



Instituto de
Astronomía

MANUAL DE USUARIO

Guía rápida para la ejecución de la GUI y el software de
control de adquisición de imágenes de OPTICAM

Editors:

Angel Castro

Iván Zavala

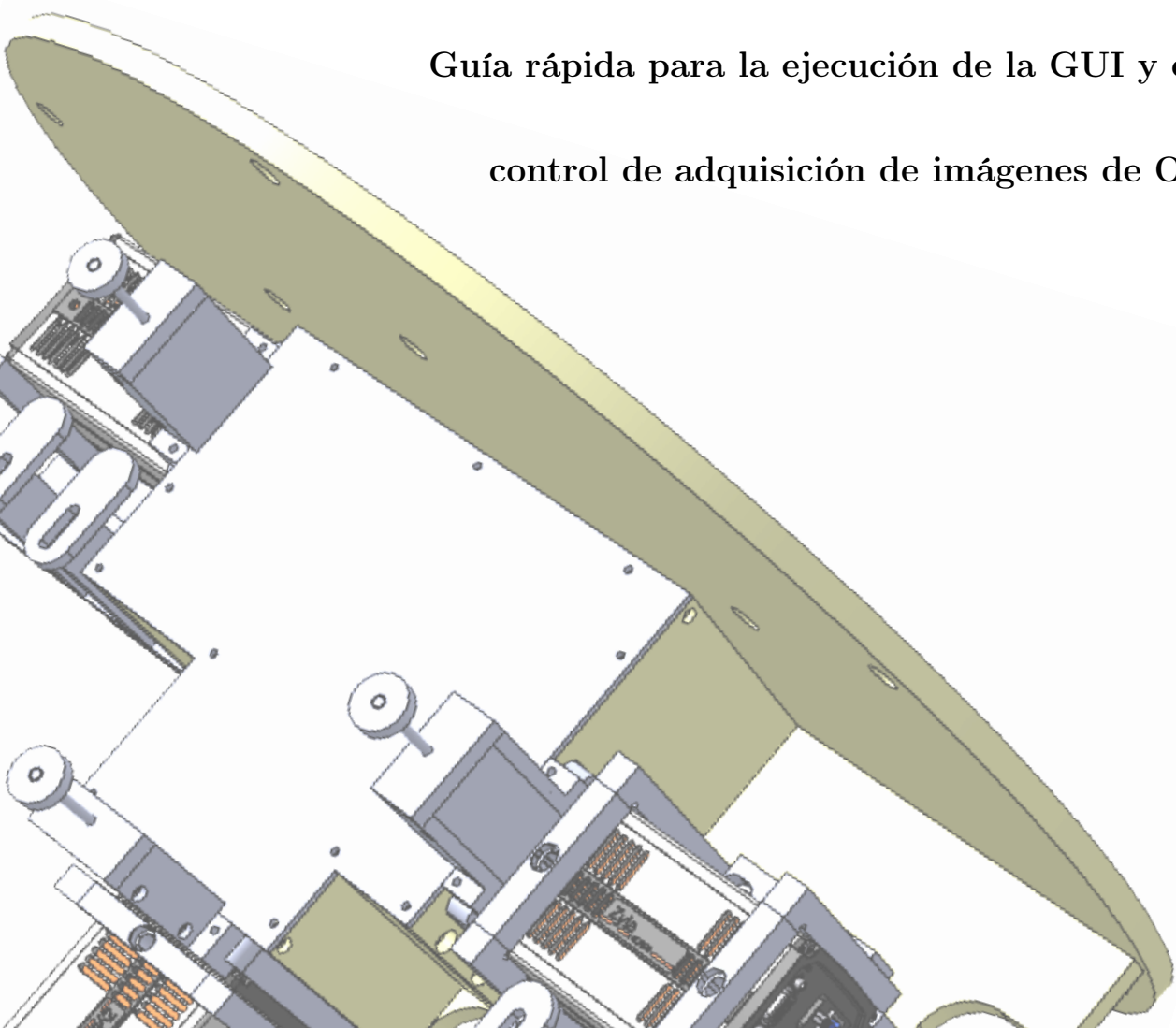
Enrique Colorado

Raúl Michel

Gerardo Sierra

I. Plauchu-Frayn

Joel Herrera



OPTICAM 2022

Fecha de última revisión: 15 de abril de 2023

Índice

1. Descripción del instrumento OPTICAM	6
2. Observando con OPTICAM	10
3. Ejecución de la GUI y el programa de control	16
4. Inicialización de cámaras	17
5. Descripción básica de la GUI	19
6. Visualización con SAO-DS9	24
7. Reinicio de la PC	26
8. Apagado de la PC	27
9. Intercambiador manual de filtros	27
10. Enfriamiento termoeléctrico (modelo refrigerado por aire)	29
11. Noches de ingeniería	30
12. Almacenamiento y transferencia de datos	31
12.1. Almacenamiento y transferencia	31
12.2. Respaldo de datos	31
12.2.1. Respaldo en disco portátil	31
12.2.2. Respaldo en servidor	34
13. Cable USB 3.0 de la cámara Andor Zyla 4.2-Plus	35

Índice de figuras

1. Representación gráfica tridimensional de OPTICAM	6
2. Trazo de rayos del diseño óptico de OPTICAM	7
3. Transmisión de los filtros y eficiencia cuántica de los detectores astronómicos	8
4. Transmisión de los dichroicos y transmisión total del instrumento	9
5. Localización de la antena GPS	10
6. Encendido de PC y reinicio del módulo de teporización	11
7. Vista anterior de la cámara Andor Zyla 4.2-P	11
8. Interfaz gráfica de usuario (GUI) de OPTICAM	12
9. Descripción de la GUI de OPTICAM	14

10.	Descripción de la GUI de OPTICAM	20
11.	Ventana de visualización de imágenes con SAO-DS9	25
12.	Visualización de imágenes en formato de columnas con SAO-DS9	26
13.	Intercambiador de filtros manual de OPTICAM	28
14.	Diagrama esquemático del intercambiador de filtros de OPTICAM	29
15.	Disco duro primario de la PC de OPTICAM	31
16.	Ejemplo de disco duro portátil para respaldo de datos	32
17.	Uso de la aplicación Nautilus como navegador de archivos	33
18.	Revisión de capacidad restante de almacenamiento en disco	33
19.	Uso de la aplicación Nemo como navegador de archivos	35
20.	Configuración de servidor externo en Nemo	35
21.	Cable USB 3.2 o 3.1	36

Índice de cuadros

1. Field-of-view de OPTICAM en el Telescopio de 2.1 m. Debe notarse que las escalas de placa no son exactamente iguales para las tres cámaras. Los filtros son seleccionables de manera manual y colocados en las posiciones respectivas según se describe en la Sec. 9.	8
2. Especificaciones técnicas de las cámaras Andor Zyla 4.2-P	9
3. Máxima tasa de adquisición de imágenes y transferencia de datos	22
4. Configuración de filtros de OPTICAM	28

1. Descripción del instrumento OPTICAM

OPTICAM¹ [1] es un sistema óptico de alta velocidad diseñado para realizar fotometría rápida de tres canales de forma simultánea. OPTICAM (ver Fig. 1) cuenta con un conjunto propio de filtros Astrodon Gen2 SDSS u' g' r' i' z' que permitirán cobertura en el rango de longitud de onda de $320 < \lambda [\text{nm}] < 1100$. La curvas de transmisión de este conjunto de filtros se muestra en la Fig. 3/izquierda. OPTICAM es montado en el foco Cassegrain del Telescopio de 2.1 m del OAN-SPM en Ensenada, México. El haz de luz procedente del telescopio es dividido en tres haces diferentes utilizando un par de dicroicos (D1 y D2, respectivamente) construidos específicamente para este propósito. Un haz se dedica a los filtros u' o g' , mientras que el segundo haz se dedicará a r' y el tercero a los filtros i' o z' . Las curvas de transmisión de los dicroicos se muestra en la Fig. 4/izquierda. Las combinaciones de filtros se seleccionarán utilizando un intercambiador de filtros manual disponible en cada brazo del sistema óptico. La adquisición de imágenes se realizará mediante el uso de tres modernas cámaras Andor Zyla 4.2-P de 2048×2048 píxeles observando la misma porción del cielo correspondiente a aproximadamente 5×5 arcmin². Los campos no son exactamente iguales, ver detalles en Tabla 1. En la Fig. 2 se muestra el trazado de rayos asociado al diseño óptico del instrumento.

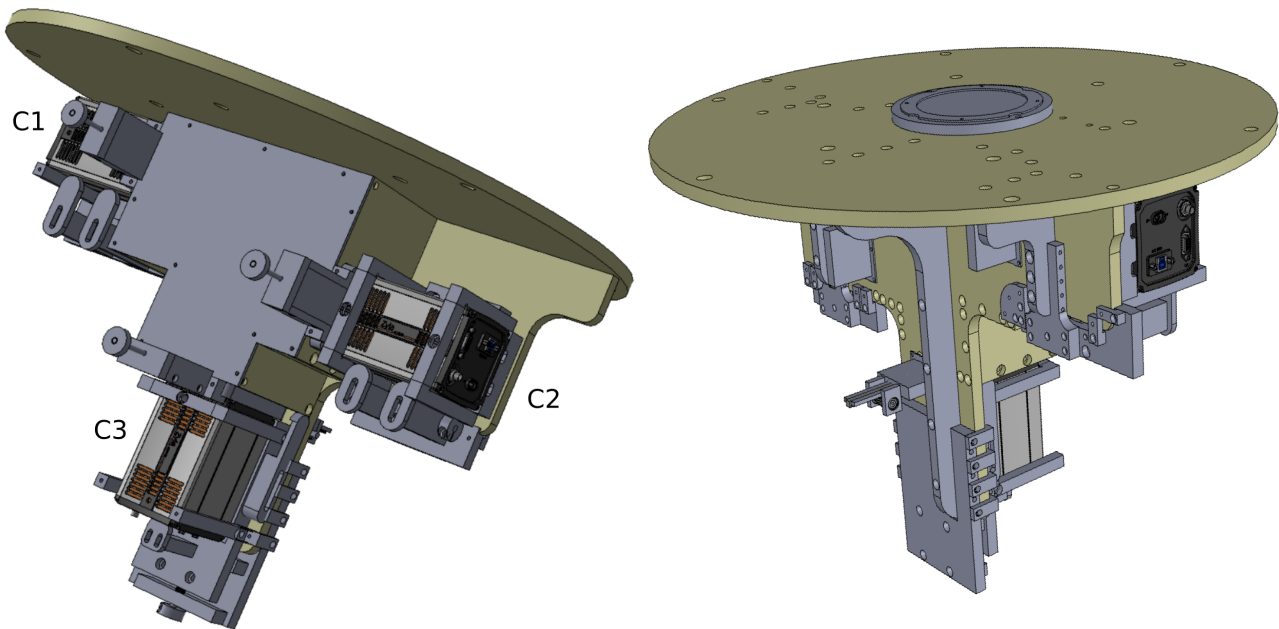


Figura 1: Representación gráfica tridimensional generada con el programa de diseño asistido SolidWorks del instrumento OPTICAM. Izquierda: Vista frontal del instrumento. En esta perspectiva es posible observar las 3 cámaras Andor Zyla 4.2-P empleadas en el instrumento (C1, C2 y C3, respectivamente). Los elementos ópticos del sistema se encuentran contenidos dentro de la sección central del mecanismo. Derecha: Vista anterior del instrumento. En esta perspectiva se aprecian las varillas de refuerzo estructural. En la parte superior se aprecia la ventana de entrada del sistema óptico. Crédito de imagen: Gerardo Sierra.

