

# Guía para el cambio de espejos secundarios del Telescopio 2.1 m del OAN-SPM.

Gerardo Guisa, Ilse Plauchu-Frayn, Enrique Colorado, Manuel Núñez, Francisco Valenzuela.

Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México.  
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B. C., México.

## RESUMEN:

El telescopio de 2.1 m del Observatorio Astronómico Nacional - San Pedro Mártir (OAN-SPM) cuenta con tres configuraciones ópticas, lo cual permite disponer de diferentes tamaños de campo de visión, dependiendo del tipo de estudio que se desee llevar a cabo. Este cambio en la configuración óptica se obtiene mediante el reemplazo del espejo secundario y su estructura.

El procedimiento es delicado y, por lo tanto, se debe garantizar la seguridad, tanto del personal que realiza la tarea como del equipo del observatorio (espejos e instrumentos).

En el presente documento se describe paso a paso el procedimiento para realizar el cambio de los espejos secundarios en el Telescopio 2.1 m y se incluyen fotografías para ayudar al lector a realizar esta tarea.

## Contenido

---

1. GLOSARIO	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. LOS ESPEJOS SECUNDARIOS DEL TELESCOPIO DE 2.1 M	3
4. MEDIDAS DE SEGURIDAD	5
5. CAMBIO DE ESPEJO SECUNDARIO	10
PARTE 1: DESINSTALACIÓN DEL ESPEJO SECUNDARIO COLOCADO EN EL TELESCOPIO	10
PARTE 2: INSTALACIÓN DEL ESPEJO SECUNDARIO SOLICITADO	18
6. CONCLUSIONES	19
7. AGRADECIMIENTOS	19
8. REFERENCIAS	19

## 1. GLOSARIO

- **Ascensión Recta (AR) y Declinación (DEC):** coordenadas astronómicas que se utilizan para localizar los objetos en la esfera celeste.
- **Arcmin:** Abreviación de minuto de arco (en inglés *arc minute*). Es una unidad del ángulo plano frecuentemente utilizado en astronomía. Un arcmin equivale a 1/60 de grado sexagesimal.
- **Baffle:** Pieza tubular de color negro mate que sirve para bloquear la luz no deseada procedente de reflejos y otras fuentes.
- **Campo de visión:** Área observable del cielo que depende de la configuración óptica del telescopio.
- **CCD:** Dispositivo de Carga Acoplado (*Charge Coupled Device* por sus siglas en inglés). Es un dispositivo optoelectrónico que se utiliza para registrar la imagen que forma el telescopio y el instrumento, y la convierte en una señal digital para posteriormente almacenarla y analizarla.
- **Espectrógrafo:** Dispositivo que descompone la luz proveniente de los objetos celestes y permite estudiar, entre otras, las propiedades dinámicas y químicas de estos.
- **Espejo primario:** En un telescopio reflector, es un disco de vidrio cubierto de una película de aluminio reflejante. Es el espejo de mayor diámetro y el primero al que llegan los rayos de luz de los objetos celestes, que después son dirigidos a un segundo espejo.
- **Espejo secundario:** Es un disco de vidrio cubierto de una película de aluminio reflejante que recibe la luz proveniente del espejo primario y que finalmente es dirigida hacia el instrumento donde será analizada.
- **Pixel:** Elemento mínimo del área sensitiva de un detector de imagen.
- **Polipasto o grúa:** Dispositivo de elevación vertical que se utiliza para levantar cargas con una gran ventaja mecánica ya que se necesita aplicar una fuerza mucho menor al peso que hay que mover. En nuestro caso, está compuesto de un motor eléctrico y un gancho con polea por el que pasa un cable de acero.
- **Razón focal:** Relación entre la distancia focal de un telescopio y el diámetro de su espejo primario ( $f/$ ). Indica cuán luminoso es un telescopio y el tamaño de su campo de visión: a menor número  $f/$ , mayor luminosidad y campo de visión.
- **Vigas de aluminio:** Plataformas de aluminio utilizadas para que los operadores se desplacen alrededor del espejo secundario.

## 2. INTRODUCCIÓN

El Telescopio 2.1 m del Observatorio Astronómico Nacional San Pedro Mártir (OAN-SPM)<sup>1</sup> cuenta con una variedad de instrumentos intercambiables (espectrógrafos, ruedas de filtros, etc.), dependiendo del estudio que el observador pretenda llevar a cabo.

Los instrumentos requieren configuraciones ópticas específicas en el telescopio, lo que se obtiene mediante el reemplazo de su espejo secundario. Actualmente, el telescopio de 2.1 m cuenta con tres espejos secundarios de razones focales:  $f/7.5$ ,  $f/13.5$  y  $f/30$  [1], los cuales permiten un mayor o menor campo de visión y resolución espacial.

De 2013 a 2019 se realizaron aproximadamente 30 cambios de espejo secundario en el telescopio de 2.1 m (véase acervo de la CATT<sup>2</sup>), es decir, alrededor de un cambio cada 3 meses.

Considerando que el cambio de espejo secundario es un procedimiento relativamente frecuente y, por otro lado, sumamente delicado, es que hemos preparado el presente documento que pretende ser una guía para el equipo de mantenimiento del OAN-SPM encargado de esta labor.

Cabe mencionar que el procedimiento aquí presentado, aplica para cualquiera de los espejos secundarios del Telescopio 2.1 m.

## 3. LOS ESPEJOS SECUNDARIOS DEL TELESCOPIO DE 2.1 M

El telescopio de 2.1 m del OAN-SPM cuenta con tres espejos secundarios ubicados en el piso del telescopio. Las razones focales y campos de visión aproximados de los tres espejos secundarios se presentan en la Tabla 1.

