

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA
FACULTAD DE MATEMATICA ASTRONOMIA Y FISICA

SERIE "A"

TRABAJOS DE ASTRONOMIA

Nº 1/97

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

Características, Puesta a Punto, Operación y Reducción de Datos

Rubén Díaz, Santiago Paolantonio,
Guillermo Goldes y Gustavo Carranza



CIUDAD UNIVERSITARIA - 5000 CORDOBA
REPUBLICA ARGENTINA



N° 1/97

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

Características, Puesta a Punto, Operación y Reducción de Datos

Rubén Díaz, Santiago Paolantonio,
Guillermo Goldes y Gustavo Carranza

INTRODUCCION

Durante el proceso de observación y tratamiento de datos el astrónomo se ve enfrentado a una serie de condicionamientos que limitan el empleo eficaz de los medios disponibles; entre las limitaciones más importantes se pueden citar:

a) *Los efectos atmosféricos*: las limitaciones en transmisión reducen el rango espectral recibido; el seeing produce un borroneo de los detalles de frecuencia espacial elevada. La solución óptima (muy costosa) es la observación fuera de la atmósfera (del tipo del Telescopio Espacial Hubble). Una alternativa mas "económica" consiste en localizar los observatorios en sitios de buena transparencia y reducido seeing (ej. Norte chileno, Hawaii, Canarias). Con las modernas tecnologías de óptica adaptativa las consecuencias de esos efectos atmosféricos pueden reducirse a un mínimo: los telescopios equipados con ese tipo de tecnología pueden considerarse "limitados por difracción" sin importar sus grandes diámetros.

b) *Las características de los telescopios*: determinan el campo utilizable, la resolución angular límite y la luminosidad de las imágenes. La solución pasa por el empleo de ópticas evolucionadas, tipo Ritchey-Chretien u ópticas adaptativas, de manera de alcanzar los límites de la difracción en el mayor campo posible. En tierra, y con ópticas tradicionales (no-adaptativas), el resultado óptimo es un campo grande, con resolución limitada por seeing en el rango espectral filtrado por la atmósfera. Esto es, el objeto astronómico se reduce a un campo bidimensional (muestreado espacialmente según el seeing) de elementos discretos radiando en un rango amplio entre longitudes de onda límites.

c) *Las características del instrumental de análisis de la radiación*: determinan un rango espectral libre (de redundancias) y un intervalo espectral resuelto (resolución instrumental). La idea es obtener el mayor intervalo espectral libre y el más elevado poder resolvente utilizables en el campo considerado. Una limitación importante en ese sentido es el hecho de que para la mayoría de los instrumentos la luminosidad es inversamente proporcional a la resolución. La información emerge como una discretización del espectro considerado dentro del intervalo espectral libre. La luminosidad del conjunto instrumental queda definida por las características geométricas y de transmisión de la óptica, tanto del telescopio como de los instrumentos de análisis.

La intervención de atmósfera, telescopio e instrumental de análisis transforma en consecuencia el objeto extenso de espectro dado en un cubo tridimensional de datos $I(\alpha, \delta, \lambda)$, con un número determinado de elementos, susceptibles cada uno de alcanzar un cierto flujo.

La etapa siguiente de la cadena de observación es la **detección**, y es una de las que introduce las restricciones mas enérgicas: los detectores usados poseen una estructura que establece el mínimo elemento de detección, los niveles umbral de señal que registra cada uno, y la extensión (numero de elementos detectores). Todo esto determina la capacidad del detector. Otro factor a tener en cuenta para el diseño o la elección de un determinado instrumental astronómico de análisis de radiación es el del aprovechamiento de la superficie del detector, así como el aprovechamiento del tiempo de observación, ambos condicionan fuertemente el "rendimiento" del proceso de observación astronómica.

Se evidencia así la mayor dificultad, que consiste en "empaquetar" un objeto tridimensional (el cubo de datos) en un receptor bidimensional, el detector. Ello obliga a realizar compromisos o decisiones sobre cuantos elementos espaciales se inspeccionan y con cuanta amplitud o detalle espectral se los analiza.

Casos extremos son el objeto "puntual", en cuyo análisis espectral se invierte la totalidad de la capacidad del detector, y la imagen monocromática (un canal espectral) o integrada (todos los canales espectrales sumados) de un área: la observación consume toda la capacidad del detector en información geométrica.

espectrógrafos de campo integral (IFS), que mediante el principio de la inversión campo-pupilar separan claramente los efectos de la resolución espacial y de la resolución espectral; se puede así realizar con cierta facilidad espectrofotometría bidimensional con resolución limitada sólo por seeing. Si bien su empleo más eficiente se logra acoplándolos a grandes telescopios (4 a 6 metros), existen numerosos problemas que pueden ser satisfactoriamente encarados con instrumentos de tamaño mediano.

Las mayores ventajas en la adquisición de datos se obtienen, en los casos indicados, mediante métodos de observación secuencial o de barrido.

En base a estas consideraciones surgió en Córdoba en mayo de 1993, se desarrolló y precisó en Chile, Marsella y Zelentchuck durante el resto de 1993 y 1994, la idea de implementar un instrumento multifuncional, que incluyese, entre otras, las opciones de imagen directa, espectroscopía de ranura larga, Fabry-Perot (PYTHEAS y CIGALE), apto para ser usado en Bosque Alegre.

El concepto guía fue el de facilitar, dentro de lo posible, el uso durante una misma noche de varias alternativas realizando cambios simples.

El principio óptico del instrumento está basado en un colimador "fuera de eje" Maksutov ($F=600$ mm, $f/12$) y una cámara apocromática ($F=200$ mm, $f/3.5$), con un haz de 50 mm en el modo de observaciones espectroscópicas y de 30 mm en el modo de reductor focal. Intercambiar el modo de uso implica solamente reemplazar redes, intercalar espejos, ranuras o tramas de lentes y regular el enfoque del telescopio cuando corresponda.

La multifuncionalidad del instrumento da la posibilidad de estudiar la estructura morfológica de un objeto en rangos espectrales de banda ancha y/o angosta, estudiar su cinemática con el sistema de ranura larga o con el barrido de un interferómetro Fabry-Perot, y algunas partes interesantes de los mismos usando la tecnología IFS con un muestreo espacial desde 1.5 hasta 0.9 segundos de arco. Para los objetos más brillantes el modo IFS podría ser usado con el barrido de un interferómetro Fabry-Perot (sistema PYTHEAS) o mediante una configuración echelle, es decir en modos de elevada resolución espectral y amplio rango espectral al mismo tiempo.

El instrumento, cuyas características se describen a continuación, fue desarrollado por los Doctores S. Dodonov y V. Afanasiev y el Ingeniero S. Drabek en el SAO (Observatorio Especial de Astrofísica), Academia de Ciencias de Rusia, en cuyos talleres se ejecutó la mayor parte de la construcción. Las etapas finales se realizaron en Córdoba con participación de personal del Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de Córdoba.

La instalación del instrumento en el telescopio implicó una serie de mejoras en el mismo que elevaron su performance hasta niveles adecuadamente competitivos.

Es un acto de justicia reconocer en este trabajo la excelente labor cumplida por los cuerpos técnicos del Observatorio, tanto en calidad como en intensidad de trabajo; especial mención y reconocimiento merecen las actuaciones del ingeniero J. Sánchez y los técnicos E. Pizarro y L. Landi.

La elaboración de este manual ha sido posible gracias a las Becas otorgadas a dos de los autores (R. Díaz e Ing. S. Paolantonio) por la Asociación Argentina de Astronomía, que por este intermedio agradecemos.

Córdoba, 15 de mayo de 1995

G. Carranza, G. Goldes, R. Díaz, S. Paolantonio

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
INDICE GENERAL	3
I. ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES	5
El Telescopio	5
Configuraciones	5
Descripción	8
Preparación de la observación	15
Fin de la observación	16
Reemplazo de red o espejo 1	16
Procedimiento de enfoque de la cámara	17
Características de las redes de difracción	19
Red de 300 l/mm, Mapas de líneas, Espectros de comparación (He-Ne-Ar)	20
Red de 600 l/mm, Mapas de líneas, Espectros de comparación (He-Ne-Ar)	21
Red de 1200 l/mm, Mapas de líneas, Espectros de comparación (He-Ne-Ar)	27
Filtros interferenciales	37
II. CAMARA CCD	38
Descripción	38
Operación	41
Verificaciones	45
Carga de nitrógeno líquido	49
Calibración del control de temperatura	49
MODOS NO ESPECTROSCOPICOS	50
1. IMAGEN DIRECTA	50
Configuración	50
Operación	52
Procedimiento de enfoque	52
2. IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL	56
Configuración	56
Operación	59
Procedimiento de enfoque	60
Comentarios generales	61
3. IMAGEN MULTIPUPILAR	62
Configuración	62
4. IMAGEN MULTIPUPILAR INTERFERENCIAL	64
Configuración	64

	MODOS ESPECTROSCOPICOS DE BAJA DISPERSION	66
5.	ESPECTROGRAFO RANURA LARGA	66
	Configuración	66
	Operación	68
	Instalación de la ranura	72
	Calibración de la ranura	72
	Centrado de la ranura sobre la imagen del objeto	73
	Comparaciones y flatfields de lámpara	74
	Orientación de la ranura y rotación del espectrógrafo	75
	Comentarios generales	75
6.	ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL (multipupila, "tipo TIGRE")	77
	Configuración	77
	Operación	78
	Procedimiento de enfoque	79
	Realización de comparaciones y flatfields de lámpara	79
	Comentarios generales	80
	MODOS ESPECTROSCOPICOS DE ALTA DISPERSION	84
7.	MODO TIPO CIGALE (ESPECTROGRAFO INTERFERENCIAL DE CAMPO INTEGRAL)	84
	Configuración	84
8.	MODO TIPO PYTHEAS (ESPECTROGRAFO A DISPERSION CRUZADA, FABRY-PEROT + RED)	86
	Configuración	86
9.	ESPECTROGRAFO ECHELLE	88
10.	SOFTWARE DE REDUCCION	90
	Reducción de imágenes directas	90
	Reducción modo espectrógrafo ranura larga	90
	Conversión de formato	91
	Visualización de imágenes en formato ".dat"	92
	Determinación de seeing	94
	Eliminación de rayos cósmicos	94
	Operaciones con imágenes	95
	Desplazamiento de imágenes	95
	Cortes de imágenes	95
	Vectores, visualización y operaciones	96
	Conversión a longitud de onda	96
	Ajuste de gaussianas y cálculo de velocidad radial	97
	Configuración del Norton Commander	99
	Tratamiento de espectros: modo Espectrografo Multipupilar	99
	Parámetros para la ejecución de los programas	102

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES

El Telescopio

El EMF se encuentra instalado en el telescopio reflector ecuatorial de 1.54m de la Estación Astrofísica de Bosque Alegre.

Este instrumento fue inaugurado en el año 1942 y modernizado en repetidas ocasiones. Actualmente se cuenta con posiciones censadas y movimientos automatizados. El control puede realizarse completamente desde la sala de mando ubicada en el lado sur de la cúpula.

Posee dos focos accesibles, el Newtoniano y el Nasmyth, siendo este último el utilizado para el EMF. La relación focal en el foco Nasmyth es de $f/19$, con una escala de $6.7''/\text{mm}$.

Como alternativas se puede controlar el telescopio desde la consola principal ubicada a un lado del mismo, o desde una manopla accesible desde el EMF y desde los telescopios buscadores.

Antes del comienzo de la noche de observación es necesario ubicar la plataforma de acceso al foco newtoniano (que no se utiliza) en su posición más baja y retirada. Esta operación se realiza con comodidad desde la consola principal. Los cables que sostienen la plataforma deben ser permanentemente controlados si se observa cerca del polo.

Para la puesta en hora del telescopio se deben seguir los siguientes pasos:

- 1- Ubicar el telescopio en ángulo horario cero y declinación -31 , para lo cual se emplean los círculos graduados. El mando se realiza desde la consola principal.
- 2- Encender los encoders y la PC de mando del telescopio ubicados en la sala de control.
- 3- Inicializar los encoders en -31 y 0 respectivamente, para ello se mueven las ruedas frontales hasta que marquen -31 y 00 , y apretar el botón de inicialización.
- 4- Debe verificarse y eventualmente corregir la hora y fecha de la computadora con los comandos *TIME* y *DATE* del DOS. Luego lanzar el programa *TELES*. Este programa comanda el telescopio.
- 5- Determinar la posición de una estrella brillante próxima al cenit a partir de las efemérides que se pueden ubicar en la sala de control.
- 6- Calcular el ángulo horario de la estrella para un hora dada a partir del tiempo sidéreo indicado por la PC.
- 7- Mover el telescopio al ángulo horario calculado. A la hora fijada encender la relojería del telescopio desde la consola. Mover a la declinación de la estrella.
- 8- Pasar el control a la manopla del foco Nasmyth y centrar la estrella en el retículo de alguno de los buscadores.
- 9- Luego ingresar las coordenadas en el programa *TELES*. A partir de este momento el programa indicará las coordenadas del telescopio, tiempo sidéreo y *TU*.

Se cuenta con un mecanismo de enfoque comandado directamente desde la sala de control. El mismo desplaza axialmente el espejo secundario de la configuración Nasmyth, por medio de un motor paso a paso. La posición del espejo se encuentra sensada a la milésima de milímetro, y es mostrada en la pantalla de una de las computadoras de la sala.

Configuraciones

El Espectrógrafo Multifunción permite las siguientes alternativas de configuración, que se corresponden a modos de utilización diferenciados:

MODOS NO ESPECTROSCOPICOS

- 1- *Imagen directa*
- 2- *Imagen directa interferencial*
- 3- *Imagen multipupilar*
- 4- *Imagen multipupilar interferencial*

MODOS ESPECTROSCOPICOS DE RESOLUCION MODERADA

- 5- *Espectroscopía ranura larga*
- 6- *Espectroscopía de Campo Integral (Modo tipo TIGRE)*

MODOS ESPECTROSCOPICOS DE RESOLUCION ELEVADA

- 7- *Espectroscopía interferencial de campo integral (Modo tipo CIGALE)*
- 8- *Espectroscopía a dispersión cruzada Fabry-Pérot+red (Modo tipo PYTHEAS)*
- 9- *Espectroscopía Echelle*

A continuación se describen sucintamente .

1- Imagen Directa

Con este modo se pueden lograr imágenes directas con filtros de absorción. El sistema óptico Colimador-Cámara provoca una demagnificación de 3, obteniéndose un campo de 5.7' x 5.7' sobre el detector CCD.

2- Imagen Directa Interferencial

Este modo solo difiere del Imagen Directa en que los filtros son reemplazados por filtros interferenciales. Se pueden obtener así imágenes cuasi-monocromáticas de objetos extensos en determinadas líneas de emisión. Los filtros interferenciales se pueden montar de a dos en la rueda ubicada en el plano focal del EMF, o de a uno frente a la lente de cámara del EMF.

3- Imagen Multipupilar

Se trata de la discretización de una imagen extensa en micropupilas a la entrada del instrumento según el principio de Inversión Campo-Pupila. Se obtiene mediante un arreglo de microlentes montadas a nivel del plano focal en el carro porta-ranura. Este modo del EMF permite obtener la "imagen" del objeto observado descompuesta en tanta partes (cada una de iluminación uniforme) como microlentes lo abarcan. El principal campo de aplicación es la fotometría superficial de objetos extensos. Esta configuración, que cuenta con dos variantes, requiere de un incremento de la razón focal del telescopio que puede llegar a $f/400$. Por esta razón el campo cubierto es pequeño. El arreglo posee 12×16 microlentes, cada una de las cuales abarca un campo cuadrado de 1,5" ó 0.9" de lado, según la variante elegida.

4- Imagen Multipupilar Interferencial

La configuración anterior puede complementarse con el agregado de filtros interferenciales, montados de a uno sobre el soporte de las microlentes.

5- Espectroscopía Ranura Larga

Este modo permite la obtención de espectros con red de difracción y ranura larga (3'50" sobre el cielo), con dispersiones comprendidas entre 40 y 170 Å/mm, y una cobertura espectral entre 3600 y 10000 Å.

6- Espectroscopía de Campo Integral (Modo tipo TIGRE)

La configuración de Espectroscopía de Campo Integral (multipupilar) se logra agregando una red de difracción en el haz colimado del reductor focal a la configuración "3" (Imagen Multipupilar). De este modo se obtiene un espectro por cada microlente del arreglo, en correspondencia con la región del objeto observado abarcado por la misma (1,5x1,5" ó 0,9"x0,9" según la variante elegida). La dispersión y rango espectral de cada espectro son los correspondientes a la red utilizada. Es posible con esta configuración obtener mapas de velocidades radiales de objetos extensos. Este montaje admite también el agregado de un filtro interferencial junto a la trama de lentes (plano focal), con lo cual se pueden obtener mapeos bidimensionales de velocidad radial en una determinada línea de emisión.

7- Espectroscopía Interferencial de Campo Integral (Modo tipo CIGALE)

En este modo, semejante a CIGALE o TAURUS, es posible realizar espectroscopía bidimensional con la resolución espectral del Fabry-Pérot, obteniéndose como resultado un cubo de datos compuesto por un espectro del rango espectral libre del interferómetro en cada pixel del detector. Es un típico caso de sistema espectroscópico formador de imágenes, ya que cada cubo de datos puede entenderse también como un conjunto de imágenes filtradas por el patrón de interferencia del Fabry-Pérot.

8- Espectroscopía a dispersión cruzada Fabry-Pérot+red (Modo tipo PYTHEAS)

Es un sistema de dispersión cruzada Fabry-Pérot más red que permite obtener espectros de resolución elevada (la del interferómetro), y rango espectral extendido (el de la red) sobre un campo bidimensional, en el cual el muestreo espacial se lleva a cabo mediante el mismo arreglo de microlentes usados en los modos antes descritos. La red de difracción trabaja como separador de órdenes. Cada observación proporciona como resultado un cubo de datos.

9- Espectroscopía ECHELLE

Se cuenta con una red Echelle de 31.6 líneas/mm, que junto a una red cruzada de 400 líneas/mm en posición del segundo espejo hacen posible obtener una configuración Echelle clásica. Es posible de esta manera obtener espectros con una resolución del orden de 10.000.

Todas las configuraciones, a excepción del modo Echelle, pueden ser utilizadas en principio durante la misma noche de observación. La configuración Echelle requiere el cambio de lugar del TV-Guider y el reemplazo de diversas partes, lo que hace lento su montaje.

Tomando como referencia las vistas y el esquema del EMF mostrados en las figuras I-1, I-2 y I-3, se han definido seis posiciones claves para sendos elementos que determinan las distintas configuraciones del espectrógrafo.

La figura I-5 muestra esquemáticamente los elementos constitutivos y disposición de los mismos para cada configuración. Las siguientes son las claves para las abreviaturas empleadas en dicha figura.

V = vacío	FA = Filtro de absorción	FI = filtro interferencial
FP = etalón Fabry-Perot	RL = ranura larga	RR = ranura reflectante
R = red de difracción	RC = red cruzada	E = red echelle
MP = arreglo de microlentes	E1 = espejo 1	E2 = espejo 2
M = multiplicador de distancia focal		

Para el detalle de cada figuración remitirse a las hojas correspondientes y las figuras 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1, 7-1, 8-1, 9-1 y 9-2.

Descripción

El Espectrógrafo Multifunción (EMF) es un instrumento de diseño modular que permite acceder en forma relativamente sencilla a nueve configuraciones diferentes, que se corresponden con otros tantos modos de utilización - y finalidades - también diferenciados (Ver ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - Configuraciones). El instrumento se halla montado en el foco Nasmyth del telescopio reflector de la Estación Astrofísica de Bosque Alegre (Ver ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - El Telescopio).

La adaptación del instrumento a los diferentes modos se logra mediante el intercambio de elementos (redes, espejos, etc.) ubicados en ciertas posiciones particulares a lo largo de la trayectoria óptica de la radiación incidente (ruedas de filtros, plano focal, pupila conjugada, etc.). Estos recambios de partes son en general operaciones en sí muy simples. Las nueve configuraciones posibles han sido clasificadas en tres categorías diferentes, a saber:

- modos no espectroscópicos (sin analizadores espectrales),
- modos espectroscópicos de resolución espectral moderada,
- modos espectroscópicos de resolución espectral elevada.

A continuación se describen las características generales del instrumento (remitirse a las figuras I-1, I-2, I-3, y I-4).

El Espectrógrafo consiste esencialmente, en su parte común a todas las configuraciones, en un colimador "fuera de eje" tipo Maksutov con una distancia focal equivalente de 600 mm y razón focal $f/12$, y en una cámara apocromática de distancia focal igual a 200 mm y razón focal $f/3.5$. El ángulo entre los ejes colimador-red y red-cámara (el ángulo de incidencia más el ángulo de difracción, medido sobre el plano de incidencia) es de 30° . En las configuraciones no-espectroscópicas, el sistema trabaja simplemente como un reductor focal, generando una demagnificación en un factor 3 y ampliando consecuentemente el campo angular útil cubierto por el detector.

El EMF tiene una estructura compacta, con el cuerpo principal construido en chapa de aluminio. El espejo del colimador se ubica en el extremo de una estructura tubular de chapa de alrededor de 60 cm de longitud. La cámara CCD se ubica en la parte superior del instrumento. La radiación es dirigida hacia la cámara mediante el espejo plano 2, ubicado a 45° del eje óptico. Todo el conjunto del EMF puede ser rotado alrededor del eje óptico emergente del telescopio gracias al sistema de sujeción al telescopio diseñado y construido en los talleres del Observatorio de Córdoba. El acceso a los distintos elementos intercambiables y partes internas se realiza a través de 4 puertas situadas en la cara Oeste (A, B, C y D en la figura I - 1); existen además otras tantas tapas fijadas mediante tornillos.

Los movimientos de las redes, ranura, obturador, etc. pueden ser controlados en forma remota desde la sala de observación por medio de una manopla de control (figura I - 4). Estos movimientos son generados por mecanismos de motores-tornillos sin fin-tuercas o coronas.

El sistema destinado al guiado es el denominado "TV - Guider", que consiste en una cámara de TV móvil acoplada a un tubo intensificador de imágenes. Mediante este sistema, dotado de un periscopio móvil que puede barrer bidimensionalmente el haz de entrada en forma perpendicular al eje óptico, se obtienen imágenes estelares en tiempo real en un monitor a tal fin. El periscopio está formado por dos pequeños espejos planos paralelos entre sí y a 45° del eje, y por un sistema de lentes intermediarias, y puede desplazarse "verticalmente" (eje Y). Por su parte el conjunto de periscopio, intensificador y cámara puede moverse "horizontalmente" (eje X). La posición del periscopio es permanentemente sensada de forma tal que es posible en todo momento conocer la posición del centro del campo del TV - Guider respecto del centro del campo del CCD (eje óptico). Existen dos juegos diferentes de lentes intermediarias en el interior del periscopio; estos dos sistemas se emplean alternativamente: uno para los modos "multipupilares" en los cuales se utiliza una lente multiplicadora de distancia focal; y el otro en todos los demás modos. De tal forma el TV - Guider puede estar en foco para cualquiera de los dos tipos de configuración. Los dos sistemas de lentes se encuentran montados en el cuerpo del periscopio en sendos tubos paralelos, y se pueden intercambiar en forma deslizante, accediéndose a ellos a través de la puerta A. El espejo de entrada

del periscopio tiene sus dos caras espejadas: la inferior permite el acceso de la luz al TV - Guider, la superior por su parte permite desviar la radiación de las lámpara de comparación o flatfield al interior del espectrógrafo. Para esta segunda función el periscopio debe ubicarse en el centro del campo (eje óptico del EMF, posición $X=867$, $Y=059$). Las lámparas disponibles son una de He-Ne-Ar para las comparaciones y una de tungsteno (continuo) para flatfield. Por otra parte, durante el guiado el periscopio debe situarse fuera del eje óptico a fin de no bloquear la parte central del campo del CCD (guiado con estrellas periféricas - OFFSET).

En el modo Echelle, el TV - Guider es utilizado en forma diferente, esto es, para observar la imagen de la estrella guía en la ranura reflectante. En este caso el TV - Guider se monta fuera del EMF, sobre un costado, y sobre el mismo lado se ubican las lámparas de flatfield y comparación.

Siguiendo el camino de un haz luminoso proveniente del cielo a través del telescopio, los primeros elementos con que nos encontramos son dos ruedas de filtros consecutivas. La primera (rueda I) tiene montados en forma permanente dos lentes multiplicadoras de distancia focal que se utilizan en los modos multipupilares, y que proporcionan dos escalas diferentes. La interposición de estas lentes divergentes lleva la razón focal del sistema a $f/250$ o $f/400$, respectivamente. Otros dos lugares quedan en la rueda I: uno debe quedar libre para permitir el acceso directo de la luz a la rueda II, el otro puede utilizarse para instalar un difusor para emplear en los flatfields y/o comparaciones. La rueda II también tiene 4 lugares que se pueden utilizar para instalar filtros coloreados de absorción de 80 mm x 80 mm (están disponibles los B, V, R e I). El acceso a ambas ruedas de filtros es posible por la puerta A. Para imagen directa deben interponerse lugares libre de ambas ruedas en la trayectoria óptica.

El EMF cuenta con un obturador situado a continuación de las ruedas I y II, antes del plano focal. Consiste en una lámina deslizante cuya apertura o cierre demanda unos 15 segundos. Se puede acceder al mismo o verificar su posición por la puerta D.

A continuación, y sobre el plano focal, se encuentra el carro porta-ranura, que se monta y desliza sobre colizas que permiten, mediante el movimiento de un tornillo comandado con un motor, desplazar la ranura hasta el eje óptico. En la misma posición (plano focal) y en carros semejantes se montan, en las diferentes configuraciones, el arreglo de microlentes y el interferómetro de Fabry-Pérot para el modo tipo PYTHEAS. Para el modo Echelle la ranura reflectante se monta en la misma posición (plano focal) pero sobre un soporte especial fijo. Al plano focal se accede a través de la puerta C.

Inmediatamente a continuación del plano focal se encuentra la lente de campo, que desvía los rayos marginales de la periferia del campo de forma de reenviarlos sobre el colimador y evitar así viñeteos perjudiciales. Esta lente no tiene la simetría usual ya que se trata en realidad de un sector de lente y no de una lente completa. Por su parte el espejo del colimador está construido en material cerámico, y su orientación puede ser regulada por medio de tres tornillos calantes a los que se accede desmontando la cubierta cilíndrica, y por el extremo de la estructura tubular.

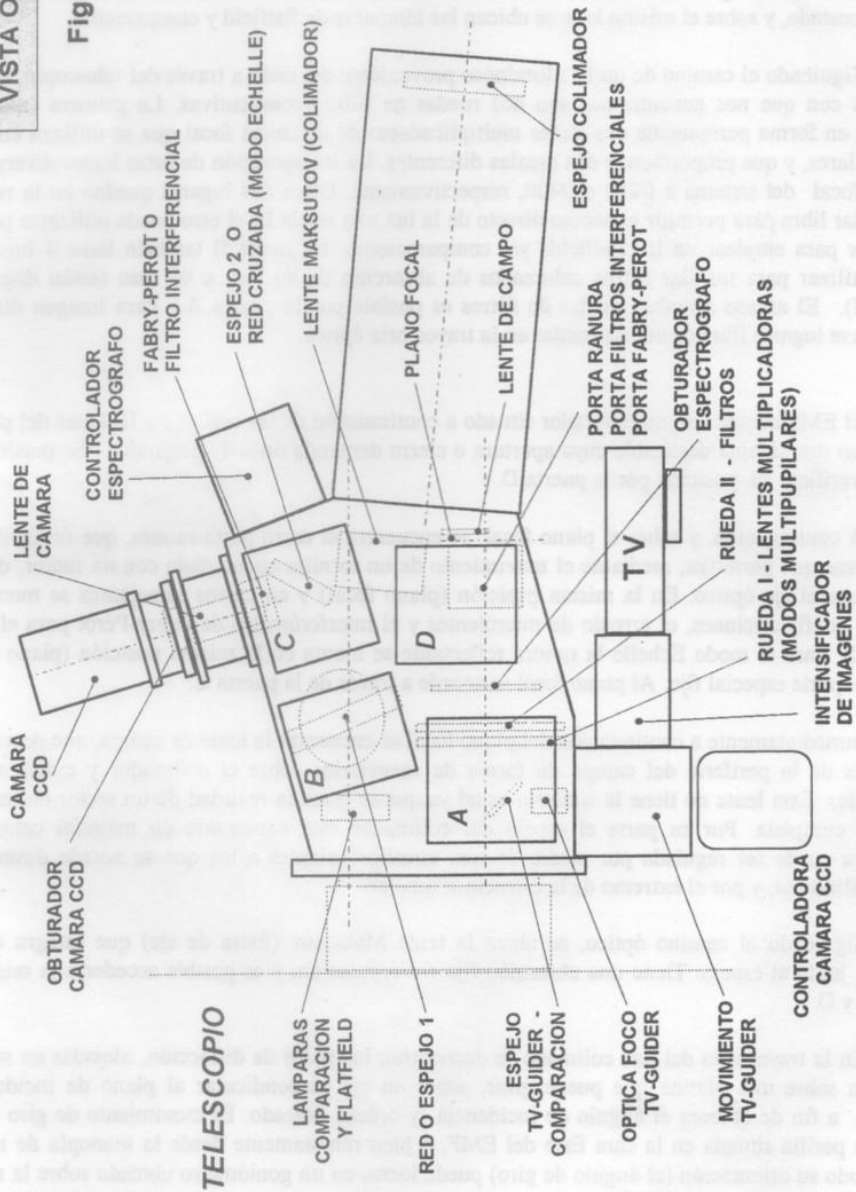
Siguiendo el camino óptico, se ubica la lente Maksutov (fuera de eje) que integra el conjunto colimador junto al espejo. Tiene una ubicación fija sin regulación, y es posible acceder a la misma por las puertas C y D.

En la trayectoria del haz colimado se encuentran las redes de difracción, alojadas en soportes que se montan sobre una platina que puede girar, sobre un eje perpendicular al plano de incidencia de la radiación, a fin de obtener el ángulo de incidencia (y orden) deseado. El movimiento de giro se controla desde una perilla situada en la cara Este del EMF, o bien remotamente desde la manopla de mando. Del mismo modo su orientación (el ángulo de giro) puede leerse en un goniómetro ubicado sobre la misma cara Este o en los displays en la sala de mando. La misma posición que las redes ocupa el espejo plano 1 para los modos no-espectroscópicos, alojado en un soporte también similar. En esos casos el ángulo leído en el goniómetro debe ser de aproximadamente $33^{\circ} 30'$ a fin de que el espejo quede en posición simétrica respecto de los ejes (colimador-espejo 1) y (espejo 1-espejo 2) (la misma orientación en principio que para las redes en orden cero). El acceso a la platina de redes se realiza por la puerta B. Los soportes o receptáculos que alojan las redes tienen tapas deslizables que se abren durante las observaciones.

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

VISTA OESTE

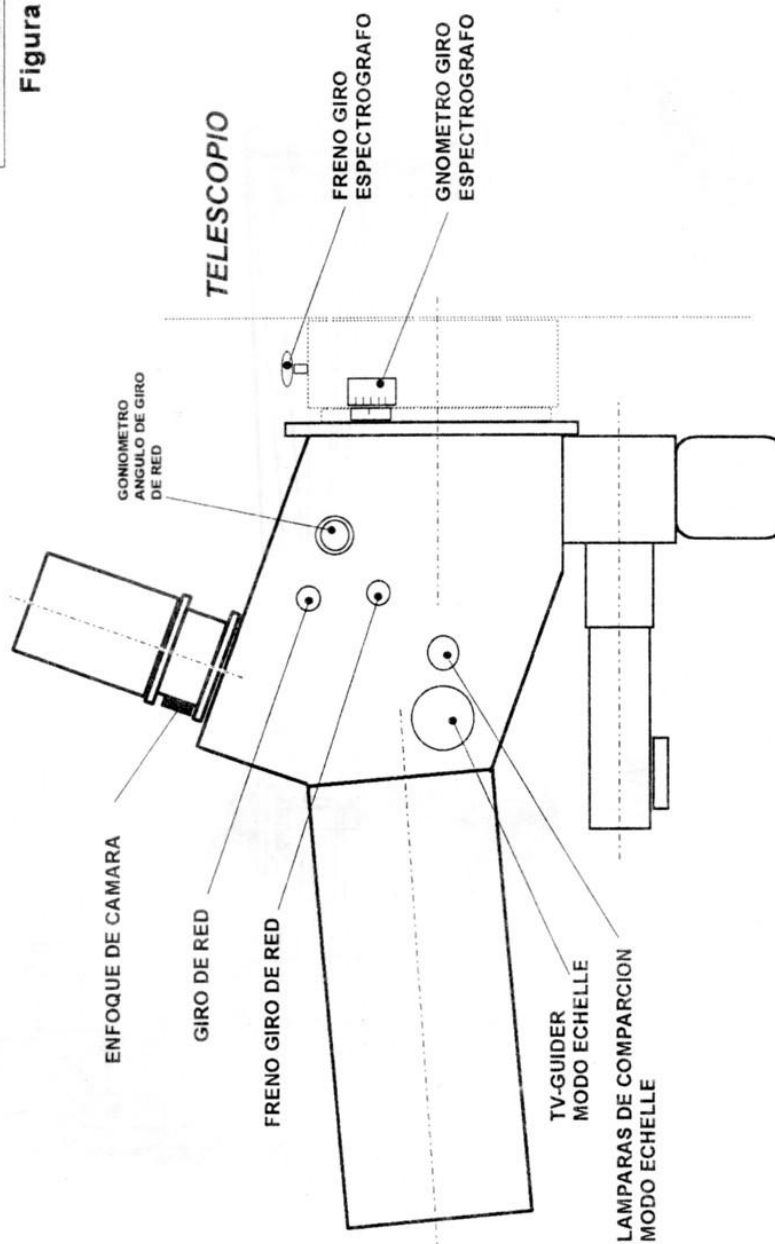
Figura I-1



ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

VISTA ESTE

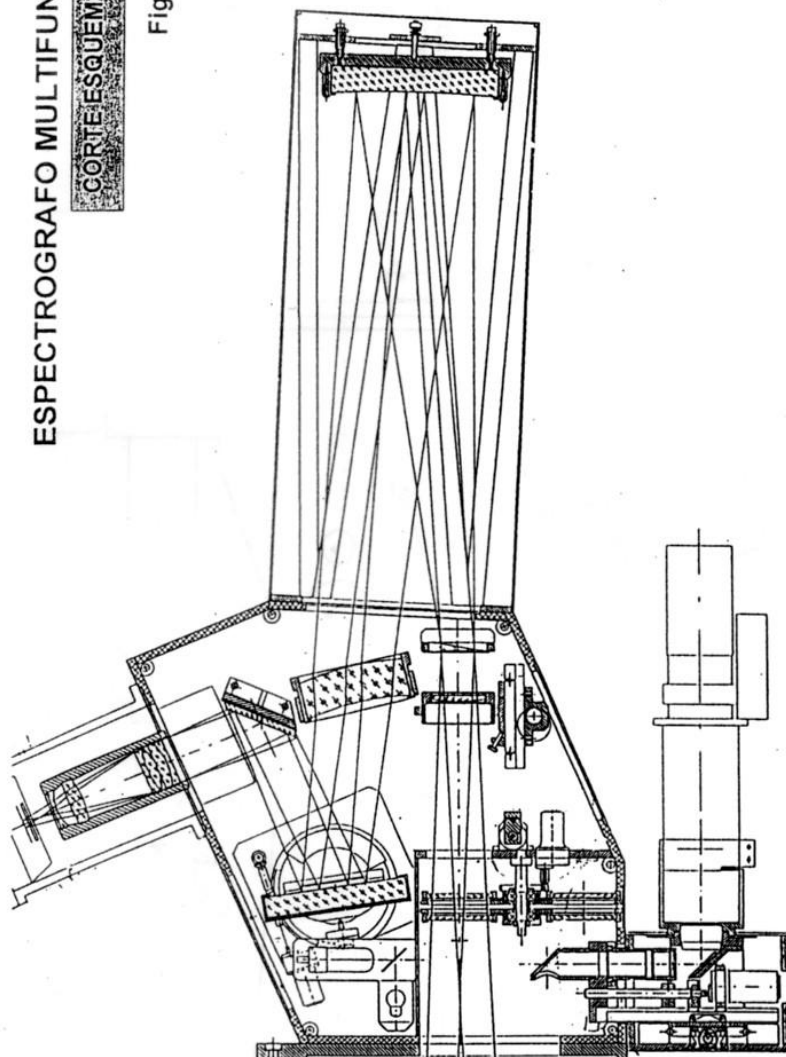
Figura I-2



ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

CORTE ESQUEMATICO

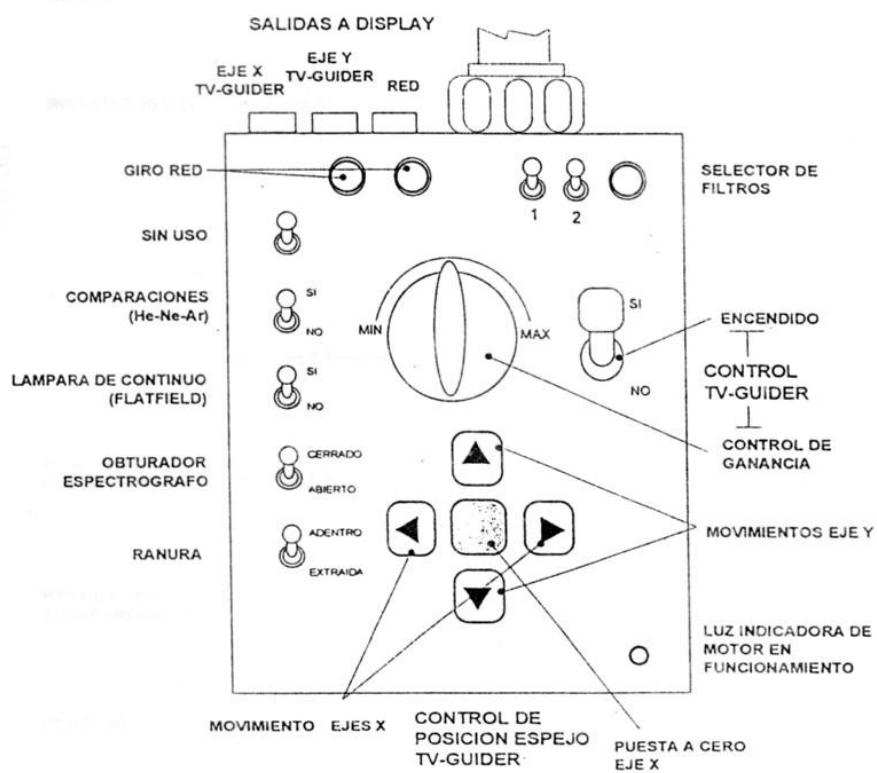
Figura 1-3



ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

MANOPLA DE CONTROL

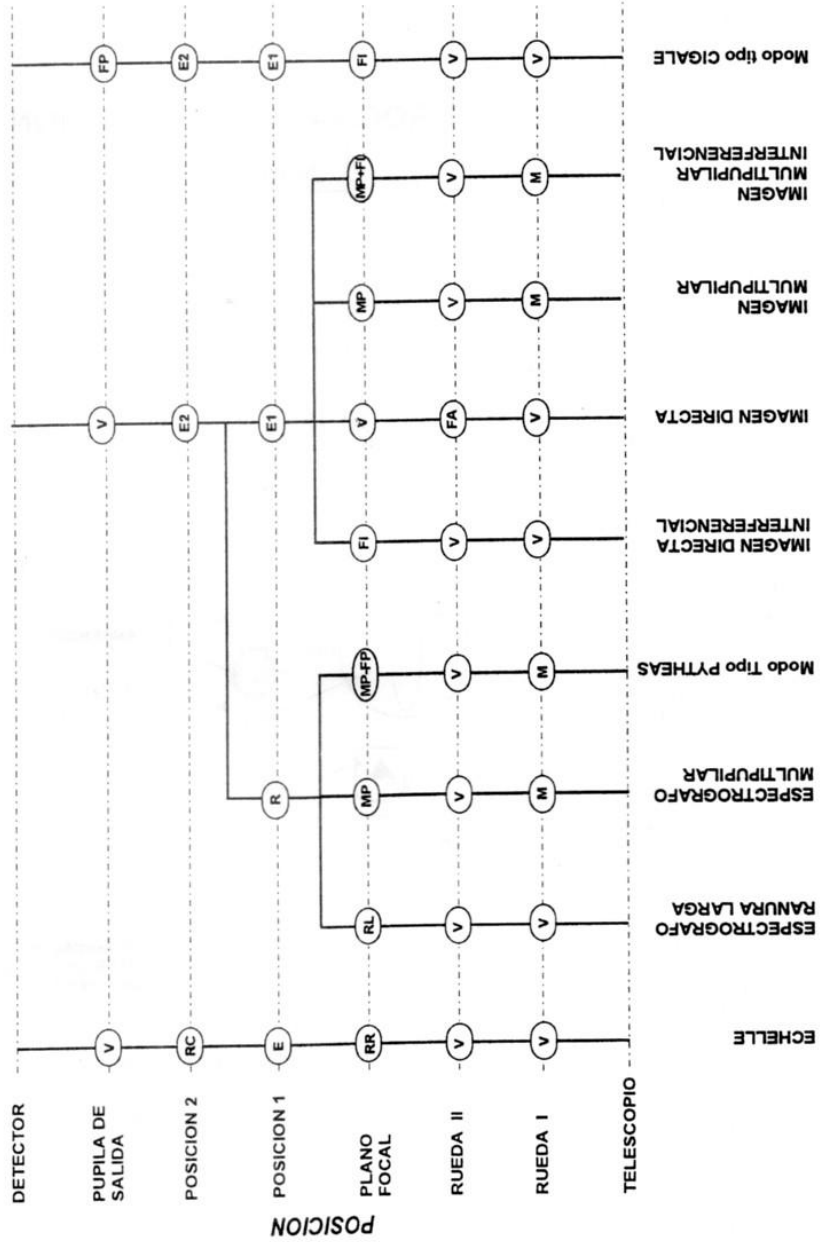
Figura I-4



ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

ESQUEMA DE CONFIGURACIONES

Figura I-5



Para el modo Echelle, la red Echelle se ubica en la misma posición descrita para las otras redes, pero su orientación queda fija, las pequeñas correcciones de ángulo eventualmente necesarias se llevan a cabo mediante un tornillo en el receptáculo de la red.