¹http://www.astroscu.unam.mx/rmaa/RMxAA..55-2/PDF/RMxAA..55-2_acastro-XX.pdf

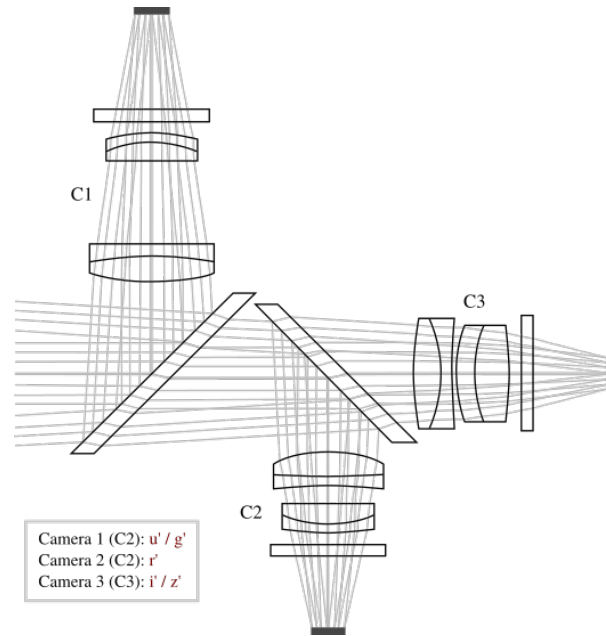


Figura 2: Trazo de rayos del diseño óptico de OPTICAM. Mediante el uso de 2 dicroicos, el instrumento la observación de objetos astrofísicos de manera completamente simultánea a través de sus 3 cámaras ópticas (aquí denominadas también C1, C2 y C3; en referencias futuras se denominará ‘cámara’ a los detectores astronómicos Andor sCMOS Zyla 4.2-P). La luz finalmente incide sobre los respectivos detectores astronómicos ubicados en el extremo de cada brazo. Crédito de imagen: Carlos Tejada & Joel Herrera.

En la Tabla 2 se muestran las especificaciones técnicas de los detectores Andor Zyla 4.2-P, mientras que en la Fig. 3/derecha se presenta la curva de eficiencia cuántica (QE) de dicho detector. La transferencia total del instrumento (throughput) se muestra en la Fig. 4/derecha. Para obtener esta curva se ha tomado en cuenta los efectos del detector, los filtros, los dicroicos, el conjunto de lentes, así como los espejos primario y secundario del Telescopio de 2.1 m. Finalmente un módulo de sincronización externa permite a las tres cámaras del sistema adquirir imágenes astronómicas de manera simultánea en tres canales ópticos. El proceso de lectura es controlado por un programa de control de adquisición de imágenes y una interfaz gráfica de usuario (GUI) desarrollados específicamente para este proyecto. El diseño original del sistema óptico de OPTICAM fue presentado en [4]², mientras que las diversas pruebas óptica reliazas se describen en [3]³.

OPTICAM ha sido construido como un trabajo colaborativo entre el Departamento de Instrumentación del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM; PI R. Michel), el Grupo de Astronomía de la Universidad de Southampton (UoS; PI D. Altamirano) y los Observatorios Astronómicos Nacionales de la Academia de Ciencias China (NAOC; PI J. Liu). OPTICAM es capaz de obtener imágenes estrictamente simultáneas, lo que significa que las imágenes se adquirirán exactamente al mismo tiempo mediante el uso de una tarjeta sincronizadora de alta precisión y una programación orientada a objetos dedicada. Cada encabezado de imagen tendrá una marca de tiempo utilizando este módulo de sincronización dedicado, el cual está equipado con

²<https://drive.google.com/file/d/1vTvqfo2QHbc-02hC6HnQkf3eQF27JwkS/view>

³<https://drive.google.com/file/d/159CAsfc0UtL4V-m4K1f7a0m8Vnzdj0Ba/view>

Brazo	Cámara	Filtro			FoV (arcmin ²)	Escala de Placa ("/pix)	
		Pos1	Pos2	Pos3		Binning 1×1	Binning 2×2
1	C1	u'	g'	...	4.77×4.77	0.1397	0.2794
2	C2	r'	4.80×4.80	0.1406	0.2812
3	C3	i'	z'	...	5.67×5.67	0.1661	0.3322

Tabla 1: Field-of-view de OPTICAM en el Telescopio de 2.1 m. Debe notarse que las escalas de placa no son exactamente iguales para las tres cámaras. Los filtros son seleccionables de manera manual y colocados en las posiciones respectivas según se describe en la Sec. 9.

dispositivo GPS/GNSS. OPTICAM nominalmente permitirá realizar exposiciones de imágenes en el rango de subsegundos. Sin embargo, se pueden lograr velocidades de lectura más altas dependiendo de la matriz de píxeles y la configuración de agrupación de píxeles (i.e. binning).

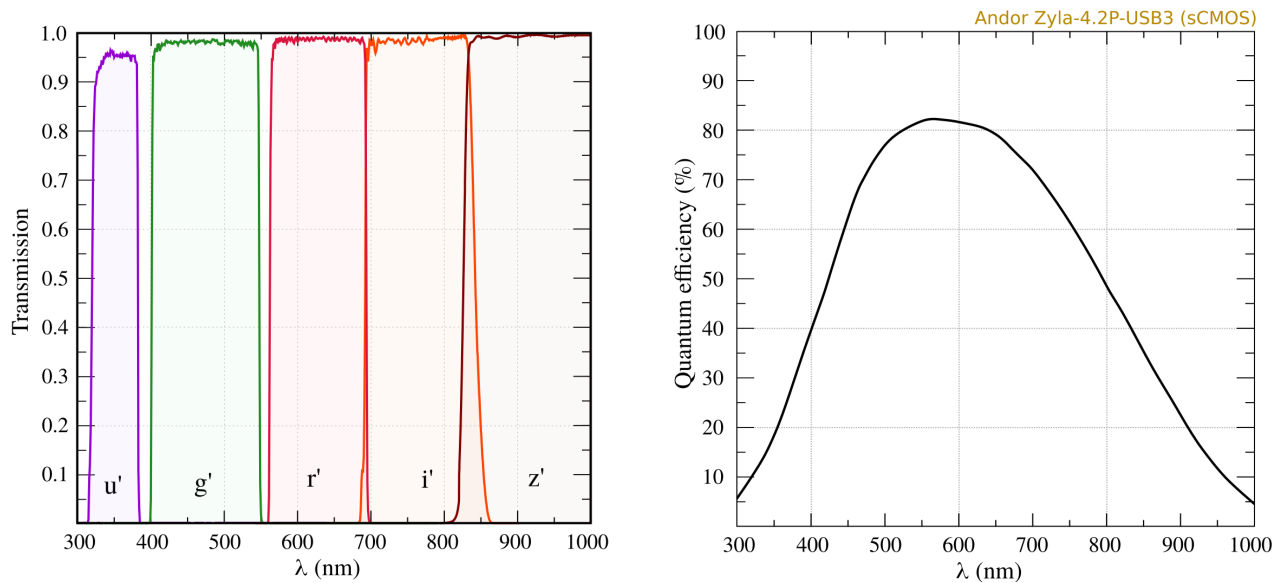


Figura 3: Transmisión del juego de filtros Astrodon Gen2 SDSS (**izquierda**) y eficiencia cuántica del detector de la cámara Andor Zyla 4.2-P (**derecha**).

Especificaciones de la cámara sCMOS Andor Zyla 4.2-P USB 3.0

Sensor type	Front Illuminated Scientific CMOS
Active pixels (W × H)	2,048 × 2,048 (4.2 Megapixel)
Pixel size	6.5 μm
Sensor size	13.3 × 13.3 mm
Pixel readout rate (MHz)	Slow Read 216 (108 MHz × 2 sensor halves) Fast Read 540 (270 MHz × 2 sensor halves)
Read noise (e^-) median [rms]	0.90 [1.1] @ 216 MHz 1.10 [1.3] @ 540 MHz
Maximum QE	82%
Sensor Operating Temperature	0 °C (up to 27 °C ambient)
Dark current, $e^-/\text{pixel}/\text{sec}$ @ min temp	0.10 @ Air Cooled
Readout modes	Rolling-Shutter
Maximum dynamic range	33,000:1
Pixel binning	Hardware binning: 2×2, 3×3, 4×4, 8×8
Data range	12-bit & 16-bit
Interface options	USB 3.0
Hardware time-stamp accuracy	FPGA generated timestamp with 25ns accuracy
Linearity	>99.8%
Normal operating temperature	-0.44 C @ Air Cooled
Maximum exposure time	30 s

Tabla 2: Especificaciones técnicas de las cámaras Andor Zyla 4.2-P. En la configuración actual, el tiempo mínimo de exposición para el software de control de OPTICAM es de 0.01 segundos. Debido a que se emplea un ventilador como agente de ventilación activa, la temperatura operativa del detector puede variar como función de la temperatura ambiente. OPTICAM emplea el modo de lectura rápido de 270 MHz.

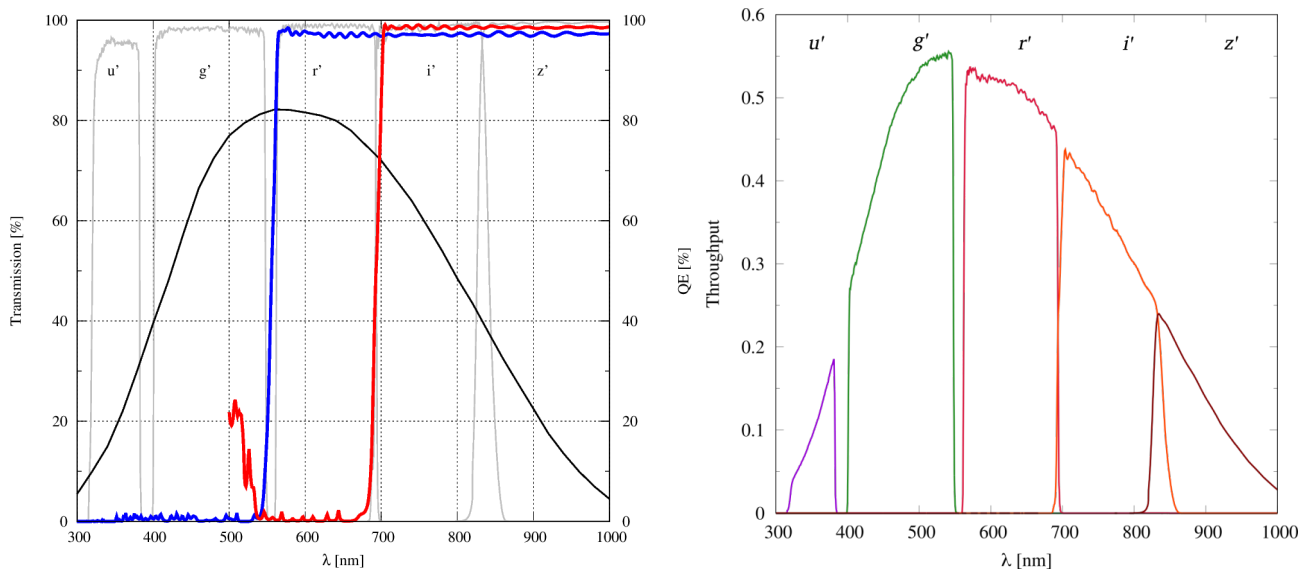


Figura 4: **Izquierda:** Curvas de transmisión de D1 (línea color azul) y D2 (línea color rojo), superpuestas sobre la eficiencia cuántica (QE; línea continua color negro) de la cámara Andor Zyla 4.2-Plus USB 3.0 y las transmisiones de los filtros SDSS (líneas color gris) mostradas para las respectivas bandas. Se puede apreciar que D1 es capaz de reflejar las bandas de longitud de onda asociadas a los filtros $u' + g'$ hacia el brazo 1 del instrumento, mientras que transmite poco más del 95% en las bandas $r' + i' + z'$. Este porcentaje transmitido por D1 incidirá sobre D2, y será nuevamente dividido en dos nuevas bandas (r' y $i' + z'$), las cuales se conducen hacia los brazos 2 y 3, respectivamente. **Derecha:** Transmisión total del instrumento OPTICAM para cada una de las bandas ópticas disponibles.

OPTICAM es un paso adelante hacia una nueva generación de instrumentos con alta resolución temporal, que permitirán el estudio de fenómenos astrofísicos muy rápidos que ocurren en el rango de milisegundos y segundos, un rango que antes no se podía lograr con las técnicas fotométricas CCD tradicionales (debido en gran parte a los grandes tiempos muertos asociados a la lectura de dichos detectores). OPTICAM puede ser empleado para observar una gran variedad de fuentes astrofísicas (e.g. estrellas binarias en rayos X, variables cataclísmicas, binarias eclipsantes, ocultaciones estelares, flaring stars).

2. Observando con OPTICAM

En esta sección se listan los procesos básicos para llevar a cabo observaciones con el instrumento OPTICAM. Para los fines del presente documento, se considerará como usuario al observador de turno, el electrónico y/o computólogo de turno, y al astrónomo de soporte. Se considera también que el instrumento se encuentra ya montado sobre la platina del telescopio y que todos los pasos del “Procedimiento de instalación del instrumento OPTICAM en el Telescopio de 2.1 m⁴” [2] han sido debidamente completados.

