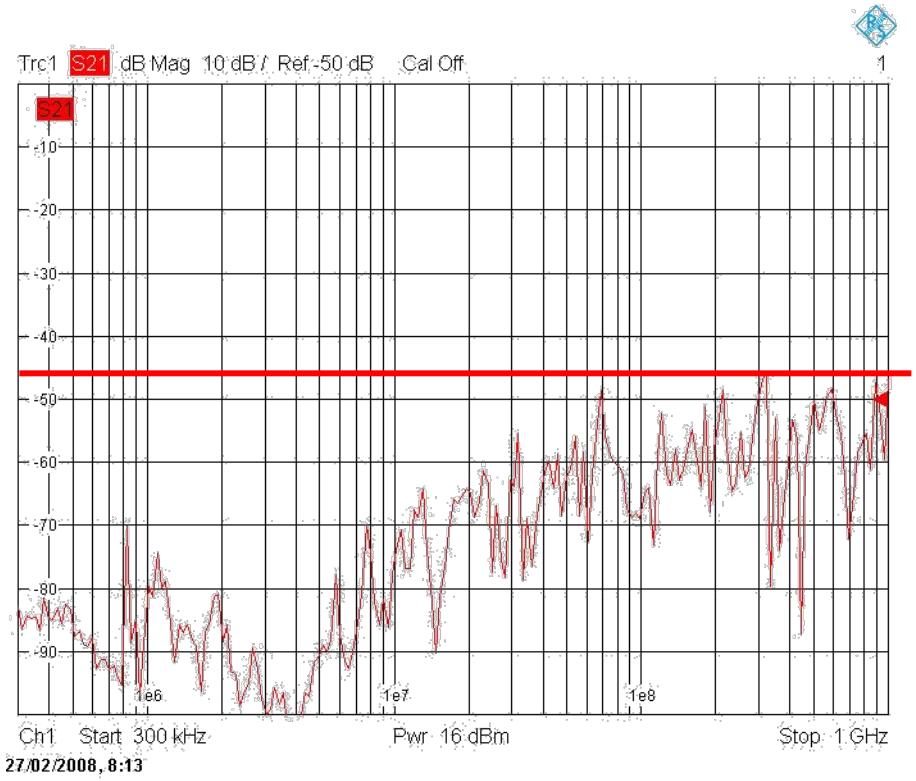


Pruebas del diseño del Splitter

Crosstalk

2x(20m of RG58)





2x(22m of RG-303 + Splitter + 20m of RG-58)

Resultados:

- Para 20m de RG58 crosstalk < -55dB (1/600)
- For 22m of RG303 + splitter + 20 of RG-58 crosstalk < -46dB (1/200)

(con carga de 50 ohm en ambos)

Prototipos

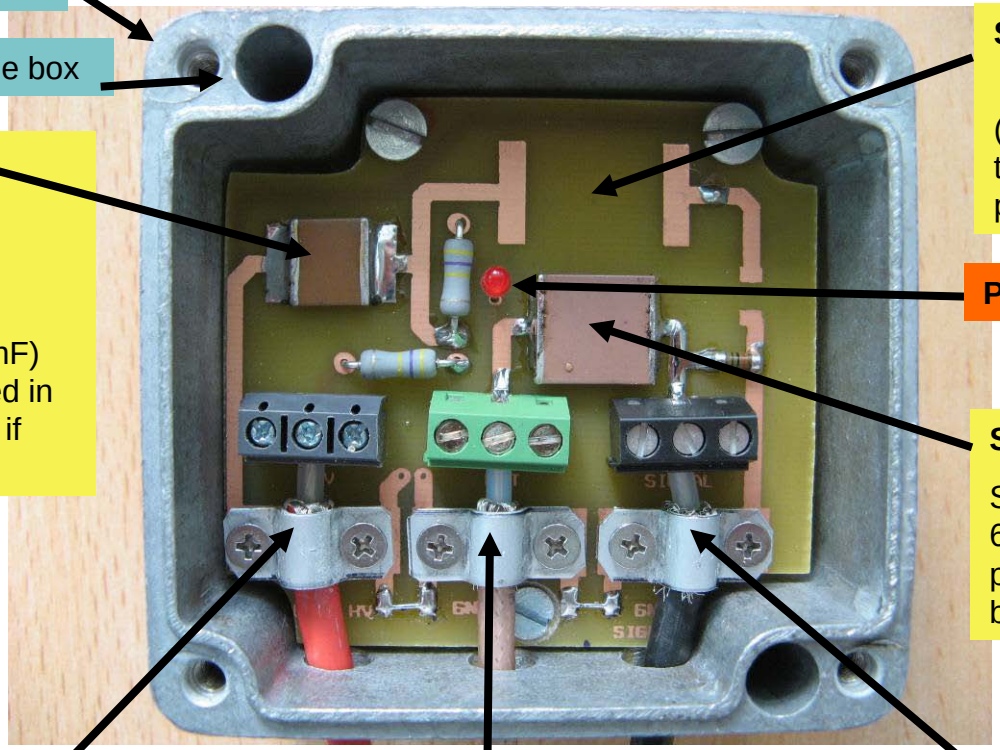
Cover screws

Screws to fix the box

HV filter cap.

AVX - 3640 - 22nF/2500V in prototype

Up to 5550 (68nF) size can be used in the same place if needed



Spare HV filter cap.

Space for a bigger cap (8060-100nF) if needed to filter noise from HV power supply.

Power supply ON indicator

Signal filter cap.

SYFER - 5550 - C0G 6.8nF/2000V in prototype. The final will be 6.8nF/2500V

HV CONNECTOR

PMT CONNECTOR

SIGNAL CONNECTOR

Prototipos

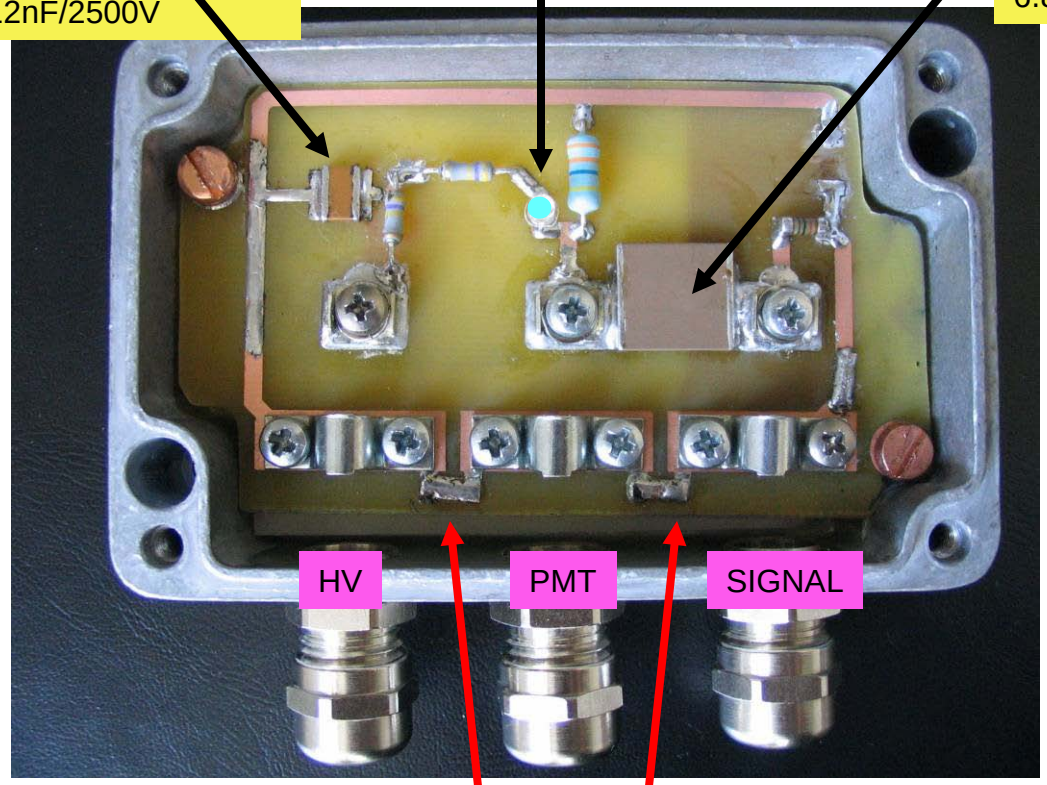
HV filter cap.

SYFER - 2225 - 12nF/2500V

Power supply ON indicator

Signal filter cap.

SYFER - 5550 - C0G 6.8nF/2500V



Ground connections

Pasamuros

Para evitar la entrada de humedad

Diseño Final

Power On indicator

HV filter cap.

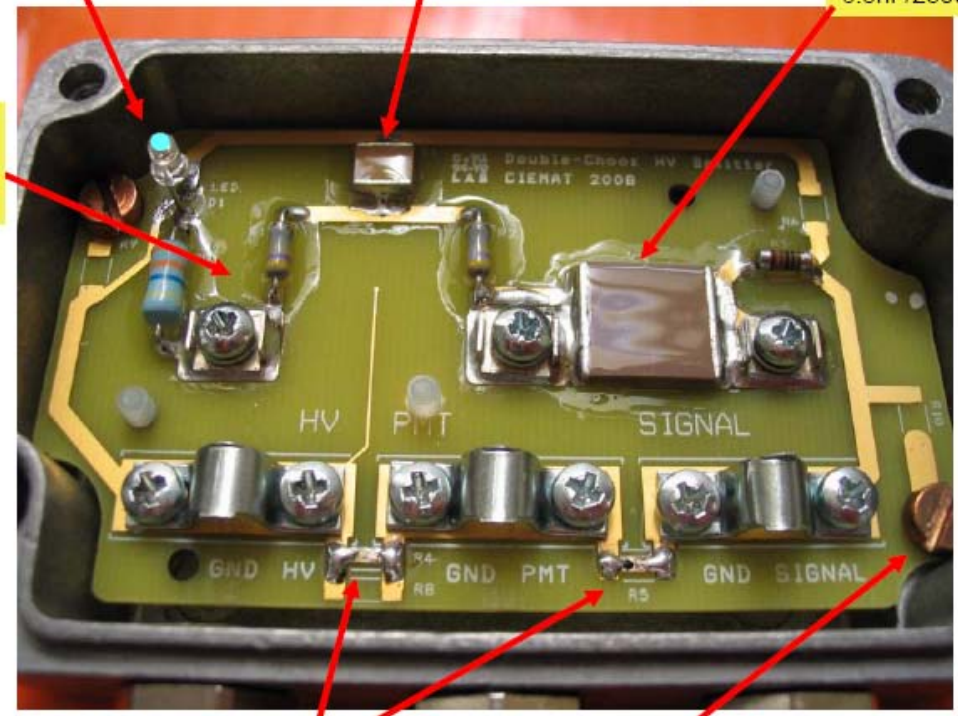
SYFER - 2225 - 12nF/2500V

Signal filter cap.

SYFER - 5550 - C0G 6.8nF/2500V

Conformal Coating for components:

Nusil silicone CV1152



Default GND connections:

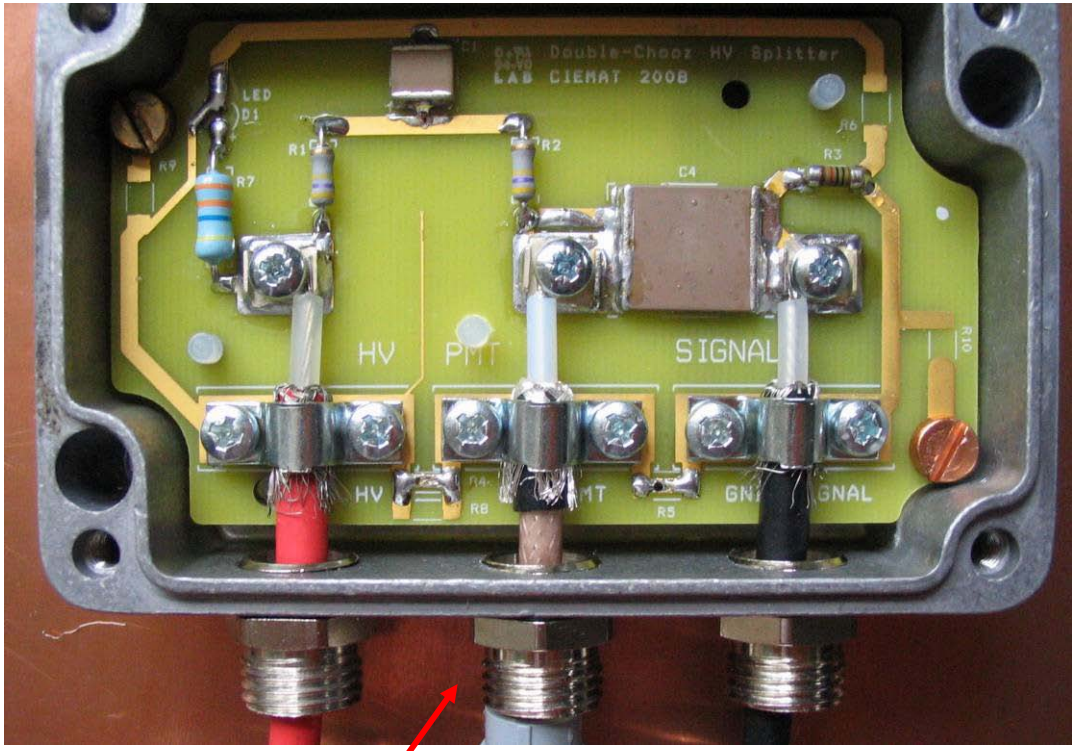
HV, PMT and SIGNAL connected

BOX GND – Not connected to signal GND

Conexión directa de los cables al PCB

Ventajas:
-Aislamiento de las tierras de cada cable.
-Reducción de costes
-Reducción de tiempo de montaje de los cables y del PCB.
-Reducción del espacio necesario por splitter.

Inconvenientes:
-Las cajitas deben permanecer abiertas hasta el final de la instalación.
-La conexión requiere un poco mas de cuidado que conectar un conector.