Continuando a lo largo del camino óptico, los haces colimados difractados (o reflejados en el espejo 1) se encuentran con el espejo plano 2, que desvía esos haces proveniente de las redes (o del espejo 1) hacia la cámara CCD. Este espejo 2 se halla orientado a 45° del eje óptico, de manera de generar un quiebre del eje de 90° . El espejo 2 es reemplazado por la red cruzada (separador de órdenes) en la configuración Echelle.

Finalmente los haces inciden sobre la cámara del EMF: la lente de cámara tiene una distancia focal de 200 mm, y una regulación de foco propia, para el ajuste grueso. Además existe la posibilidad de un enfoque fino, por medio de una perilla graduada situada en el cuerpo de la cámara CCD y sobre la lente de cámara (ver fig. I-2). El último elemento en el camino del haz es el chip CCD, contenido en un recinto estanco al vacío y que es refrigerado por el nitrógeno líquido contenido en el interior del termo del cuerpo de la cámara a través de un dedo metálico que hace contacto en su cara posterior. La unidad de control de temperatura se halla montada debajo de la caja del TV-Guider.

Preparación de la Observación

Antes de comenzar la noche de observación, deben llevarse a cabo ciertas tareas indispensables a fin de permitir que el equipamiento se halle en perfectas condiciones de operación al momento de comenzar las observaciones:

- * Durante la tarde, y al menos tres horas antes del comienzo de las observaciones, llenar con nitrógeno líquido el cróstató de la cámara CCD siguiendo las indicaciones de **"CAMARA CCD - Carga de nitrógeno líquido"**.
- * Al atardecer, como mínimo una hora antes del comienzo de las observaciones, se deberá abrir la cúpula a fin de permitir la igualación de temperatura entre el interior y el exterior para evitar turbulencias que deterioran sensiblemente el seeing. De esta forma se permite además que el telescopio iguale su temperatura a la del medio y se minimicen las deformaciones mecánicas por contracción-dilatación durante la observación. Estos cambios mecánicos deterioran la calidad de las imágenes y hacen variar la distancia focal del telescopio. Con idéntico propósito se debe proceder a abrir los pétalos que protegen al espejo primario. Mientras la cúpula se encuentre abierta se debe vigilar en forma permanente el estado del tiempo a fin de poder cerrarla en caso de lluvias, niebla, humedad muy elevada o vientos muy intensos.
- * Configurar el EMF de la forma adecuada para el comienzo de la observación. Tener en cuenta que toda observación comienza por una secuencia de flats y procedimientos de enfoque.
- * Al ingresar a la cúpula al comienzo de la noche se deben encender los interruptores de la consola central de control: alimentación de energía para el telescopio, zapatas de arrastre, iluminación.
- * Encender la PC de control del telescopio, de adquisición y de reducción. Encender además los sensores de orientación del telescopio. El tiempo interno de la PC de control del telescopio debe ser controlado y eventualmente corregido. A continuación se debe lanzar el programa TELES y poner en hora el telescopio: esto puede hacerse calando el telescopio en ciertas coordenadas dadas e ingresando los valores de las coordenadas en el control de los encoders y en el programa TELES. Una vez en hora el telescopio, se puede encender la relojería del telescopio desde la consola central.
- * Cerciorarse de que la alimentación de alta tensión del TV-Guider esté cortada desde la manopla de control y a continuación encender la alimentación del EMF.

- * Encender las PC de adquisición y de reducción. Lanzar la intercomunicación entre ambas, a través de interlink-interserver. Verificar que exista suficiente espacio para almacenar los archivos a generar en los discos E:\ de ambas PC.
- * Encender los multímetros que se utilizan para leer la posición del espejo secundario (enfoco) y del periscopio del TV-Guider (manopla de control).
- * Retirar las tapas de las redes o espejos.
- * Proceder a realizar las series de BIAS, DARKS y FLATS que se estimen convenientes.
- * Concluidas las tareas anteriores, el sistema se encuentra en condiciones para comenzar la tarea de observación que se iniciará, en todos los casos, con el procedimiento de enfoco utilizando una estrella.
- * Antes de encender el TV-Guider (primero debe encenderse la alimentación en ganancia cero y luego aumentar la ganancia paulatinamente), asegurarse de apagar todas las luces de la sala del telescopio y cerrar las puertas que comunican con la sala de control. Esta operación no debe llevarse a cabo si el cielo aún está claro.

Fin de la Observación

Una vez finalizada la noche de observación, las tareas mínimas que deben llevarse a cabo antes de abandonar la cúpula son.

- * Antes de encender luces en la sala del telescopio o abrir la puerta que comunica con la sala de control, asegurarse de que la alimentación de alta tensión del TV-Guider haya sido cortada (primero reducir la ganancia y luego apagar con el interruptor)
- * Una vez grabados en el disco duro la totalidad de los archivos de interés, deberán apagarse las PC de adquisición, reducción, y control del telescopio.
- * Cubrir con sus tapas todas las redes.
- * Cerrar los pétalos que cubren el espejo primario del telescopio.
- * Apagar la relojería del telescopio
- * Ubicar el telescopio en su posición de reposo ($H=0$ h, $\delta=-55^\circ$), de esa forma la cámara CCD queda en posición vertical.
- * Apagar los multímetros que muestran las posiciones del espejo secundario (enfoco) y del periscopio del TV-Guider (manopla de control).
- * Cortar la alimentación de la cámara CCD y del EMF. El controlador de temperatura debe quedar encendido (NO desenchufar)
- * Todas las tapas de acceso al EMF deben quedar cerradas y trabadas.
- * Cerrar la cúpula y girarla hasta que la abertura quede mirando al Sur.
- * Apagar todos los interruptores de la consola principal del telescopio.
- * Una vez completadas las tareas anteriores, se podrá abandonar la cúpula cerciorándose de que no queden luces encendidas.

Reemplazo de Red o "Espejo 1"

El montaje de las redes o del espejo 1 se realiza por la puerta "B" del EMF (fig. I-1).

Tanto en el proceso de montaje como en el desmontaje la tapa de la red (o espejo) debe estar colocada.

Para extraer la red o espejo se deben seguir los siguientes pasos:

- 1- Ubicar el soporte de red aproximadamente en un ángulo de 34° , utilizando la perilla ubicada sobre el lado Este del EMF (ver fig. Y-2). Abrir la puerta B.
- 2- Poner la tapa a la red (o espejo)
- 3- Desmontar la lámpara de comparación, aflojando el tornillo. Colocar la lámpara a un costado evitando golpearla.
- 3- Tomar la red (o espejo) con una mano y con la otra aflojar el tornillo que la retiene en el soporte.
- 4- Retirar la red (o espejo) por la abertura de la puerta B, para ello orientar la red según la diagonal de la abertura.

Para colocar la red o espejo:

- 1- Orientar el soporte de red en un ángulo de 34° , aproximadamente. Abrir la puerta B.
- 2- Desmontar la lámpara de comparación, aflojando el tornillo de sujeción. Colocar la lámpara a un costado evitando golpearla.
- 3- Introducir la red (o espejo) por la diagonal de la abertura.
- 4- Calzar primero la guía de la montura de la red en la corredera del soporte.
- 5- Ajustar el tornillo que fija el soporte con una mano mientras que con la otra se sostiene la red (o espejo). Debe prestarse atención a los cables de alimentación de la lámpara de comparación.
- 6- Verificar que la red este correctamente colocada en la guía, tanto en su posición longitudinal como en su asiento.
- 7- Montar la lámpara de comparación.
- 8- Sacar la tapa de la red (o espejo) y cerrar la puerta B.

Debe tenerse extremo cuidado de no golpear la red cuando pasa la abertura "B", que es sumamente estrecha.

Se debe tener cuidado de no golpear la lámpara de comparación mientras se realiza el cambio de red, ni olvidar volver a montarla luego, pues se la puede romper al mover el telescopio.

Para estas operaciones es conveniente prender las luces de cúpula (chequear previamente que el TV-Guider se encuentre apagado).

Procedimiento de Enfoque de la Cámara

Este procedimiento debe realizarse al principio del turno de observación y consiste en regular la posición de la lente de cámara del EMF a fin de que el plano de la ranura quede enfocado sobre el detector. Posteriormente, durante las observaciones sólo se varía el enfoque del telescopio (se cambia la posición del espejo secundario).

La posición de la lente de cámara no debe ser tocada sin antes consultar con el personal a cargo del instrumento. Se puede controlar el estado del enfoque de la misma cada vez que se cambie la red o el espejo, variando las lecturas en dos unidades alrededor del valor medido inicialmente.

Procedimiento:

- 1- Abrir la ranura hasta una abertura de 50 micrometros (Ver "ESPECTROGRAFO RANURA LARGA-Calibración de la ranura"), y situarla en el plano focal del telescopio (Ver "ESPECTROGRAFO RANURA LARGA-Instalación de la ranura").
- 2- Colocar el espejo o red de difracción en orden cero (aproximadamente 34°).

- 3- Centrar el TV-Guider en el eje óptico.
- 4- Encender la lámpara de comparación.
- 5- Variar la posición de la lente de cámara cambiando la lectura en el tornillo graduado (en la parte superior del espectrógrafo, debajo de la cámara CCD, fig. I-2 vista Este). Se recomienda comenzar con variaciones de 5 unidades.
- 6- Se recomienda tomar nota del valor inicial.
- 7- A medida que se varía la posición de la lente de cámara, utilizar el programa PMIS para medir el ancho de la imagen de la ranura y la intensidad máxima (opción Plot-Row, Plot-Limits para ver una porción menor del corte), tomar nota de cada valor y posición correspondiente. Hacer el Plot-Row siempre en la misma fila.
- 8- Ubicar la lente de cámara en aquella posición en que la intensidad fue máxima (este parámetro es el más apreciable) y el ancho mínimo. Repetir el procedimiento realizando variaciones de sólo 1 unidad en la lectura a un lado y otro de la misma, ya que existe un paso muerto de alrededor de 2 unidades.
- 9- Apagar la lámpara de comparación.
- 10- Tomar nota del valor óptimo. Se aconseja tomarlo como una constante para el resto del turno de observación.

Existe la posibilidad de colocar en el plano focal una placa con perforaciones a modo de "point test", en vez de la ranura. De esta forma se puede chequear el estado global de enfoque de una forma más precisa y sobre un campo bidimensional. Antes de realizar esta prueba o el Test de Hartmann, se debe consultar al personal de apoyo.

Características de las redes de difracción

Las redes disponibles para ser utilizadas en los distintos modos de espectrógrafo del EMF son tres. Los datos y principales parámetros de uso se detallan en la tabla I-1.

TABLA I-1

Red Nº	l/mm	Blaze (Å) (°)	Eficiencia Máxima (%)	Dispersión Å/pixel	Resolución Ranura 2" (Å)	Rango Espectral (Å)	Cobertura Espectral (Å)
1	300	5000 5	63	3.2	10	3200	3500- 9000
2	600	6600 10	79	1.6	5	1600	4600- 11800
3	1200	5500 5	70	0.8	2.5	800	3850- 9900

Estas redes se montan (fig. I-1) sobre una platina que puede ser girada desde la manopla de control o desde la perilla ubicada del lado Este del EMF (fig. I-2).

Las redes a usar en el modo Echelle tienen las siguientes características:

TABLA I-2

Red	l/mm	Blaze (Å) (°)	Eficiencia Máxima (%)	Dispersión Å /pixel	Resolución Ranura 2" (Å)	Rango Espectral (Å)
CRUZADA	400	8453 9.74	90	-	-	-
ECHELLE	31.6	todas 65	77 (orden 30)	0.17 (5200 Å)	0.5 / 0.7	2400

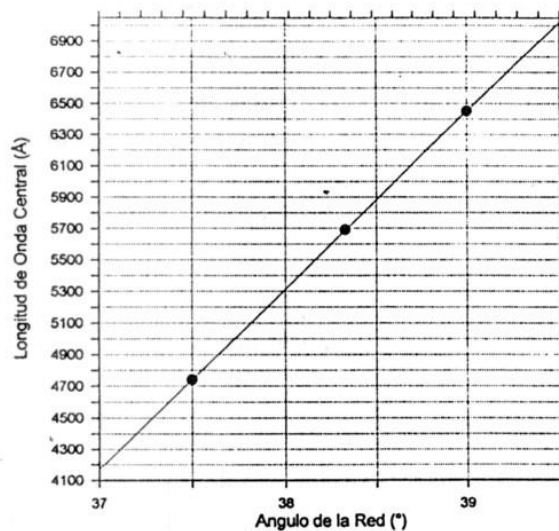
RED de 300 l/mm

TABLA I-3

L.O. Central (Å)	Angulo (°)	L.O. Central (Å)	Angulo (°)	L.O. Central (Å)	Angulo (°)
4740	37.50	5690	38.33	6450	39

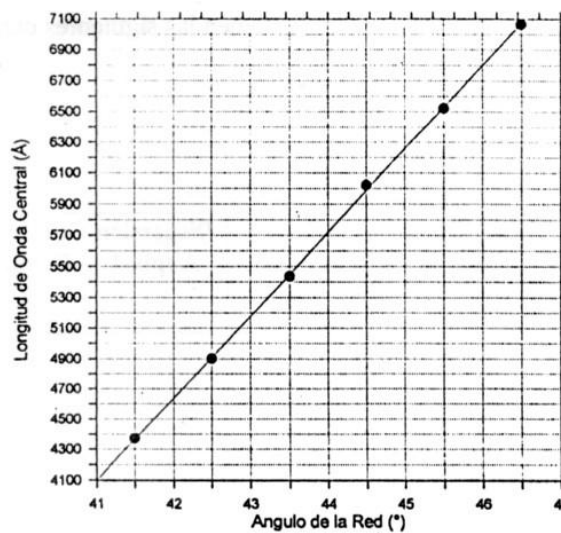
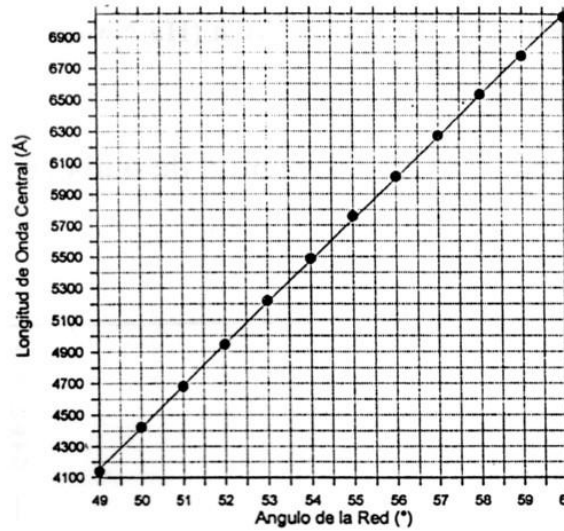
RED de 600 l/mm

TABLA I-4

L.O. Central (Å)	Angulo (°)	L.O. Central (Å)	Angulo (°)	L.O. Central (Å)	Angulo (°)
4370	41	5435	43	6520	45
4900	42	6020	44	7065	46

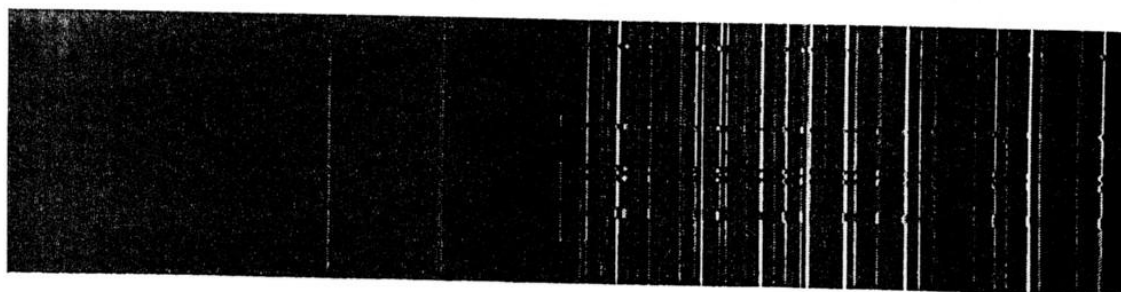
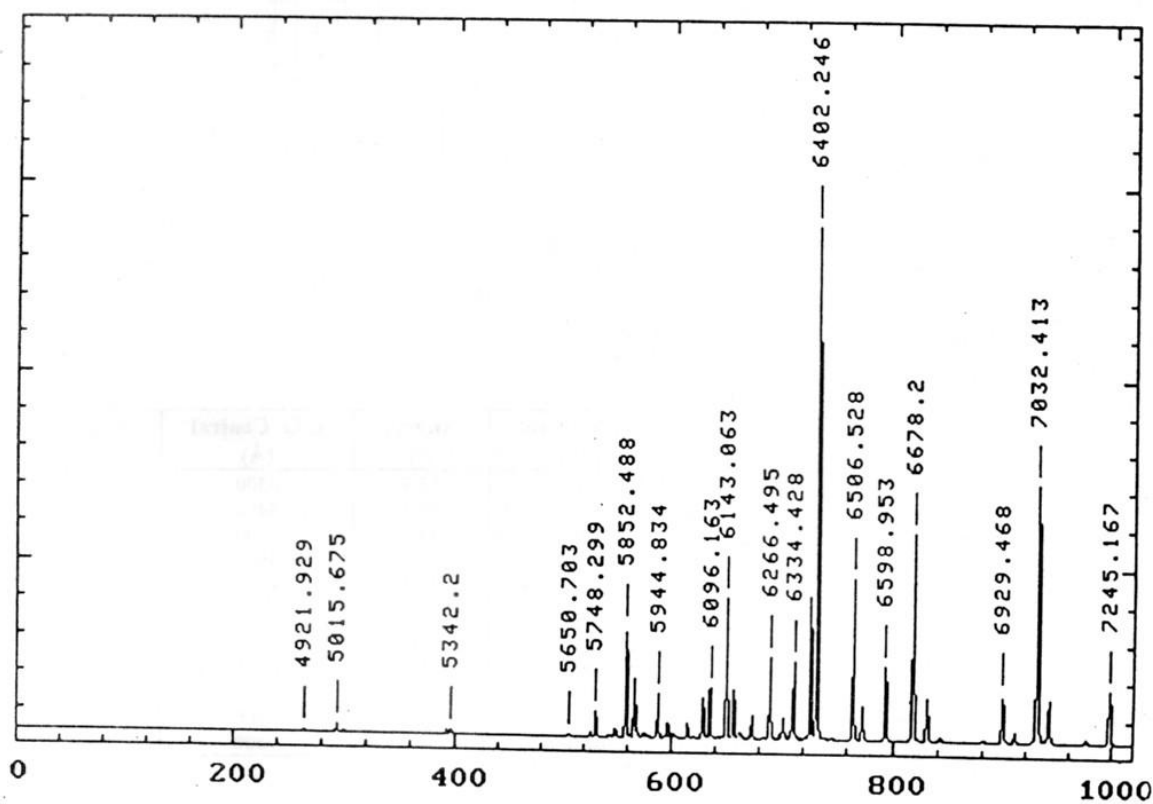
RED de 1200 l/mm**TABLA I-5**

L.O. Central (Å)	Angulo (°)	L.O. Central (Å)	Angulo (°)	L.O. Central (Å)	Angulo (°)
4100	48.8	5200	53.0	6300	57.1
4200	49.2	5300	53.3	6400	57.5
4300	49.5	5400	53.7	6500	57.9
4400	49.9	5500	54.1	6600	58.3
4500	50.3	5600	54.5	6700	58.7
4600	50.7	5700	54.9	6800	59.0
4700	51.1	5800	55.2	6900	59.4
4800	51.4	5900	55.6	7000	59.8
4900	51.8	6000	56.0	7100	60.2
5000	52.2	6100	56.4	7200	60.6
5100	52.6	6200	56.8	7300	60.9

Red de 300 l/mm.

Mapa de líneas, espectro de comparación (He-Ne-Ar)

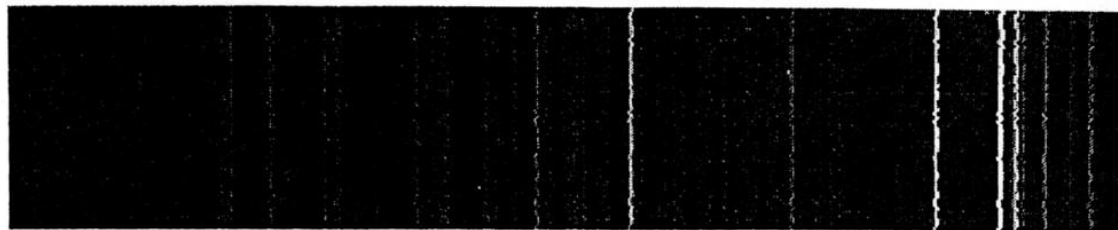
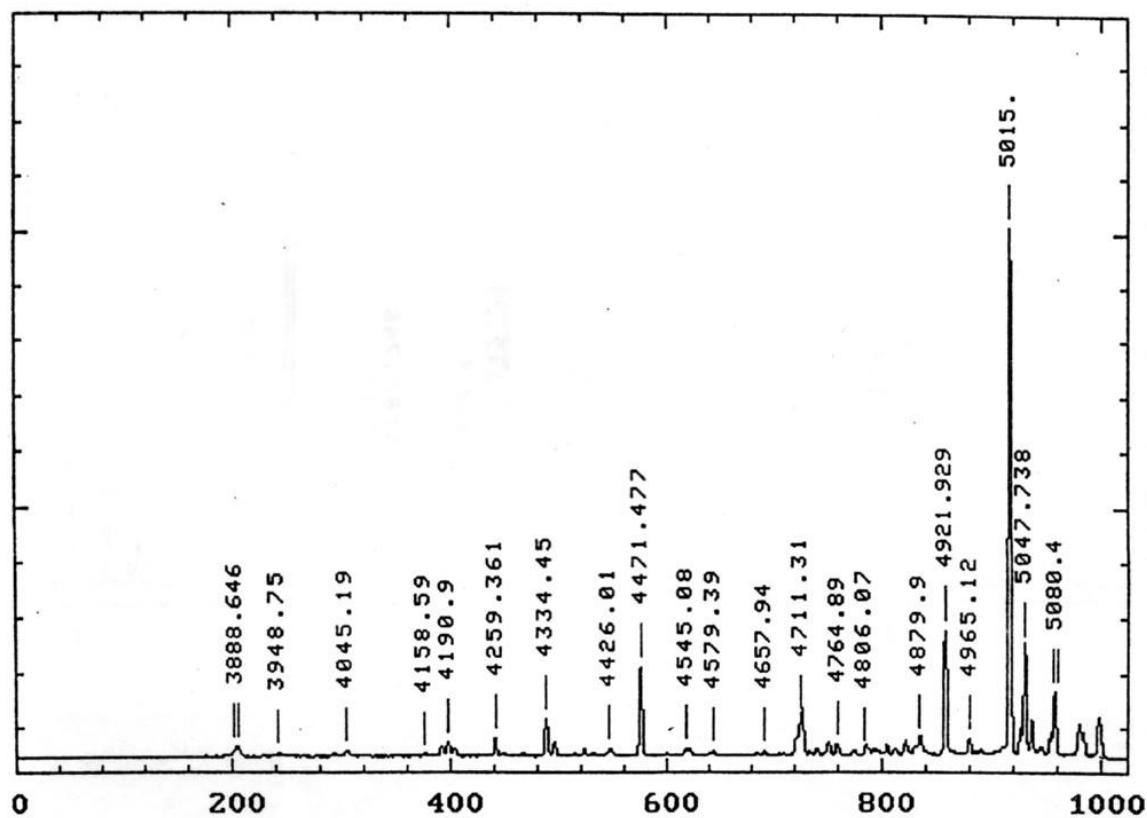
Ángulo de red: $38^{\circ}20'$ Longitud de onda central: $5690 \text{ \AA}$



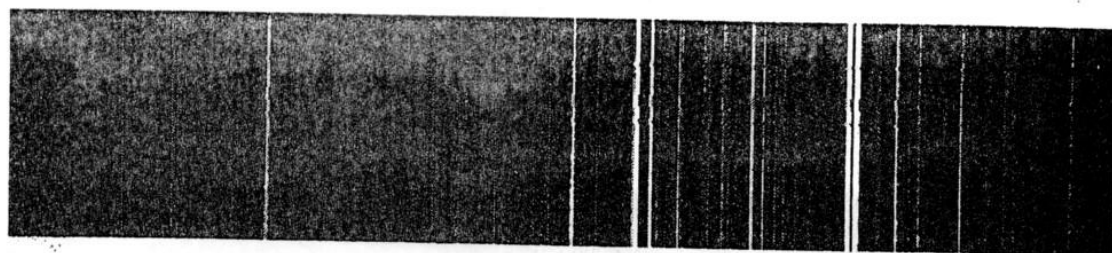
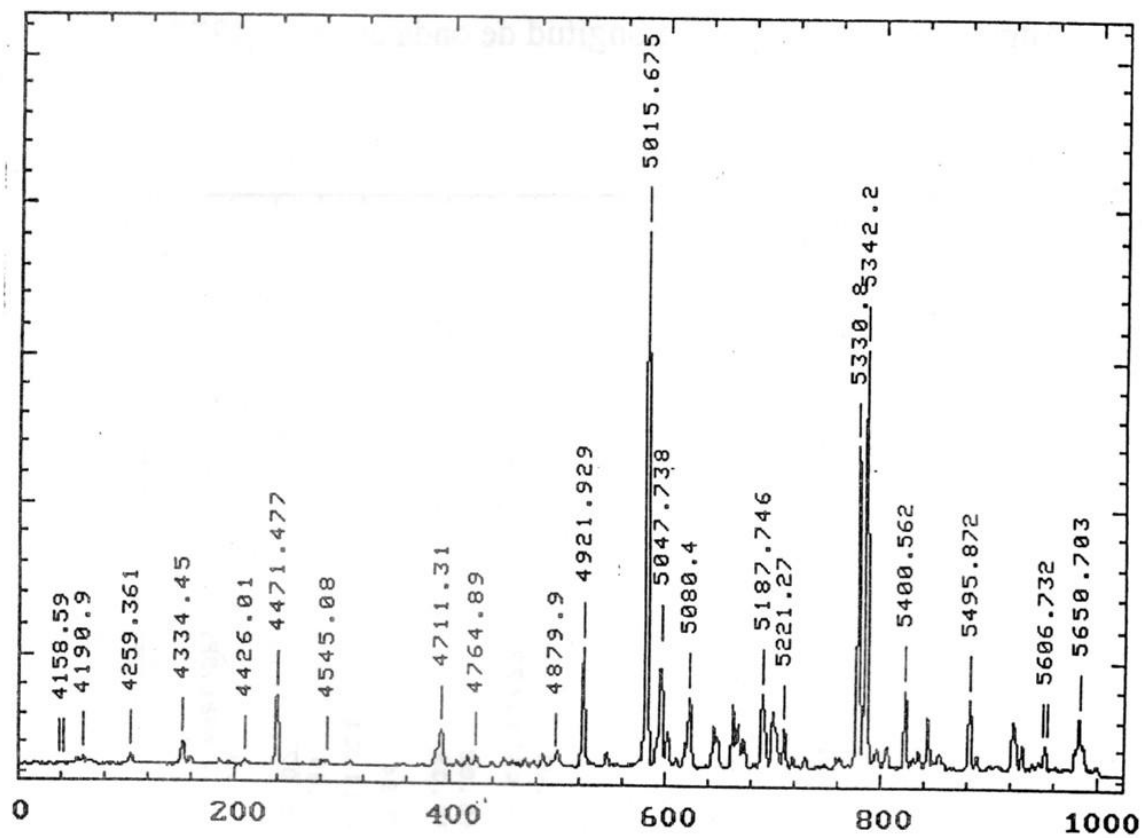
Red de 600 l/mm.

Mapa de líneas, espectro de comparación (He-Ne-Ar)

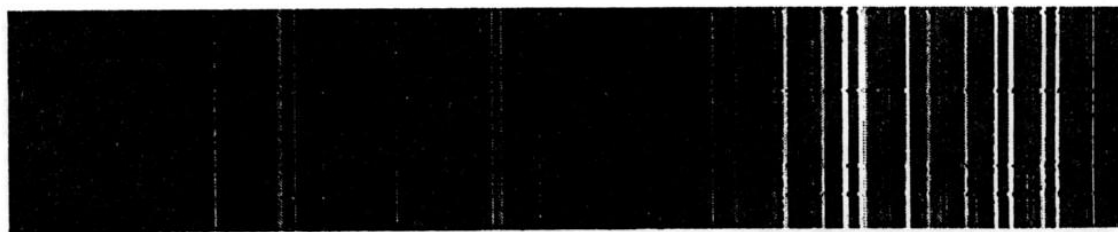
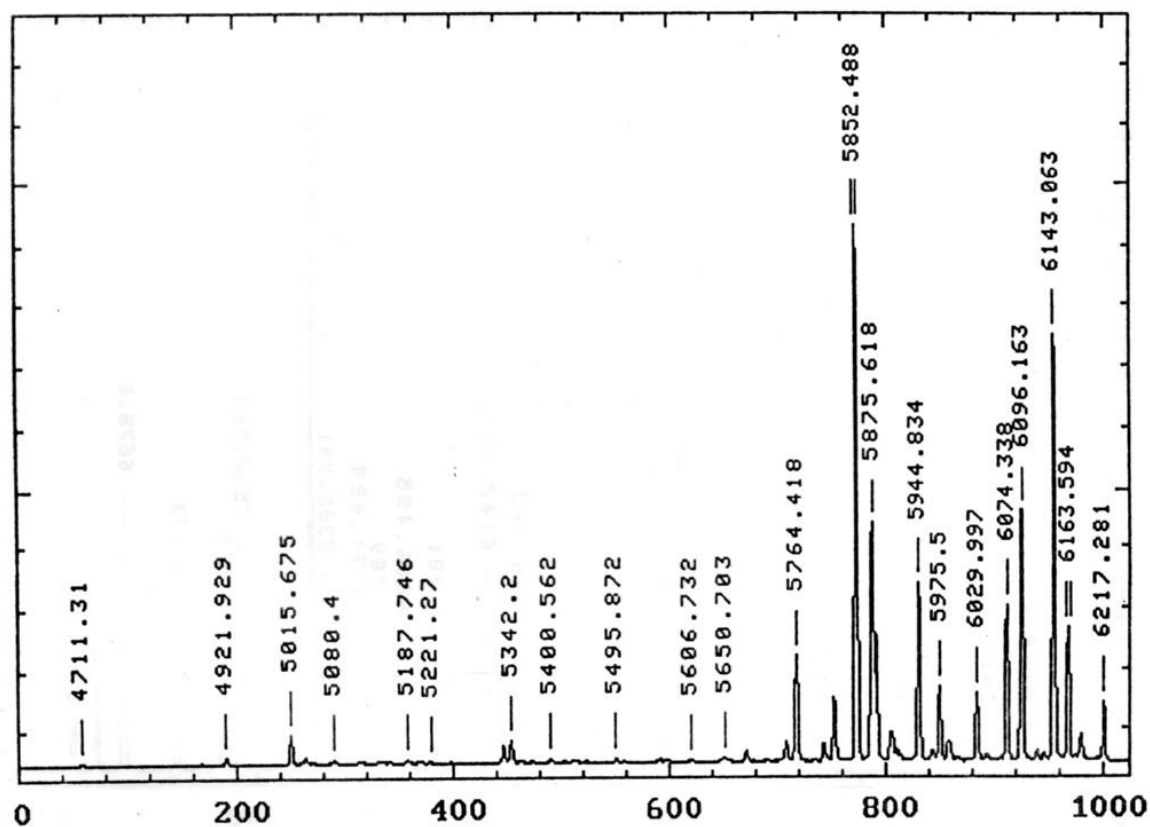
Ángulo de red: $41^{\circ}00'$ Longitud de onda central: 4370 Å



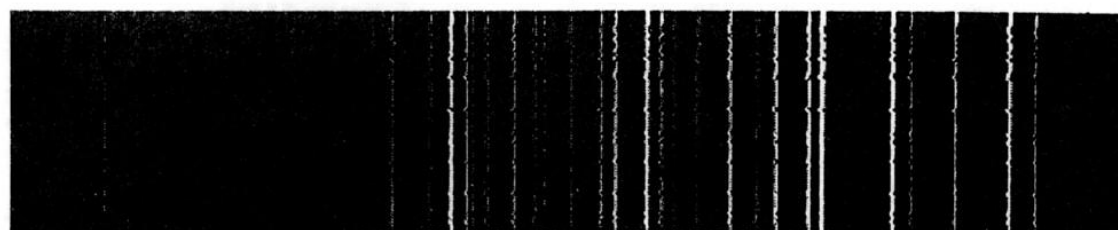
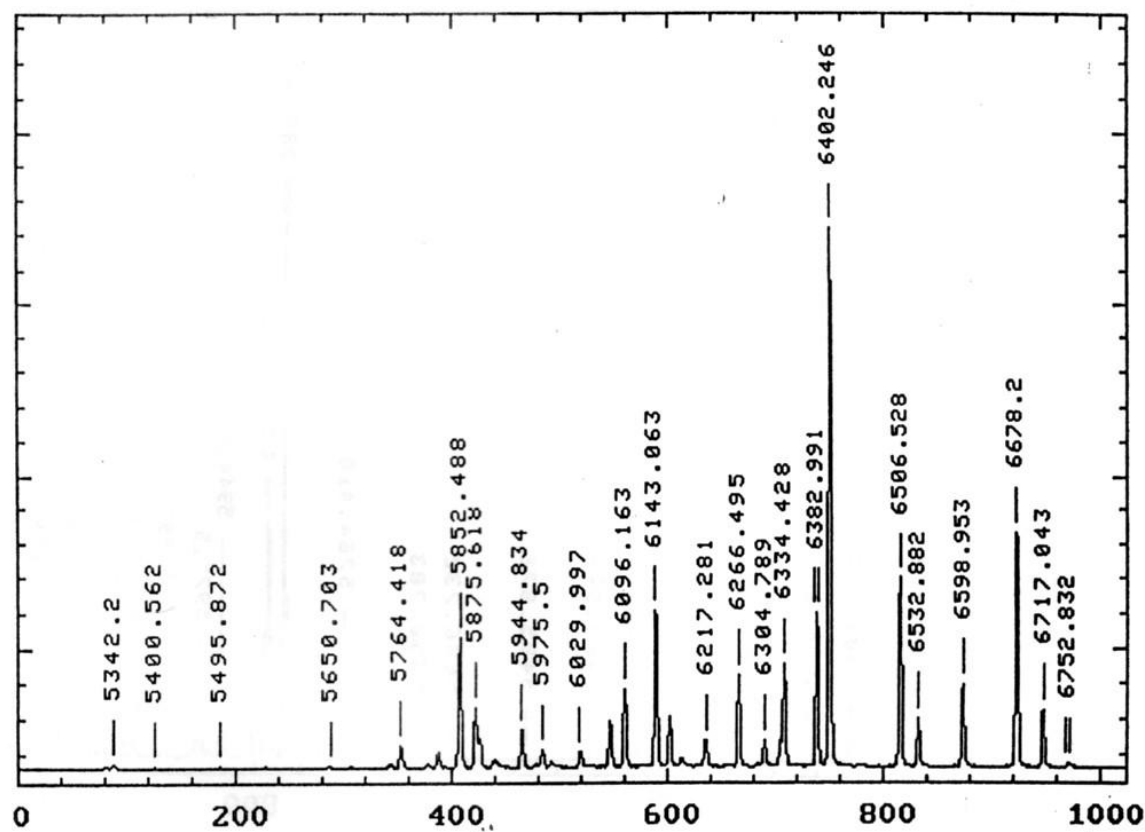
Ángulo de red: $42^{\circ}00'$ Longitud de onda central: 4900 Å



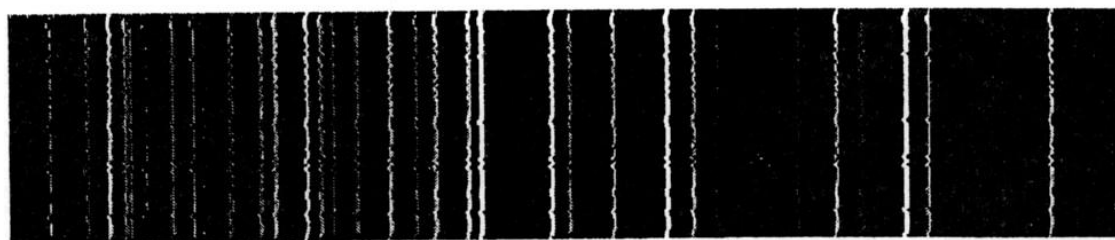
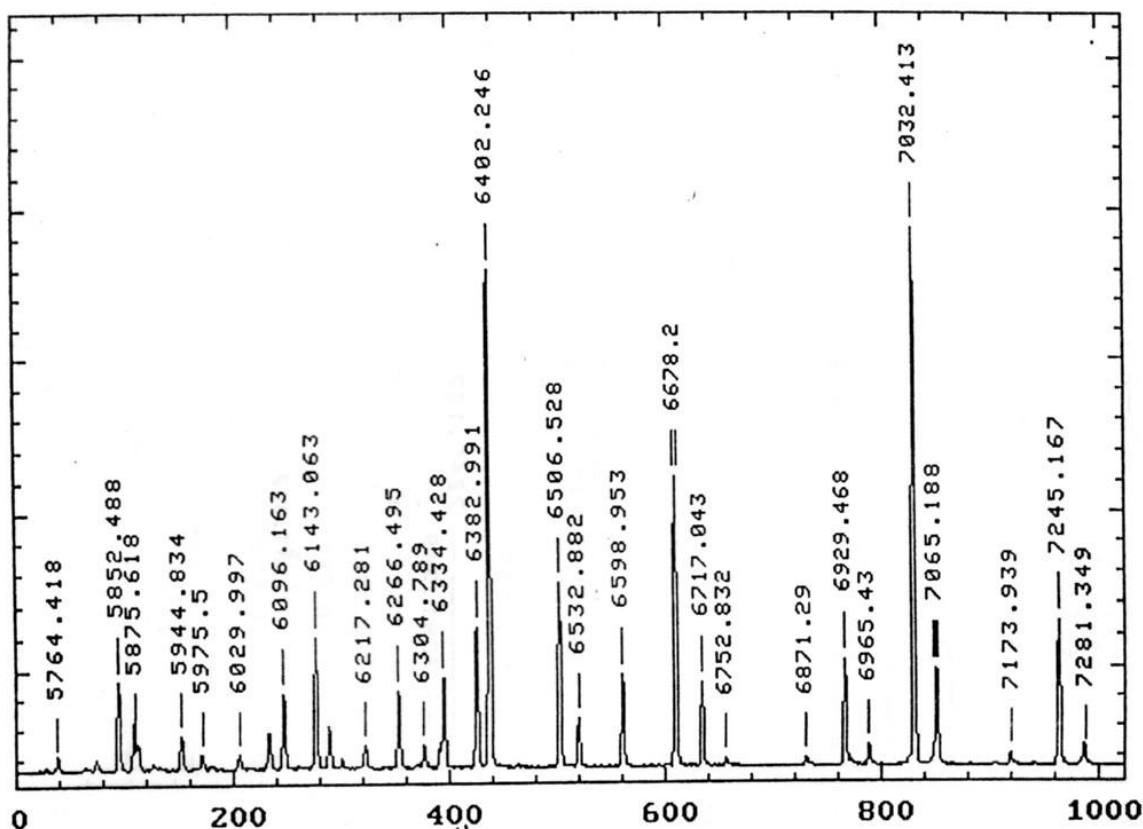
Ángulo de red: $43^{\circ}00'$ Longitud de onda central: 5435 Å



