



Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón

**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA
EL CONTRATO DE SUMINISTRO DE LOS
FILTROS J-PAS**

TABLE OF CONTENTS

1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
2. LISTA DE ACRONIMOS Y ABREVIATURAS	5
3. DEFINICIONES	5
4. INTRODUCCIÓN	6
5. ALCANCE DEL CONTRATO	8
6. REQUERIMIENTOS GENERALES	9
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	9
<i>Requerimientos funcionales para los filtros uJ-PAS y Sloan</i>	10
<i>Longitud de onda de subida ("cut-on")</i>	10
<i>Tolerancia en la longitud de onda de subida "cut-on"</i>	10
<i>Pendiente de subida</i>	10
<i>Longitud de onda de bajada ("cut-off")</i>	11
<i>Tolerancia en la longitud de onda de bajada "cut-off"</i>	11
<i>Pendiente de subida</i>	11
<i>Requerimientos funcionales para los filtros principales J-PAS</i>	11
<i>Longitud de onda central</i>	11
<i>Tolerancia en la longitud de onda central</i>	12
<i>Uniformidad de la longitud de onda central</i>	12
<i>Anchura a media altura (FWHM)</i>	12
<i>Tolerancia en FWHM</i>	12
<i>Anchura al $0.95 \cdot T_{max}$ (W1)</i>	13
<i>Tolerancia en W1</i>	13
<i>Anchura al $T_{max} / 100$ (W2)</i>	13
<i>Tolerancia en W2</i>	13
<i>Requerimientos funcionales para todos los filtros</i>	13
<i>Transmisión máxima (Tmax)</i>	13
<i>Uniformidad de la transmisión máxima</i>	13
<i>Planicidad de la función de transmisión</i>	13
<i>Intervalo de bloqueo "Short-Wave"</i>	13
<i>Intervalo de bloqueo "Long-Wave"</i>	14
<i>Transmisión máxima dentro de los intervalos de bloqueo (Tb)</i>	14
<i>Requerimiento de continuidad</i>	14
REQUERIMIENTOS FÍSICOS	15
<i>Material para el sustrato de los filtros</i>	15
<i>Índice de refracción efectivo de los filtros</i>	15
<i>Reflectividad total de los filtros</i>	15
<i>Filtros internos</i>	16
<i>Filtros externos</i>	16
<i>Reflexión interna</i>	17
<i>Tamaño de los filtros</i>	17
<i>Tolerancia en el tamaño de los filtros</i>	17
<i>Biselado ("bevel")</i>	17
<i>Tolerancia en el biselado ("bevel")</i>	17
<i>Biselado en las esquinas ("corner chamfer")</i>	17
<i>Apertura libre</i>	18

<i>Espesor del sustrato</i>	18
<i>Tolerancia en el espesor del sustrato</i>	18
<i>Espesor del filtro</i>	18
<i>Rugosidad de la superficie</i>	18
<i>Imperfecciones de la superficie</i>	18
<i>Restricción de poros ("pinhole")</i>	19
<i>Restricción de burbujas</i>	19
<i>Máxima cuña</i>	19
<i>Error total de frente de onda transmitido</i>	19
<i>Error local de frente de onda transmitido</i>	19
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES	19
<i>Requerimientos de entorno</i>	19
<i>Autofluorescencia</i>	20
<i>Marcado del borde</i>	20
<i>Empaquetado, manejo, almacenamiento y transporte.</i>	20
<i>Entrega</i>	21
REQUERIMIENTOS DE FIABILIDAD	21
<i>Vida útil de los filtros</i>	21
<i>Durabilidad de los recubrimientos AR</i>	21
DOCUMENTACIÓN	21
7. PLAN DE TRABAJO	21
8. PLAN DE VERIFICACIÓN	22
9. PRESUPUESTO	22
10. PLAZO	22
11. APÉNDICE A: MATRIZ DE VERIFICACIÓN	22

1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

	Título del Documento	Número de Documento
<i>RD1</i>	Centro De Estudios De Física Del Cosmos De Aragón, The Project. M. Moles, 2008.	
<i>RD2</i>	Memoria Descriptiva	
<i>RD4</i>	OAJ T250 Optical Analysts	OAJ-TRE-AMO-1000-009-is5.pdf
<i>RD3</i>	Wide field 14-CCD mosaic camera for the 250cm telescope of the OAJ.	OAJ-JPCAM

2. LISTA DE ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

CEFCA	Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón
JPCAM	Instrumento científico para el JST/T250.
FoV	Campo de Visión (Field of View)
OAJ	Observatorio Astrofisico de Javalambre
J-PAS	Javalambre PAU Astrophysical Survey
JST/T250	Telescopio de 2.5m del OAJ
FWHM	Anchura a media altura (Full Width Half Maximum)

TBC: "Debe ser Cónfirmado" por el CEFCA durante las negociaciones del contrato o en una fecha acordada durante la duración del contrato.

TBD: "Debe ser Definido" y acordado entre el CEFCA y el contratista en el momento de la firma del contrato o en una fecha acordada durante la duración del contrato.

3. DEFINICIONES

<u>JST/T250</u>	Telescopio de 2.5m de apertura del OAJ
<u>JAST/T80</u>	Telescopio de 80cm de apertura del OAJ
<u>Contratista</u>	Se refiere a la empresa a la que se confía el diseño y construcción JPAS-PF.
<u>Temperatura de Referencia</u>	La temperatura de referencia para el cálculo de todas las dimensiones y tolerancias será de 21° C, salvo que se especifique algo diferente.

4. INTRODUCCIÓN

El Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ, [RD1, RD2]) es una nueva instalación astronómica instalada en la Sierra de Javalambre (Teruel, Spain) cuyo objetivo principal es el de llevar a cabo cartografiados astronómicos. El OAJ cuenta con dos telescopios de gran campo: el JST/T250, un telescopio de 2.55-m de apertura con un campo de visión (FoV) de 3° de diámetro, y el JAST/T80, un telescopio de 0.83-m de apertura con un FoV de 2° de diámetro. La definición, construcción, operación y explotación científica del OAJ es responsabilidad del CEFCA.

El telescopio JST/T250 se instalará y verificará, y por tanto estará listo para iniciar las actividades científicas, a finales de 2013. Este telescopio cuenta con una escala de placa de 22.67"/mm y un $f/\# = 3.6$. Los 3° de FoV corresponden a 476.4mm [RD3].

El instrumento científico principal de JST/T250 es JPCam [RD4 y figuras 1 y 2], una cámara equipada con un mosaico de 14 CCDs de gran formato y nuevo desarrollo. Se trata de los nuevos sensores de 9k x 9k pixeles de 10 μ m fabricados por e2v. JPCam se instalará en el foco cassegrain del JST/T250 y cubrirá gran parte del FoV del telescopio con una escala de pixel de 0.2267 "/pixel. Su unidad de filtros está diseñada para admitir hasta 5 bandejas de filtros. Cada bandeja montará 14 filtros, uno por cada CCD del mosaico. Cada detector observará a través de un filtro. La figura 3 muestra el diseño preliminar de una de las bandejas de filtros.

