

Introducció.

Quan estudiem l'adquisició d'imatges a través del telescopi de 2m i l'aparell MuSCAT3 de Haleakala o el telescopi de 0,4m i la ccd SBIG 6303, ens adonem que l'alumnat pot tenir dificultats per entendre què estan fent en aquell moment. Caldrà explicar prèviament termes tècnics com: filtres, ccd, espectre electromagnètic, longitud d'ona, freqüència d'ona i d'altres.

Exercici 1. Sobre l'espectre electromagnètic i els colors de les imatges.

A la pàgina web de Las Cumbres Observatory es poden trobar les característiques tècniques de l'aparell MuSCAT3 (figura 1).

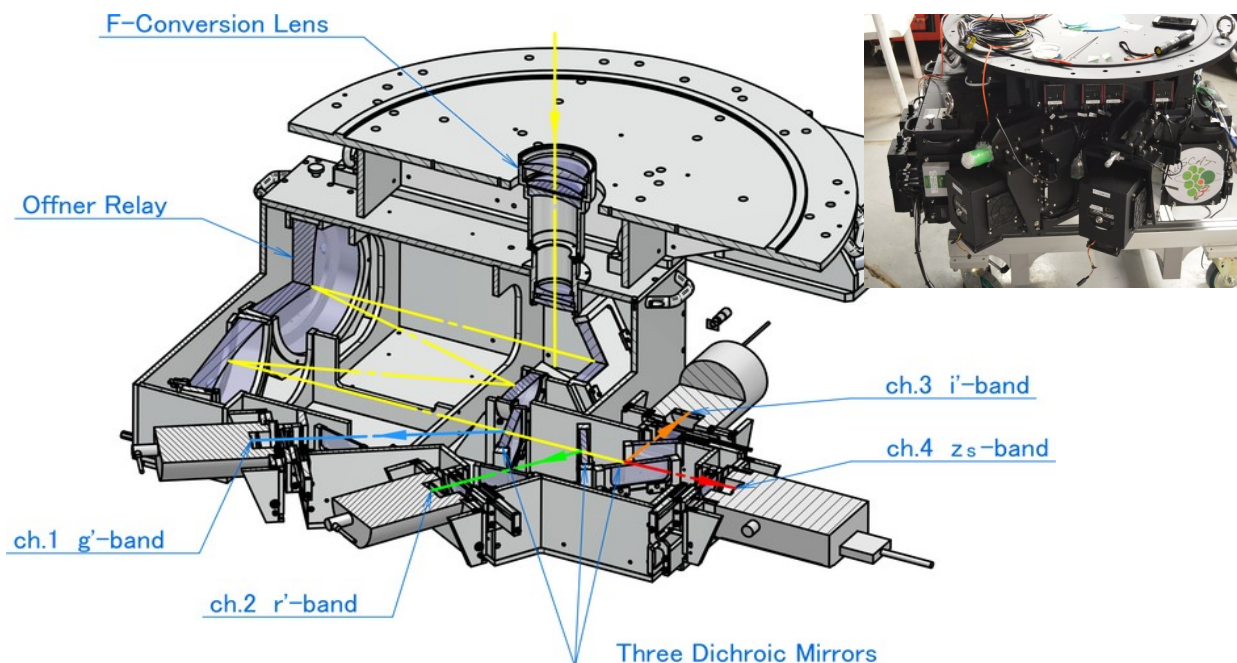


Figura 1: Aparell MuSCAT3. Difusió dels canals "i, r, g, zs" a partir de la llum capturada. [1]

Què vol dir i, r, g, z? Aquestes sigles corresponen als filtres de banda ampla que utilitza l'aparell MuSCAT:

g = 400-550 nm
r = 550-700 nm
i = 700-820 nm
z = 820-920 nm

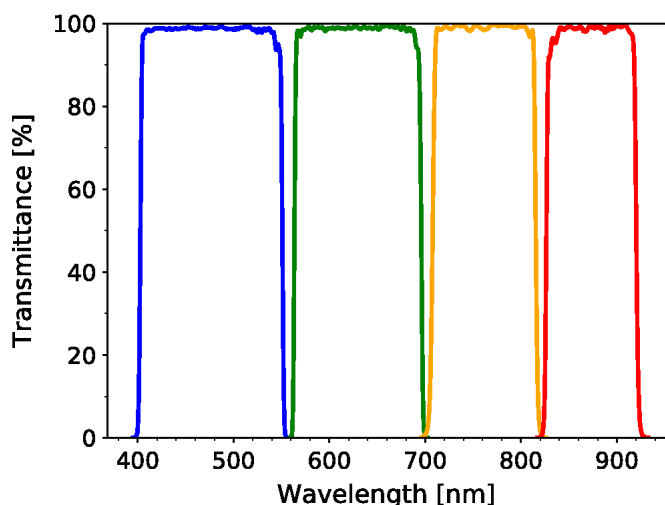


Figura 2: Transmissió dels filtres g (blau), r (verd), i (taronja), z (roig) i ght. [2]

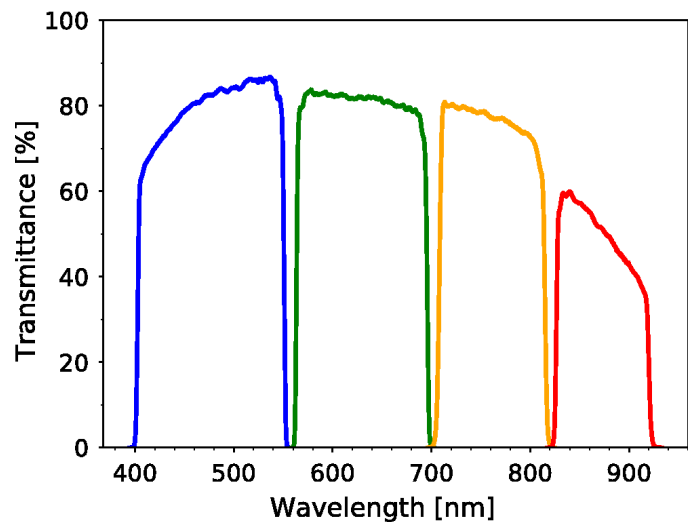
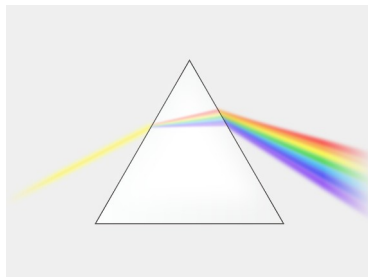


Figura 3: Transmittància total de l'aparell MuSCAT2: g (blau), r (verd), i (taronja), zs (roig). [2]

En aquest punt es pot demanar a l'alumnat que cerqui informació sobre els colors i l'espectre electromagnètic i que dibuixin un gràfic semblant a la figura 6.