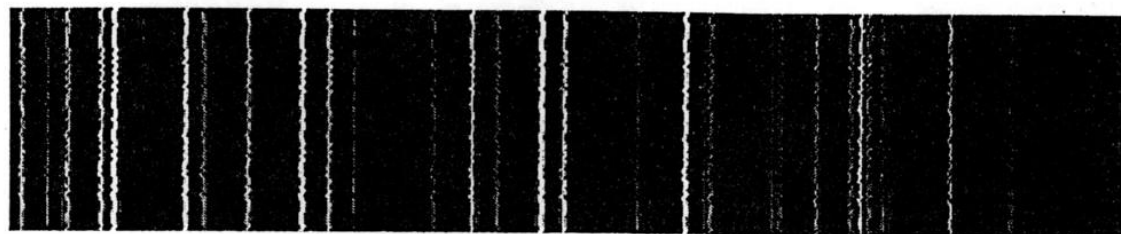
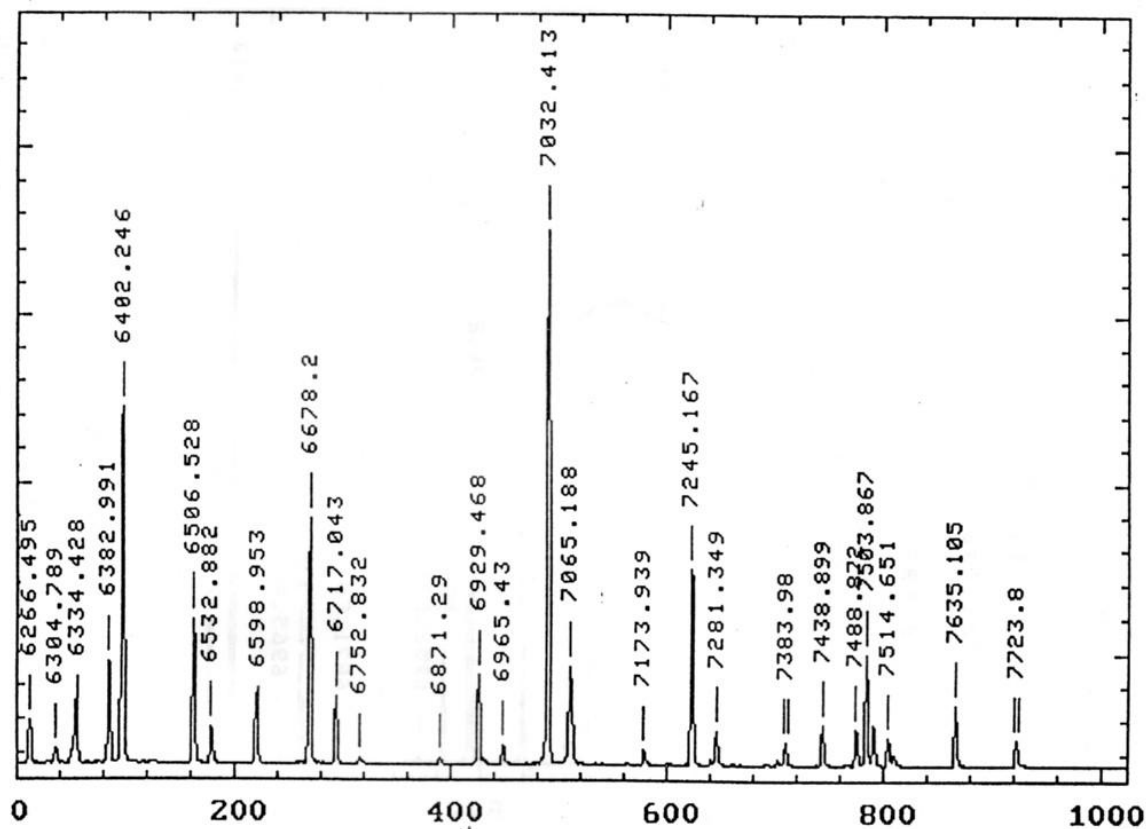
Ángulo de red: $44^{\circ}00'$ Longitud de onda central: $6020 \text{ \AA}$



Ángulo de red: $45^{\circ}00'$ Longitud de onda central: 6520 Å



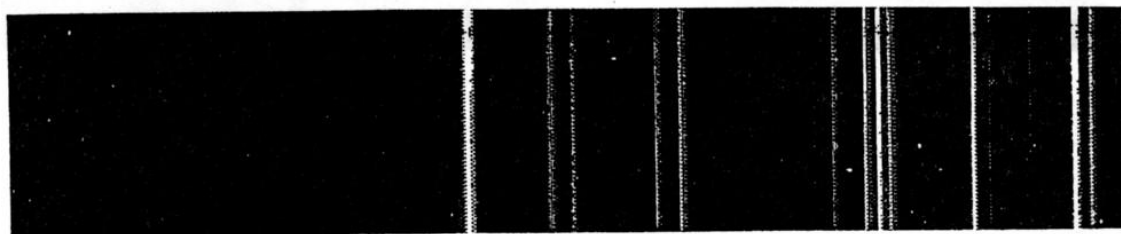
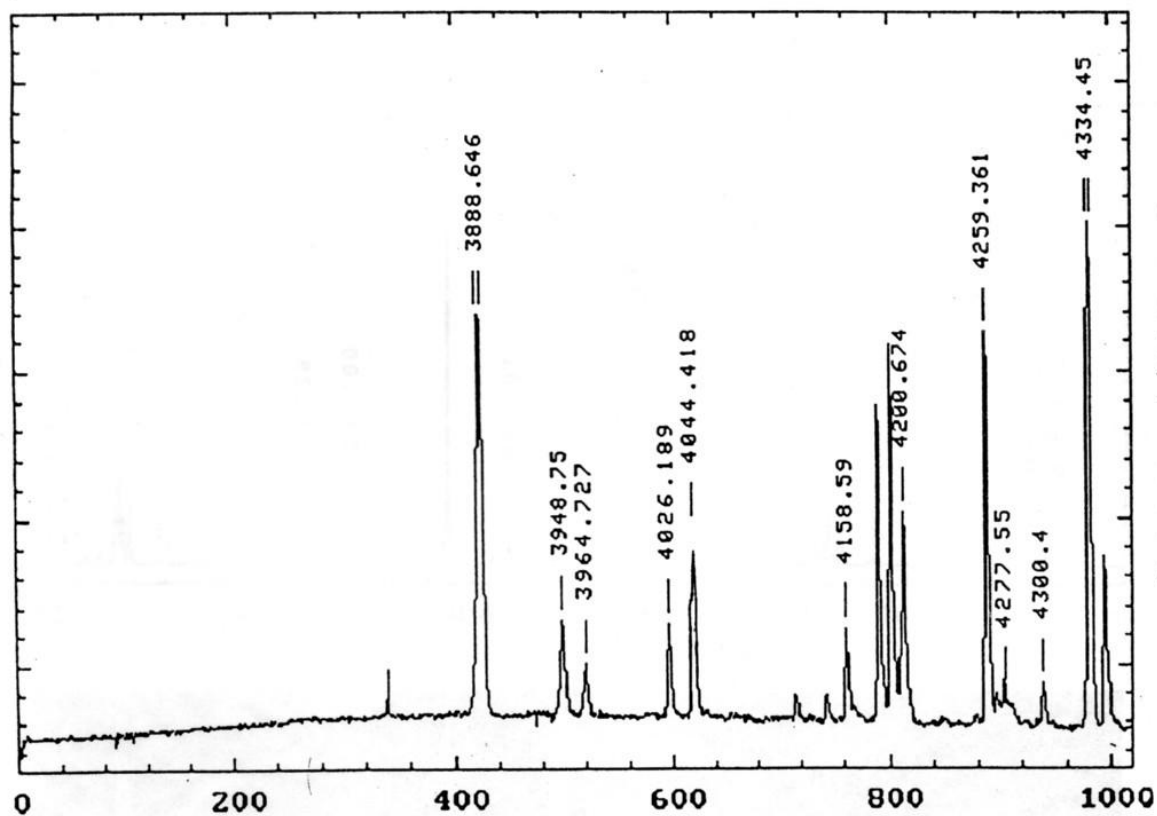
Ángulo de red: $46^{\circ}00'$ Longitud de onda central: $7065 \text{ \AA}$



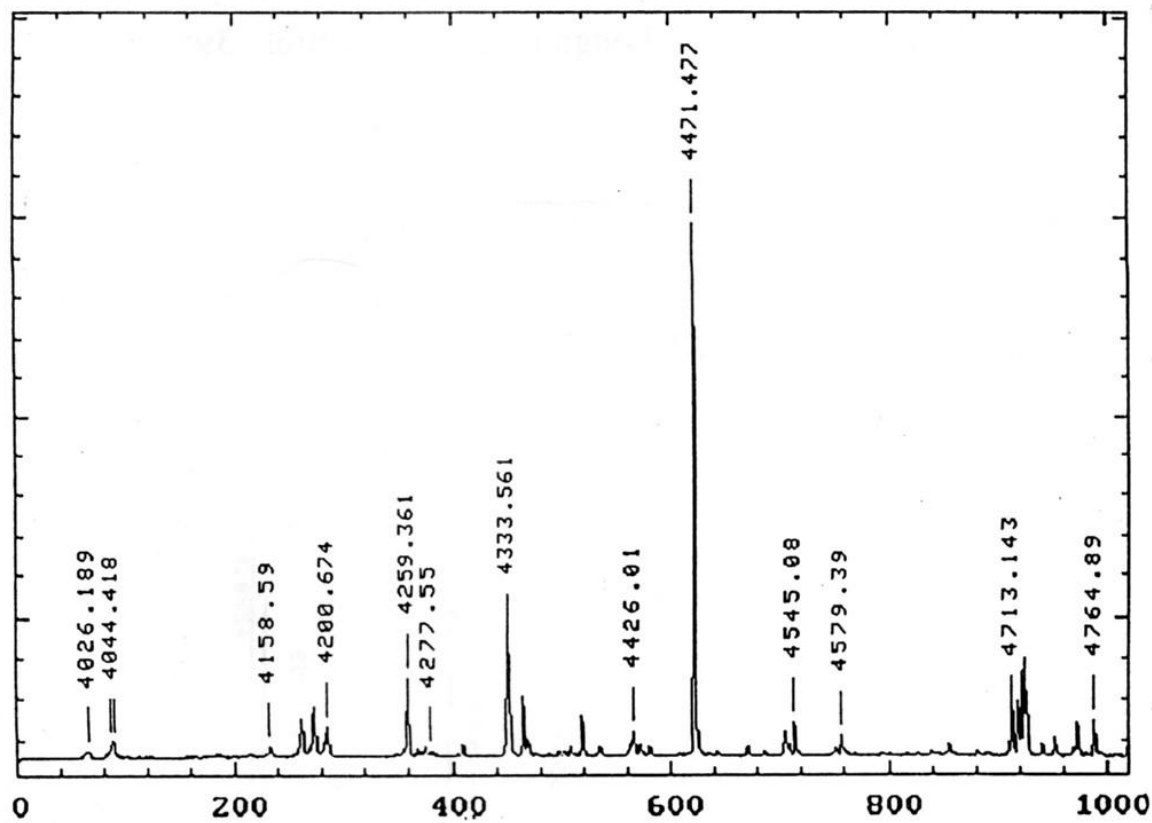
Red de 1200 l/mm

Mapa de líneas, espectro de comparación (He-Ne-Ar)

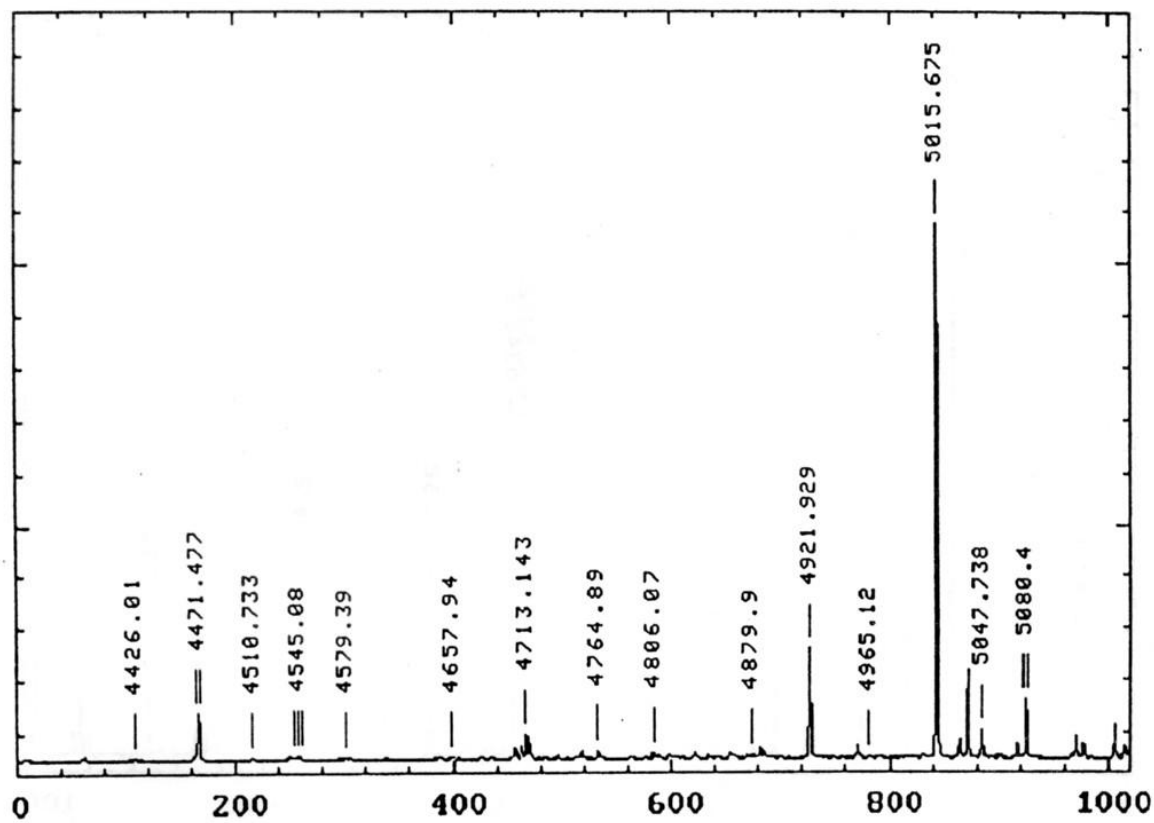
Ángulo de red: $48^{\circ}15'$ Longitud de onda central: 3959 Å



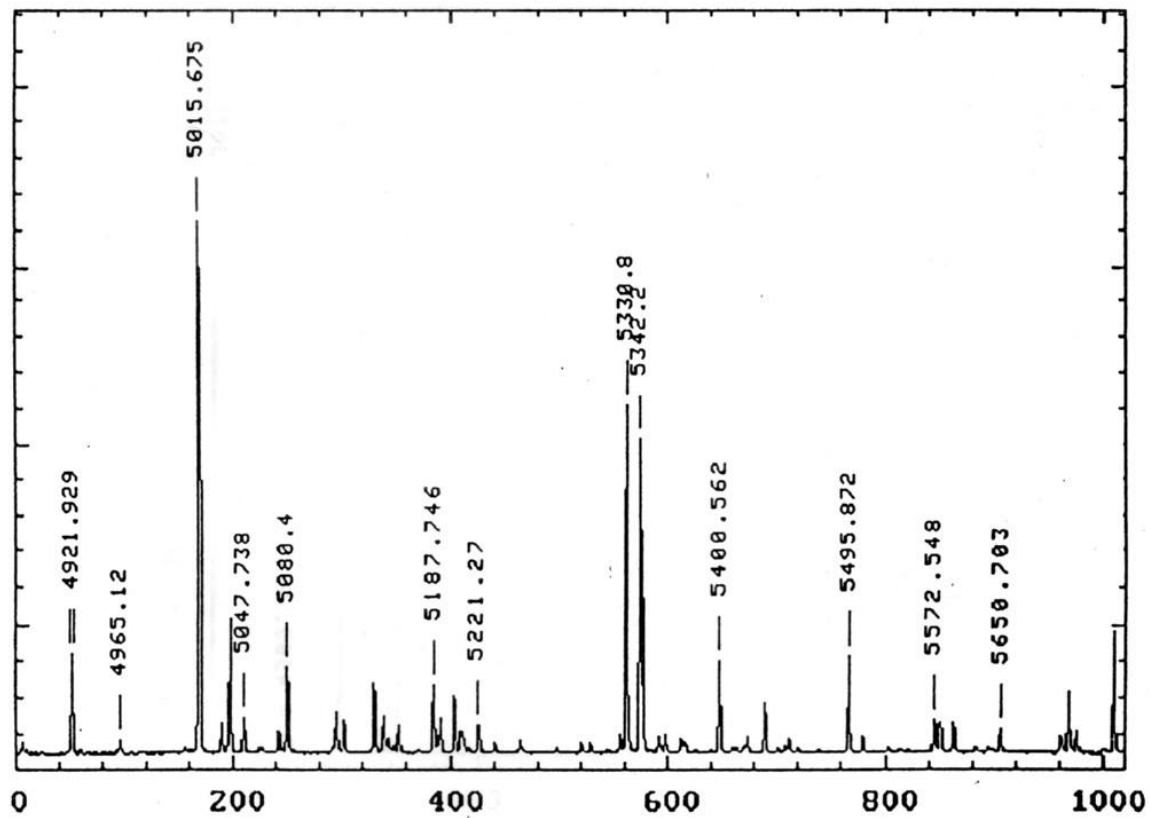
Ángulo de red: $49^{\circ}45'$ Longitud de onda central: 4381 Å



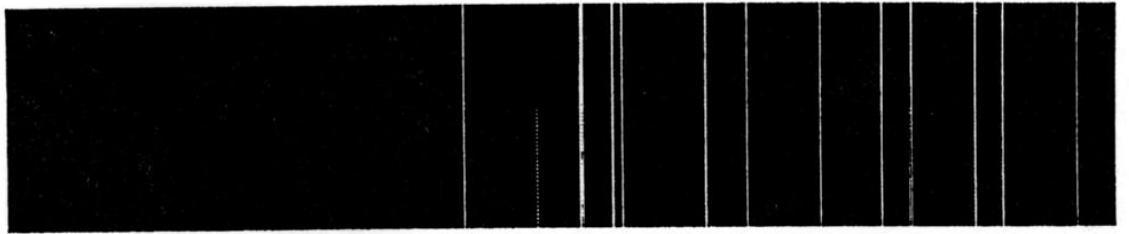
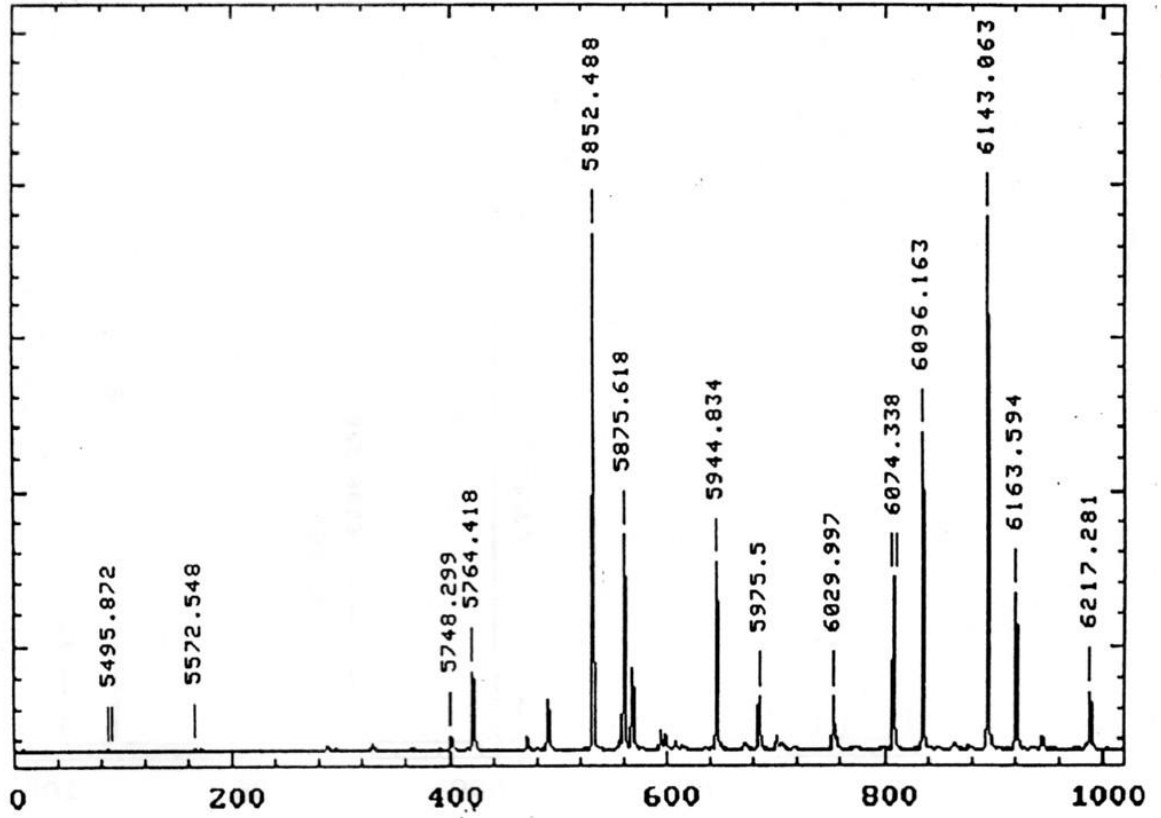
Ángulo de red: $51^{\circ}15'$ Longitud de onda central: 4749 Å



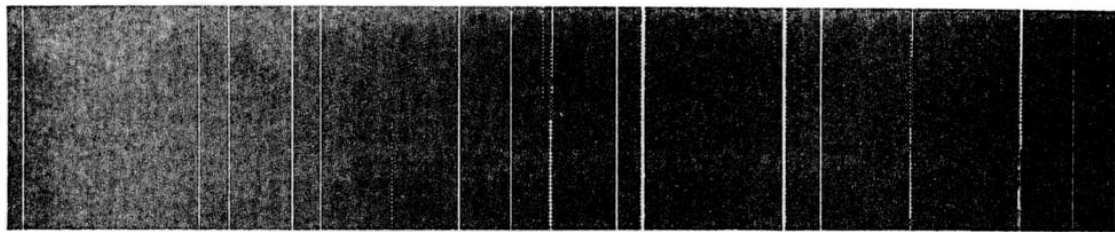
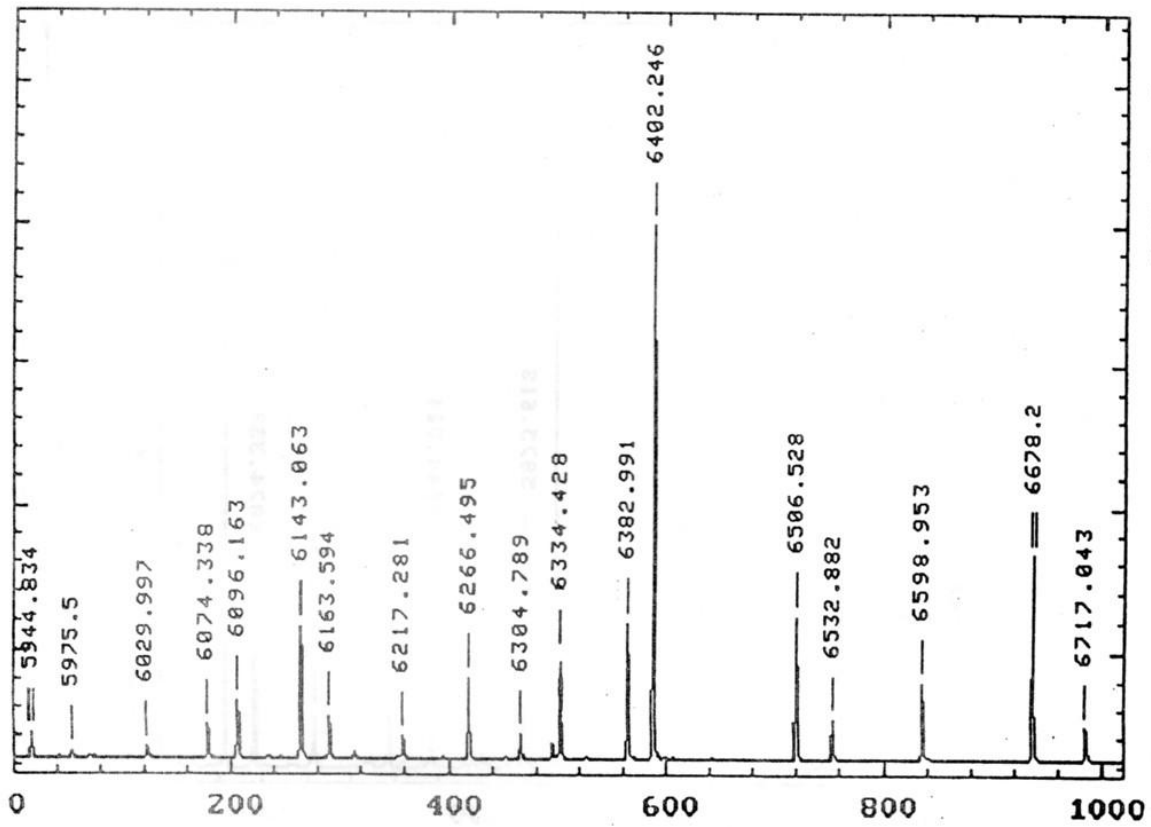
Ángulo de red: $53^{\circ}15'$ Longitud de onda central: 5291 Å



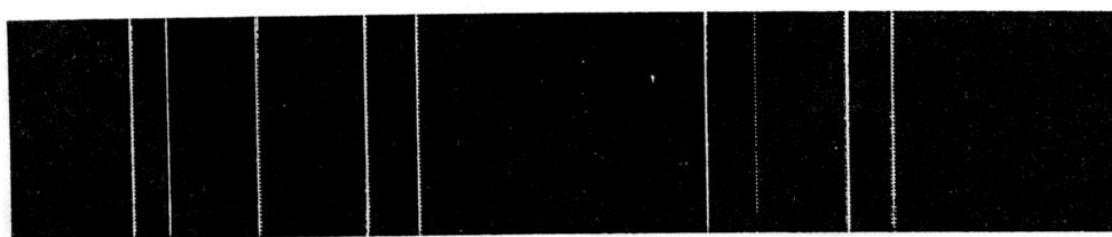
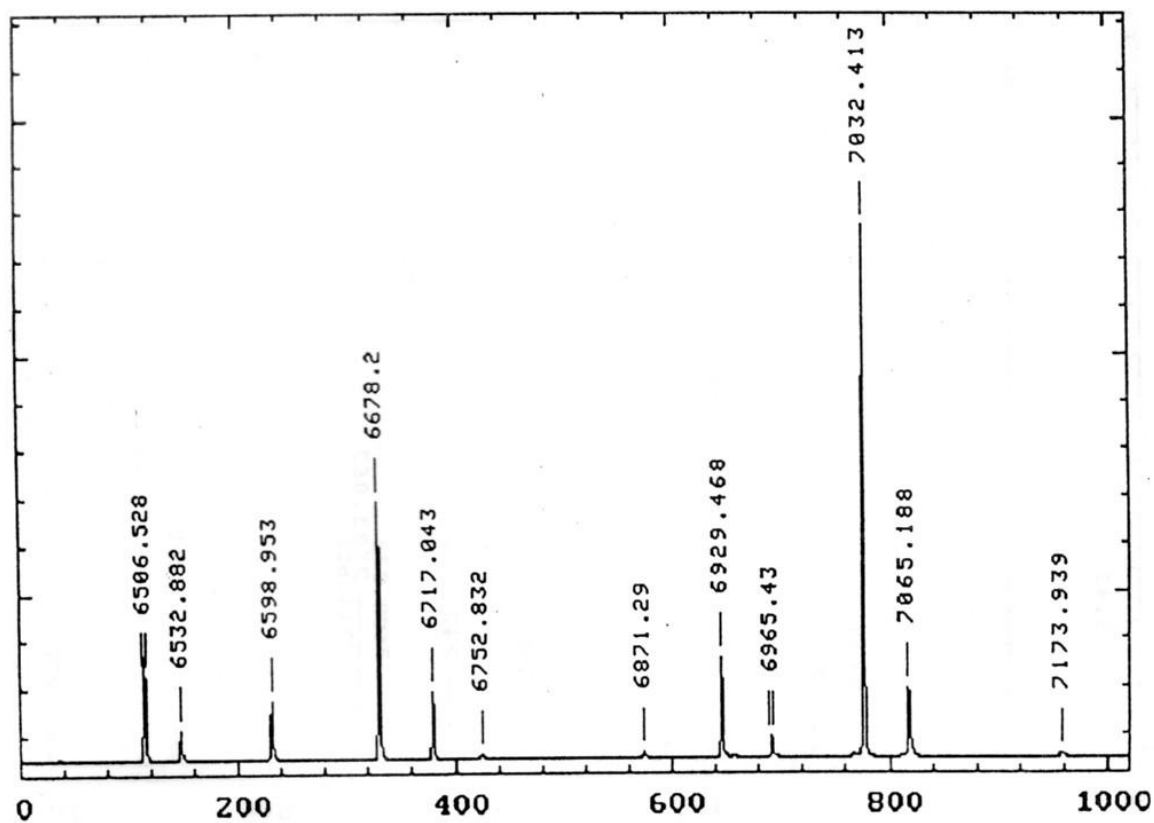
Ángulo de red: $55^{\circ}20'$ Longitud de onda central: $5837 \text{ \AA}$



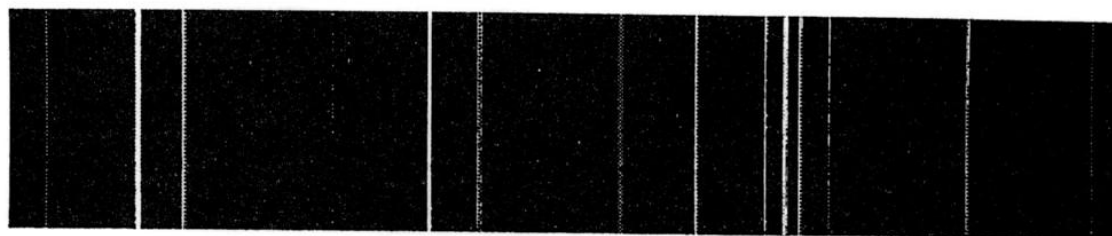
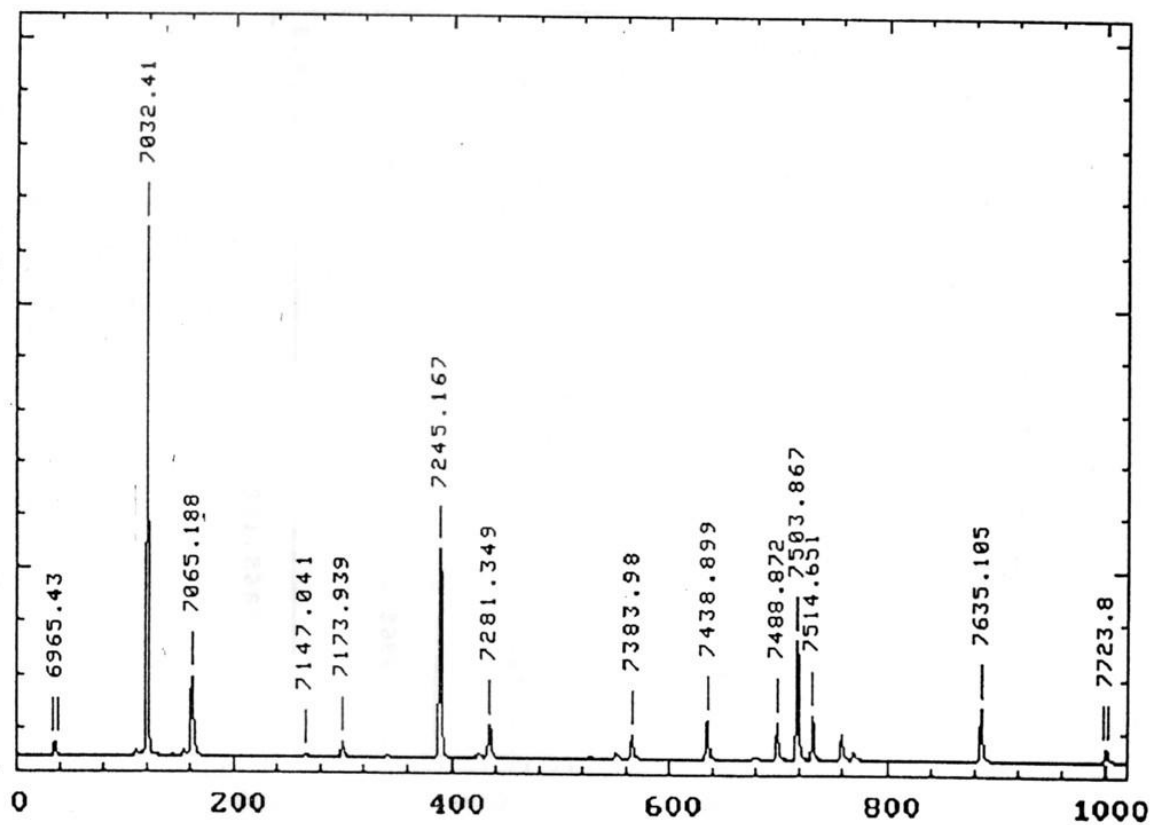
Ángulo de red: $57^{\circ}20'$ Longitud de onda central: $6340 \text{ \AA}$



Ángulo de red: $59^{\circ}10'$ Longitud de onda central: $6823 \text{ \AA}$



Ángulo de red: $61^{\circ}05'$ Longitud de onda central: $7345 \text{ \AA}$



Filtros Interferenciales

Las siguientes tablas indican los principales parámetros de los filtros interferenciales disponibles, las cuales se complementan con los gráficos adjuntos de los perfiles de transmisión de los mismos. Estos filtros tienen un diámetro útil de 50 mm.

TABLA I-6 FILTROS H α

Número de Filtro	Long. de Onda Central (Å)	Transmisión (%)	FWHM (Å)	Vr (km/s)	FWHM (km/s)
1	6561.35	50.6	6.61	-66	302
2	6568.30	65.2	5.82	251	266
3	6574.78	51.4	5.25	548	240
4	6565.86	78.1	10.26	140	469
5	6571.98	52.9	9.35	420	427
6	6573.25	70.8	10.04	478	459
7	6583.58	48.5	10.26	950	469
8	6587.48	60.4	11.40	1128	521
9	6588.40	34.8	12.32	1170	563
10	6573.64	58.1	11.18	495	511
11	6577.14	69.0	8.89	656	407
12	6585.53	48.5	10.26	1039	469
13	6568.15	36.3	7.30	245	334
14	6636.70	37.9	19.16	3378	876
16	6595.76	29.1	19.16	1507	876
17	6607.55	20.7	31.93	2046	1460
49	6613.50	14.7	37.40	2317	1710

TABLA I-7 - FILTROS H β

Long. Onda Central (Å)	Transmisión (%)	FWHM (Å)	Vr (km/s)	Long. Onda Central (Å)	Transmisión (%)	FWHM (Å)	Vr (km/s)
4861	56.5	108	0	4918	51.8	93	3518
4864	47.5	30	185	4920	33.8	72	3641
4864	62.5	70	185	4938	35.4	72	4752
4880	50.8	129	1172	4947	53.0	110	5307
4881	61.0	77	1234	4964	61.5	124	6357
4895	62.6	79	2098	4988	42.0	55	7838
4906	57.9	127	2777	4995	58.5	70	8270

TABLA I-8 - OTROS FILTROS

Long. Onda Central (Å)	Transmisión (%)	FWHM (Å)	Vr (km/s)	Long. Onda Central (Å)	Transmisión (%)	FWHM (Å)	Vr (km/s)
4509	47.0	76		5786	47.0	51	
5405	47.0	60					

CAMARA CCD

Descripción

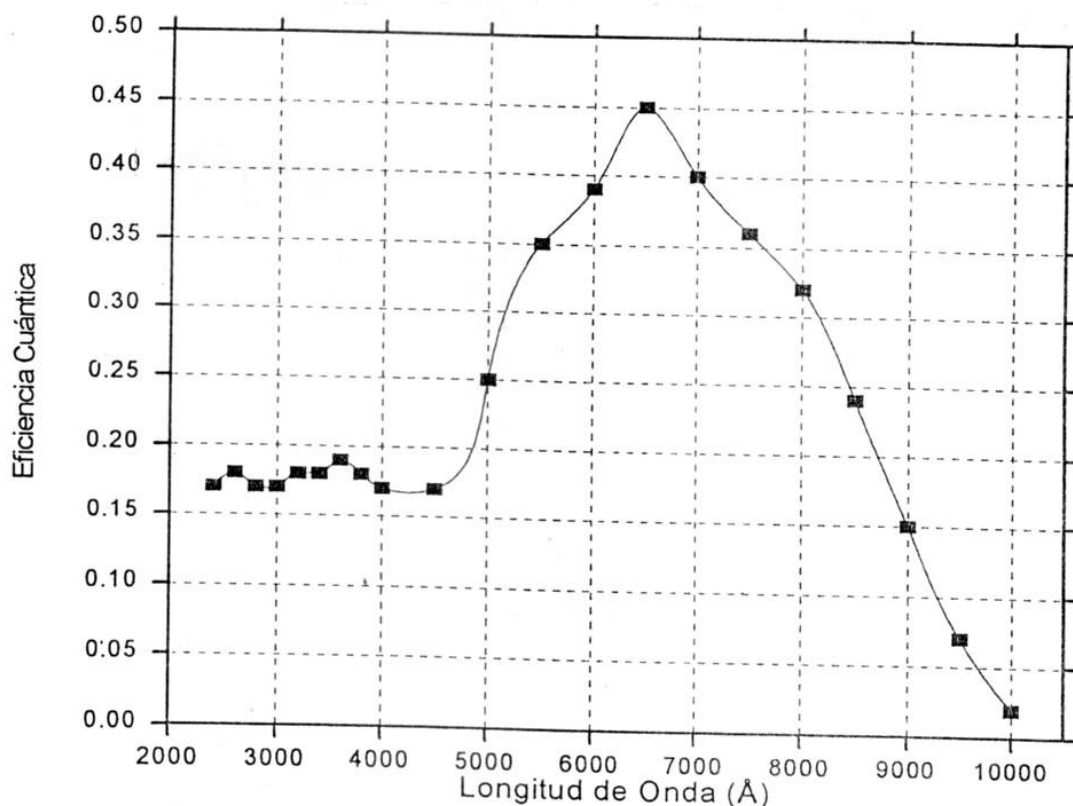
El sistema detector ubicado en el plano focal de la cámara del espectrógrafo es una cámara CCD con las siguientes características:

CCD tipo	: TH7896 ALI-M grado 1 (con Metachrome II)
Tamaño	: 1024 x 1025 pixeles [(19.5 x 19.5) mm]
Tamaño pixeles	: (19 x 19) μm
Resolución	: 16 bits
Velocidad de lectura	: 40 kHz
Ganancia	: x1: 4.02 e ⁻ /ADU x4: 1.00 e ⁻ /ADU
Saturación	: 263.000 e ⁻
Ruido de lectura	: ganancia x1: 5.5 e ⁻ /pixel x4: 3.4 e ⁻ /pixel
Ruido de oscuridad	: 6.5 e ⁻ /hora*pixel
Nivel medio de BIAS	: ganancia x1: 1000 ADU x4: 1040 ADU

Se trata de una cámara CH260 marca Photometrics, refrigerada con nitrógeno líquido a una temperatura estabilizada regulable. La cámara es controlada por una unidad AT200 (Photometrics), la cual posee la electrónica de adquisición y regulación de temperatura. La unidad de control se encuentra montada sobre el espectrógrafo tal como se puede ver en las figuras I-1 y I-2.