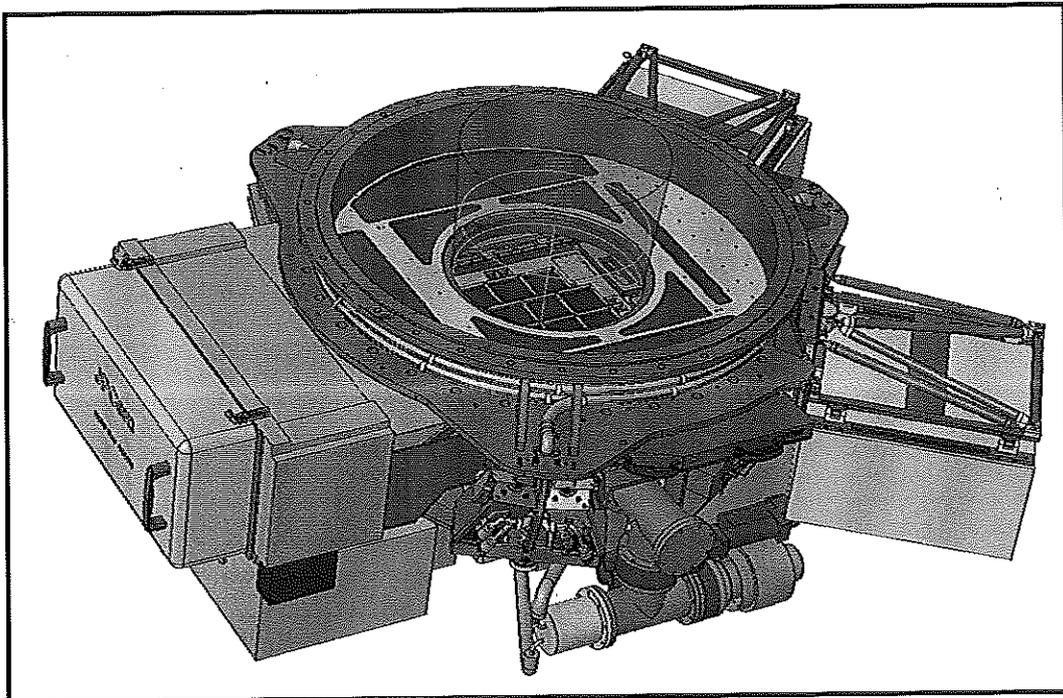


Figura 1: Diseño mecánico de JPCam. El haz de luz incidente aparece marcado en azul. Se puede apreciar la posición de la bandeja de filtros en operación.

JPCam se ha diseñado para llevar a cabo el proyecto J-PAS (Javalambre-PAU Astrophysical Survey), un innovador cartografiado fotométrico de más de 8000 grados cuadrados utilizando en siguiente conjunto de filtros, los filtros J-PAS:

- 56 filtros principales, 54 estrechos (FWHM=14.5 nm) que recubren de manera continua el espectro óptico entre 370 y 920 nm con pasos de 10.0 nm, mas 2 filtros anchos.
- Un filtro ancho u_{J-PAS} , optimizado para este proyecto.
- Dos filtros standard de Sloan (g_{SDSS} y r_{SDSS}).

Los filtros se situarán fuera del criostato, pero cerca de su ventana de entrada. Operarán en haz convergente. Esta configuración óptica impone requerimiento muy exigentes a los filtros J-PAS, algunos de ellos suponen un reto tecnológico y requieren del desarrollo de nuevas soluciones de diseño. Estos filtros, tal y como se especifican a continuación, permitirán la medida de desplazamientos al rojo de miles de galaxias con precisiones de $\sigma_z \sim 0.003(1 + z)$, lo que permitirá para obtener parámetros de Energía Oscura con una precisión sin precedentes. El cartografiado J-PAS se realizará en unos 4-5 años y alcanzará una magnitud límite de $m_{AB} \sim 22$ al nivel de 5σ .

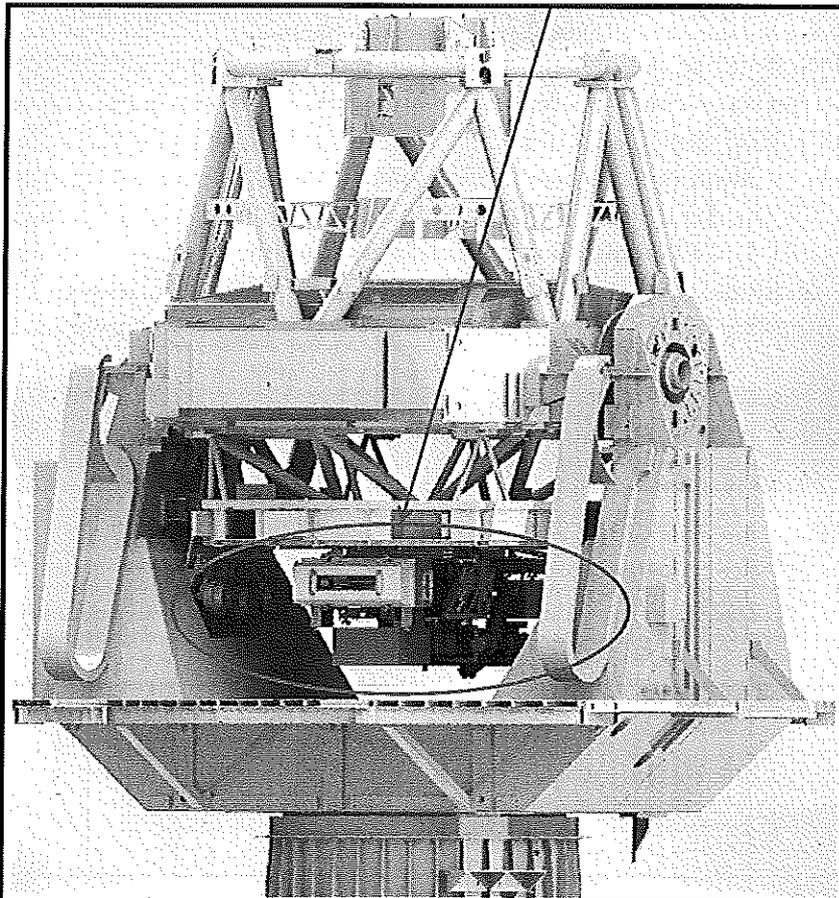


Figura 2: Modelo de JPCam instalada en el foco Cassegrain del telescopio JST/T250.

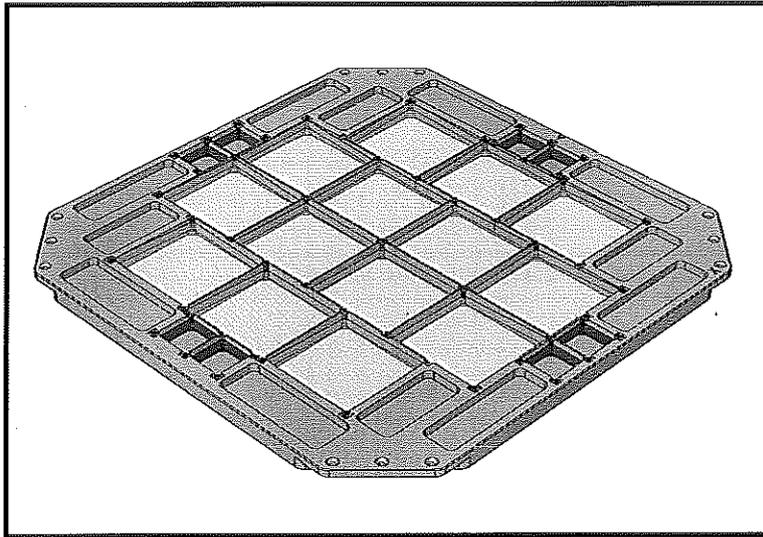


Figura 3: Diseño preliminar de una bandeja de filtros. Los 14 filtros se muestran en verde. JPCam estará equipada con 5 bandejas como la mostrada.

