

DS9 TAR FITS

- Adquisición de imágenes con **Star1** y **Star2** (a nivel usuario)
- Archivos FITS (concepto general)
- **DS9** (práctico)

Algo sobre **Starl** y **Stari**

¿A qué llamamos **Stari**?

- **Starl** es la cámara CCD
 - características generales
- **Stari** es el nombre del programa de adquisición de imágenes
 - generalidades
 - ususario
 - comandos (help)
 - posibles problemas y soluciones
- **stari** es la paquete de Iraf para reducir las imagenes
(dentro de stari usamos la tarea photon)

Star I: la cámara (características generales)

- ✓ Cámara CCD **StarI** de Photometrics (Photometrics® es una empresa que, a nivel mundial, diseña y construye sistemas de cámaras ccds de alta performance para uso científico, desde 1978)
- ✓ Arreglo del chip: 384 x 576 pixels
- ✓ Tamaño de cada pixel: 23 μm x 23 μm
- ✓ Tamaño del chip: 8.83 mm x 13.25 mm
- ✓ Escala (en este telescopio): 0.296 "/pix = 12.87 "/mm
- ✓ Campo (en este telescopio): 1' 54" x 2' 50"
- ✓ Capacidad máxima de electrones por pixel: 250000
- ✓ Precisión del convertidor A/D: 12 bits (0-4095 ADUs)
- ✓ Tiempo de lectura: 2.28 seg
- ✓ Ruido de lectura (típico): 25 electrones
- ✓ Enfriamiento: termoeléctrico regulado a -45 °C
- ✓ Corriente de oscuridad: 15 electrones/seg./pix (a -45°C)
- ✓ Ganancia 1: 50 electrones/ADU
- ✓ Ganancia 4: *12.5 electrones/ADU*

$$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$$

- Adquirida en 1993 (UNLP, PROFOEG, Virpi, Forte)
- Instalada en el Reflector en junio de 1994 (estrenada 30/06/94 - colisión del Shoemaker-Levy 9 con Júpiter).
- Componentes de la cámara:
 - ✓ **Cabezal de la cámara:** detector CCD (enfriado termoeléctricamente y regulado para operar a $T \sim -45^{\circ} \text{C}$, con lo cual la corriente de oscuridad de 15 elect./seg por pixel)
 - ✓ **Unidad de circulación de líquido refrigerante (LC200):** hace circular 50% agua destilada + 50% ethylene glycol (anticongelante) para disipar el calor generado por el refrigerador termoeléctrico.
 - ✓ **Controladora de la cámara:** Provee el suministro de potencia de la cámara y contiene la electrónica y la memoria RAM usada para digitalizar y almacenar temporalmente una imagen.
 - ✓ **Monitor:** Monitor monocromo, convertidor A/D de 8 bits de profundidad (despliega la imagen con una definición de $2^8=256$ niveles de gris). También muestra parámetros de funcionamiento de la cámara (T, tpo. de exp., nivel de despliegue, etc.).

Sin una unidad de almacenamiento de información, el equipo puede funcionar correctamente pero con una capacidad limitada del manejo y manipulación de imágenes - **Equipo adicional.**

Equipo adicional disponible

- **Computadora: Reflector**
 - microprocesador Pentium-S de 100 MHz
 - 16 Mbytes de memoria RAM
 - disco rígido de 2 Gbytes
 - periféricos: teclado, mouse y monitor color de 14"
 - Software:
 - Sistemas operativos: Linux y DOS (con Windows 3.11).
 - Programa **Stari** (server de **Stari**): es la interface de comunicación con la controladora de la cámara.
- **Interface IEEE-488** (hardware con código): La cámara **STARI** puede ser controlada desde una computadora (Intel 80286 o superior) --> se comunica la computadora con la controladora de la cámara a través de la **interface IEEE-488**.
 - Consta de una placa y el cable de conexión --> interface en paralelo (permite una transferencia de información rápida desde la controladora hacia la computadora).
- **Software para el adquisición y almacenamiento de imágenes**
 - **Stari** (interfase para el usuario). La versión original funciona bajo Microsoft Windows 3.1 o superior.
 - **Pmis** (guardaba un header completo astronómico en un archivo, en tiempo real)

