

INFORME TECNICO DE EJECUCION DE PROYECTO

“MONITORIZACIÓN MULTIBANDA (SLOAN g' , r') DEL OBJETO BL Lac S4 0954+65 — MUESTREO EXTENDIDO PARA CUBRIR VARIABILIDAD EN ESCALA DE MESES”

Investigador Principal: Moisés Montero Reyes Ortiz (Fundación Astronomía Sigma Octante)
Proposal #282

Antecedentes

1. En el marco del proyecto O.R.B.I.T.A., la Fundación Astronomía Sigma Octante (www.astronomia.org.bo), una organización sin fines de lucro dedicada a la investigación y estudio en astronomía, ubicada en Cochabamba-Bolivia, obtuvo diez horas para uso del telescopio robótico TTT-80 ubicado en la isla de Tenerife, operado por la organización privada “The Light Bridges” (www.lightbridges.es).
2. El proyecto O.R.B.I.T.A., iniciativa del Dr. John Beckman, cuenta con el apoyo de la Fundación Canary Global para financiar el tiempo de uso del telescopio.
3. Las diez horas de uso de telescopio se obtuvieron en mérito a la propuesta de observación del investigador principal Moisés Montero Reyes Ortiz titulada “*Monitorización multibanda (Sloan g' , r') del objeto BL Lac S4 0954+65 — muestreo extendido para cubrir variabilidad en escalas de meses*”, cuyo objetivo principal consistió en obtener una serie fotométrica del objeto S4 0954+65 con filtros Sloan g' y r' con muestreo extendido para caracterizar la curva de luz y el índice de color $g'-r'$ en escala de algunos meses, aportando datos útiles para el modelado físico del jet, detección de cambios cromáticos y posible coordinación con campañas multi-longitud de onda.
4. En fecha 19 de enero de 2026 se firmó un documento de colaboración para investigación entre el Sr. Miguel Serra en representación de “The Light Bridges” y el Sr. Moisés Montero en representación de la Fundación Astronomía Sigma Octante.

Desarrollo y resultados del proyecto de observación

1. El acceso al telescopio se habilitó el 21 de enero de 2026, obteniendo las primeras imágenes del objeto S4 0954+65 a partir del 23 de enero del mismo año.
2. Cada sesión de observación se planificó para ser realizada con alturas no inferiores a los 40°, asegurando relaciones de señal ruido superiores a 200 en todos los casos, utilizando filtros fotométricos Sloan g' y r' . Cada fotometría se obtuvo a partir del promedio de al menos tres mediciones, lo cual permitió no solo mejorar la precisión, sino también determinar la incertidumbre de cada medida.
3. Se obtuvieron un total de 28 fotometrías del objeto de estudio, con cadencias de entre 7 y 10 días. Los resultados se muestran en la tabla 1.

#	target	jd	mag	uncertainty	band	type
1	QSO B0954+658	2461063.74617	14.778	--	Sloan r	CCD
2	QSO B0954+658	2461063.744954	15.582	--	Sloan g	CCD
3	QSO B0954+658	2461068.46174	16.068	0.015	Sloan g	CCD
4	QSO B0954+658	2461068.46873	15.259	0.005	Sloan r	CCD