5. ALCANCE DEL CONTRATO

En este documento se presentan los requerimientos del sistema de filtros J-PAS y el alcance del presente contrato, así como su coste y plazo máximos. Un conjunto de filtros J-PAS se compone de 70 filtros, los 56 filtros principales mas varias copias de los filtros UJ-PAS y Sloan (gsdss y rsdss) para poblar completamente las cinco bandejas de filtros de JPCam. La definición de un conjunto de filtros J-PAS se muestra en la siguiente tabla 1. El contratista deberá diseñar, fabricar, verificar y suministrar dos conjuntos de filtros J-PAS. Estos filtros se enviarán empleando paquetes apropiados para el transporte y junto a las cajas o soportes necesarios para almacenar los filtros.

Filtro	Número de filtros por conjunto	Número de conjuntos requeridos	Total
UJ-PAS	4	2	8
gsdss	3	2	6
rsdss	7	2	14
#1	1	2	2
#2	1	2	2
...
#56	1	2	2
Número total de filtros requeridos			140

Tabla 1: Número de filtros J-PAS requeridos.

6. REQUERIMIENTOS GENERALES

6.1. Requerimientos funcionales

La temperatura de referencia para todas las dimensiones y tolerancias durante el proceso de fabricación de los componentes será de 21 °C.

Las figuras 4 y 5 muestran curvas de transmisión genéricas para un filtro ancho y estrecho, respectivamente. Estas curvas de transmisión se detallan en las siguientes secciones. Una vez instalados en JPCam, los filtros operarán cerca del detector en un haz convergente. Las curvas de transmisión especificadas corresponden a los filtros en condiciones de operación, es decir, **los filtros deberán diseñarse para cumplir los siguientes requerimientos cuando se sitúen en un haz convergente de $f/\#=3.64$, con el rayo principal perpendicular al filtro.**

La tecnología de capas interferenciales deberá optimizarse para minimizar la dependencia de la longitud de onda central con el ángulo de incidencia.

El diseño mecánico de los filtros deberá ser optimizado para minimizar tensiones inducidas por cambios y/o gradientes de temperatura.

El diseño mecánico de la bandeja de filtros (soporte del filtro) no está finalizado. Esto implica que algunos de los requerimientos físicos de los filtros (tamaño) son preliminares y se decidirán al inicio del presente contrato. El diseño de la bandeja de filtros se finalizará antes de la firma del presente contrato.

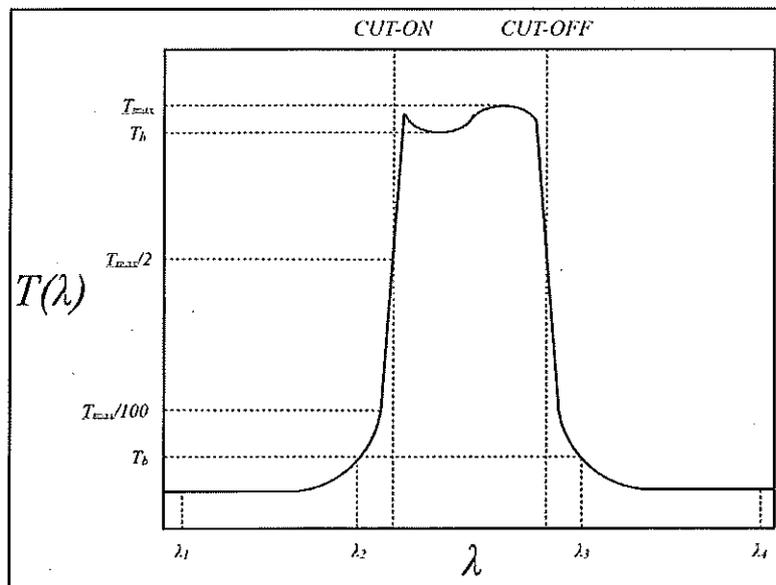


Figura 4: Curva de transmisión genérica para un filtro ancho.

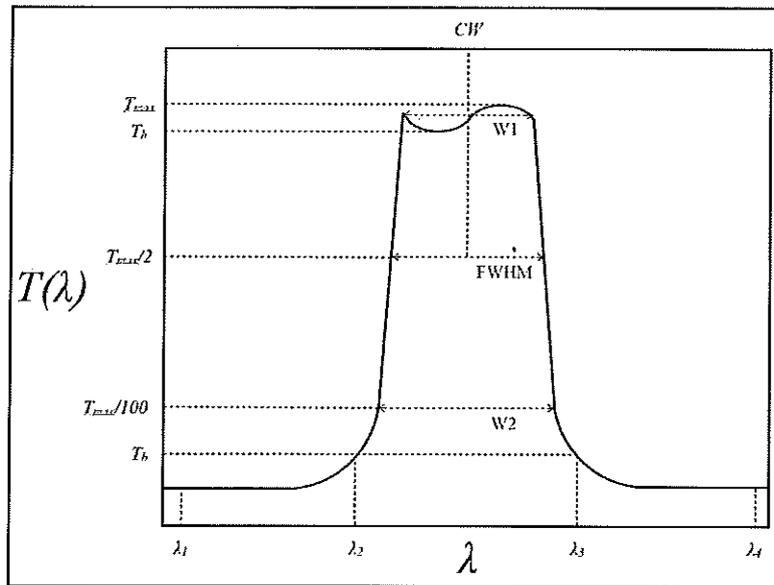


Figura 5: Curva de transmisión genérica para un filtro estrecho.

6.1.1. Requerimientos funcionales para los filtros UJ-PAS y Sloan

6.1.1.1. Longitud de onda de subida (“cut-on”)

La tabla 2 muestra las longitudes de onda de subida (“cut-on”) de los filtros de banda ancha.

Filtro	CUT-ON (nm)	CUT-OFF (nm)
UJ-PAS	324	400
gsdss	400	550
Γsdss	550	700

Table 2: Filtros UJ-PAS y Sloan¹.

6.1.1.2. Tolerancia en la longitud de onda de subida “cut-on”

La tolerancia en longitud de onda de subida “cut-on” será de ± 3 nm.

6.1.1.3. Pendiente de subida

La pendiente de subida, definida como $ABS[\lambda_{80\%(\text{peak})} - \lambda_{5\%(\text{peak})}] / \lambda_{5\%(\text{peak})} * 100$, deberá ser del 1% aproximadamente. El valor de esta pendiente deberá acordarse con CEFCA durante la fase de diseño.

¹ En Fukugita et al (1996), AJ, 111, 1748 se pueden encontrar notas de definición y diseño de los filtros de Sloan (SDSS)

6.1.1.4. Longitud de onda de bajada ("cut-off")

La tabla 2 muestra las longitudes de onda de bajada ("cut-off") de los filtros de banda ancha.

6.1.1.5. Tolerancia en la longitud de onda de bajada "cut-off"

La tolerancia en longitud de onda de bajada "cut-off" será de $\pm 3\text{nm}$.

6.1.1.6. Pendiente de subida

La pendiente de bajada, definida como $ABS[\lambda_{80\%(\text{peak})} - \lambda_{5\%(\text{peak})} / \lambda_{5\%(\text{peak})}] * 100$, deberá ser del 1% aproximadamente. El valor de esta pendiente deberá acordarse con CEFCa durante la fase de diseño.

