MANUAL DEL INSTRUMENTO "CAMARA INFRARROJA DOBLE DEL OAN: CID"

Luis Salas, Leonel Gutiérrez, Mauricio Tapia,
Irene Cruz-González, Elfego Ruiz, Esteban Luna,
Jorge Valdez, Rafael Costero, Erika Sohn,
Francisco Lazo, Joaquín Bohigas, Benjamín García,
José Manuel Murillo, Fernando Garfias, Oscar Chapa,
Salvador Zazueta, Victor García, Francisco Cobos,
Fernando Quiros, Arturo Iriarte, Carlos Tejada

Versión: oct 2001, sep 2002, con Nuevo Guiador feb 2005

Instituto de Astronomía y Observatorio Astronómico Nacional

February 27, 2005

Abstract

La Cámara Infrarroja Doble (CID) del Obsevatorio Astronómico Nacional (OAN) fue diseñada por un grupo de académicos del Instituto de Astronomía de la UNAM, para el estudio astronómico en el infrarrojo cercano y medio, mediante dos instrumentos independientes que comparten el mismo contenedor criogénico: CID-InSb y CID-BIB. El CID-InSb tiene un detector InSb (Santa Barbara) de 256×256 pixeles sensible en la región de 1-5 μm para imagen directa (escala de placa 0.3"/pix y tamaño de campo de $1.17' \times 1.17'$) y espectroscopía de baja resolución (R = 1400 a 2.2 μm, 500 y 1200 μm a 3.6 μm) cuya óptica está optimizada para 3.5 μm. El CID-BIB tiene un detector BIB (Boeing) de 128×128 pixeles, sensible a longitudes de onda de 2 a 20 μm para imagen directa (escala de placa 0.5"/pix y campo de $64'' \times 64''$) cuya óptica está optimizada a 10 μm. Toda la óptica se mantiene a temperaturas menores que 20 K, mientras que los detectores operan a temperaturas de 30 K (InSb) y 7 K (BIB), respectivamente. La modalidad de cámara directa del InSb solamente puede utilizarse en filtro K, L angosto (dependiendo del background de la noche) y con el CVF en la región de 2-4 μm. La cámara directa del BIB permite alcanzar una magnitud límite de 6.7 en N (10 μm) en un minuto de integración, con cociente señal a ruido (S/R) de 1.

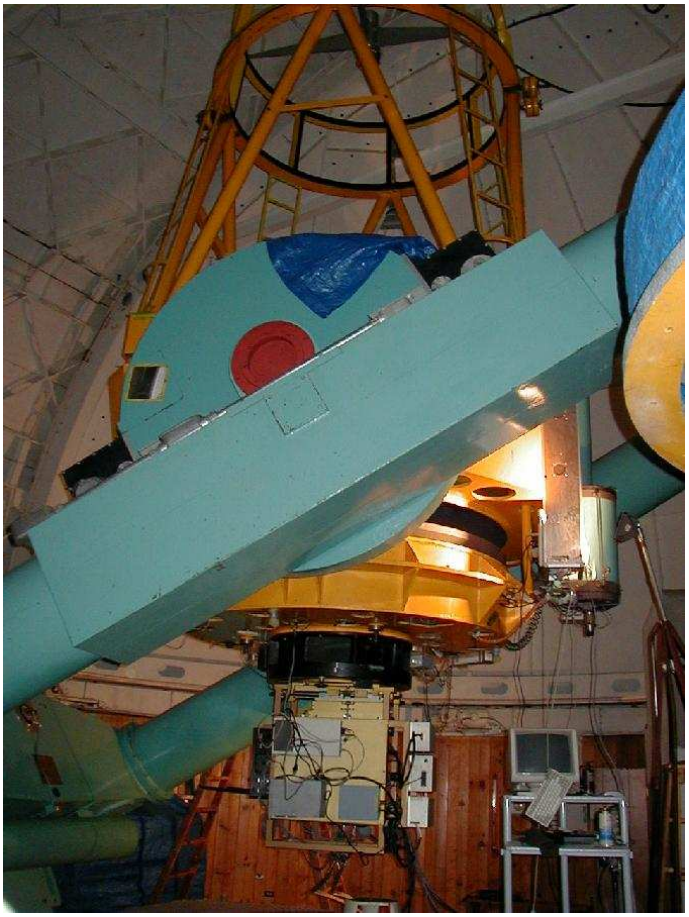

Figure 1: Cámara Infrarroja Doble instalada en el telescopio de 2.12 m.