1. **Verificar línea de vista de la antena GPS.** Antes de iniciar la temporada de observación, es requerido que el astrónomo residente haya verificado la colocación de la antena GPS de OPTICAM, la cual deberá contar con línea de vista a la red satelital en todo momento, es decir.



Figura 5: La antena del GPS es instalada de manera temporal sobre la baranda exterior del piso de telescopio. Procurando siempre que los cables no estorben al libre andar del personal. Recientemente se ha adquirido un nuevo modelo de antena receptora, la cual será instalada en una nueva locación de maneja fija.

2. **Encender PC de OPTICAM y reiniciar módulo de temporización.** La PC de OPTICAM es colocada junto a la platina del Telescopio de 2.1 m (ver Fig. 6/izquierda). Para encenderla presione el botón frontal de encendido de la PC. Posteriormente, presione el botón de reinicio del módulo de temporización externo, el cual es un pequeño botón rojo (ver Fig. 6/derecha).

⁴<https://www.astrossp.unam.mx/instrumentos/imagen/opticam/PTI-0AN0010.pdf>

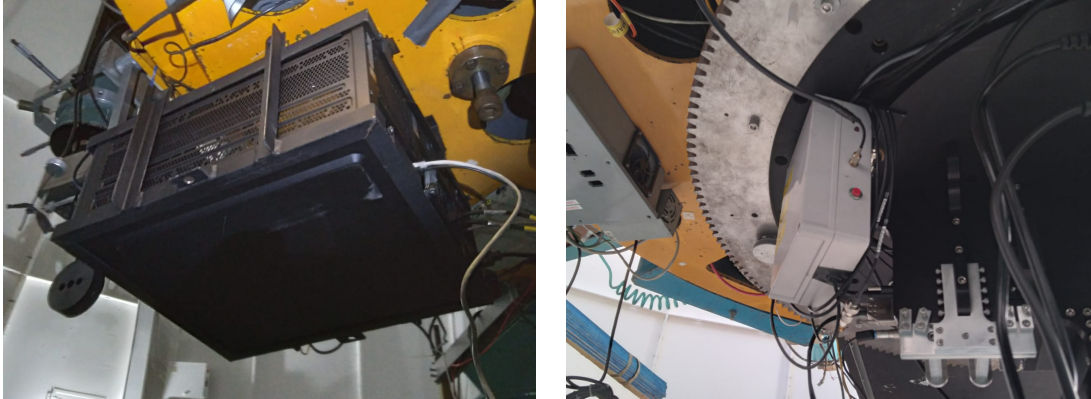


Figura 6: Izquierda: PC de OPTICAM (denominada MUFFIN), instalada junto a la platina del telescopio. Derecha: Módulo de temporización externo de OPTICAM.

3. **Encender cámaras.** Debido a que las cámaras cuentan con un interruptor mecánico, **al empezar la noche de observación, el observador deberá asegurarse que las cámaras Andor Zyla 4.2-P se encuentran encendidas y al finalizar la observación deberá apagarlas.** Este procedimiento deberá hacerse de forma manual desplazando el interruptor ON/OFF de la cámara, para lo cual deberá subir al piso de telescopio. En la Fig. 7 se indica este interruptor con la etiqueta ‘ON/OFF switch’.

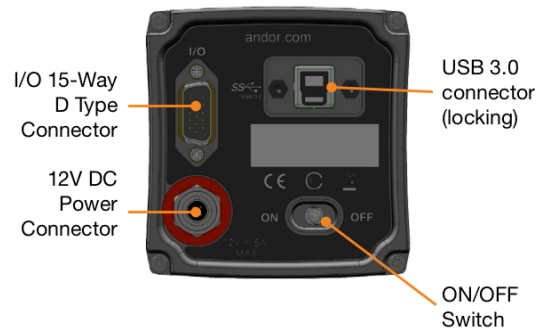


Figura 7: Vista anterior de la cámara Andor Zyla 4.2-P USB3.0.

4. **Ejecutar el software de control de adquisición de imágenes y la GUI.** Una vez que la PC de OPTICAM se encuentra encendida, es necesario establecer comunicación con la PC y posteriormente ejecutar los programas de OPTICAM. Para ello, es necesario abrir dos terminales, una para la ejecución del programa de control de adquisición de imágenes usando `ssh opticam@192.168.0.35`, y la otra para la ejecución de la GUI usando `ssh -X opticam@192.168.0.35`. Se recomienda abrir un pestaña adicional en cada ventana para acceso ocasional al sistema de archivos, mientras que se mantienen las primeras dos en primer plano para el monitoreo de potenciales mensajes de error.

(opticam) 192.168.0.35 – Konsole – Ventana 1: Ejecución de control de adquisición

```

observa@sonaja:~$
observa@sonaja:~$ ssh opticam@192.168.0.35
opticam@192.168.0.35's password: opticam
...
...
opticam@muffin:~$ opticam_init
    
```

(opticam) 192.168.0.35 – Konsole – Ventana 2: Ejecución de GUI

```

observa@sonaja:~$
observa@sonaja:~$ ssh -X opticam@192.168.0.35
opticam@192.168.0.35's password: opticam
...
...
opticam@muffin:~$ opticam_gui
    
```

El proceso de conexión a la PC de OPTICAM y la ejecución de los programas se describe en la Sección 3. Cuando el programa de control esté listo mostrará un mensaje indicando que se encuentra listo para recibir instrucciones. Si la GUI arranca sin mostrar errores de conexión se considerará que se encuentra lista.

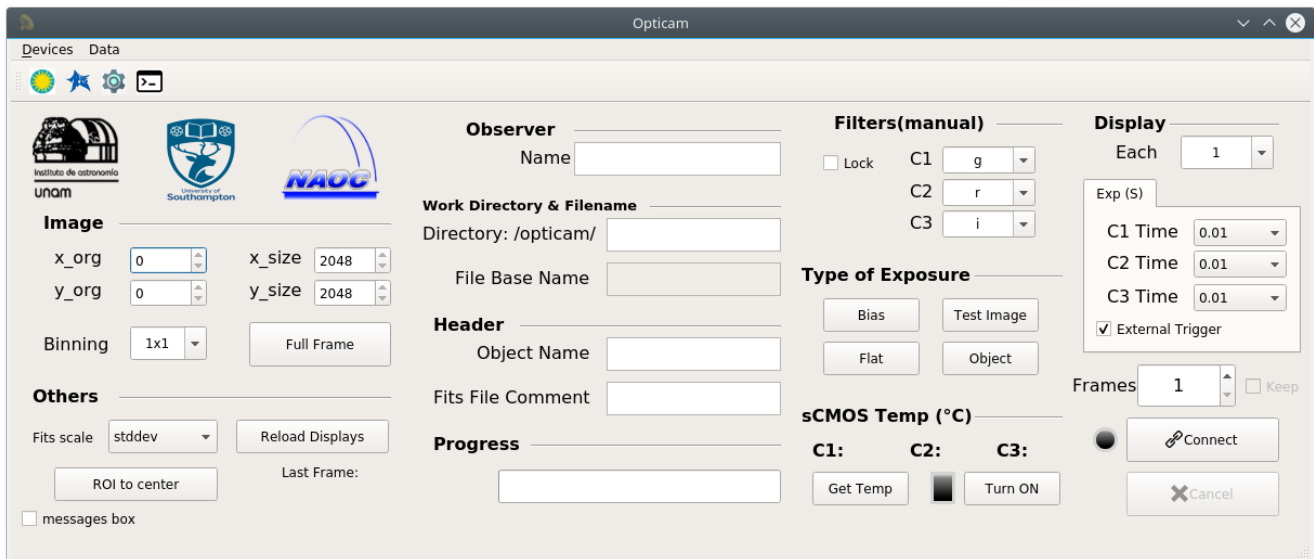


Figura 8: Interfaz gráfica de usuario (GUI) de OPTICAM al momento de arrancar, la cual muestra solamente los valores y parámetros predeterminados.

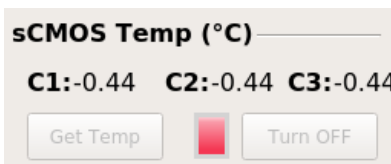
5. **Inicializar cámaras.** Antes de empezar a trabajar, debe establecerse comunicación con cada una de las

cámaras del sistema OPTICAM (ver Sección 4). No será posible adquirir imágenes astronómicas si este paso no ha sido exitosamente completado. Pulse este botón:



Debido a que el software actual es una versión de desarrollo, el observador deberá tener en cuenta estas recomendaciones:

- **Verificar que las 3 cámaras han establecido comunicación.** Esto puede ser verificado en la terminal donde se ejecuta el software de control de adquisición a partir de la tabla de salida mostrada durante el proceso de inicialización de las cámaras. En dicha tabla los valores del parámetro “camera status” (ver Sección 4) deberán tener un valor de “1” para C1, C2 y C3, respectivamente.
- **Verificar que el enfriamiento activo se encuentra en operación.** Para actualizar los valores de temperatura presione el botón `Get Temp` de la GUI:



6. **Ingresar los parámetros de observación en la GUI.** Especificar los nombres del observador y colaboradores, así como la configuración de parámetros: valor apropiado de binning, tiempo de exposición, número de frames, tipo de imagen a ser adquirida y tasa de despliegue de imágenes en la GUI. En la Sección 5 se describe con detalle la función de los diferente botones y campos de la GUI. **El tiempo de exposición máximo de las cámaras Andor Zyla 4.2-P es de 30 segundos.** El tiempo de exposición mínimo disponible actualmente es de 0.01 s. Para mayores detalles consultar la guía de hardware del proveedor. Aunque es posible adquirir imágenes con diferentes tiempos de exposición para cada cámara, en la actual versión de desarrollo del software **se deberá especificar el mismo tiempo de exposición para las tres cámaras.**

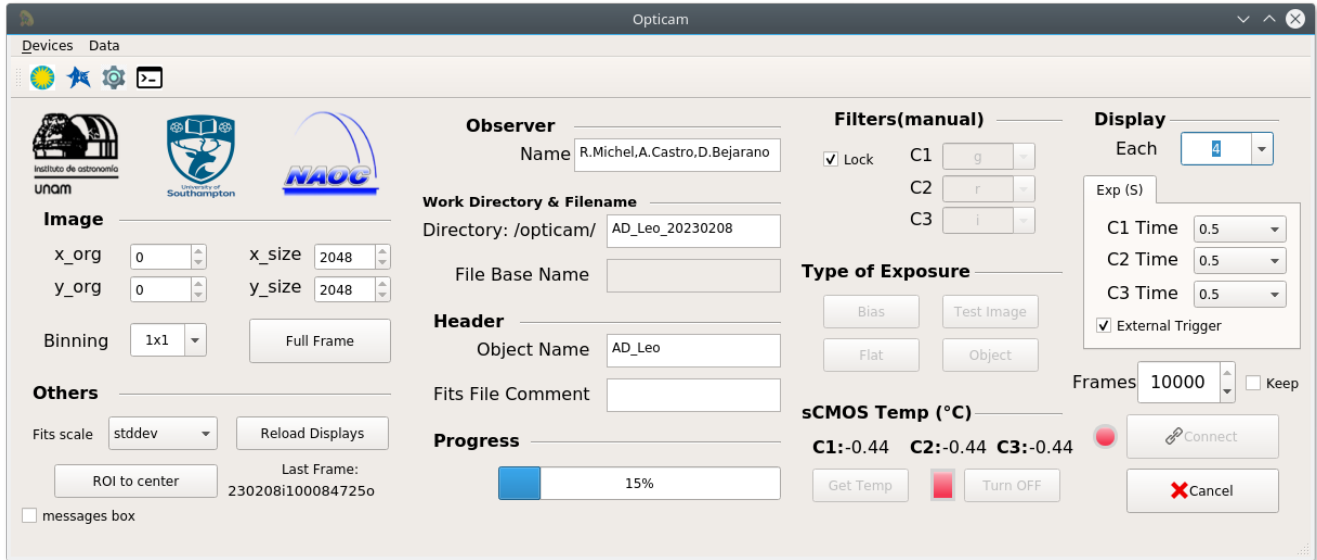
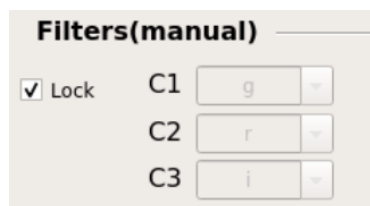
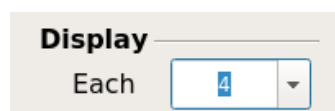


Figura 9: Descripción de la GUI de OPTICAM. Permite al usuario definir los parámetros de observación los campos observados, los cuales son enviados al programa de control de adquisición de imágenes.