Los datos son recogidos por una PC 486 por medio de una tarjeta interfase, y manejados a través del programa PMIS. El software PMIS no sólo controla la adquisición, sino que también permite la definición de los parámetros de utilización de la cámara y un procesamiento primario de las imágenes. Un esquema de la cámara se puede ver en la figura II-1.

La eficiencia cuántica en función de la longitud de onda, de acuerdo con las mediciones realizadas en fábrica, se muestra en la siguiente figura. La mayor sensibilidad en la parte azul se debe a la utilización de un recubrimiento con METACHROME II.



El Nitrógeno Líquido empleado para la refrigeración queda contenido en un crióstato. En la cámara que aloja el chip en sí debe mantenerse un vacío del orden de 10^{-8} Torr para una correcta aislación térmica. Este vacío normalmente dura alrededor de tres semanas.

La temperatura de equilibrio de la cámara puede variarse desde la unidad controladora, pudiéndose alcanzar valores de hasta -150°C .

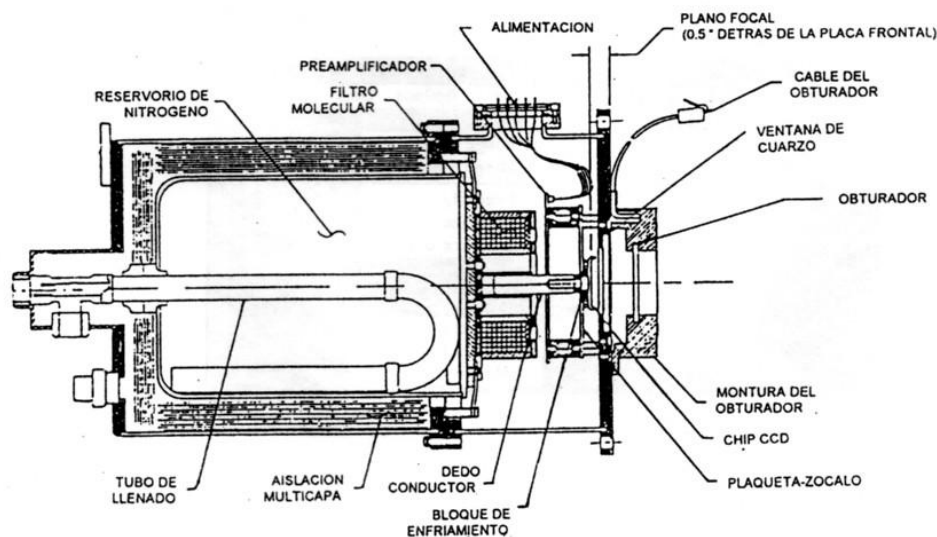
Esta cámara posee un obturador mecánico incorporado, con el cual se trabaja en todos los casos, salvo ocasiones especiales en las que se utiliza el obturador del espectrógrafo. El tiempo de cierre o apertura del obturador es de algunas décimas de segundos por lo que se recomienda no realizar exposiciones menores a uno o dos segundos sin realizar las correspondientes correcciones.

El tiempo de lectura de un frame completo sin binning es de 57 segundos, y otros 8 segundos son necesarios para el despliegue de la imagen en el monitor. La demora en la lectura varía con el tamaño de la zona de interés y el binning del CCD, siendo para estos casos mucho menor. Por otro lado la grabación de una imagen en un archivo en el disco duro demanda entre 30 y 40 segundos.

CAMARA CCD PHOTOMETRICS CH260

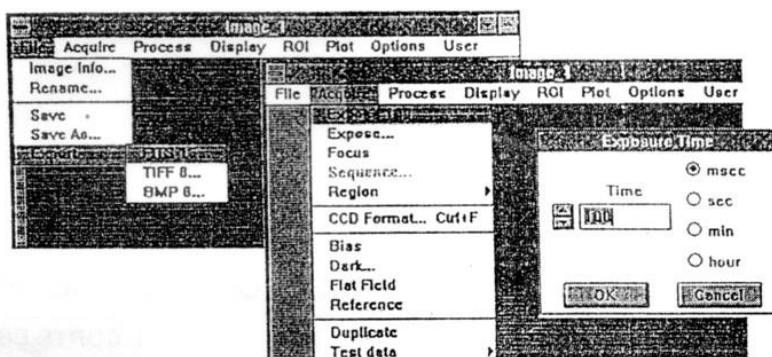
CORTE ESQUEMATICO

Figura II-1



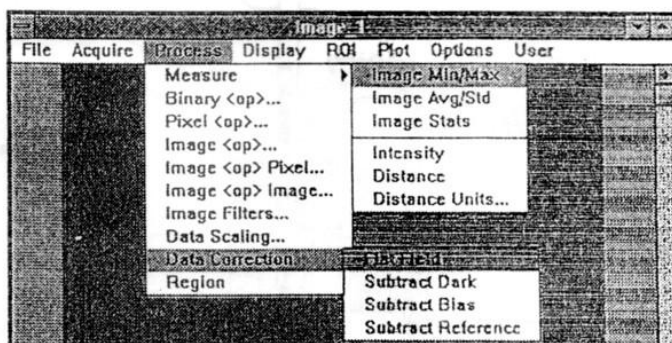
Software de Control de la Cámara CCD (PMIS)
Figura II-2

Menú de adquisición de imágenes



Menú de procesamiento de imágenes

Figura II-3



Operación

La operación de la cámara CCD se realiza desde una computadora PC AT486 por medio del software PMIS (Photometrics Imaging Software) originalmente provisto con la cámara Photometrics.

PMIS corre exclusivamente bajo Windows, y sus principales funciones son las siguientes:

- *Adquisición de las imágenes.*
- *Control de los parámetros del CCD.*
- *Facilidades para la visualización de las imágenes, tales como variación de contraste, zoom, graficación, etc.*
- *Procesamiento de imágenes.*

El entorno de presentación del PMIS es el típico para los programas que trabajan con Windows, y el manejo general se realiza con mouse. Las diversas funciones están dispuestas en menús desplegables, como se muestra en las figuras II-2 y II-3.

PMIS cuenta con funciones predeterminadas y es posible personalizar otras funciones a través de los MACROS. Los macros son programas tipo Batch del DOS, donde se emplea un idioma de programación propio (ver Manual PMIS).

PMIS es automáticamente iniciado cuando arranca Windows. Puede también iniciarse haciendo doble clic con el botón izquierdo del mouse sobre el icono ubicado en "Inicio".

El macro de arranque del PMIS (similar al autoexec.bat del DOS) se denomina "Startup.cmd".

Durante el arranque PMIS llama al macro OVERSCAN, el que prepara el overscan del CCD. Para ello deben aceptarse los cuadros de diálogo que se presentan, y posteriormente activar BINNED en el cuadro de CCD Format, en la opción FILE del menú de la ventana principal tal como se detalla en el punto siguiente.

A continuación se describe la forma de proceder para las operaciones más comúnmente realizadas durante la observación.

Configuración de la cámara CCD:

Los parámetros de la cámara pueden ser definidos por medio del cuadro de diálogo al que se accede por FILE-CCD Format. En él, es posible variar la ganancia de la cámara, establecer un binning determinado y definir una zona de interés en la cual se desee adquirir las imágenes.

- *Hacer doble click sobre FILE del menú de la ventana principal.*
- *Elegir del mismo modo la opción CCD FORMAT... Se despliega un cuadro con el título "CCD Acquisition Parameters" (Fig. II-3).*
- *Cambiar en este cuadro los parámetros deseados.*
- *Hacer doble click sobre el botón "Binned CCD" y luego en "OK".*

Ver las características de la cámara y el CCD en la hoja CAMARA CCD, Descripción. Si en determinado momento se desea regresar a la configuración inicial del CCD sólo debe hacerse doble click sobre el botón "Unbinned CCD".

Es posible guardar estos parámetros como valores por defecto sólo al abandonar PMIS, por lo que es recomendable anotarlos. Si se va a trabajar con un formato dado durante varios días, terminar la ejecución del PMIS con la opción "SI" cuando se pregunta si se guarda la condición de salida, y luego arrancar nuevamente el programa.

Adquisición de imágenes:

Antes de comenzar la adquisición es necesario abrir una nueva ventana de imagen:

- Hacer doble click sobre *FILE* del menú de la ventana principal.
- Elegir del mismo modo la opción *NEW IMAGE*.

Esta operación generará una nueva ventana donde se presentarán las imágenes adquiridas. Esta ventana cuenta con su propio menú desplegable, y en general no será necesario abrir una nueva durante toda la sección de observación.

Adquisición de BIAS y DARK

En el menú de la ventana de imagen se encuentra la opción *ACQUIRE*, en la cual están definidas las funciones predeterminadas para obtener BIAS y DARK.

Para obtener un BIAS:

- Hacer doble click sobre *ACQUIRE* del menú de la ventana imagen.
- Elegir del mismo modo la opción *BIAS*.
- Grabar la imagen siguiendo las indicaciones detalladas en "Grabado de las Imágenes".

Para obtener un DARK:

- Hacer doble click sobre *ACQUIRE* del menú de la ventana imagen.
- Elegir del mismo modo la opción *DARK*.
- Indicar el tiempo de integración del *DARK*.
- Grabar la imagen siguiendo las indicaciones detalladas en "Grabado de las Imágenes".

En estos dos casos se abre automáticamente una nueva ventana con el nombre BIAS o DARK, la cual puede ser cerrada una vez grabada la imagen haciendo doble click en el extremo superior izquierdo de la ventana.

Adquisición de Imágenes con tiempo de integración

Las adquisiciones de las imágenes de los objetos se diferencian fundamentalmente de las de los Bias y Dark por provocar la apertura del obturador de la cámara CCD.

Esta operación se realiza del siguiente modo:

- Hacer doble click sobre *ACQUIRE* del menú de la ventana imagen.
- Elegir del mismo modo la opción *EXPOSE*.
- Indicar el tiempo de integración deseado (Atención con la unidad empleada).
- Grabar la imagen siguiendo las indicaciones detalladas en "Grabado de las Imágenes".

En el menú *ACQUIRE* también se cuenta con una opción que inicia una exposición de idéntica duración a la última realizada.

Realizar esta operación de la siguiente manera:

- Hacer doble click sobre *ADQUIRE* del menú de la ventana imagen.
- Elegir del mismo modo la opción *EXPOSE "nnn"*, donde "nnn" es el último tiempo de integración indicado. Esta opción es la primera del menú.
- Grabar la imagen siguiendo las indicaciones detalladas en "Grabado de las Imágenes".

Grabación de las imágenes:

Las imágenes pueden ser grabadas en varios formatos. La opción FILE y SAVE graba en un formato propio del PMIS con extensión ".pmi". Este formato no puede ser leído por IRAF o el software del SAO, tampoco es leído por los procesadores de imágenes comerciales. Por esta razón, se recomienda grabar las imágenes en formato FITS, para lo cual deben seguirse los siguientes pasos:

- Hacer doble click sobre EXPORT del menú de la ventana imagen.
- Elegir del mismo modo la opción FITS 16 ...
- A continuación indicar el nombre que se desea lleve el nombre del archivo de la imagen, cuya extensión será ".FIT". Verificar si el directorio es el correcto.

Otros formatos posibles de emplearse son TIFF y PCX, pero estos guardan la imagen en 8 bits por lo que tampoco se recomienda su utilización

Todas las imágenes deben ser grabadas en el directorio IMAGENES del disco E, y durante la mañana transferidas a la PC486 con la unidad de grabación. La transferencia se realiza por medio del puerto paralelo y los programas del DOS Interlink e Intersvr. Más datos sobre estos programas pueden ser obtenidos por medio del Help en línea del DOS, tipeando HELP INTERLINK y HELP INTERSVR.

Visualización de imágenes ya grabadas:

Si se desea visualizar una imagen previamente grabada deberá seguir los siguientes pasos:

- Hacer doble click sobre IMPORT ... del menú de la ventana principal.
- Elegir el directorio y el archivo a desplegar de la ventana que se presenta.

Definición de una zona de interés:

Una serie de funciones de suma utilidad pueden ser encontradas en el menú ROI. Es posible con ellos definir una región de interés en el CCD donde se adquiere y visualiza la imagen. De esta manera se disminuyen los tiempos de lectura del CCD y grabado de la imagen, al igual que el tamaño del archivo de imagen.

Para delimitar un ROI seguir los siguientes pasos:

- Hacer doble click sobre ROI del menú de la ventana de imagen.
- Elegir de igual modo la opción NEW.
- Con el mouse marcar la zona deseada.
- Luego con la opción ROI to CCD se pasan los parámetros como por defecto.
- Cerrar la ventana imagen y volver a abrirla (como se detalla más arriba), la nueva ventana poseerá los nuevos parámetros.

En el mismo menú ROI se pueden encontrar opciones para modificar el mismo y ver los valores elegidos. Sin embargo se recomienda ver y modificar los valores a partir del cuadro "CCD Acquisition Parameters" (ver Configuración de la cámara CCD).

Graficación y procesamiento de las imágenes:

Bajo el título PLOT del menú de la ventana imagen, se pueden encontrar útiles funciones de graficación. Con las mismas se pueden visualizar una columna o una fila de la imagen, o un corte entre dos puntos cualquiera con LINE. También es posible obtener un histograma con la opción HISTOGRAM. Para mayor información sobre este menú remitirse al manual del PMIS.

En la opción PROCESS del menú de la ventana imagen es posible encontrar las funciones de procesamiento de imágenes. Estas incluyen estadísticas (intensidad máxima, mínima, media, desviación standard, etc.), operaciones entre dos imágenes o con una constante (suma, sustracción, etc.) y filtrados,

como las opciones más importantes a destacar. Para mayor información sobre este menú remitirse al manual del PMIS.

Los Macros:

Los programas macros disponibles están ubicados en el subdirectorio MACROS, del directorio PMIS en el disco C de la computadora. Los archivos de macros poseen extensión ".cmd".

Los macros pueden ser iniciados por su nombre y parámetros desde el prompt "Pmcli>" de la ventana principal, o desde el menú USER de la misma ventana:

- Hacer doble click sobre **USER** del menú de la ventana principal.
- Elegir el macro deseado haciendo doble click sobre el nombre del mismo.

Es posible agregar a USER los macros que se desee del siguiente modo:

- Hacer doble click sobre **MACROS** del menú de la ventana principal.
- Elegir la opción **ADD**.
- Elegir en la ventana desplegada y en el subdirectorio C:\PMIS\MACROS el macro deseado.

También esta operación puede realizarse agregando varios macros simultáneamente eligiendo los archivos de extensión ".lst", los cuales contienen una lista dada de macros previamente confeccionada con una de las opciones del menú MACROS.

La lista "USUARIO" dispone de los macros que en general son más utilizadas:

BIASSEQ - Permite realizar una secuencia de BIAS y grabarlos bajo el nombre BIASn. Los parámetros de entrada (que deben ser ingresados en la casilla de diálogo separados por un espacio) son la cantidad de BIAS y el número "n" del primero.

Ej.: PMcli> BIASSEQ 10 1 Adquiere y graba 10 Bias denominados BIAS1, BIAS2, ..., BIAS10.

DARKSEQ - En modo similar al anterior permite obtener y grabar una secuencia de Dark. Debe ingresarse el parámetro extra del tiempo en MILISEGUNDOS.

Ej.: PMcli> DARKSEQ 200000 3 1 Adquiere 3 Dark de 200000 ms (200 s), grabados con nombres DARK1 a DARK3.

FOCO - Este macro se utiliza para realizar el foco del telescopio en imagen directa. En la hoja IMAGEN DIRECTA - Procedimiento de enfoque se describe este macro.

MASCARA - Este macro permite realizar el test de Hartmann. En la hoja ESPECTRÓGRAFO RANURA LARGA - Procedimiento de enfoque se describe el uso de este macro.

COMENAUT - Permite el grabado de cualquier imagen en formato FITT, a la vez que genera el encabezamiento para que el archivo pueda ser leído por IRAF. El encabezamiento es llenado automáticamente en los ítems de fecha, T.U. y T. Sidéreo. Se solicita además, nombre del objeto, sus coordenadas y época de las mismas. El resto de parámetros (que no varían de imagen en imagen) deben ser agregados en el archivo ESQUELE.HEA antes del comienzo de la observación.

Para utilizar COMENAUT es necesario verificar siempre que la fecha y hora de la PC sean correctas, ya que éstas son tomadas como base para el cálculo de TU y TS.

En el caso de los macros Biasseq y Darkseq los encabezamientos son automáticamente generados empleando este macro.

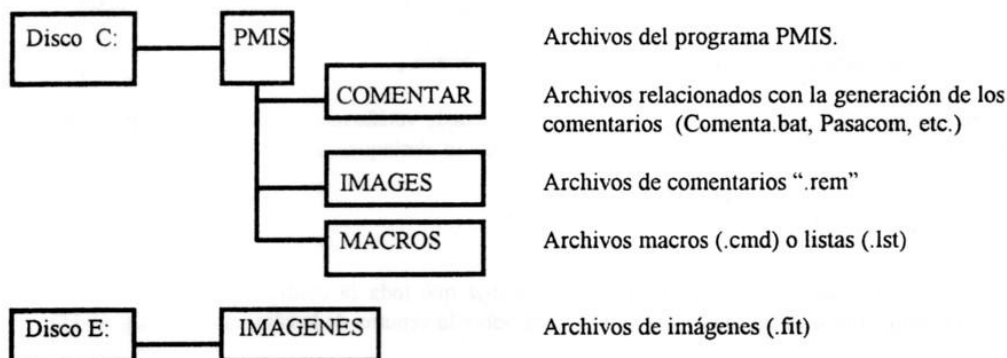
El programa COMENTA.BAT permite modificar (o generar si es necesario en forma manual) los encabezamientos ya realizados.

Los encabezamientos se graban en archivos bajo el mismo nombre al de la imagen y extensión ".rem", en el subdirectorio "IMAGES" del directorio PMIS.

Estos encabezamientos debe ser posteriormente agregados a los archivos FITT por medio del programa PASACOM. Con posterioridad los archivos de encabezamiento pueden ser borrados.

Todos los programas relacionados con los comentarios se encuentran en el subdirectorio COMENTA del directorio PMIS en el disco C.

En resumen la estructura de directorios vinculados al PMIS y a la adquisición de imágenes es la siguiente:



Verificaciones

Los CCD son detectores sumamente eficientes y simples de utilizar, pero requieren de un estrecho control periódico de su estado de funcionamiento. Por ello a continuación se sugieren las principales formas de constatar el correcto estado del mismo. Remitirse a las hojas "CAMARA CCD - Operación" para obtener información sobre el modo de realizar cada operación.

Obtención de BIAS

1- Con un Bias puede comprobarse el correcto enfriamiento del chip CCD. Cuando éste no está correctamente enfriado (fig. II-6) la desviación estandar de los diferentes valores en cuentas de cada pixel es elevada, y presenta en un corte de la imagen en dirección de las columnas (vertical) un gradiente marcado. Un enfriamiento correcto debe producir un σ menor que 4 ADU con ganancia 4, y pendiente nula (fig. II-4 y II-5).

2- El nivel base del bias es de 1040 ADU aproximadamente, valor que debe verificarse.

3- El BIAS no debe presentar ningún tipo de estructura. En la figura II-7 puede verse un caso típico de estructura causada por una deficiente puesta a tierra del sistema o por un problema causado por la conexión entre computadoras.

4- La distribución del número de cuentas por pixel debe ser gaussiana (ver histograma fig. II-5).

5- El ruido de lectura debe ser de 3.4 e⁻ cuando la ganancia es 4, y 5.5 e⁻ con ganancia 1. La determinación de estos valores se puede realizar del siguiente modo:

- Obtener dos BIAS y grabarlos con diferentes nombres.
- Sustraer a uno de los BIAS el otro. Esto se realiza por medio de la opción: **PROCESS** del menú de la ventana imagen, y "Image <op> Image ...".

- Determinar el σ de la imagen resultado por medio de las opciones
PROCESS, Measure, Image Avg/Std.
- El ruido de lectura queda determinado como el cociente $\sigma/\sqrt{2}$.

Obtención de DARK

Con la obtención de un dark podemos examinar al igual que con los bias el estado general del CCD.

- 1- Los darks al igual que los bias no deben presentar ningún tipo de estructura, tal como se muestra en la figura II-8. La generación de electrones por ruido de oscuridad es de aproximadamente $6.5 \text{ e}^- / \text{h} / \text{pixel}$.
- 2- La distribución del número de cuentas por pixel debe ser gaussiana.
- 3- El número de rayos cósmicos no debe ser excesivo. Esto puede verificarse mediante un simple conteo aproximado, utilizando para la imagen un contraste tal que se destaquen sólo los pixeles con valores elevados de cuentas.

Obtención de FLATFIELD

- 1- Por medio de un flatfield de cúpula es posible comprobar que toda la configuración sea correcta, y detectar, por ejemplo, la posible condensación de humedad sobre la ventana de la cámara CCD (fig. II-11).
- 2- Por comparación con las figuras II-9 y II-10, que muestran flatfields normales, se podrá confirmar si todo está funcionando correctamente.

Temperatura de la cámara CCD

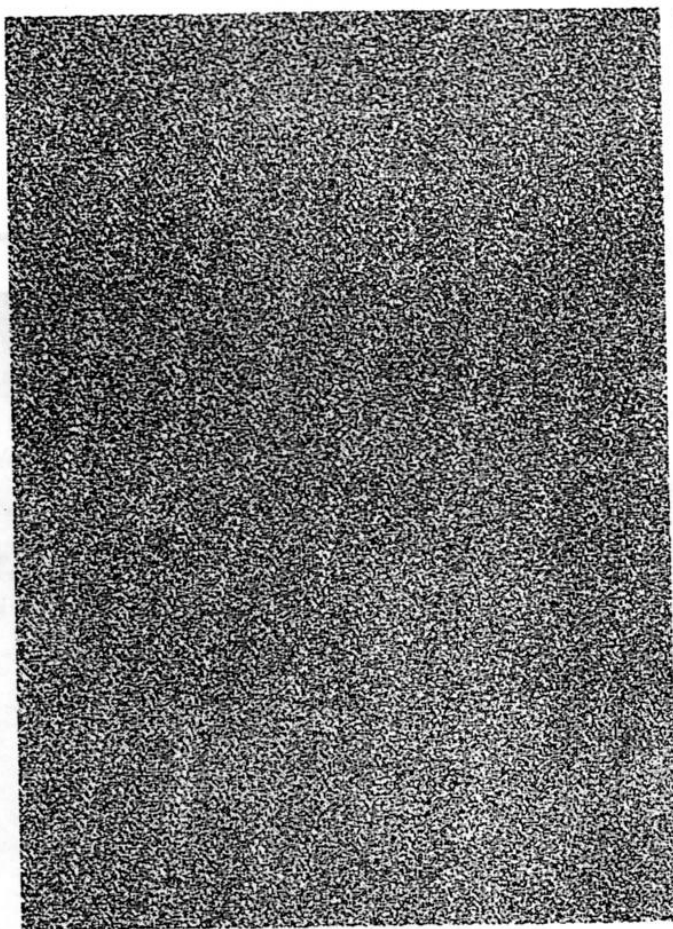
- 1- La temperatura del CCD debe ser controlada periódicamente durante toda la noche de observación por medio del display ubicado en la caja de control del CCD (Ver fig. I-1). La falta de nitrógeno puede provocar el aumento de temperatura con consecuencias imprevisibles.
- 2- Como referencia para el control del correcto grado de vacío en la cámara, a continuación se detallan valores de evolución de la temperatura con el tiempo después de la carga inicial de nitrógeno.

Al momento de la carga	- 90 °C	luego de 90 min	-145 °C
luego de 20 min	-115 °C	luego de 180 min	-147 °C
luego de 60 min	-137 °C		

Estos valores fueron obtenidos con el controlador de temperatura apagado.

BIAS con gradiente
Figura II-6

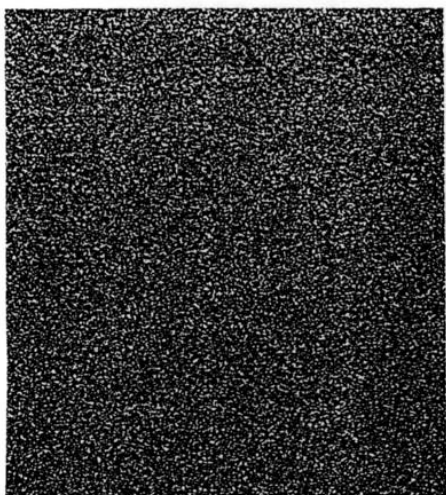
Bias con CCD no
estabilizado térmicamente (40 minutos después de la carga inicial de nitrógeno)



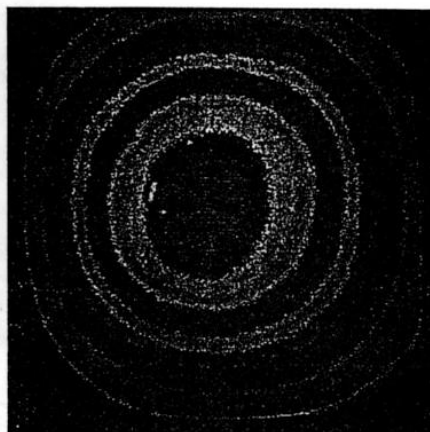
BIAS con estructura
Figura II-7

Falla en la conexión a tierra

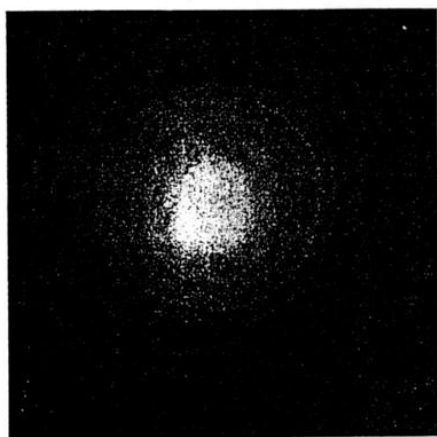
DARK Normal
Figura II-8



FLATFIELD DE CIELO
Figura II-9

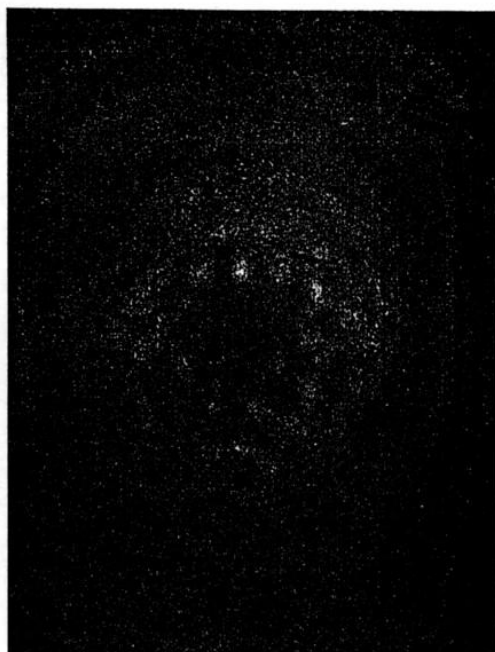


FLATFIELD DE CUPULA
Figura II-10



FLATFIELD DE CUPULA
Figura II-11

Flatfield de cúpula con condensación de agua sobre la ventana de cuarzo de la cámara CCD



Carga de Nitrógeno líquido

Los pasos a seguir e indicaciones a tener en cuenta para el correcto llenado del dewar de la cámara CCD con nitrógeno líquido son los siguientes:

- 1- Llevar el telescopio a ángulo horario 0 y declinación -55° (cámara CCD vertical)
- 2- Ubicar la escalera a un lado de la cámara CCD, ubicar en ella el embudo y un trapo para tomar el mismo.
- 3- Colocarse los anteojos protectores
- 4- Cargar la jarra con nitrógeno hasta la mitad, para ello inclinar el termo de depósito con cuidado y sin golpearlo.
- 5- Quitar el tapón del criostato de la cámara y colocar rápidamente el embudo.
- 6- Verter el nitrógeno en forma continua procurando que el embudo nunca quede sin nitrógeno para evitar de este modo la formación de hielo.
- 7- Cuando el nitrógeno líquido comienza a rebalsar por el pico lateral es señal de que el dewar está lleno.
- 8- No dejar que el embudo se vacíe totalmente, antes que esto ocurra sacarlo con sumo cuidado derramando el nitrógeno sobrante sobre el piso, y de inmediato colocar nuevamente el tapón. Para tomar el embudo hacerlo con el trapo destinado a tal fin.
- 9- No olvide retirar la escalera del costado del telescopio.

Para esta operación es obligatoria la utilización de anteojos de protección, los que se pueden ubicar en la sala de control.

Cuando el llenado se realiza con el dewar a temperatura ambiente, en un comienzo el nitrógeno salta con violencia de modo que es necesario efectuar esta operación **lentamente y con extremo cuidado**.

Si el dewar contiene algo de humedad el nitrógeno saltará con especial violencia y seguramente se formará hielo que no permitirá el llenado del mismo. Si este fuera el caso será necesario eliminar la humedad con una aspiradora. Luego el llenado se facilitará si se inclina el telescopio hasta una declinación de por lo menos -70° . En este caso consulte siempre al personal de apoyo.

Calibración del control de temperatura

En la tabla II-1 se muestran los valores de la escala a la que debe ser ajustado el control de temperatura de la Unidad de Control de la cámara CCD.

Para una deseada temperatura T (en grados Celsius) de la cámara CCD, debe ajustarse el control a un valor igual al indicado en la columna "Escala".

TABLA II-1

T °C	Escala	T °C	Escala	T °C	Escala	T °C	Escala	T °C	Escala
-74	2.36	-90	3.94	-106	5.51	-122	7.09	-138	8.66
-76	2.56	-92	4.13	-108	5.71	-124	7.28	-140	8.86
-78	2.76	-94	4.33	-110	5.90	-126	7.48	-142	9.05
-80	2.95	-96	4.53	-112	6.10	-128	7.68	-144	9.25
-82	3.15	-98	4.72	-114	6.30	-130	7.87	-146	9.45
-84	3.35	-100	4.92	-116	6.50	-132	8.07	-148	9.64
-86	3.54	-102	5.12	-118	6.69	-134	8.27	-150	9.84
-88	3.74	-104	5.31	-120	6.89	-136	8.66	-152	10.00

MODOS NO-ESPECTROSCOPICOS

IMAGEN DIRECTA

Configuración

Para configurar el EMF en el modo de IMAGEN DIRECTA ver la figura 1-1 y seguir los pasos a continuación detallados:

- 1- Ubicar la rueda I (externa) en la posición vacía. Esta operación se realiza manualmente a través de la puerta A (fig. 1-1).
- 2- Montar en la rueda II (segunda rueda en dirección de la trayectoria de la luz puerta A) los filtros a utilizar (como máximo 4) en las posiciones marcadas.
- 3- Abrir el shutter del EMF desde la manopla de control (fig. 1-4).
- 4- Ubicar la ranura en posición extraída (fig. 1-4). Controlar la posición de ésta y del shutter desde la puerta D (fig. 1-1).
- 5- Montar el espejo plano por la puerta B, siguiendo las indicaciones dadas en la hoja "TODOS LOS MODOS, Reemplazo de Red o Espejo".
- 6- Ubicar el espejo en el ángulo 34° manualmente desde la perilla ubicada en el lado este del EMF (fig. 1-2) o desde la manopla de control (fig. 1-4).
- 7- Verificar que el espejo no tenga la tapa (puerta B), y que el espejo del TV-Guider se ubique lo suficientemente afuera como para que no obstruya el campo.
- 8- Seleccionar el filtro deseado por medio de los interruptores destinados a tal fin ubicados en la manopla de control (fig. 1-4).

Se encuentran disponibles para su uso un juego de filtros B,V,R,I de 8x8 centímetros. El posicionamiento de los mismos se realiza directamente desde la manopla de control por medio del giro de dicha rueda. Para realizar esta tarea deberá:

- Posicionar los interruptores del selector de filtros según el filtro deseado (fig. 1-4).
- Apretar el botón rojo que se encuentra a un lado de los mismos. Cuando la luz roja ubicada en el ángulo inferior derecho de la manopla de control se apague el filtro se encuentra en posición (fig. 1-4).

Las posiciones los interruptores para ubicar cada filtro son las siguientes:

Interruptor 1 y 2 arriba --> filtro B
 Interruptor 1 y 2 abajo --> filtro V
 Int. 1 arriba e Int. 2 abajo --> filtro R
 Int. 1 abajo e Int. 1 arriba --> filtro I

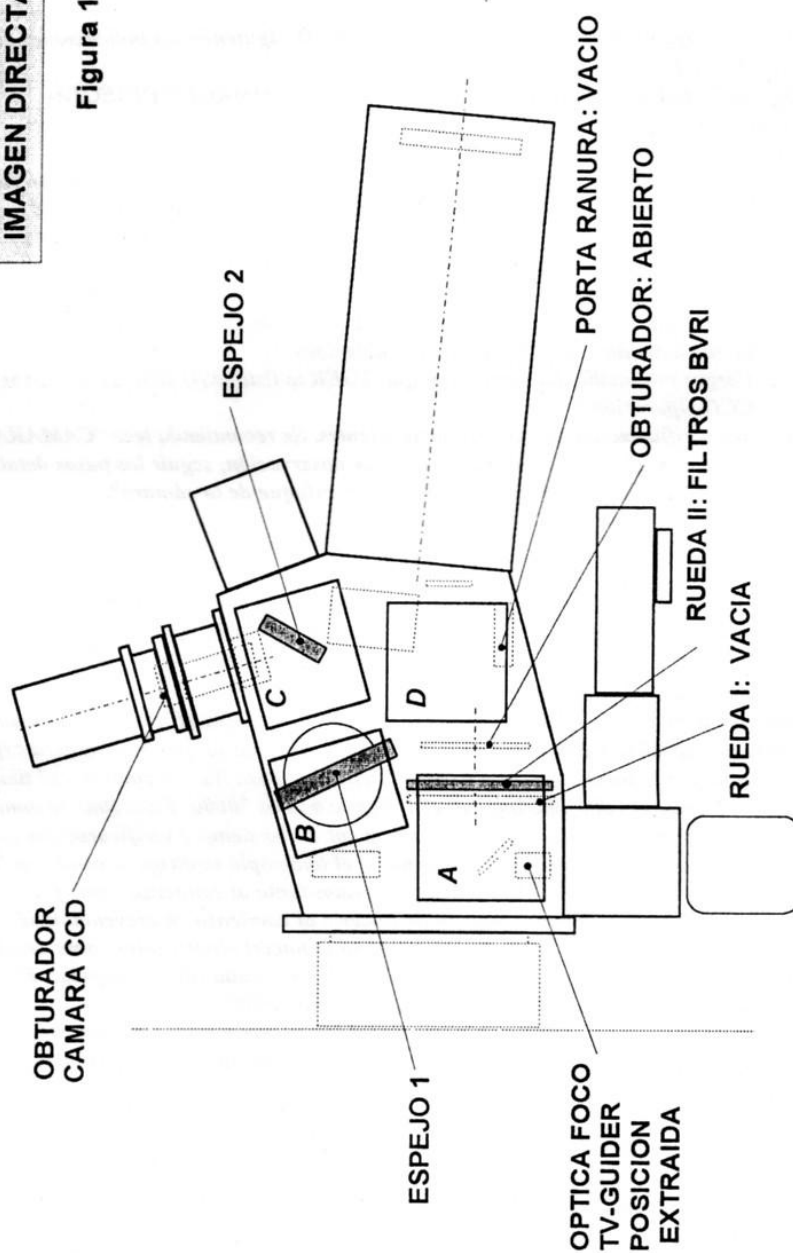
Es importante tener en cuenta que los filtros deben instalarse en los lugares marcados en la rueda.

Para que el CCD quede libre de obstrucción el TV-guider debe moverse lo suficiente (como ejemplo, lecturas x= 600, y= 867).

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

IMAGEN DIRECTA

Figura 1-1



Operación

Los pasos a seguir para la utilización del EMF en el modo IMAGEN DIRECTA son los a continuación detallados. Debe advertirse que muchas de estas tareas pueden considerarse no necesarias en determinados casos, de acuerdo al criterio de cada observador o al tipo de observación que se desee realizar. También la forma de lograr cada paso o la secuencia puede variar por iguales razones.

Preparación

- 1- *Carga de Nitrógeno en el criostato de la cámara CCD siguiendo las indicaciones dadas en "CAMARA CCD-Carga de Nitrógeno Líquido".*
- 2- *Configurar el EMF de acuerdo a lo indicado en la hoja "IMAGEN DIRECTA-Configuración".*
- 3- *Preparar la adquisición de las imágenes:*
 - a- *Verificar que el directorio E:\IMAGENES se encuentre vacío, y el lugar libre en el disco E: sea suficiente para almacenar los archivos de las imágenes que se espera obtener. Es posible que a mitad de la noche de observación sea necesario transferir los archivos almacenados hasta ese momento a la otra PC.*
 - b- *Arrancar PMIS e inicializar el CCD de acuerdo a lo indicado en "CAMARA CCD-Operación", Ganancia, Binning y Zona de interés (ROI). Se recomienda anotar los valores establecidos.*
 - c- *Cargar por medio del menú principal USER la lista USUARIO (Ver "CAMARA CCD-Operación").*
- 4- *Realizar las verificaciones que se crea convenientes. Se recomienda leer "CAMARA CCD-Verificaciones". Si es la primera noche de observación, seguir los pasos detallados en la hoja "IMAGEN DIRECTA - Procedimiento de enfoque de la cámara".*

Observación

- 5- *Obtención de una secuencia de 10 BIAS con luces apagadas en la cúpula. Se recomienda el uso del macro BIASSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación".*
- 6- *Obtención de un DARK con completa oscuridad en la cúpula, al comienzo, mitad y final de la noche de observación. Se recomienda el uso del macro DARKSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación". El tiempo de exposición deberá ser mayor o igual que el más largo que se espera exponer.*
- 7- *Obtención de por lo menos dos FLATS DE CIELO por cada filtro a emplear. El tiempo deberá ser tal que el valor máximo en ADU llegue a unos 20000. Estos flats se toman cuando el cielo se encuentra brillante, pero sin sol. Debe siempre verificarse que no aparezcan estrellas en el campo. Normalmente el telescopio se dirige al cenit con la relojería en funcionamiento. Pueden ser obtenidos tanto al comienzo como final de la noche de observación, pero se recomienda hacerlo al comienzo en prevención de cualquier inconveniente que se pueda presentar. Lo óptimo es hacerlo tanto antes como después.*
- 8- *Obtención de por lo menos dos FLATS DE CÚPULA por cada filtro a emplear. El tiempo debe ser tal que el valor máximo en ADU llegue a unos 20000.*
- 9- *Obtención de las imágenes de los objetos a estudiar, los campos de estrellas estándar y toda otra imagen de interés. Estas imágenes se logran siguiendo las indicaciones dadas en "CAMARA CCD-Operación".*

En este modo se recomienda la observación con un binning de 2×2 para aumentar la relación señal-ruido y disminuir al mismo tiempo el tamaño de los archivos de imagen. Con este binning cada pixel abarca $0.8''$ de campo, aproximadamente la mitad del tamaño de la mínima imagen esperable.