6.1.2. Requerimientos funcionales para los filtros principales J-PAS

6.1.2.1. Longitud de onda central

La tabla 3 muestra las longitudes de onda central (CW) requeridas para los 56 filtros principales J-PAS (54 estrechos mas dos anchos). La figura 6 ilustra las curvas de transmisión del conjunto de filtros J-PAS especificadas en este documento. Los 56 filtro principales se muestran en el panel superior, mientras que los filtros UJ-PAS y Sloan aparecen en el panel inferior.

# Filter	CW (nm)	FWHM (nm)	W1 ^(*) (nm)	W2 ^(*) (nm)
1	348,5	49.5	47	57
2	378,5	15.5	13	20
3	390,0	14.5	12	19
4	400,0	14.5	12	19
5	410,0	14.5	12	19
...
54	900,0	14.5	12	19
55	910,0	14.5	12	19
56	1007,5	188.8	185	197

Tabla 3: Filtros principales J-PAS.

^(*) Los valores W1 y W2 mostrados representan el valor objetivo. Los valores finales se acordarán con CEFCa durante la fase de diseño.

6.1.2.2. Tolerancia en la longitud de onda central

La tolerancia en la CW será de $\pm 0.2\%$ de la CW. Con la finalidad de cumplir con el requerimiento de continuidad (6.1.3.7), es posible aceptar un cierto grado de flexibilidad en los valores de CW presentados en la tabla 3. El valor definitivo de CW deberá ser acordado con CEFCA durante la fase de diseño.

6.1.2.3. Uniformidad de la longitud de onda central

La CW deberá variar menos de $\pm 0.25\%$ de la CW (con un objetivo de $\pm 0.20\%$) a lo largo de toda la superficie útil del filtro.

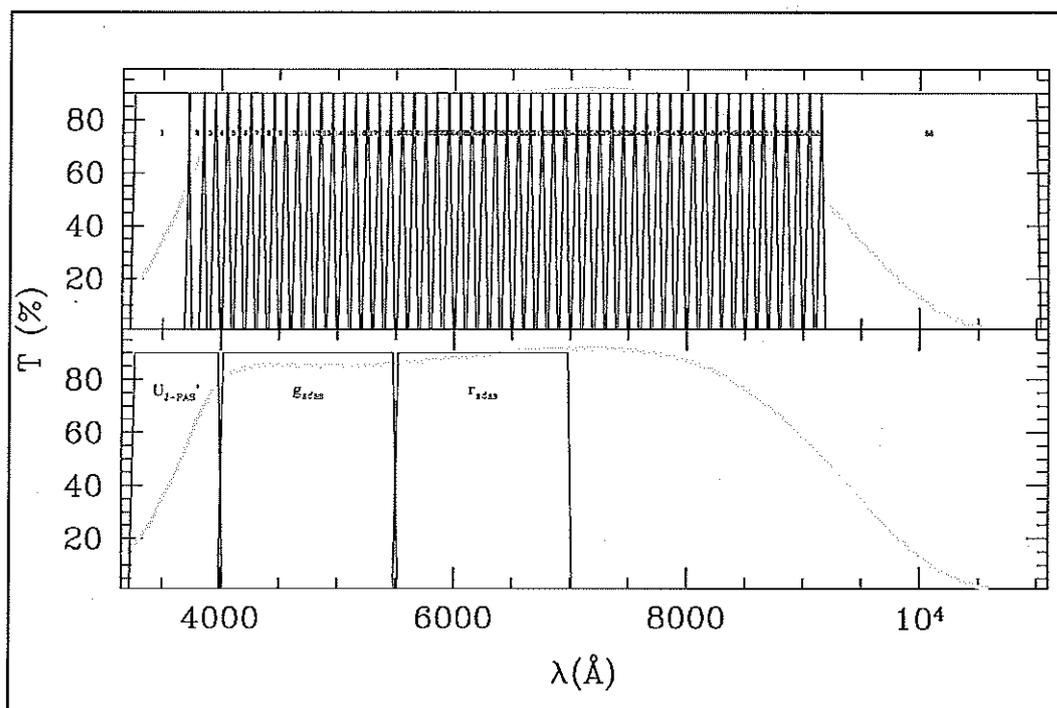


Figure 6: Conjunto de filtros J-PAS. Los filtros principales J-PAS se muestran en el panel superior mientras que los filtros UJ-PAS y Sloan aparecen en el panel inferior.

6.1.2.4. Anchura a media altura (FWHM)

La tabla 3 muestra la FWHM requerida para los 56 filtros principales J-PAS. Se permite un cierto grado de flexibilidad en la FWHM si pequeñas variaciones son necesarias para cumplir con el requerimiento de continuidad (6.1.3.7). Si el valor propuesto de FWHM durante la fase de diseño es diferente al especificado en la tabla, este cambio deberá ser aprobado por CEFCA.

6.1.2.5. Tolerancia en FWHM

La tolerancia en FWHM deberá ser de $\pm 0.5\text{nm}$.

6.1.2.6. Anchura al $0.95 \cdot T_{max}$ (W1)

La tabla 3 también muestra los valores de W1 deseados. El valor final de W1 deberá ser acordado por CEFCA durante la fase de diseño.

6.1.2.7. Tolerancia en W1

La tolerancia en W1 será de ± 1 nm.

6.1.2.8. Anchura al $T_{max}/100$ (W2)

La tabla 3 muestra los valores de W2 deseados. El valor final de W2 deberá ser acordado por CEFCA durante la fase de diseño.

6.1.2.9. Tolerancia en W2

La tolerancia en W2 será de ± 1 nm.

6.1.3. Requerimientos funcionales para todos los filtros

6.1.3.1. Transmisión máxima (T_{max})

La transmisión máxima dentro de la banda de cada filtro será superior al 85% (con el objetivo de $>90\%$) excepto para los filtros #1, #2 and #3. Para estos filtros, la transmisión máxima dentro de la banda será superior al 70% (con el objetivo de $>80\%$).

6.1.3.2. Uniformidad de la transmisión máxima

La transmisión máxima T_{max} variará menos de $\pm 4\%$ (con un objetivo de $\pm 2.5\%$) a lo largo de la superficie útil del filtro.

6.1.3.3. Planicidad de la función de transmisión

La planicidad de la función de transmisión dentro de W1 tendrá una variación (pico-a-valle) menor del 7% de T_{max} (con un objetivo del 5%), es decir, $T_{max} - T_{li} < 0.07 \cdot T_{max}$, excepto para los filtros #1, #2 and #3. Para estos filtros, la función de transmisión dentro de W1 variará (pico-a-valle) menos del 10% de T_{max} (con un objetivo del 5%).

6.1.3.4. Intervalo de bloqueo "Short-Wave"

Los filtros deberán bloquear la luz cuya longitud de onda esté dentro del intervalo $[\lambda_1, \lambda_2]$, donde $\lambda_1 = 250$ nm y $\lambda_2 = \lambda_{100} - 0.5$ nm, siendo λ_{100} la longitud de onda en la cual la transmisión del filtro es $T_{max}/100$, con $\lambda_{100} < CW$.

6.1.3.5. Intervalo de bloqueo "Long-Wave"

Los filtros deberán bloquear la luz cuya longitud de onda esté dentro del intervalo $[\lambda_3, \lambda_4]$, donde $\lambda_4 = 1050 \text{ nm}$ (con un objetivo de 1100 nm) y $\lambda_3 = \lambda'_{100} + 0.5 \text{ nm}$, siendo λ'_{100} la longitud de onda en la cual la transmisión del filtro es $T_{\max}/100$, con $\lambda'_{100} > CW$.