**TABLA 1**

Espejos secundarios del telescopio de 2.1 m del OAN-SPM

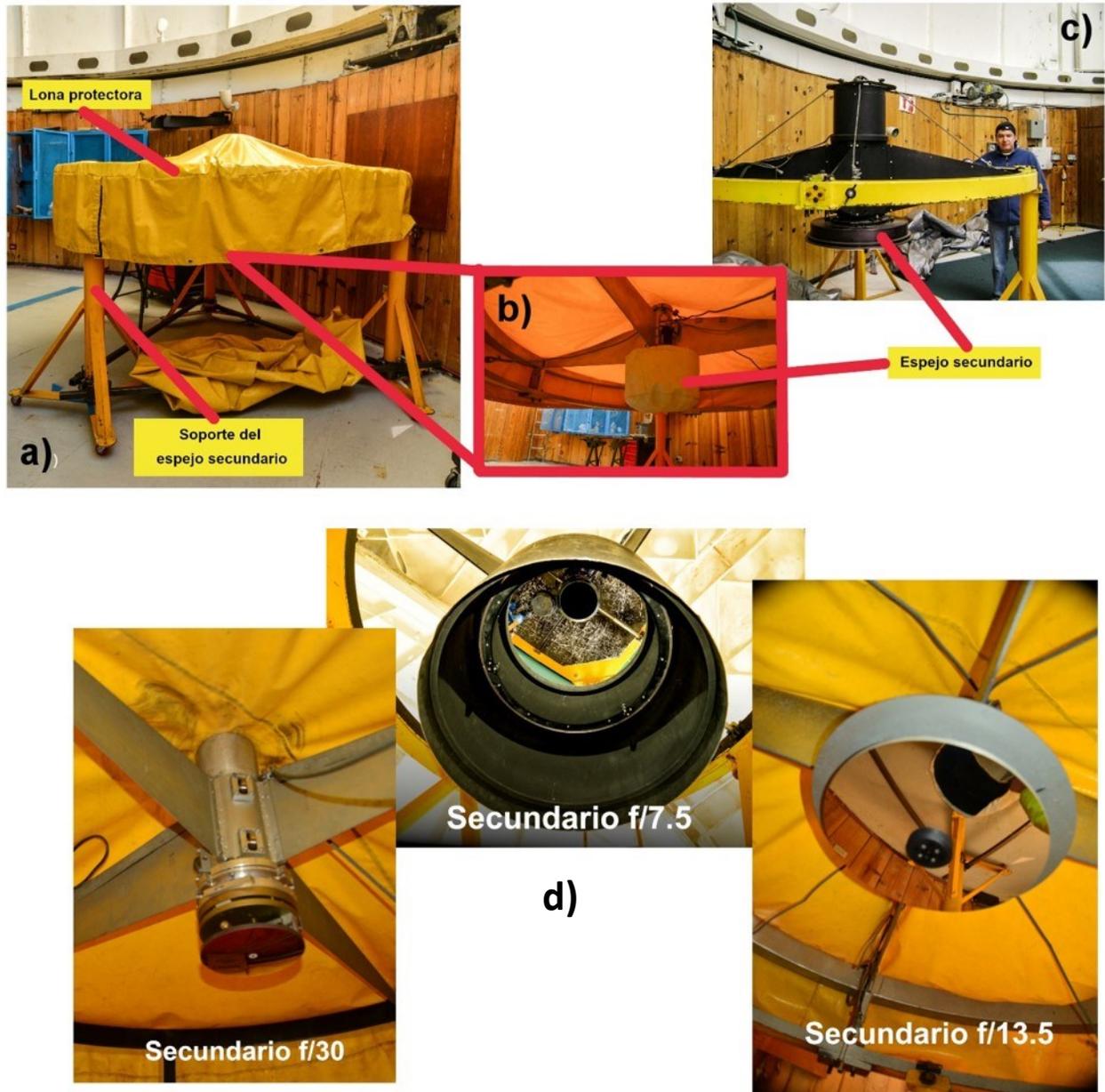
#	ESPEJO SECUNDARIO RAZÓN FOCAL	CAMPO DE VISIÓN* (arcmin)
1	$f/7.5$ (13"/mm)	6.0 x 6.0
2	$f/13.5$ (7"/mm)	3.2 x 3.2
3	$f/30$ (3"/mm)	1.4 x 1.4

\*Los valores del campo de visión son determinados considerando un CCD de 2048x2048 pixeles de 13.5 micras de tamaño.

<sup>1</sup> Telescopio 2.1m del OAN-SPM <http://www.astrossp.unam.mx/~sectec/web/telescopios/2mt.html>

<sup>2</sup> Acervo Calendario del OAN-SPM de la Comisión de Asignación de Tiempo de Telescopio (CATT) <http://catt.astro.unam.mx/acervo>

Cuando no está en uso, cada espejo secundario se encuentra soportado al centro de una estructura circular de hierro para mantener los espejos secundarios protegidos en su lugar de reposo, como se muestra en la *Figura 1*. Cada estructura cuenta con una lona que ayuda a mantener los espejos secundarios libres de polvo, evitando que líquidos (provenientes del domo) u objetos caigan sobre éstos.



**Figura 1:** Soporte del espejo secundario  $f/7.5$ :  
a) soporte y lona protectora, b) espejo secundario dentro de la funda protectora,  
c) espejo después de remover la lona y funda protectoras y d) espejos secundarios  $f/30$ ,  $f/7.5$  y  $f/13.5$ .

#### 4. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El cambio de espejo secundario es un procedimiento que se realiza temprano durante el día, antes de instalar el instrumento. En este procedimiento se hace uso del domo, pues en él está montado el polipasto o grúa, que servirá para mover la estructura del espejo secundario que se desea instalar. Normalmente se requieren al menos dos personas para realizar esta maniobra: el mecánico de precisión y el electrónico en turno. Sin embargo, por cuestiones de seguridad, se recomienda la presencia de una persona más, quien pudiera alertar sobre cualquier evidencia de riesgo al realizar esta maniobra.

**Antes de llevar a cabo este procedimiento es importante considerar las siguientes medidas de seguridad:**

##### 1. Restringir el acceso al telescopio

Con el fin de evitar accidentes, no reducir el espacio para maniobrar ni generar distracciones durante este procedimiento, se deberá informar al Jefe de Operaciones en turno que el cambio de espejo secundario se llevará a cabo. A partir de entonces **se negará el acceso a cualquier persona ajena** a este procedimiento (personal de intendencia, observadores, visitantes, etc.).

##### 2. Apoyo técnico

Aunque el cambio de espejo secundario es un procedimiento que implica en su mayoría movimientos mecánicos, es importante contar con el apoyo de personal técnico del área de electrónica.

El procedimiento implica controlar los movimientos del espejo secundario, de la grúa y del domo desde la base del telescopio y hasta la parte alta del mismo.

##### 3. Condiciones meteorológicas

Con el fin de tener una buena visibilidad al momento de realizar el cambio de espejo secundario, se sugiere abrir la cortina del domo para permitir el paso de luz del exterior.

Para ello, primero se deberá verificar que se cumplan las siguientes condiciones meteorológicas (consultar página de la estación meteorológica del OAN-SPM<sup>3</sup>):

- **Ausencia de lluvia, nieve o pronóstico de éstas**
- **Ausencia de condensación sobre el domo y**
- **Ausencia de vientos fuertes o tormentas de arena.**

Los encargados de realizar el cambio de espejo secundario deberán asegurarse de que estas condiciones se cumplan, y deberán realizar una inspección visual en el exterior del domo.

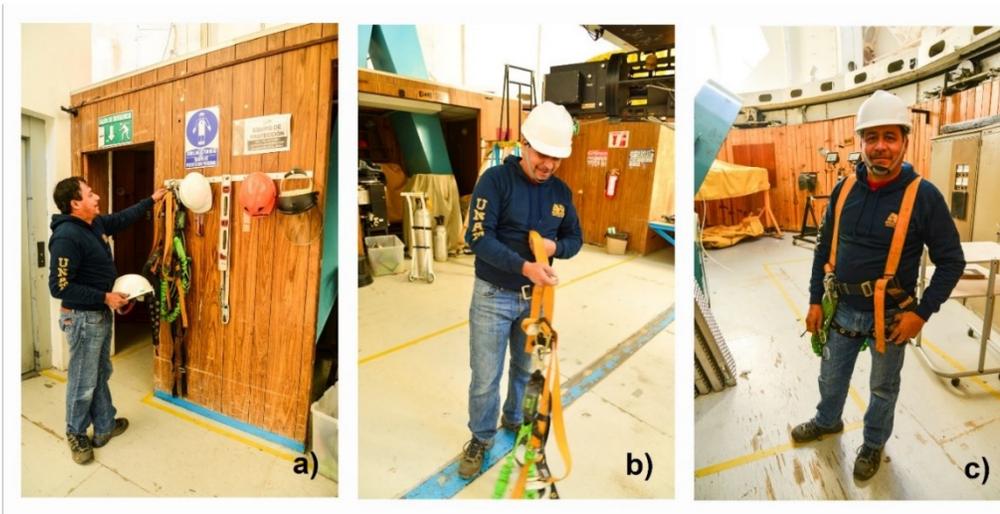
---

<sup>3</sup> Estación meteorológica del OAN-SPM: <http://132.248.4.66/weather/>

#### 4. Seguridad del personal

En todo momento, el equipo técnico involucrado en este procedimiento deberá hacer uso de **zapatos de trabajo especiales** y **casco de seguridad**. En el momento indicado (véase Parte 1), el encargado de fijar el espejo secundario en el telescopio, deberá hacer uso del **arnés de seguridad**.