Procedimiento de enfoque

Luego de realizarse el enfoque del colimador y de la cámara por el método descrito en las hojas correspondientes, se deberán seguir los siguientes pasos para el enfoque del telescopio en el modo de imagen directa (ver "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - El Telescopio"):

- 1- Verificar que las lentes intermediarias del TV-Guider estén en posición extraída (fig. 1-1)
- 2- Enfocar la imagen de una estrella de regular brillo en el TV-Guider, utilizando para ello el enfoque del telescopio. Este paso dará un foco aproximado.
- 3- Tomar con el CCD imágenes de corta duración, moviendo por pasos el enfoque del telescopio. Para cada uno de estos pasos, determinar la forma y el tamaño a mitad de altura (FWHM) tanto en columnas como en filas, de diferentes estrellas del campo. Utilizar estrellas de regular brillo.
- 4- Confeccionar gráficos posición del foco vs. FWHM para columnas y filas, y determinar a partir de estos gráficos el valor de enfoque que se considere mejor (menor tamaño y forma circular).

El último paso es necesario ya que el telescopio tiene un pequeño astigmatismo residual. El tamaño de las imágenes se puede estimar utilizando la facilidad de graficación del PMIS, o puede ser medido con mayor precisión con el programa FVIZ (ver **"SOFTWARE DE REDUCCION-Determinación del seeing"**). Todo el procedimiento de enfoque debe ser llevado a cabo con uno de los filtros que se utilizará con posterioridad, preferentemente con el "V".

El paso 3 puede ser realizado con el macro "Foco". Este macro permite obtener una serie de 5 exposiciones consecutivas sin leer el CCD entre ellas (fig. 1-2). A tal fin proceder de la siguiente manera:

- 1- Ubicar una estrella de mediano brillo a media distancia entre el centro y el borde Sur o Norte del campo del CCD.
- 2- Activar el macro "Foco" del menú USER.
- 3- Indicar el tiempo deseado para cada exposición en MILISEGUNDOS.
- 4- Colocar el enfoque del telescopio en la primera posición deseada (anotar) y apretar ENTER (comienza la exposición).
- 5- Finalizada la exposición, mover el telescopio 30 segundos en declinación, hacia el N si la posición inicial está al N del centro del campo, hacia el S en caso contrario.
- 6- Cambiar el enfoque del telescopio (anotar) y apretar ENTER nuevamente.
- 7- Repetir los pasos 5 y 6 hasta completar 5 exposiciones distintas.
- 8- Una vez terminado este proceso se presentará en pantalla el frame con las 5 imágenes estelares obtenidas con los distintos enfoques.

Anotar en cada exposición la lectura del enfoque de acuerdo con el valor dado por el indicador de fcorrespondiente. Un procedimiento alternativo de más rápida ejecución es el siguiente:

- 1- Ubicar una estrella de mediano brillo a media distancia entre el centro y el borde Sur o Norte del campo del CCD.
- 2- Obtener un frame de corta duración en el que la estrella se distinga claramente
- 3- Definir una ROI pequeña que incluya la estrella y activarla (ver "CAMARA CCD - Operación")
- 4- Fijar la escala de visualización de grises más adecuada mediante el menú correspondiente
- 5- Activar el macro "Foco" del menú ACQUIRE en la ventana imagen. Este macro realiza una secuencia continua de exposiciones que finaliza al oprimir la tecla "Esc" en la ROI activa. Conviene hacer un zoom de la zona seleccionada para apreciar en detalle la forma de la imagen.
- 6- Variar el enfoque del telescopio de a pasos, hasta obtener una imagen de dimensiones mínimas y redonda.

El enfoque debe ser permanentemente vigilado durante toda la noche ya que el mismo puede variar con la temperatura y la posición del telescopio.

Los valores medidos de FWHM más frecuentes se ubican entre 1.5 y 3.0" (fig. 1-5).

IMAGEN DIRECTA

Figura 1-2

Ejemplo de una secuencia de enfoque

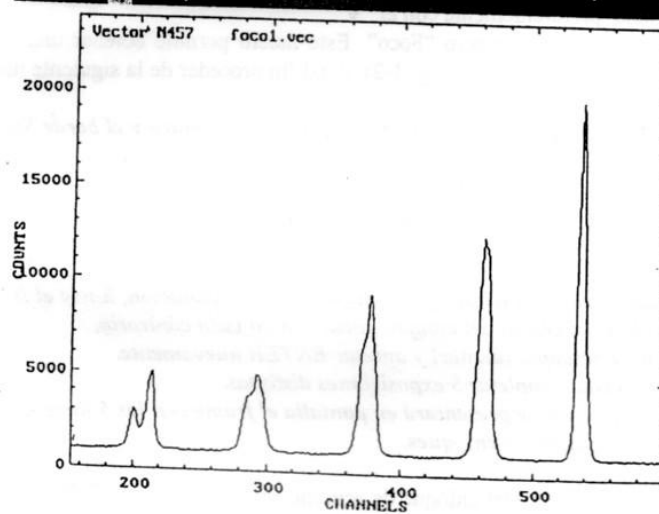
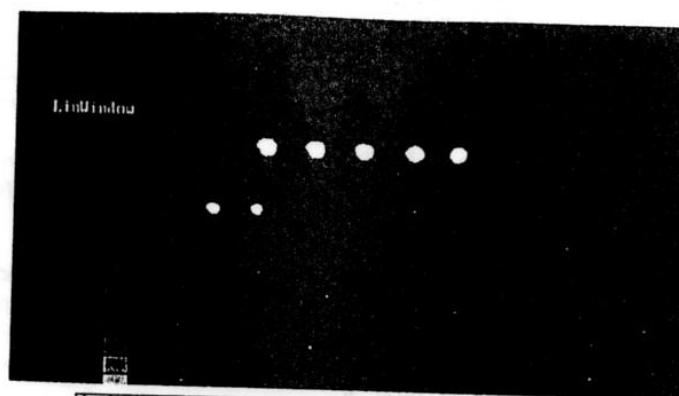


IMAGEN DIRECTA
Figura 1-3

Ejemplo de Flatfield con lente de campo mal limpiada

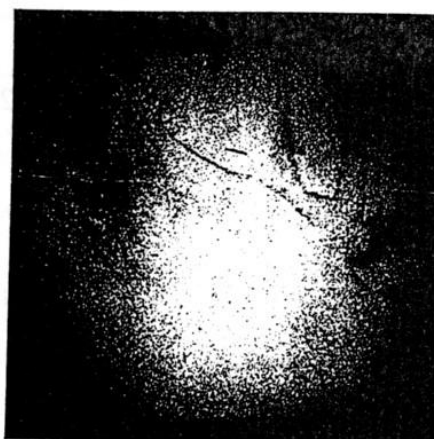
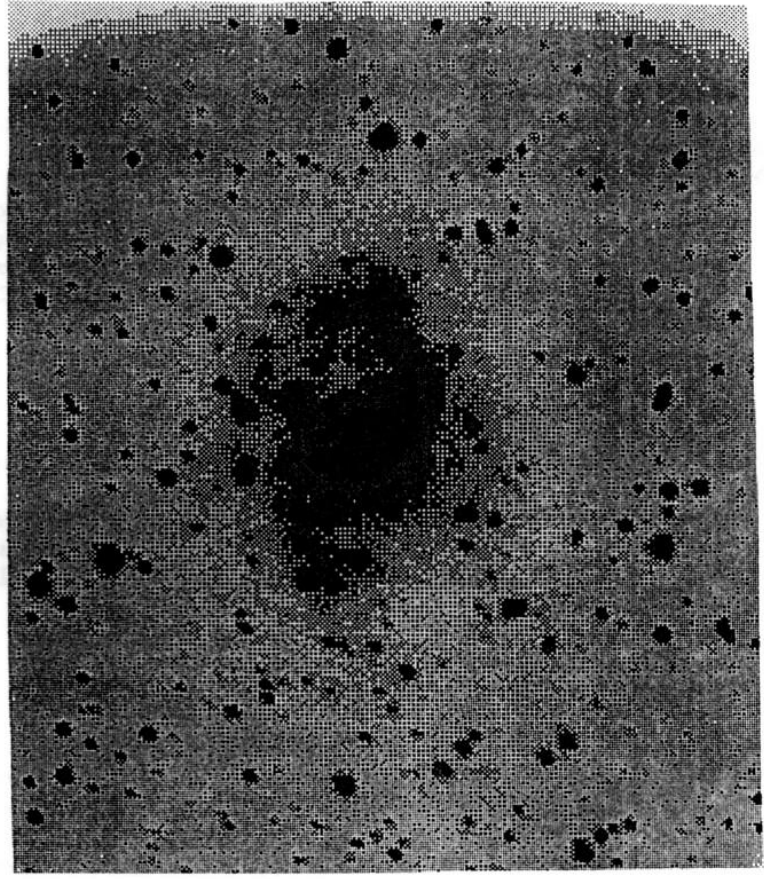


IMAGEN DIRECTA
Figura 1-4

Ejemplo: imagen directa bruta de NGC 6221, filtro R



```
r6221r2.dat
C End
S 1 10 100
T -- -- --
S=28 T=967
2
```

```
LinWindow
<= 994
595- 1022
1023- 1050
1051- 1078
1079- 1106
1107- 1134
1135- 1162
1163- 1190
1191- 1218
1219- 1246
1247- 1274
1275- 1302
1303- 1330
1331- 1358
1359- 1386
>= 1387
```

Operación

Los pasos a seguir para la utilización del EMF en el modo IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL son los a continuación detallados. Debe advertirse que muchas de estas tareas pueden considerarse no necesarias en determinados casos, de acuerdo al criterio de cada observador o al tipo de observación que se desea realizar. También la forma de lograr cada paso o la secuencia puede variar por iguales razones.

Preparación

- 1- Carga de Nitrógeno en el crióstato de la cámara CCD siguiendo las indicaciones dadas en "CAMARA CCD-Carga de Nitrógeno Líquido".
- 2- Configurar el EMF de acuerdo con lo indicado en la hoja "IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL - Configuración".
- 3- Preparar la adquisición de las imágenes:
 - a- Verificar que el directorio E:\IMAGENES se encuentre vacío, y el lugar libre en el disco E: sea suficiente para almacenar los archivos de las imágenes que se espera obtener. Es posible que a mitad de la noche de observación sea necesario transferir los archivos almacenados hasta ese momento a la otra PC.
 - b- Arrancar PMIS e inicializar el CCD de acuerdo con lo indicado en "CAMARA CCD-Operación", Ganancia, Binning y Zona de interés (ROI). Se recomienda anotar los valores definidos.
 - c- Cargar por medio del menú principal USER la lista USUARIO (Ver "CAMARA CCD-Operación").
- 4- Realizar las verificaciones que se crea convenientes. Se recomienda leer "CAMARA CCD-Verificaciones".
- 5- Llevar a cabo el enfoque del telescopio (ver "IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL- Procedimiento de enfoque"). Si se trata de la primera noche de observación, seguir los pasos detallados en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - Procedimiento de enfoque de la cámara".

Observación

- 6- Obtención de una secuencia de 10 BIAS con las luces de la cúpula apagadas. Se recomienda el uso del macro BIASSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación".
- 7- Obtención de DARKS con completa oscuridad en la cúpula, al comienzo, mitad y final de la noche de observación. Se recomienda el uso del macro DARKSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación". El tiempo de exposición deberá ser mayor o igual que el más prolongado que se espere exponer.
- 8- Obtención de por lo menos dos FLATS DE CIELO por cada filtro a emplear. El tiempo deberá ser tal que el valor máximo en ADU llegue a unos 20000. Estos flats se toman cuando el cielo se encuentra brillante, pero sin sol. Debe siempre verificarse que no aparezcan estrellas en el campo. Normalmente el telescopio se dirige al cenit con la relojería en funcionamiento. Pueden ser obtenidos tanto al comienzo como al final de la noche de observación, pero se recomienda hacerlo al comienzo en prevención de cualquier inconveniente que se pudiera presentar. Lo óptimo es hacerlo tanto antes como después.
- 9- Obtención de por lo menos dos FLATS DE CUPULA por cada filtro a emplear. El tiempo de exposición debe ser tal que el valor máximo en ADU llegue a unos 20000.
- 10- Obtención de las imágenes de los objetos a estudiar, los campos de estrellas estándar y toda otra imagen de interés. Estas imágenes se logran siguiendo las indicaciones dadas en "CAMARA CCD-Operación".

En este modo se recomienda la observación con un binning de 2 x 2 para aumentar la relación señal/ruido y disminuir al mismo tiempo el tamaño de los archivos de imagen. Con este binning cada pixel abarca 0.76" sobre el cielo, aproximadamente la mitad del tamaño de la mínima imagen esperable.

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL

Figura 2-1

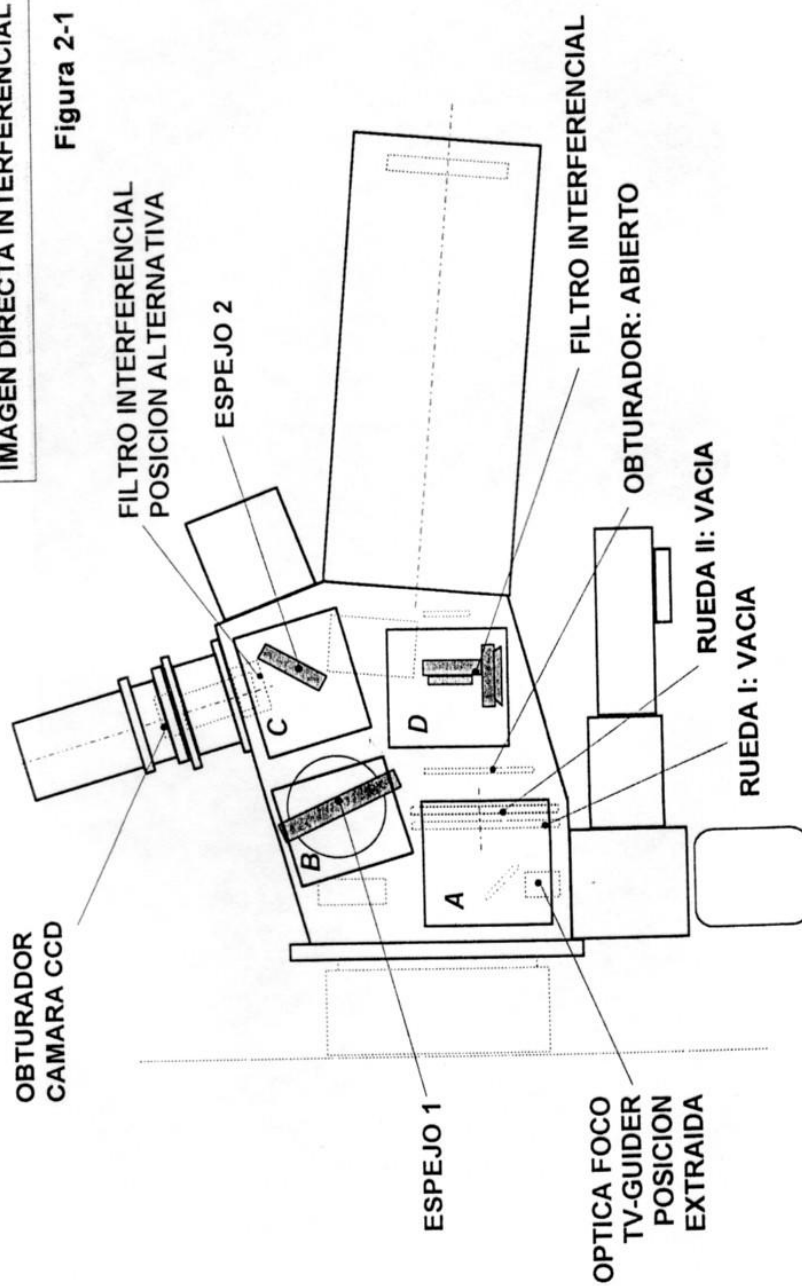
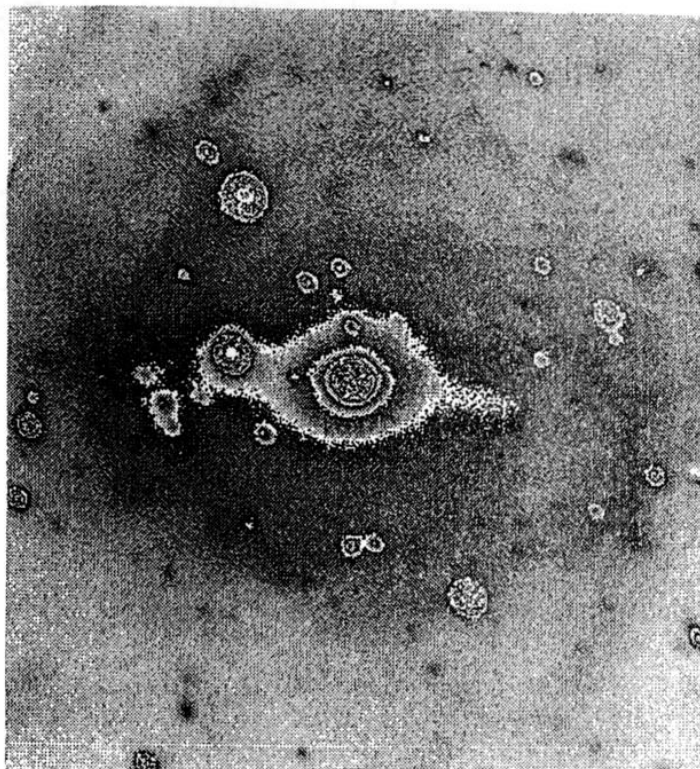


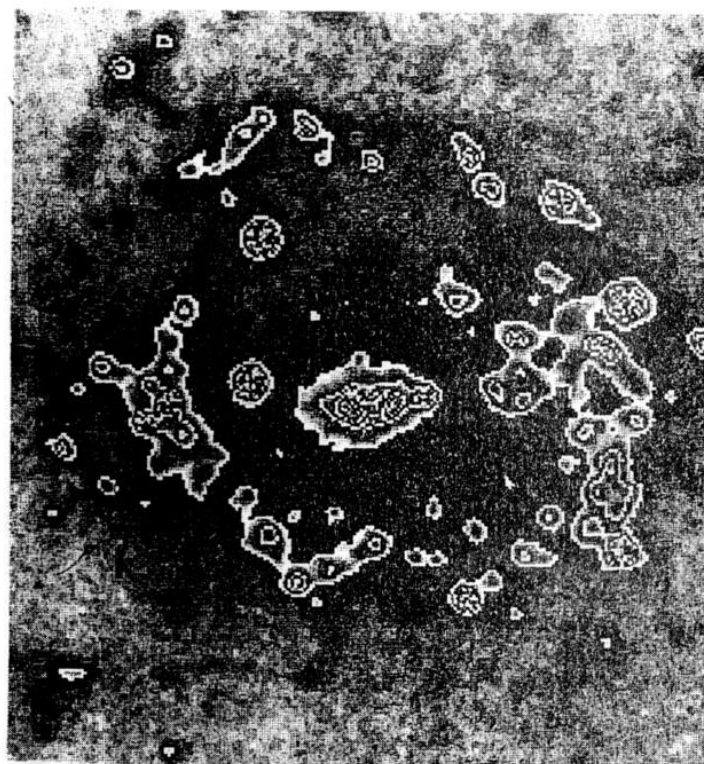
IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL

Figura 2-2

Ejemplo, Imagen directa con filtro interferencial de NGC 5643



Filtro R



Filtro H α

Operación

Los pasos a seguir para la utilización del EMF en el modo IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL son los a continuación detallados. Debe advertirse que muchas de estas tareas pueden considerarse no necesarias en determinados casos, de acuerdo al criterio de cada observador o al tipo de observación que se desea realizar. También la forma de lograr cada paso o la secuencia puede variar por iguales razones.

Preparación

- 1- Carga de Nitrógeno en el criostato de la cámara CCD siguiendo las indicaciones dadas en "CAMARA CCD-Carga de Nitrógeno Líquido".
- 2- Configurar el EMF de acuerdo con lo indicado en la hoja "IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL - Configuración".
- 3- Preparar la adquisición de las imágenes:
 - a- Verificar que el directorio E:\IMAGENES se encuentre vacío, y el lugar libre en el disco E: sea suficiente para almacenar los archivos de las imágenes que se espera obtener. Es posible que a mitad de la noche de observación sea necesario transferir los archivos almacenados hasta ese momento a la otra PC.
 - b- Arrancar PMIS e inicializar el CCD de acuerdo con lo indicado en "CAMARA CCD-Operación", Ganancia, Binning y Zona de interés (ROI). Se recomienda anotar los valores definidos.
 - c- Cargar por medio del menú principal USER la lista USUARIO (Ver "CAMARA CCD-Operación").
- 4- Realizar las verificaciones que se crea convenientes. Se recomienda leer "CAMARA CCD-Verificaciones".
- 5- Llevar a cabo el enfoque del telescopio (ver "IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL- Procedimiento de enfoque"). Si se trata de la primera noche de observación, seguir los pasos detallados en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - Procedimiento de enfoque de la cámara".

Observación

- 6- Obtención de una secuencia de 10 BIAS con las luces de la cúpula apagadas. Se recomienda el uso del macro BIASSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación".
- 7- Obtención de DARKS con completa oscuridad en la cúpula, al comienzo, mitad y final de la noche de observación. Se recomienda el uso del macro DARKSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación". El tiempo de exposición deberá ser mayor o igual que el más prolongado que se espere exponer.
- 8- Obtención de por lo menos dos FLATS DE CIELO por cada filtro a emplear. El tiempo deberá ser tal que el valor máximo en ADU llegue a unos 20000. Estos flats se toman cuando el cielo se encuentra brillante, pero sin sol. Debe siempre verificarse que no aparezcan estrellas en el campo. Normalmente el telescopio se dirige al cenit con la relojería en funcionamiento. Pueden ser obtenidos tanto al comienzo como al final de la noche de observación, pero se recomienda hacerlo al comienzo en prevención de cualquier inconveniente que se pudiera presentar. Lo óptimo es hacerlo tanto antes como después.
- 9- Obtención de por lo menos dos FLATS DE CUPULA por cada filtro a emplear. El tiempo de exposición debe ser tal que el valor máximo en ADU llegue a unos 20000.
- 10- Obtención de las imágenes de los objetos a estudiar, los campos de estrellas estándar y toda otra imagen de interés. Estas imágenes se logran siguiendo las indicaciones dadas en "CAMARA CCD-Operación".

En este modo se recomienda la observación con un binning de 2 x 2 para aumentar la relación señal/ruido y disminuir al mismo tiempo el tamaño de los archivos de imagen. Con este binning cada pixel abarca 0.76" sobre el cielo, aproximadamente la mitad del tamaño de la mínima imagen esperable.

Procedimiento de enfoque

Luego de realizarse el enfoque del colimador y de la cámara por el método descrito en las hojas correspondientes, se deberán seguir los siguientes pasos para el enfoque del telescopio en el modo de IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL (Ver "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES -El Telescopio "):

- 1- Verificar que las lentes intermediarias del TV-Guider estén en posición extraída (fig. 1-1).
- 2- Enfocar la imagen de una estrella de regular brillo en el TV-Guider, variando para ello el enfoque del telescopio. Este paso dará un foco aproximado.
- 3- Ubicar en la posición del filtro interferencial una lámina plano-paralela de vidrio transparente de igual espesor que el filtro, a fin de reproducir un camino óptico similar.
- 4- Tomar con el CCD imágenes de corta duración, moviendo por pasos el enfoque del telescopio. Para cada uno de estos pasos, y para varias estrellas del campo determinar su tamaño a mitad de altura (FWHM) tanto en columnas como en filas, y estudiar su forma. Utilizar estrellas de regular brillo.
- 5- Confeccionar gráficos "lectura de enfoque vs. FWHM" para columnas y filas, y determinar a partir de estos gráficos el valor de enfoque que se considere mejor (menor tamaño y forma circular).

El último paso es necesario ya que el telescopio posee un pequeño astigmatismo residual. El tamaño de las imágenes se puede estimar utilizando las facilidades de graficación del PMIS, o puede ser medido con mayor precisión usando el programa FVIZ (ver "SOFTWARE DE REDUCCION - Determinación del seeing"). El paso 4 puede ser realizado con el macro "Foco". Este macro permite obtener una serie de 5 exposiciones consecutivas sin leer el CCD entre ellas (fig. 1-2). A tal fin proceder de la siguiente manera:

- 1- Ubicar una estrella de mediano brillo a media distancia entre el centro y el borde Sur o Norte del campo del CCD.
- 2- Activar el macro "Foco" del menú USER.
- 3- Indicar en MILISEGUNDOS el tiempo deseado de cada exposición.
- 4- Colocar el enfoque del telescopio en la primera posición deseada y apretar ENTER.
- 5- Finalizada la exposición, mover el telescopio 30 segundos de arco en declinación, hacia el Norte si la posición inicial se halla al Norte del centro del campo, hacia el Sur si la posición inicial se halla al Sur.
- 6- Cambiar el enfoque del telescopio y apretar ENTER nuevamente.
- 7- Repetir los pasos 5 y 6 hasta completar 5 exposiciones distintas.
- 8- Una vez terminado este procedimiento se presentará en pantalla el frame con las 5 imágenes estelares obtenidas con los distintos enfoques.

Es importante anotar en cada exposición la lectura de enfoque dada por el indicador de foco.

Un procedimiento alternativo de más rápida ejecución es el siguiente:

- 1- Ubicar una estrella de mediano brillo a media distancia entre el centro y el borde Sur o Norte del campo del CCD
- 2- Obtener un frame de corta duración en el que la estrella se vea claramente
- 3- Definir una ROI de pequeñas dimensiones que incluya la estrella (ver "CAMARA CCD - Operación), y activarla
- 4- Cambiar a una escala de visualización de grises conveniente, mediante el menú a tal efecto
- 5- Activar el macro "Foco" del menú ACQUIRE de la ventana de imagen. Este macro lleva a cabo una secuencia continua de exposiciones que finaliza al oprimir la tecla "Esc" en la ROI activa. Es conveniente hacer un zoom de la zona seleccionada para apreciar en detalle la forma de la imagen estelar.
- 6- Variar por pasos el enfoque del telescopio, hasta obtener una imagen pequeña y redonda.

El enfoque debe ser permanentemente vigilado durante toda la noche ya que el mismo puede variar con la temperatura ambiente y la posición del telescopio.

Los valores de FWHM medidos más frecuentes se ubican entre 1.5" y 3.0" (fig. 1-5).

IMAGEN DIRECTA e IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL

Comentarios generales

- El sistema colimador-cámara del EMF produce una demagnificación de 3. El campo abarcado en estos modos es de 5.7×5.7 minutos de arco, con $0.38''$ por pixel (con binning 1×1). De manera tal que la distancia focal equivalente del sistema óptico telescopio-reductor focal es de 10.38 m ($f/D=6.7$)

- Es importante la limpieza de la lente de campo (ver figuras I-1 y I-3). En la figura 1-2 se muestra un flat de cielo donde se puede apreciar nítidamente el inconveniente producido por la suciedad en la misma.

- A modo de referencia, las velocidades relativas medias de adquisición con los diferentes filtros de absorción se listan en la siguiente tabla:

Filtro	Velocidad
B	5
V	1.5
R	1
I	1.5

- En la figura 1-4 se puede apreciar un ejemplo de imagen directa de una galaxia obtenida con filtro R. En la figura 2-2 se muestra una imagen con filtro interferencial.

- Se ha observado una importante mejoría en el tamaño y estabilidad de las imágenes estelares unas 2 a 3 horas después de oscurecer. Se recomienda abrir la cúpula unas dos horas antes de comenzar la observación.

- La figura 1-5 muestra el histograma realizado con el FWHM medido en imágenes estelares durante 23 noches de observación entre julio y agosto de 1994 en la Estación Astrofísica de Bosque Alegre.

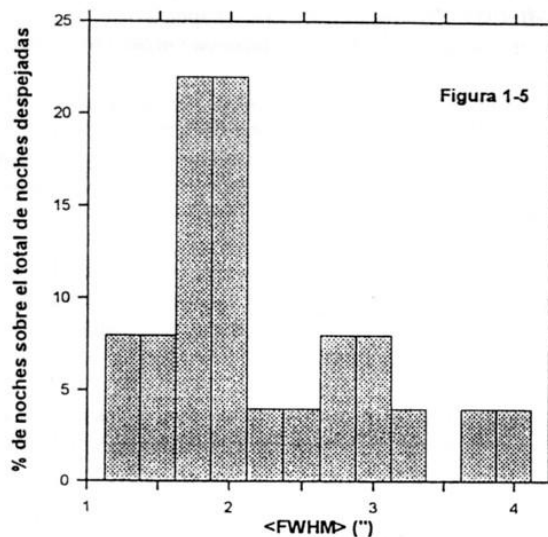


Figura 1-5

Seeing en la Estación Astrofísica de Bosque Alegre

IMAGEN MULTIPUPILAR

Configuración

Para realizar observaciones en modo "de imagen" con el conjunto de microlentes, se debe incrementar la distancia focal del sistema. Para ello se cuenta con dos lentes ($\times 14$ y $\times 20$) ubicadas en la rueda I (fig. I-1), con las que se obtiene una razón focal de $f/240$ y $f/400$, respectivamente. De tal forma se logra la misma escala angular que para los modos ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL (tipo TIGRE) y ESPECTROGRAFO A DISPERSION CRUZADA FP+RED (tipo PYTHEAS), distinta que en los modos de IMAGEN DIRECTA o ESPECTROGRAFO RANURA LARGA. Se obtiene como resultado de la observación una imagen bidimensional discretizada "a la entrada" en micropupilas, y no sobre el detector por los píxeles del mismo. Este modo puede ser utilizado complementariamente con los modos tipo PYTHEAS o tipo TIGRE.

Para configurar el EMF en el modo IMAGEN MULTIPUPILAR ver la figura 3-1 y seguir los pasos a continuación detallados.

- 1- *Girar la rueda I (externa) en el sentido que indican las flechas colocadas en el borde de la misma (horario, mirando desde el telescopio) hasta que se oiga el "clic" característico que indica que la rueda se encuentra en posición. Esta operación se realiza manualmente a través de la puerta A (fig. I-1). Girando en el sentido indicado, la primera lente en quedar colocada será la de menor magnificación ($f/240$). La siguiente posición de la rueda corresponderá a la lente de mayor magnificación ($f/400$).*
- 2- *Ubicar la rueda II (interna, puerta A) en posición vacía.*
- 3- *Cambiar el conjunto de lentes intermediarias del TV-Guider. De tal forma el TV-Guider podrá quedar en foco para la nueva posición del espejo secundario que requerirá el enfoque del EMF en este modo (ver "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA - Procedimiento de Enfoque"). Para ello empujar el cilindro con las lentes a través de la puerta A hasta que quede en posición "entrado" (fig. I-1).*
- 4- *Abrir el obturador del EMF desde la manopla de control (fig. I-4). Controlar la posición del obturador desde la puerta D (fig. I-1).*
- 5- *Ubicar el carro porta-ranura en posición extraída, retirarlo aflojando el tornillo de sujeción (fig. I-4) e insertar en su lugar el conjunto de microlentes siguiendo las instrucciones dadas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA - Instalación del conjunto de microlentes".*
- 6- *Montar el espejo 1 por la puerta B, siguiendo las indicaciones dadas en la hoja "TODOS LOS MODOS - Reemplazo de Red o Espejo1".*
- 7- *Ubicar el espejo en el ángulo $33^{\circ} 30'$, manualmente mediante la perilla ubicada en el lado Este del EMF (fig. I-2).*
- 8- *Retirar la tapa del espejo 1 (puerta B), y verificar que el espejo del TV-Guider se ubique lo suficientemente fuera del eje como para que no obstruya el campo.*
- 9- *Modificar el enfoque del telescopio hasta que el indicador de foco muestre una lectura cercana al valor típico en este modo de operación. Solicitar este valor al personal de apoyo.*

El conjunto de microlentes se encuentra montado en soporte similar al de la ranura larga y el procedimiento de inserción en el plano focal es también similar, la trama ocupa el mismo lugar que ocuparía la ranura, sobre el plano focal. Se deberá extremar el cuidado en la manipulación de las microlentes debido a su fragilidad y elevado costo.

El arreglo de microlentes se halla girado en su soporte respecto de las direcciones paralela y perpendicular a la de dispersión de la red, a fin de evitar la superposición de los espectros individuales. La imagen formada se ubica a un costado del frame del CCD (no centrada).

Las características de las redes disponibles están detalladas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES- Características de las redes de difracción".

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

IMAGEN MULTIPUPILAR

Figura 3-1

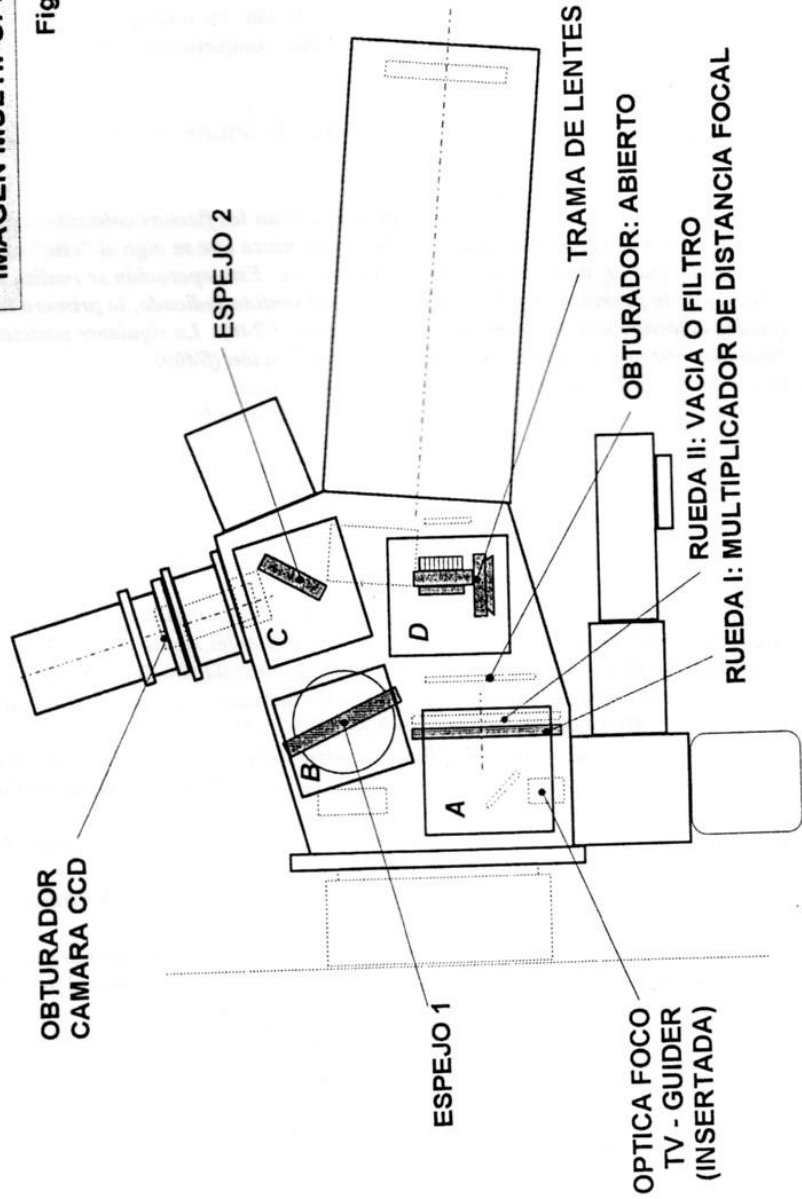


IMAGEN MULTIPUPILAR INTERFERENCIAL

Configuración

Para realizar observaciones en modo "de imagen" con el conjunto de microlentes, se debe incrementar la distancia focal del sistema para lo que se cuenta con dos lentes ($\times 14$ y $\times 20$) ubicadas en la rueda I (fig. I-1), con las que se obtiene una razón focal de $f/240$ y $f/400$, respectivamente. De tal forma se logra la misma escala angular que para los modos ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL (tipo TIGRE) y ESPECTROGRAFO A DISPERSION CRUZADA FP+RED (tipo PYTHEAS), y distinta de los modos de IMAGEN DIRECTA o ESPECTROGRAFO RANURA LARGA. Se obtiene como resultado de la observación una imagen bidimensional discretizada "a la entrada" en micropupilas y no sobre el detector por los pixeles del mismo. Este modo puede ser utilizado complementariamente con los modos tipo PYTHEAS o tipo TIGRE.

Para configurar el EMF en el modo IMAGEN MULTIPUPILAR INTERFERENCIAL ver la figura 4-1 y seguir los pasos a continuación detallados.

- 1- Girar la rueda I (externa) en el sentido que indican las flechas colocadas en el borde de la misma (horario, mirando desde el telescopio) hasta que se oiga el "clic" característico que indica que la rueda se encuentra en posición. Esta operación se realiza manualmente a través de la puerta A (fig. I-1). Girando en el sentido indicado, la primera lente en quedar colocada será la de menor magnificación ($f/240$). La siguiente posición de la rueda corresponderá a la lente de mayor magnificación ($f/400$).
- 2- Ubicar la rueda II (interna, puerta A) en posición vacía.
- 3- Cambiar el conjunto de lentes intermediarias del TV-Guider. De tal forma el TV-Guider podrá quedar en foco para la nueva posición del espejo secundario que requerirá el enfoque del EMF en este modo (ver "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA - Procedimiento de Enfoque"). Para ello empujar el cilindro con las lentes a través de la puerta A hasta que quede en posición "entrado" (fig. I-1).
- 4- Abrir el obturador del EMF desde la manopla de control (fig. I-4). Controlar la posición del obturador desde la puerta D (fig. I-1).
- 5- Ubicar el carro porta-ranura en posición extraída, retirarlo aflojando el tornillo de sujeción (fig. I-4) e insertar en su lugar el conjunto de microlentes siguiendo las instrucciones dadas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA - Instalación del conjunto de microlentes".
- 6- Montar el espejo 1 por la puerta B, siguiendo las indicaciones dadas en la hoja "TODOS LOS MODOS - Reemplazo de Red o Espejo 1".
- 7- Montar el soporte roscado para los filtros interferenciales inmediatamente en frente de la lente de cámara (por medio de tres tornillos). Montar el filtro interferencial a utilizar con su correspondiente tambor en el soporte roscado (puerta C).
- 8- Ubicar el espejo en el ángulo $33^{\circ} 30'$, manualmente mediante la perilla ubicada en el lado Este del EMF (fig. I-2).
- 9- Retirar la tapa del espejo 1 (puerta B), y verificar que el espejo del TV-Guider se ubique lo suficientemente fuera del eje como para que no obstruya el campo.
- 10- Modificar el enfoque del telescopio hasta que el indicador de foco muestre una lectura cercana al valor típico en este modo de operación. Solicitar este valor al personal de apoyo.

El conjunto de microlentes se encuentra montado en soporte similar al de la ranura larga y el procedimiento de inserción en el plano focal es también similar, la trama ocupa el mismo lugar que ocuparía la ranura, sobre el plano focal. Se deberá extremar el cuidado en la manipulación de las microlentes debido a su fragilidad y elevado costo.