Color	Interval de longitud d'ona
violat	~ 380 a 430 nm
blau	~ 430 a 500 nm
cian	~ 500 a 520 nm
verd	~ 520 a 565 nm
groc	~ 565 a 590 nm
vermell	~ 625 a 740 nm

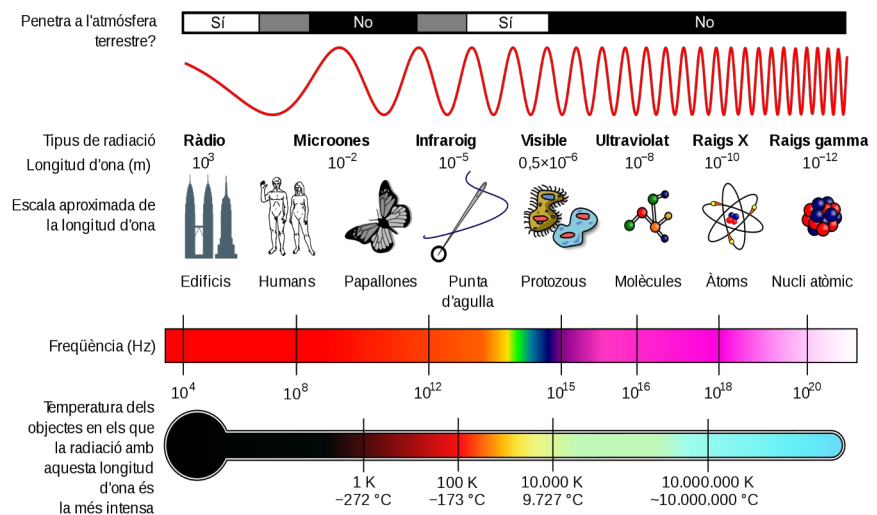


Figura 4: Diagrama de l'espectre electromagnètic. [3]

Figura 5: La llum visible [4].

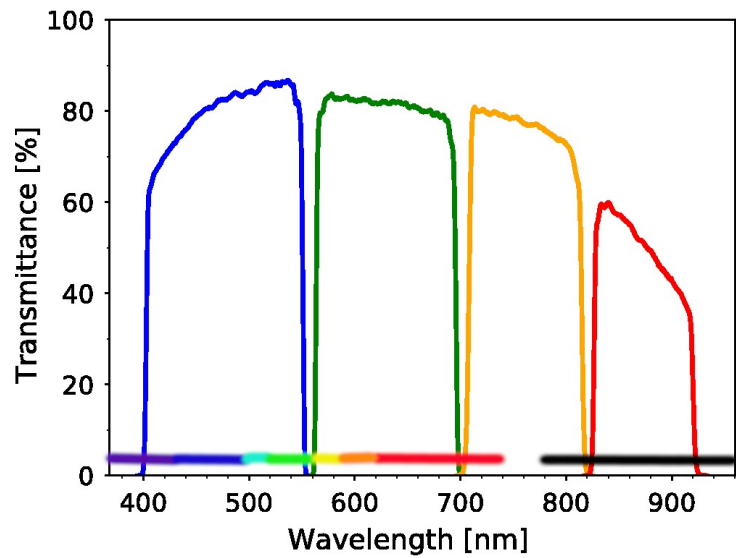


Figura 6: Comparació de la longitud d'ona dels diferents colors amb la transmissió total de l'aparell MuSCAT2.

De la figura 6 es pot concloure:

El filtre g' (400-550 nm) deixa passar els colors blaus i verds.

El filtre r' (550-700 nm) deixa passar els colors grocs, taronja i gran part dels vermells.

El filtre i' (700-820 nm) deixa passar els colors vermells i infraroigs propers.

El filtre z' (820-920 nm) només deixa passar llum infraroja i no deixa passar cap ona visible.

Pràctica 1.1. Obtenir color amb el software GIMP.

Material:

- Càmera de fotos compacta o càmera de telèfon mòbil.
- Plàstics transparents de color roig, verd i blau.

Mètode:

Es tracta d'aconseguir una imatge amb cada filtre de plàstic.

Posteriorment es poden treballar amb el software Gimp (modo gris, figura 8) i a partir de les 3 imatges obtenir el color amb l'eina Colors/components (figura 9). Es pot trobar més informació a la web oficial del programa [5].



Figura 7: Meritxell, Elsa i Amèlia (3r i 4t d'ESO) obtenint les imatges amb el seu mòbil i els filtres de plàstic.

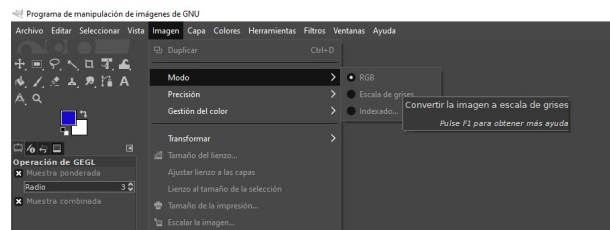


Figura 8: Eina modo gris i RGB de Gimp.

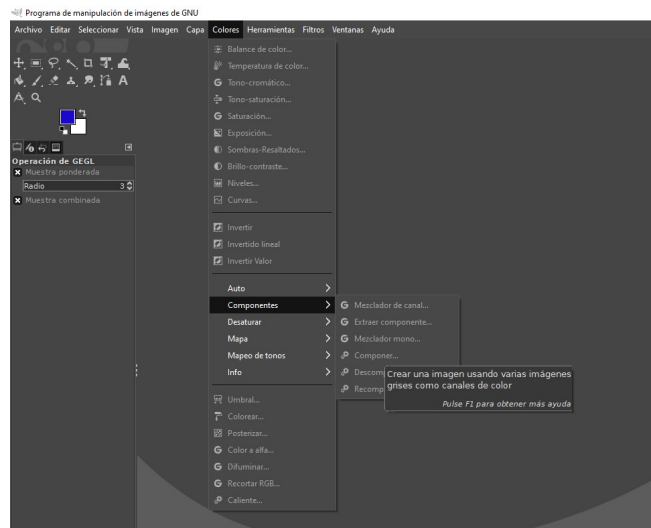


Figura 9: Eina colors/components de Gimp.