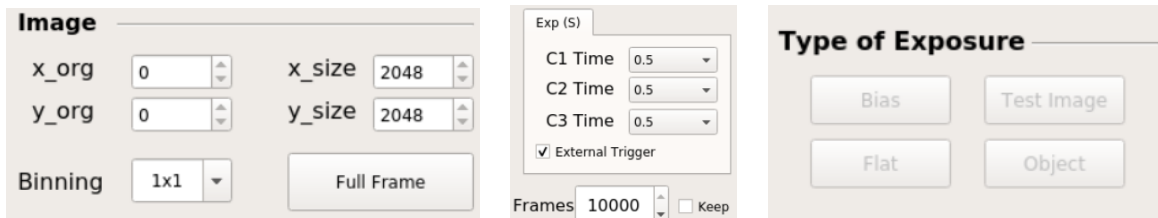
7. **Verificar que los filtros especificados coincidan con la configuración mecánica utilizada.** El proceso de colocación de filtros se describe en la Sección 9. Debido a que los filtros son colocados de forma manual se recomienda que el usuario verifique que la configuración seleccionada en el GUI sea la apropiada. La combinación de filtros g^i, r^i, i^i se carga de forma predefinida cada vez que se inicia la GUI. Por lo tanto, si cierra la interfaz, deberá volver a indicar la configuración de filtros utilizada, en caso de ser diferente a la predefinida:



8. **Verificar tasa de despliegue de imágenes del visualizador de imágenes de la GUI** con respecto a los tasa de adquisición de imágenes de la secuencia particular. El usuario debe verificar que la tasa de actualización de imágenes en SAO-DS0 es aceptable con respecto la propia tasa de adquisición de imágenes. Es decir, que no se despliega demasiado seguido, particularmente en los casos en los cuales se emplean altas tasas de adquisición, en cuyo caso el tiempo entre despliegues consecutivos no daría tiempo suficiente al usuario para verificar sus propias observaciones. Detalles en la Sección 5.



9. **Adquisición de imágenes en triple canal.** Presionando el botón ‘Object’ se guardarán las imágenes en el directorio especificado. En caso de que las imágenes deseadas sean FLATS, deberá pulsarse el botón ‘Flats’. La trayectoria raíz para el resguardo de las imágenes /home/opticam/images/opticam/. Para guardar en un subdirectorío específico ingrese el nombre de dicho subdirectorío en el campo apropiado. Antes de iniciar la secuencia de objetos verique que los parámetros básicos de observación han sido especificados:



10. **Visualización de imágenes en SAO-DS9.** Ya sea imágenes de prueba, objetos, o flats, pueden ser visualizadas mediante el uso de la aplicación SAO-DS9 (para más detalles ver Sec. 6). La ventana de SAO-DS9 se hará visible al pulsar el ícono respectivo en la equina superior izquierda de la GUI:



Las imágenes se actualizarán en la ventana de SAO-DS9 (ver Sec. 6) de acuerdo a la tasa de despliegue especificada. Sin embargo, las imágenes mostradas pueden ser también actualizadas en cualquier momento que se presiones el botón “Reload display” en la GUI.

11. **Apagar cámaras.** Debido a que las cámaras cuentan con un interruptor mecánico, al empezar la noche de observación, el observador deberá asegurarse que las cámaras Andor Zyla 4.2-P se encuentran encendidas y al finalizar la observación deberá apagarlas.

Se recomienda suspender observaciones de manera inmediata en caso de que la temperatura ambiente en la zona de telescopio se encuentre por debajo de 0 grados centígrados y humedad relativa mayor a 80 %.

IMPORTANTE: En caso de fallas operativas del software de control de OPTICAM, se recomienda cerrar la ventana de la GUI (y suspender la ejecución de del programa de control y el la propia GUI mediante el comando CTRLv+ en consola, en el caso de que nos se hayan cerrado ambas simultáneamente al momento de cerrar la GUI), así como cerrar las ventanas de IRAF y/o SAO-DS9 en caso de que se encuentren en ejecución. Al reiniciar la GUI, la interfaz gráfica aparecerá en el modo predefinido, por lo que deberá ingresar nuevamente los parámetros de observación deseados.

3. Ejecución de la GUI y el programa de control

El software de OPTICAM está integrado por dos partes: a) interfaz gráfica de usuario (GUI) y b) control de adquisición de imágenes. Para operar el instrumento es necesario ejecutar ambos procesos desde la computadora del observador (**sonaja**) del cuarto de observación del Telescopio de 2.1 m del OAN-SPM. Ambos procesos se ejecutan remotamente en la computadora huésped de OPTICAM (**muffin**) de tal forma que el usuario debe abrir dos terminales (e.g. Konsole) y ejecutar ambos procesos por separado. Se recomienda primero el arranque del programa del software de control de adquisición en una terminal (ver Terminal 1), y posteriormente la ejecución de la GUI en otra terminal (ver Terminal 2).

Antes de intentar ejecutar los programas de la GUI y del control de adquisición de imágenes, debe verificarse que las tres cámaras se encuentran encendidas (ver Fig. 7). Cada cámara cuenta con un interruptor mecánico, el cual debe activarse al principio de la noche y desactivarse al final de la noche de observación. El proceso de conexión remota y ejecución de programas en terminal se describe a continuación:

El primer comando es responsable de ejecutar el programa de control de adquisición de imágenes de OPTICAM, el cual es provisionalmente llamado MUFFIN. Dicho software fue desarrollado en el lenguaje de programación C++. MUFFIN hace uso del núcleo de control de las cámaras Andor SDK v3.X de Oxford Instruments e incorpora múltiples elementos para el proceso de adquisición simultánea de imágenes usando las tres cámaras Andor Zyla 4.2-PLUS USB 3.0 de OPTICAM, así como diversas herramientas de comunicación con la GUI. Una vez ejecutado el comando de inicialización, el programa de control quedará a la espera de instrucciones del usuario desde la GUI de OPTICAM. Si el procedimiento fue exitoso se mostrará el texto siguiente:

```
Net server V1.2 .....[OK]
Silverbox class.....[OK]
OPTICAM C1 class, default variables and headers....[OK]
OPTICAM C2 class, default variables and headers....[OK]
OPTICAM C3 class, default variables and headers....[OK]
PulseController class.....[OK]
```

```
=====
MUlti-channel Fast-Frequency Imaging Node (MUFFIN)
OPTICAM Software v0.3 (Mar. 2022)
```

Authors:

Angel Castro (angelcastro0111@gmail.com)
Enrique Colorado (e.colorado@astro.unam.mx)
Ivan Zavala (izavala@astro.unam.mx)


```
[OPTICAM] Desktop IP: 192.168.0.35
```

```
[OPTICAM] Sever port: 9710
```

```
-----  
Looping...
```

```
[OPTICAM] Waiting for instructions via IP (Hose).  
-----
```

4. Inicialización de cámaras

Luego de ejecutar el comando de arranque de la GUI (ver Sección 3) es posible observar una ventana como la mostrada en la Fig. 8. En esta ventana se muestran los valores predefinidos de la interfaz. En la actual versión del software, el observador será responsable de actualizar los parámetros de observación cada vez que se inicie la GUI.

Posterior a la inicialización de la GUI, el usuario deberá establecer comunicación con las cámaras.

Para ello deberá pulsar el botón **Connect** en la parte inferior derecha de la GUI y esperar a que se complete el proceso de inicialización de las cámaras.

Si el procedimiento es exitoso, en la ventana donde se ejecuta el programa de control de adquisición de imágenes (i.e. Terminal 1) se mostrará el texto siguiente:

```
Answer [1] to Client (4) >> CLOSE
```

```
Closing socket with client... (4)
```

```
Cliente local es 5
```

```
Voy a leer de red hasta 200 char
```

```
Lei de red 6 ->INIT
```

```
Cliente= 5 <- INIT
```

```
comando=INIT
```

```
...(red.op=1)
```

```
Inicializando cámaras:
```

```
Found 5 Devices.
```

```
Device 0 : [OPTICAM] Waiting for instructions via IP (Hose).  
-----
```

```
ZYLA-4.2P-USB3
```

```
Device 1 : ZYLA-4.2P-USB3
```

```
Device 2 : ZYLA-4.2P-USB3
```

```
Device 3 : SIMCAM CMOS
```

```
Device 4 : SIMCAM CMOS  
-----
```

Initialising VSC-05535

Found VSC-05535 at Device_ID = 1

Found 5 Devices.

=====
16-bit resolution is set.

=====
Found 5 Devices.

Device 0 : ZYLA-4.2P-USB3

Device 1 : ZYLA-4.2P-USB3

Device 2 : ZYLA-4.2P-USB3

Device 3 : SIMCAM CMOS

Device 4 : SIMCAM CMOS

Initialising VSC-05530

Found VSC-05530 at Device_ID = 0

Found 5 Devices.

=====
16-bit resolution is set.

=====
Found 5 Devices.

Device 0 : ZYLA-4.2P-USB3

Device 1 : ZYLA-4.2P-USB3

Device 2 : ZYLA-4.2P-USB3

Device 3 : SIMCAM CMOS

Device 4 : SIMCAM CMOS

Initialising VSC-05522

Found VSC-05522 at Device_ID = 2

Found 5 Devices.

=====
16-bit resolution is set.

=====
Answer [2] to Client (5) >> VSC-05535 VSC-05530 VSC-05522
=====

```
[OPTICAM] Camera > | C1 | C2 | C3 |
=====
Internal camera name | Andor sCMOS | Andor sCMOS | Andor sCMOS |
Camera model | Zyla 4.2-P USB 3.0 | Zyla 4.2-P USB 3.0 | Zyla 4.2-P USB 3.0 |
Camera serial number | VSC-05535 | VSC-05530 | VSC-05522 |
Pixel dimensions (in micron) | 6.5 | 6.5 | 6.5 |
Camera readout Mode | 270 MHz | 270 MHz | 270 MHz |
Binning factor in X | 2 | 2 | 2 |
Binning factor in Y | 2 | 2 | 2 |
Binning [ cols x rows ] | 2x2 | 2x2 | 2x2 |
Dark current (electrons/pix/sec) | 0.0986 | 0.0986 | 0.0986 |
Camera saturation level | 32302 | 32302 | 32302 |
Camera detector temperature (C) | 0.98 | 1.69 | 1.69 |
Pixel encoding (bits) | 12 | 12 | 12 |
-----
Camera Status | 1 | 1 | 1 |
=====
```

```
Answer [3] to Client (5) >> CLOSE
Closing socket with client... (5)
[OPTICAM] Waiting for instructions via IP (Hose).
-----
```

El observador deberá revisar el valor del parámetro “**camera status**” de las cámaras C1, C2 y C3, el cual debe tener una valor de “1” en los tres casos. Este parámetro es visible al final de la secuencia de mensajes de sistema durante la inicialización de las cámaras. En caso contrario deberá ponerse en contacto con el equipo de soporte técnico. **Una vez que las cámaras se encuentren inicializadas el proceso de enfriamiento activo mediante ventilación de aire iniciará de forma predeterminada.**

5. Descripción básica de la GUI

La GUI permite al observador definir el tipo de exposiciones deseadas (tamaño, tiempo de exposición, binning, tipo de imagen). Permite también definir parámetros auxiliares como el nombre del objeto, el nombre del observador, y agregar comentarios en los encabezados de las imágenes generadas. A continuación se describen las funciones de las diversas secciones de la GUI (recuadros numerados de la Fig. 10) siguiendo la misma numeración que en dicha figura:

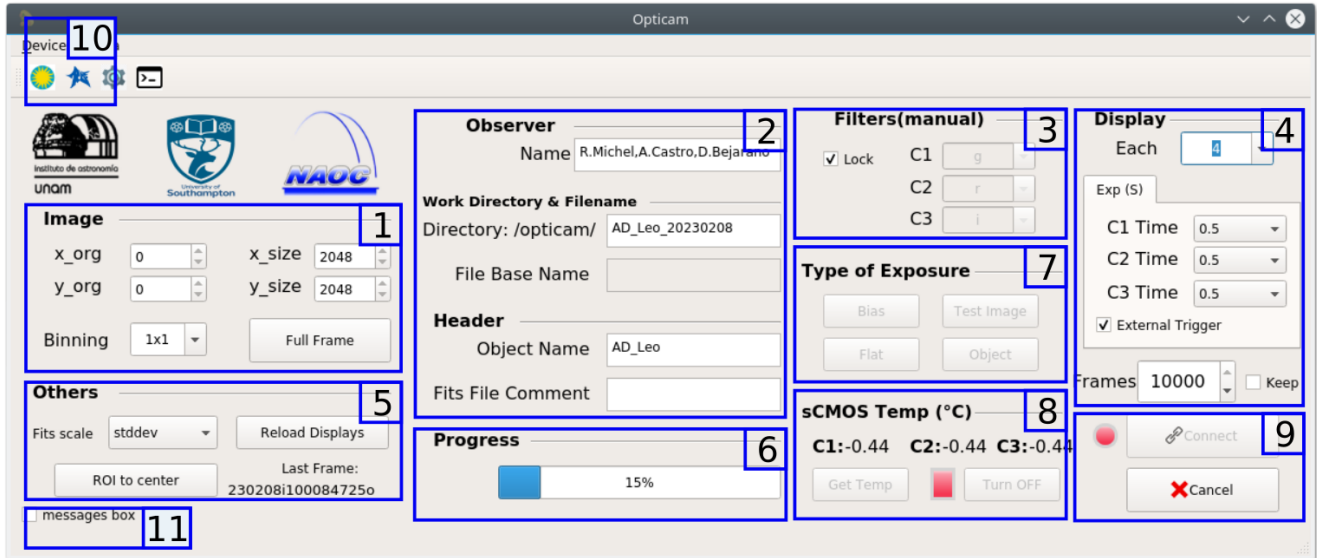


Figura 10: Descripción de la GUI de OPTICAM. Permite al usuario definir los parámetros de observación los campos observados, los cuales son enviados al programa de control de adquisición de imágenes.