#	target	jd	mag	uncertainty	band	type
5	QSO B0954+658	2461079.442778	15.207	0.004	Sloan r	CCD
6	QSO B0954+658	2461079.435741	16.019	0.013	Sloan g	CCD
7	QSO B0954+658	2461085.534919	16.043	0.006	Sloan g	CCD
8	QSO B0954+658	2461085.541921	15.241	0.005	Sloan r	CCD
9	QSO B0954+658	2461093.411481	15.248	0.008	Sloan r	CCD
10	QSO B0954+658	2461093.404491	16.043	0.004	Sloan g	CCD
11	QSO B0954+658	2461101.375185	15.855	0.005	Sloan g	CCD
12	QSO B0954+658	2461101.383912	15.077	0.011	Sloan r	CCD
13	QSO B0954+658	2461113.527905	16.025	0.011	Sloan g	CCD
14	QSO B0954+658	2461113.53559	15.239	0.002	Sloan r	CCD
15	QSO B0954+658	2461126.474722	15.901	0.002	Sloan g	CCD
16	QSO B0954+658	2461126.482419	15.102	0.015	Sloan r	CCD
17	QSO B0954+658	2461137.569676	15.778	0.003	Sloan g	CCD
18	QSO B0954+658	2461137.577373	14.988	0.008	Sloan r	CCD
19	QSO B0954+658	2461144.462211	15.698	0.007	Sloan g	CCD
20	QSO B0954+658	2461144.469896	14.959	0.005	Sloan r	CCD
21	QSO B0954+658	2461152.500278	15.830	0.01	Sloan g	CCD
22	QSO B0954+658	2461152.507975	15.081	0.002	Sloan r	CCD
23	QSO B0954+658	2461162.383669	16.090	0.011	Sloan g	CCD
24	QSO B0954+658	2461162.391123	15.292	0.016	Sloan r	CCD
25	QSO B0954+658	2461172.440347	15.925	0.006	Sloan g	CCD
26	QSO B0954+658	2461172.44735	15.175	0.007	Sloan r	CCD
27	QSO B0954+658	2461182.416863	15.535	0.004	Sloan g	CCD
28	QSO B0954+658	2.461.182.423.854	14.814	0.003	Sloan r	CCD

Tabla 1. Fotometrías del blazar S4 0954+65 desde el 23-01-2026 al 21-05-2026

4. La curva de luz (figura 1) fue enriquecida con 26 fotometrías adicionales en filtros g' y r' con el apoyo e iniciativa de la Sección de Estrellas Variables de la LIADA, a través de su coordinador, el profesor Daniel Mendicini.

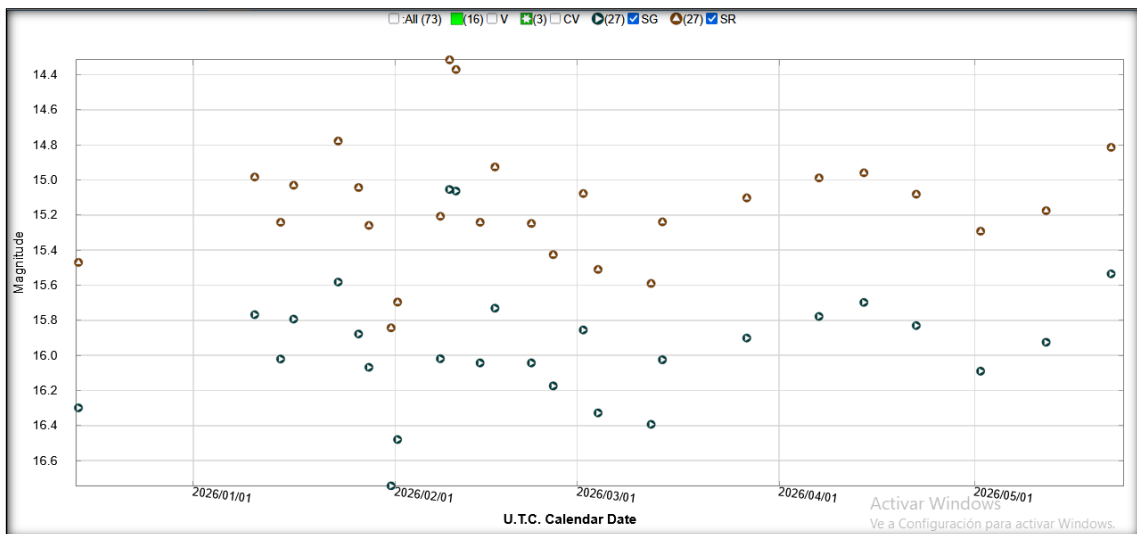


Figura 1. Curva de luz del objeto S4 0954+65 (incluye datos gentilmente aportados por el profesor Daniel Mendicini de la LIADA en apoyo al proyecto O.R.B.I.T.A.)