Als exemples mostrats es segueix el següent esquema:

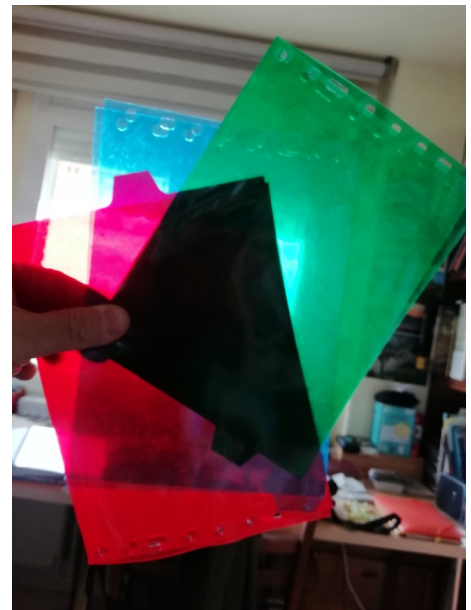
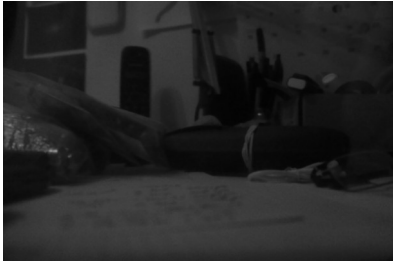
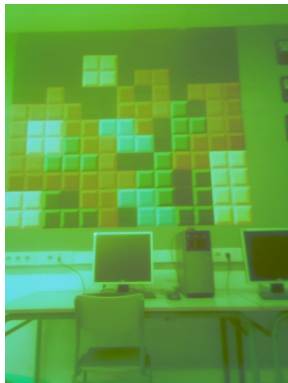
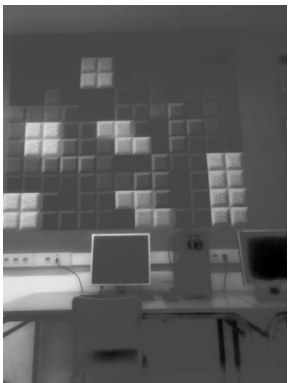
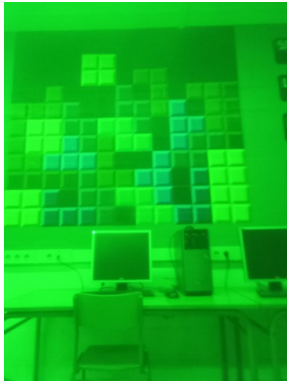
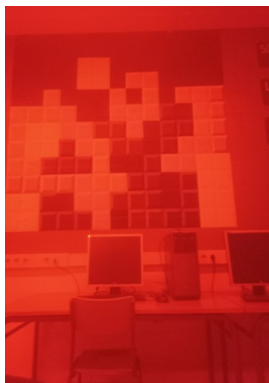


Figura 10: Plàstics utilitzats com a filtres. Es pot observar com la combinació dels tres filtres no permet el pas de la llum.





Exercici 2. Treballem imatges obtingudes amb els telescopis de Haleakala.

Abans de tot es pot preguntar a l'alumnat on trobem la informació sobre l'observatori, el telescopi, la ccd, els filtres, etc.

Pràctica 2.1. Quin filtre s'ha utilitzat en cada imatge?

Les imatges del telescopi de 2m de Haleakala es guarden amb un nom com el següent:

`ogg2m001-ep02-20211018-0164-e00.fits.fz`

ogg = ID code of the Observatory site Haleakala Observatory

2m = Diàmetre del telescopi

ep04 = Posició del filtre, en aquest cas la 04 indica que és el filtre g'

g': ep04

r': ep02

i': ep03

zs: ep05.

Els arxius «fits» porten associats una capçalera («**head**») consistent en un llistat alfanumèric que conté informació sobre la captura de la imatge. Aquesta capçalera conté més de 250 línies de dades, de les quals es poden treballar amb l'alumnat aquelles que portin informació important:

Dades de l'observatori i del telescopi:

ORIGIN = 'LCOGT ' / Organization responsible for the data
SITEID = 'ogg ' / ID code of the Observatory site
SITE = 'LCOGT node at Haleakala Observatory' / Site of the Observatory

TELESCOP= '2m0-01 ' / The Name of the Telescope

LATITUDE= 20.7069000 / [deg North] Telescope Latitude
LONGITUD= -156.2580000 / [deg East] Telescope Longitude
HEIGHT = 3050.600 / [m] Altitude of Telescope above sea level

Nom de l'arxiu:

ORIGNAME= 'ogg2m001-ep02-20211018-0164-e00.fits' / Fname written by ICS

Data o hora de l'adquisició de la imatge:

DATE = '2021-10-19T15:29:13.008252' / [UTC] Date this FITS file was written
DATE-OBS= '2021-10-19T15:28:15.326' / [UTC] Start date and time of the observati
DAY-OBS = '20211018' / [UTC] Date at start of local observing night
UTSTART = '15:28:15.326' / [UTC] The start time of the observation
UTSTOP = '15:28:25.307' / [UTC] The finish time of the observation
MJD-OBS = 59506.6446159 / [UTC days] Start date/time (Modified Julian Dat

Dades sobre l'adquisició de la imatge:

EXPTIME = 10.000 / [s] Actual exposure length
FILTER = 'rp ' / Filter used
INSTRUME= 'ep02 ' / Instrument used
CCDXPIXE= 2048.0000000 / [m] Size of pixels, in X

CCDYPIXE= 2048.0000000 / [m] Size of pixels, in Y
PIXSCALE= 0.2660000 / [arcsec/pixel] Nominal pixel scale on sky
CCDSTEMP= -55.0000000 / [deg C] CCD required temperature

Dades sobre l'astrònom/a:

TELMODE = 'MANUAL ' / Telescope mode
TAGID = 'rti ' / Time Allocation Group ID
USERID = 'Jos Redondo' / User ID
PROPID = 'FTPEPO2017AB-002' / Proposal ID
GROUPID = 'rti ' / Group ID

Dades sobre el punt del cel on treballa el telescopi i l'objecte que es vol fotografiar:

RA = '05:40:58.6526' / [HH:MM:SS.sss] RA where telescope is pointing
DEC = '-02:27:29.561' / [sDD:MM:SS.ss] Dec where telescope is pointing
CAT-RA = '05:40:59.000' / [HH:MM:SS.sss] Catalog RA of the object
CAT-DEC = '-02:27:29.90' / [sDD:MM:SS.ss] Catalog Dec of the object

OBJECT = 'b33 ' / Object name
SRCTYPE = 'EXTRASOLAR' / Source type

AZDMD = 220.3929019 / [deg] Azimuth axis demand
AZIMUTH = 220.3928914 / [deg] Azimuth axis position
AZSTAT = 'OKAY ' / Azimuth axis state
ALTDMD = 60.5289463 / [deg] Altitude axis demand
ALTITUDE= 60.5289270 / [deg] Altitude axis position
ALTSTAT = 'OKAY ' / Altitude axis state