6.1.3.6. Transmisión máxima dentro de los intervalos de bloqueo (T_b)

La transmisión máxima dentro de los intervalos de bloqueo "short-wave" y "long-wave" (T_b) será menor de $10^{-5} * T_{\max}$ en promedio.

6.1.3.7. Requerimiento de continuidad

Las curvas de transmisión de dos filtros principales J-PAS adyacentes deberán cruzarse a una transmisión superior al $0.70 * T_{\max}$ en cualquier posición del area útil de los filtros (con un objetivo de $0.75 * T_{\max}$ o superior).

La figura 7 ilustra el requerimiento de continuidad en dos filtros adyacentes. Los puntos de cruce de los filtros adyacentes están marcados con círculos negros. El panel superior muestra el caso ideal mientras que el panel inferior ilustra una situación más realista, en la que los filtros se cruzan a una transmisión igual al $0.75 * T_{\max}$.

En caso de que sea necesario para cumplir con este requerimiento de continuidad, es posible aceptar un cierto grado de flexibilidad en los requerimientos 6.1.2.2 y 6.1.2.4. Si el contratista propusiese algún cambio en estos requerimientos este cambio deberá ser aprobado por CEFCA.

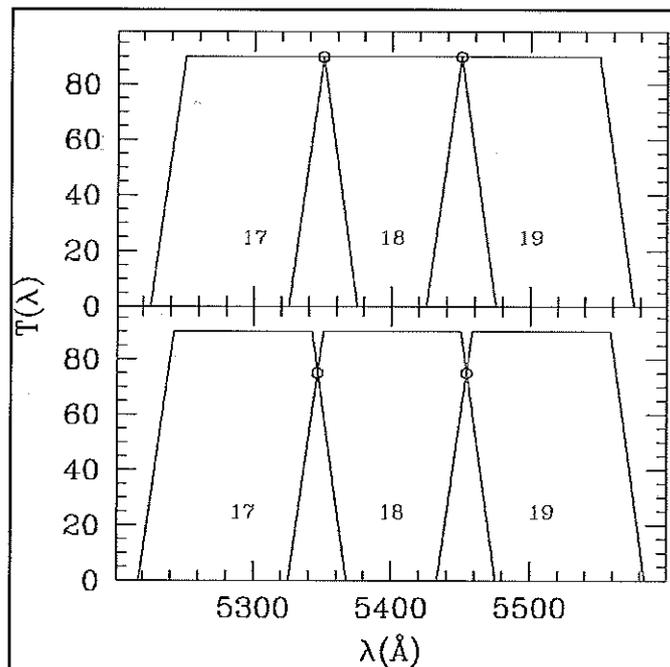


Figura 7: Requerimiento de continuidad.

6.2. *Requerimientos físicos*

6.2.1. *Material para el sustrato de los filtros*

El material de referencia para el sustrato de los filtros deberá ser suprasil o B270, salvo las excepciones descritas en el requerimiento 6.2.3.

6.2.2. *Índice de refracción efectivo de los filtros*

El índice de refracción efectivo de los filtros estará en el rango [1.45, 1.56], siendo el objetivo tener el índice de refracción efectivo lo más próximo posible al del suprasil.

6.2.3. *Reflectividad total de los filtros*

Con la finalidad de minimizar el riesgo de reflexiones no deseadas en las imágenes finales, los filtros deberán diseñarse para minimizar su reflectividad. La figura 8 muestra la disposición de los filtros J-PAS en cada una de las cinco bandejas de filtros de JPCam. A partir de ahora, los filtros situados en las posiciones de 1 a 4 serán referidos como “filtros internos”, mientras que los filtros que ocupan las posiciones 5 a 14 serán referidos como “filtros externos”.

6.2.3.1. *Filtros internos*

En los filtros internos, la reflectividad total deberá ser inferior al 1% (promedio) dentro del paso-banda del filtro. Siempre que sea posible, el filtro deberá minimizar además la reflectividad en los intervalos de longitud de onda correspondientes al paso-banda de los cuatro filtros internos montados en su misma bandeja.

6.2.3.2. *Filtros externos*

En los filtros externos, la reflectividad total deberá ser inferior al 1% (promedio) dentro del paso-banda del filtro y en los intervalos de longitud de onda correspondientes al paso-banda de los cuatro filtros internos montados en su misma bandeja.

Sugerencia:

Con la finalidad de reducir la reflectividad total de los filtros se podría incluir en el diseño del filtro un cristal de color, paso alta y absorbente. En esta sugerencia de diseño, el sustrato del filtro estaría formado por un ensamblado de suprasil o BK7 mas un cristal absorbente cuya longitud de onda de corte dependería de cada filtro particular. En este caso, la longitud de onda de corte del cristal absorbente paso alta se definirá durante la fase de diseño detallado de los filtros.