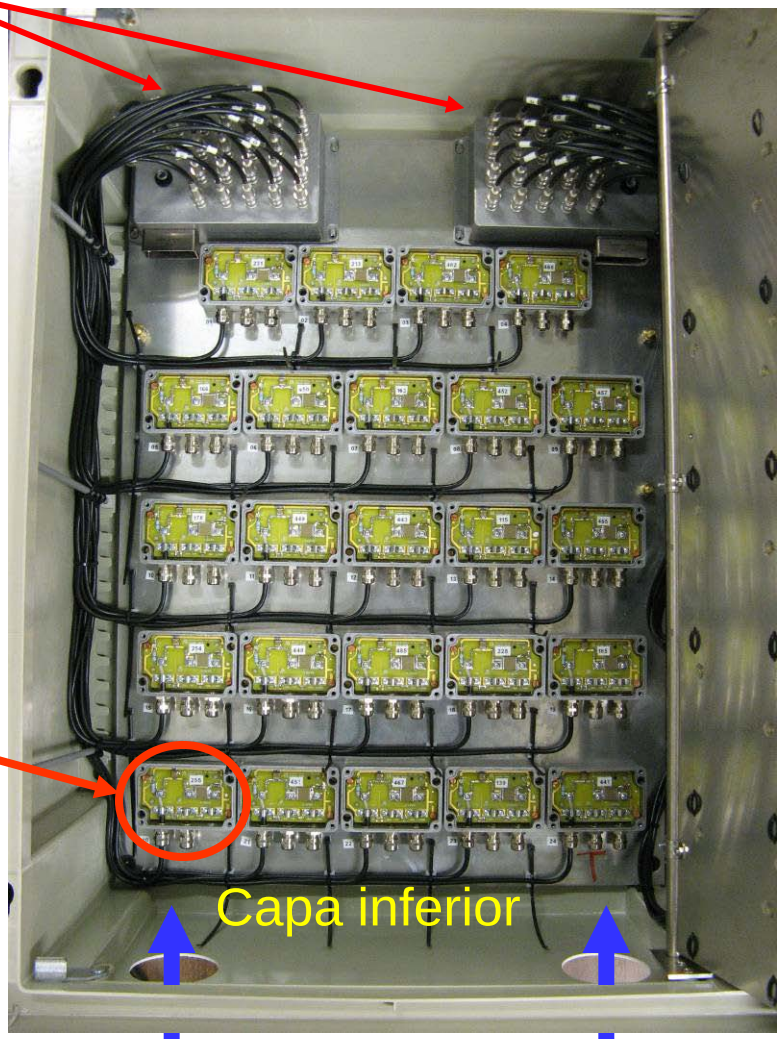
Pasamuros para evitar que la humedad entre a la cajita.

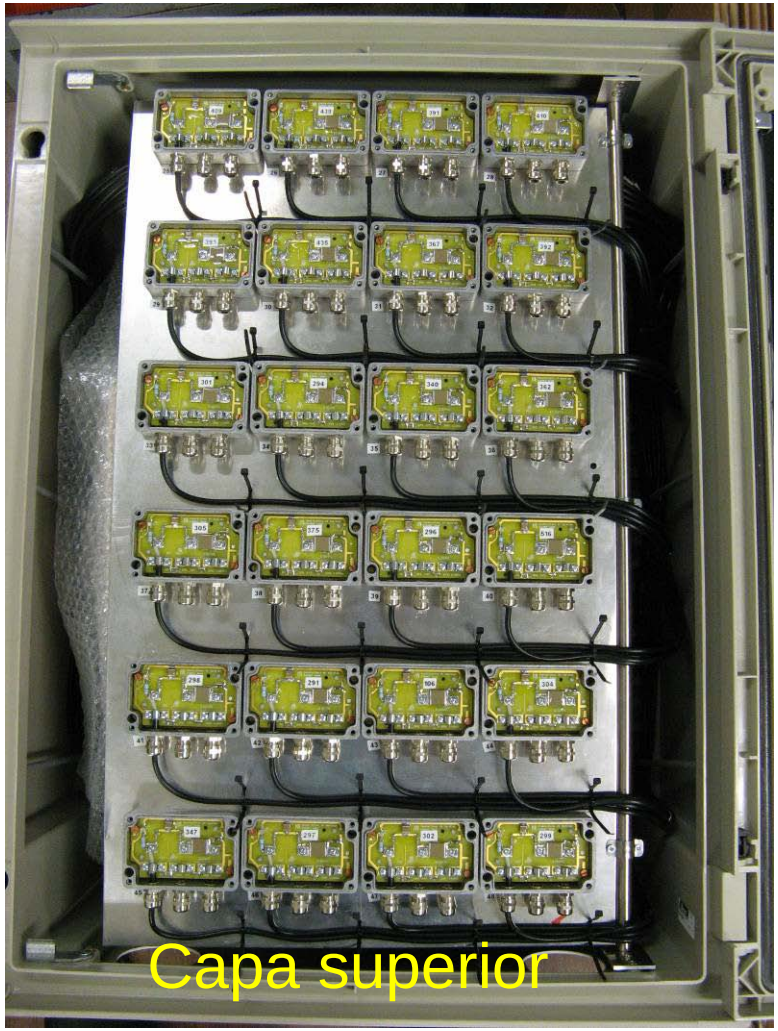
Modulo completo

Patch-panels: Conversion del conector Radial multicanal a 24 SHV

24 splitters
X
2 capas

Reserva





Cables para la capa inferior

Cables para la capa superior

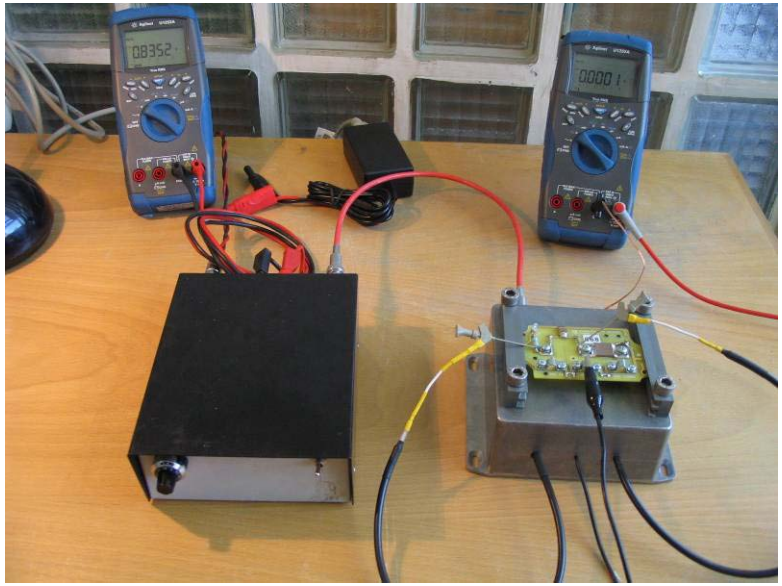
Fabricación

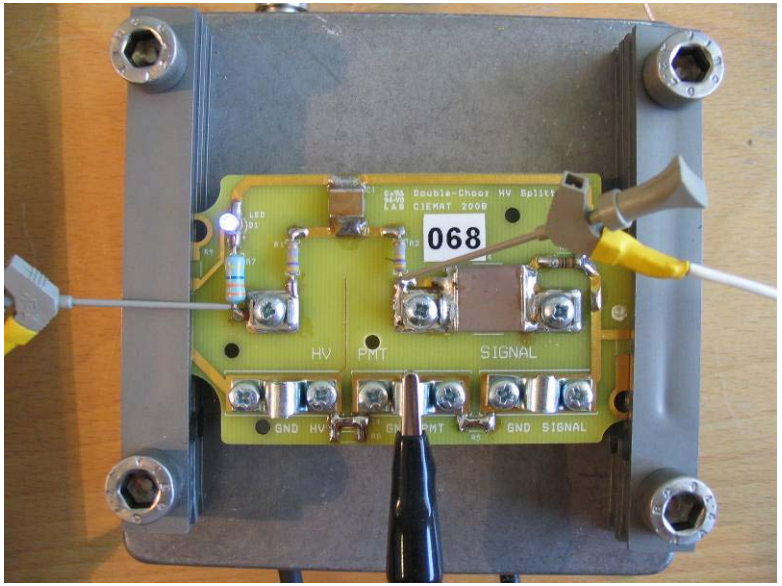
- Se ha hecho fuera:
  - Los circuitos impresos (PCBs) (550)
  - El mecanizado de las cajitas de aluminio (550)
  - El montaje de los patch-panels (22)

- Se ha hecho en el CIEMAT:
  - El mecanizado de las chapas de aluminio (20)
  - El mecanizado de los patch-panels (22)
  - El montaje de los componentes en los PCBs (550)
  - La limpieza de los PCBs montados y el montaje en las cajitas.
  - Todas las pruebas pre y post-ensamblado.
  - Repasar todos los patch-panels y soldar condensadores.
  - El montaje de todos los componentes en los armarios.
  - Todo el cableado interior entre los patch-panels y los splitters.

Control de calidad - DC test

Para 550 tarjetas



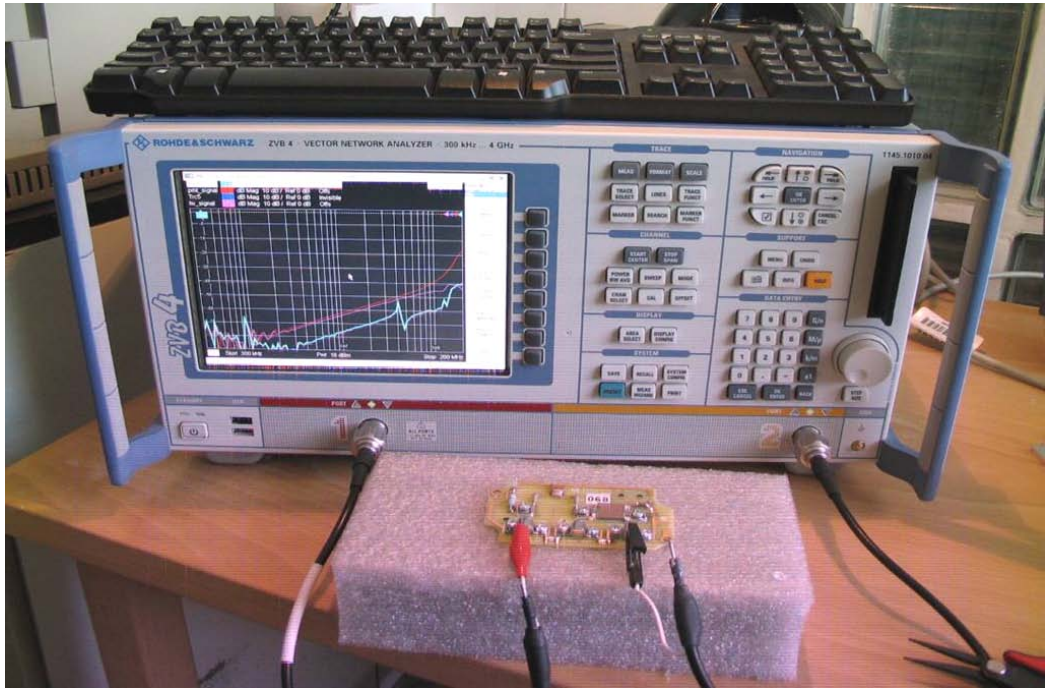


Con alta tensión (2000V) se comprueba:

1) Que la caida de tensión en las resistencias de entrada es correcta.
2) Que no hay alta tensión en la salida de señal.
3) Que funciona el LED.

Control de calidad - AC test

Para 550 tarjetas

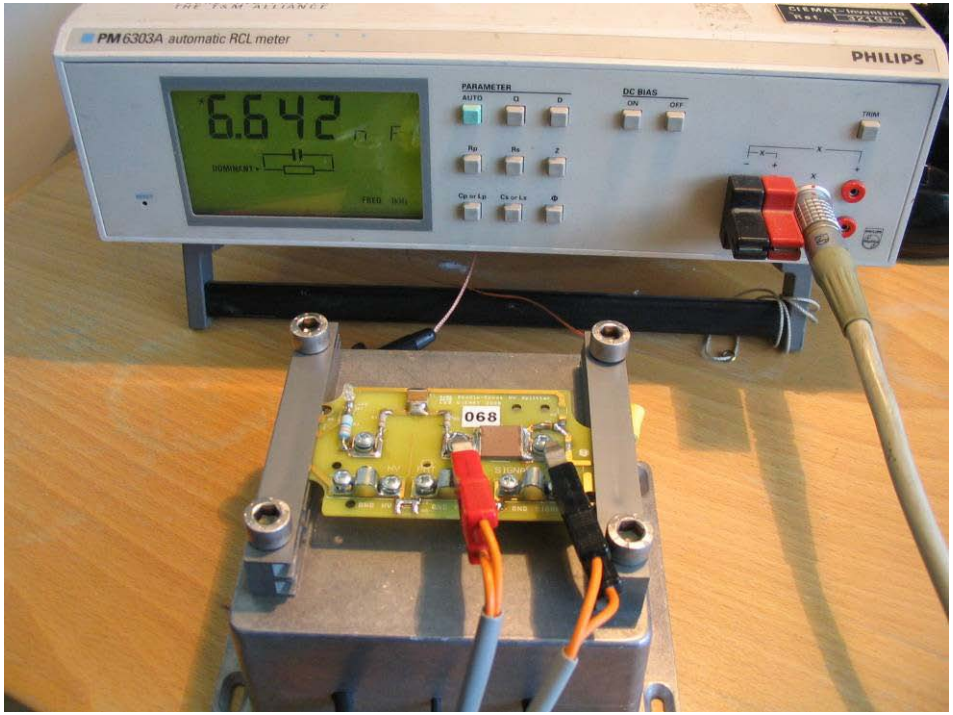


Utilizando un analizador de redes se obtienen las funciones de transferencia:

1) De la entrada de alta tensión a la salida de señal.
2) De la entrada del PM a la salida de señal.