Stari: EL PROGRAMA (características generales)

- ♦ Desarrollado por Fede, a partir de un pequeño manual de programación que venía con la cámara .
- ♦ Funciona bajo Linux.
- ♦ El objetivo es:
 - ♦ comandar la cámara para adquirir imagenes.
 - ♦ crear un header astronómico completo en las imagenes adquiridas (aceptado por IRAF).
 - ♦
- ♦ En REFLECTOR está el server **Stari** de la cámara --> **Stari** (el programa) corre desde cualquier computadora como terminal (ej. FOTON). La computadora debe estar comunicada con REFLECTOR que a través del server usa la cámara.
- ♦ **Stari** anda sobre una Xterminal

Adquisición de imágenes

Repaso de las imágenes de cada noche

Imágenes de calibración : bias, darks, flats (dome flats, sky flats)

– bias:

- Corrección de nivel de pedestal. Por cargas acumuladas en el ccd de origen intrínseco (instrumental y térmico)
- La corrección es aditiva
- La cámara no expone (no se abre el obturador), solo cuenta las cargas que tiene cada pixel del ccd (a tiempo cero).
- Se sacan con TODAS las luces apagadas, el ocular embutido, la cúpula cerrada. En ganancia 1 y ganancia 4

comentario: no es lo mismo hacer bias que expose 0

– darks:

- Corrección por corriente de oscuridad. Cuenta las cargas que se acumulan en el ccd, con el obturador cerrado, en el tiempo de exposición de la imagen.
- Idem (bias). Se toman con el tiempo de exposición más largo en cada ganancia.

– **flats :**

- Corrección por campo plano. Los flats mapean la sensibilidad de los pixeles bajo una iluminación uniforme.
- La corrección por flats es multiplicativa
- Deben tomarse en condiciones idénticas a las de observación de las imágenes (filtro, ganancia).
 - dome flats (flats de cúpula)
 - sky flats (flats de cielo): hay que tomarlos apuntando en dirección contraria al sol.

Imágenes de ciencia: Eta Car, wr25

- Eta Car: al menos 10 imágenes en cada filtro: B (gain 4), V, R, I, HA (gain 1)
- wr25: al menos 20 imágenes en el filtro V (gain 4)

COMANDOS DE **Stari**: LOS FUNDAMENTALES (REPASANDO EL MANUAL)

- **OBTENCIÓN DE IMAGENES:**

- **BIAS (*)**: (NO EXPONE)
 - LIMPIA EL CCD EN CASO DE SATURACIÓN EXTREMA
- **FLAT [ETIME] (*)**: TOMA FLATS Y ESCRIBE EN EL HEADER DE LA IMAGEN EL KEYWORD **IMAGETYP=FLAT**, **OBJECT=DOMEFLAT/SKYFLAT**
 - OPCIÓN: **EXPOSE [ETIME]**
- **DARK [ETIME] (*)**: TOMA DARKS Y ESCRIBE EN EL HEADER DE LA IMAGEN EL KEYWORD **IMAGETYP=DARK**, **OBJECT=DARK**
 - OPCION: **EXPOSE[ETIME]**
- **EXPOSE [ETIME] (*)**: TOMA UNA EXPOSICIÓN CON EL TIEMPO QUE SE LE DA EN EL ARGUMENTO
- **GET FILENAME.FITS**: GRABA LA IMAGEN ADQUIRIDA EN EL DIRECTORIO DONDE ESTAMOS TRABAJANDO

(*) PUEDEN TOMARSE CON **USTARI.SH**

SI LOS DARKS Y LOS FLATS FUERON TOMADOS CON COMANDO **expose** DEBEN CAMBIARSE EL KEYWORD **IMAGETYP** EN EL HEADER DE LOS MISMOS. POR DEFAULT LLEVAN: **IMAGETYP=OBJECT**, **OBJECT=ETACAR/WF25**