Contents

RESUMEN

INDICE

1 INTRODUCCION **1**

1.1 Descripción general 1

1.2 Cámara para Imagen Directa en el Infrarrojo Medio (5 – 25 μm): CID-BIB 4

1.2.1 Detector BIB 4

1.2.2 Electrónica de lectura BIB 4

1.2.3 Configuración óptica 6

1.3 Cámara y Espectrógrafo en el Cercano Infrarrojo (1 – 5 μm): CID-InSb 7

1.3.1 Detector InSb 7

1.3.2 Electrónica de lectura del InSb 7

1.3.3 Cámara directa: Configuración óptica 7

1.3.4 Espectrógrafo: Configuración óptica 8

1.4 Secundario oscilante f/30 8

1.4.1 Optica 8

1.4.2 Mecánica y control 9

1.5 Sistema criogénico 10

1.6 Control de movimientos 10

2 INSTALACION DEL CID EN TELESCOPIO 11

2.1 Horneado de detector InSb 11
2.2 Evacuación de la botella criogénica 11
2.3 Enfriado de la botella criogénica 12
2.3.1 Compresor de helio y cabezas expansoras 12
2.3.2 Control de temperatura 13
2.4 Sujeción a platina y conexiones 14
2.4.1 Sujeción 14
2.4.2 Conexiones 14
2.5 Selección de cámara y alineación 16
2.6 Apagado del sistema 21

3 CID-BIB 22

3.1 Linealidad, saturación y ganancia 22
3.2 Ruido intrínseco 22
3.3 Ruido a baja frecuencia 24
3.4 Filtros y fotometría 27
3.5 Imágenes 27

4 CID-InSb 31

4.1 Linealidad, saturación y ganancia 31
4.2 Ruido intrínseco 33
4.3 Filtros y fotometría 33
4.4 Rejillas y rendijas 33
4.5 Espectros 35