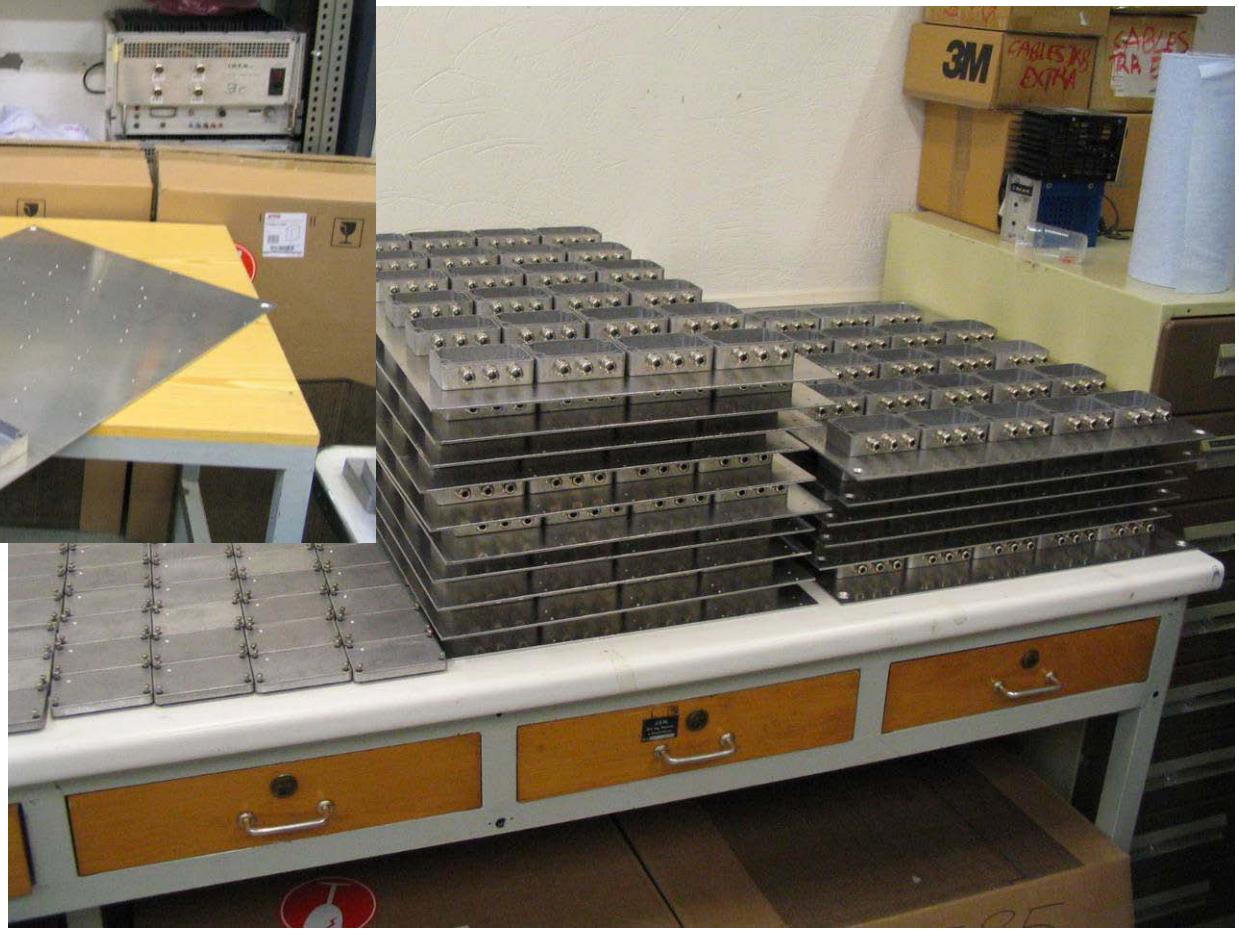
Medida del condensador de salida

Para 550 tarjetas

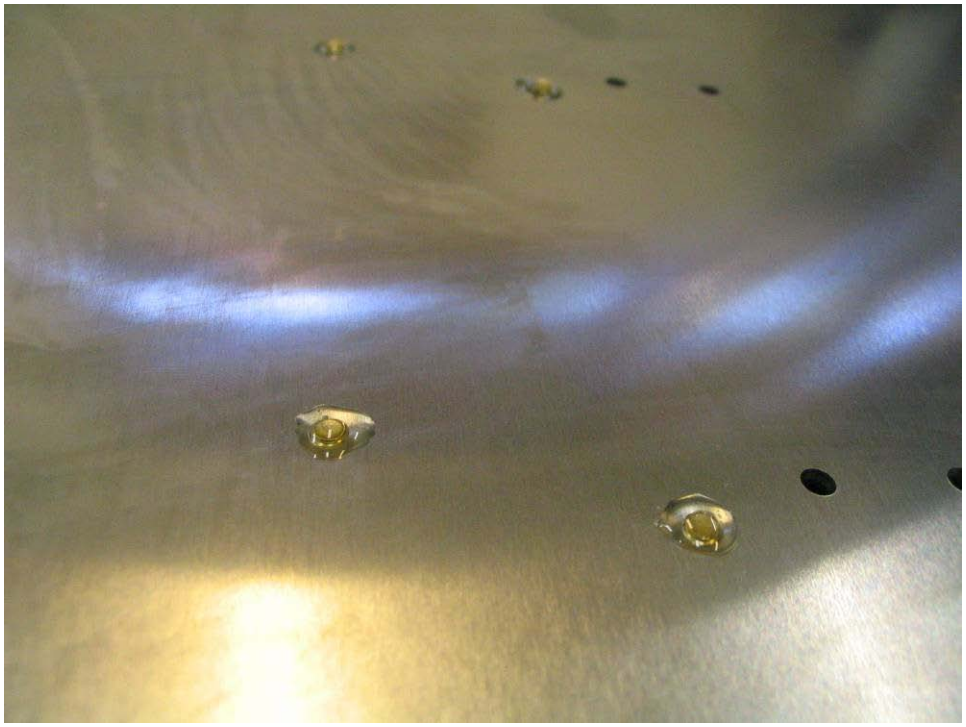


Ensamblado de los módulos

Montaje de las cajitas en las chapas de aluminio



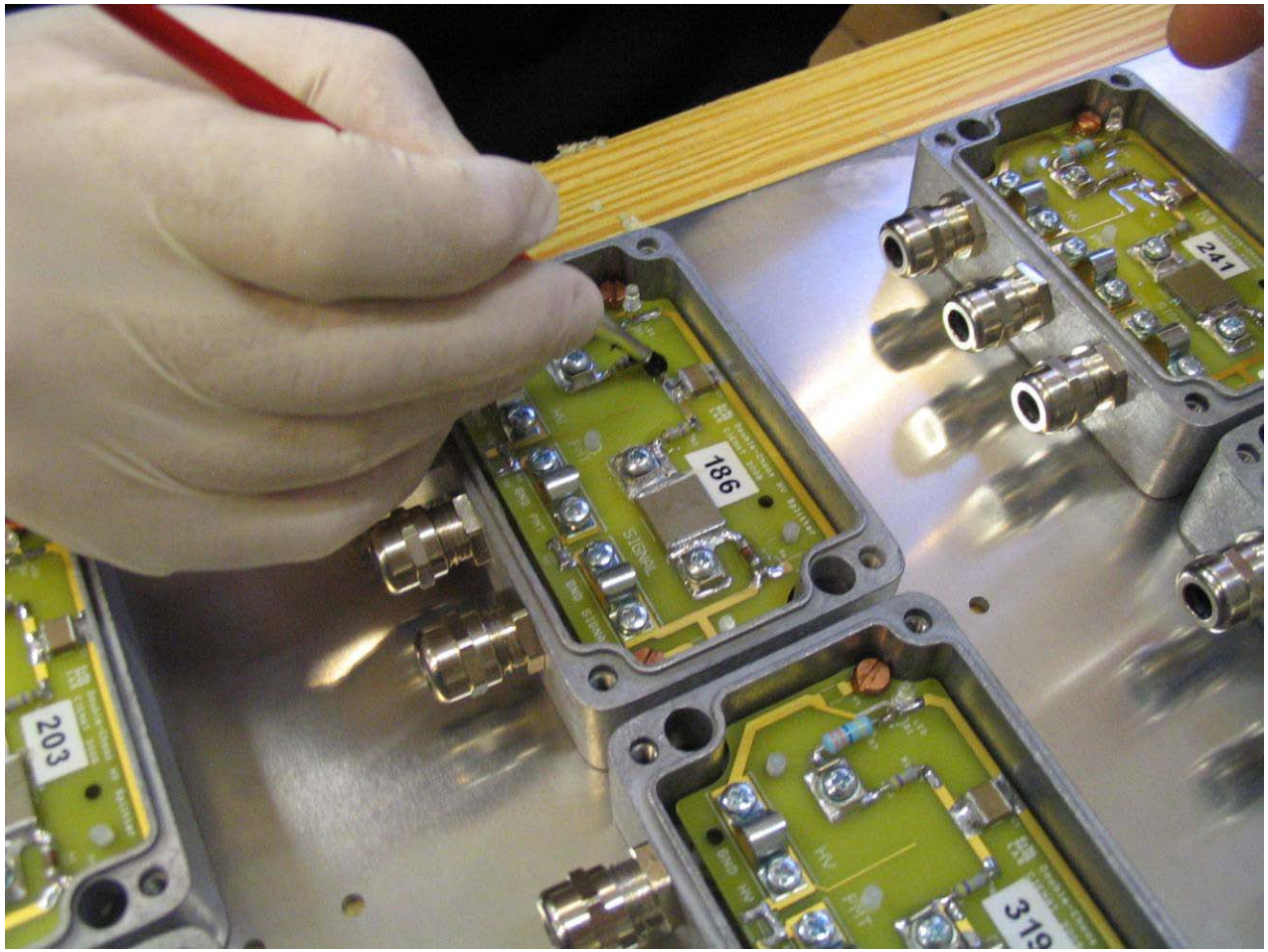
Pegado de tornillos



•Todos los tornillos que van en la caja de aluminio llevan una arandela de presión para asegurar un buen contacto electrico.
•Además los tornillos que sujetan la caja a la chapa de aluminio llevan vaselina en la cabeza y pegamento en la punta para evitar que la humedad oxide la rosca.

Instalación de las tarjetas

Barnizado de los componentes



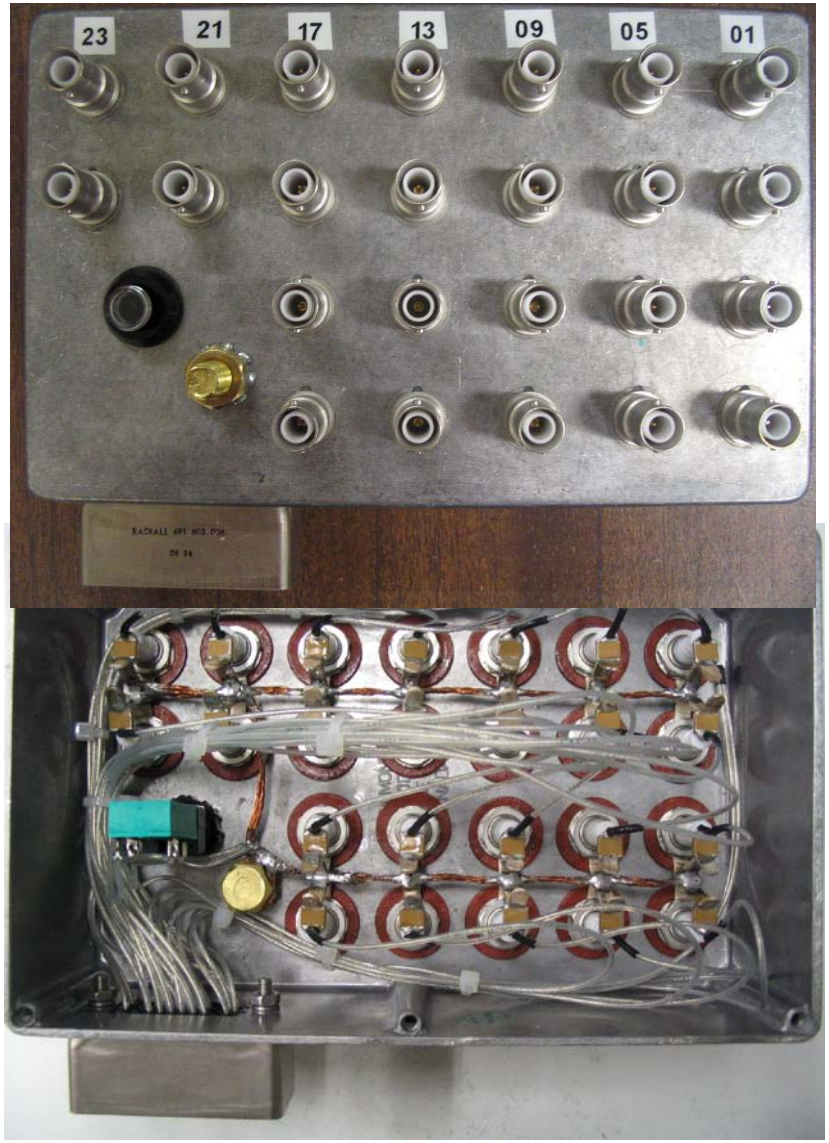
Fabricación de los Patch-panels

Continuando con la idea de la flexibilidad en las conexiones a tierra:

- Los conectores SHV están aislados de la caja.

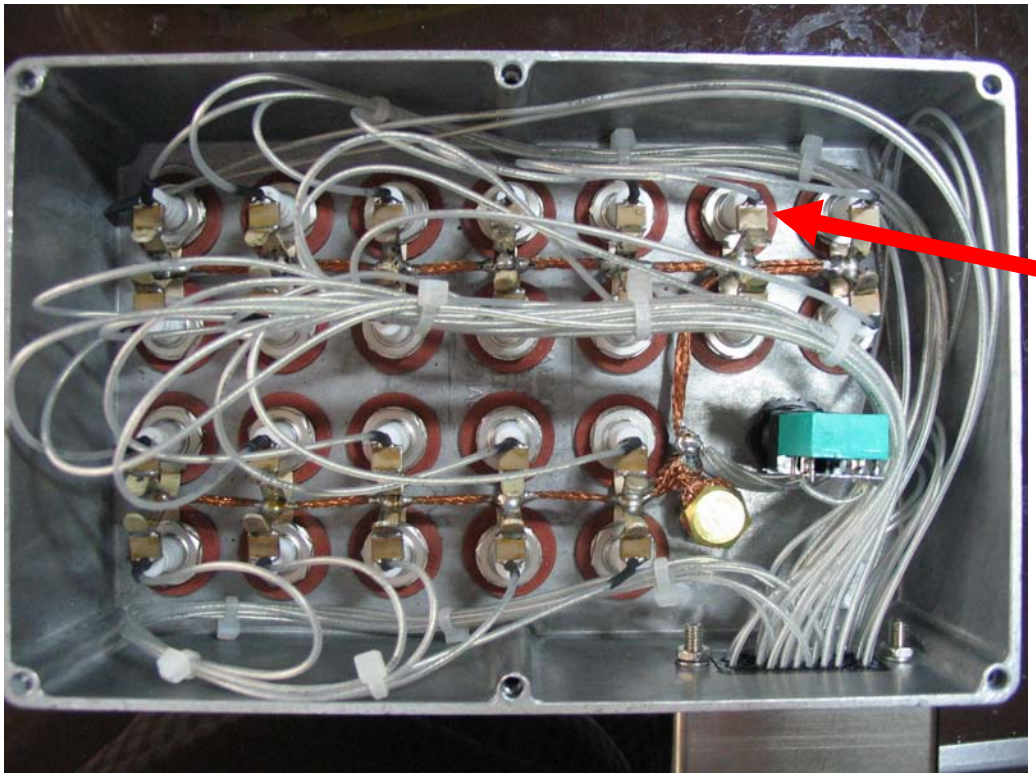
- Todas las masas de los conectores SHV están conectadas a un solo punto: el tornillo de masa. Donde se conectará también la malla del cable de alta tensión.

- La conexión entre los SHV y la caja se puede deshacer si fuera necesario.