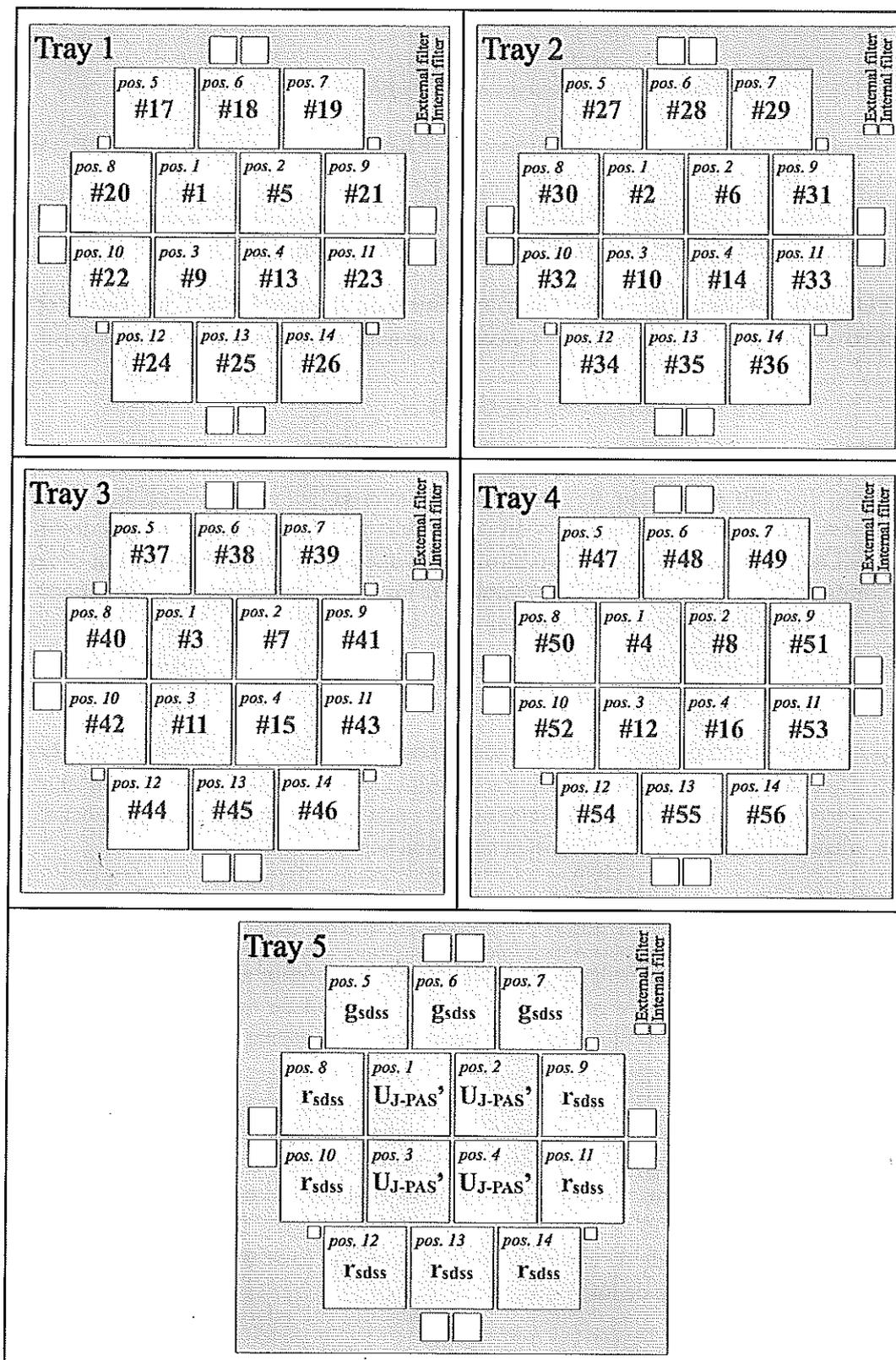


Figura 8: Distribución 2 de filtros J-PAS en la cinco bandejas de filtros de JPCam.

6.2.4. Reflexión interna

Los filtros se diseñarán para evitar reflexiones internas susceptibles de crear fantasmas perceptibles en las imágenes finales. La intensidad de luz parásita será al menos seis órdenes de magnitud menor que la intensidad de luz incidente.

6.2.5. Tamaño de los filtros

Los filtros serán rectangulares, con una dimensión de 101.7mm x 96.5mm (TBC) (ver figura 9).

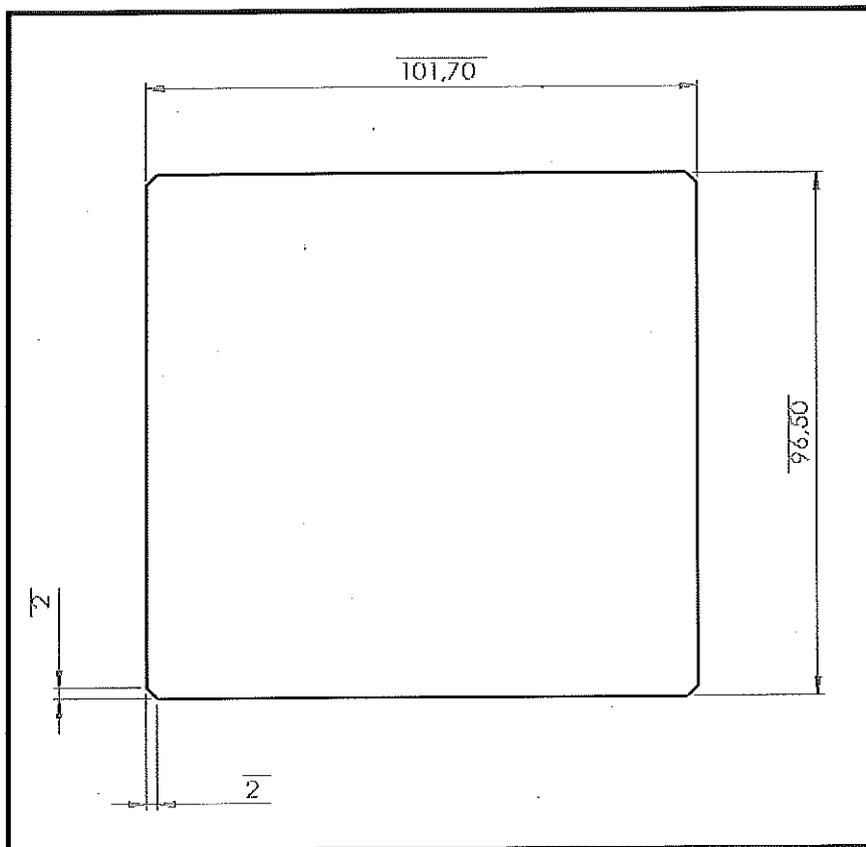


Figura 9: Dimensiones de los filtros. Unidades en mm.

6.2.6. Tolerancia en el tamaño de los filtros

La tolerancia en el tamaño de los filtros es de ± 0.1 mm.

6.2.7. Biselado ("bevel")

Los filtros tendrán un biselado de 0.1 mm (a 45°) en todos sus lados.

6.2.8. Tolerancia en el biselado ("bevel")

La tolerancia en el biselado será de $+0/-0.05$ mm.

6.2.9. Biselado en las esquinas ("corner chamfer")

Los filtros tendrán un biselado de 2 mm (a 45°) en sus esquinas (ver figura 9).

6.2.10. Apertura libre

La apertura libre de los filtros será igual al tamaño físico de los filtros menos el tamaño de los biselados descritos en el requerimiento 6.2.7.

Nota: Los filtros operarán en un haz convergente por lo que la apertura libre en condiciones de operación estará limitada por la superficie superior (cono de luz incidente). La superficie inferior tiene un menor impacto en la apertura libre del filtro.

6.2.11. Espesor del sustrato

El espesor del sustrato será de 8mm si su índice de refracción (RI) efectivo es igual que el del suprasil. Como las observaciones se realizarán con 14 filtros al mismo tiempo, si el RI efectivo (incluyendo recubrimientos) es distinto al del suprasil entonces el espesor del filtro deberá calcularse para cada uno de los filtros para garantizar la calidad de imagen en las imágenes finales. En este caso, el contratista proporcionará los detalles necesarios del diseño de los filtros (incluyendo recubrimientos, espesores y su RI, sustratos y su RI,...). CEFCA realizará el análisis óptico del sistema basándose en el diseño de cada filtro y proporcionará al contratista el espesor requerido para el sustrato de cada filtro.

6.2.12. Tolerancia en el espesor del sustrato

La tolerancia en el espesor del sustrato de los filtros será de $\pm 40 \mu\text{m}$, con un objetivo de $\pm 20 \mu\text{m}$.

6.2.13. Espesor del filtro

El espesor del filtro, incluyendo sustratos, recubrimientos y cualquier componente adicional, será inferior a 8.5mm.

6.2.14. Rugosidad de la superficie

El sustrato de los filtros deberá pulirse hasta conseguir una rugosidad de la superficie de 2 nm R.M.S. o mejor a lo largo de toda la superficie útil del filtro. Los recubrimientos deberán estar incluidos en este requerimiento.

6.2.15. Imperfecciones de la superficie

La calidad de la superficie de los filtros deberá cumplir con las especificaciones 60/40 scratches/digs MIL-C-13830A. Los recubrimientos deberán estar incluidos en este requerimiento.

6.2.16. Restricción de poros ("pinhole")

Ningún poro deberá ser visible a simple vista tal y como se define en Mil-O-13830A. Los recubrimientos deberán estar incluidos en este requerimiento.

6.2.17. Restricción de burbujas

La sección eficaz total de todas las burbujas/inclusiones mayores de ≥ 0.03 mm deberá ser menor que 0.5 mm^2 por 100 cm^3 de volumen de cristal.

6.2.18. Máxima cuña

La máxima cuña del filtro será menor de 30 arcsec.