5. Todos los resultados fueron cargados a la base de datos de la AAVSO (American Association of Variable Star Observers) para su uso abierto por parte de aficionados y profesionales en tareas relacionadas a la educación e investigación. La calidad de los datos los hace aptos para uso profesional.
6. Para la tercera semana de mayo de 2026, el objeto en estudio se aproximó lo suficiente al Sol como para que su seguimiento se torne impráctico. Esta situación fue prevista al inicio del proyecto, por lo que se estimó que existiría un remanente de aproximadamente tres horas de tiempo de telescopio. Este tiempo adicional fue aprovechado realizando fotometrías de objetos de interés, todos relacionados a campañas de observación solicitadas por astrónomos profesionales a través de alertas de la AAVSO. El detalle de uso del telescopio para estas campañas se describe a continuación:

6.1. AAVSO ALERT #916. Photometric characterization of accretion in young stellar objects during protoplanetary disk dispersal. Objetivo: Esta campaña busca apoyar observaciones espectroscópicas de estrellas jóvenes mediante fotometría multicolor simultánea, con el fin de estudiar la variabilidad y los procesos de acreción de material desde sus discos protoplanetarios. Los datos ayudarán a comprender una etapa clave de la evolución estelar en la que los discos están desapareciendo y se están definiendo las condiciones que darán origen a futuros sistemas planetarios.

Observaciones realizadas:

Target	jd	mag	uncertainty	band
CVSO 35	2461081.376979	15.642	0.015	Sloan g
CVSO 35	2461081.37772	14.115	0.017	Sloan r

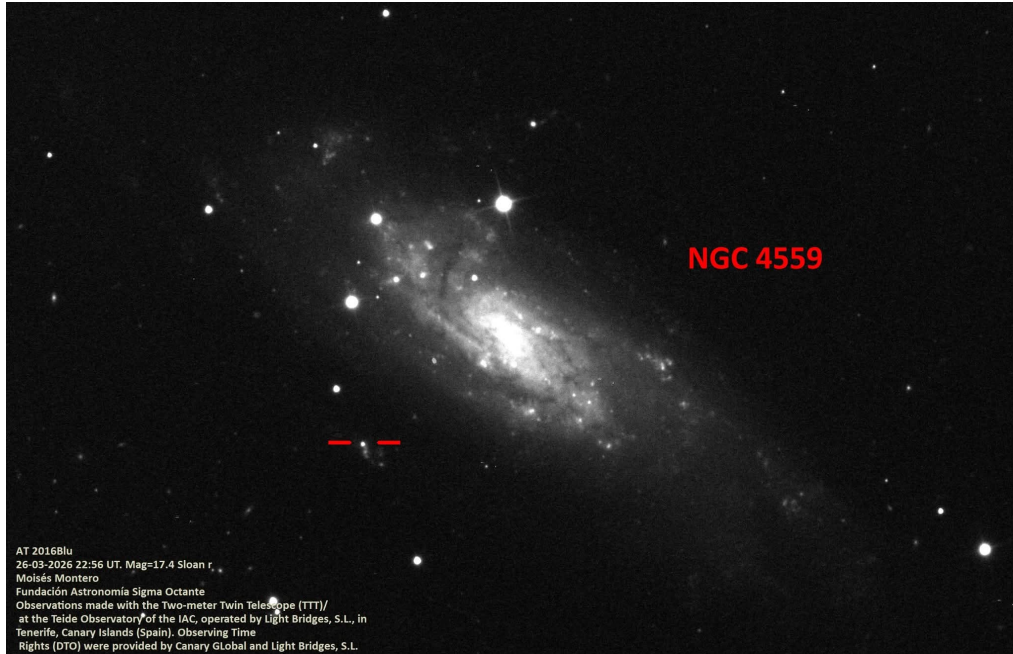
Tabla 2. Fotometrías obtenidas del objeto CVSO 35

6.2. AAVSO ALERT #916. Monitoring needed for PSN J12355230+2755559 (Com) in support of Chandra observations. Objetivo: Esta campaña solicita observaciones fotométricas urgentes de la variable SDOR AT 2016blu para confirmar un posible estallido en curso y determinar su brillo, información necesaria para activar observaciones con el telescopio espacial de rayos X Chandra. Además, se busca monitorear la evolución completa del evento y seguir la estrella durante al menos 30 días después de su retorno al mínimo, con el objetivo de comprender mejor sus frecuentes y complejos episodios de aumento de brillo.