En la *Figura 2* se muestra la ubicación, en el piso del telescopio, del equipo de seguridad personal y el uso correcto del mismo.



*Figura 2: Equipo de seguridad personal:*  
a) ubicación del equipo: saliendo del elevador, a mano izquierda  
b) uso del casco y colocación del arnés de seguridad  
c) correcta colocación del equipo de seguridad personal.

#### 5. Seguridad del telescopio

**Las tapas del espejo primario deberán permanecer cerradas** en todo momento para mantenerlo protegido. En la *Figura 3* se muestran las tapas del espejo primario en posición cerrada.

También se deberá **verificar que las tapas de los buscadores permanezcan cerradas** para su protección.



*Figura 3: Tapas del espejo primario en posición cerrada.*

## 6. Verificación del funcionamiento de la grúa y del domo

La función de la grúa es bajar y subir objetos pesados, como espejos secundarios e instrumentos astronómicos (espectrógrafos, ruedas de filtros, polarímetros, entre otros).

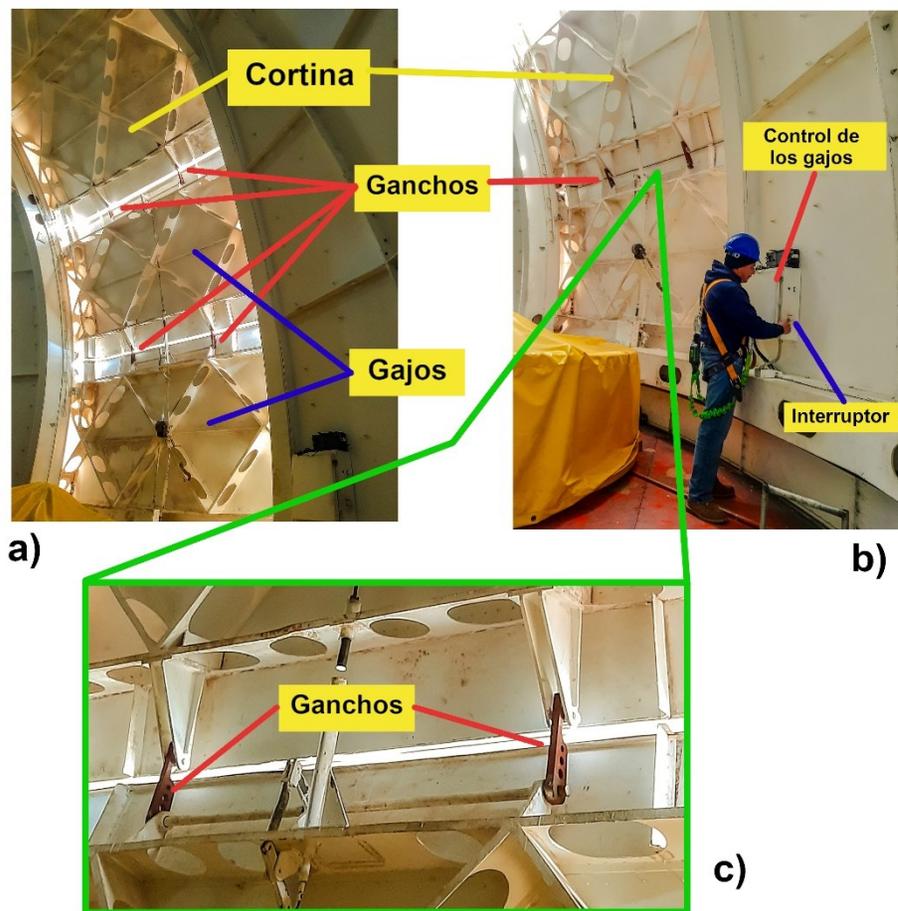
Antes de iniciar, se deberá verificar que los mecanismos de la cortina del domo y la grúa se encuentren funcionando correctamente:

Primero se deberán liberar de la cortina los dos gajos inferiores del domo y, después, abrir la cortina en su totalidad evitando así que, al usar la grúa, ambas colisionen.

En la *Figura 4* se muestra la cortina, la ubicación de los gajos y los ganchos que los sujetan.

En caso de que los gajos no se encuentren liberados, se deberán liberar con el interruptor de contacto (normalmente abierto) que se encuentra ubicado a un costado del control de los gajos.

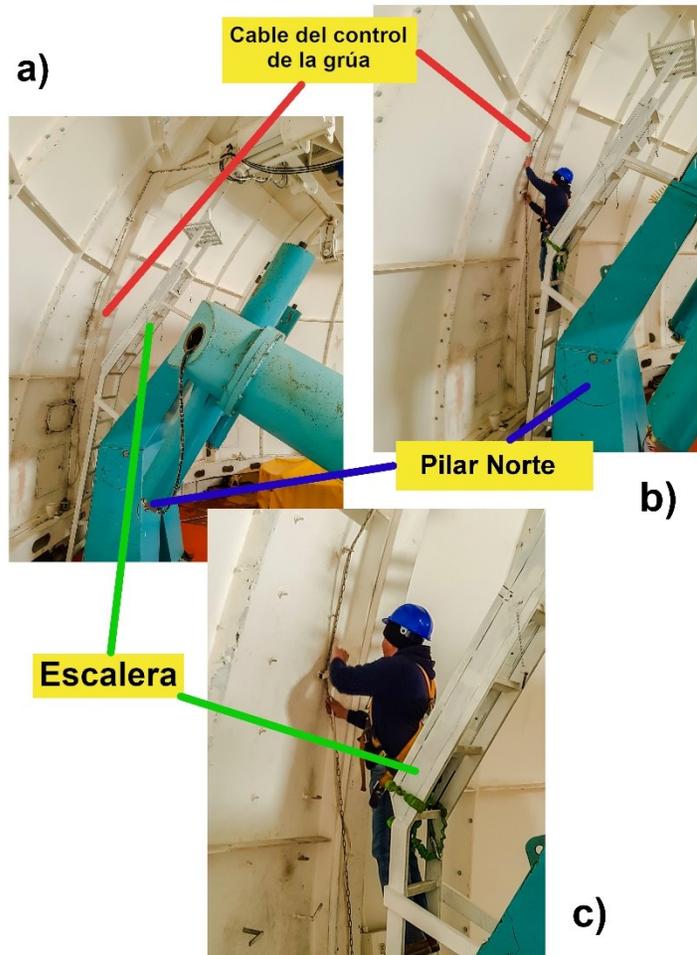
La ubicación de este control se muestra en la *Figura 4b*.