1. **Región de interés & binning.** Permite definir el tamaño de la ventana de observación. Así como el valor de binning. Cuando se pulsa el botón **Full frame** los valores dimensionales regresan al valor predeterminado correspondiente al binning especificado. La región de interés puede ser seleccionada haciendo clic directamente sobre la imagen desplegada en el visualizador. Sin embargo, para fines de alineación y composición, el observador deberá tomar en cuenta los valores de las escalas de placa (ver Tabla 1) de cada uno de los canales del instrumento. Los centros geométricos de las imágenes adquiridas pueden variar por algunos píxeles debido a la diferencia de escala de placa entre ellos.
2. **Encabezados, directorio e información adicional.** Los datos ingresados en estos campos (con excepción del nombre del directorio) serán incluidos en los encabezados de los archivos FITS:
 - **Observer:** Aquí se ingresa el nombre de los observadores.
 - **Work directory & Filename:** Nombre del subdirectorio en el cual las imágenes astronómicas serán guardadas. El directorio base es el siguiente: $\{\text{HOME}\}/\text{images}/\text{opticam}/$. El parámetro “File Base Name” se encuentra desactivado debido a que los nombres de los archivos son actualmente generados de forma automática. Al ingresar los nombres de los objetos o del directorio donde los datos se guardan, se debe evitar el uso de espacios en blanco.
3. **Filtros.** Aquí se especifican los filtros que son manualmente colocados en los intercambiadores de filtros de cada una de las cámaras ubicadas en los brazos respectivos del instrumento (ver Sección 9). El observador será responsable de revisar que la configuración mecánica empleada coincida con los valores seleccionados en este menú. Actualmente, la opción “Lock” se emplea como un indicador visual para que el observador sepa que la configuración de filtros seleccionada no ha sido confirmada. Sin embargo, la selección de esta opción no tiene ninguna consecuencia por ahora.

4. **Parámetros de adquisición de imagen** para una secuencia específica. La secuencia no iniciará sino hasta que se pulse alguna de las opciones de la pestaña correspondiente a “tipo de exposición”.

- **Tasa de actualización del visor de imágenes de la GUI.** La opción `Display-Each` permite definir cada cuántas imágenes se actualizará la ventana de despliegue de la GUI. El observador deberá ser cuidadoso y definir este valor de tal forma que guarde una proporción apropiada con los tiempos de exposición solicitados para una secuencia particular. Cuando los tiempos de exposición son muy pequeños y no se define apropiadamente el valor de la tasa de actualización del visualizador de la GUI ocurrirán potenciales fallas y/o ralentización de la interfaz y el proceso mismo de adquisición de imagen.
- **Tiempos de exposición (Exp[s]):** Se especifica el tiempo de exposición para cada una de las cámaras. Debido a que algunos de los aspectos del software de OPTICAM se encuentran siendo optimizadas, se sugiere definir el mismo tiempo de exposición para las tres cámaras. No podrán ingresarse valores nulos o superiores a 30 segundos. **En la pestaña Display-Each de la GUI se especifica el número de exposiciones que deben transcurrir para que la imagen mostrada en la ventana del visualizador de imágenes de la GUI sea actualizada.** Si este número es superior al número de exposiciones, entonces se actualizará y mostrará la última imagen adquirida en la secuencia. En el caso de observaciones de alta cadencia temporal **se deberá poner especial atención al parámetro ‘Display-Each’**, debido que si el proceso de actualización es demasiado rápido no dará oportunidad al usuario de emplear algunas de las funciones de la GUI e incluso puede ralentizar el proceso de adquisición de imágenes.
- **External Trigger.** La opción de disparo externo (i.e. `External Trigger`) está seleccionada de manera predeterminada en la GUI. El ‘external trigger’ permite el uso del módulo de sincronización externa desarrollado por Iván Zavala para generar pulsos TTL que indican a las cámaras cuando iniciar cada exposición. Cuando esta opción de disparo externo no se encuentra seleccionada, entonces el sistema emplea el método de sincronización por software del programa de control de adquisición. Para exposiciones mayores a 1 segundo, el external trigger puede ser deshabilitado en la mayoría de los casos, y en ese caso las secuencias de exposición serán controladas por software. La posibilidad de desactivar el external trigger permanecerá disponible para pruebas específicas realizadas por el equipo técnico de OPTICAM y como opción de respaldo hasta que la confiabilidad del módulo de sincronización externa (ver “Procedimiento de instalación del instrumento OPTICAM”) se encuentre plenamente confirmada. Sin embargo, aún cuando la opción `External Trigger` se encuentre desactivada (durante pruebas de funcionamiento del sistema), el software obtendrá el tiempo preciso del GPS del módulo de sincronización de manera predeterminada. El valor preciso de tiempo correspondiente a la imagen específica se encuentra visible en el header “UT” de los archivos FITS generados.
- **Frames.** Se define aquí el número de frames (i.e. números de exposiciones triple canal) solicitadas por el observador como parte de una secuencia de adquisición de las tres cámaras de manera simultánea. Existen limitaciones técnicas para la configuración de imagen y tasa de adquisición solicitada. **El observador deberá tomar en cuenta las limitaciones descritas en la Tabla 3.** En esta tabla se

muestran las tasas máximas de adquisición de imágenes (en unidades de frames-per-second [fps]) y velocidades de transferencia máximas sostenibles [Mb/s] para varias matrices de píxeles. BTR corresponde al término “byte-based transfer rate”. En la actual versión del software la opción de 16-bit es precargada de forma predeterminada y será habilitada para el usuario en la siguiente revisión.

- **Keep.** Al marcar la opción keep se le indica al sistema que deberá continuar la adquisición de secuencias del número de frames solicitados de manera indefinida. **No se recomienda emplear esta opción en la presente versión del software.**

Array Size [pix]	Frame Rate [fps@12-bit]	BTR [Mb/s]	Frame Rate [fps@16-bit]	BTR [Mb/s]
2,048×2,048	53	424	40	320
1,920×1,080	107	423.2	80	316.4
512×512	403	201.5	403	201.5
128×128	1,578	49.3	1,578	49.3

Tabla 3: Máxima tasa de adquisición de imágenes y transferencia de datos.

5. **Others.** Las opciones contenidas dentro de este recuadro están relacionadas a las propiedades del visualizador de imágenes:

- **FITS Scale.** Permite establecer la escala empleada en el visualizador de imágenes de la GUI. Esta opción se encuentre temporalmente desactivada.
- **Reload displays.** Si por alguna razón la imagen mostrada en el SAO-DS9 no se renueva luego o durante una secuencia puede pulsar el botón **Reload Displays** para actualizarla. Puede también presionarse este botón cuando desee actualizar la imagen visualizada en SAO-DS9 en cualquier momento que lo requiera. Incluso cuando la opción de despliegue “Never” haya sido seleccionada previamente en el campo ‘Display-Each’ de la GUI, o si la secuencia de adquisición se encuentra ya en ejecución.
- **ROI to center.** Opción temporalmente deshabilitada.

6. **Progress Bar.** La barra de progreso muestra el estado de avance de la secuencia de datos solicitada. Es calculado tomando en cuenta el número de imágenes adquiridas respecto al total de imágenes de la secuencia. Debido a esto, en el caso de exposiciones individuales puede ser de poca utilidad visual para el observador.

7. **Type of Exposure.** Una secuencia de imágenes es ordenada una vez que alguna de las opciones de este apartado es seleccionada, en cuyo caso se agregará una letra **f**, **o**, ó **b** al nombre de los archivos generado a manera de sufijo, en el caso de flats, objetos o bias, respectivamente.

- **Test image.** Cuando se pulsa esta opción, las imágenes obtenidas se usan solamente para fines de visualización y no son guardadas en disco.
- **Object.** La opción **object**, permite inicializar el proceso de adquisición de imágenes con fines científicos, las cuales son almacenadas en la trayectoria especificada en el apartado “Work Directory & Filename”.

Actualmente el disco duro de la PC de OPTICAM tiene una capacidad de 1 TB, por lo que el observador deberá revisar continuamente el estado del disco y respaldar sus datos en discos duros de estado sólido cuando sea necesario.

- **Flat.** La opción `flat` permite almacenar las imágenes agregando al nombre de archivo una letra 'f' como atributo relacionado al tipo de imagen descrita .
 - **Bias.** No es posible definir tiempos de exposición nulos en el caso de las cámaras Andor Zyla 4.2-PLUS USB3.0. Debido a su poder de procesamiento FPGA y la capacidad de memoria de la cámara sCMOS Andor Zyla 4.2-P, éstas permiten la implementación de la compensación por bias para cada píxel de la matriz en tiempo real. Esta característica reduce considerablemente el ruido de fondo a niveles insignificantes, erradicando así el ruido de patrón fijo asociado con las cámaras CMOS. Sin embargo, si el observador lo requiere, pueden obtenerse imágenes de muy corta duración bajo condiciones de baja iluminación. Para ello se deberá seleccionar el menor tiempo de exposición disponible en la GUI (actualmente de 0.01 s) y pulsar el botón `bias` para etiquetar apropiadamente los archivos FITS generados.
8. **sCMOS Temperature.** En este apartado de despliegan los valores de temperatura de las tres cámaras de OPTICAM. **El despliegue de la temperatura de las cámaras no se refresca automáticamente en pantalla**, por lo que para que los valores de temperatura de las cámaras sean actualizados se debe presionar el botón `Get Temp` de la GUI. Los valores de temperatura se actualizarán al ser solicitada una secuencia de imágenes (de cualquier tipo) al momento de arranque de dicha secuencia.
- **Get Temp.** Esta opción envía una solicitud de información a cada una de las cámaras sobre el valor actualizado de temperatura de los detectores. Un valor típico de temperatura operativa es de -0.47 C, el cual puede incluso disminuir en la noches frías de invierno.
 - **Turn On/Off.** El sistema de enfriamiento de los detectores se enciende de manera automática por el software de control. Sin embargo, al pulsar este botón se podrá suspender el enfriamiento de las cámaras, y posteriormente volver a encenderse cuando sea requerido. De manera general, no se aconseja al observador suspender el enfriamiento activo y se sugiere que sea el personal técnico, quien realiza este procedimiento de manera justificada.
9. **Conexión con las cámaras y cancelación de secuencias.**
- **Connect.** Permite inicializar las cámaras y activar la comunicación con la GUI. Este procedimiento se encuentra explicado con mayor detalle en la Sección 4.
 - **Cancela.** Suspende el proceso de adquisición de imágenes, ya sea una exposición individual o una secuencia de ellas. **Deberá esperar un breve momento luego de que una exposición o secuencia de exposiciones sea cancelada** a que el botón `Expone` se muestre nuevamente disponible. Evite presionar otros botones de la GUI mientras se descargan los buffers de memoria luego de una cancelación. Podrá ver el mensaje "[OPTICAM] Waiting for instructions via IP (Hose) en la Terminal 1 (ver Sección

- 3) donde se ejecuta el programa de control de adquisición de imágenes, una vez que la secuencia o el proceso de liberación de memoria ha concluido completamente.
10. **Visualizador SAO-DS9 e IRAF.** Al hacer clic sobre el ícono de SAO-DS9 se abrirá el visualizador de imágenes SAOImage DS9 (Fig. 11) y mostrará de manera simultánea las últimas imágenes adquiridas por cada una de las tres cámaras. Similarmente, al dar clic sobre el ícono de IRAF se abrirá una ventana *xgterm* que dará acceso a aplicaciones básicas de IRAF. Sin embargo, en la versión actual del software no se aconseja su uso. En caso de usarlo, deberá cerrar la ventana *xgterm* luego de emplearla brevemente.
 11. **Ventana de mensajes.** El seleccionar esta casilla se hará visible la barra de mensajes de la GUI. En esta ventana se muestran mensajes del sistema. Manténgase también atento a los mensajes de salida en la ventana donde se ejecuta el programa de control de adquisición de imágenes (MUFFIN), particularmente los relacionados a errores de conexión y “TIMEOUTS”, en cuyo caso deberá informar al electrónico de cargo o directamente a Iván Zavala. En caso de errores (e.g. AT_ERROR_TIMEOUT) cerrar la GUI y detener ejecución del programa de control (e.g. usando CTRL+C en la terminal respectiva), así como todas las ventanas SAO-DS9 y IRAF asociadas. Luego reiniciar ambos procesos en terminal según se indica en la Sección 3.