Observaciones realizadas:

Target	Jd	Mag	Uncertainty	Band
AT 2016blu	2461114.498044	18.3	0.1	Sloan r
AT 2016blu	2461115.505984	18.5	0.1	Sloan r
AT 2016blu	2461116.434826	17.066	0.1	Sloan r
AT 2016blu	2461126.443507	17.384	0.1	Sloan r
AT 2016blu	2461126.456065	17.376	0.1	Sloan r

Tabla 3. Fotometrías obtenidas del objeto AT 2016blu



6.3. AAVSO ALERT #920. Photometry requested to monitor potential Circumstellar Medium (CSM) interaction of Type Ic-BL SN 2026gzf. Objetivo: Esta campaña solicita monitoreo fotométrico a largo plazo de la supernova SN 2026gzf para detectar posibles señales de interacción entre la eyección de la supernova y material expulsado por su estrella progenitora durante un evento eruptivo ocurrido aproximadamente ocho años antes. Estas observaciones permitirán investigar la naturaleza de dicho evento precursor y comprender mejor las etapas finales de evolución de una estrella masiva antes de su colapso y explosión como supernova.

Observaciones realizadas:

Target	Jd	Mag	Err	band
SN 2026gzf	2461143.376215	17.759	0.1	Sloan g
SN 2026gzf	2461143.386447	17.000	0.1	Sloan r
SN 2026gzf	2461143.428947	17.787	0.1	Sloan g
SN 2026gzf	2461143.436632	16.997	0.1	Sloan r
SN 2026gzf	2461144.480012	17.939	0.1	Sloan g
SN 2026gzf	2461144.487708	17.057	0.1	Sloan r
SN 2026gzf	2461152.517824	18.2	0.1	Sloan g
SN 2026gzf	2461152.525521	17.3	0.1	Sloan r

Tabla 4. Fotometrías obtenidas de la supernova SN 2026gzf

6.4. AAVSO ALERT #926. Monitoring Cataclysmic Variables: Hunting for Low States. Objetivo: Esta campaña solicita observaciones fotométricas regulares de sistemas cataclísmicos del tipo VY Sculptoris para detectar oportunamente sus raros estados de baja luminosidad. El objetivo es activar observaciones con el telescopio espacial XMM-Newton durante estos episodios y estudiar si las enanas blancas de estos sistemas poseen campos magnéticos, una hipótesis que podría explicar su comportamiento inusual y mejorar nuestra comprensión de los procesos de acreción en estrellas variables cataclísmicas.

Observaciones realizadas:

Target	Jd	Mag	Uncertainty	band
CZ Aql	2461182.593993	14.783	0.005	Sloan g
CZ Aql	2461183.583681	14.974	0.012	Sloan g
LS Peg	2461183.646296	12.148	0.005	Sloan g
LS Peg	2461188.639873	11.968	0.008	Sloan g
LS Peg	2461185.643438	12.067	0.004	Sloan g
LS Peg	2461184.691042	11.924	0.022	Sloan g
CZ Aql	2461185.578438	14.887	0.022	Sloan g
CZ Aql	2461184.689757	15.020	0.033	Sloan g

Tabla5. Fotometrías obtenidas de las variables LS Peg y CZ Aql

7. En algunos casos, se obtuvieron imágenes inservibles, aparentemente movidas o con datos corrompidos. Sin embargo, esta situación no representó un gasto de tiempo significativo.
8. Si bien el presente informe documenta la obtención, reducción y publicación de los datos observacionales, no pretende realizar una interpretación científica exhaustiva de los mismos. Las mediciones obtenidas poseen la calidad requerida para su utilización en investigaciones profesionales y constituyen insumos para análisis posteriores por parte de astrónomos e investigadores, quienes podrán combinarlas con observaciones procedentes de otros observadores y en otras longitudes de onda para alcanzar conclusiones científicas valederas.