SIMPLE = T / Fits standard
BITPIX = 16 / Bits per pixel
NAXIS = 2 / Number of axes
NAXIS1 = 384 / Axis length
NAXIS2 = 576 / Axis length
EXTEND = T / File may contain extensions
BSCALE = 1.000000E0 / REAL = TAPE*BSCALE + BZERO
BZERO = 3.276800E4 /
ORIGIN = 'NOAO-IRAF FITS Image Kernel July 2003' / FITS file originator
IRAF-TLM= '22:58:59 (08/05/2007)' / Time of last modification
COMMENT FITS (Flexible Image Transport System) format is defined in 'Astronomy
COMMENT and Astrophysics', volume 376, page 359; bibcode: 2001A&A...376..359H
DATE = '2007-05-08T22:46:14' / file creation date (YYYY-MM-DDThh:mm:ss UT)
IMAGETYP= 'object ' / Type of observation
OBJECT = 'etacar ' / Name of object
RA-CAT = '10:45:04' / Catalog RA
DEC-CAT = '-59:41:04' / Catalog DEC
EQUINOX = 2000.5 / Julian epoch of ra and dec
DATE-OBS= '2007-05-08' / UT Date of observation (YYYY-MM-DD)
TIME-OBS= '22:45:28' / Universal time (UTC) at exposure start
UT = '22:45:28' / Universal time (UTC) at exposure start
JD = 2454229.44824074
RA = '10:45:20.04' / RA
DEC = '-59:43:14.04' / DEC
EPOCH = 2007.34961872893 / Epoch of observations
EXPTIME = 10. / Total Exposure Time
GAIN = 1 / System gain factor 1 or 4
GAINADU= 50. / Gain factor in elec/adu
RDNOISE = 25 / read noise, elec/pixel
DARKCURR= 15 / elect/sec/pix
FILTER = 'V ' / Filter description
TEMPERAT= -45 / CCD Temperature
OBSERVER= 'CF,VB ' / Observer(s)
OBSERVAT= 'Observatorio de La Plata'
TELESCOP= 'Reflector 0.80m'
INSTRUME= 'CCD Photometrics Star I' / Instrument used for observation
PIXSCALE= 0.296 / Pixel scale in arcsec/pixel
LATITUDE= -34.90675111111111
LONGITUD= -57.9322995
ALTITUDE= 20.
ST = 9.98762173580435 / Local mean siderial time
HA = 23.2320548629313 / Hour Angle
ZD = 25.9833873616815 / Topocentric zenith distance
AZIMUTH = 346.37435805231 / Topocentric azimuth
AIRMASS = 1.1122028917001 / Air mass
DATAMAX = 3622.
DATAMIN = 61.
MAXCOUNT= 1 / DATAMAX in MAXCOUNT pixels
SOFT_VER= '0.3.0 ' / Software version number
SYSUSER = 'ceciliaf' / System user name
NOTE = '- '
COMMENT stari camera control, (c) Federico A. Bareilles (License GPL)
END

- **Otros comandos (los más usados):**

- `pal`: resetea la paleta de video

imagenes 12 bits (4096 cuentas) - monitor 8 bits (254 tonos de grises + blanco y negro)

La paleta es la forma en que mapean las posibles 4096 cuentas de una imagen en los 256 tonos de grises disponibles para el despliegue.

La controladora elije la paleta para el despliegue "lineal" (hace un histograma y optimiza el despliegue según el uso de los pxs. Min. y el máx. los elije según la estadística. Esto lo hace la controladora, no pasa por Stari).