Dades sobre l'atmosfera, la lluna i el sol:

AIRMASS = 1.1484956 / Effective mean airmass
AMSTART = 1.1482914 / Airmass at start of observation
AMEND = 1.1486997 / Airmass at end of observation

WMSSTATE= 'OKAY ' / WMS system state
WMSHUMID= 48.7990000 / [%] Current percentage humidity
WMSTEMP = 9.9000000 / [deg C] External temperature
WMSPRES = 712.0000000 / [mbar] Atmospheric pressure
WINDSPEE= 11.8764000 / [km/h] Windspeed
WINDDIR = 333.0000000 / [deg E of N] Wind direction
WMSRAIN = 'CLEAR ' / Rain alert
WMSMOIST= 0.0000000 / [mV] Moisture level
WMSDEWPT= -0.2990000 / [deg C] Dewpoint
WMSCLOUD= -36.2666667 / [deg C] Boltwood sky temperature
WMSSKYBR= 20.3612059 / [mag/arcsec^2] Measured sky brightness
SKYMAG = 20.3548884 / [mag/arcsec^2] Computed (expected) sky brightne

TUBETEMP= 7.8630000 / [deg C] Temperature of the telescope tube
M1TEMP = 'UNKNOWN ' / [deg C] Primary mirror temperature
FOCTEMP = 7.8630000 / [deg C] Focus temperature
ISSTEMP = 'UNKNOWN ' / [deg C] ISS temperature
REFPRES = 712.0000000 / [mbar] Pressure used in refraction calculation
REFTEMP = 9.9000000 / [deg C] Temperature used in refraction calculat
REFHUMID= 48.3990000 / [%] Humidity used in refraction calculation

MOONFRAC= 0.9880037 / [(0 - 1)] Lunar Illuminated Fraction
MOONDIST= 70.8994084 / [deg] Lunar distance from target
MOONALT = 1.3984896 / [deg] Lunar altitude

SUNDIST = 118.0292189 / [deg] Solar distance from target

SUNALT = -13.2704649 / [deg] Solar altitude

Dades sobre el píxel autoguia:

CRPIX1 = 1024.5 / [pixel] Coordinate of reference point (axis 1)
CRPIX2 = 1024.5 / [pixel] Coordinate of reference point (axis 2)
CRVAL1 = 85.2443859351 / [deg] RA at the reference pixel
CRVAL2 = -2.45821149902 / [deg] Dec at the reference pixel

Pràctica 2.2. Obtenció de color amb el software GIMP.

Al capítol anterior s'ha explicat com obtenir color amb el software Gimp.

Exemple: B33, la nebulosa del cavall.



Filtre i



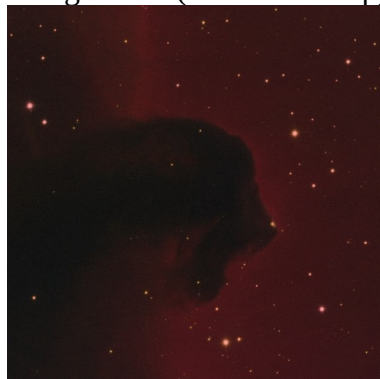
Filtre r



Filtre g



Imatge RGB (software Gimp)



Imatge RGB (software PixInsight)

Atenció! Les imatges han d'estar alineades. En cas contrari es aconsellable utilitzar SalsaJ.

Pràctica 2.2. Obtenció de color amb el software SalsaJ: M16, els pilars de la creació. (totes les imatges fets són originals del programa Faulkes)

La primera recomanació és fer una visita al lloc web educatiu del programa Faulkes [6]:

<http://resources.faulkes-telescope.com/>

D'allí s'ha extret la informació que s'explica en les properes pràctiques.

El tutorial sobre com obtenir color a partir de les imatges monocromes (roig, verd, blau) es pot descarregar a través del següent enllaç:

<http://resources.faulkes-telescope.com/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=973>

La següent seqüència d'imatges mostra l'exemple de processament de la nebulosa M16.

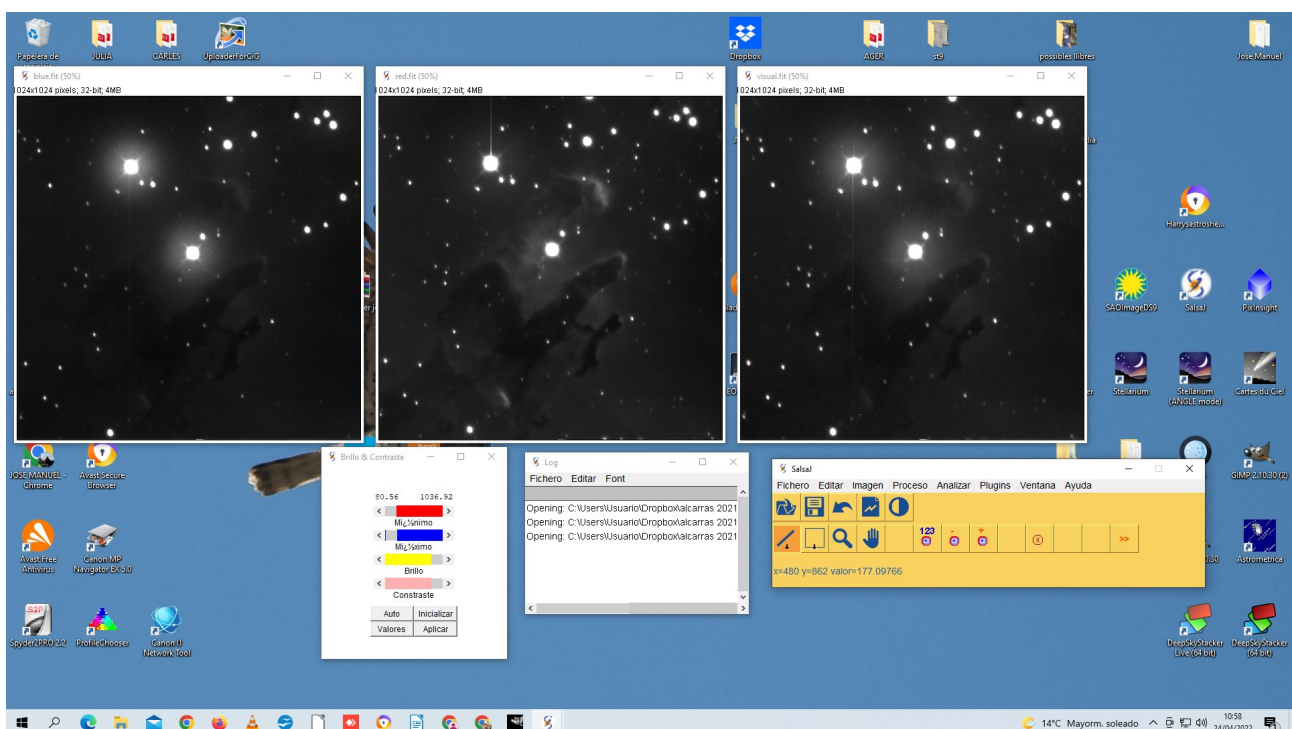


Figura 11: Processat amb SalsaJ: brillantor.