Método, equipo, software y catálogos utilizados para la fotometría

1. La técnica utilizada fue la fotometría diferencial de apertura. En todos los casos, las estrellas de comparación y de chequeo utilizadas fueron las recomendadas en las cartas celestes de la AAVSO, las cuales aseguran estrellas de comparación adecuadas en el sentido de compatibilidad de sus índices de color con los objetos de estudio.
2. La incertidumbre para cada medición se obtuvo a partir de la desviación estándar de al menos tres fotometrías por punto.
3. Las magnitudes para las estrellas de comparación y de chequeo fueron obtenidas de los catálogos APASS DR10 y SDSS de acuerdo a disponibilidad. No se utilizaron magnitudes de otros catálogos.
4. El software para la reducción de datos fue Astroart versión 8.
5. En todos los casos la cámara utilizada fue la FERVOR-M – TTT-80. Las características técnicas de esta cámara se pueden consultar en <https://ttt.iac.es/telescopes-instruments/#instruments>.

Fotometrías utilizadas para fines profesionales

Las 5 fotometrías obtenidas del objeto AT 2016blu (AAVSO ALERT#916) fueron descargadas para análisis profesional de acuerdo al reporte semanal de uso de fotometrías remitido por la AAVSO (figura 2)

noreply@aavso.org
Para: Usted

Este mensaje está en Inglés

Data Usage Report: Weekly summary of data downloads from the AAVSO

Your AAVSO observercode: MMOI
Your observations were included in the following data downloads during the past seven (7) days:

Request date	Star name	# obs.	User	Purpose
2026-05-17	U SCO	2	Am	Analysis
2026-05-20	R AQL	2	Stu	Analysis
2026-05-20	T CRB	4	Pro	Analysis
2026-05-21	T CRB	4	Pro	Analysis
2026-05-21	V462 LUP	42	Pro	Analysis
2026-05-22	T CRB	4	Pro	Analysis
2026-05-22	AT 2016BLU	5	Pro	Figure
2026-05-23	T CRB	4	Pro	Analysis

Pro = Professional Astronomer Am = Amateur Astronomer Stu = Student

Data Usage Report is a service for the observers of the AAVSO to provide information on how your observations are being used. For more information about variable star observing, visit

Figura 2. Fotometrías descargadas del objeto AT 2016blu para uso profesional

Fotometrías utilizadas para fines educativos

Las 28 fotometrías obtenidas del objeto de investigación principal S4 0954+65 fueron utilizadas por estudiantes de acuerdo al reporte semanal de uso de fotometrías remitido por la AAVSO (figura 3)

noreply@aavso.org
Para: Usted

Este mensaje está en Inglés

Data Usage Report: Weekly summary of data downloads from the AAVSO

Your AAVSO observercode: MMOI
Your observations were included in the following data downloads during the past seven (7) days:

Request date	Star name	# obs.	User	Purpose
2026-05-24	T CRB	4	Pro	Analysis
2026-05-24	T CRB	4	Pro	Figure
2026-05-25	T CRB	4	Pro	Analysis
2026-05-26	U SCO	2	Am	Analysis
2026-05-26	T CRB	3	Am	Analysis
2026-05-26	T CRB	4	Pro	Analysis
2026-05-27	OJ 287	1	Pro	Analysis
2026-05-28	S4 0954+65	28	Stu	Analysis
2026-05-28	T CRB	4	Pro	Analysis
2026-05-29	T CRB	4	Pro	Analysis
2026-05-30	T CRB	4	Pro	Analysis

Pro = Professional Astronomer Am = Amateur Astronomer Stu = Student

Data Usage Report is a service for the observers of the AAVSO to provide information on how your observations are being used. For more information about variable star observing, visit

Figura 3. Fotometrías descargadas del blazar S4 0954+65

Impacto en divulgación y educación:

1. Se realizó un webinar con 3 sesiones de charlas virtuales de dos horas cada una, en fechas 07, 14 y 21 de febrero de 2026, a las que asistieron un grupo de varias personas de Bolivia interesadas en aprender a realizar fotometría usando imágenes del telescopio robótico. La agenda tratada fue la siguiente:

Agenda 07 de febrero de 2026 16:00 a 18:00

1. Bienvenida
2. Palabras del Dr. John Beckman
3. El proyecto ORBITA.
4. Página web de Lightbridges.
5. Ubicación del telescopio EL TEIDE
6. Características técnicas del telescopio + cámara (incluye filtros)
7. Consideraciones para selección de blancos (aplicación STARALT)
8. Programación básica del telescopio.
9. Obtención de imágenes

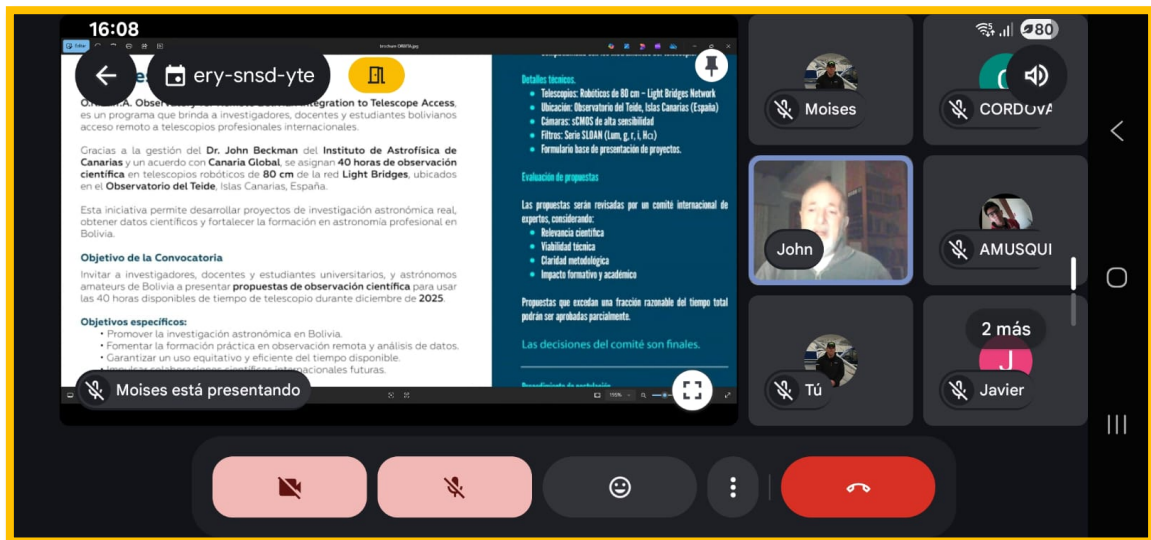
Agenda 14 de febrero de 2026 16:00 a 18:00

1. Palabras de la Sra. Paola Ocha
2. Descarga del software Astroart
3. Exploración de metadatos de las imágenes
4. Fotometría simple usando una estrella de comparación
 - 4.1 Relación señal ruido
 - 4.2 Saturación
 - 4.3 Identificación del blanco
 - 4.4 Selección de estrellas de comparación (magnitudes con diferentes filtros)
 - 4.5 Anillos de apertura
 - 4.6 Fotometría
 - 4.7 Determinación de la incertidumbre

Agenda 21 de febrero 16:00 a 18:00

1. Consideraciones para presentar tu proyecto de observación
2. Objetivo principal
3. Justificación técnica
4. Plan de observación
5. Competencias requeridas
6. Entregables (artículos, mediciones, divulgación, etc.)

El objetivo del webinar fue preparar personas para que puedan presentar un proyecto de observación que los haga elegibles para obtener tiempo de telescopio robótico.