- `pal sat [min] [max]` (sat => saturation)

Reparte en forma lineal los 254 valores de gris + blanco y negro entre min y max

Con un solo argumento ingresado interpreta que es el max. y el min. lo toma de la estadística

- `pal hsat [min] [max]` (hsat => high saturation)

despliegue en 1 bit (blanco o negro)

F6 o F9
vuelven a la paleta anterior

- `gain [1 | 4]`

- Gain 1 ==> 50 Electrones/adu
- gain 4 ==> 12.5 electrones/adu

12.5x4=50

– `filter [filtro]`: cambia el filtro

HA hay que cambiarlo en el conf

– `note filename[.fits]`:

- Agrega una nota en el header de la imagen
- La sobrescribe si lo hago más de una vez
- La nota queda escrita directamente sin dejar espacios entre palabras.
- Puede usarse el COMMENT del conf (pero esto es previo a la obtención de la imagen)

sugerencia: **USARLO!!!**

• **Otros comandos (menos usados):**

– `clear`: limpia la memoria de la controladora (la memoria de video) pero NO la cámara (no es lo mismo que un bias) --> si no se grabo antes pierde la imagen adquirida.

– `display filename[.fits]`: despliega la imagen pedida en el ds9 La tarea get llama a display

– `treg [on/off]`: activa o desactiva el regulador de temperatura de la cámara.

debe estar en ON

– `etime [tiempo]`: setea el tiempo de exposición (en segundos). La tarea expose llama al etime

– `focus`: toma imagenes de 100*100 pxs (en el centro del campo del ccd). una tras otra para hacer foco (no nos sirve en nuestro telescopio ya que al modificar el foco se corre la imagen de lugar)

- **time:** Setea la hora y fecha de la controladora

Stari levanta la hora y fecha de la computadora desde la cual se adquieren las imagenes (Foton o Reflector) y no la de la controladora. Es importante fijarse que la máquina que usamos para adquirir la imagenes esté en hora.

Una hora confiable se puede levantar de Carina

- **SHOWP**

- x Comando que llama a un programa externo al **Stari**.
- x Hay que llamarlo desde una Xterminal (porque debe desplegar un entono gráfico).
- x Las coordenadas que muestra no son las que aparecen en el HEADER de la imagen sino que las precesa al momento de darle el <enter>
- x Showp levanta los datos de conf para hacer las cuentas.

Comentario: **Stari** busca primero si el comando es o no un comando propio. Si no es, se fija si es un comando de sistema y lo ejecuta igual (por eso andan el pwd, ls, cp y otros comandos de Linux).

ARCHIVO CONF

- Guarda información que va directamente al HEADER de la imagen y es usada por el SHOWP.
- Se pueden agregar nuevos campos (inventados) en el HEADER de las imagenes escribiendo en el conf:

KEYWORD = valor

(los campos nuevos solo serán strings de caracteres, no numéricos).

- Si hay un campo repetido con distintos valores se queda con último valor del campo que lee.
- Tiene algunos parámetros que son esenciales, si faltan muestra un mensaje de error.
- Las tareas filter, gain, etc. que se modifican a través de los comandos se modifican el archivo conf y son esos valores los que quedan almacenados en HEADER de las imagenes.

```
# Star_i header information
# Federico A. Bareilles
#
```

```
OBJECT = etacar           # Objet name
RA = 10:45:04            # Catalog RA
DEC = -59:41:04          # Catalog DEC
EQUINOX = 2000.5
FILTER = HA
NOTE =
```

```
#OBJECT = wr25           # Objet name
#RA = 10:44:10           # Catalog RA
#DEC = -59:43:11         # Catalog DEC
#EQUINOX = 2000.0        # Julian epoch of ra and dec
#FILTER = V
```

```
OBSERVER = CF - VB
```

```
#COMMENT = line 1
#COMMENT = line 2
```

```
#OBJECT = skyflat        # Objet name
```

Preguntas varias y algunas respuestas

Errores varios y algunas soluciones

- ... mmm ... Tomé bias, darks o flats con el comando `expose....`
 - En el HEADER de la imagen (campo `IMAGETYP`) no aparece que es un bias, dark o flat. Hay que modificarlo a mano (de lo contrario al reducir las imagenes Iraf los toma como imagenes de ciencia e intenta medirlas).
 - Para mirar campos del HEADER de una imagen:
 - en IRAF - ecl> images - imutil: `hselect filename $l,keyword1,keyword2,.... yes`
 - Para cambiar el header:
 - en IRAF- ecl> images - imutil
 - `hedit filename keyword valor up+ ver+`
 - (up- muestra lo que va a hacer pero no lo hace, ver+ pregunta)
 - sino ir al epar de la tareas
 - Los skyflat pueden tomarse con el `ustari.sh` si hay suficiente luz.
 - El `ustari.sh` guarda bien la información en el HEADER: `IMAGETYP=flat, OBJECT=dflat / sflat`
 - Las letras rojas en `ustari.sh` son muy útiles