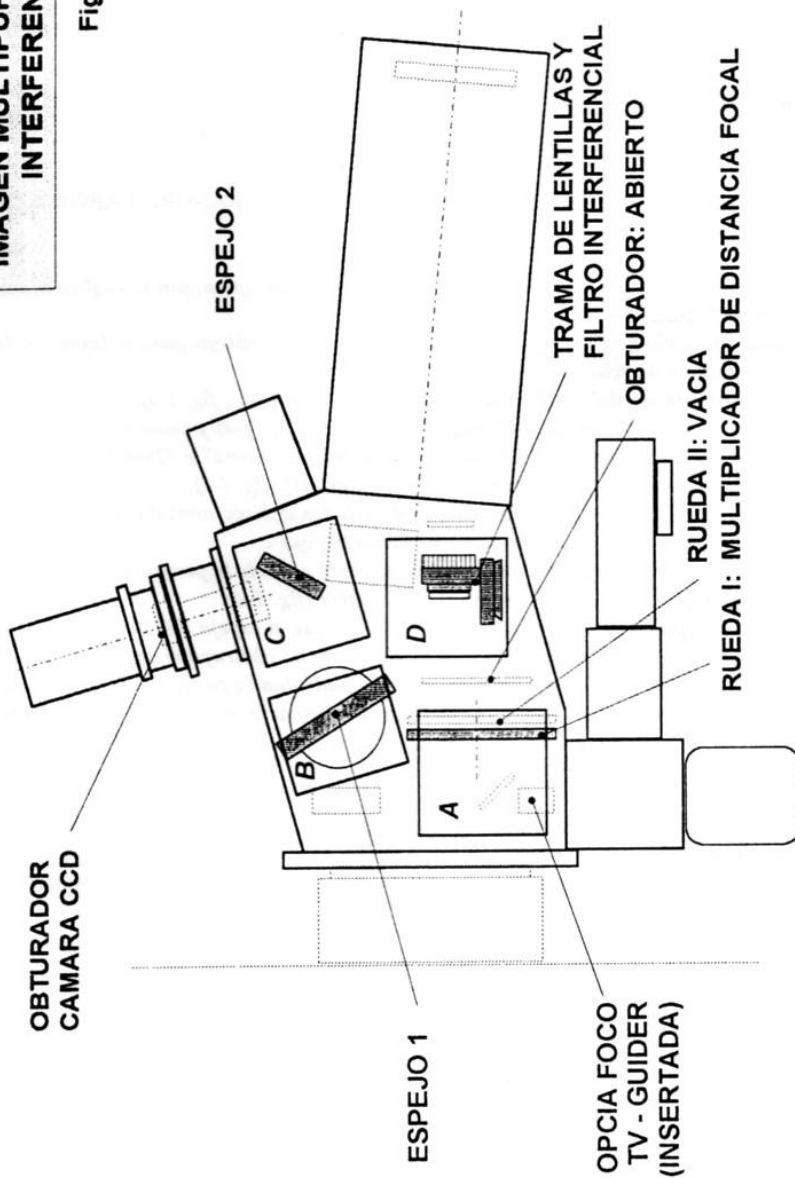
El arreglo de microlentes se halla girado en su soporte respecto de las direcciones paralela y perpendicular a la dirección de la dispersión de la red, a fin de evitar superposición de los espectros individuales. La imagen formada se ubica a un costado del frame del CCD (no centrada).

Las características de las redes disponibles están detalladas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES- Características de las redes de difracción".

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

IMAGEN MULTIPUPILAR
INTERFERENCIAL

Figura 4-1



MODOS ESPECTROSCOPICOS DE BAJA DISPERSION

ESPECTROGRAFO RANURA LARGA

Configuración

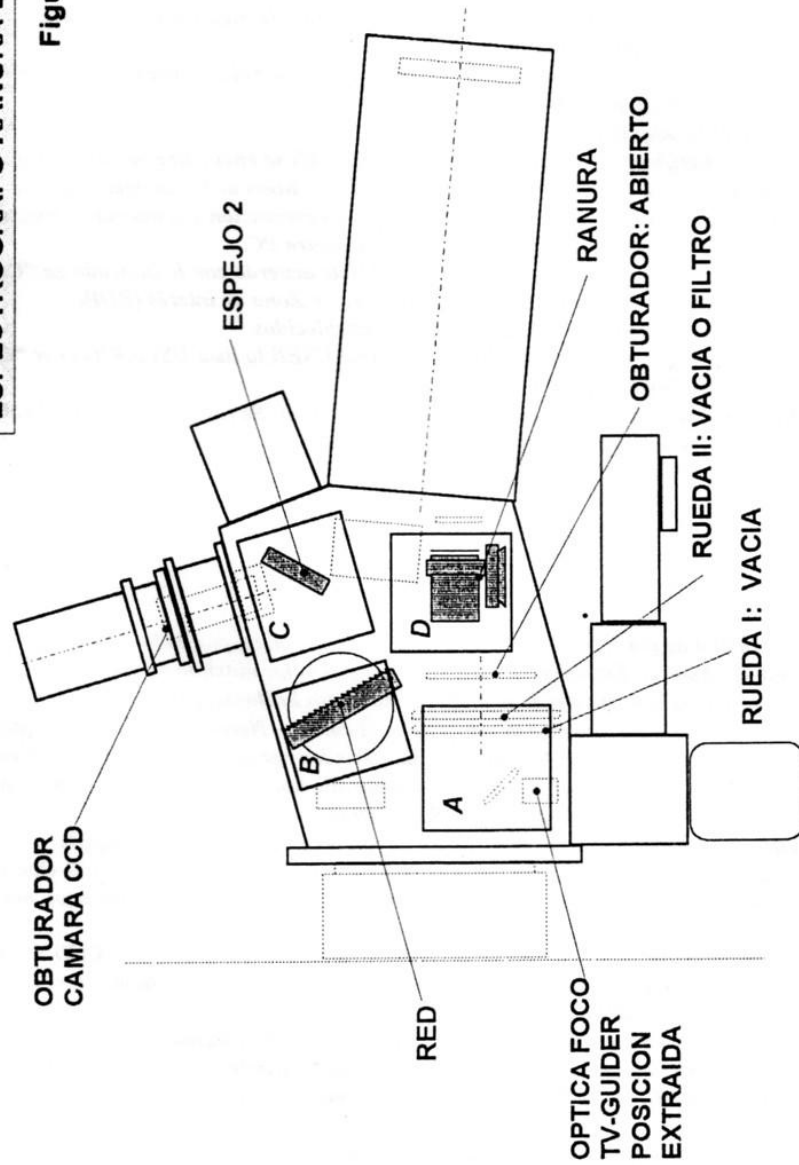
Para configurar el EMF en el modo de ESPECTROGRAFO RANURA LARGA ver la figura 5-1 y seguir los pasos a continuación detallados:

- 1- Ubicar la rueda I (externa) en la posición vacía. Esta operación se realiza manualmente a través de la puerta A (fig. I-1).
- 2- Montar en la rueda II (interna, puerta A) el difusor a utilizar para la lámpara de comparación y marcar su posición.
- 3- Abrir el obturador del EMF desde la manopla de control (fig. I-4).
- 4- Ubicar el carro porta-ranura en posición extraída (fig. I-4) y colocar esta última siguiendo las instrucciones dadas en las hojas "Calibración de ranura" e "Instalación de ranura". Controlar la posición del obturador desde la puerta D (fig. I-1).
- 5- Montar la red a usar por la puerta B, siguiendo las indicaciones dadas en la hoja "TODOS LOS MODOS, Reemplazo de Red o Espejo".
- 6- Ubicar la red en el ángulo deseado manualmente o desde la perilla ubicada en el lado Este del EMF (fig. I-2) o desde la manopla de control (fig. I-4).
- 7- Retirar la tapa de la red (puerta B), y verificar que el espejo del TV-Guider se ubique lo suficientemente fuera como para que no obstruya el campo.
- 8- Verificar la posición de los interruptores que controlan la rueda de filtros, ubicados en la manopla de control (fig. I-4), a fin de colocar el espacio vacío o el difusor según sea necesario.

El ángulo de giro de la red se puede leer en el goniómetro ubicado en el lado Este del espectrógrafo (fig. I-2), o en el display en la manopla de control (fig. I-4). Para usar este último sistema, deberá implementarse una calibración previa de la relación entre ángulo de giro de la red (medido en el goniómetro) y la lectura del display.

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION **ESPECTROGRAFO RANURA LARGA**

Figura 6-1



Operación

Los pasos a seguir para la utilización del EMF en el modo ESPECTROGRAFO RANURA LARGA se detallan a continuación. Debe advertirse que muchas de estas tareas pueden considerarse innecesarias en determinados casos, de acuerdo al criterio de cada observador o al tipo de observación que se desea realizar. También la forma de lograr cada paso o la secuencia pueden variar por idénticas razones.

Preparación

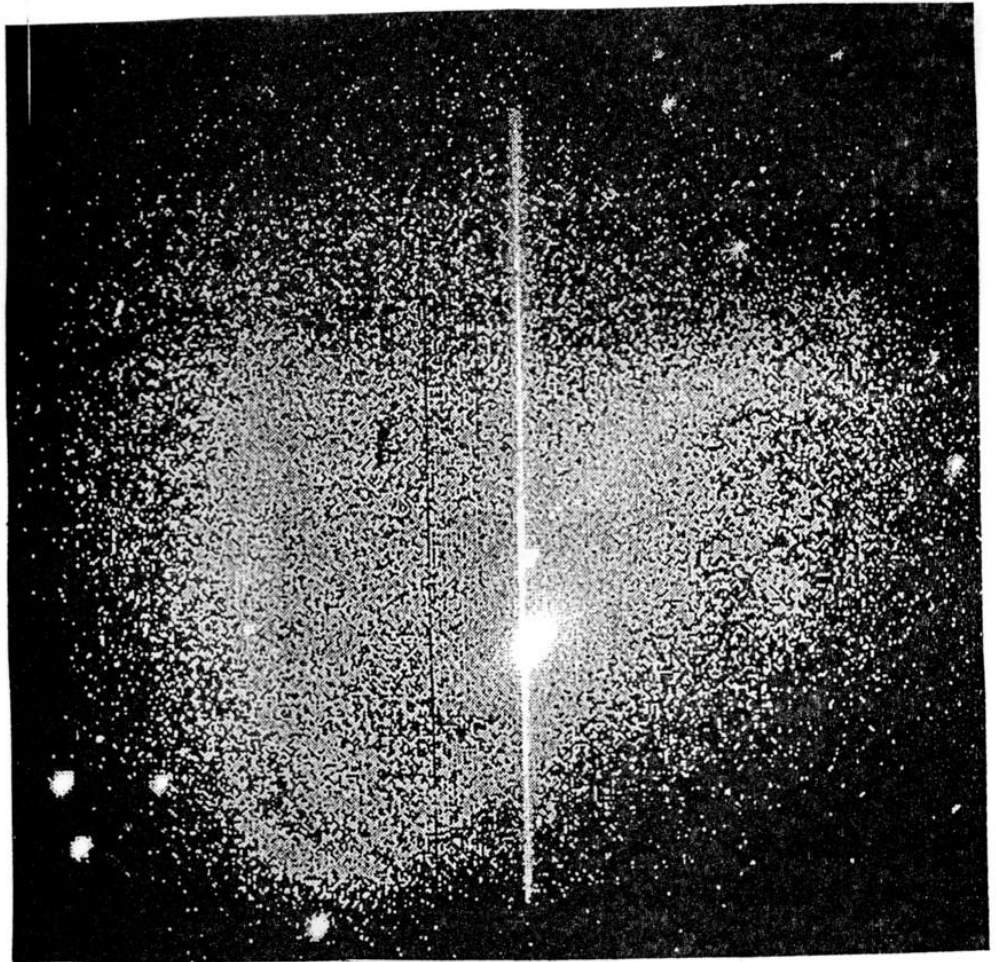
- 1- *Carga de Nitrógeno en el criostato de la cámara CCD siguiendo las indicaciones dadas en "CAMARA CCD-Carga de Nitrógeno Líquido".*
- 2- *Configurar el EMF de acuerdo con lo indicado en la hoja "ESPECTROGRAFO RANURA LARGA - Configuración".*
- 3- *Preparar la adquisición de las imágenes:*
 - a- *Verificar que el directorio E:\IMAGENES se encuentre vacío, y el lugar libre en el disco "E" sea suficiente para almacenar los archivos de las imágenes que se espera obtener. Es posible que a mitad de la noche de observación sea necesario transmitir los archivos hasta ese momento realizados a la otra PC.*
 - b- *Arrancar PMIS e inicializar el CCD de acuerdo con lo indicado en "CAMARA CCD-Operación", Ganancia, Binning y Zona de interés (ROI). Se recomienda anotar los valores establecidos.*
 - c- *Cargar por medio del menú principal USER la lista USUARIO (Ver "CAMARA CCD-Operación").*
- 4- *Realizar las verificaciones que se crea convenientes. Se recomienda leer "CAMARA CCD-Verificaciones". Si es la primera noche de observación, seguir los pasos detallados en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - Procedimiento de enfoque de cámara".*

Observación

- 5- *Obtención de por lo menos dos FLATS usando el cielo, por cada ángulo de red en que se observe. El tiempo deberá ser tal que el valor máximo en ADU llegue a unos 20000. Estos flats se toman cuando el cielo se encuentra brillante, pero sin sol. Debe siempre verificarse que no aparezcan estrellas en el campo. Normalmente el telescopio se dirige al cenit con la relojería en funcionamiento. Pueden ser obtenidos tanto al comienzo como final de la noche de observación, pero se recomienda hacerlo al comienzo en prevención de cualquier inconveniente que se pueda presentar.*
- 6- *Obtención de una secuencia de 10 BIAS con luces apagadas en la cúpula. Se recomienda el uso del macro BIASSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación".*
- 7- *Obtención de un DARK en completa oscuridad en la cúpula, al comienzo, mitad y final de la noche de observación. Se recomienda el uso del macro DARKSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación". La exposición deberá ser de una duración por lo menos igual a la más larga que se espere realizar.*
- 8- *Posicionamiento del telescopio en el campo del objeto y búsqueda de estrella de guiado.*
- 9- *Ubicar la ranura sobre la imagen del objeto siguiendo los pasos detallados en la hoja "ESPECTROGRAFO RANURA LARGA- Centrado de la ranura sobre la imagen del objeto".*
- 10- *Llevar el TV-Guider a la posición de guiado y la red al ángulo de observación.*
- 11- *Obtención de comparación y espectros del objeto en forma alternada.*
- 12- *Uno o mas flats de red por cada ángulo de observación, antes de cambiarlo (atención). Para estos pasos leer hoja "Realización de comparaciones y flats de red".*
- 13- *Adquisición de espectros de estrellas estandar y todo otro frame de interés.*

ESPECTROGRAFO RANURA LARGA**Figura 5-2**

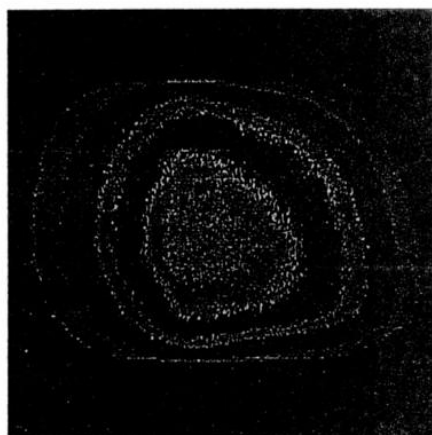
Método de doble exposición, imagen con ranura+objeto
(NGC 2442)



ESPECTROGRAFO RANURA LARGA
Figura 5-3

Flatfield de ciclo normal

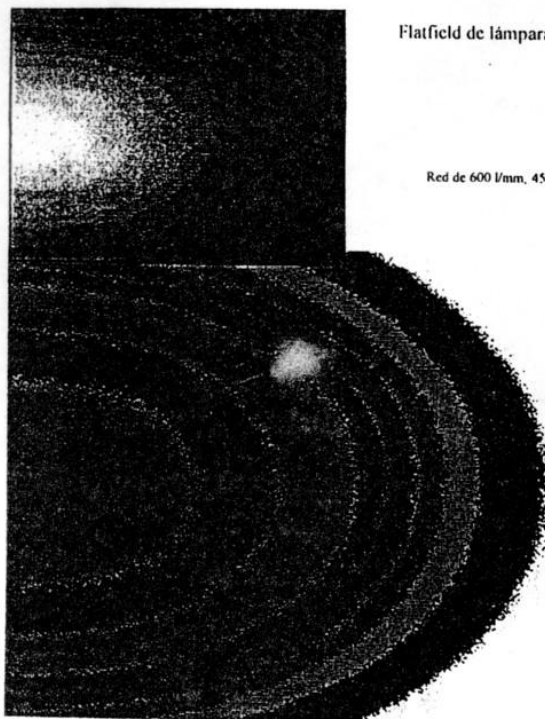
Red de 1200 l/mm, 58°



ESPECTROGRAFO RANURA LARGA
Figura 5-4

Flatfield de lámpara

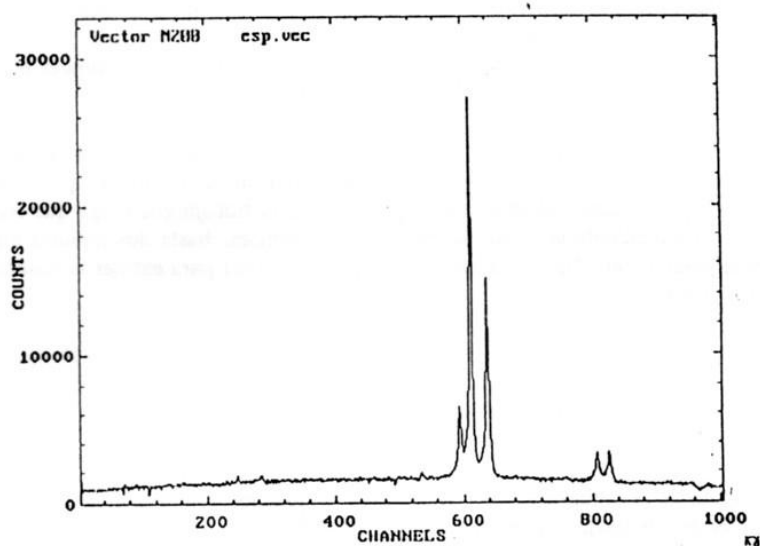
Red de 600 l/mm, 45°



ESPECTROGRAFO RANURA LARGA
Figura 5-5

Ejemplo: espectro de NGC 6221, red de 1200 l/mm, 90 minutos

Wed Apr 12 19:58:49 1995



Instalación de la ranura

Para la instalación de la ranura en el EMF deberán efectuarse los siguientes pasos:

- 1- *El carro porta-ranura deberá estar en la posición extraída, operación que se realiza por medio del interruptor de la manopla de control del EMF (fig. I-4).*
- 2- *Ubicar la escalera del lado Oeste del EMF.*
- 3- *Introducir la ranura por la puerta "D" ubicada del lado Oeste del EMF (fig. I-1) cuidando de no tocar los filos. Cuidar que la misma quede correctamente ubicada en la guía, coincidiendo las colizas correspondientes y haciendo tope en la parte anterior.*
- 4- *Ajustar el tornillo que sujeta la ranura al carro.*
- 5- *Cerrar la puerta "D". Ubicar la ranura sobre el eje óptico por medio del interruptor de la manopla de control del EMF (fig. I-4).*

Durante el proceso debe tenerse especial cuidado de no golpear ni tocar la lente de campo.

No olvidar que siempre se debe retirar la escalera al terminar cualquier operación manual en el espectrógrafo, a fin de evitar que el telescopio la golpee al moverse.

Un interruptor en la caja de control acciona el motor que transporta la ranura hasta su posición final en el centro del plano focal. Este movimiento tarda un cierto tiempo que varía de acuerdo con la posición en que se encuentre el telescopio y por lo tanto el trabajo que tenga que realizar el motor. Si el espectrógrafo está inclinado al Oeste, la ranura puede demorar hasta dos minutos en adoptar su posición final sobre el plano focal. Una situación similar puede suceder para extraer la ranura si el telescopio está inclinado hacia el Este.

Si la ranura se traba, existe una tapa en la parte inferior del espectrógrafo que permite inspeccionar la placa de soporte y el tornillo sinfín. El conjunto puede ser removido desde abajo. Los mecanismos del espectrógrafo se lubrican todos con grasa siliconada. Cualquier operación de este tipo debe ser realizada por el personal autorizado.

El ángulo de la ranura en su soporte es tal que coincide con la dirección de las columnas del CCD para favorecer de este modo la reducción de los datos. Si este no fuera el caso deberá girarse la ranura.

Los filos de la ranura están montados sobre un cilindro roscado que se encuentra frenado por un tornillo para impedir su giro sobre el soporte que lo aloja. Para corregir el ángulo de la misma debe aflojarse este tornillo y girar el cilindro con sumo cuidado, y a través del método de prueba y error hacer coincidir la imagen de la ranura lo mejor posible con las columnas del CCD. Para obtener la imagen de la ranura realizar una exposición de corto tiempo con la lámpara de tungsteno o la de comparación encendida.

Toda la operación de giro de la ranura requiere normalmente un tiempo prolongado para completarse en forma correcta.

Calibración de la ranura

Las tablas 5-1 y 5-2 indican las lecturas de giro de la perilla que controla la abertura de la ranura necesarios para obtener una determinada abertura de la misma en segundos de arco y micrometros.

Para obtener la precisión necesaria es importante seguir los siguientes pasos:

- 1- *Abrir la ranura totalmente y limpiarla con papel sin pelusa y alcohol.*
- 2- *Retirar el tornillo de modo que la ranura quede completamente cerrada.*
- 3- *Juntar los filos presionando ligeramente y apretar los mismos para obligarlos a formar un mismo plano.*
- 4- *Entrar el tornillo lentamente hasta que a contraluz se vea una mínima cantidad de luz. La perilla debe quedar en el valor 15, de lo contrario*

volver la perilla ligeramente y llegar a 15.

5- A partir de este punto llevar la perilla al valor deseado según las tablas.

Es importante que el tornillo siempre trabaje en forma entrante, para eliminar el juego debido al paso muerto. Debe tenerse especial cuidado de no tocar los filos de la ranura una vez abierta la misma, en especial durante la instalación en el EMF, para evitar de este modo modificar la abertura deseada.

La perilla tiene 20 divisiones, para los valores dados en las tablas es necesario contar el número de vueltas requeridos.

Una abertura de 300 μm en el plano focal equivale a 2" en la esfera celeste.

TABLA 5-1

Abertura (")	Divisiones
1	27
2	39
3	49
4	61
5	72
6	83

TABLA 5-2

Abertura (μm)	Divisiones	Abertura (μm)	Divisiones
100	24	550	57
150	27	600	61
200	31	650	65
250	35	700	68
300	39	750	72
350	42	800	76
400	46	850	80
450	50	900	83
500	53	950	87

Ejemplo:

Para una abertura de ranura de 3" según la tabla 5-1 es necesario llegar a la división 49. Para ello, desde la posición inicial 15, girar la perilla una vuelta para sumar 20 divisiones, totalizando 35 (15+20). Resta mover 49-35=14 divisiones, de modo que se debe girar la perilla hasta llegar a la siguiente división marcada con 9, 5 hasta la división 20, más 9 divisiones para completar 14.

Centrado de la ranura sobre la imagen del objeto

Los pasos a seguir para la correcta ubicación de la ranura sobre la imagen del objeto son los siguientes:

- 1- Colocar el periscopio del TV-Guider en el centro del campo, posición ($X=867, Y=059$).
- 2- Encender el TV-Guider.
- 3- Colocar la manopla de control del telescopio en condición de guiage.

4- Moviendo el telescopio ubicar la imagen del objeto sobre la línea de referencia que indica la posición y orientación de la ranura sobre la pantalla del TV-Guider.

Dado que puede haber un pequeño paso muerto en el mecanismo que desplaza el periscopio, es conveniente, al comienzo de una serie de exposiciones, chequear la posición exacta de la ranura sumando una imagen directa del objeto más una imagen de la ranura dentro en el plano focal, el método recomendado es el de doble exposición:

- 1- Colocar la red en ángulo de orden cero a fin de obtener una imagen directa del plano focal (para esta operación manual se recomienda el uso de la escalera pequeña, ver fig. I-2).
- 2- Ubicar el objeto a observar por el método más arriba descrito.
- 3- Buscar en el TV-Guider una estrella de guía más allá de $x=400$, ubicarla en el centro del monitor, marcar con una fibra sobre la pantalla y anotar la posición.
- 4- Apagar el TV-Guider, verificar que la ranura esté en posición retirada.
- 5- Abrir el obturador del EMF.
- 6- Realizar una exposición corta del objeto, con el objeto de determinar el mínimo tiempo "T" necesario para obtener una imagen con suficientes detalles como para ubicar correctamente la ranura sobre éste.
- 7- Iniciar una exposición con el CCD de tiempo $T + 2$ minutos.
- 8- Transcurrido un tiempo "T" introducir la ranura a su posición sobre el plano focal.
- 9- Iluminar brevemente la ranura encendiendo la lámpara incandescente utilizada para los flatfields.
- 10- Esperar a que finalice el tiempo de integración del CCD. La imagen obtenida mostrará el objeto y la imagen de la ranura superpuestos.
- 11- En base a esta imagen (ver ejemplo en fig. 5-2) determinar el desplazamiento necesario en pixeles para llegar a la posición deseada. Calcular el movimiento necesario del telescopio teniendo en cuenta la escala de $0,38''/\text{pixel}$ (binning 1×1). Para el desplazamiento usar las coordenadas sensadas dadas en la computadora de mando del telescopio.
- 12- Repetir el proceso de doble exposición.
- 13- Una vez que la ranura esté en la posición adecuada, subir la ganancia del TV-Guider y buscar con el movimiento del mismo la estrella guía cuya posición fue anotada. (Debe hacerse rápidamente para minimizar los posibles cambios en la posición relativa del objeto y la ranura.)
- 14- Centrar la estrella de guiado en la cruz de referencia y anotar la posición (x,y) del periscopio del TV-Guider. Estas coordenadas servirán para centrar el objeto en la ranura en observaciones posteriores.
- 15- Llevar la red al ángulo deseado.
- 16- Asegurarse de que la manopla de control del telescopio se encuentre en condición de guiado, y comenzar la observación.

Comparaciones y flatfields de lámpara

Para la realización de comparaciones se usa una lámpara de helio, neón y argón (He-Ne-Ar). Los mapas de líneas de esta lámpara, en distintas resoluciones, se pueden consultar en "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - Mapas de líneas de comparación (He-Ne-Ar)".

No se han encontrado gradientes importantes en la iluminación de la ranura generada por la lámpara de comparación, de modo que no es indispensable la utilización de un difusor. Por esta razón se recomienda realizar las comparaciones sin placa difusora, para disminuir los tiempos de exposición especialmente en la porción azul del espectro.

Si de todos modos se desea emplear un difusor a fin de contar con una iluminación más uniforme, el mismo se puede ubicar en la rueda I (externa) (ver hoja "ESPECTROGRAFO RANURA LARGA - Configuración"). Los difusores disponibles son una placa blanca y otra esmerilada, esta última tiene una mayor transmisión en el azul que la primera.

Se recomienda exponer una comparación antes y otra después de cada exposición del cielo a fin de promediar cualquier eventual variación instrumental.

Se deben realizar flatfields de lámpara antes de cambiar el ángulo de red o llevar la misma a orden cero. Para ello se usa la lámpara interna de continuo (tungsteno), solidaria a la de comparación.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1- Bajar a cero la ganancia del TV-Guider (atención).
- 2- Centrar sobre el eje óptico el espejo para dirigir la luz hacia el interior del espectrógrafo. Dicho espejo se encuentra montado en el cabezal del periscopio del TV-Guider. A tal fin, apretar el botón rojo en el centro de la manopla de control del espectrógrafo para ubicar automáticamente el periscopio del TV-Guider en el origen según el eje Y (59) (fig. 1-4);
- 3- Simultáneamente, llevar manualmente el dispositivo al origen en el eje X (867). Tener en cuenta que el tiempo que se tarda en ir desde $Y=600$ hasta $Y=059$ es de aproximadamente 1.5 minutos.
- 4- Una vez centrado el periscopio, encender la lámpara correspondiente (comparación o continuo).
- 6- Adquirir el frame (en el caso del flatfield de lámpara, deben ser dos si se va a reducir en PC).
- 7- Apagar la lámpara de comparación o de flatfield.

Si se continua con otra observación del mismo objeto:

- 8- Reubicar el periscopio a la posición de guiado anotada previamente.
- 9- Subir lentamente la ganancia del TV-Guider y de ser necesario mover el telescopio hasta que la estrella retorne a la cruz de guiado.

En la figura 5-04 se puede apreciar el aspecto de un flatfield normal de lámpara.

Orientación de la ranura y rotación del espectrógrafo

Los pasos a seguir y consideraciones a tener en cuenta para orientar la ranura en una dirección determinada son los siguientes:

- 1- En la pantalla del TV-Guider está marcada, sobre la línea que señala la posición de la ranura, el punto alrededor del cual rota la misma. Esta referencia sirve cuando el periscopio del TV-Guider se encuentra en la posición origen (867,059).
- 2- Ubicar el punto del objeto sobre el que se quiere rotar la ranura sobre el punto de referencia citado en la pantalla del TV-Guider: para ello desplazar el telescopio.
- 3- Al rotar el espectrógrafo en su conjunto, la ranura seguirá coincidiendo con la dirección de las columnas del CCD pero el campo de observación rotará respecto de éstos: ¡en la imagen del frame en pantalla será el objeto el que aparecerá rotado!
- 4- ¡Apagar el TV-Guider!
- 5- Colocar la escalera pequeña sobre el lado Este del espectrógrafo.
- 6- Girar el espectrógrafo soltando el freno en forma de T que se halla en la corona del mismo, y leer el ángulo en el goniómetro ubicado sobre dicha corona. El goniómetro y el freno se encuentran sobre el lado Este de la corona de unión entre el espectrógrafo y el telescopio.
- 7- Cuando se gira el espectrógrafo en el sentido de las agujas del reloj, la imagen del objeto en el CCD también gira en el sentido de las agujas del reloj.
- 8- Luego realizar la rutina de chequeo de la posición de la ranura con respecto al objeto con el método de doble exposición (o usar el TV-Guider si no se necesita mayor precisión), y desplazar el telescopio si fuera necesario para hacer coincidir la ranura nuevamente con el objeto (ver "ESPECTROGRAFO RANURA LARGA - Ubicación de la ranura sobre la imagen del objeto").
- 9- Iterar los procesos de centrado y orientación de la ranura cuantas veces sea necesario.

Comentarios generales

En este modo de uso se cuenta con un dispositivo de ranura de abertura variable hasta 6" y 3'50" de largo.

Las características de las redes disponibles están detalladas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - Características de las redes de difracción".

Es posible estudiar objetos cuasiestelares con líneas de emisión, de hasta magnitud 17, con exposiciones típicas de 3x30 minutos y una relación señal/ruido de 10, con la resolución espectral efectiva más baja (red de 300 l/mm en orden uno, 3.2 Å/pixel, intervalo espectral resuelto ~ 8 Å).

Para magnitudes 14 a 15 en objetos con líneas de emisión, se puede lograr relación señal-ruido mayor que 10 con exposiciones típicas de 30 minutos, con resolución espectral efectiva $R \sim 2500$ (red de 1200 l/mm, 0.8 Å/pixel, intervalo espectral resuelto ~ 2 Å). A modo de ejemplo se puede ver un espectro del núcleo de NGC 6221 en la fig. 5-5.

En objetos que se encuentran en el cenit o hacia el sur no se han detectado líneas de emisión por la iluminación de las ciudades, ni aún en exposiciones de dos horas.

A continuación se tabulan, en forma indicativa, los tiempos de exposición aproximados para alcanzar valores de densidades de flujo comparables (los más aconsejables) para flats y comparaciones, para cada red y en función de la longitud de onda.

Longitud de onda (Å)	Comparación (s)	Flats de red (s)	Longitud de onda (Å)	Comparación (s)	Flats de red (s)
Red 1200 l/mm			Red 600 l/mm		
4000	3000		4300	300	
4300	660		4900	170	
4700	260		5400	12	0.600
5200	130	30	6000	1.3	
5800	3.3		6500	1.3	0.100
6300	1		7000	1	
6800	1		Red 300 l/mm		
7300	1.5	0.300	5700	3	10

ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL (tipo TIGRE)

Configuración

Para realizar observaciones espectroscópicas con el conjunto de microlentes, se debe incrementar la distancia focal del sistema para lo que se cuenta con dos lentes ($\times 14$ y $\times 20$) ubicadas en la rueda I (fig. I-1), con las que se obtiene una razón focal de $f/240$ y $f/400$, respectivamente. De tal forma el ancho angular de los pinceles luminosos resulta sumamente reducido y se satisface el criterio de Jacquinot, de manera de evitar deteriorar la resolución espectral efectiva. Se logra además de esta manera la escala adecuada.

Para configurar el EMF en el modo ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL consultar la figura 6-1 y seguir los pasos a continuación detallados.

- 1- Girar la rueda I (externa) en el sentido que indican las flechas colocadas en el borde de la misma (horario, mirando desde el telescopio) hasta que se escuche el clic característico que indica que la rueda se encuentra en posición. Esta operación se realiza manualmente a través de la puerta A (fig. I-1). Girando en el sentido indicado, la primera lente en quedar colocada será la de menor magnificación ($f/240$). La siguiente posición de la rueda corresponderá a la lente de mayor magnificación ($f/400$).
- 2- Ubicar la rueda II (interna, puerta A) en posición vacía.
- 3- Cambiar el conjunto de lentes intermediarias del TV-Guider a fin de que éste pueda quedar en foco para la nueva posición del espejo secundario que requerirá el enfoque del EMF en este modo (ver "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA - Procedimiento de Enfoque"). Para ello empujar el cilindro con las lentes a través de la puerta A hasta que quede en posición "entrado" (fig. I-1).
- 4- Abrir el obturador del EMF desde la manopla de control (fig. I-4). Controlar la posición del obturador desde la puerta D (fig. I-1).
- 5- Ubicar el carro porta-ranura en posición extraída (fig. I-4) e insertar el conjunto de microlentes siguiendo las instrucciones dadas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA - Instalación del conjunto de microlentes".
- 6- Montar la red a usar por la puerta B, siguiendo las indicaciones dadas en la hoja "TODOS LOS MODOS - Reemplazo de Red o Espejo I".
- 7- Ubicar la red en el ángulo $33^\circ 30'$, manualmente con la perilla ubicada en el lado Este del EMF (fig. I-2).
- 8- Retirar la tapa de la red (puerta B), y verificar que el espejo del TV-Guider se ubique lo suficientemente fuera de eje como para que no obstruya el campo.
- 9- Modificar el enfoque del telescopio hasta que el indicador de foco muestre una lectura cercana al valor típico en este modo de operación. Solicitar este valor al personal de apoyo.

Esta secuencia de operaciones dejara el espectrógrafo en condiciones de centrar objetos usando la red en orden cero (ver "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA- Centrado de la ranura sobre la imagen del objeto").

El conjunto de microlentes está montado en un soporte similar al de la ranura larga y el procedimiento de inserción en el plano focal es también similar, la trama ocupa el mismo lugar que ocuparía la ranura, sobre el plano focal. Se deberá extremar el cuidado en la manipulación de las microlentes debido a su fragilidad y elevado costo.

El arreglo de microlentes se halla girado en su soporte de tal manera que no haya superposición entre los espectros obtenidos. La imagen formada, para orden cero de la red, se ubica a un costado del frame del CCD.

Las características de las redes que se pueden usar están detalladas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES- Características de las redes de difracción".

Operación

Los pasos a seguir para la utilización del EMF en el modo ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL se detallan a continuación.

Preparación

- 1- Cargar nitrógeno líquido en el crióstatos de la cámara CCD siguiendo las indicaciones dadas en "CAMARA CCD-Carga de Nitrógeno Líquido".
- 2- Configurar el EMF de acuerdo con lo indicado en la hoja "ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL - Configuración".
- 3- Preparar la adquisición de las imágenes:
 - a- Verificar que el directorio E:\IMAGENES se encuentre vacío, y el lugar libre en el disco "E" sea suficiente para almacenar los archivos de las imágenes que se espera obtener. Es posible que a mitad de la noche de observación sea necesario transmitir los archivos hasta ese momento realizados a la otra PC.
 - b- Arrancar PMIS e inicializar el CCD de acuerdo con lo indicado en "CAMARA CCD-Operación", Ganancia, Binning y Zona de interés (ROI). Se recomienda anotar los valores definidos.
 - c- Cargar por medio del menú principal USER la lista USUARIO (Ver "CAMARA CCD-Operación").
- 4- Realizar las verificaciones que se crea convenientes. Se recomienda leer "CAMARA CCD-Verificaciones".
- 5- Llevar a cabo el particular proceso de enfoque del telescopio para este modo: ver "ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL - Procedimiento de enfoque". Si es la primera noche de observación, seguir los pasos detallados en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES - Procedimiento de enfoque de cámara".

Observación

- 6- Obtención de una secuencia de 10 BIAS con luces apagadas en la cúpula. Se recomienda el uso del macro BIASSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación".
- 7- Obtención de un DARK en completa oscuridad en la cúpula, al comienzo, mitad y final de la noche de observación. Se recomienda el uso del macro DARKSEQ descrito en "CAMARA CCD-Operación". La exposición deberá ser de una duración por lo menos igual a la más prolongada que se espere realizar en el curso de la noche.
- 8- Obtención de por lo menos dos FLATS usando el cielo, por cada ángulo de red en que se observe. El tiempo deberá ser tal que el valor máximo en ADU llegue a unos 20000. Estos flats se toman cuando el cielo se encuentra brillante, pero sin sol. Debe siempre verificarse que no aparezcan estrellas en el campo. Normalmente el telescopio se dirige al cenit con la relojería en funcionamiento. Pueden ser obtenidos tanto al comienzo como final de la noche de observación, pero se recomienda hacerlo al comienzo en prevención de cualquier inconveniente que se pueda presentar.
- 9- Calado del campo del objeto y búsqueda de estrella de guiado. Este procedimiento es particularmente delicado en este modo por el campo reducido.
- 10- Ubicación del TV-Guider en la posición de guiado.
- 11- Adquisición de una imagen del objeto en orden cero, para utilizar como referencia geométrica.
- 12- Orientación de la red en orden uno para el comienzo de la observación espectroscópica.
- 13- Exposición de comparación y espectros del objeto en forma alternada.
- 14- Adquisición de uno o más flats de red por cada ángulo de observación. Una buena práctica consiste en exponer flats y comparaciones sistemáticamente ANTES de cualquier cambio de orientación de la red. Para estos pasos consultar la hoja "ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL - Realización de comparaciones y flats de lámpara".
- 15- Adquisición de espectros de estrellas estándar y todo otro frame de interés.

Procedimiento de enfoque

Dado que el campo total de muestreo de la trama de microlentes es reducido (18"x24" o 11.6"x15.5") se debe realizar la operación de enfoque con mucha atención. Luego de configurar el modo según "ESPECTROGRAFO DE CAMPO INTEGRAL - Configuración", seguir los siguientes pasos:

- Para el centrado y enfoque aproximado

- 1- Colocar la red en orden cero. No intercalar aún la trama de lentillas.
- 2- Enfocar con el TV-Guider la imagen de una estrella brillante, cercana al objeto. Luego cambiar el sistema óptico de adaptación del periscopio (Puerta A, fig. I-1), y enfocar nuevamente la misma estrella en el monitor del TV-Guider. En general la imagen en el TV-Guider será en esta configuración muy sensible al estado de enfoque del telescopio, por lo que puede bastar este examen aproximado si el valor de seeing no es alto.
- 3- Con el periscopio del TV-Guider en el centro del campo (867,059), centrar el objeto en la correspondiente cruz dibujada sobre el monitor de guiado (MPP1 para la lente de 14x y MPP2 para la de 20x).
- 4- Retirar el periscopio del TV-Guider fuera del campo (867,400).
- 5- Adquirir una imagen con el CCD para confirmar que el objeto esté centrado en el campo de la lente multiplicadora de distancia focal.

De no encontrarse el objeto centrado, habiendo verificado los pasos anteriores, entonces se debe proceder a centrar el mismo realizando un barrido del campo.