5 PROGRAMAS DE OBSERVACIÓN **41**

5.1 Filosofía de programación 41

5.2 Inicialización del programa de intefaz de usuario 41

5.3 En caso de problemas al iniciar el programa 42

5.4 Terminando el programa 43

5.5 Uso del programa de observación 43

5.6 Secuencias de comandos 46

5.7 Imágenes FITS generadas 50

6 OBSERVACIONES CON EL CID **53**

6.1 Bitácora de Observación 53

6.2 Guiador Excéntrico Antiguo 53

6.3 Guiador Excéntrico Nuevo 54

6.3.1 Autoguiado 54

6.3.2 Parametros en el guiador para el CID-BIB. 56

6.3.3 Parametros en el guiador para el CID-InSb. 56

6.3.4 Tamaño del campo del guiador 56

6.4 Secundario oscilante 56

6.5 Procedimiento para enfoque del telescopio 59

6.6 Parámetros de foco y guiador 59

6.7 Selección del tiempo de integración 60

6.7.1 CID-BIB 60

6.7.2 CID-InSb 61

6.8 Obtención de campos planos 61

7 REDUCCION DE DATOS **62**

7.1 **Aplanado para imágenes del BIB** 62

8 RECONOCIMIENTOS **64**

8.1 Participantes 64

8.2 Agradecimientos 65

8.3 Financiamiento 65

Bibliografía 66

Chapter 1

INTRODUCCION

1.1 Descripción general

La Cámara Infrarroja Doble (CID) del Obsevatorio Astronómico Nacional (OAN) fue diseñada para el estudio astronómico en el infrarrojo cercano y medio, mediante dos instrumentos independientes que comparten el mismo contenedor criogénico, a los cuales llamaremos CID-InSb y CID-BIB, respectivamente. El CID ha sido diseñado y construido por IR Laboratories en Tucson, AZ (E.U.A.) bajo especificaciones nuestras por un grupo encabezado por Robert Kurtz. En la Fig. 1.1 se presenta una fotografía de la configuración opto-mecánica de los dos instrumentos del CID, en la parte derecha está el CID-InSb y en la izquierda-superior el CID-BIB. Puede observarse que todo el tren óptico está bafleado para minimizar radiación parásita. Hasta la fecha, el CID es un instrumento único en su clase por su cobertura dual en intervalo espectral y por su diseño compacto y eficiente. La montura del CID (llamada caballo del CID) para su acoplamiento al telescopio de 2.1 m del OAN/SPM fué diseñada y construida en el Taller Mecánico del IAUNAM-Ensenada por el grupo encabezado por J. Valdez. La interfaz de usuario que opera en Linux fué desarrollada también en el IAUNAM-Ensenada por el grupo encabezado por L. Gutiérrez. Para la operación del CID se construyó un nuevo secundario f/30 en el IAUNAM-CU por el grupo encabezado por F. Garfias. En la Fig. 1.2 se muestra el instrumento montado en el telescopio.

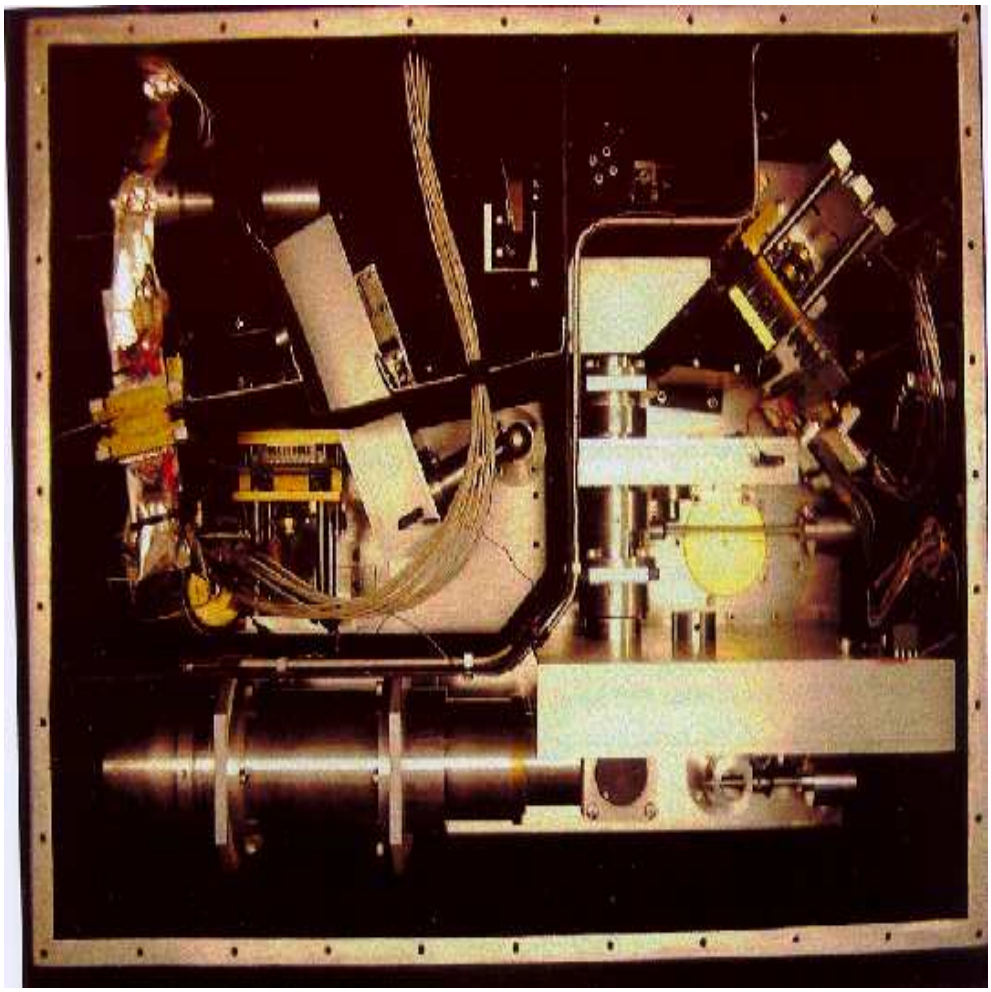

Figure 1.1: Configuración optomecánica.

Figure 1.2: CID en el telescopio de 2.12 m.