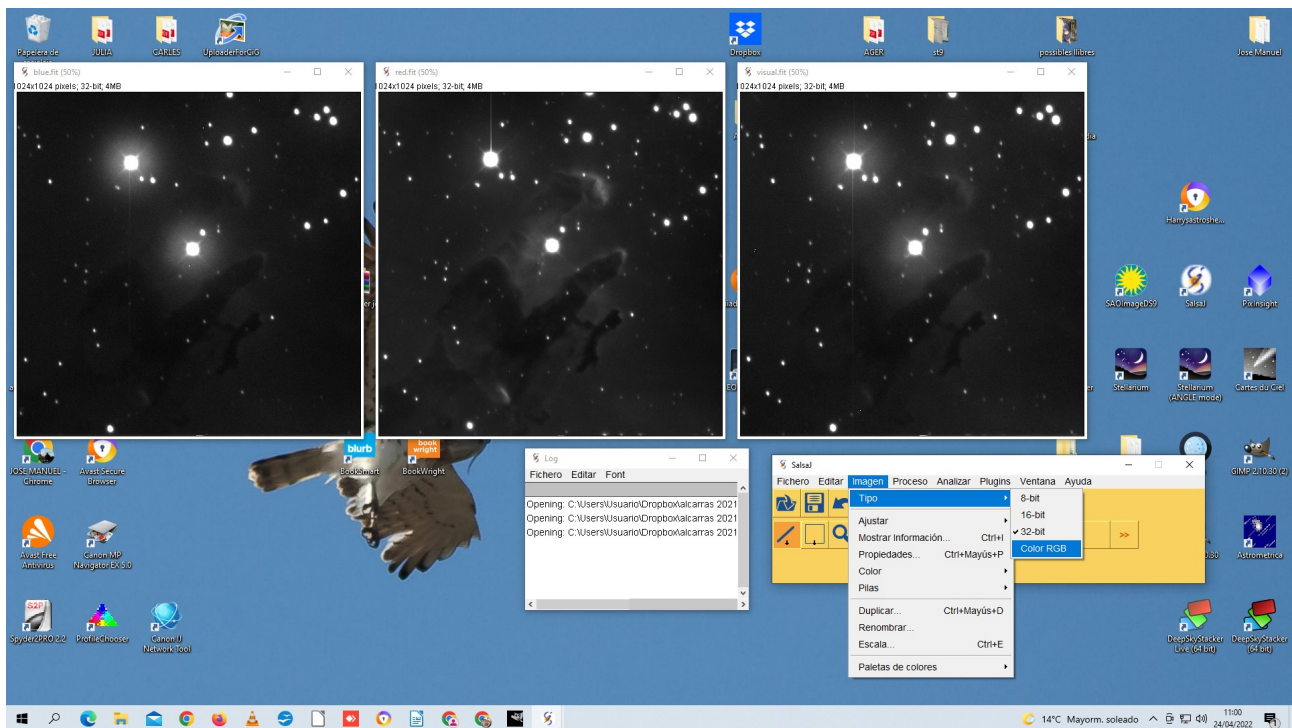


Figura 12: Processament SalsaJ: mode RGB

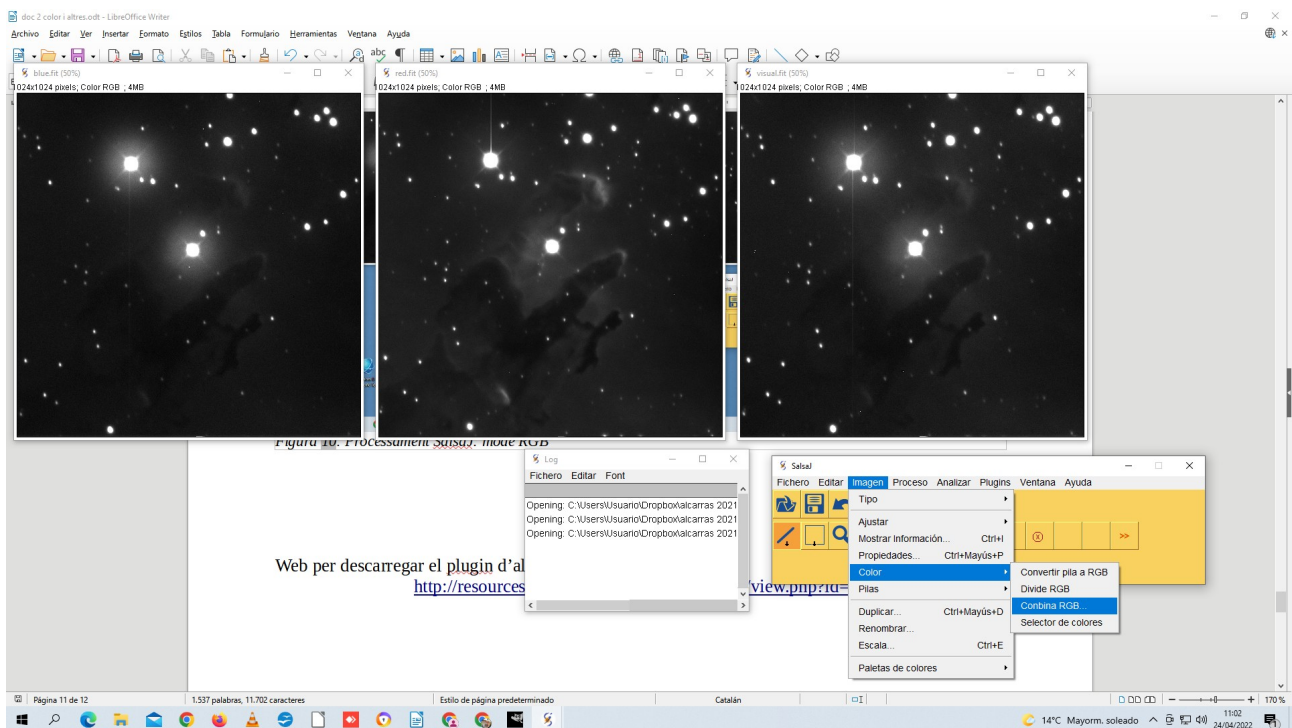


Figura 13: Processament SalsaJ: combinació RGB.