6.2.19. Error total de frente de onda transmitido

El error RMS de frente de onda transmitido RMS deberá ser de $\lambda/2$ a 632.8 nm en toda la apertura libre del filtro (con un objetivo de $\lambda/4$).

6.2.20. Error local de frente de onda transmitido

El error RMS de frente de onda transmitido RMS deberá ser de $\lambda/8$ a 632.8 nm en cualquier sub-apertura 25mm x 25mm (con un objetivo de $\lambda/16$).

6.3. Requerimientos operacionales

6.3.1. Requerimientos de entorno

Los filtros estarán diseñados para operar y sobrevivir en las condiciones generales del OAJ. En particular, deberán operar en las condiciones mostradas en la siguiente tabla.

	Condiciones nominales	Límite de operación	Límite de supervivencia
Temperatura	-15°C a +10°C	-20°C a +20°C	-25°C a +25°C
Variación térmica (durante la noche) en 15 minutos	0°C a 0.9°C	N/A	N/A
Variación térmica (durante la noche) 1 hora	0°C a 1.8°C	N/A	N/A
Variación térmica (durante la noche) 2 horas	0°C a 2.4°C	N/A	N/A
Humedad relativa	2% a 90%	95% (o condensación)	0% al 100% con condensación

Los filtros deberán cumplir los requerimientos cuando operen en condiciones nominales, así mismo, deberán poder operar dentro de los límites de operación

establecidos aunque no necesariamente cumpliendo con los requerimientos. En condiciones de supervivencia no se espera que los filtros estén operando.

6.3.2. Autofluorescencia

Si los filtros muestran autofluorescencia, esta deberá ocurrir en una longitud de onda que esté fuera del intervalo de sensibilidad de los CCDs [250nm, 1050nm] (con un objetivo de [200nm, 1100nm]). La figure 10 muestra la curva de sensibilidad de los CCDs. Si algún filtro mostrase autofluorescencia en longitudes de onda dentro del rango de sensibilidad de los CCDs, el diseño del filtro deberá bloquear esta autofluorescencia para evitar que incida sobre los CCDs.

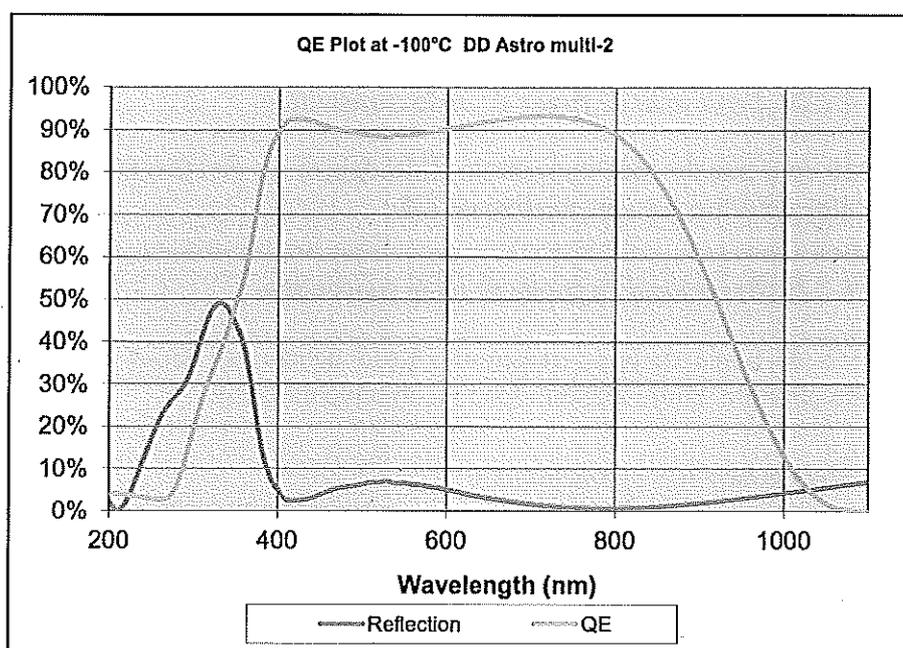


Figura 10: Curva de eficiencia cuántica de los CCDs.

6.3.3. Marcado del borde

El borde de los filtros deberá estar marcado con el nombre del cliente, descripción del filtro, orientación del filtro y el código de fabricación correspondiente.

6.3.4. Empaquetado, manejo, almacenamiento y transporte.

El equipo suministrado como resultado del presente contrato deberá ser limpiado y preparado para su envío en las dependencias del contratista. El embalaje se diseñará para soportar las condiciones normales de transporte por aire y mar. Además, el embalaje se diseñará para permitir su uso en tareas de mantenimiento preventivo y reparación. Deberá permitir al menos 10 procesos de empaquetado y desempaquetado manteniendo todas sus prestaciones.

Los filtros se entregarán junto con las cajas o soportes necesarios para almacenar los filtros largos periodos de tiempo. El diseño de estas cajas o soportes deberá evitar que los filtros se dañen bajo las condiciones de la sala limpia del OAJ durante un periodo de tiempo superior a 5 años.

6.3.5. Entrega

El contratista deberá entregar los **dos** conjuntos de filtros J-PAS en la sede central del CEFCA, situada en Plaza San Juan 1, planta 2, E44001, Teruel.

6.4. Requerimientos de fiabilidad

6.4.1. Vida útil de los filtros

Los filtros deberán estar diseñados para tener una vida útil mínima de 10 años.

6.4.1. Durabilidad de los recubrimientos AR

La durabilidad mínima de los recubrimientos AR deberá cumplir con la especificación MIL-C-48497A.

6.5. Documentación

Para cada filtro se deberá proporcionar la siguiente documentación:

- Fichero ASCII con la curva de transmisión del filtro bajo condiciones de operación (f/ #=3.64) en %T. Los datos de transmisión se medirán en varias posiciones a lo largo de la superficie útil del filtro (ver plan de verificación).
- Fichero ASCII con la curva de reflectividad del filtro bajo condiciones de operación (f/ #=3.64) en %R. Los datos de reflectividad se medirán en varias posiciones a lo largo de la superficie útil del filtro (ver plan de verificación).
- Certificado de aceptación.
- Procedimiento de limpieza de los filtros.

7. PLAN DE TRABAJO

Durante el proceso de fabricación de los filtros J-PAS se identifican 3 fases principales:

- **Fase 1. Diseño.** Durante esta fase el contratista producirá el diseño detallado de los filtros de modo que cumplan con los requerimientos. Este diseño detallado deberá ser acordado y aprobado por CEFCA.
- **Fase 2: Fabricación y verificación.** Durante esta fase, el contratista fabricará los filtros. La funcionalidad de los filtros se verificará en las instalaciones del contratista. Se invitará a personal del CEFCA a asistir a las pruebas de verificación para que certifiquen el cumplimiento de los requerimientos. Este proceso finalizará con la aceptación preliminar de los filtros.

- **Fase 3: Empaquetado, envío al CEFCA y verificación.** Tras la aceptación preliminar, los filtros se empaquetarán y enviarán a la sede del CEFCA, en Teruel. Los filtros se enviarán limpios. El contratista será responsable tanto del coste como del riesgo del envío de los filtros desde sus instalaciones al CEFCA. Los filtros llegarán al CEFCA en no mas de 2 semanas desde la aceptación preliminar. CEFCA realizará todas las pruebas necesarias para verificar la integridad y funcionalidad de los filtros. Este proceso durará menos de 5 semanas y terminará con la aceptación final de los filtros.