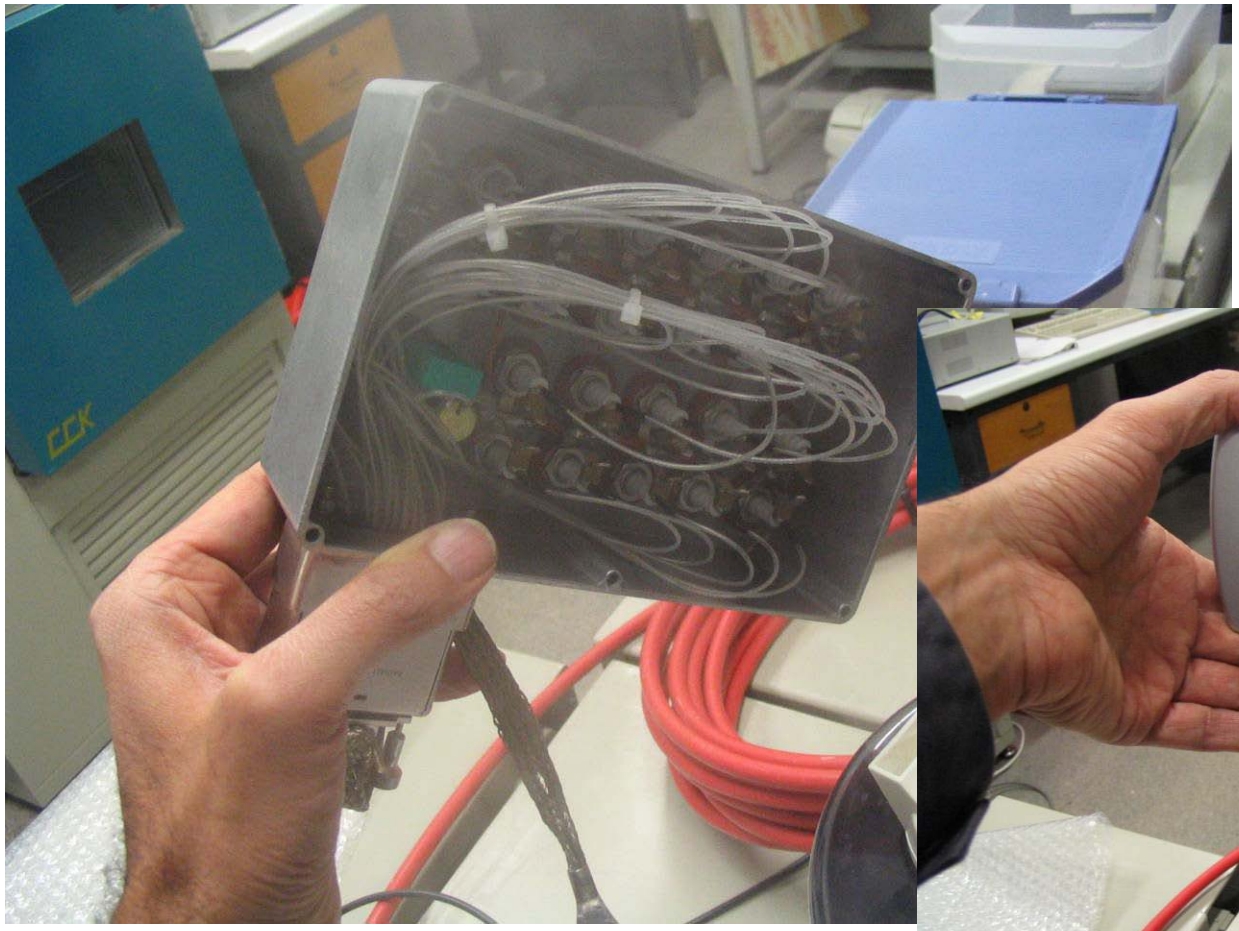
Mejoras en el patch-panel

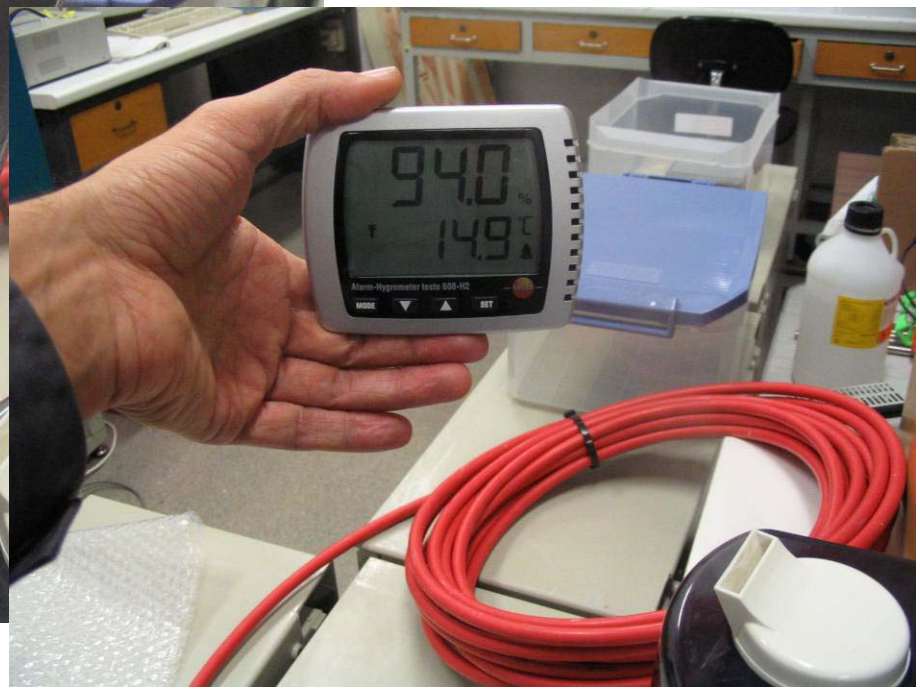
Para reducir el ruido de alta frecuencia procedente de la fuente y los cables



Condensadores SMD de 12nF en cada conector SHV

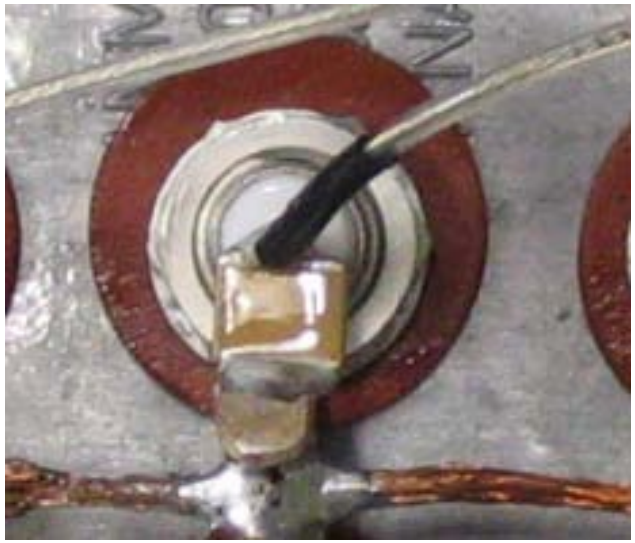
Prueba de los patch panels con humedad

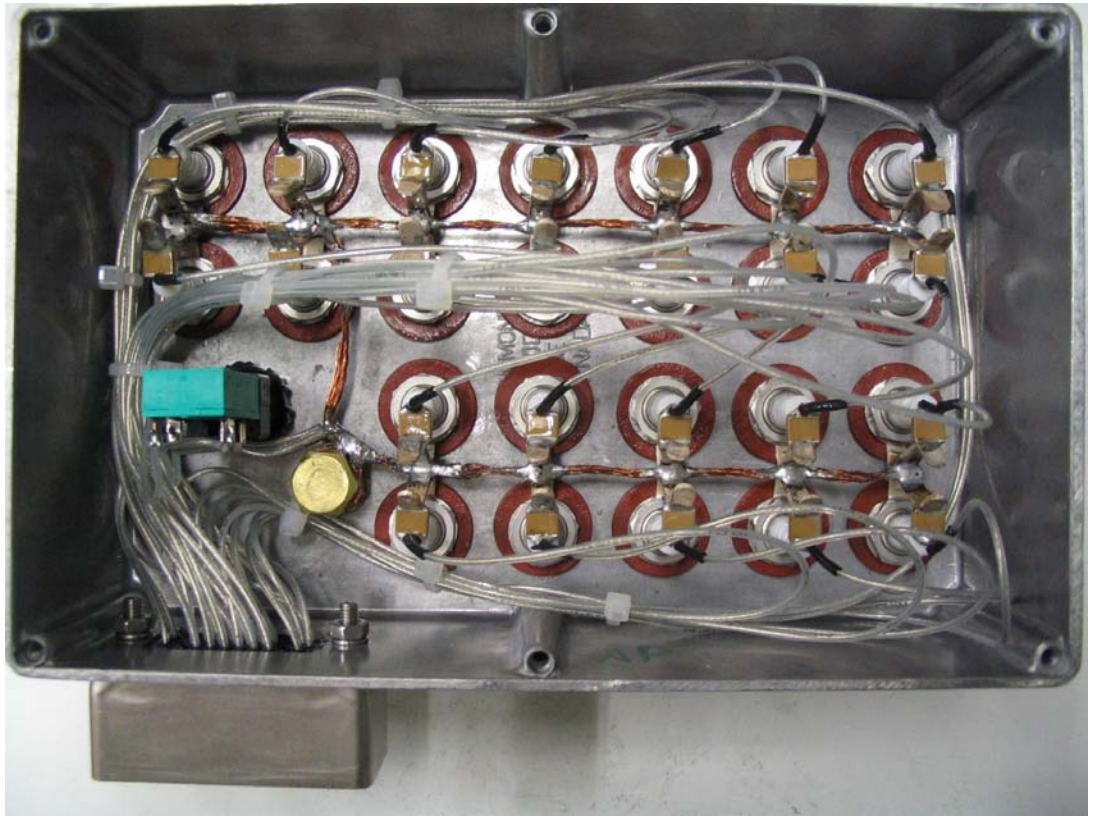




El resultado fue un montón de chispas entre los contactos del condensador.

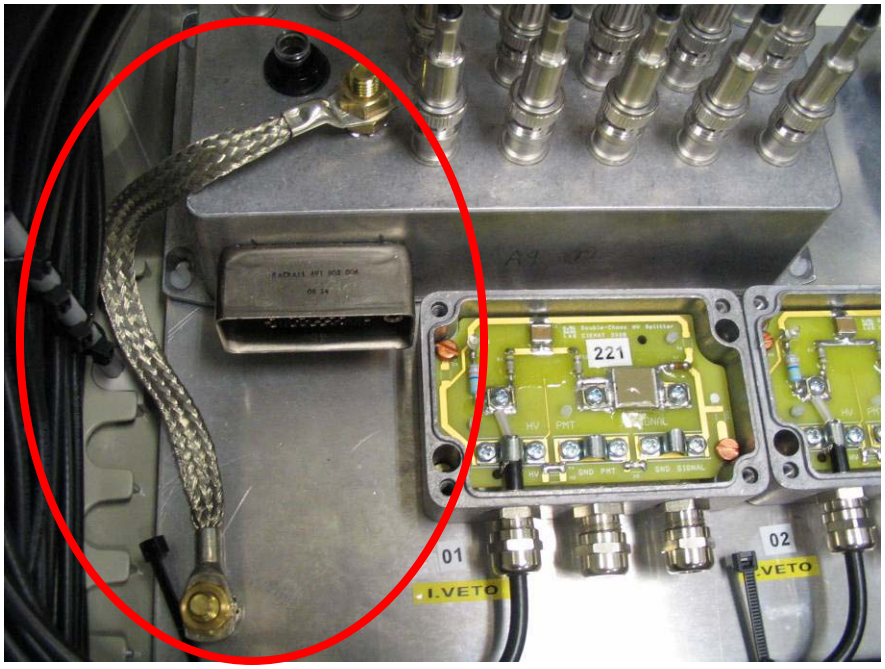
Barnizado de los condensadores

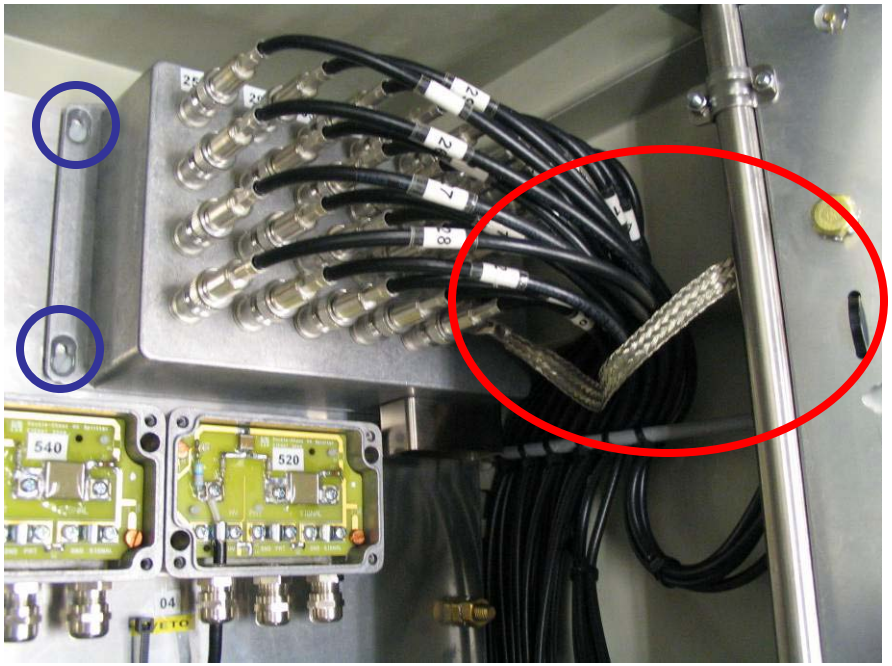




- Para evitar las chispas cuando la humedad sea elevada.