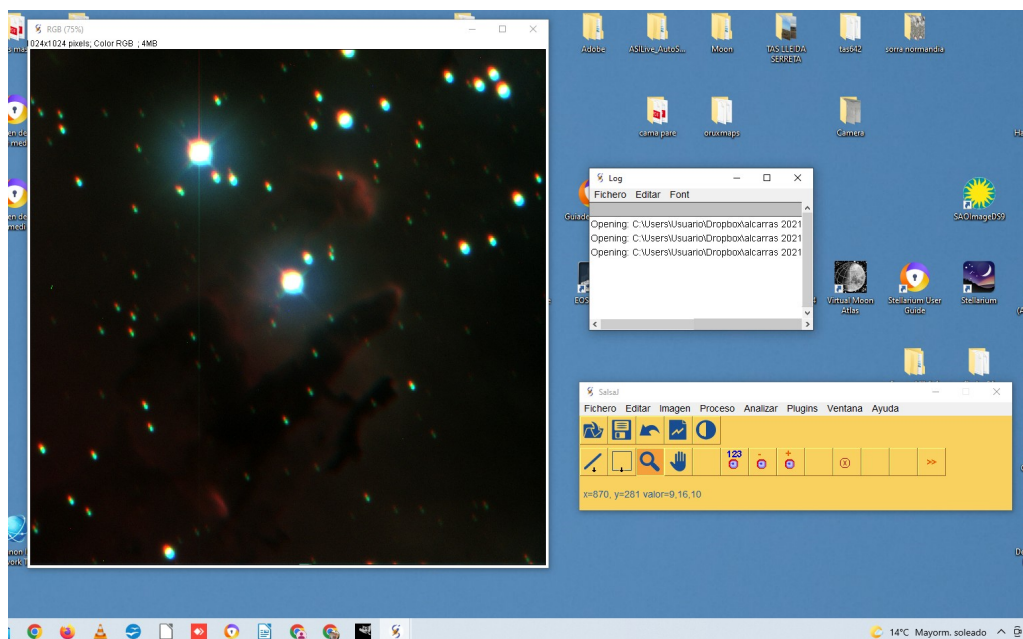


Figura 14: Processament SalsaJ: Imatges no alineades.

A la figura 12 es pot observar com els colors no estan alineats. SalsaJ té un plugin que permet moure la capa de cada color fins que estigui tot ajustat. L'enllaç al plugin es pot trobar a la següent web:

<http://resources.faulkes-telescope.com/course/view.php?id=58>

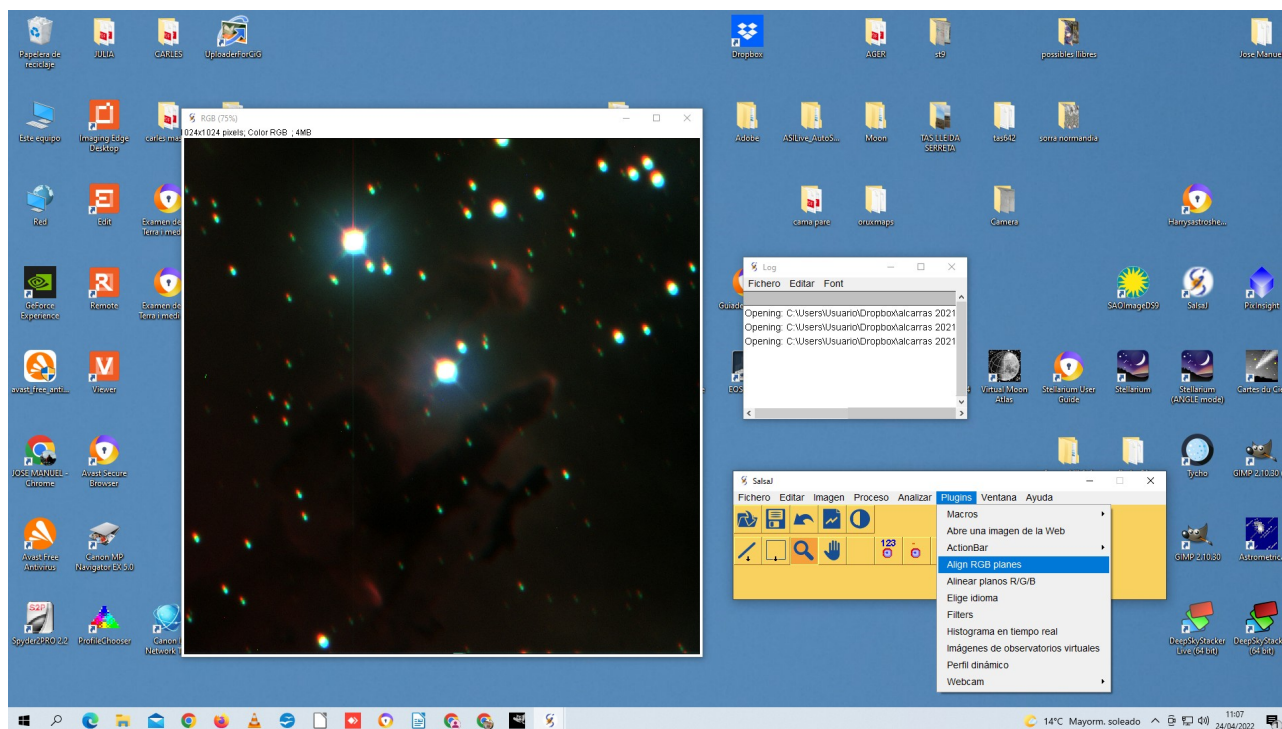


Figura 15: Processament SalsaJ: alineació imatges.