**Figura 4:** a) se muestra la ubicación de los gajos y sus ganchos en la cortina del domo del telescopio, b) el control de los gajos y c) los ganchos que liberan los gajos de la cortina.

Posteriormente se deberá mover el domo de forma que el cable de control de la grúa, que se muestra en la *Figura 5a*, quede justo sobre el pilar norte del telescopio.

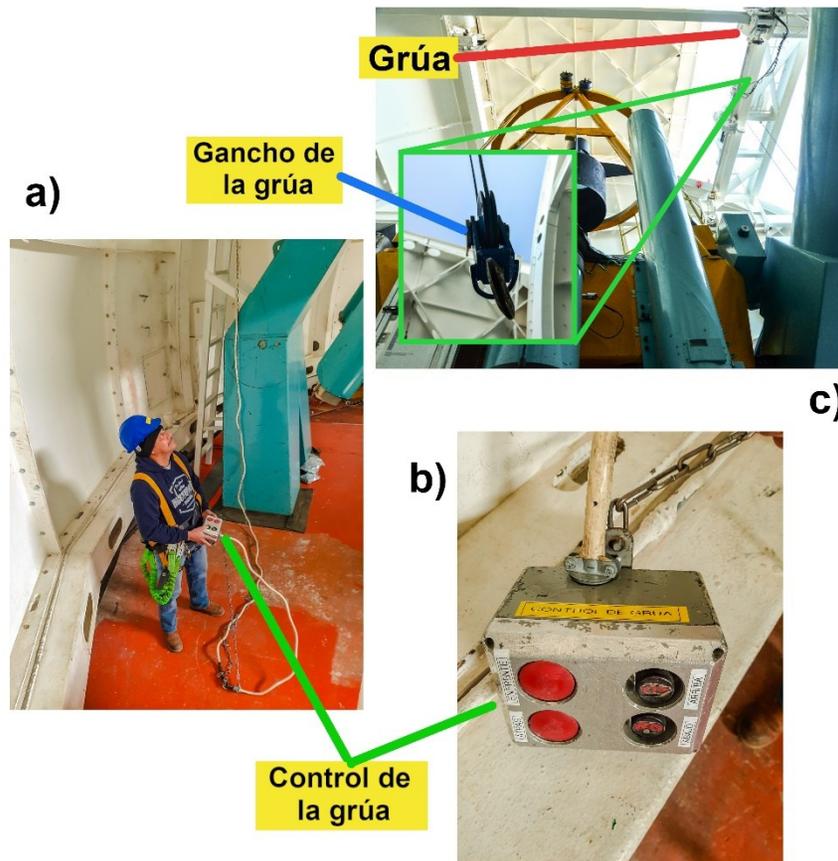
Cuando no está en uso, el cable de la grúa se encuentra sujeto al domo. El mecánico de precisión hará uso de la escalera ubicada en el pilar norte (*Figura 5b*) para liberar el cable del control de la grúa (*Figura 5c*).



**Figura 5:** a) cable de control de la grúa, cercano al pilar norte del telescopio  
b) uso de la escalera para acceder a este cable  
c) liberación del cable de control de la grúa.

Una vez que se ha liberado el cable de control de la grúa, se deberá usar el control para verificar que la grúa se mueve correctamente con el fin de evitar movimientos que puedan poner en riesgo tanto al personal técnico como a la infraestructura del telescopio.

En la *Figura 6* se muestra la ubicación de la grúa, su gancho y su control.



*Figura 6:* a) uso de la grúa,  
b) ubicación de la grúa en el domo y su gancho  
c) control de la grúa.

El control de la grúa, mostrado en la *Figura 6b*, cuenta con 4 botones:

- **botones rojos** para movimiento horizontal del gancho de la grúa (**adelante** y **atrás**).
- **botones negros** para movimiento vertical (**arriba** y **abajo**).  
Los botones de movimiento vertical mueven el gancho de la grúa **rápidamente**, si se oprimen completamente (hasta el fondo), o **lentamente** si se oprimen ligeramente.

## 5. CAMBIO DE ESPEJO SECUNDARIO

A continuación, se describe el procedimiento para realizar el cambio de espejos secundarios en el telescopio. Para una mayor claridad, lo hemos dividido en dos partes:

**PARTE 1:** Desinstalación del espejo secundario colocado en el telescopio

**PARTE 2:** Instalación del espejo secundario solicitado

### PARTE 1: DESINSTALACIÓN DEL ESPEJO SECUNDARIO COLOCADO EN EL TELESCOPIO

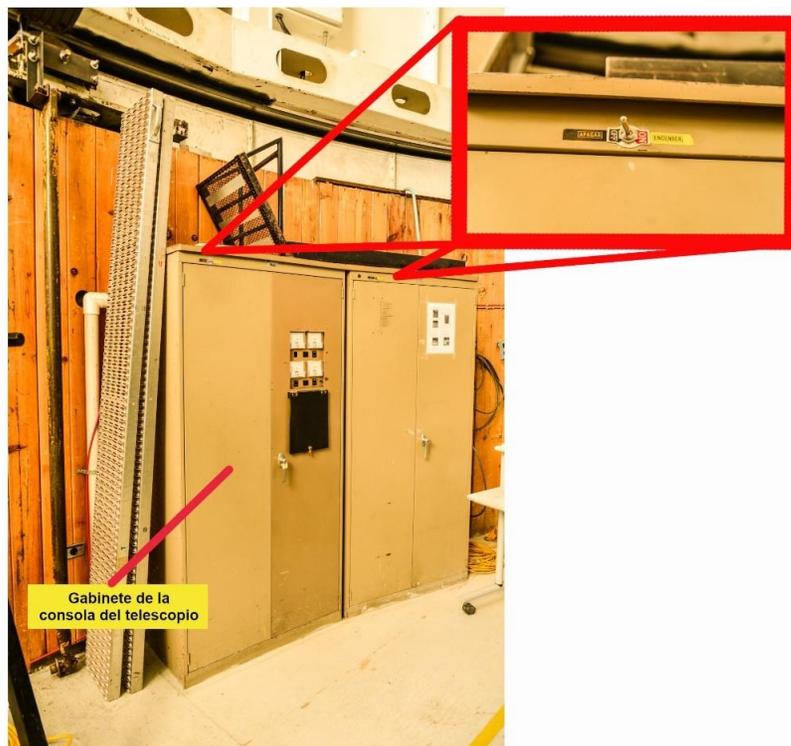
**PASO 1:**

#### **Apagado de la consola**

Apague la consola del telescopio y desconéctela de la corriente eléctrica.

En la *Figura 7* se muestra la consola del telescopio y la ubicación del interruptor de apagado y encendido de la misma.

Se deberá encender la consola sólo en caso de que los orificios para instalar el ancla de declinación no coincidan para sujetarlo (véase Paso 4).