Montaje de los patch panels

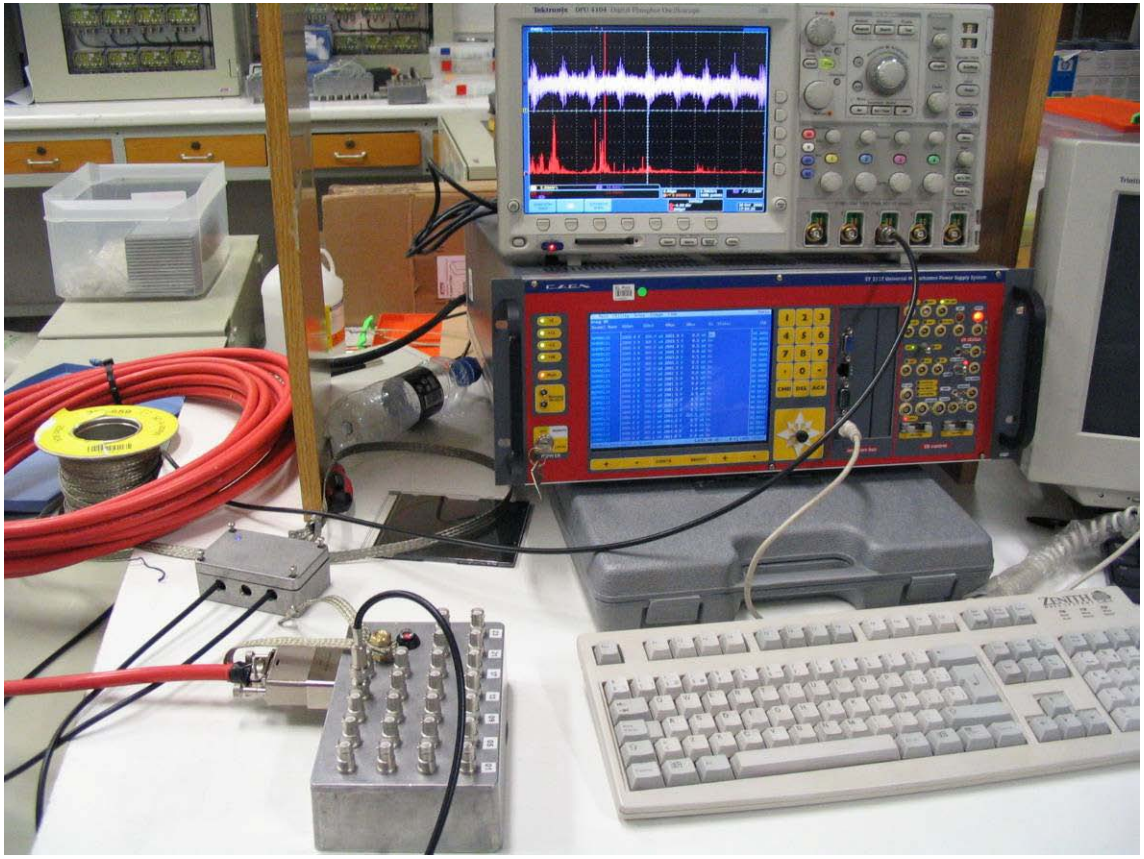




Conexiones a tierra en los patch panels:

- Van fijados con tornillos de nylon a las chapas de aluminio.
- Cada patch-panel se conecta a chapa de aluminio correspondiente mediante una malla de cobre trenzado.
-De esta forma se puede modificar la conexión a tierra de los patch panels si fuera necesario.

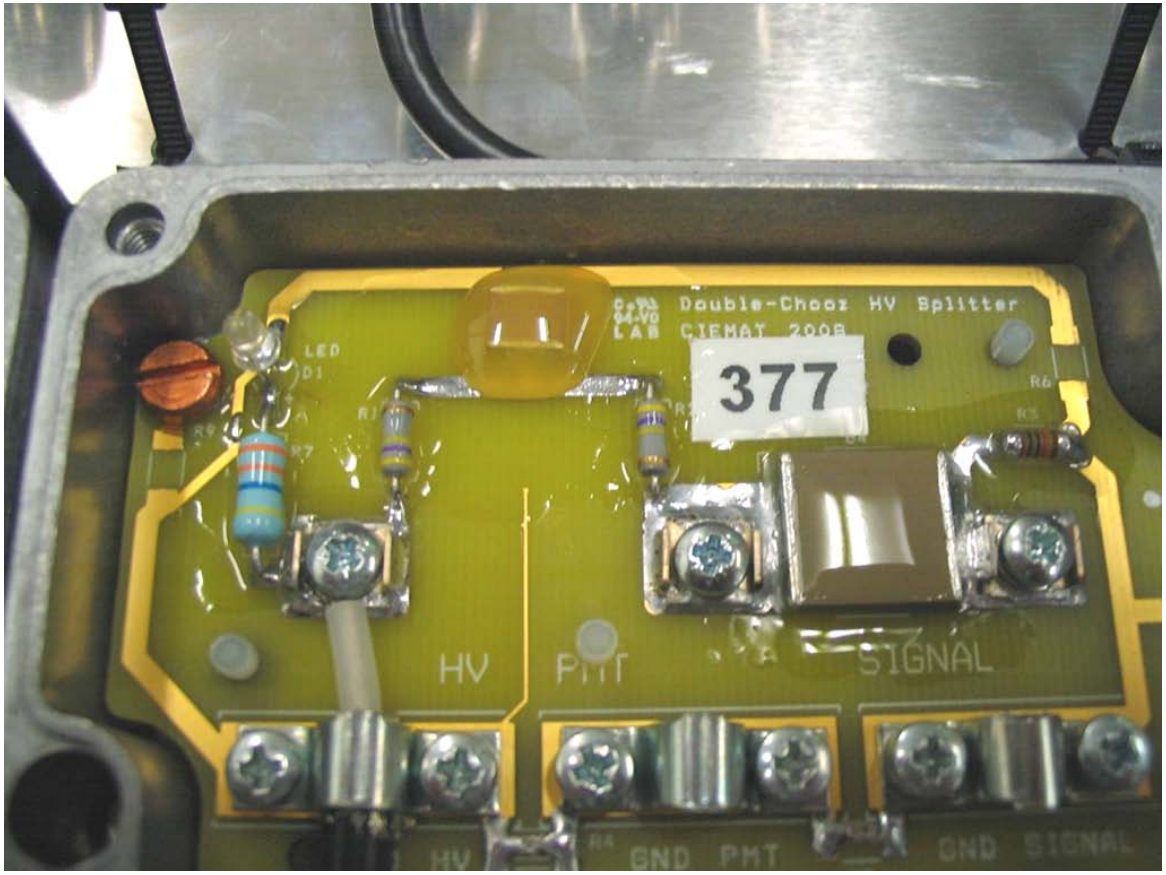
Pruebas de ruido y de asignación de canales (480 canales)



Pruebas del modulo completo con alta tensión y humedad

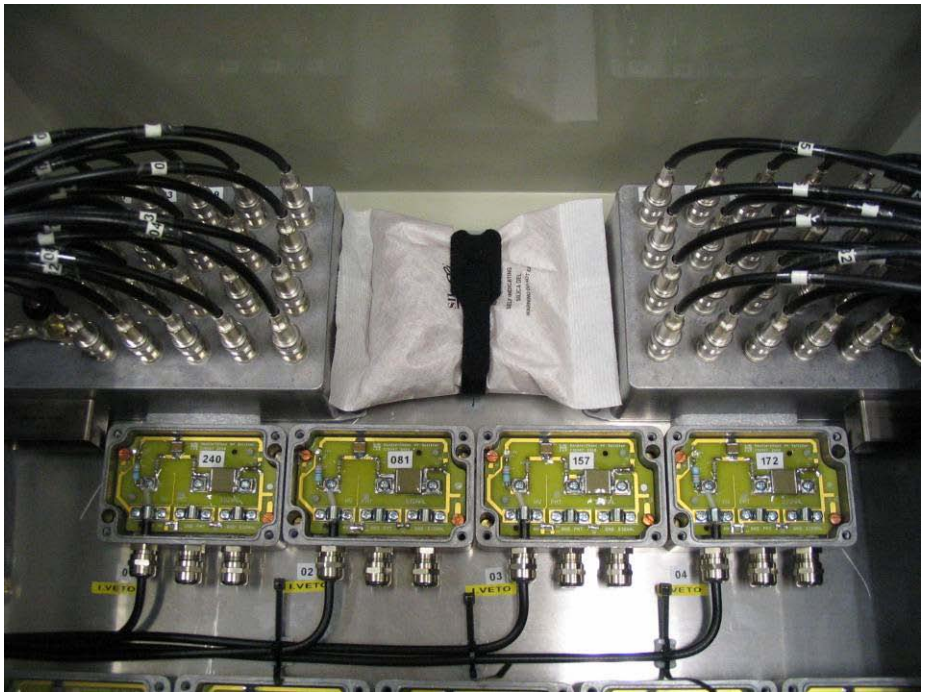
Resultado: de nuevo chispas en los condensadores pequeños.

Recubrimiento de un condensador con epoxi para evitar chispas



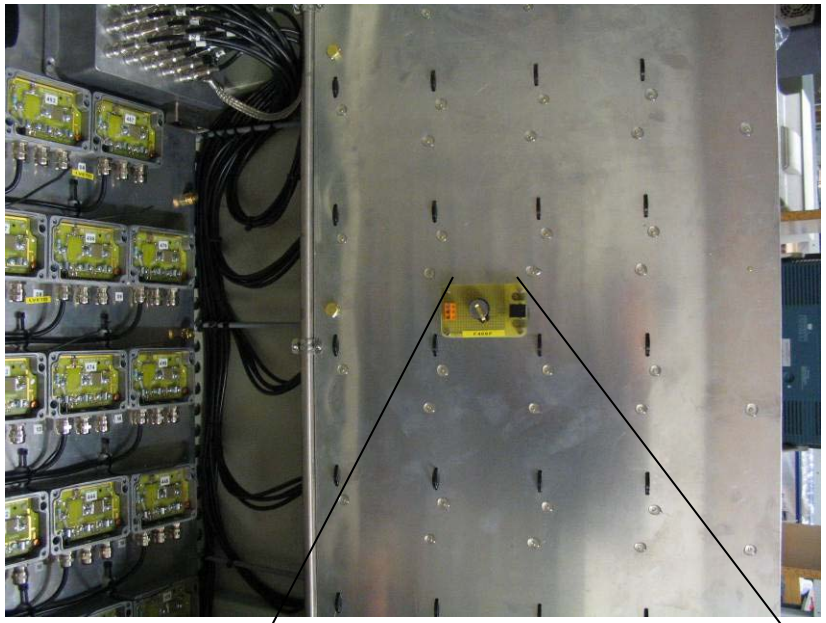
El condensador se había cubierto con silicona pero no era suficiente protección porque al ser muy fluida las esquinas del condensador no quedaban bien cubiertas.

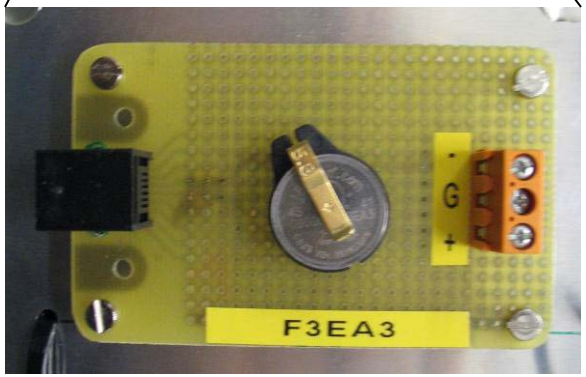
Control de humedad después de la instalación

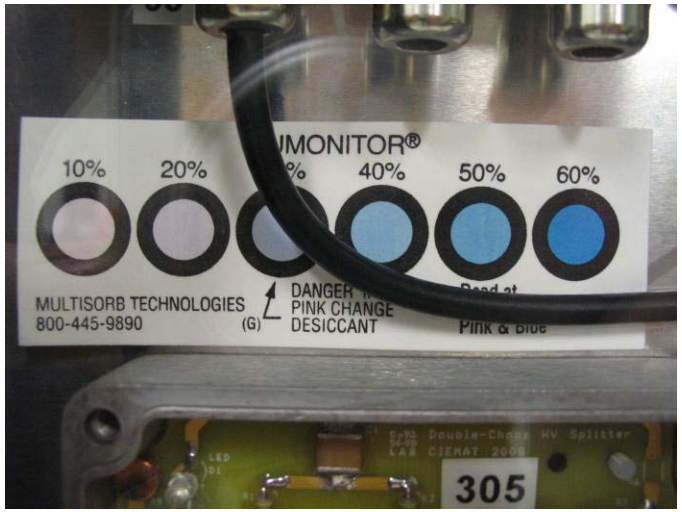


Una vez instalados todos los cables en los splitters, se sellarán las entradas de los cables y se colocarán bolsas de gel desecante en el interior de cada módulo.

Control de humedad después de la instalación







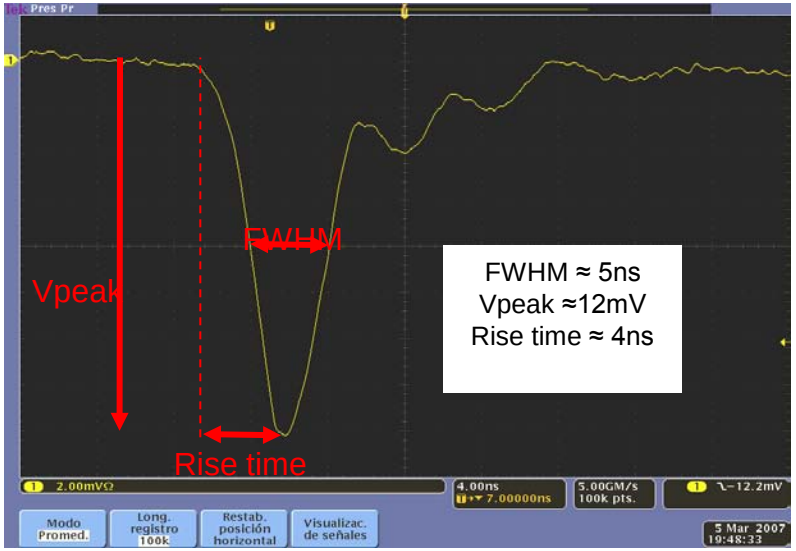
Tarjeta indicadora de humedad

Sensor de humedad Dallas DS-1923.
Puede ser leído de forma remota.