- 6- Intercalar la matriz de lentillas (colocando el interruptor de movimiento del carro porta-ranura en posición "ADENTRO") y llevar la red al ángulo deseado para la observación

Si el valor de seeing fuera mayor a 2.5" se debe tratar de lograr el mejor foco posible pues el campo de muestreo es relativamente pequeño. Habiendo seguido los pasos antes descritos, se puede mejorar el foco para el caso de que el objeto a observar es compacto, como por ejemplo el núcleo de una galaxia.

En este último caso se busca que la imagen estelar ilumine la menor cantidad posible de lentes (área mínima) y que las secciones de las imágenes pupilares sean lo más reducidas posibles:

- 1- Calar el objeto a estudiar y centrarlo repitiendo los pasos de centrado y enfoque aproximado ya descriptos. En todo momento la red debe estar en orden cero.
- 2- Insertar el conjunto de microlentes en el plano focal, colocando el interruptor de la ranura en posición "adentro" (Manopla de control del EMF, fig. I-4).
- 3- Retirar el periscopio del TV-Guider hasta la posición (867,400).
- 4- Realizar un procedimiento de búsqueda de mejor foco, variando la posición del telescopio, y tomando nota de la lectura del foco, adquiriendo un frame y grabándolo en cada posición.
- 5- Luego utilizando el programa FVIZ.EXE, medir el FWHM de los círculos que serán las imágenes pupilares y tomar nota del mínimo diámetro y de la posición en la que se obtuvo.
- 6- Llevar el foco a esta posición y confirmar que sea el óptimo realizando variaciones de enfoque a pasos pequeños.

Una vez en foco el telescopio y confirmado que el objeto se halla centrado, se podrá llevar la red al ángulo deseado para la obtención de los espectros.

Realización de comparaciones y flatfields de lámpara

La lámpara de comparación a usar en el modo multipupila debe estar ubicada en el eje óptico del telescopio, en la zona ciega generada por el espejo secundario. El objeto de esta particular configuración es lograr una iluminación de haz cerrado y de baja inclinación similar a la producida por las fuentes celestes a través de las lentes multiplicadoras. Las lámparas internas del espectrógrafo no proporcionan una

iluminación de estas características; si se usa la lámpara interna de comparación aparece un error sistemático en el cálculo de velocidades radiales.

El procedimiento a seguir para exponer los espectros de comparación es el siguiente:

- 1- *Retirar el espejo del TV-Guider fuera del centro del campo (hasta $X=867$, $Y=400$).*
- 2- *Encender el interruptor de la lámpara de comparación en la fuente que se encuentra sobre la consola principal de control del telescopio.*
- 3- *Se aconseja adquirir exposiciones de comparación antes y después de cada espectro del objeto: resulta de especial interés un control de las flexiones mecánicas del espectrógrafo según cambia la posición. No es recomendable hacer exposiciones con tiempos superiores a una hora.*
- 4- *Las exposiciones deberán ser dobles para poder restar los rayos cósmicos con el software de reducción de espectros multipupilares.*
- 5- *No olvidar apagar la lámpara de comparación.*

En este modo de observación son necesarias exposiciones de lámpara de continuo o flatfields de cielo para poder medir la transparencia relativa de cada lente. El procedimiento para lámpara de continuo es similar al de obtención de comparaciones, pero bastará con hacer un par de exposiciones por noche.

Además se aconseja tomar flatfields de lámpara para cada cambio de posición del telescopio, generados con la lámpara de comparación pero sin la trama de lentillas.

Comentarios generales

El modo multipupila brinda la posibilidad de realizar espectroscopía de campo integral con un muestreo de $0.97'' \times 0.97''$ o $1.5'' \times 1.5''$ según la lente multiplicadora de distancia focal que se utilice. Teniendo en cuenta la escala que proporciona el telescopio y los valores de seeing más frecuentes, la escala mayor es la más recomendable ($1.5''$ por micropupila).

Con el EMF en este modo multipupilar se pueden estudiar cómodamente objetos extendidos de magnitud 14 aproximadamente (por ejemplo el núcleo de NGC 5643) con una exposición total de 90 minutos.

La integración de la densidad de flujo de una imagen estelar fragmentada en el modo multipupila, obtenida usando la red en orden cero, y su posterior comparación con la misma obtenida en modo imagen directa, da como resultado una eficiencia de aproximadamente 4.8 % (cociente de flujos integrados sobre la imagen). Valga como comparación el sistema Hydra con una eficiencia de 4 %.

El dominio espectral efectivo obtenido es diferente para las distintas micropupilas (posiciones sobre el objeto) por la distribución geométrica de las mismas: existe un **desplazamiento de los orígenes en longitud de onda** de los espectros al pasar de una pupila a la adyacente. Dado que la distribución rectangular de micropupilas ocupa aproximadamente la mitad del campo del CCD, ese desplazamiento relativo alcanza un máximo aproximadamente igual a la mitad de la extensión del rango espectral. La tabla 6-1 muestra el rango espectral común a todos los espectros para cada red disponible, empleadas todas en primer orden (como se dijo ese rango común es aproximadamente igual a la mitad de la extensión en Angstrom del dominio espectral para cada red).

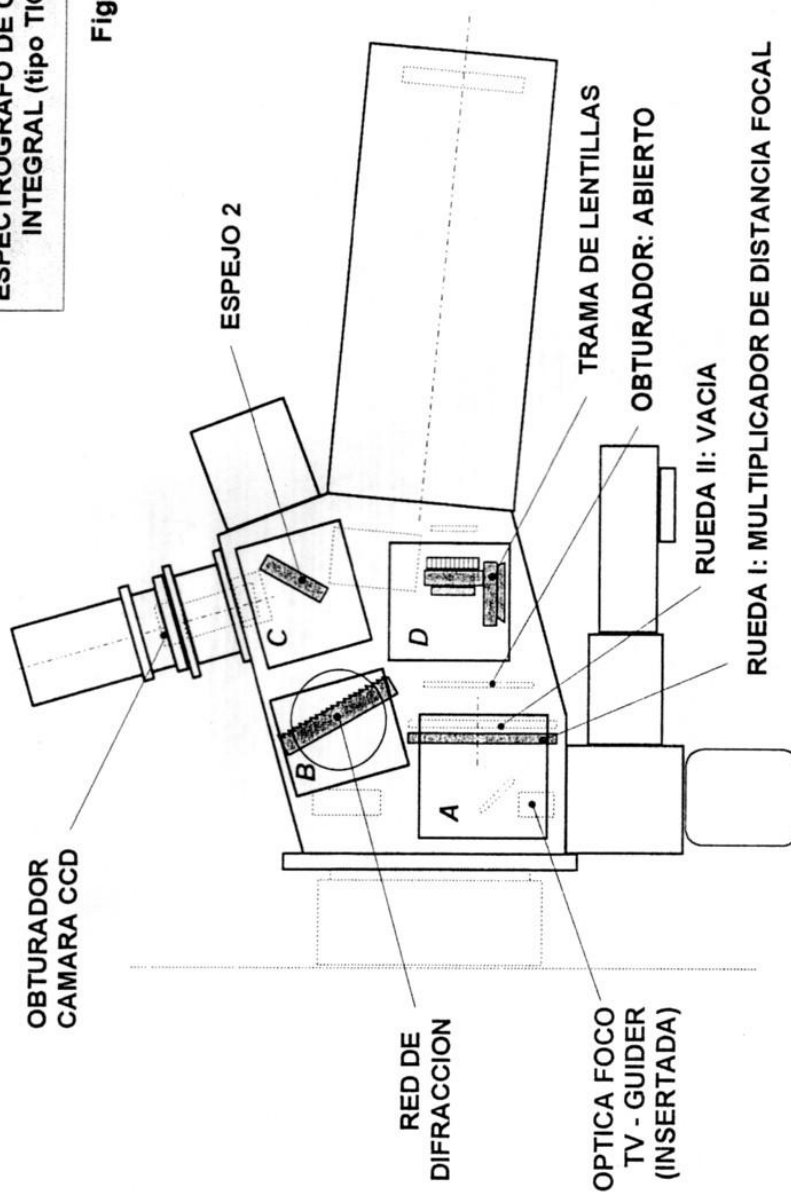
TABLA 6-1

Red (l/mm)	Rango Espectral (Å)
300	1600
600	800
1200	400

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

ESPECTROGRAFO DE CAMPO
INTEGRAL (tipo TIGRE)

Figura 6-1



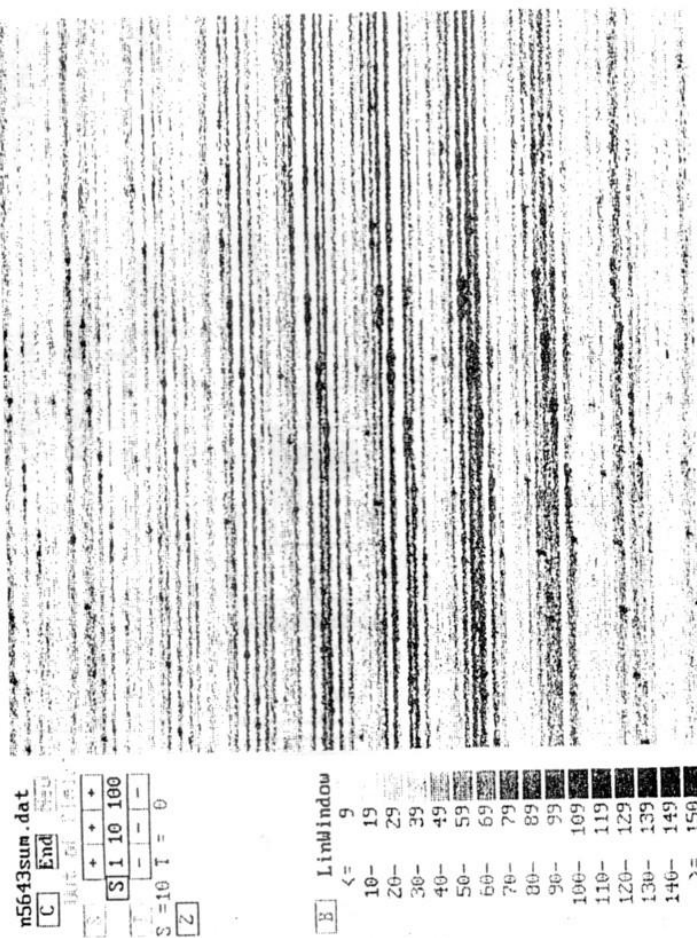
ESPECTROGRAFO MULTIPUILA

Figura 6-2

Ejemplo:
espectros
de NGC 5643

90 minutos

FWHM = 4.8 Å



n5643sun.dat

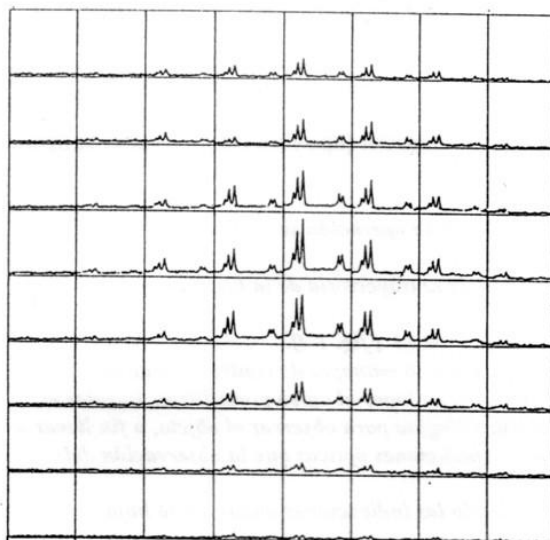
☐ C ☐ End ☐ New
☐ S ☐ + ☐ + ☐ +
☐ S 1 10 100
☐ T - - - -
 S = 10 T = 0
☐ Z

☐ E Limit Window
 <= 9
 10- 19
 20- 29
 30- 39
 40- 49
 50- 59
 60- 69
 70- 79
 80- 89
 90- 99
 100- 109
 110- 119
 120- 129
 130- 139
 140- 149
 >= 150

ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA

Figura 6-3

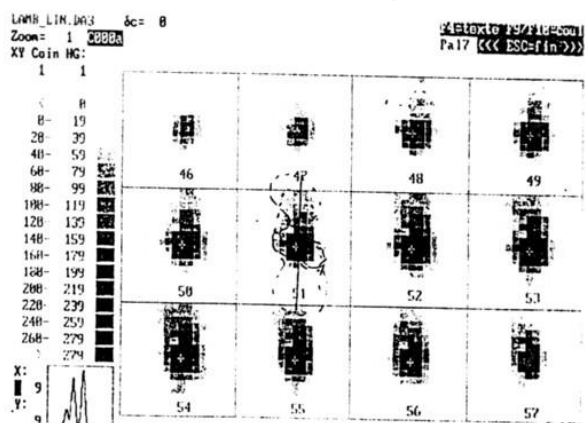
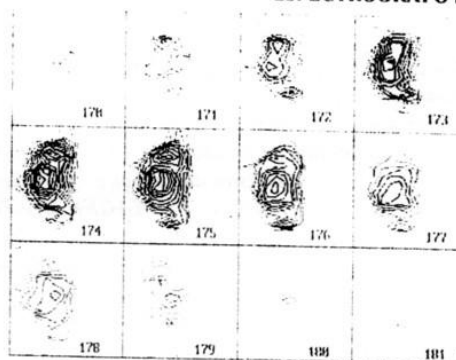
Ejemplo: espectros del núcleo de NGC 5643
(campo de 0.97", 90 min)



ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA

Fig. 6-4

Ejemplo: cortes en λ de NGC 5643



MODOS ESPECTROSCOPICOS DE ALTA DISPERSION

MODO tipo CIGALE (ESPECTROGRAFO INTERFERENCIAL DE CAMPO INTEGRAL)

Configuración

Para configurar el EMF en el modo Espectrógrafo Interferencial (tipo CIGALE), consultar la figura 7-1 y seguir los pasos a continuación detallados:

- 1- Ubicar la rueda I (externa) en la posición vacía. Esta operación se realiza manualmente a través de la puerta A (fig. I-1).
- 2- Ubicar la rueda II (segunda rueda en dirección de la trayectoria de la luz, puerta A) también en una posición vacía.
- 3- Abrir el obturador del EMF desde la manopla de control (fig. I-4).
- 4- Ubicar la ranura en posición extraída (fig. I-4) desde la manopla de control. Desde la puerta D, retirar el carro porta-ranura y montar en su lugar el carro portafiltros. Instalar en el carro un vidrio de idéntico espesor al del filtro elegido para observar el objeto, a fin llevar a cabo el procedimiento de enfoque en idénticas condiciones ópticas que la observación del objeto.
- 4- Montar el espejo plano 1 por la puerta B, siguiendo las indicaciones dadas en la hoja "TODOS LOS MODOS, Reemplazo de Red o Espejo".
- 5- Ubicar el espejo en el ángulo de $33^{\circ} 30'$ manualmente desde la perilla ubicada en el lado Este del EMF (fig. I-2) o desde la manopla de control (fig. I-4).
- 6- Verificar que el espejo no tenga la tapa (puerta B), y que el espejo del TV-Guider se ubique lo suficientemente fuera de eje como para que no obstruya el campo.
- 7- Montar el interferómetro de Fabry-Pérot sobre el soporte previsto bajo la lente de cámara (en la posición de la pupila conjugada). El instrumento admite tanto interferómetros fijos como a barrido.
- 8- Seguir adelante con el procedimiento de enfoque. Notar que el interferómetro intercalado en el camino del haz colimado no modifica la geometría del proceso de formación de imágenes. Por ello el procedimiento de enfoque es totalmente similar al utilizado para el modo "Imagen Directa Interferencial" (ver "IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL- Procedimiento de enfoque).
- 9- Calar el objeto a observar. Luego extraer del eje el carro portafiltros mediante la manopla de control y desmontar la lámina de vidrio.
- 10- Montar el juego de dos filtros interferenciales (uno para la comparación, otro para el objeto) en el carro. No introducir el carro sobre el eje aún. (fig. I-1).
- 11- Montar la lámpara de comparación deseada en el receptáculo a tal fin a través de la puerta B.
- 12- Seleccionar el filtro interferencial para la comparación intercalando el carro portafiltros en el eje óptico. El instrumento está listo para comenzar la secuencia de observación con la primera comparación. Nota: las comparaciones deben siempre realizarse con el telescopio calado en el objeto de interés a fin de no introducir variaciones en las condiciones mecánicas del interferómetro.

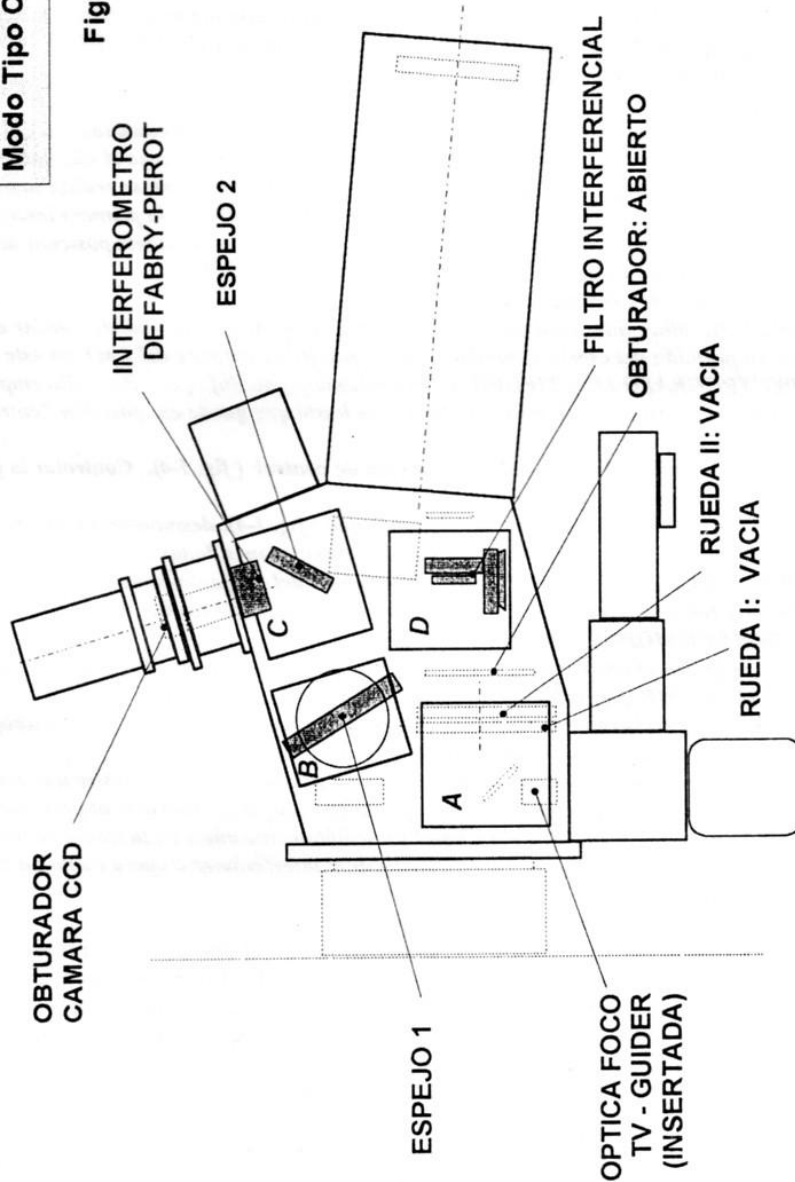
Se encuentra disponible para su uso un juego de filtros interferenciales de 5 centímetros de diámetro útil. La lista de filtros puede consultarse en "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION-GENERALIDADES: Filtros Interferenciales". El posicionamiento de los mismos se realiza manualmente, salvo en el caso en que los mismos se ubiquen sobre las ruedas de filtros. Esta posición es desaconsejada pues se producen viñeteos importantes debido a la talla reducida de los filtros.

Para que el campo del CCD quede libre de obstrucción el TV-guider debe moverse lo suficiente (como ejemplo, lecturas $x=600$, $y=867$).

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

Modo Tipo CIGALE

Figura 7-1



ESPECTROGRAFO A DISPERSION CRUZADA (FP+RED) (MODO tipo PYTHEAS)

Configuración

Para realizar observaciones espectroscópicas con el conjunto de microlentes, se debe incrementar la distancia focal del sistema para lo que se cuenta con dos lentes multiplicadoras ubicadas en la rueda I (fig. I-1), con las que se obtiene una razón focal de $f/240$ y $f/400$, respectivamente. De tal forma el ancho angular de los pinceles luminosos resulta sumamente reducido y se satisface el criterio de Jacquinot, de manera de evitar deteriorar la resolución espectral efectiva. Se logra además de esta manera la escala adecuada.

Para configurar el EMF en el modo ESPECTROGRAFO MODO TIPO PYTHEAS ver la figura 8-1 y seguir los pasos a continuación detallados.

- 1- Girar la rueda I (externa) en el sentido que indican las flechas colocadas en el borde de la misma (horario, mirando desde el telescopio) hasta que se escuche el clic característico que indica que la rueda se encuentra en posición. Esta operación se realiza manualmente a través de la puerta A (fig. I-1). Girando en el sentido indicado, la primera lente en quedar colocada será la de menor magnificación ($f/240$). La siguiente posición de la rueda corresponderá a la lente de mayor magnificación ($f/400$).
- 2- Ubicar la rueda II (interna, puerta A) en posición vacía.
- 3- Cambiar las lentes intermediarias del TV-Guider a fin de que éste pueda quedar en foco para la nueva posición del espejo secundario que requerirá el enfoque del EMF en este modo (ver ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA - Procedimiento de Enfoque). Para ello empujar, a través de la puerta A, el cilindro con las lentes hasta que quede en posición "entrado" (fig. I-1).
- 4- Abrir el obturador del EMF desde la manopla de control (fig. I-4). Controlar la posición del obturador desde la puerta D (fig. I-1).
- 5- Ubicar el carro porta-ranura en posición extraída (fig. I-4), desmontarlo y montar en su lugar el conjunto de microlentes siguiendo las instrucciones dadas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA - Instalación del conjunto de microlentes".
- 6- Montar la red a usar por la puerta B, siguiendo las indicaciones dadas en la hoja "TODOS LOS MODOS - Reemplazo de Red o Espejo I".
- 7- Ubicar la red en el ángulo $33^{\circ} 30'$ (orden cero), manualmente con la perilla ubicada en el lado Este del EMF (fig. I-2).
- 8- Retirar la tapa de la red (puerta B), y verificar que el espejo del TV-Guider se ubique lo suficientemente fuera de eje como para que no obstruya el campo.
- 9- Modificar el enfoque del telescopio hasta que el indicador de foco muestre una lectura cercana al valor típico en este modo de operación. Solicitar este valor al personal de apoyo.
- 10- Instalar el interferómetro de Fabry-Pérot inmediatamente antes de la trama de lentes en el soporte destinado a tal efecto. En esta posición el interferómetro opera como un filtro espectral sintonizable.

El procedimiento detallado de enfoque es similar al descrito para el modo Espectrógrafo Multipupila (Modo tipo Tigre), (ver "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA- Procedimiento de enfoque), pero debe llevarse a cabo una vez montado el interferómetro enfrente del plano focal, ya que el mismo actúa, ante iluminación heterocromática, como una lámina plano-paralela en haz convergente (alarga la distancia focal). Esta secuencia de operaciones dejará el espectrógrafo en condiciones de centrar objetos usando la red en orden cero (ver "ESPECTROGRAFO MULTIPUPILA-Centrado de la ranura sobre la imagen del objeto").

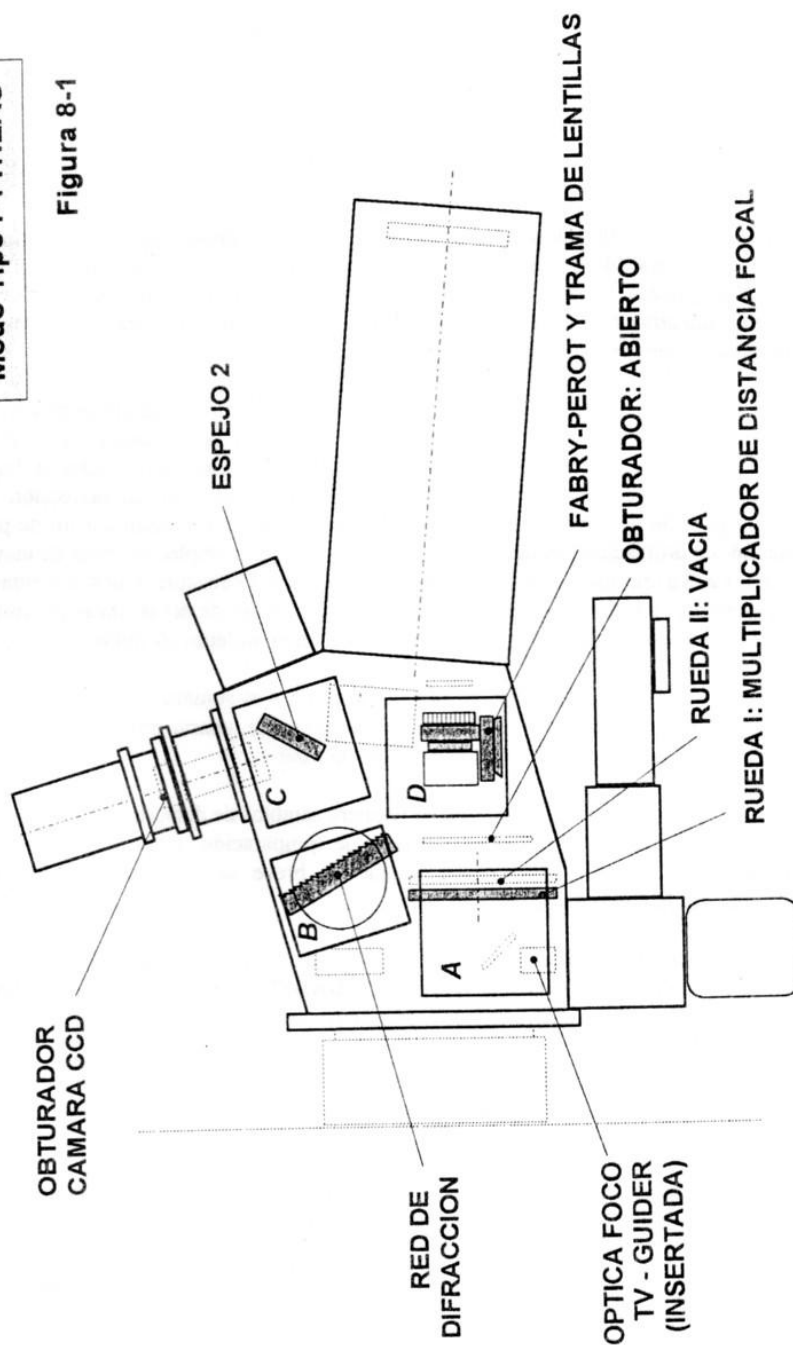
El conjunto de microlentes se halla montado en un soporte similar al de la ranura larga y el procedimiento de inserción en el plano focal es también similar, la trama ocupa el mismo lugar que ocuparía la ranura. Se deberá extremar el cuidado en la manipulación de las microlentes debido a su fragilidad y elevado costo. El arreglo se halla girado en su soporte de manera de que no haya superposición entre los espectros obtenidos. La imagen formada, para orden cero de la red, se ubica a un costado del frame del CCD.

Las características de las redes disponibles están detalladas en la hoja "ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION - GENERALIDADES- Características de las redes de difracción".

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

Modo Tipo PYTHEAS

Figura 8-1



ESPECTROGRAFO ECHELLE

Descripción

Los espectrógrafos Echelle son instrumentos que trabajan por dispersión cruzada entre una red de tipo Echelle y una red separadora de órdenes cuya dispersión (baja) se produce en una dirección perpendicular a la de la primera. La red Echelle trabaja como analizador espectral y determina la resolución espectral del sistema, mientras que el separador de órdenes sirve solamente para evitar la confusión de órdenes entre diferentes rangos espectrales libres de la red Echelle.

La idea de base es sumamente sencilla: se trata de trabajar con una red cuyos defectos de tallado sean mínimos y por lo tanto no deterioren la resolución espectral teórica de la misma; en ese caso se puede trabajar con la red en su resolución teórica. Por motivos tecnológicos, solamente redes de baja densidad lineal de surcos (pocas líneas por mm) pueden ser producidas con un alto grado de perfección. Una red de pocas líneas por mm pero de gran perfección puede utilizarse en incidencia rasante a fin de proporcionar una mayor resolución. La utilización rasante permite al mismo tiempo el empleo de redes de mayor longitud física, lo cual a su vez eleva aún más la resolución espectral máxima alcanzable. Estos comentarios definen las características esenciales y la forma de uso de las redes Echelle: redes de pocas líneas por mm (decenas), de gran calidad óptica y gran dimensión que se utilizan en general en órdenes elevados.

Sin embargo, el rango espectral libre de este tipos de redes es sumamente reducido (inversamente proporcional a la separación entre surcos), de manera que su uso exige separar órdenes contiguos, lo que se logra en la mayoría de los casos mediante una red "normal" auxiliar.

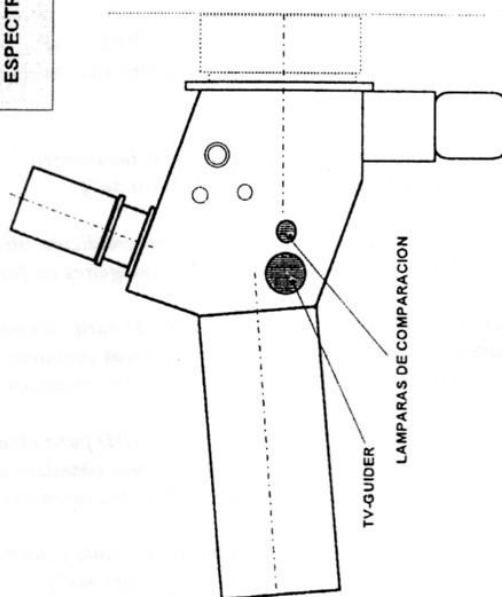
En el caso del EMF, la configuración Echelle requiere cambios de disposición no sólo de elementos ópticos sino además del cabezal del TV-Guider, lámparas de comparación, ranura, etc. La adaptación del EMF para este modo se halla en proceso, por lo que en breve se encontrará disponible el modo Espectrógrafo Echelle para la observación regular.

Las características de la red Echelle y la red cruzada disponibles se detallan en **"ESPECTRÓGRAFO MULTIFUNCIÓN - GENERALIDADES - Características de las redes de difracción"**. Las figuras 9-1 y 9-2 muestran la configuración general para este modo.

ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

ESPECTROGRAFO ECHELLE
Vista Este

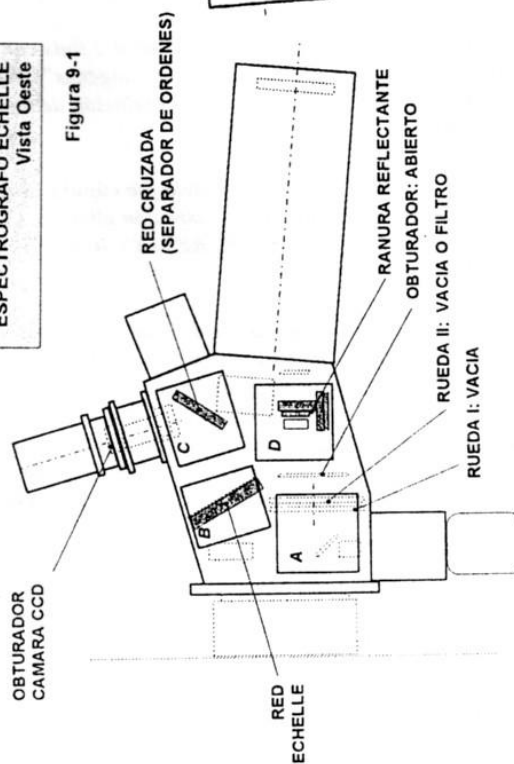
Figura 9-2



ESPECTROGRAFO MULTIFUNCION

ESPECTROGRAFO ECHELLE
Vista Oeste

Figura 9-1



SOFTWARE DE REDUCCION

Reducción de imágenes directas

A partir de programas elaborados en el SAO y el OAC y disponibles en las PC en la montaña, se puede llevar a cabo la reducción de los datos adquiridos con la cámara CCD del EMF. Se detallan a continuación los pasos a seguir y los nombres de los programas a ser empleados para la reducción de las imágenes obtenidas en los modos: IMAGEN DIRECTA, IMAGEN DIRECTA INTERFERENCIAL, IMAGEN MULTIPUPILAR, IMAGEN MULTIPUPILAR INTERFERENCIAL (es decir, para todos los modos no-espectroscópicos). Para el resto de los modos las presentes indicaciones valen hasta el paso de extracción de los espectros.

- *Conversión de formato .FITS a formato ".DAT" de todas las imágenes utilizando DFITS.*
(ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Conversión de formato")
- *Inspección ocular de todas las imágenes para verificar su condición utilizando FVIZ.*
(ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Vizualización de imágenes en formato ".dat" ")
- *Combinación de a pares de todos los BIAS empleando ADD para obtener el BIAS final promedio. Esta operación elimina al mismo tiempo los rayos cósmicos de las imágenes.*
(ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Eliminación de rayos cósmicos en imágenes")
- *Combinación de a pares de todos los DARKS empleando ADD para obtener el DARK final promedio. Esta operación elimina al mismo tiempo los rayos cósmicos de las imágenes.*
(ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Eliminación de rayos cósmicos en imágenes")
- *Sustracción del BIAS final de todas las imágenes a reducir, flats y darks con IMCALC.*
(ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Operaciones con imágenes")
- *Sustracción del DARK final de todas las imágenes a reducir y flats con IMCALC.*
(ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Operaciones con imágenes"). *Notar que deberá sustraerse una proporción del DARK de acuerdo con la relación de tiempos de exposición del DARK y de la imagen sustraendo.*
- *Combinación de a pares de todos los Flatfields de cielo y/o cúpula empleando ADD para obtener el/los Flatfield/s final/es promedio. Esta operación elimina al mismo tiempo los rayos cósmicos de las imágenes.* (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Eliminación de rayos cósmicos en imágenes")
- *Combinación de a pares de todas las imágenes empleando ADD para obtener las imágenes finales a usar. Esta operación elimina al mismo tiempo los rayos cósmicos de las mismas.*
(ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Eliminación de rayos cósmicos en imágenes")
- *Alisado de los Flatfields promedio (programa TOOLS2) y división de los flats por los flats alisados para la obtención los Flatfields finales. División de las imágenes por los correspondientes flats finales.* (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Operaciones con imágenes")

Si fuera necesario desplazar algunas de las imágenes para hacerlas coincidir entre si, seguir las instrucciones indicadas en la hoja "SOFTWARE DE REDUCCION-Desplazamiento de imágenes".

Reducción modo Espectrógrafo Ranura Larga

A partir de programas elaborados en el SAO y el OAC, y disponibles en las PC de la montaña, se puede realizar la reducción de los datos adquiridos con la cámara CCD del EMF. Se detallan a continuación

los pasos a seguir y los nombres de los programas a ser empleados para la reducción de las imágenes obtenidas en modo ESPECTROGRAFO RANURA LARGA.

- Reducir las imágenes siguiendo los pasos detallados en la hoja "SOFTWARE DE REDUCCION-Reducción de imágenes directas" hasta obtener las imágenes limpias de los espectros de interés y comparaciones.
- En cada imagen realizar el corte por franjas en dirección de la dispersión del espectro del objeto y el cielo (lo más próximo posible a éste), y del espectro de comparación. El corte de las comparaciones debe realizarse en el mismo lugar y con igual ancho que el realizado en el espectro de interés. Para esta operación emplear el programa FVIZ siguiendo las indicaciones dadas en la hoja "SOFTWARE DE REDUCCION - Cortes de imágenes".
- Revisar los espectros obtenidos para verificar que son los esperados, empleando VECVIZ. (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Visualización y operación de vectores")
- Sustracción del cielo de los espectros de los objetos empleando el programa VECCALC. (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Visualización y operación de vectores")
- Paso a longitud de onda de los espectros de los objetos mediante LINID. (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Conversión a longitud de onda")
- Si correspondiera corrección por absorción atmosférica utilizar el programa MASS del OAC el cual solicitará el nombre del vector espectro y el valor de la $\sec z$, que puede ser determinado con el programa SECZ del OAC. Estos programas son autoexplicativos.
- Si correspondiera corrección por absorción galáctica utilizar el programa ABSGAL del OAC el cual solicitará el nombre del vector espectro y el valor de la extinción galáctica E . Este programa es autoexplicativo.
- Si se desea convertir a densidades de flujo puede utilizarse el programa AFLUJO del OAC el cual solicitará el nombre de los vectores de los espectros del objeto, de la estrella estándar y el de la tabla con la calibración de flujo. Este programa es autoexplicativo.
- Para el estudio de líneas espectrales, flujo y velocidad radial utilizar el programa GAUSAN (ver "SOFTWARE DE REDUCCION- Ajuste de gaussianas y cálculo de velocidad radial")

Como útil de apoyo para el procesamiento de espectros puede utilizarse la hoja de cálculo QPRO versión 5.0 que se encuentra en una de las PC en la montaña.

Conversión de formato

La reducción de las imágenes adquiridas con el EMF puede llevarse a cabo en la montaña a partir del conjunto de programas del SAO y OAC. Todos estos programas operan con imágenes de formato propio cuyos archivos llevan la extensión ".dat"; este formato no contiene encabezamiento alguno. Para convertir a formato ".dat", las imágenes deberán ser exportadas desde el PMIS en el formato FITS 16 tal como se describe en las hojas "CAMARA CCD-Operación". Luego podrán ser transformadas al formato ".dat" utilizado por el software del SAO, usando el programa DFITS.BAT en la siguiente forma:

```
C:\> DFITS imagen1 imagen2
```

Donde: **imagen1** es el nombre del archivo de la imagen de origen con formato FITS.
imagen2 es el nombre del archivo de la imagen convertida (formato .dat).

Ejemplo:

archivo ".fit" a convertir	n2442.fit
comando	DFITS n2442 n2442

resultado

n2442.fit, n2442.dat, n2442.hdr

Donde el archivo de extensión “.hdr” contiene el encabezamiento del archivo “.fit”.

El proceso inverso podrá realizarse utilizando el programa `TOOLS2.EXE`, que al ser ejecutado muestra una pantalla de ayuda. Siguiendo esta ayuda e ingresando los datos solicitados es sumamente sencilla la conversión.

Visualización de imágenes en formato “.dat”

Para visualizar las imágenes con formato “.dat” se deberá usar el programa FVIZ; la forma más sencilla es:

FVIZ imagen.dat

Si es la primera vez que esta imagen es visualizada con FVIZ, el programa preguntará el tamaño de la misma en píxeles, presentando un cuadro de opciones predeterminadas de las cuales deberá elegirse 1024x1024. También presentará la posibilidad de ingresar otro tamaño en caso de que se halla optado por una ROI (Ver "CAMARA CCD-Operación"), opción en la que se deberán ingresar el número de columnas y el número de filas separados por un espacio en blanco.

Una vez leída la imagen, FVIZ generará un archivo con el nombre de la imagen y la terminación “.%da” que contendrá la información del tamaño de la imagen y los valores óptimos de paso y nivel de fondo usados para el despliegue inicial; la siguiente vez que la imagen sea visualizada no hará falta ingresar el tamaño.

Es posible sobre la línea de comando indicar varios parámetros que modifiquen la forma de visualizar la imagen. Por ejemplo el aumento de la imagen por default es 1, lo que significa que al presentarla, 1 pixel en la pantalla representa 1 pixel en el detector. El parámetro para modificar la magnificaciones -s, con lo cual cambia la escala. Para poder presentar completa una imagen de 1024x1024 será necesaria la siguiente línea de comando:

```
FVIZ imagen.dat -s 0.5
```

Este programa produce una salida por pantalla EGA/VGA con una paleta que codifica las intensidades (número de cuentas) en 16 colores. Cambiando los valores del nivel de fondo y del paso de la escala de colores con que se grafique la imagen (presionando el botón izquierdo del mouse en las cajas con las letras S y T -Step y Threshold-), será posible ajustar la imagen resaltando determinadas características de la misma.