**Figura 7:** Ubicación de la consola del telescopio y su interruptor de encendido y apagado. La consola se encuentra al extremo sur del piso del telescopio.

**PASO 2:**

**Colocación de las anclas de AR**

Coloque el ancla para fijar el telescopio en dirección de la Ascensión Recta (AR). El ancla debe sujetarse con los tornillos destinados a ese fin.

En la *Figura 8* se muestran la ubicación del ancla en el pilar sur del telescopio y los tornillos para sujetarla. (El pilar sur del telescopio es el que se encuentra a mano derecha, saliendo del elevador.)

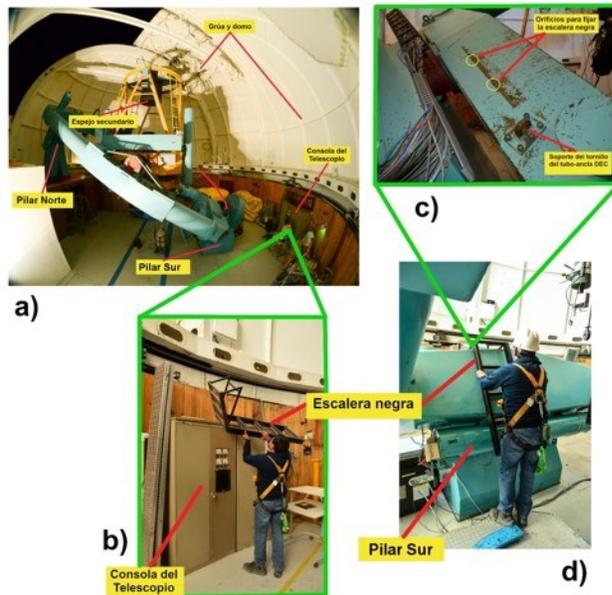


**Figura 8:** Ancla para fijar el telescopio en dirección de Ascensión Recta (AR) y posición de los tres tornillos para fijarlo.

**PASO 3:**

**Instalación de la escalera en el pilar sur del telescopio.**

Instale la escalera negra que va montada en el pilar sur del telescopio (*Figura 9a*). Cuando no está en uso, la escalera negra se encuentra sobre la consola del telescopio (*Figura 9b*).



**Figura 9:** a) Piso del telescopio de 2.1m donde se muestra la ubicación de los pilares sur y norte, el espejo secundario instalado, el domo, la grúa y la consola del telescopio b) ubicación de la escalera negra cuando no está en uso c) orificios para fijar la escalera negra y d) instalación de la escalera negra en el pilar sur del telescopio.

**PASO 4:**

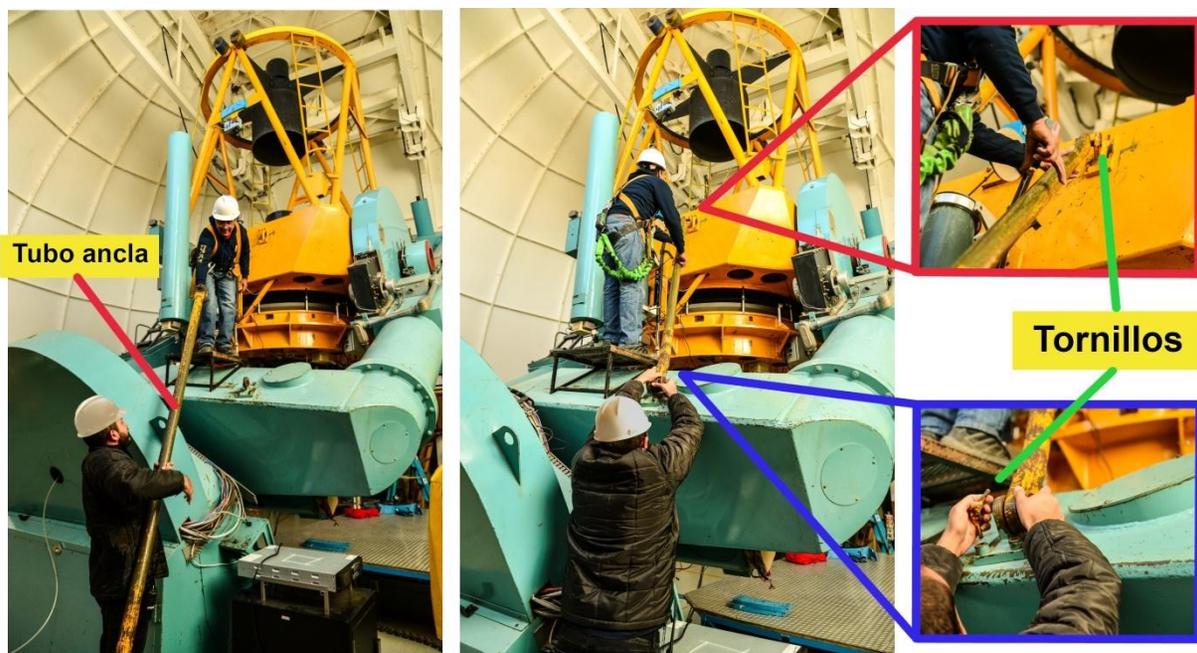
**Anclaje del telescopio.**

A mano izquierda de la consola del telescopio, se encuentra ubicado el *tubo-ancla* con el cual se fijará el telescopio en la dirección de Declinación (DEC).

Utilice la escalera negra instalada en el pilar sur del telescopio para colocar el *tubo-ancla*, como se muestra en la *Figura 10*. Este *tubo* se debe fijar colocando los tornillos de cada extremo.

En caso de que los orificios donde se insertan los tornillos no coincidan, se deberá encender la consola del telescopio para liberar los frenos y hacerlos coincidir.

Una vez que se han introducido los tornillos que fijan el *tubo-ancla*, se deberá volver a apagar la consola.



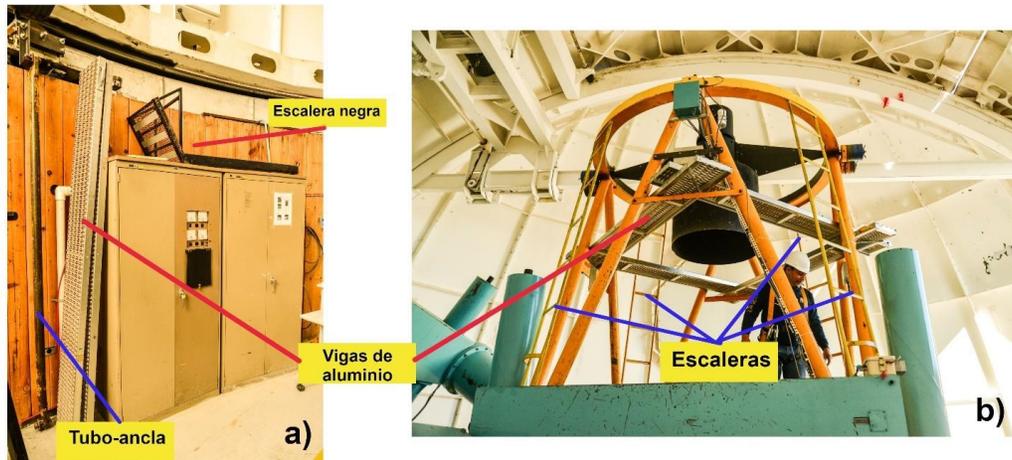
**Figura 10:** A la izquierda se muestra el procedimiento con el “tubo-ancla” para fijar el telescopio en dirección de Declinación; al centro de la figura, se muestra la posición de este tubo en el telescopio y, a la derecha, la colocación de los tornillos para sujetarlo al telescopio.