NOTA 1: Los detectores Andor Zyla 4.2-P no cuentan con obturador. Sin embargo, se recomienda obtener con fines de monitoreo y caracterización, durante cada temporada de observación al menos una secuencia de imágenes bajo condiciones de completa obscuridad durante la noche y con el domo cerrado, denominadas ‘darks’.

NOTA 2: Debe tomarse en cuenta que el instrumento ha sido diseñado de forma expresa para observar fuentes puntuales relativamente brillantes empleando cámaras rápidas sCMOS. De ahí que el efecto ‘blemish’ (presencia de numerosos píxeles tibios) puede hacerse muy notorio para tiempos de exposición por arriba de 5 segundos. Este efecto puede ser controlado haciendo corrección por flats y con máscaras en casos severos, cuando tiempos de exposición largos son mandatorios.

NOTA 3: Las posiciones de las diferentes cámaras del instrumento, así como de los elementos ópticos del sistema, son ajustadas y verificadas bajo condiciones de laboratorio. El personal técnico ha realizado las pruebas necesarias para lograr el mejor ajuste de imagen posible en las tres cámaras de manera simultánea. De esta manera los ajustes de foco usando el espejo secundario del telescopio se aplican simultáneamente en los tres canales.

6. Visualización con SAO-DS9

Al presionar el ícono de SAO-DS9, que se encuentra en la parte superior izquierda de la ventana de la GUI, se abrirá dicha aplicación. En la ventana de SAO-DS9 se mostrarán simultáneamente las imágenes adquiridas por las tres cámaras del instrumento (ver Fig. 11). Las imágenes se muestran rotadas por software de manera que el norte esté arriba y el este a la izquierda.

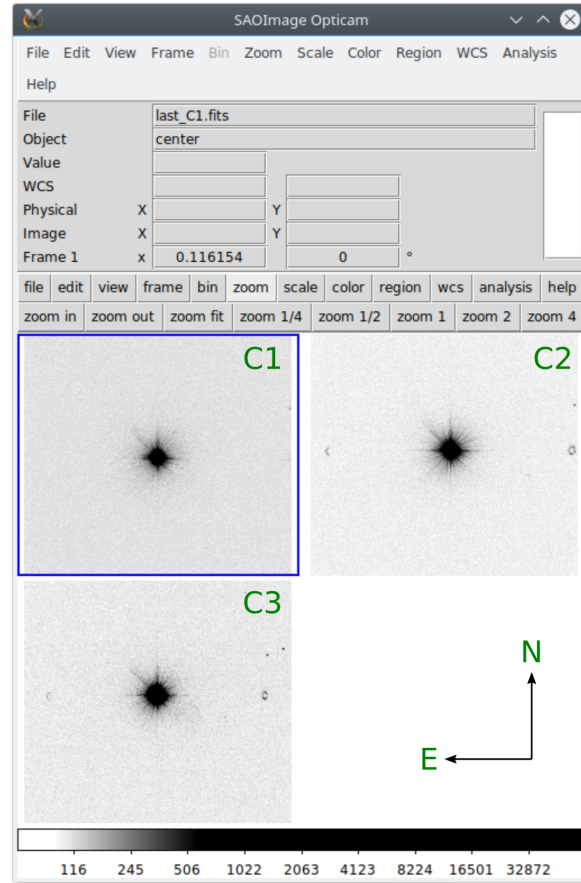


Figura 11: Ventana de visualización de imágenes con SAO-DS9. En esta ventana se muestran de forma simultánea las imágenes adquiridas por los tres canales de OPTICAM. En la esquina superior izquierda la imagen de la cámara 1 (C1), en la esquina superior derecha la imagen de la cámaras 2 (C2), y en la esquina inferior izquierda se muestra la imagen de la cámara 3 (C3). Las imágenes mostradas en SAO-DS9 se encuentran automáticamente rotadas para coincidir

La interfaz de SAO-DS9 aparecerá aproximadamente 20 segundos después de haber presionado el icono mencionado. En el caso de exposiciones individuales, para actualizar el conjunto de tres imágenes mostrado en esta interfaz (correspondientes a los 3 canales de OPTICAM) es necesario que la ventana de SAO-DS9 se encuentre abierta antes de adquirir imagen.

Deberá especificarse un valor de tasa de despliegue apropiado, de acuerdo a los parámetros propios de la observación, de tal manera que la actualización no ocurra demasiado seguido. Una tasa de actualización del despliegue de imágenes (la misma tasa aplica tanto para la GUI como para SAO-DS9) demasiado rápida, podría causar fallas en la comunicación o la continuidad temporal de los procesos de lectura de imágenes. Si una secuencia de imágenes es iniciada con tasa de actualización del visualizador demasiado rápida, se recomienda cerrar la interfaz de SAO-DS9 e inmediatamente cancelar la secuencia de adquisición, corregir a una tasa de despliegue apropiada y volver a iniciar la secuencia de adquisición.

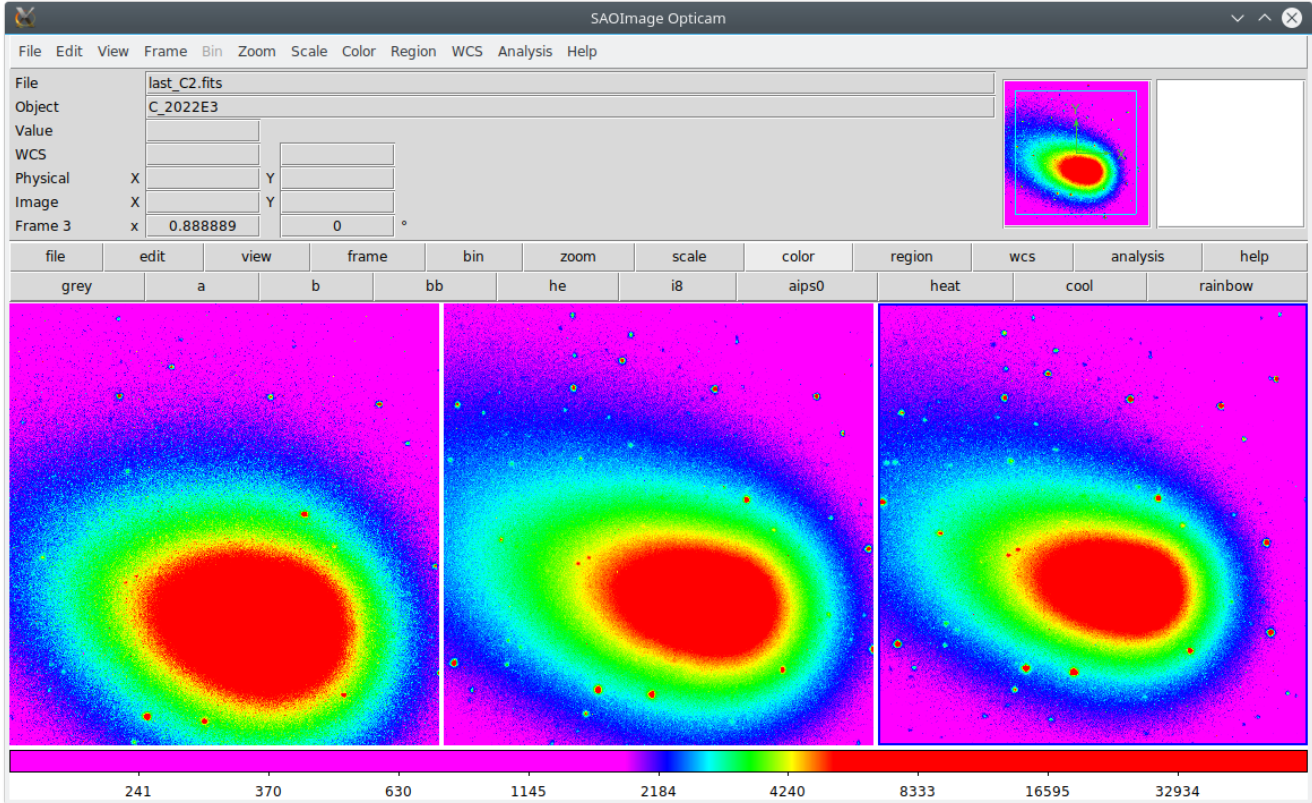


Figura 12: Para una visualización en 3 columnas puede seleccionar la opción **Frame>Frame Parameters>Tile>Column**. En este mosaico se muestran 3 imágenes, una por canal, del Cometa C/2022 E3 (ZTF) empleando la escala de color "rainbow".

En la parte superior izquierda de la ventana de la GUI se muestran iconos adicionales al de SAO-DS9 asociados al uso de IRAF y otras funciones de configuración. Sin embargo, estos iconos no se encuentran totalmente habilitados. Esto se resolverá en el corto plazo en una futura versión del software de OPTICAM.

7. Reinicio de la PC

Se recomienda reiniciar la PC de OPTICAM (instalada actualmente sobre la platina del Telescopio de 2.1 m) al menos cada dos días, durante una temporada nominal de observaciones. Este proceso puede realizarse de dos maneras: **a)** presionando manualmente el botón de encendido/apagado de la PC, apagando y encendiendo el equipo de manera consecutiva, y **b)** ejecutando remotamente el comando de reinicio desde la computadora del observador (**sonaja**) en el cuarto de observación del Telescopio de 2.1 m del OAN-SPM (e.g. Konsole - Ventana 3). El proceso de conexión remota y reinicio de la computadora **muffin** es el siguiente:

Terminal 3.

(opticam) 192.168.0.35 – Konsole – Ventana 3: Reinicio de la PC de OPTICAM

```
observa@sonaja:~$  
observa@sonaja:~$ ssh opticam@192.168.0.35  
opticam@192.168.0.35's password:opticam  
...  
...  
opticam@muffin:~$  
opticam@muffin:~$ sudo reboot  
opticam@192.168.0.35's password:opticam
```

Puede abrirse una terminal nueva (como en el ejemplo) para realizar el procedimiento o puede hacer también desde cualquiera las dos terminales previamente abiertas de OPTICAM, en cuyo caso solo será necesario teclear el comando de reinicio e ingresar la clave.

8. Apagado de la PC

Desde la computadora Sonaja ubicada en el cuarto de observación, entrar a la PC de OPTICAM (i.e. muffin) y apagar de manera correcta la PC siguiendo estos pasos:

Terminal 4.

(opticam) 192.168.0.35 – Konsole – Ventana 4: Apagado de la PC de OPTICAM

```
observa@sonaja:~$  
observa@sonaja:~$ ssh opticam@192.168.0.35  
opticam@192.168.0.35's password:opticam  
...  
...  
opticam@muffin:~$  
opticam@muffin:~$ sudo poweroff  
opticam@192.168.0.35's password:opticam
```

9. Intercambiador manual de filtros

Los filtros de OPTICAM requieren ser colocados de forma manual, mediante el desplazamiento de la ‘bayoneta’ del intercambiador de filtros (Fig. 14/izquierda) a las posiciones y filtros descritas en la Tabla 4 y Fig. 14/derecha, respectivamente. El usuario deberá ser sumamente cuidadoso de actualizar apropiadamente la configuración de filtros mostrada en la GUI (Fig. 9), ya que los valores de la selección ahí indicada serán los que se registren en

los encabezados de los archivos de imagen FITS. Los nombres de los filtros en el menú de selección respectivo no pueden ser cambiados por los usuarios. El juego de filtros Astrodon Gen2 SDSS (Fig. 3) de OPTICAM se encuentra colocado de manera permanente y ningún filtro deberá ser removido sin justificación o sin el consentimiento expreso del PI del instrumento, el Dr. Raúl Michel.