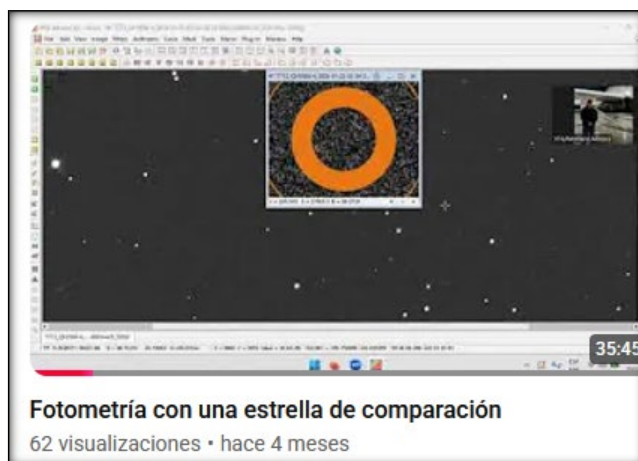
Captura de pantalla - Sesión virtual de fecha 07-02-2026

2. Publicación de material educativo en Youtube: Se publicaron dos videos educativos en el canal de Youtube de la Fundación Astronomía Sigma Octante como se detalla a continuación:

a) FOTOMETRÍA CON UNA ESTRELLA DE COMPARACIÓN.

Enlace <https://www.youtube.com/watch?v=AYL77f7OHZU&t=8s>

En el video se muestran los pasos para medir y reportar la magnitud de un objeto utilizando una sola estrella de comparación. El video se realizó a partir de una observación realizada con el telescopio gemelo de 80cm operado por THE LIGHT BRIDGES S.L. en el observatorio del Teide del IAC.



b) PROGRAMACION DEL TELESCOPIO TTT-80

Enlace <https://www.youtube.com/watch?v=QBad3Jt82Do>

En el video se muestran los pasos necesarios para programar un bloque de observación utilizando el telescopio robótico de 80 cm de "The Light Bridges"



Conclusiones

1. El proyecto cumplió satisfactoriamente su objetivo principal de obtener una serie fotométrica multibanda del blazar S4 0954+65 utilizando filtros Sloan g' y r' , generando un conjunto de datos distribuido a lo largo de aproximadamente cuatro meses de observación.
2. Se obtuvieron 28 fotometrías del objeto principal de estudio, complementadas con observaciones adicionales aportadas por colaboradores de la LIADA, permitiendo construir una curva de luz más extensa y representativa de la evolución fotométrica del objeto durante el período observado.
3. La metodología empleada, basada en fotometría de apertura, utilización de estrellas de comparación recomendadas por la AAVSO, múltiples mediciones por punto y control de incertidumbres, permitió obtener datos de calidad científica aptos para fines de investigación profesional.
4. Todos los resultados fueron incorporados a la base de datos internacional de la AAVSO, garantizando su disponibilidad para la comunidad astronómica internacional y facilitando su integración con observaciones obtenidas por otros investigadores y observadores alrededor del mundo.
5. Además del objetivo principal, el tiempo remanente de telescopio fue utilizado eficientemente para apoyar campañas internacionales impulsadas por alertas de la AAVSO, contribuyendo con observaciones de objetos de alto interés científico, incluyendo estrellas jóvenes, variables cataclísmicas y supernovas.
6. El proyecto generó un impacto adicional en educación y divulgación astronómica mediante la realización de talleres virtuales de capacitación y la producción de material educativo especializado, fortaleciendo las capacidades de nuevos observadores para participar en programas de investigación observacional.
7. Las mediciones obtenidas constituyen datos observacionales confiables y aptos para uso profesional. No obstante, la interpretación científica de los resultados, la extracción de conclusiones astrofísicas y el modelado físico de los fenómenos observados corresponden a los investigadores y equipos científicos especializados, quienes deberán

analizar estos datos en conjunto con información complementaria obtenida por otros observadores.

8. En consecuencia, el principal aporte de este proyecto consistió en la generación y puesta a disposición de observaciones fotométricas de calidad profesional que pueden integrarse en estudios científicos más amplios destinados a mejorar la comprensión de los objetos observados y de los procesos físicos que gobiernan su comportamiento.

Entregables logrados:

- a) 28 fotometrías del blazar S4 0954+65.
- b) 23 fotometrías de campañas de la AAVSO.
- c) 51 registros incorporados a la base de datos internacional de la AAVSO.
- d) 3 talleres virtuales.
- e) 2 videos educativos.
- f) 1 informe técnico final.



**Fundación
Astronomía Sigma Octante**