**PASO 5:**

**Instalación de las vigas de aluminio en el telescopio.**

Una vez que el telescopio ha sido anclado en ambas direcciones (AR y DEC), el mecánico de precisión, equipado con casco y arnés de seguridad, deberá subir las vigas de aluminio y apoyarlas sobre los tirantes de los triángulos estructurales del telescopio (véase Figura 11). Las vigas de aluminio así dispuestas le servirán de plataforma para maniobrar alrededor del secundario.

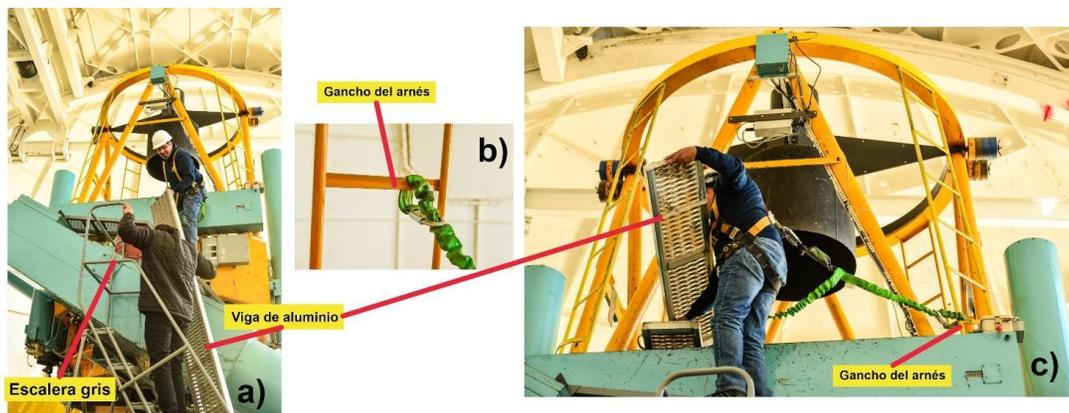
Cuando no están en uso, las vigas se encuentran sobre la consola del telescopio.



**Figura 11:** a) Ubicación de las “vigas de aluminio”, “tubo-ancla” y escalera negra cuando no están en uso y b) posición de las vigas de aluminio para la instalación/desinstalación del espejo secundario.

Para instalar las vigas de aluminio, se deberá usar la escalera gris con llantas para subir por el lado oeste del telescopio hasta el eje de Declinación (véase Figura 12a); en ese momento, **para su seguridad, deberá sujetar el gancho de su arnés en los peldaños de la escalera** (Figura 12b y c).

El electrónico, posteriormente, subirá por la escalera gris una a una las vigas de aluminio, y se las entregará al mecánico de precisión para que las instale.



**Figura 12:** Instalación de las “vigas de aluminio” en la parte superior del telescopio. a) uso de la escalera gris al Oeste del telescopio, b) colocación del gancho del arnés de seguridad en el peldaño de una de las escaleras del telescopio y c) vigas de aluminio.

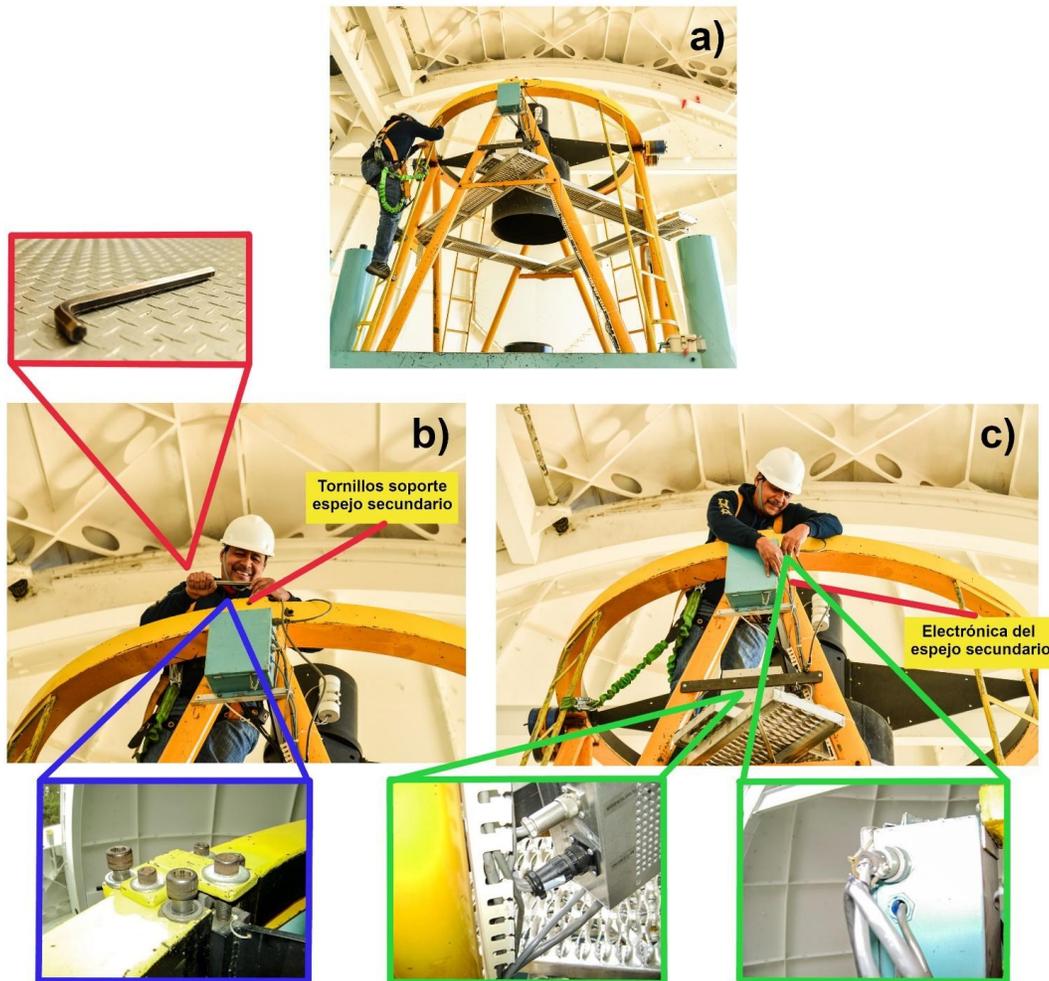
**PASO 6:**

**Liberación de los tornillos del espejo secundario y desconexión de cables.**

El mecánico enganchará su arnés al peldaño de cualquiera de las escaleras que se encuentran a los costados de la parte alta del telescopio (véase *Figura 13a*).