Colocando el parámetro -m en la línea de comando, el programa mostrará la imagen con el nivel de fondo y paso en los niveles de colores óptimos para la visualización de detalles en la misma.

FVIZ imagen.dat -s 0.5 -m

siendo ésta la forma más aconsejable de visualización.

Se pueden realizar acercamientos sobre cualquier sector de una imagen ubicando el cursor del mouse sobre el centro de la región de interés y presionando el botón izquierdo del mouse. Para realizar un alejamiento se debe presionar el botón derecho del mouse. Una vez realizado un zoom, no se podrá regresar a la visualización global de la imagen: para ello se deberá salir de **FVIZ** y volver a ingresar. Es también posible llamar una ventana de zoom sobre el cursor, presionando la tecla <F7>. La siguiente vez que se presione <F7> se eliminará esta ventana.

Se pueden desplegar varias imágenes a la vez con la siguiente línea de comando:

FVIZ Imagen1.dat Imagen2.dat Imagen3.dat

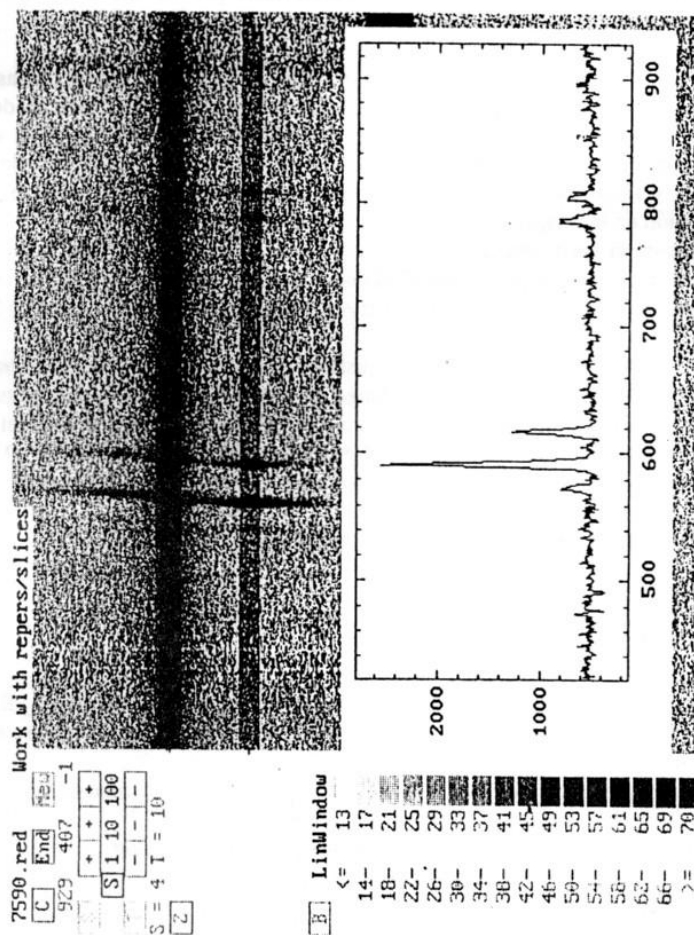
De esta forma será desplegada la primera imagen, y al colocar el cursor del mouse sobre la leyenda "New" se mostrará la siguiente imagen y así hasta un máximo de 10 imágenes. Al pasar de una imagen a otra se conservará el estado de zoom y de la paleta de colores de despliegue.

SOFTWARE DE REDUCCION

Figura 10-1

FVIZ

NGC 7590



Determinación del seeing

Usando el programa FVIZ (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Visualización de imágenes en formato ".dat") es posible ajustar una gaussiana sobre cualquier imagen de tipo estelar y conocer los parámetros de dicha gaussiana pudiendo determinar de esta manera el seeing (ancho a media altura de la gaussiana). Para ello proceder de la siguiente manera:

- Una vez iniciado FVIZ, presionar <F5>, después de lo cual aparecerá el siguiente mensaje en la esquina superior izquierda de la pantalla: "Work with separate repers".
- Ubicar el cursor del mouse sobre la imagen a medir y presionar el botón izquierdo. Una ventana de (7 x7) pixeles aparecerá centrada en la posición del cursor. Luego presionar las teclas <Shift><F5>. El programa realizará un ajuste y calculará el baricentro de la imagen contenida en la ventana. La ventana será automáticamente centrada en el baricentro calculado.
- Los parámetros del ajuste aparecerán al pie de la imagen: posición del baricentro en pixeles, suma de las cuentas de todos los pixeles incluidos en la ventana, nivel del fondo en la periferia del área seleccionada, FWHM y sigma en los ejes X e Y.
- A fin de mejorar el ajuste y la determinación realizados, se deberá iterar el proceso anterior presionando las teclas <Shift><F5> repetidas veces, hasta que los valores del ajuste ya no varíen sensiblemente de un paso al anterior.

Si el resultado no es apropiado, es probable que se deba al uso de una región demasiado grande o bien muy pequeña para el proceso de cálculo del "baricentro". Para cambiar el tamaño de la región de cálculo es necesario presionar <F9>, y luego dar un nuevo valor para la dimensión de la ventana; luego repetir el procedimiento con las teclas <Shift><F5>. Al entrar en este modo, la posición de la ventana de visualización queda fija, y es necesario abandonar el procedimiento con la tecla <F10> si se desea, por ejemplo, cambiar la porción de la imagen visualizada.

El sector elegido para el ajuste quedará marcado con un pequeño cuadrado. Si se decide cambiar la zona de medición o centrarla mejor, se puede ubicar el cursor del mouse sobre el cuadrado correspondiente y presionar el botón derecho del mismo, o <Shift><Enter>. El cuadrado cambiará de color indicando que ha sido descartado.

Las datos de las sucesivas gaussianas que se ajustaren permanecerán en la memoria de la PC, el procedimiento de centrado puede ser abandonado y luego retomado, las mediciones son guardadas en la memoria RAM. Para escribir el resultado en el disco duro, es necesario presionar <F3> dentro de la rutina de centrado e ingresar el nombre del archivo en el que se guardará la lista de coordenadas. De todos modos, al abandonar el programa, este preguntará si se quiere guardar la lista con las posiciones de las estrellas centradas.

Para abandonar la rutina de centrado se debe presionar la tecla <F10>.

Eliminación de rayos cósmicos

Para el restado de eventos cósmicos podrá utilizarse una rutina denominada ADD_BAT, en la cual se deberán editar las líneas 6 y 7 en las que se designa el tamaño de las imágenes a tratar (se sugiere utilizar la tecla <F4> del Norton Commander).

Como se mencionó antes, son necesarias dos imágenes con el mismo tiempo de exposición:

ADD_ Imagen1.dat Imagen2.dat Imresult.dat

Imagen1.dat ---> Primera exposición

Imagen2.dat ---> Segunda exposición

Imresult.dat ---> Imagen suma de Imagen1.dat y Imagen2.dat con rayos cósmicos eliminados.

Existe una rutina ya preparada para frames completos: ADD_1024.BAT. Estas rutinas usan los programas COSPAR.EXE y EXPSUM.EXE. El método utilizado para restar rayos cósmicos consiste en reconocer los pixeles afectados por este tipo de eventos y reemplazar sus valores de intensidad por los valores correspondientes de dichos pixeles en la imagen compañera.

Operaciones con imágenes

Para realizar cualquiera de las cuatro operaciones básicas entre dos imágenes (+, -, *, /), se cuenta con el programa **IMCALC.EXE**, que al ser ejecutado solicitará los nombres de las imágenes (y sus tamaños, si éstas no han sido leídas previamente por el **FVIZ**) además de la operación a realizar.

El programa brinda la posibilidad de multiplicar por diferentes factores ambas imágenes antes de operar, y al resultado sumarle una constante.

$$\text{Valor Pixel resultado} = A * \text{Valor Pixel Imagen 1 (Oper)} B * \text{Valor Pixel Imagen 2} + C$$

A, B y C : coeficientes; (Oper) : operación (+, -, *, /)

Las operaciones son realizadas en punto flotante y posteriormente el resultado es pasado a entero al grabar la imagen final. También es posible realizar operaciones entre una imagen y un valor constante, usando el programa **IMCONST.EXE**, que se ejecuta de manera similar al anterior.

Desplazamiento de imágenes

En caso de detectarse corrimientos entre imágenes que se deseen corregir (entre dos exposiciones sucesivas de un mismo objeto) es posible desplazar las mismas (para poder sumarlas u operar con ellas pixel a pixel) usando el programa **IMSHIFT.EXE**. La sintaxis del comando es:

IMSHIFT imagen.dat resultado.dat

Al ser ejecutado, este programa solicitará los valores de los desplazamientos, los que deberán ingresarse de la siguiente forma:

Eje Y (a lo largo de columnas): Para bajar la imagen: valor en pixeles positivo
Para subir la imagen: valor en pixeles negativo

Eje X (a lo largo de filas) : Para mover la imagen de izquierda a derecha : valor en pixeles positivo + 1
Para mover la imagen de derecha a izquierda : valor en pixeles negativo - 1

Ejemplo:

para desplazar $(\Delta X, \Delta Y)=(2,0)$ ingresar 3 0; para desplazar $(\Delta X, \Delta Y)=(-3,1)$ ingresar -4 1

Para verificar la existencia de desplazamientos y su magnitud, es conveniente usar en el programa **FVIZ** la rutina que calcula el baricentro de una imagen estelar o una línea en el espectro, <F5> (Ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Visualización de imágenes en formato ".dat" ").

Si la imagen requiriera una operación mas compleja como rotación o cambio de escala, se puede usar el programa **IMTRANS.EXE**, que permite realizar no sólo desplazamientos, sino también rotaciones de 90 a -90 grados, cambios de escala, o transformaciones lineales generales definidas en forma matricial.

Cortes de imágenes

Usando el programa **FVIZ** (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Visualización de imágenes en formato ".dat" ") es posible realizar cortes (vectores) sobre cualquier segmento de una imagen y mostrarlos en un gráfico intensidad vs. pixeles. Esta función se emplea principalmente para graficar espectros, o perfiles de imágenes de objetos. Los pasos a seguir son:

- 1- Una vez iniciado **FVIZ**, presionar la tecla <F6>. Aparecerá el mensaje en la esquina superior izquierda de la pantalla "Work with repers/slices".
- 2- Ubicar el cursor del mouse sobre el extremo inicial del corte deseado y presionar la tecla izquierda del mismo, luego repetir la operación para el otro extremo.
- 3- Presionar la tecla derecha del mouse, aparecerá la leyenda "Aperture".
- 4- Ingresar el ancho en pixeles de la rebanada a integrar. Si el corte se hace a lo largo de una fila, el programa sumará las cuentas de los pixeles correspondientes a iguales columnas, de lo contrario si el corte se hace a lo largo de columnas, la suma se realizará por filas. Posteriormente se graficará la intensidad integrada en cada

"canal" (grupo de píxeles con igual abscisa en la dirección del corte). Pueden también efectuarse cortes oblicuos.

5- La tecla <ESC> permitirá borrar el gráfico y volver a la imagen. Bastará presionar <ENTER> para volver a desplegar el gráfico (fig. 10-1).

Al entrar en este modo, la posición de la ventana de visualización queda fija, y es necesario abandonar el procedimiento con la tecla <F10> si se desea, por ejemplo, cambiar la porción de la imagen visualizada. Se pueden además realizar cortes curvos, para lo cual es necesario marcar por lo menos un tercer punto intermedio por el cual pase el arco que se desea describir.

El resultado de la integración sobre un segmento podrá ser guardado en un archivo para su posterior tratamiento usando la tecla <F4> una vez graficado el mismo. Es conveniente guardarlo con la terminación ".VEC" para identificarlo como archivo en intensidad por canal y poder graficarlo con el programa VECVIZ.

Vectores, visualización y operaciones

Una vez extraído el corte de una imagen con la opción <F6> del programa FVIZ (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Cortes de imágenes"), y almacenado en un archivo (Vector) bajo la forma de cuentas por canal y nombre con extensión ".vec", la visualización de los datos se puede realizar usando el programa VECVIZ.EXE en la forma:

```
C:\> VECVIZ corte.vec
```

Este programa preguntará acerca de las unidades del argumento en el vector (valor inicial, paso, longitud). Para vectores con abscisas en longitud de onda deberá responderse: λ inicial, paso en λ , [long.]. Para vectores con abscisas en píxeles: 1 1 [long.], o bien usar el parámetro -ch [long.] en la línea de comando. En todos los casos "long." es el número de "canales" (píxeles) del vector.

Para variar la escala de visualización de los vectores es necesario presionar el botón izquierdo o derecho del mouse, según se quiera aumentar o disminuir, respectivamente, la escala.

Es posible presentar hasta 15 vectores al mismo tiempo, ingresando los nombres en la línea de comando (se aceptan los comodines ".*" con iguales criterios que en el DOS).

Existen distintas opciones de visualización, que se podrán cambiar mediante las teclas <F1> y <F2>.

Operaciones con vectores

Para realizar cualquiera de las cuatro operaciones aritméticas entre dos vectores (+, -, *, /), se cuenta con el programa VECALC.EXE, que al ser ejecutado pedirá los nombres de los vectores, sus dimensiones (si no existiera el archivo de parámetros del vector con extensión ".par"), y la operación a realizar.

El programa brinda la posibilidad de multiplicar por diferentes factores ambos vectores antes de operar, y al resultado sumarle una constante.

Las operaciones se realizan en punto flotante y posteriormente el resultado es pasado a entero al grabar el vector final.

También es posible realizar operaciones entre un vector y un valor constante, usando el programa VECCONST.EXE, que se ejecuta de manera similar al anterior.

Conversión a longitud de onda

La linealización y conversión de los espectros (vectores) a longitud de onda se podrá realizar utilizando el programa LINID.EXE, el que solicitará en la línea de comando el grado del polinomio de ajuste a usar, el nombre del archivo que contiene el espectro de comparación y una tabla con las longitudes de onda de las líneas a identificar.

```
LINID -p 3 compar.vec linear.irf
```

Entre las tablas de líneas disponibles, la más completa es LINEAR.IRF, que contiene la lista del software IRAF (Image Reduction and Analysis Facility, NOAO).

Se recomienda no utilizar polinomios de grado mayor que 3 si el espectro de comparación no tiene líneas ambos extremos (el ajuste podría diverger sustancialmente en esos extremos).

Ejecutado el programa, se desplegará el espectro junto con la tabla de líneas disponibles numeradas. A continuación se deberán identificar las líneas colocando el cursor del mouse sobre la línea deseada y presionando el botón izquierdo del mismo. El siguiente paso es introducir el número de línea identificada según la tabla. Se deberá realizar la identificación de por lo menos tres líneas distribuidas a lo largo del espectro, para luego realizar el primer ajuste. Cuando el programa haya hecho este ajuste preliminar mostrará todas las líneas identificadas y los errores de ajuste, y la curva de dispersión (ver fig. 10-2). Luego volverá a desplegar el espectro, dando la oportunidad de eliminar líneas del ajuste usando el botón derecho del mouse.

Una vez alcanzado un ajuste satisfactorio se podrá salir del programa; al hacerlo se crearán los siguientes archivos:

DISPER . MSK	posiciones de las líneas identificadas.
DISPER . PAR	parámetros del ajuste.
IDENT . RES	reporte de las sucesivas aproximaciones realizadas.
NEWTABLE . TXT	nueva tabla de líneas, útil para el siguiente ajuste.

Este programa permite el ajuste de varios espectros de comparación a la vez, función útil esencialmente cuando se trabaja en el modo multipilar.

Una vez generados los archivos con los parámetros del ajuste, se deberá usar nuevamente el mismo programa para pasar el o los espectros de interés a la escala de longitud de onda:

LINID -p 3 -m disper.msk -c disper.par esp.vec esp-res.vec

Al ser ejecutado de este modo, el programa pedirá ingreso de la longitud de onda inicial, la dispersión media y la cantidad de canales del espectro. Los dos primeros números serán mostrados al usuario para permitir su ingreso manual (esto evita que accidentalmente se usen archivos de parámetros que no corresponden, por ejemplo de algún ajuste anterior). Se puede ingresar directamente la longitud de onda inicial (del primer canal) corregida ya por su desplazamiento Doppler por velocidad radial.

El vector resultante podrá ser desplegado gráficamente del modo usual con el programa **VECVIZ.EXE** (ver "SOFTWARE DE REDUCCION-Visualización y operación con vectores").

Ajuste de gaussianas y cálculo de velocidad radial

Con el programa **GAUSAN.EXE** es posible realizar ajustes de gaussianas a las líneas de emisión o absorción en espectros y determinar sus parámetros (posición, ancho medio, altura). Al ser ejecutado colocando el nombre del archivo que contiene el espectro -convertido a escala en longitud de onda-, este programa mostrará el espectro y un menú principal.

En el menú principal se podrá colocar el mouse dentro de la caja correspondiente a la función requerida o presionar la tecla función correspondiente.

El ítem **ChoosRg** permite elegir la región en la que se desea realizar el ajuste. Los botones izquierdo/derecho aumentarán/disminuirán la escala de visualización y ajuste.

El ítem **FitCont** permite el ajuste manual del continuo marcando los puntos de ajuste con el botón izquierdo del mouse, presionando el derecho se llevará a cabo el ajuste y con <F4> se podrá sustraer el continuo ajustado.

GaussPrf, **LorPrf** y **TabFun** señalan distintos tipos de perfiles y el modo **AutoFit** usa solamente perfiles gaussianos.

En el ajuste manual de componentes, el movimiento del mouse cambiará la posición y amplitud de las componentes del ajuste. Para cambiar el FWHM se debe mantener apretado el botón derecho del mouse y moverlo a izquierda o derecha. El cambio del nivel cero de la componente se puede hacer llevando a cero la amplitud de la misma y moviendo después el mouse arriba/abajo mientras se mantiene presionada la tecla derecha del mismo.

Presionando el botón izquierdo del mouse el ajuste realizado será restado del espectro permitiendo el ajuste de nuevas componentes al espectro restante. En la parte superior de la pantalla se mostrará el perfil original junto con las componentes ajustadas (ver fig. 10-3).

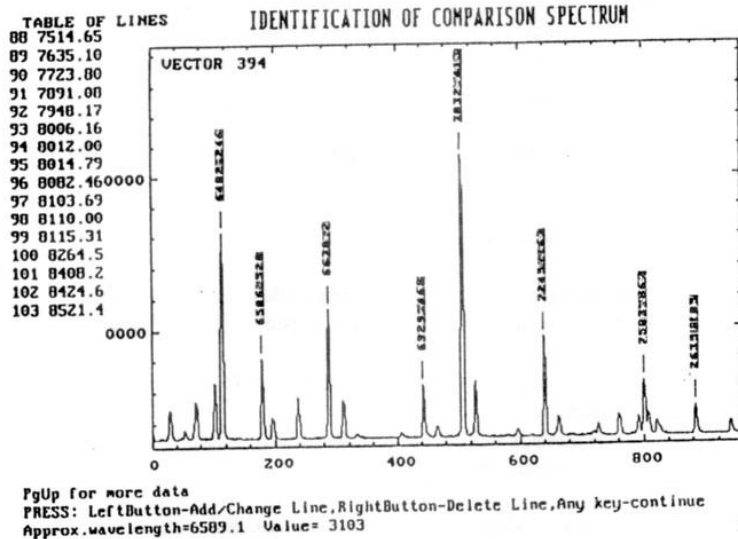
Al salir del programa, éste grabará los datos de las componentes ajustadas.

SOFTWARE DE REDUCCION

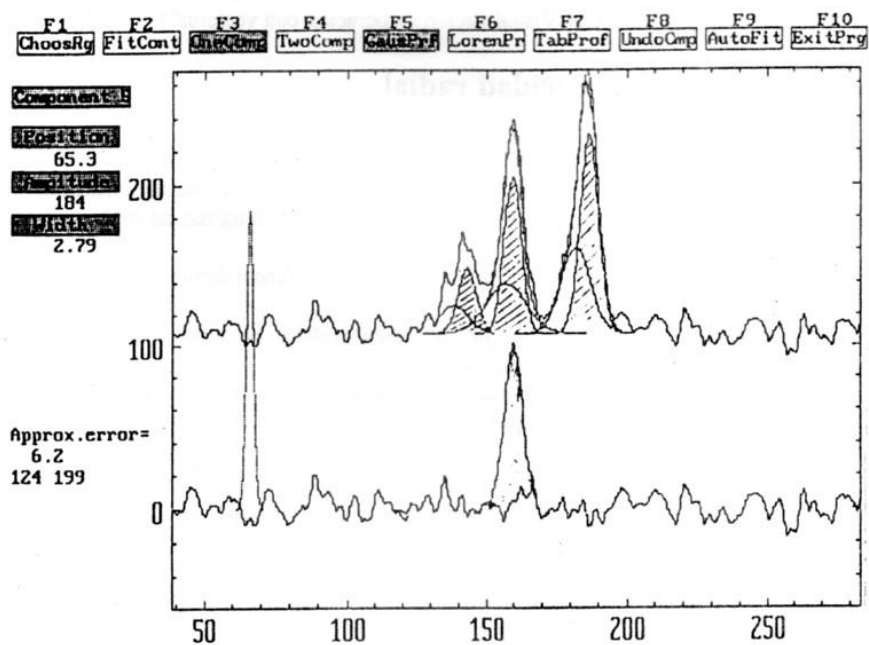
Figura 10-2

Sat Apr 22 06:58:53 1995

LINID

**Figura 10-3**

GAUSAN



Configuración del Norton Commander

Este programa, que se ejecuta ingresando NC en la línea de comando del DOS, fue configurado de tal manera que el usuario solo debe presionar <Enter> para obtener los siguientes resultados:

- sobre un archivo ".FIT", lo transforma al formato del software de reducción en PC, ".DAT"
- sobre un archivo ".DAT", lo visualiza con el programa FVIZ.EXE con los parámetros más convenientes.
- sobre un archivo ".VEC", lo visualiza con el programa VECVIZ.EXE.

Recordamos que este programa permite la rápida visualización y edición de archivos usando las teclas <F3> y <F4> respectivamente.

El usuario contará con aproximadamente 100 Mb de espacio libre en la partición E:\ del disco rígido de la PC de adquisición, siendo el Norton Commander el programa que permite un mejor manejo de archivos en DOS.

Utilizando la conexión Interlink del sistema operativo se podrán transmitir datos desde la PC de adquisición a la de reducción, que contará con otros 100 Mb de espacio libre en la partición E:\ del disco rígido. Para ello es conveniente usar las opciones copiar <F5> o mover <F6> entre ventanas del NC.

Si los puertos de salida en paralelo de ambas PC están conectados entre sí, la PC de reducción quedará en condiciones de recibir datos de la otra con sólo ingresar el comando "i".

Tratamiento de espectros: modo Espectrógrafo Multipupilar (Campo Integral)

Determinación de la posición de los espectros en el frame

La extracción y reducción de espectros múltiples generados por el uso del espectrógrafo en el modo multipupila requiere ciertas consideraciones especiales y el uso de software específico para tal fin. Los procedimientos a seguir se detallan a continuación:

1) Medición de las posiciones exactas de algunas líneas espectrales en algunos espectros.

Normalmente es suficiente medir las posiciones de 6-7 líneas en 10-20 espectros (las líneas pueden no ser las mismas para diferentes espectros, pero el número de líneas marcadas en cada espectro debe necesariamente ser el mismo).

El resultado debe quedar en un archivo de texto, en el que cada línea de texto contiene las coordenadas (X,Y) de una línea espectral.

Para obtener este resultado se usa el programa FVIZ, cuya línea de comando debe ser, básicamente:

FVIZ [archivo de imagen],

por ejemplo:

C:\> FVIZ n7582_01.dat -s 0.5 -m

Este programa produce una salida por pantalla EGA/VGA con una paleta de 16 colores. Cambiando los valores del nivel de fondo y del paso en los niveles de la escala de colores con que se grafique la imagen (presionando el botón izquierdo del mouse en las cajas con las letras S y T -Step y Threshold-), será posible ajustar la imagen resaltando determinadas características de la misma.

El aumento de la imagen por default es 1, lo que significa que al presentarla 1 pixel en la pantalla representa 1 pixel en el detector. (El parámetro -s 0.5 cambia la escala para poder presentar una imagen completa de 1024x1024).

Para realizar las mediciones es necesario, antes que nada, presionar la tecla <F5>, después de lo cual aparecerá un mensaje en la esquina superior izquierda de la pantalla diciendo: "Work with separate repers". Al entrar en este modo, la posición de la ventana de visualización queda fija, y es necesario abandonar el procedimiento con la tecla <F10> si se desea, por ejemplo, cambiar la porción de la imagen visualizada. Se puede llamar una ventana de zoom sobre el cursor, presionando la tecla <F7>. La siguiente vez que se presione <F7> se eliminará esta ventana de zoom.

Para medir la posición exacta de una línea se coloca la flecha del mouse sobre la línea seleccionada (en los espectros generados con el uso de la trama de lentes las líneas son de forma cuasi-puntual), luego se deben presionar las teclas <Shift><F5> una o más veces. La posición del cursor irá cambiando de acuerdo con el valor del "baricentro" de la imagen alrededor de la posición original del cursor del mouse. Si no se está satisfecho con el resultado, es probable que se deba al uso de una región demasiado grande o bien demasiado pequeña para el proceso de cálculo del "baricentro". Para cambiar el tamaño de la región de cálculo es necesario presionar <F9>, y luego de dar un nuevo valor para la ventana, repetir el procedimiento con las teclas <Shift><F5>. Presionando el botón izquierdo del mouse o <Enter>, las coordenadas ingresarán en la lista de líneas en la memoria de la PC.

La línea elegida quedará marcada con un pequeño cuadrado. Si se decide descartar alguna línea ya elegida, se puede poner el cursor del mouse sobre el cuadrado correspondiente y presionar el botón derecho del mouse, o <Shift><Enter>. Durante el procedimiento de centrado, éste puede ser abandonado y luego retornado: las mediciones son guardadas en la memoria RAM. Para escribir el resultado en el disco, es necesario presionar <F3> dentro de la rutina de centrado e ingresar el nombre del archivo en el que se guardará la lista de coordenadas.

Para abandonar la rutina de centrado se debe presionar la tecla <F10>; hay una sola limitación y es que todas las líneas pertenecientes a un mismo espectro deben ser marcadas una después de otra sin alterar el orden en que serán usadas. En caso contrario el archivo de texto que se usara a posteriori deberá ser modificado, (cuando no se haya respetado el orden durante el procedimiento de centrado).

Supongamos, entonces, que ha sido creado un archivo con el nombre MEASURE.EXA, conteniendo las coordenadas de los puntos correspondientes a 6 (espectros) por 7 (líneas en cada espectro). Es decir un archivo de texto con 42 pares de coordenadas. Se puede entonces continuar con:

2) Medición de las posiciones exactas de una línea en TODOS los espectros (creación de la grilla).

El procedimiento es similar al anterior y al final del mismo se debe crear un archivo conteniendo las coordenadas de la misma línea marcada en todos los espectros de interés en el frame. Debe ser la misma línea en todos ellos fuera de toda duda, para evitar errores en, por ejemplo, la determinación de velocidades radiales.

Supongamos, entonces, que se creó el archivo POSITION.POS con las coordenadas de la misma línea en 70 espectros del frame. El formato de los archivos MEASURE.EXA y POSITION.POS es el mismo: para cada punto, una línea con coordenadas (X,Y) y normalmente un tercer número (por ejemplo, 1) usado por el software. A continuación:

3) Numeración de los espectros

Para numerar los espectros es necesario crear cualquier archivo de texto, que contenga líneas con dos números: número de espectro y transparencia de la microlente. Para mayor simplicidad el segundo número puede ser igual a 100. El nombre de ese archivo podría ser, por ejemplo, NUMBER.NUM.

4) Construcción del modelo geométrico y prueba de calidad.

Este paso se realiza con el programa GEOPREP. Para correr el mismo, es necesario ingresar la siguiente línea de comando:

C:\> GEOPREP measure.exe position.pos number.num

En esta línea de comando se pueden incluir todos los parámetros necesarios para el cálculo:

- a) número de cortes en una línea (o sea, número de líneas marcadas en cada espectro, -r [número] (default: -r 7)
- b) tamaño de la imagen, -x, -y (default: -x 512 -y 512)
- c) grado del polinomio de ajuste bidimensional, -p (def: -p 5)
- d) si se coloca el parámetro -f se creará una imagen de prueba STROBE.DAT que tendrá graficadas, en la misma escala de la imagen original, las trayectorias de cada espectro ajustado, además de un archivo de texto GEOMETRY.TMP con información adicional.

Los resultados del cálculo quedan en un archivo de texto cuyo nombre por default es GEOMETRY.POL (cualquiera que sea el nombre, debe ir en cuarto lugar en la línea del comando que extrae los espectros del frame). Estos resultados son los coeficientes del ajuste polinomial de cada espectro individual. El error medio del modelo geométrico puede ser visto en la pantalla y normalmente estará entre 0.15 y 0.25 pixeles.

Para comparar las posiciones calculadas y las reales, se pueden sumar las imágenes STROBE.DAT y el frame original usando los programas IMCALC o TOOLS2. En caso de haber algunos desplazamientos entre las curvas calculadas y los espectros reales, el usuario puede corregir el file con las posiciones de las líneas (POSITION.POS) y repetir los últimos pasos.

Limitaciones:

- a) el grado del polinomio bidimensional debe ser 3 o 5;
- b) el grado del polinomio con el que se aproxima cada espectro es siempre 3, no es un parámetro variable;
- c) el tamaño de la imagen resultante STROBE.DAT (cuando se colocó el parámetro -f) está limitado por el tamaño de la memoria convencional a cerca de 700x700 pixeles (sólo un byte es necesario para este tipo de gráfico).

Tratamiento de los espectros individuales.

Para integrar los espectros de un frame a partir de cortes bidimensionales de acuerdo al modelo geométrico ya computado se usa el programa SPEXTR.

La sintaxis de la línea de comando es la siguiente:

C:\> SPEXTR [-w ancho] [-b lim.izq. der.] imagen resultado [geom]

donde:

- ancho, es la altura del área sobre la que se integrara el espectro;
- lim.izq. der., son los límites del área de integración (el default es 20 512);
- imagen, es el nombre de la imagen original;
- geom, es el archivo que contiene los parámetros geométricos del espectro usado (el default es geometry.pol);
- resultado, nombre que tendrá el archivo con los espectros unidimensionales resultantes.

Los datos resultantes están en forma binaria, donde cada espectro individual está representado por una cantidad de números igual a [1+long.]x2 bytes. El primer valor es el número de espectro, long. es el tamaño del espectro en la imagen original.

Limitaciones:

- a) el tamaño máximo posible de la imagen procesada es de 600x1200 pixeles;
- b) el grado del polinomio que ajuste cada espectro individual debe ser menor o igual a 6.

Para la visualización de los datos se puede usar el programa vecviz en la forma: VECVIZ result.dat

Este programa podrá preguntar acerca de las unidades del argumento en los espectros, para datos en pixeles se puede responder: 1 1 [long.] o también usar el parámetro -ch [long.] en la línea de comando. Long. tiene que ser igual a la cantidad de puntos en el espectro.

Para variar la escala de visualización de los espectros es necesario presionar el botón izquierdo o derecho del mouse, según se quiera aumentar o disminuir la escala.

Es posible visualizar hasta 15 espectros al mismo tiempo, ingresando los nombres en la línea de comando (se aceptan wildcards).

El pasaje a longitud de onda y ajuste de componentes se podrá realizar siguiendo los pasos descriptos ya para el tratamiento de espectros simples (LINID.EXE y GAUSAN.EXE).

Todos los programas van escribiendo un archivo de texto (logbook) que contiene las actividades realizadas bajo el nombre %espectro.log.

Parámetros para le ejecución de programas

FVIZ.EXE

Programa para visualización y análisis de imágenes.

Parámetros: [-x xcen] [-y ycen] [-s escala] [-h hlong] [-m] [-c] [-p numpal] [-t tespe] [-w] [-f:-l] im1.dat im2.dat ..

Donde:

- * xcen, ycen, escala - coordenadas del centro y escala para graficar un fragmento de imagen; escala = 0.5 si se quieren visualizar imágenes de 1024x1024.
- * hlong - longitud del encabezado de la imagen (default = 0).
- * -m para mostrar la imagen con el óptimo nivel mínimo y paso en la escala de colores.
- * numpal - el número de la paleta de colores a usar.
- * tespe - tiempo de espera para la aparición de la imagen en pantalla (default = 0).
- * -w permite modificar el archivo original.
- * -c indica el uso de modo EGA (default=VGA)
- * -f y -l indican mostrar el primer o último fragmento de la imagen.
- * im1.dat, im2.dat, etc., nombres de las imágenes a mostrar. No pueden ser más de 10.

VECVIZ.EXE

Programa para la visualización de espectros en forma de vectores (intensidad vs. canal).

Parámetros: [-x xmin xmax] [-y ymin ymax] [-d salto] [-n] [-w] [-c] [-i info] [-ch longvec] [-bw:wb] e1.vec e2.vec..

Donde:

- * xmin, xmax - valores min. y max. del argumento (default = 0, longvec).
- * ymin, ymax - valores min. y max. de la función (automático por default).
- * salto - en el eje y para mostrar los diferentes vectores (default = 0).
- * info - archivo con información adicional.
- * longvec - longitud de un vector individual.
- * -n indica la normalización de los datos en cada vector mostrado (si no se pone -x, -y).

- * -bw, wb indican que se usen solamente los colores blanco y negro.
 - * -ch determina el argumento: (min=0, step=1, len=longvec).
 - * -e indica el uso de modo EGA (default=VGA)
 - * -w permite la corrección de los datos en el archivo original.
 - * e1.vec, e2.vec, etc. - nombres de los vectores a mostrar, pueden incluirse los comodines "*" y "?".
- El número total de archivos mostrados no puede exceder 15.

GAUSAN.EXE

Programa para la decomposición gaussiana de espectros.

Uso: D:\FORTC\GAUSAN.EXE

Parámetros: [-x xmin xmax] [-w long0] [-d dist amprel anrel] [-e] espectro.vec

Donde:

- * xmin, xmax - valores max. y min. del argumento (default del archivo espectro.par).
- * long0 - longitud de onda en reposo.
- * dist, amprel, anrel - distancia, y amplitud y ancho relativos cuando hay componentes dobles.
- * -e indica el uso en modo EGA (default=VGA).
- * espectro.vec es el nombre del archivo.

CUBSHIFT.EXE

Programa para desplazar imágenes en X e Y.

Solicita nombre de la imagen y valores a desplazar:

Y positivo baja la imagen.

X positivo la desplaza de izquierda a derecha.

ADD 1024.BAT

Rutina que suma dos imágenes 1024x1024 y luego resta los eventos cósmicos de las mismas usando los programas COSPAR y EXPSUM.

Parámetros: imagen1.dat imagen2.dat imresult.dat

ADD .BAT

Rutina que suma dos imágenes de cualquier tamaño restando los eventos cósmicos. Se deben editar y modificar las líneas 6 y 7 en las se que designa el tamaño de imagen a tratar.

Parámetros: imagen1.dat imagen2.dat imresult.dat

COSPAR.EXE

Programa para analizar los eventos cósmicos y realizar una máscara para restarlos con el programa EXPSUM.

Parámetros: [-x tamx] [-y tamy] [im1.dat] [im2.dat] [nommask] [-d desv]

Donde:

- * tamx, tamy - tamaño de las imágenes de entrada (default = 530,580).
- * im1, im2.dat - imágenes a sumar.

- * desv - parámetro de desviación (default = calculado)
- * nommask - nombre del archivo resultante con las máscaras de los impactos.

DFITS.BAT

Rutina que pasa una imagen en formato FITS16 al formato usado por el software de SAO (".DAT"), usando el programa DECFTS.EXE. El programa borra el archivo original y su encabezado.

Parámetros: imagen resultado

Donde: * imagen, resultado - nombres de archivo sin la correspondiente terminación (.fit y .dat).

DECFTS.EXE

Parámetros: [-h tamheader] [-no] [imagen.fit] [resultado.dat]

Donde: * tamheader - tamaño del encabezado FITS en bloques de 2880 bytes (default = 1).
 * imagen.fit, resultado.dat - nombre de los archivos.
 * -no - preserva el orden de los bytes en los datos. (default = el orden es cambiado según la necesidad del formato).

GEOPREP.EXE

Programa que elabora los parámetros geométricos para la extracción de espectros bidimensionales múltiples.

Parámetros: [-f] [-r numlin] [-p potencia] [-x tamx] [-y tamy] [nosort] [archgeom] [archpos] [archnum] [resultado.pol]

Donde: * archgeom - archivo de texto con las coordenadas de las líneas en todos los espectros.
 * archpos - archivo de texto con las coordenadas de la misma línea en cada espectro.
 * archnum - archivo de texto con el número de cada espectro y la transparencia de la microlente correspondiente.
 * resultado.pol - nombre del archivo con el resultado: los coeficientes para cada espectro (default = geometry.pol).
 * numlin - número de líneas marcadas en cada espectro (default = 7).
 * potencia - grado del polinomio bidimensional de aproximación (default = 3).
 * -f produce un archivo con información adicional (geometry.tmp) y un archivo imagen con las posiciones de los espectros predichas por el ajuste (strobe.dat).
 * tamx, tamy - tamaño de la imagen resultante en ambas coordenadas, en caso de haber usado el parámetro -f (default = 512x512, máximo ~ 700x700).
 * -nosort evita el borrado del archivo con las coordenadas de las líneas.

SPEXTR.EXE

Programa que realiza la extracción de espectros múltiples del frame.

Parámetros: [-w ancho] [-b izq. der.] [-s ran] imagen resultado [archgeom]

Donde: * ancho - de la integración en pixeles (default = 5, máximo = 99).
 * izq., der. - límites de la integración (default = desde 20 a límite imagen).
 * ran - paso en la producción de la función de ranura (default = 1).

- * imagen - nombre del archivo con la imagen de los espectros múltiples.
- * archgeom - nombre del archivo con los parámetros geométricos de los espectros (default = geometry.pol).
- * resultado - archivo con los espectros resultantes.

LINID.EXE

Programa para el pasaje de espectros a una escala en longitud de onda. En una primera etapa es necesario reconocer líneas en el espectro de comparación para determinar los parámetros del ajuste, y luego ejecutarlo nuevamente para pasar el espectro objeto a longitud de onda con los parámetros determinados antes.

Parámetros: [-p potencia] [-l longitud] [-w ranura] [-d\ -D disper] [-a] [-s] [-f] [-m archmsk]
[-c archparam] [-y min max] [comparación.vec tablalin] [espectro.vec result.vec] [-z]

- Donde:
- * potencia - grado del polinomio de ajuste de dispersión (default = 2, máximo = 6).
 - * longitud - del espectro de entrada (default: del espectro.par).
 - * ranura - ancho del perfil instrumental (default = 5).
 - * -d permite el ingreso de un valor preestablecido de dispersión (con -D en Å/px.).
 - * -a indica ejecución del procedimiento automático con las posiciones de archmsk y las long. de onda de tablalin.
 - * -s indica el uso de detalles en el espectro del objeto para forma la curva de dispersión.
 - * -f indica tener en cuenta el fondo en el centrado de cada línea.
 - * archmsk - es el archivo con las posiciones de las líneas detectadas.
 - * archparam - archivo con los parámetros para el pasaje de canales a long. de onda. Cuando se usa la opción -c, se deben omitir comparación.vec y tablalin.
 - * min max - límites para el despliegue del espectro de comparación.
 - * comparación.vec es el nombre del archivo con el espectro de comparación.
 - * tablalin - archivo de texto con las longitudes de onda de las líneas de comparación.
 - * espectro.vec, result.vec - el espectro en canales y el resultante en long. de onda.
 - * -z indica usar los mismos valores (X0, dX y long.) para todos los datos.
 - * -s se usa solamente en el modo manual del programa.

Le 10 Mars 1900

Monsieur le Ministre

J'ai l'honneur de vous adresser ci-joint

un rapport sur les travaux effectués

pendant le mois de Mars 1900.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre,

l'assurance de ma haute considération.

Le Ministre de l'Intérieur

40

40