Brazo/Bayoneta	Cámara	F1	F2	F3
1	C1	u'	g'	...
2	C2	r'
3	C3	i'	z'	...

Tabla 4: Configuración de filtros de OPTICAM. El instrumento cuenta con tres diferentes brazos, cada uno de ellos con una cámara astronómica Andor Zyla 4.2-PLUS USB 3.0 asignada. Los filtros requieren ser colocados desplazando manualmente la bayoneta del intercambiador de filtros a las posiciones descritas en la Fig. 14(izquierda) de tal manera que el filtro deseado sea colocado sobre la trayectoria óptica del brazo respectivo. La distribución de filtros colocados en cada bayoneta se ilustra en la Fig. 14(derecha).

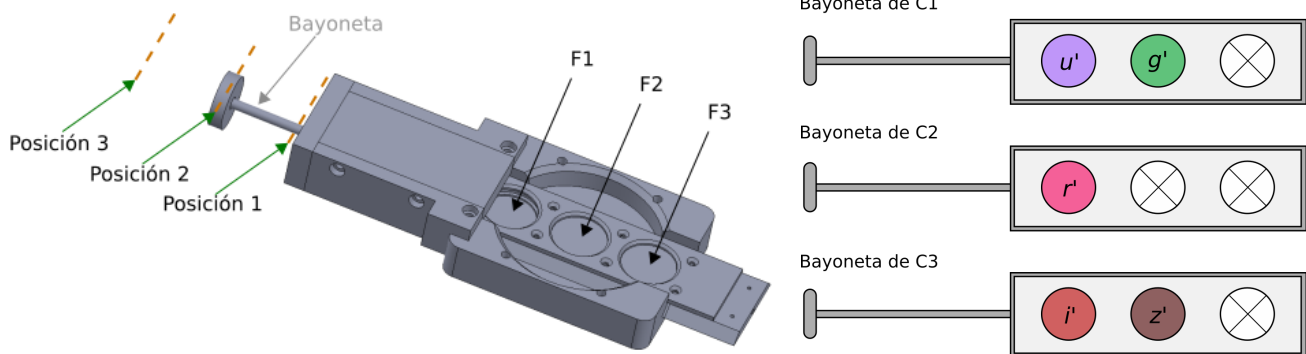


Figura 13: **Izquierda:** Intercambiador de filtros manual de OPTICAM. Se usa una bayoneta para colocar de forma manual el filtro deseado. Deberá jalar la perilla de la bayoneta para colocar el filtro de acuerdo a lo descrito en la Tabla 4. El equipo de colaboradores de OPTICAM se encuentra actualmente trabajando en el desarrollo y construcción de un mecanismo de posicionamiento automatizado de los filtros. **Derecha:** Distribución de filtros en las bayonetas de los intercambiadores correspondientes a las cámaras C1, C2 y C3, respectivamente.

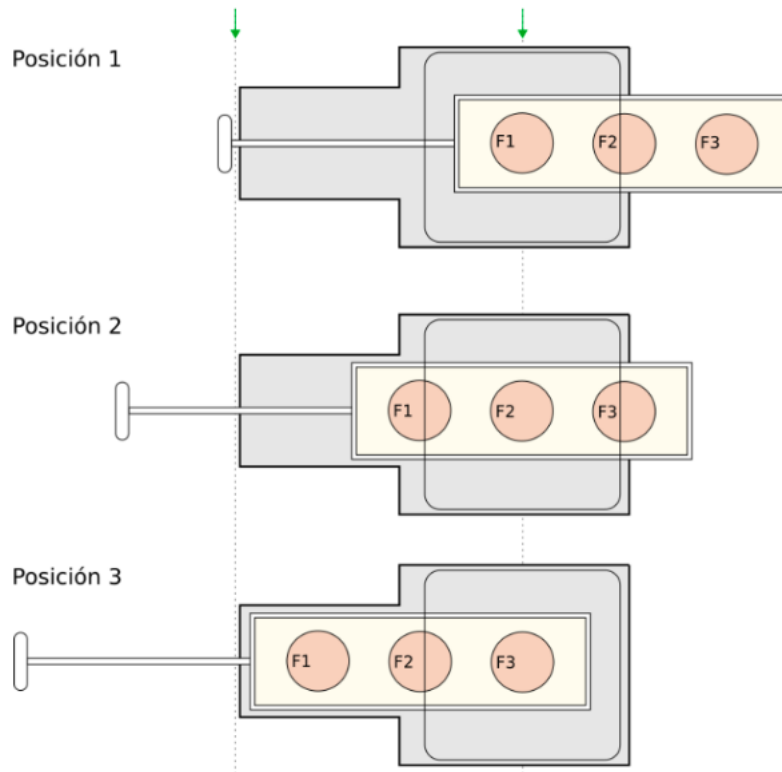


Figura 14: Diagrama esquemático del funcionamiento básico del sistema intercambiador de filtros de OPTICAM. Los filtros son manualmente desplazados a la posiciones deseadas, de tal forma que sean colocados frente a la cámara astronómica respectiva. Para conocer el filtro específico en una posición dada y para cada uno de los tres brazos del instrumento ver la Tabla 4. Ejemplos: 1) Al desplazar la bayoneta del intercambiador de filtros del brazo 3 (C3) a la Posición 2, se hace uso del filtro z' ; mientras que 2) al desplazar la bayoneta del intercambiador de filtros del brazo 2 (C2) a la Posición 1, se hace uso del filtro r' .

El equipo de colaboradores de OPTICAM se encuentra actualmente trabajando en el desarrollo de un mecanismo motorizado para la colocación automatizada de los filtros deseados por el observador. Esta automatización será de utilidad para disminuir los tiempos muertos asociados a la necesidad de desplazar manualmente los mecanismos del actual intercambiador de filtros y evitará confusiones y potenciales errores en el caso de que el observador olvide actualizar dichos parámetros al momento de la observación.

10. Enfriamiento termoeléctrico (modelo refrigerado por aire)

El sensor Zyla sCMOS se enfría mediante un enfriador termoeléctrico (TE). Los enfriadores TE son dispositivos pequeños que funcionan con electricidad y no tienen partes móviles, lo que los hace confiables y convenientes. Un enfriador TE es en realidad una bomba de calor, es decir, logra una diferencia de temperatura al transferir calor desde su “lado frío” (el chip CMOS) a su “lado caliente” (el disipador de calor incorporado). Por lo tanto, la temperatura de funcionamiento mínima absoluta del sensor Andor Zyla 4.2-P depende de la temperatura del disipador de calor. La máxima diferencia de temperatura que puede alcanzar un dispositivo TE depende de los siguientes factores: **a)** Carga de calor creada por el sensor Zyla (basado en la velocidad de lectura de píxeles), **b)** Número de

etapas de enfriamiento del enfriador TE, **c**) Corriente de funcionamiento, y **d**) Temperatura del lado caliente del enfriador termoelectrico. Incluso con un ventilador, un disipador de calor normalmente debe estar al menos 10° C más caliente que la temperatura del aire (habitación) para transferir calor eficientemente al aire circundante. Por lo tanto, durante el funcionamiento normal, la temperatura del disipador de calor dentro del cabezal de la cámara será más alta que la temperatura ambiente (habitación). **Fuente:** Hardware Guide Zyla sCMOS Version 1.7 rev 03 Feb 2015.

En el caso de los detectores Andor Zyla 4.2-P USB 3.0 empleados por OPTICAM, el valor típico de temperatura se ubica entre -0.5° y 0.0° C. El enfriamiento activo por medio de aire es inicializado de forma predeterminada luego de conectar el sistema desde la GUI según se describe en la Sección 4. El enfriamiento activo puede ser suspendido cuando las cámaras no se encuentran adquiriendo imágenes al presionar el botón Turn OFF de la GUI.

Cuando el enfriamiento activo se encuentra deshabilitado, las cámaras operarán a una temperatura de $\sim 20^{\circ}$ C. Sin embargo, no se recomienda esta acción durante operaciones nominales, debido a que el efecto de ruido térmico puede ser considerable, imposibilitar las observaciones en una gran cantidad de casos, y eventualmente, dañar a los propios detectores. El usuario deberá asegurarse en todo momento que las cámaras se encuentren suficientemente ventiladas y los accesos de aire se encuentren libres en todo momento.

11. Noches de ingeniería

Durante la noche de ingeniería es necesario que el astrónomo de soporte verifique que el instrumento ha sido montado sobre la platina del telescopio de acuerdo al procedimiento mostrado en [2]. Se deberá poner especial atención en la correcta colocación de los cables USB 3.0, los cables de la caja sincronizadora y el GPS. El botón rojo de la caja del módulo de sincronización es el botón de reset de dicho módulo (ver Fig. 6/derecha). Se sugiere pulsar ese botón antes de intentar arrancar el programa de control y la GUI, así como asegurarse de que el dispositivo GPS se encuentra ubicado de manera correcta.

Una vez que el programa de control y la GUI se encuentran funcionando, las cámaras han sido inicializadas y el sistema de enfriamiento activo esta operando correctamente, es necesario comprobar lo siguiente: **a**) verificar que las cámaras se encuentran funcionando, **b**) apuntar una estrella brillante para centrar el guiador y el campo en la cámara C3, **c**) verificar las alineaciones celestes, y **d**) enfocar el telescopio usando C3 como referencia.

En caso de experimentar problemas con la ejecución de alguno de los programas o aplicaciones de apoyo, contactar a **Iván Zavala** o **Enrique Colorado**.

12. Almacenamiento y transferencia de datos

Los diversos accesorios del instrumento descritos a continuación permiten, al sistema la correcta transferencia y almacenamiento de datos. Estos accesorios solo podrán ser manipulados por el personal técnico y científico autorizado del OAN-SPM.

12.1. Almacenamiento y transferencia

Las secuencias de imágenes obtenidas por OPTICAM son guardadas directamente en un disco duro de estado sólido modelo Samsung EVO 980 PRO PCIe 4.0 NVMe SSD de 2 TB (Fig. 15), siendo `{$HOME}/images/opticam/` la trayectoria predeterminada para dicha tarea. Los nombres de los directorios ingresados por el usuario en el apartado ‘Work Directory & Filename’ de la GUI son concatenados a esta trayectoria base, para construir la trayectoria destino de las observaciones realizadas por el usuario. Si el usuario no ingresa este parámetro, entonces las imágenes se guardarán directamente en la trayectoria base predefinida. Es responsabilidad del observador verificar (previo al inicio de la temporada o durante la primera noche de observación) el porcentaje de ocupación del disco y realizar un respaldo de datos (ver Sección 12.2) en caso de ser necesario, tomando en cuenta la cantidad de datos que planea generar durante su temporada de observación.



Figura 15: Disco duro primario de la PC de OPTICAM. Los programas de control de adquisición de imágenes y la GUI son contenidos y ejecutados en este disco. Las imágenes de triple canal adquiridas por OPTICAM son almacenadas directamente en este disco.

La PC de OPTICAM (`muffin`) cuenta también con un segundo disco de estado sólido de 8 TB (montado en `/oldimages`), al cual los datos pueden ser transferidos de manera temporal antes de ser respaldados en un disco duro de estado sólido portátil (e.g. Fig. 21) para ser enviados a Ensenada u otro destino.

12.2. Respaldo de datos

12.2.1. Respaldo en disco portátil

Cada observador será responsable de contar con un disco duro portátil USB 3.x con capacidad suficiente para almacenar la totalidad de datos que espera generar durante su temporada de observación. En la Fig. 21) se muestra un disco duro SSD que ha sido empleado con anterioridad, debido a su alta velocidad para realizar dicha tarea. Sin embargo, otros discos duros portátiles genéricos pueden ser empleados también, en cuyo caso deberá tomarse en cuenta que el proceso de respaldo de datos puede tomar varias horas en ser completado. **Antes de subir al OAN-SPM el observador deberá asegurarse que su disco duro portátil de alta capacidad posee un**

formato compatible con Linux Ubuntu/Mint.



Figura 16: Ejemplo de disco portátil empleado para el respaldo de los datos. Debido a su velocidad de transferencia de datos, se sugiere el uso de discos SSD como el SAMSUNG EVO 870, el cual permite velocidades escritura de hasta 530 MB/s. Sin embargo, cualquier memoria USB 3.0 será también de utilidad.