8. PLAN DE VERIFICACIÓN

Los requerimientos de los filtros se demostrarán y validarán en las instalaciones del contratista. El contratista propondrá una matriz de verificación diseñada para demostrar el cumplimiento de los requerimientos. Esta matriz de verificación deberá ser acordada y aprobada por en CEFCA. Las pruebas de verificación se realizarán siguiendo los métodos de verificación acordados. El Apéndice A muestra una matriz de verificación que puede ser utilizada como guía a la hora de definir la matriz de verificación definitiva.

9. PRESUPUESTO

El presupuesto máximo del contrato es de **1.100.000,00 EUR**, IVA excluido.

10. PLAZO

El plazo máximo para el suministro de los filtros J-PAS es de **120 semanas**.

11. APÉNDICE A: MATRIZ DE VERIFICACIÓN

Los siguientes requerimientos se medirán y validarán en condiciones de operación de los filtros. La verificación de estos requerimientos se demostrará mediante uno o más de los siguientes métodos de verificación:

Test (T): Cuando el requerimiento deba ser verificado mediante una medida de las prestaciones y funcionalidad del producto. El análisis de los datos derivados de la medida se consideran parte integral del test.

Demostración (D): Se puede considerar como test cuando las prestaciones y requerimientos son demostrados cualitativamente.

Análisis (A): Se considerará que el método de verificación es “análisis” cuando la verificación se consigue mediante evaluación teórica o empírica siguiendo técnicas aceptadas. Modelado y simulaciones por ordenador son un ejemplo de análisis.

Inspección (I): Se considerará que el método de verificación es “inspección” cuando la verificación se consigue mediante verificación visual de características físicas (como características de construcción, adecuación del producto a los dibujos de diseño, ...).

La siguiente matriz de verificación muestra los métodos que se emplearán para aceptar cada uno de los requerimientos críticos.

NV significa que "No Verificación" es requerida.

Requerimiento	Tolerancia	Método de verificación	Comentarios
6.1. Requerimientos funcionales			
6.1.1. Requerimientos funcionales para los filtros UJ-PAS y Sloan			
6.1.1.1. Longitud de onda de subida ("cut-on")		T: Espectrofotómetro	
6.1.1.2. Tolerancia en la longitud de onda de subida "cut-on"	±3nm	T: Espectrofotómetro	
6.1.1.3. Pendiente de subida	1%	T: Espectrofotómetro	
6.1.1.4. Longitud de onda de bajada ("cut-off")		T: Espectrofotómetro	
6.1.1.5. Tolerancia en la longitud de onda de bajada "cut-off"	±3nm	T: Espectrofotómetro	
6.1.1.6. Pendiente de bajada	1%	T: Espectrofotómetro	
6.1.2. Requerimientos funcionales para los filtros principales J-PAS			
6.1.2.1. Longitud de onda central		T: Espectrofotómetro	
6.1.2.2. Tolerancia en la longitud de onda central	±0.2% de la CW	T: Espectrofotómetro	
6.1.2.3. Uniformidad de la longitud de onda central	±0.25% de la CW	T: Espectrofotómetro	
6.1.2.4. Anchura a media altura (FWHM)		T: Espectrofotómetro	
6.1.2.5. Tolerancia en FWHM	±0.5nm	T: Espectrofotómetro	
6.1.2.6. Anchura al $0.95 \cdot T_{max}$ (W1)		T: Espectrofotómetro	
6.1.2.7. Tolerancia en W1	±1nm	T: Espectrofotómetro	
6.1.2.8. Anchura al $T_{max}/100$ (W2)		T: Espectrofotómetro	
6.1.2.9. Tolerancia en W2	±1nm	T: Espectrofotómetro	
6.1.3. Requerimientos funcionales para todos los filtros			
6.1.3.1. Transmisión máxima (T_{max})	>85% o >70%	T: Espectrofotómetro	
6.1.3.2. Uniformidad de la transmisión máxima	±4%	T: Espectrofotómetro	

6.1.3.3. Planicidad de la función de transmisión	7% p-t-v	T: Espectrofotómetro	
6.1.3.4. Intervalo de bloqueo "Short-Wave"		T: Espectrofotómetro	
6.1.3.5. Intervalo de bloqueo "Long-Wave"		T: Espectrofotómetro	
6.1.3.6. Transmisión máxima dentro de los intervalos de bloqueo (T_b)	$T_{max} * 10^{-5}$ en promedio	T: Espectrofotómetro	
6.1.3.7. Requerimiento de continuidad	Cruce a $>0.70 * T_{max}$	T: Espectrofotómetro	
6.2. Requerimientos físicos			
6.2.1. Material para el sustrato de los filtros		A	
6.2.2. Índice de refracción efectivo de los filtros	[1.45, 1.56]	A	
6.2.3. Reflectividad total de los filtros		T: Espectrofotómetro	
6.2.3.1. Filtros internos	0.5% dentro de la banda		
6.2.3.2. Filtros externos	0.5% dentro de la banda del filtro y dentro de la banda de los 4 filtros internos de la misma bandeja		
6.2.4. Reflexión interna	10^{-6}	T	
6.2.5. Tamaño de los filtros	(TBC)	T: Sonda mecánica	
6.2.6. Tolerancia en el tamaño de los filtros	$\pm 0.1\text{mm}$	T: Sonda mecánica	
6.2.7. Biselado ("bevel")	0.1 mm, 45°	I: Microscopio	
6.2.8. Tolerancia en el biselado ("bevel")	$\pm 0.05\text{mm}$	I: Microscopio	
6.2.9. Biselado en las esquinas ("corner chamfer")	2 mm, 45°	I: Microscopio	
6.2.10. Apertura libre	(TBC)	T: Micrómetro	
6.2.11. Espesor del sustrato		T: Micrómetro	
6.2.12. Tolerancia en el espesor del sustrato	$\pm 40\mu\text{m}$	T: Micrómetro	

6.2.13. Espesor del Filtro		T: Micrómetro	
6.2.14. Rugosidad de la superficie	2 nm R.M.S.	T: Interferómetro	
6.2.15. Imperfecciones de la superficie	60/40 scratches/ digs MIL-C-13830A	I: Visual	
6.2.16. Restricción de poros ("pinhole")	Mil-O-13830A	I: Visual	
6.2.17. Restricción de burbujas		I: Visual	
6.2.18. Máxima cuña	30 arcsec	T: Micrómetro	
6.2.19. Error total de frente de onda transmitido	$\lambda/2$ a 632.8 nm	T: Interferómetro	
6.2.20. Error local de frente de onda transmitido	$\lambda/8$ a 632.8 nm en cada sub-apertura de 25mm x 25mm	T: Interferómetro	
6.3. Requerimientos operacionales			
6.3.1. Requerimientos de entorno	Temp. de operación: -15°C a +10°C	T: Espectrofotómetro	Se medirá al menos un filtro a -15°C, -5°C y +10°C (prestaciones y ciclo térmico). Las medidas incluirán curvas de transmisión del filtro y TWFE.
6.3.2. Autofluorescencia		A	
6.3.3. Marcado del borde		I: Visual	
6.3.4. Empaquetado, manejo, almacenamiento y transporte		A	
6.4. Requerimientos de fiabilidad			
6.4.1. Vida útil de los filtros	10 años		
6.4.1. Durabilidad de los recubrimientos AR	MIL-C-48497A		
6.5. Documentación			

Zaragoza, a 13 de Diciembre de 2013

El VICEPRESIDENTE DEL PATRONATO.

Fdo: Miguel Angel García Muro