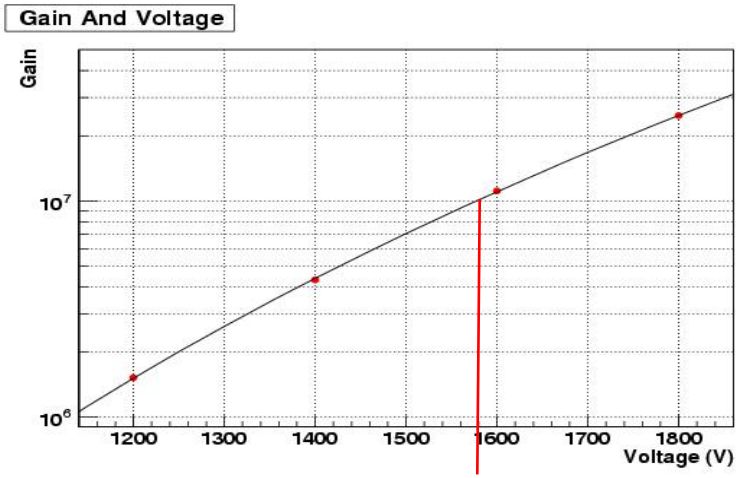
Otras aportaciones “electrónicas” al experimento

Puesta en marcha de un setup para caracterización de PMTs
Pruebas comparativas de varios PMTs

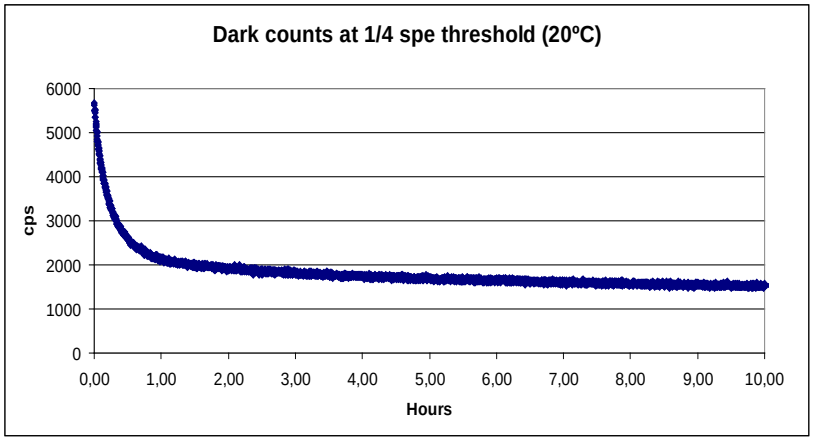
Medidas sobre el pulso del SPE



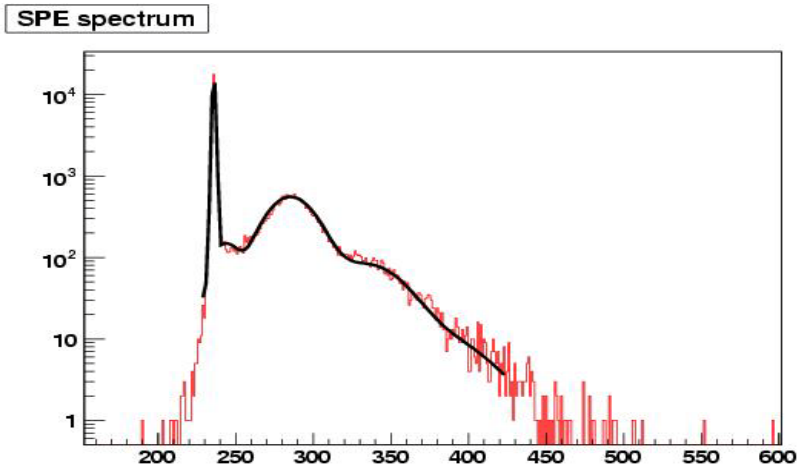
Ganancia vs. tensión



Gain of 10^7 for 1580V



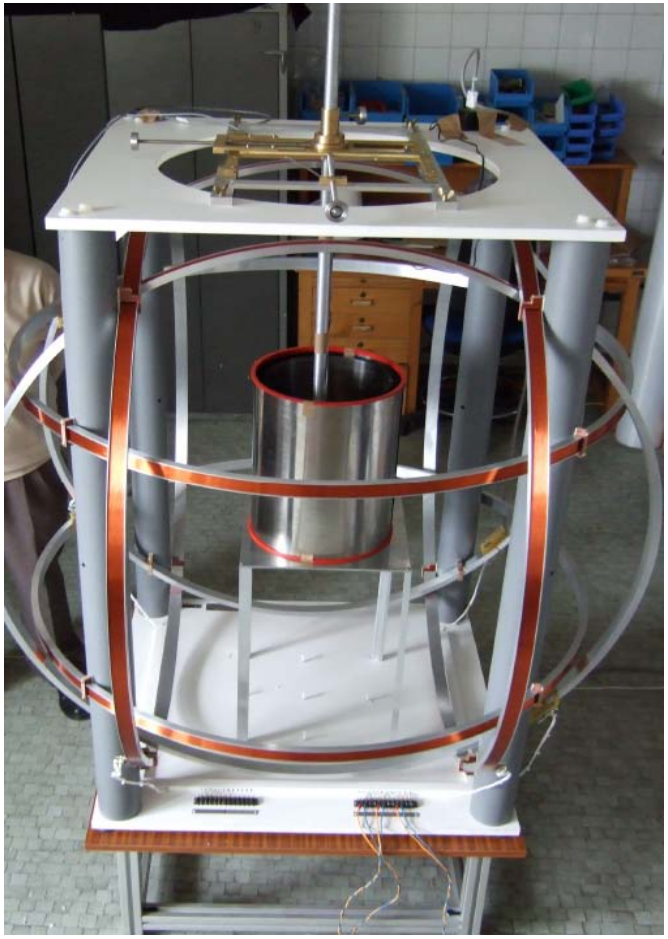
Relajación de corriente oscura



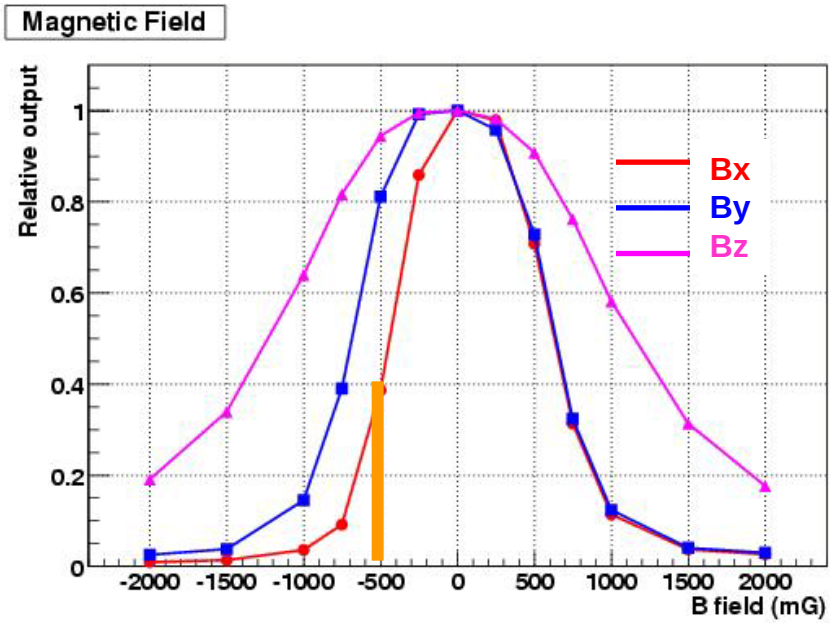
Espectro del SPE

Caracterización de los PMTs con campo magnético

Diseño y caracterización diseño de blindajes magnéticos

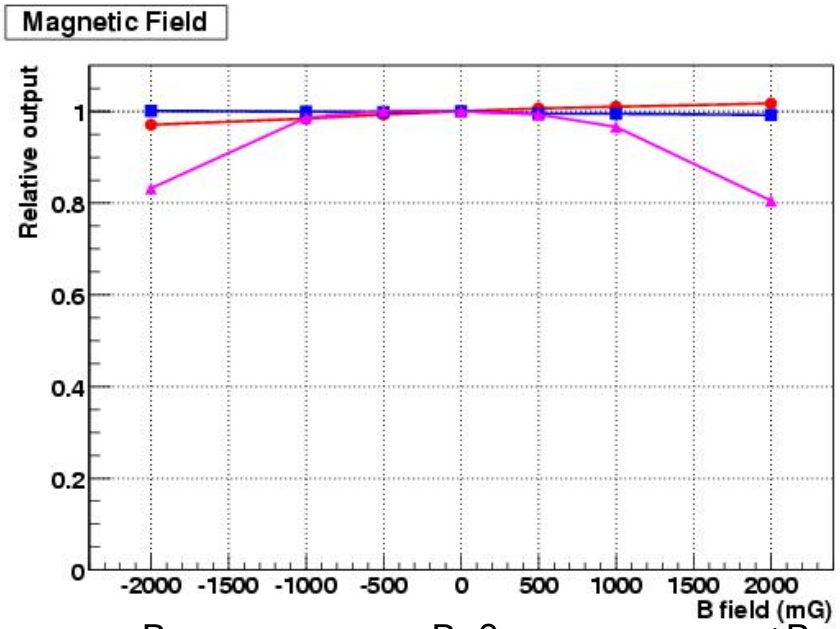


Respuesta del PMT bajo campo magnético



-B B=0 +B

SIN apantallamiento

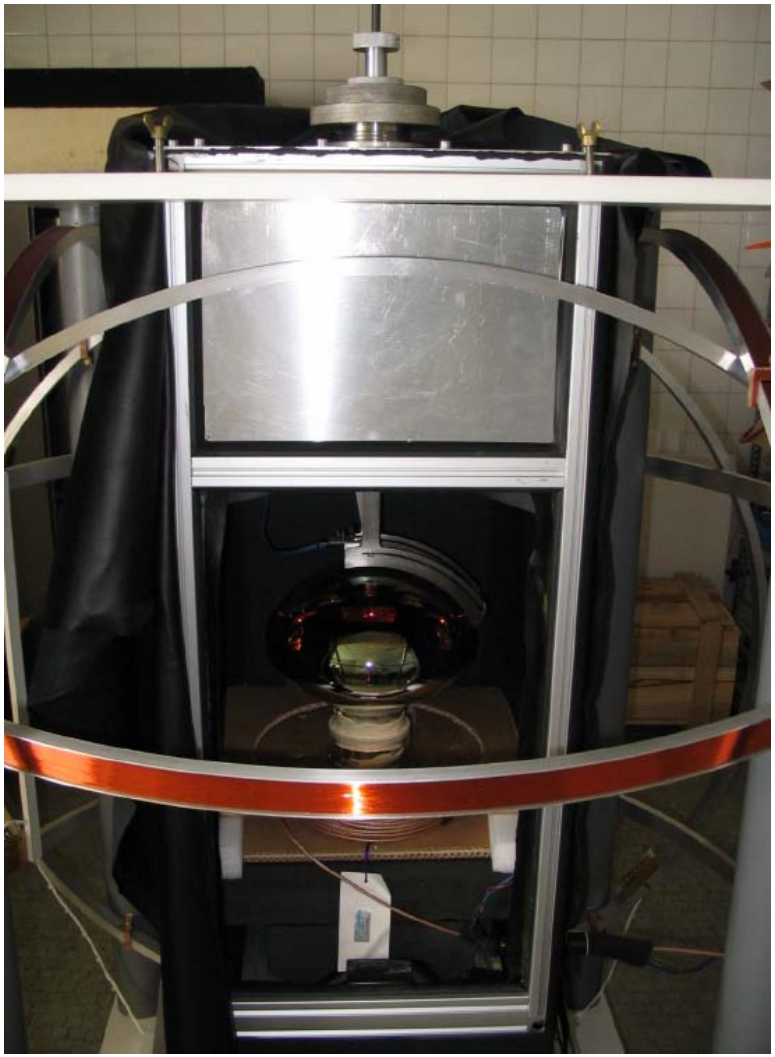


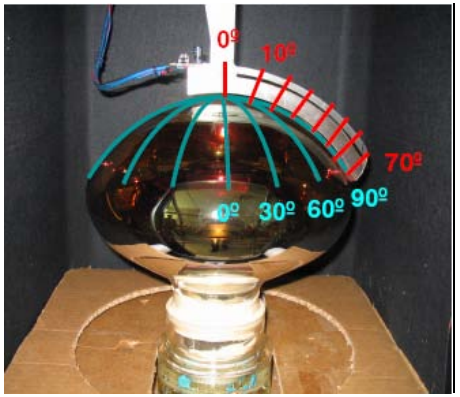
-B B=0 +B

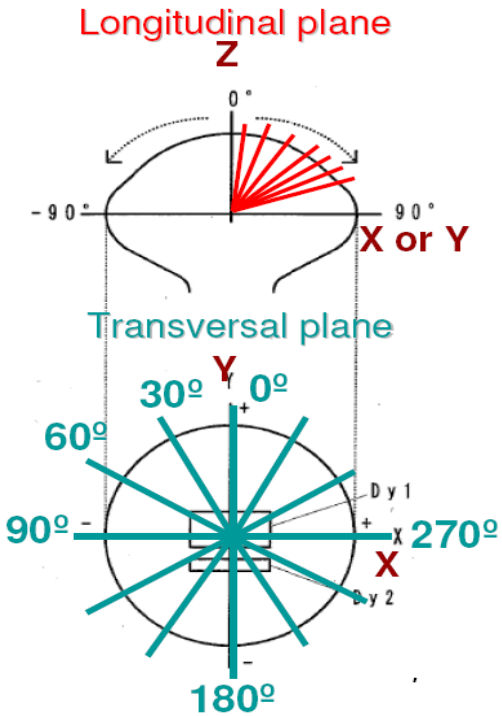
CON apantallamiento

Respuesta del PMT Hamamatsu R7081 en función del campo magnético aplicado en cada eje.

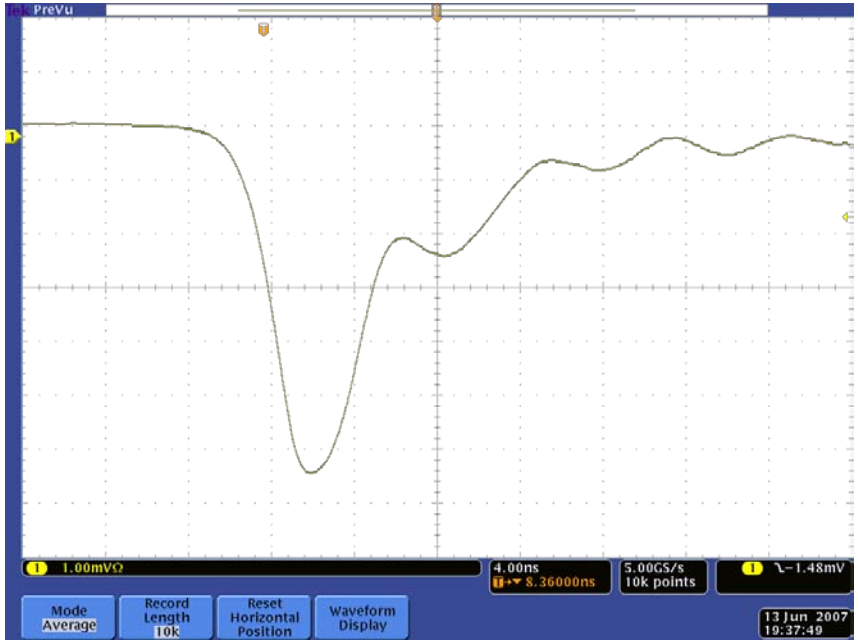
Medidas de uniformidad del fotocátodo con y sin campo magnético.