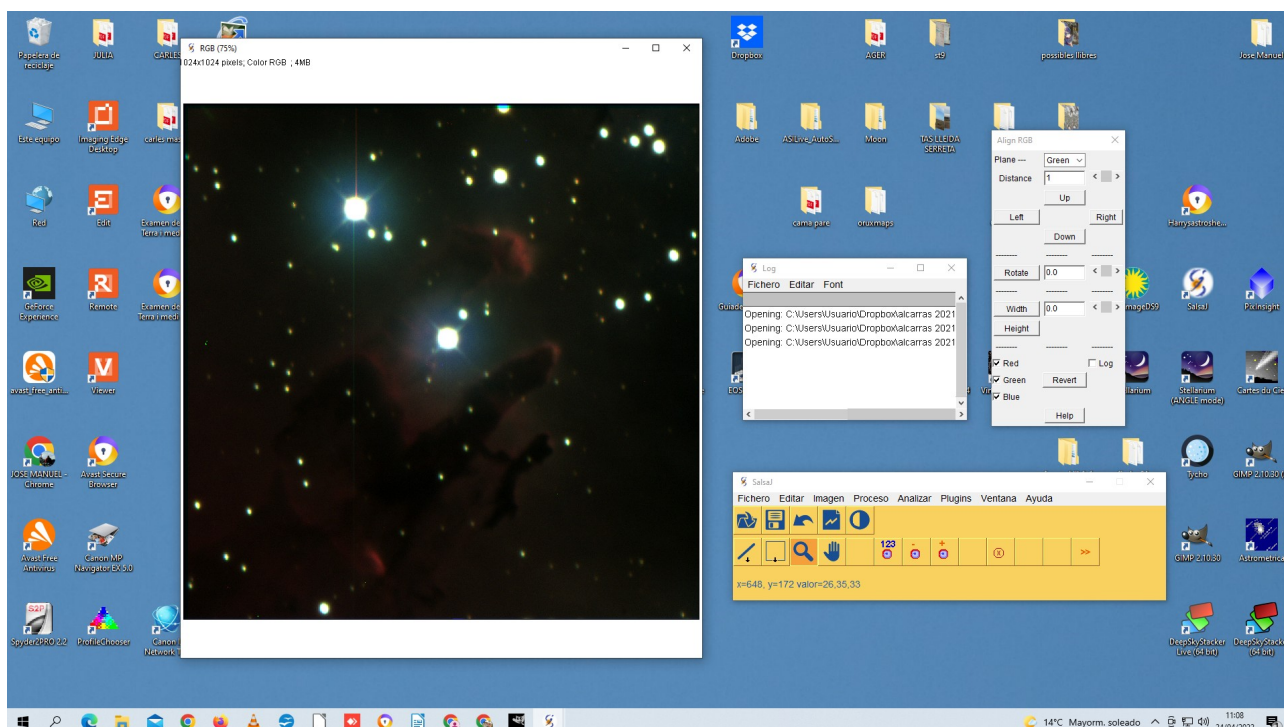


Figura 16: Processament SalsaJ: resultat alineament colors.



Figura 18: M51, galàxia del remolí. Processament amb SalsaJ.



Figura 17: M57, nebulosa de l'anell. Processament amb SalsaJ.

Exercici 3. El temps d'exposició.

Al primer document (Sessió RTI Institut Alcarràs) es parlava d'alguns dels factors que s'han de tenir en compte a l'hora d'obtenir una imatge astronòmica: mida del camp, mida del xip, mida del píxel en micròmetres i segons d'arc, etc [7].

Un factor molt important i relacionat amb la llum és el temps d'exposició, valor que és fàcil de calcular per treballs sobre estrelles o altres objectes puntuals (asteroides, ...), però que requereix més pràctica o consulta bibliogràfica per objectes més difusos, com cometes, galàxies, nebuloses, etc.

En el primer cas, el projecte faulkes té una eina molt útil, «LCO Exposure Time Calculator» (figura 19) [8].

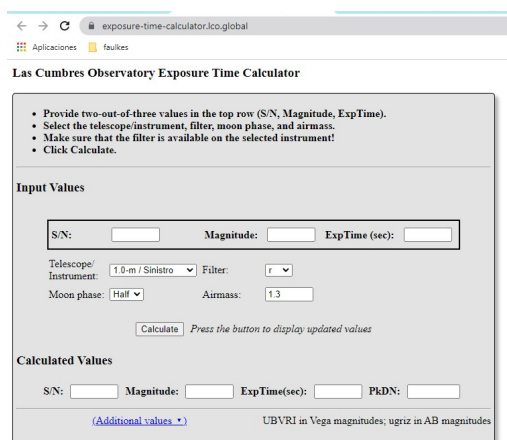


Figura 19: LCO Exposure Time Calculator.

Els principals problemes que podem trobar-nos són que la imatge estigui subexposada o sobreexposada. Ara mostrem alguns exemples d'imatges «dolentes» o «mal obtingudes»:

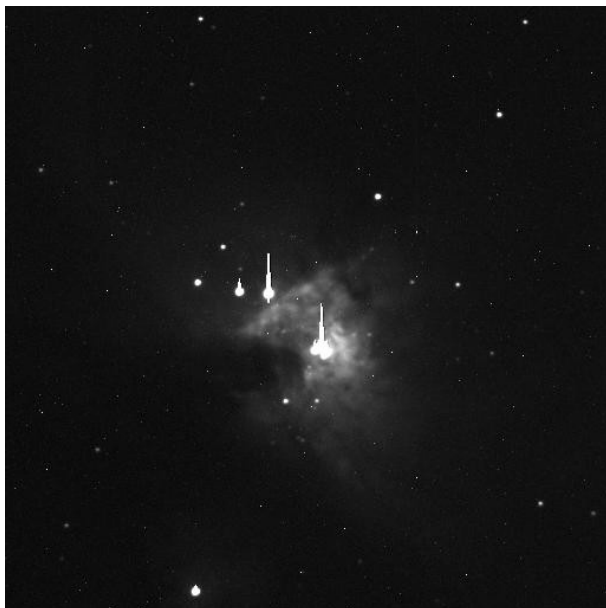


Figura 20: M42 (nebulosa d'Orió) amb el cúmul obert "El trapecí". Es pot observar com les estrelles d'aquest cúmul "ploren", característica que apareix quan la imatge està sobreexposada.

Dades de la imatge: telescopi LX200GPS8'' (observatori OAIA), càmera ccd SBIG ST9, 30s de temps d'exposició.

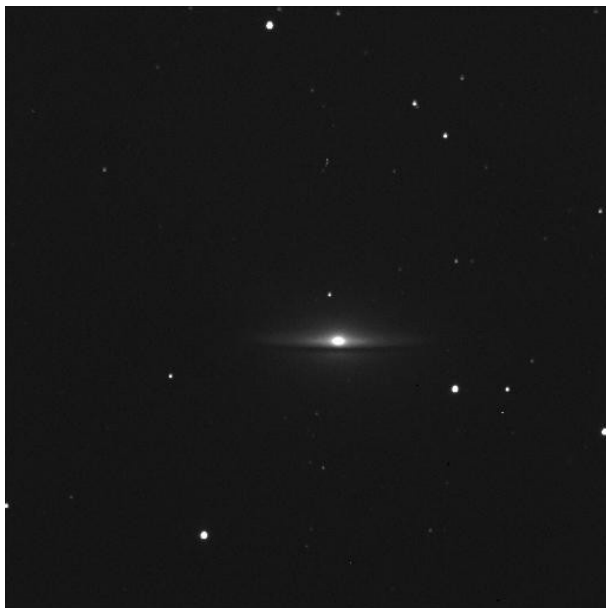


Figura 21: Galàxia M104, "El sombrero". Imatge ben exposada.