Para respaldar los datos, se deberá conectar en una terminal a la PC MUFFIN. Una vez conectado, el usuario tiene la opción de transferir los datos directamente por medio de comandos en la terminal (e.g. por medio de `ssh`), o bien a través de un modo gráfico por medio de administradores de archivos como ‘Nemo’ o ‘Nautilus’. A continuación se describe el proceso de respaldo de datos usando Nautilus:

```
(opticam) 192.168.0.35 – Konsole – Navegador de archivos Nautilus
```

```
observa@sonaja:~$ ssh -X opticam@192.168.0.35  
opticam@192.168.0.35's password: opticam  
...  
opticam@muffin:~$  
opticam@muffin:~$ nautilus
```

Una vez que se ejecute la aplicación “Nautilus” aparecerá una ventana como la que se muestra en la Fig. 17.

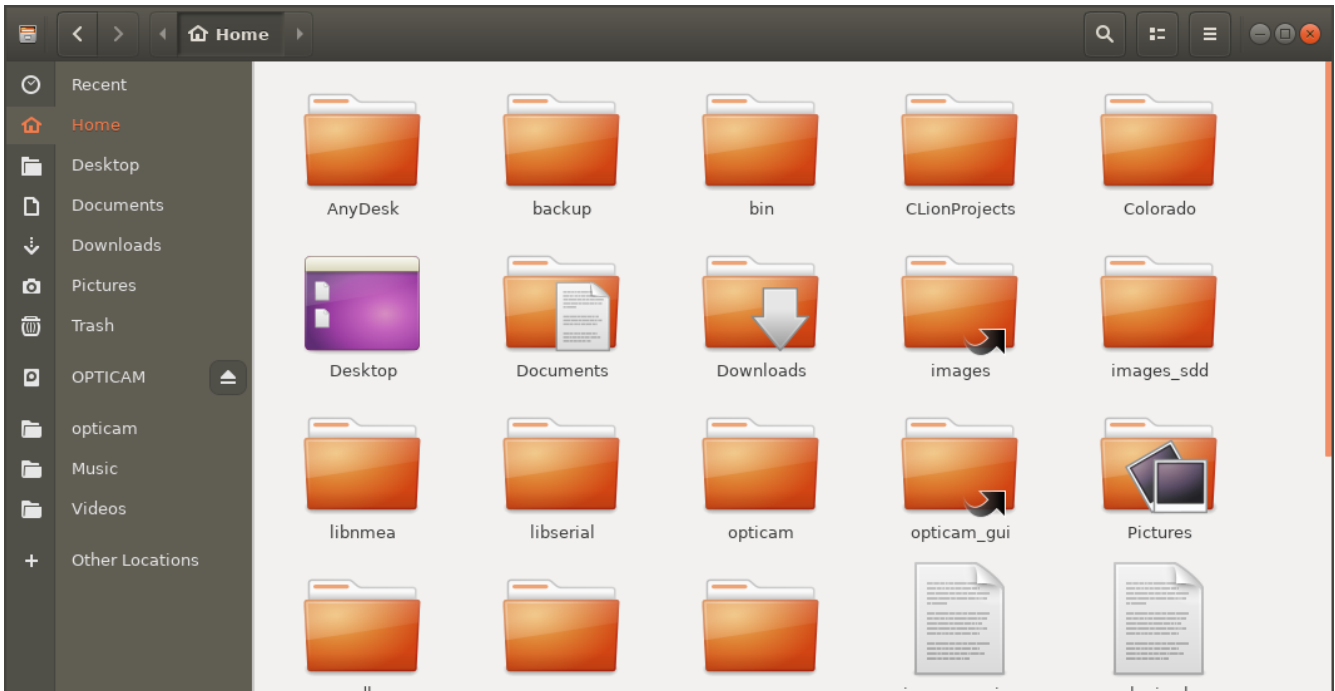


Figura 17: Mediante la aplicación Nautilus es posible acceder al sistema de archivos de la PC MUFFIN. Nautilus solo podrá mostrarse si en la conexión a MUFFIN desde la terminal se empleó **ssh -X**.

Al dar clic con el botón derecho del ratón sobre la carpeta correspondiente a su disco portátil o el propio disco principal de OPTICAM, podrá verificar la capacidad de almacenamiento actual del medio.

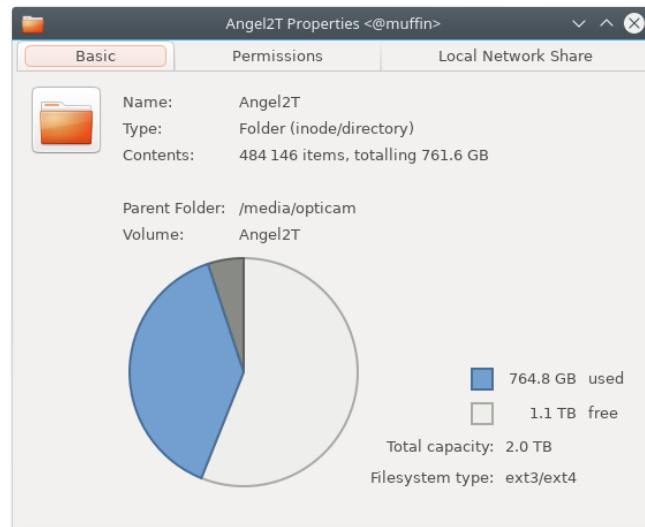


Figura 18: Revisión de capacidad restante de almacenamiento en disco.

El disco duro portátil requiere ser colocado en un ubicación próxima a la PC de OPTICAM, la cual se ubica sobre la platina del telescopio. Actualmente no existe un mecanismo seguro de sujeción cuando se realiza dicho procedimiento.

Se recomienda mantener los datos de la última temporada almacenados en el disco secundario de `muffin` (el de 8 TB) al menos hasta que se garantice que los datos transportados en el disco portátil han sido debidamente descargados hacia su ubicación final de destino.

12.2.2. Respaldo en servidor

Debido a sus capacidades nominales de adquisición de imágenes, OPTICAM es capaz de generar grandes cantidades de datos en un tiempo relativamente corto. Se espera que al final de una temporada de observación con OPTICAM en el OAN-SPM se hayan acumulado datos en el orden de TBs. Debido a ello, la transferencia de datos vía internet desde el propio OAN-SPM se encuentra altamente desaconsejada y se recomienda (de manera forzosa) el respaldo de datos mediante copia directa a disco duro portátil (ver Sección 12.2.1). La PC de OPTICAM no cuenta con conexión a red externa, por lo cual los datos deben ser primero copiados a disco externo y luego transferidos desde su propia PC o Laptop hacia el exterior. Solo deberá recurrir a esta opción de respaldo en casos excepcionales, siempre y cuando la configuración de binning sea diferente superior a 1×1 y la tasa de muestreo de la observación respectiva sea inferior o igual a 1 Hz, es decir, no más de 1 cuadro por segundo.

A manera de ejemplo, aquí se ilustra el proceso de transferencia de datos (en modo gráfico) empleado el navegador de archivos “Nemo” (Fig. 19), en Ubuntu 22.04 LTS. Este procedimiento puede cambiar dependiendo del navegador empleado por el usuario. Se recomienda configurar una conexión directa al servidor deseado. Para ello, deberá elegir las opciones de menú de Nemo: **File > Connect to Server**. Se mostrará una ventana como la mostrada en la Fig. 20, la cual deberá completar con las particularidades del servidor deseado. En el caso de requerir acceso al servidor “teeymay”, por favor contactar al [Dr. R. Michel](#).

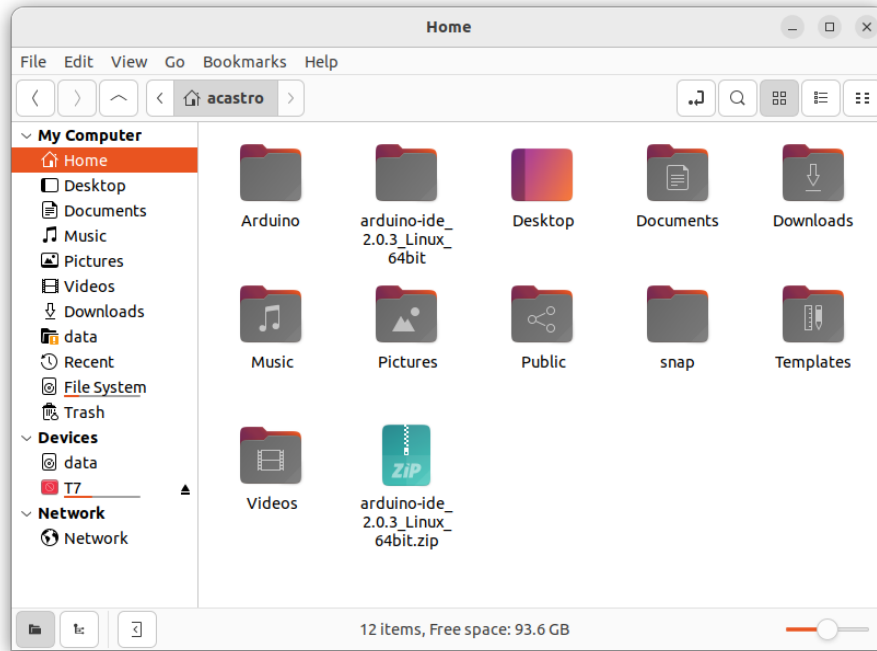


Figura 19: Uso de la aplicación Nemo como navegador de archivos. Los datos deberán primero ser copiados a un disco portátil y luego podrán transferirse a un servidor externo. Sin embargo, estas transferencias no deberán realizarse desde el OAN-SPM, salvo en casos excepcionales, siempre que estos no comprometa de manera alguna el ancho de banda disponible en el Observatorio.

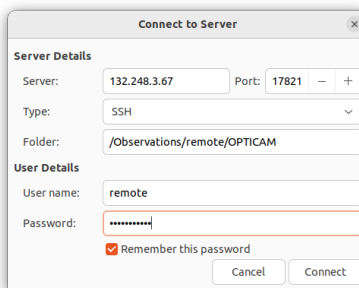


Figura 20: Configuración de servidor externo para transferencia de datos empleando el navegador de archivos 'Nemo'. OPTICAM no cuenta con conexión a red externa. Se recomienda que las trasferencias se realicen directamente desde su computadora personal.

13. Cable USB 3.0 de la cámara Andor Zyla 4.2-Plus

Para la comunicación de la PC con las cámaras Andor Zyla 4.2-P USB3 se deberá emplear un cable USB 3.2 Gen 1 o USB 3.1 Gen 1, Superspeed USB 3.0 tipo A a tipo B cuando menos de 1.5 metros de longitud. Este cable debe ser capaz de transferir hasta 5.0 Gp/s en lógica TTL. Cuando se coloquen reemplazos, se deberá asegurar la calidad de dichos componentes para evitar posibles fallas de comunicación entre los detectores astronómicos y el software

de control.



Figura 21: Cable USB 3.2 o USB 3.1 SuperSpeed 5.0 Gb/s 1.5m con tornillos de sujeción. Debe revisarse cuidadosamente que el cable utilizado para conectar las cámaras Andor Zyla 4.2-P a la respectiva tarjeta controladora de puertos de la PC cuentan con las características de transmisión requeridas.

Referencias

- [1] A. Castro, D. Altamirano, R. Michel, P. Gandhi, J. V. Hernández Santisteban, J. Echevarría, C. Tejada, C. Knigge, G. Sierra, E. Colorado, J. Hernández-Landa, D. Whiter, M. Middleton, B. García, G. Guisa, and N. Castro-Segura. OPTICAM: A Triple-Camera Optical System Designed to Explore the Fastest Timescales in Astronomy. *RMxAA*, 55:363–376, October 2019.
- [2] E. Colorado, A. Landa, I. Zavala, A. Castro, B. García, J. Valenzuela, L. Ortiz, G. Guisa, G. Sierra, J. Herrera, and R. Michel. *PTI-OAN:0010: Procedimiento de instalación del instrumento OPTICAM en el telescopio de 2.1m. RT-2020-03: OPTICAM: Diseño óptico*, Jul 2022.
- [3] C. Tejada and R. Michel. CI-2020-03: Pruebas Ópticas de los Objetivos de OPTICAM. Technical report, May 2022.
- [4] C. Tejada and R. Michel. RT-2020-03: OPTICAM: Diseño óptico. Technical report, Jul 2022.