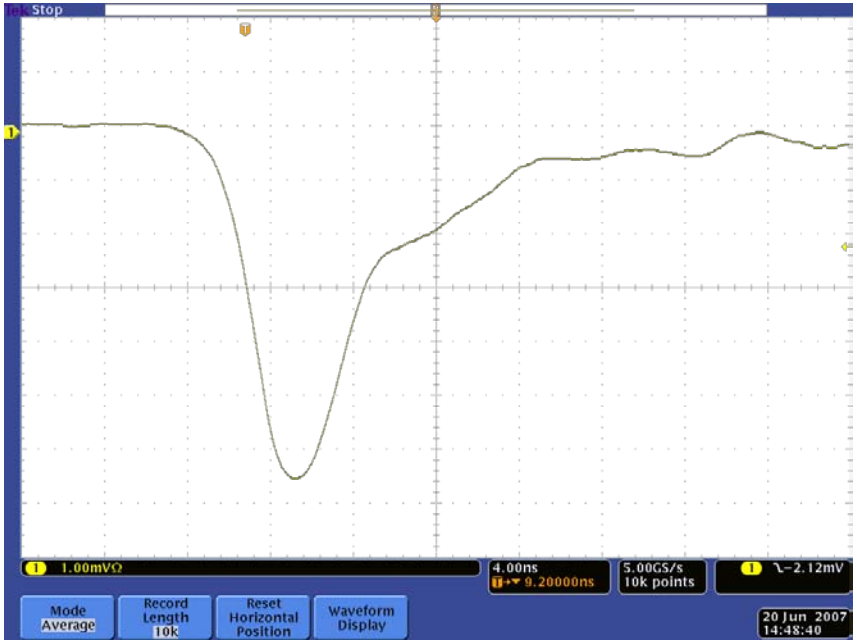






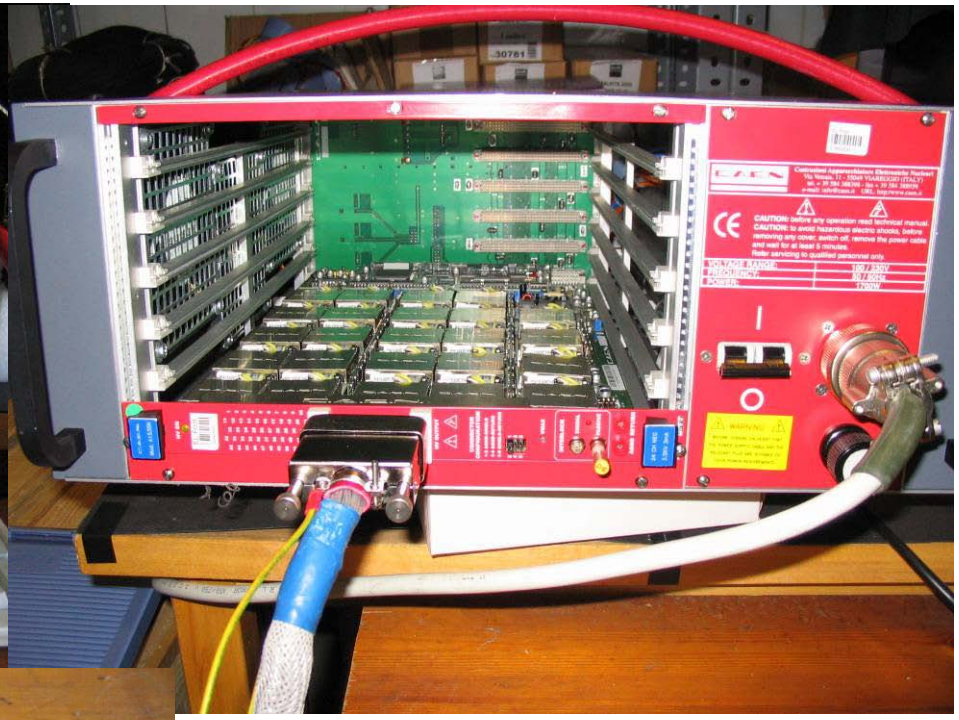
Modificaciones en la base del PMT para reducir el dumping

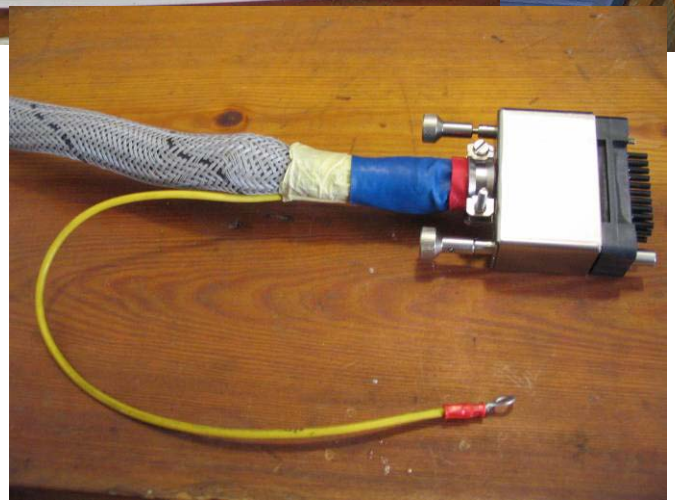




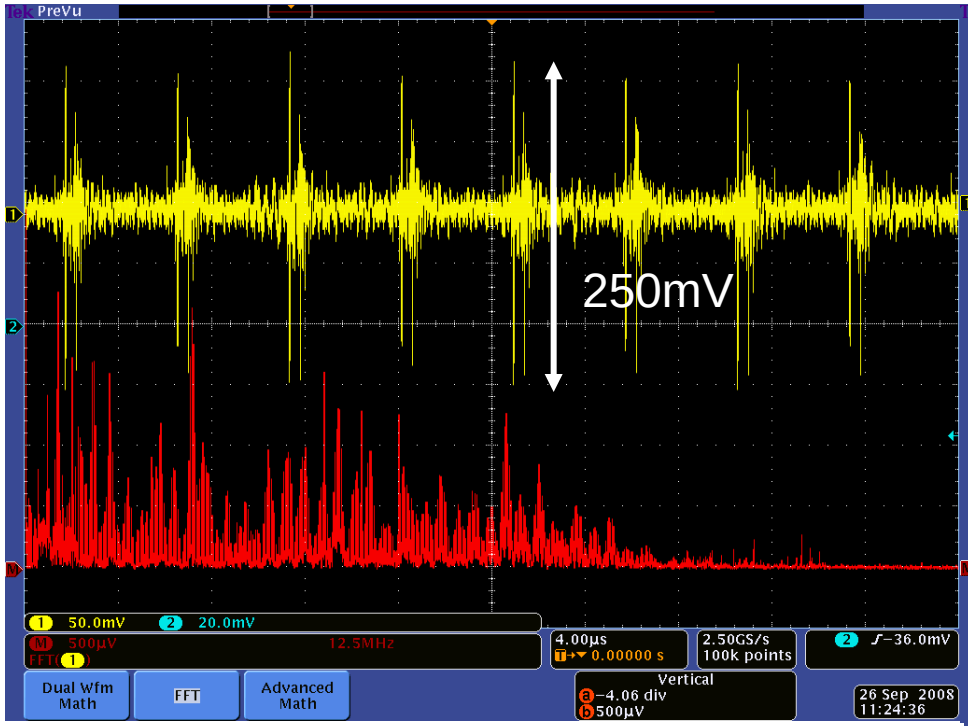
- Modificación aceptada por Hamamatsu

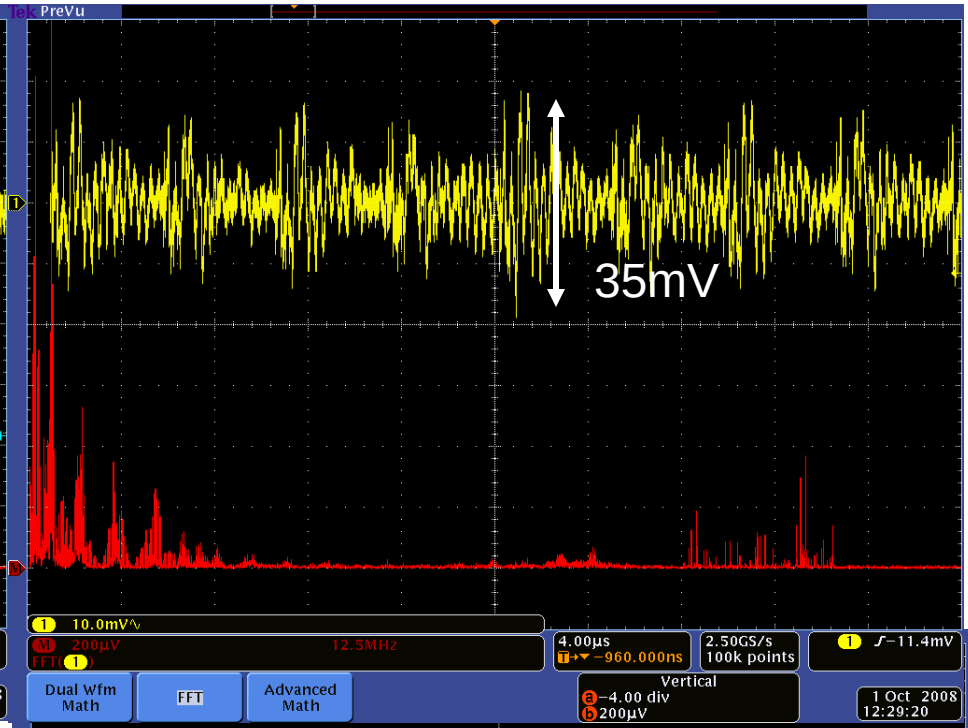
RACK SY2527 y Modulo CAEN A1535P





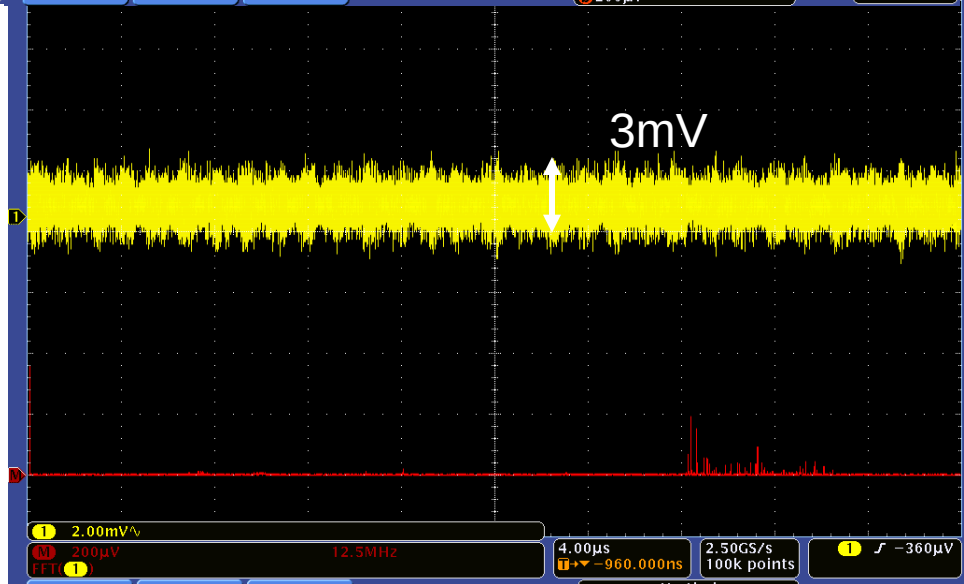
Pruebas del módulo CAEN A1535P



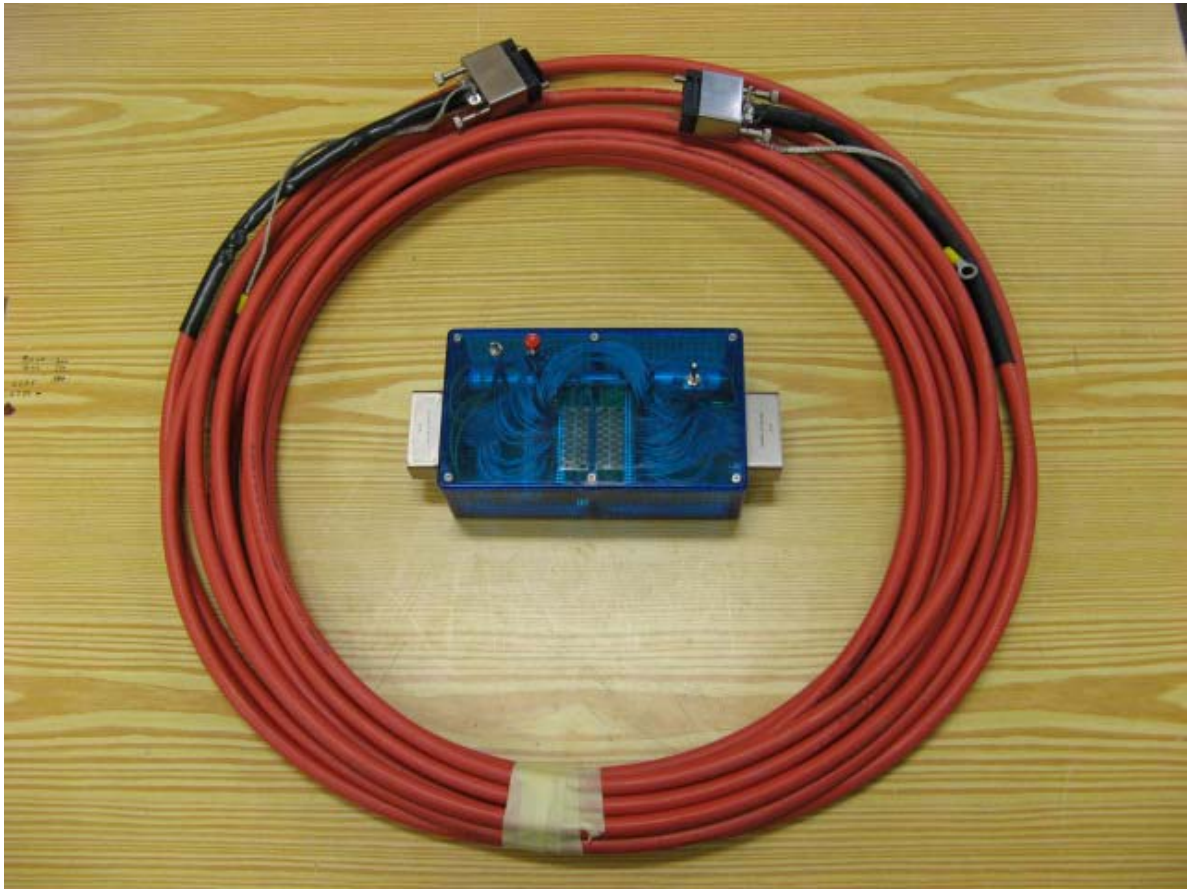


Medidas de ruido:

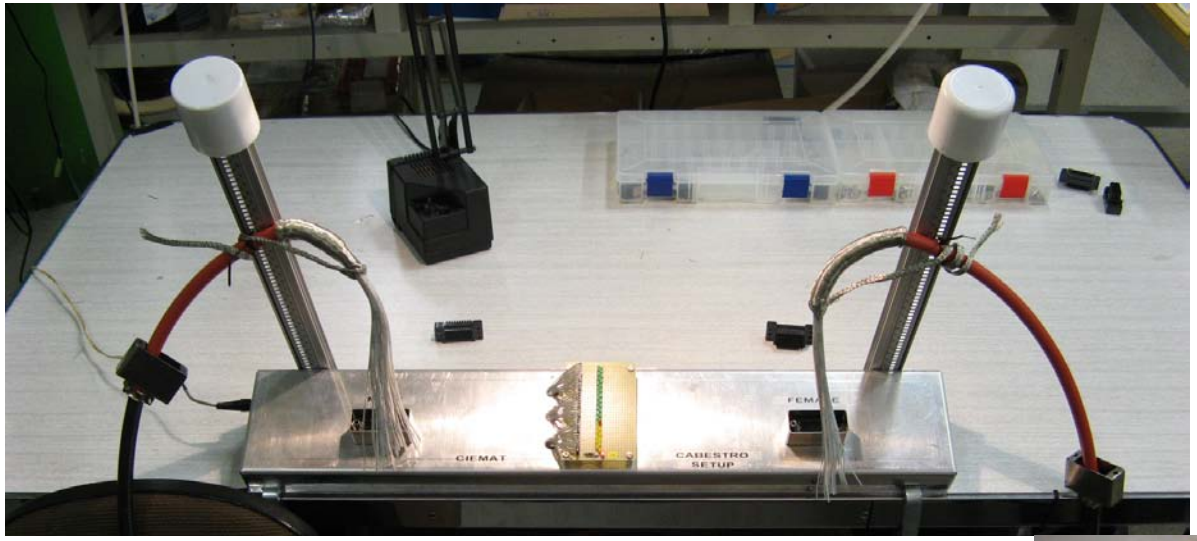
1) Sin condensador: ~250mVpp
2) Con 12nF en patch panel: ~35mVpp
3) Con 12nF en patch panel & splitter: ~3mVpp



Fabricación de 24 cables de alta tensión



Sistema para el montaje de los cables



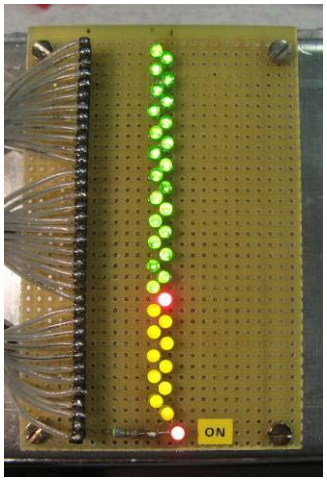
The *CABESTRO* Setup

CABle

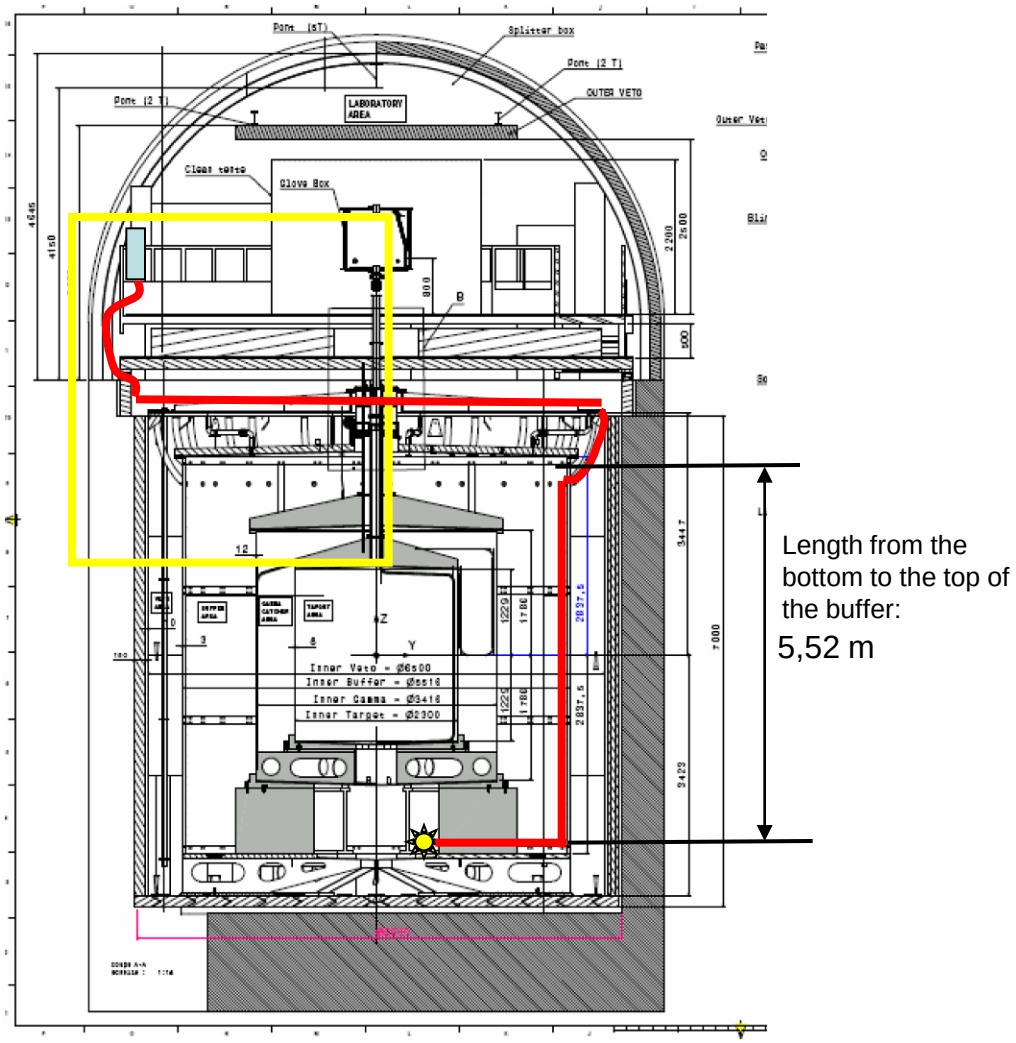
Enhanced

Support and

TROubleshooter

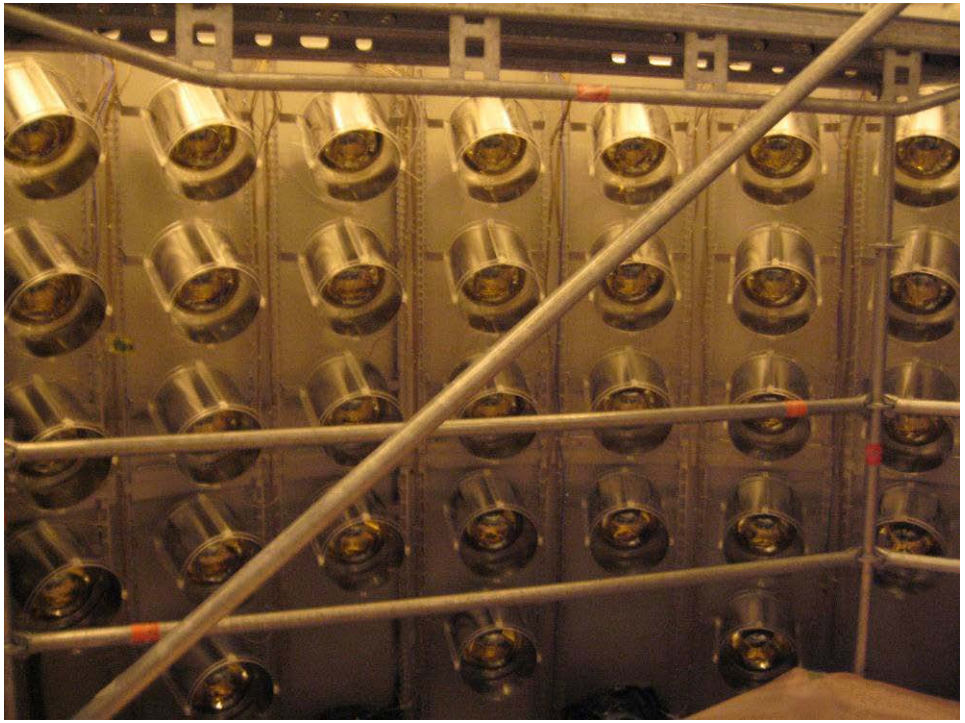


Estudio del rutado de cables para reducir la longitud de los cables de los PMT



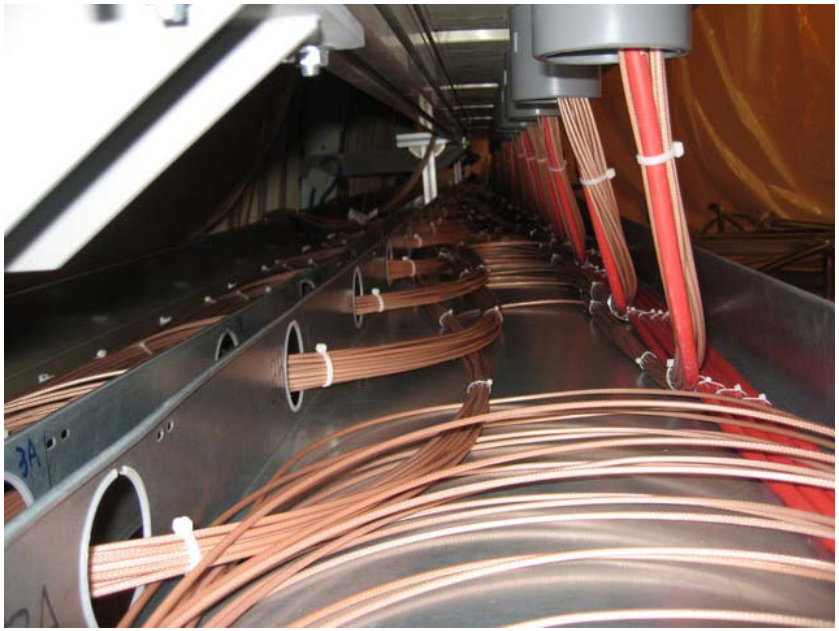
Corte del detector

Cableado en el interior del detector



Cableado exterior

Cableado en las bandejas



Splitters instalados

Fin de la parte electrónica

Conclusiones

Situación actual

- La instalación de la parte mecánica del detector está finalizada.
- La próxima semana se conectan a los splitters los cables de la electrónica.
- Falta la instalación y puesta a punto de la electrónica y el llenado con los líquidos.
- Se quiere comenzar la toma de datos este verano.

Próximas tareas

- Pruebas del detector lejano.
- Repetir todo el proceso de fabricación y pruebas para el detector cercano.
- La fabricación mecánica ya está en curso
- La fabricación electrónica se hará el próximo año.
- Toma de datos y análisis a partir del verano.

Publicaciones 2009

- E. Calvo, M. Cerrada, I. Gil-Botella, C. Palomares, I. Rodríguez, F. Toral, A. Verdugo, "Passive magnetic cylindrical shielding at gauss-range static fields", NIMA 600 (2009) 560-567, Enero 2009.
- J.R.Cepero, F.J.Encabo, I.Pepe, A.Verdugo, “Electromagnetic Compatibility (EMC) and Noise Background Testing for DoubleChooz PMT System”, Informes Técnicos Ciemat Nº 1161, Enero 2009
- I. Pepe, I. Gil-Botella and E. Calvo, "Installation of the PMT mechanical support structure on the DC buffer", Technical Report (DC-doc-677), EDMS ID-016313, Febrero 2009.
- I. Gil-Botella, "The Double Chooz reactor neutrino experiment", J. Phys. Conf. Ser. 171 (2009) 012067, Febrero 2009.
- P. Novella, C. Palomares and A. Cabrera, "DCRecoPulse: Software and algorithms for pulse reconstruction", Technical Report (DC-doc-649), Marzo 2009.
- Double Chooz Buffer PMT group, “Bottom and side buffer PMTs installation procedure”, Nota interna Double Chooz, (DC-doc-794), Mayo 2009.
- I. Gil-Botella, "Review of theta13 and Prospects for Double Chooz", arXiv:0905.3693, Mayo 2009.
- E. Calvo, M. Cerrada, C. Fernández-Bedoya, I. Gil-Botella, C. Palomares, I. Rodríguez, F. Toral, A. Verdugo, "Characterization of large area photomutipliers under low magnetic fields: design and performances of the magnetic shielding for the Double Chooz neutrino experiment", arXiv:0905.3246, Mayo 2009.
- I. Muniz Pepe, A. Verdugo and I. Gil-Botella, "DC Buffer Mechanical Installation & Cabling", Technical Report (DC-doc-757), EDMS ID-018013, Mayo 2009.
- C. Palomares, “Double Chooz Neutrino Experiment”, Proceedings de la European Physical Society Europhysics Conference on High Energy Physics, EPS-HEP 2009, Julio 2009.
- Double Chooz Buffer PMT group, “Buffer lid PMTs installation procedure”, Nota interna Double Chooz, (DC-doc-1901), Octubre 2009.

Publicaciones 2007-2008

- E. Calvo, I. Gil-Botella, I. Pepe, “Buoyancy and pressure tests of the Double Chooz PMT mechanical supports”, Nota interna Double Chooz, EDMS ID-012678, Febrero 2008.
- C. Palomares, “Parametrization of the response of the photomultiplier Hamamatsu R7081”, Nota interna Double Chooz, EDMS ID-014384, Junio 2008.
- A. Verdugo, “Buffer PMTs cable routing”, Nota interna Double Chooz, EDMS ID-014454 v.1, Junio 2008.
- E. Calvo, M. Cerrada, C. Fernández, I. Gil-Botella, C. Palomares, I. Rodríguez, F. Toral, A.Verdugo et al., “Technical Design Report”, Nota interna Double Chooz, EDMS ID-015437, Junio 2008.
- A. Verdugo, “Splitters module user´s manual”, Nota interna Double Chooz, DC-doc-530, Diciembre 2008.
- C. Palomares, “Double Chooz neutrino experiment”, Proceedings of the Vulcano workshop 2008, F. Giocannelli & G. Mannocchi (eds.), Italian Physical Society (in press).
- 7. I. Gil-Botella, “The Double Chooz reactor neutrino experiment”, J. Phys. Conf. Ser. 110 (2008) 082007.

- I. Gil Botella, “The Double Chooz reactor neutrino experiment”, Journal of Physics: Conference Series. Proceedings of the 2007. Europhysics Conference on High Energy Physics, Manchester. Octubre 2007
- C. Palomares, “Study of a new photomultiplier distribution in the Double Chooz experiment”. Nota interna del experimento Double Chooz. Agosto 2007.

Conclusión final

Podemos estar orgullosos por un trabajo bien hecho y reconocido por el resto de la colaboración gracias a la ayuda de todos …

Iuri Pepe, David Francia, Cristina Fernández, Jose Manuel Cela, Iker Rodriguez, Fernando Toral, Jose Miguel Ahijado, Francisco García, Juan José Martinez, Jose Luis Ramirez, Javier Yañez, Francisco Javier Encabo, German Barrera, Miguel Yuste, Fernando Flores, …

Y de todo el personal del Taller General del CIEMAT.