- **Qué tipos de terminales hay y en cuál funciona cada programa?**

Hay tres tipos de terminales: Kconsole (la sugerencia es no usarla), Xterminal o NXterminal y XGterminal

- ✓ **Stari** anda sobre una Xterminal o XGterminal
- ✓ **IRAF** anda sobre una XGterminal (unicamente)
- ✓ **ustari.sh** corre sobre una Xterminal o Xgterminal (guarda las imágenes en el directorio desde el cual se abrió)

- **En qué directorios se trabaja?**

Trabajamos siempre en el **/data/etacar** o **/data/wr25** (creado a partir de otro directorio data; el **/home/data/etacar**)...el **/data/etacar** se creó para que todos, entrando como usuarios distintos, tuvieramos los permisos abiertos.

Fisicamente hablando existe un solo directorio donde se guarda la información (la información no está duplicada).

ecl (IRAF) se abre desde el home de cada uno y luego se entra a los otros directorios

- **Me equivoqué en el tiempo de exposición y largué la integración, Cómo se cancela?**

Ctrol C o Ctrol Z - (Cro Z es más nocivo)

- **Me olvidé de editar el conf cuando comencé a observar wr25...Qué pasa?**

El problema son las coordenadas y los parámetros que se calculan a partir de sus valores, AVISAR - Si quedó mal el nombre del filtro en la imagenes. (cambiarlo!!! pero no pasa nada)

Imágenes FITS

- **FITS** es el acrónimo de 'Flexible Image Transport System'
- Es el formato standard para almacenar y trabajar con datos astronómicos.
- **FITS** es más que un formato de imagen (como el .JPG o .GIF). Fue diseñado para:
 - almacenar,
 - transportar
 - analizarsets de datos científicos
- arreglos multidimensionales: espectros de 1-D, imágenes de 2-D o cubos de datos 3-D
- tablas en 2 dimensiones con filas y columnas de información.
- HEADERS con información descriptiva sobre los datos

SIMPLE = T / Fits standard
BITPIX = 16 / Bits per pixel
NAXIS = 2 / Number of axes
NAXIS1 = 384 / Axis length
NAXIS2 = 576 / Axis length
EXTEND = T / File may contain extensions
BSCALE = 1.000000E0 / REAL = TAPE*BSCALE + BZERO
BZERO = 3.276800E4 /
ORIGIN = 'NOAO-IRAF FITS Image Kernel July 2003' / FITS file originator
IRAF-TLM= '22:58:59 (08/05/2007)' / Time of last modification
COMMENT FITS (Flexible Image Transport System) format is defined in 'Astronomy
COMMENT and Astrophysics', volume 376, page 359; bibcode: 2001A&A...376..359H
DATE = '2007-05-08T22:46:14' / file creation date (YYYY-MM-DDThh:mm:ss UT)
IMAGETYP= 'object ' / Type of observation
OBJECT = 'etacar ' / Name of object
RA-CAT = '10:45:04' / Catalog RA
DEC-CAT = '-59:41:04' / Catalog DEC
EQUINOX = 2000.5 / Julian epoch of ra and dec
DATE-OBS= '2007-05-08' / UT Date of observation (YYYY-MM-DD)
TIME-OBS= '22:45:28' / Universal time (UTC) at exposure start
UT = '22:45:28' / Universal time (UTC) at exposure start
JD = 2454229.44824074
RA = '10:45:20.04' / RA
DEC = '-59:43:14.04' / DEC
EPOCH = 2007.34961872893 / Epoch of observations
EXPTIME = 10. / Total Exposure Time
GAIN = 1 / System gain factor 1 or 4
GAINADU= 50. / Gain factor in elec/adu
RDNOISE = 25 / read noise, elec/pixel
DARKCURR= 15 / elect/sec/pix
FILTER = 'V ' / Filter description
TEMPERAT= -45 / CCD Temperature
OBSERVER= 'CF,VB ' / Observer(s)
OBSERVAT= 'Observatorio de La Plata'
TELESCOP= 'Reflector 0.80m'
INSTRUME= 'CCD Photometrics Star I' / Instrument used for observation
PIXSCALE= 0.296 / Pixel scale in arcsec/pixel
LATITUDE= -34.90675111111111
LONGITUD= -57.9322995
ALTITUDE= 20.
ST = 9.98762173580435 / Local mean siderial time
HA = 23.2320548629313 / Hour Angle
ZD = 25.9833873616815 / Topocentric zenith distance
AZIMUTH = 346.37435805231 / Topocentric azimuth
AIRMASS = 1.1122028917001 / Air mass
DATAMAX = 3622.
DATAMIN = 61.
MAXCOUNT= 1 / DATAMAX in MAXCOUNT pixels
SOFT_VER= '0.3.0 ' / Software version number
SYSUSER = 'ceciliaf' / System user name
NOTE = '- '
COMMENT stari camera control, (c) Federico A. Bareilles (License GPL)
END