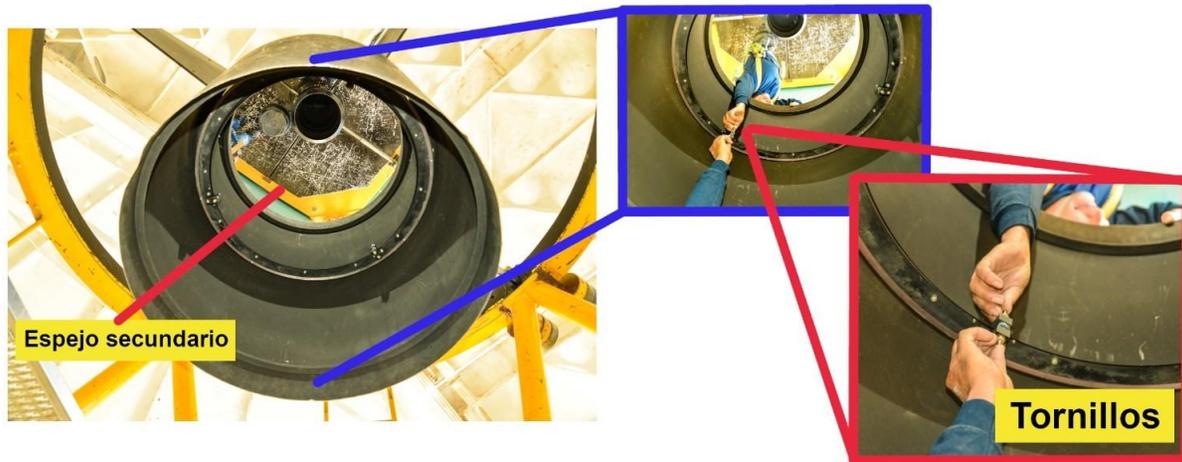
Ahí se podrá parar sobre las *vigas de aluminio* y, con la ayuda de una llave allen de 5/8", liberará los tornillos que sujetan el soporte del espejo secundario.

La *Figura 13b* muestra los tornillos que deben ser retirados y la llave allen que se usa para tal fin. Una vez hecho lo anterior, deberá desconectar los cables de la electrónica que controlan los movimientos del espejo secundario (véase *Figura 13c*).



**Figura 13:** a) Ubicación de las “vigas de aluminio” para apoyo en la instalación o desinstalación del espejo secundario,  
b) extracción de los tornillos que sujetan el soporte del espejo secundario y  
c) conexiones de la electrónica que controla el movimiento vertical del espejo secundario.

Por último, antes de bajar el espejo secundario, el mecánico de precisión retirará los tornillos que se encuentran en el interior del *baffle* (véase *Figura 14*).



*Figura 14: Tornillos al interior de baffle del espejo secundario.*

#### PASO 7:

##### **Instalación del arnés del espejo secundario y enganche a la grúa.**

Para levantar y bajar el espejo secundario, se utilizará la grúa con gancho que cuelga del domo del telescopio.

#### PRECAUCIÓN:



**Siempre se debe colocar la grúa de manera directamente perpendicular a la carga a elevar.**

**Durante el movimiento del espejo secundario con la grúa, queda estrictamente prohibido estar debajo de la carga de elevación o en la zona donde será colocado el espejo para su resguardo.**

El electrónico controlará la grúa y llevará el gancho hasta donde esté el mecánico de precisión, quien atornillará el *arnés del espejo secundario* al soporte del espejo.

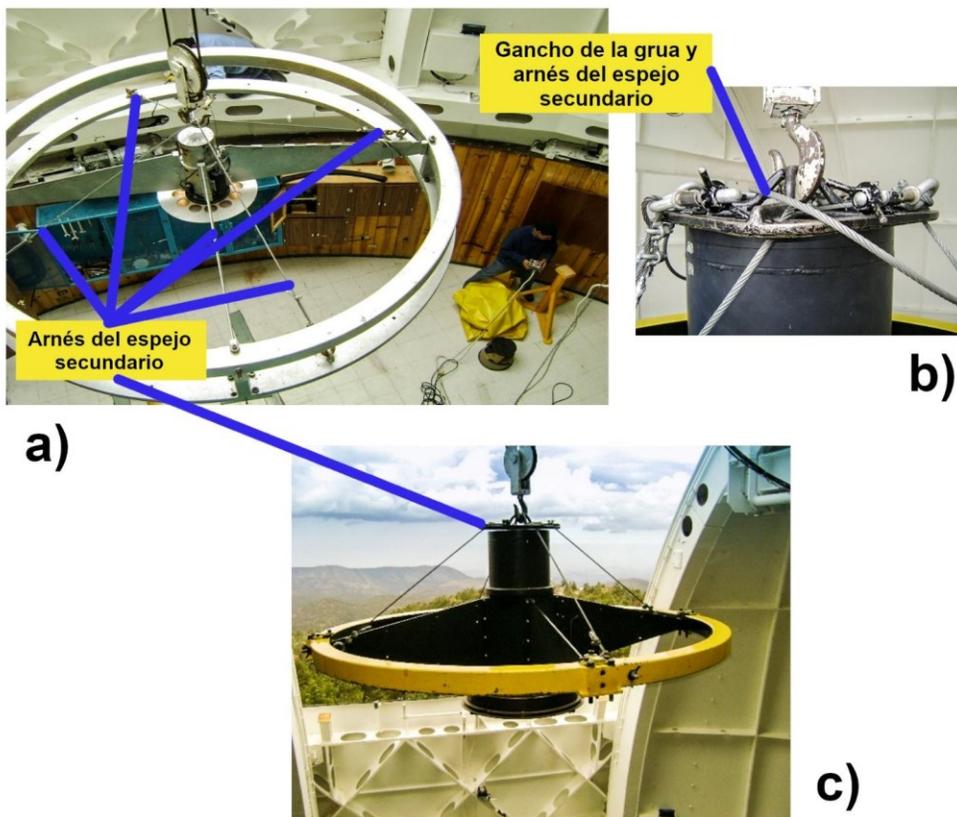
Cuando esto haya sido realizado, pedirá al electrónico elevar el gancho (véase Sección 4-6) para comenzar a separar el espejo secundario del telescopio.

La *Figura 15* muestra el arnés sujetando el soporte del espejo secundario, los tornillos del arnés y el espejo secundario en su soporte, suspendido con la grúa.

**NOTA:**

**Cuando la maniobra involucre al espejo secundario  $f/7.5$ , se deberán ajustar sus correspondientes tornillos sujetadores para evitar que se mueva al bajarlo con la grúa.**

**De igual forma, para instalarlo, se deberán liberar esos tornillos.**



**Figura 15:** a) arnés que sujeta el soporte del espejo secundario a la grúa, b) tornillos de este arnés y c) espejo secundario  $f/7.5$  suspendido por la grúa.

## PASO 8:

### Maniobra con la grúa.

El electrónico moverá lentamente y de modo simultáneo la grúa y el domo para colocar el espejo suspendido justo sobre su soporte de reposo.