Dades de la imatge: telescopi LX200GPS8" (observatori OAIA), càmera ccd SBIG ST9, 30s de temps d'exposició.



Figura 22: Figura 21: Galàxia M104, "El sombrero". Imatge ben exposada, encara que el nucli està una mica sobreexposat.

Dades de la imatge: telescopi 2m de Haleakala, filtre r, 20s de temps d'exposició.



Figura 23: Galàxia M82, "El Cigar". Imatge subexposada.

Dades de la imatge: telescopi 2m de Haleakala, càmera ccd SBIG ST9, 1s de temps d'exposició.

Pràctica 3.1. El temps d'exposició i la càmera del mòbil.

Material:

- Càmera del mòbil o càmera compacta senzilla.
- Aula que es pugui enfosquir totalment, però que tingui algunes llums leds (si és possible de diferents colors).

Mètode: cal estudiar prèviament com funciona la càmera del mòbil i buscar com canviar el temps d'exposició (figura 24).

Un cop es coneix com es pot modificar el temps d'exposició de la càmera només caldrà apagar els llums de l'aula i capturar imatges dels leds de l'aula a diferents temps d'exposició. Les figures 25 a 27 són el resultat de la realització d'aquest exercici a l'aula d'informàtica de l'institut d'Alcarràs.

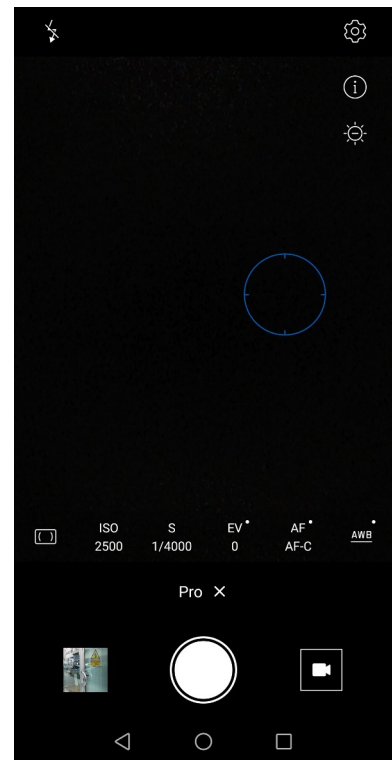


Figura 24: Càmera d'un telèfon Huawei. El Mode Pro permet modificar el temps d'exposició (S) fins a 8 segons.

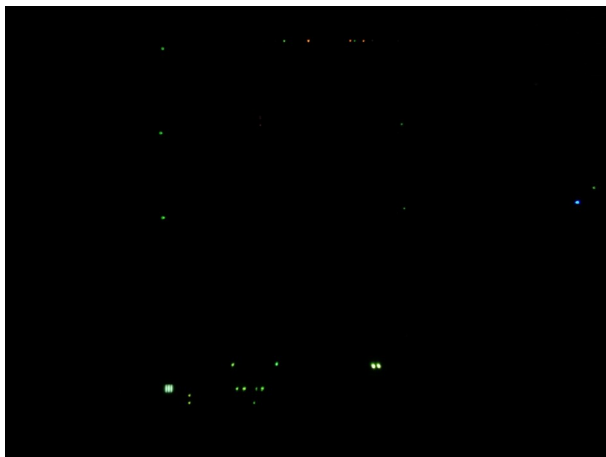


Figura 25: Mòbil Huawei. 1 segon d'exposició.



Figura 26: Mòbil Huawei. 4 segons d'exposició.

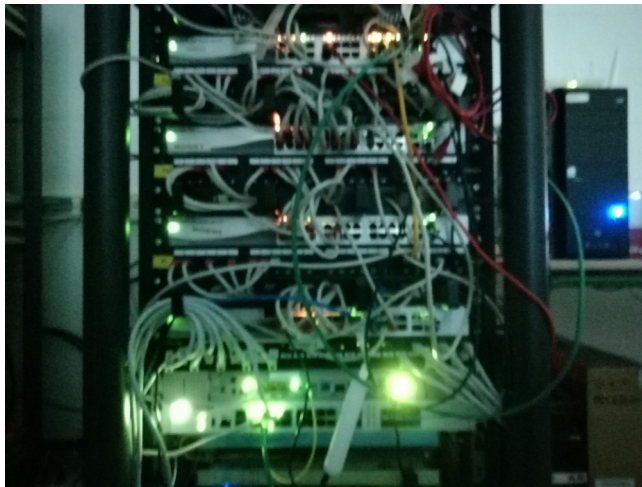


Figura 27: Mòbil Huawei. 8 segons d'exposició.

Bibliografia i webgrafia

[1] Las Cumbres Observatory (LCO), <http://lco.global>

[2] Norio Narita, Akihiko Fukui, Nobuhiko Kusakabe, Noriharu Watanabe, Enric Pallé, Hannu Parviainen, Pilar Montañés-Rodríguez, Felipe Murgas, Matteo Monelli, Marta Aguiar, Jorge Andres Perez Prieto, Álex Oscoz, Jerome de Leon, Mayuko Mori, Motohide Tamura, Tomoyasu Yamamuro, Victor J. S. Béjar, Nicolas Crouzet, Diego Hidalgo, Peter Klagyivik, Rafael Luque, and Taku Nishiumi "MuSCAT2: four-color simultaneous camera for the 1.52-m Telescopio Carlos Sánchez," *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems* 5(1), 015001 (27 December 2018).

<https://doi.org/10.1117/1.JATIS.5.1.015001>

[3] NASA - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_Spectrum_Properties_edit.svg

[4] Viquipèdia: espectre.

[5] Programa de manipulació de imatges de GNU. Manual de usuari. El menú colors, submenú components.

<https://docs.gimp.org/2.10/es/gimp-colors-components-menu.html>

[6] Faulkes Telescope Project. Educatinal Resources.

<http://resources.faulkes-telescope.com>

[7]. Sessió RTI a l'Institut d'Alcarràs.

<https://serviastro.ub.edu/materials/lilibres-i-manuals/sessio-rti-institut-dalcarras>

[8]. Las Cumbres Observatory Exposure Time Calculator.

<https://exposure-time-calculator.lco.global/>