- El formato **FITS** se desarrolló a finales de los '70 como un formato para archivar e intercambiar archivos con datos astronómicos
- Luego se comenzó a usar como un formato de archivos on-line que puede ser leído y escrito directamente por software de análisis de datos.
- Un archivo .fits consiste en 1 o más (Multi Extention Fits): **Header + Data Units (HDUs)**.
- El primer HDU debe contener un arreglo digital n-dimensional de pixels (espectro, imagen, cubo de datos). Este arreglo primario puede ir seguido de otros HDU. Estos HDU adicionales se llaman "extensiones FITS". Existen tres tipos de extensiones Fits standards:
 - Imagen: arreglo n-dimensional de pixels, como el primer arreglo
 - Tabla ASCII: Filas y columnas de datos en formato ASCII
 - Tabla Binaria: filas y columnas de datos en representación binaria
- Cada HDU consiste en un HEADER en formato ASCII seguido de una Data Unit (opcional)
- Cada HEADER tiene un número de palabras claves de 80 caracteres con la siguiente forma general:
 - KEYNAME = valor / comentario string

- Los nombres de los keywords pueden tener hasta 8 caracteres (letras mayúsculas, dígitos 0-9, guión y guión bajo). El keyword es seguido usualmente por un "=" y espacio en las columnas 9 – 10 y luego el valor del keyword, que puede ser un número entero o de punto flotante, una cadena de palabras entre comillas o un valor booleano (letras T o F).
- El último keyword en el HEADER es siempre `END`.
- Cada unidad de HEADER comienza con ciertos keywords obligatorios que especifican el tamaño y formato del Data Unit. Por ejemplo, para una imagen bidimensional el HEADER comienza así:

- SIMPLE = T / file does conform to FITS standard
- BITPIX = 16 / number of bits per data pixel
- NAXIS = 2 / number of data axes
- NAXIS1 = 440 / length of data axis 1
- NAXIS2 = 300 / length of data axis 2

Estos keywords pueden ir seguidos por otros opcionales para describir distintos aspectos de los datos almacenados: como la fecha y tiempo de observación, etc.

- Cuando se trabaja con las imágenes, por ejemplo usando IRAF, se van agregando keywords adicionales en los headers, que describen los procesos realizados.

DS9. Despliegue de imagenes

SAOImage-DS9. Astronomical Data Visualization Application

- SAOImage DS9 es una aplicación para la visualización de imágenes y datos astronómicos. Permite la interacción con software de procesamiento de datos como el IRAF

(SAO: Smithsonian Astrophysical Observatory)

(DS9 de Deep Space Nine de Startrek)

IRAF--> Image Reduction and Analysis Facility