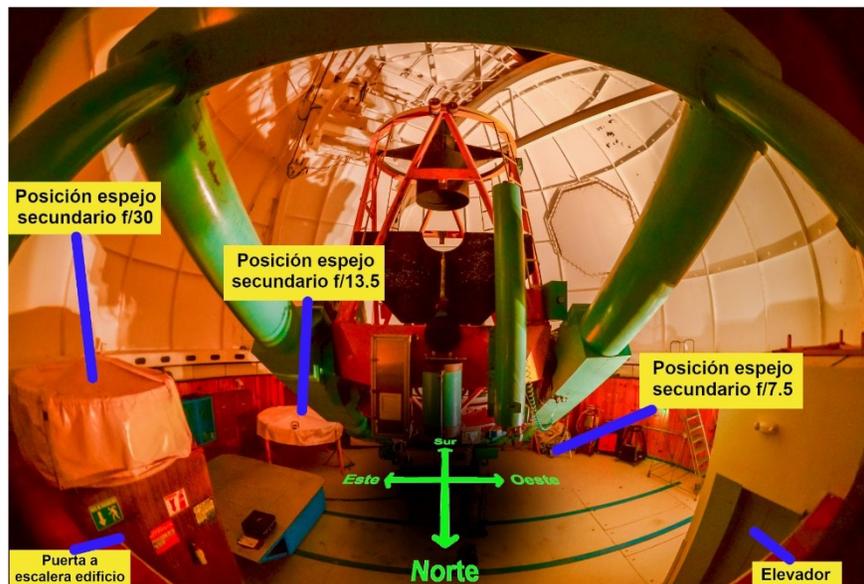
El mecánico de precisión auxiliará en esta maniobra, dando instrucciones al electrónico para asegurar que el espejo secundario se coloque correctamente en su soporte.

Cada espejo secundario tiene una posición de reposo asignada en el piso del telescopio (véase *Figura 16*):

Secundario  $f/7.5$ : al Suroeste

Secundario  $f/13.5$ : al Sureste

Secundario  $f/30$ : al Noreste, arriba de la puerta de acceso a la escalera del edificio.



*Figura 16:* Piso del telescopio donde se indican las direcciones Norte, Sur, Este y Oeste dentro del domo y posiciones de reposo de cada espejo secundario. Como referencia, también se indican las ubicaciones del elevador y la puerta de acceso a la escalera del edificio.

## PASO 9:

### Liberación del arnés del espejo secundario e instalación de la lona.

Una vez que el espejo secundario se encuentra sobre su soporte, se deberán liberar los tornillos que unen el *arnés del espejo secundario* al gancho de la grúa y se colocará la lona que protege el espejo secundario.

### NOTA:

**Al desinstalar cualquiera de los espejos secundarios, se deberán dejar los tornillos de sujeción y el arnés, como se muestra en la *Figura 15b*.**

## **PARTE 2: INSTALACIÓN DEL ESPEJO SECUNDARIO SOLICITADO**

### **PASO 10:**

#### **Maniobra con la grúa.**

El electrónico posicionará la grúa (y el domo) de tal forma que quede sobre el espejo secundario que será instalado.

El mecánico de precisión colocará el gancho de la grúa en el *arnés del espejo secundario* y pedirá al electrónico que empiece a subir el espejo secundario hasta la parte superior del telescopio donde será instalado.

Al mismo tiempo, el mecánico de precisión subirá a la parte superior del telescopio.

### **PASO 11:**

#### **Apriete de los tornillos del espejo secundario y del *baffle*.**

El mecánico de precisión se asegurará de apretar bien los tornillos que sujetan la estructura del espejo secundario en la parte alta del telescopio y los tornillos que sujetan el *baffle* del espejo secundario (véanse *Figuras 13b* y *14*).

### **PASO 12:**

#### **Conexión de cables.**

El mecánico de precisión conectará los cables eléctricos que controlan el movimiento vertical del espejo secundario (véase *Figura 13c*).

### **PASO 13:**

#### **Desinstalación de las *vigas de aluminio*.**

El mecánico de precisión retirará las *vigas de aluminio* de la parte superior del telescopio (véase *Figura 12*) y el electrónico lo ayudará recibiendo una a una las vigas y las colocará en su lugar, que es al lado izquierdo de la consola del telescopio (véase *Figura 11a*).

### **PASO 14:**

#### **Retiro del ancla de DEC.**

El mecánico de precisión subirá a la escalera negra, instalada en el pilar sur del telescopio, para retirar el tornillo que sujeta el extremo superior del *tubo-ancla*, que fija el movimiento del telescopio en DEC. Mientras, el electrónico retirará el tornillo del extremo inferior de ese mismo *tubo-ancla* (véase *Figura 10*). Finalmente, se deberá colocar el *tubo-ancla* al costado izquierdo de la consola del telescopio, y la escalera negra sobre la misma consola (véase *Figura 11a*).

### **PASO 15:**

#### **Retiro del ancla de AR.**

El mecánico de precisión retirará los tres tornillos que sujetan el ancla de AR (véase *Figura 8*). El lugar de resguardo de dicha ancla es a un costado del pilar sur de telescopio.

**PASO 16:**

**Aseguramiento del cable de control de la grúa y cierre de la cortina.**

El mecánico de precisión deberá subir a la escalera del pilar norte del telescopio para fijar el cable de control de la grúa al domo (véase *Figura 5*). Posteriormente, el electrónico deberá girar el domo de tal forma que el mecánico de precisión, desde su posición actual, pueda tener acceso al control de los gajos (véase *Figura 4*). Después, el electrónico cerrará la cortina y, una vez hecho esto, el mecánico de precisión fijará los ganchos de los gajos de la cortina haciendo uso del control de los mismos.

**PASO 17:**

**Encendido de la consola.**

Se deberá conectar la consola del telescopio a la corriente eléctrica y colocar el interruptor en la posición de encendido (véase *Figura 7*).

**PASO 18:**

**Guardado de equipo de seguridad.**

Finalmente, el arnés y casco de seguridad deberán ser colocados en el lugar destinado para ello cuando no están en uso (véase *Figura 2a*).

## **6. CONCLUSIONES**

El presente documento representa una guía gráfica para realizar el cambio de espejos secundarios en el telescopio de 2.1m del OAN-SPM.

Considerando que es un procedimiento recurrente, que implica el movimiento de equipo delicado y pesado, se han descrito detalladamente las medidas de seguridad y los pasos a seguir para realizar adecuadamente esta delicada labor, garantizando la seguridad del personal y la infraestructura del observatorio.

## **7. AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen las atenciones prestadas por el personal administrativo y académico del OAN-SPM durante la elaboración de este documento. Así mismo, se agradecen los comentarios del árbitro revisor, los cuales ayudaron a mejorar el contenido y claridad del documento. Se agradece a Rosalía Langarica por su labor dentro del Comité Editorial de Publicaciones Técnicas del Instituto de Astronomía de la UNAM, sin el cual este documento no sería posible. Finalmente, se agradece a F. Guillén y E. Cadena, quienes fueron de gran apoyo durante la obtención del material fotográfico.

## **8. REFERENCIAS**

- [1] Noble, R., Cobos, F., Diego, F., Sasián, J.  
“*Optical Characteristics of the UNAM 2-m Ritchey-Chretien Telescope*”  
Applied Optics, Vol. 21, No. 17, pp. 3181–3183.  
1982.