Table 1.1: Detector CID-BIB

Fabricante	Boeing
Material	Si:As
Tipo	Back illuminated (BIBIB)
Formato	128×128 pixeles
Tamaño de pixel	75×75 μm^2
Tamaño de detector	9.6×9.6 mm^2
Intervalo espectral	2-28 μm
Límites de temperatura	2-14 °K
Temperatura de operación	6-8 °K
Eficiencia cuántica	40% (nominal)
Corriente oscura	1.7×10^7 e$^-$/s/pix
Capacidad de pozo	2.1×10^7 e$^-$
Saturación	64,000 ADU (nominal)
Ruido de lectura	880 e$^-$
No linealidad	10%
Salidas	16 en paralelo

1.2 Cámara para Imagen Directa en el Infrarrojo Medio (5 – 25 μm): CID-BIB

1.2.1 Detector BIB

El detector BIB es un detector de imagen híbrido de Si:As sensible en el intervalo de 2-28 μm cuyas especificaciones se presentan en la Tabla 1.1. El CID opera entre 6 y 8 °K mediante un compresor de helio circulante, para suprimir corriente oscura y radiación térmica de fondo.

1.2.2 Electrónica de lectura BIB

La electrónica de lectura es de alta velocidad, capaz de leer y cosumar hasta 1000 cuadros por segundo. La electrónica de lectura del BIB fué desarrollada por Bob Leach (San Diego State University/ IR Labs). Ha sido optimizada y corregida en el OAN e IAUNAM-Ensenada. Las características generales

se muestran en la Tabla 1.2.

El detector BIB tiene asociados 6 DSP's, 4 de los cuales se encargan de realizar cosumas internas en tiempo real (hasta 1000 imágenes/seg), uno para relojería del detector y transmisión de datos a fibra óptica y uno para recibir datos de fibra óptica. La programación de los DSPs, así como los diagramas electrónicos correspondientes se encuentran documentados en el manual del instrumento entregado por IR Laboratories (User Manual for UNAM BIB Camera & InSB Camera Spectrometer 1999) y complementado con los diagramas electrónicos y código fuente de programas enviados por Leach.

Los cambios realizados a esta electrónica en el OAN son los siguientes:

- La velocidad máxima de lectura se redujo a 300 cuadros por segundo, evitando así que un capacitor de filtro demasiado grande a la entrada de los preamplificadores ocasionara una imágen rezagada con sus correspondientes fantasmas. Simultáneamente se cambió el capacitor filtro de entrada de los 16 canales.

- Los bancos de memoria para cosumas en los DSP's, que inicialmente eran de 32 bits se redujeron a 24 bits al detectarse conflictos de direccionamiento en esta parte de la memoria, que ocasionaban fallas y sobrecalentamiento de componentes manifestándose como franjas horizontales saturadas en las imágenes. Con esto el número máximo de cosumas internas en el DSP se redujo de 65536 a 256, lo cual es suficiente para cualquier frecuencia de oscilación realista del secundario.

- Cada tarjeta de procesamiento de señal (hay 4) cuenta con sus reguladores de voltaje propios. Todos los reguladores de -12v tenían problemas de diseño y oscilaban ($\pm$ 1Vpp) durante la lectura del detector. Se reemplazaron por otro tipo.

- El voltaje para la polarización del sustrato del detector se modificó de 3.0 V a 4.2 V con lo que la señal a ruido se mejoró un factor de 10 al inhibir la creación de electrones secundarios a un fotoevento.

- Se han corregido soldaduras frías en la entrada de los DSPs. Donde llegan las 16 señales del detector se encuentran sendas resitencias de "pull-down" que polarizan las etapas de salida del detector. Soldaduras frías en estas resistencias ocasionan que, o bién se pierda por completo la señal del detector (observándose el cuadrante corresponiente completamente saturado), o que se quede flotando la polarización (observándose un nivel intermedio de señal en las imágenes, pero sin respuesta aparente a la luz).

Table 1.2: Electrónica de lectura del BIB

Velocidad de lectura	300 cuadros/s
Mínimo tiempo integración	3 ms
Número de bits de los convertidores	16
Número de cuadrantes	16
Ganancia de la electrónica	330 e^-/ADU
Ruido de lectura	880 e^-
Corriente oscura	1.7×10^7 e^-/seg
Cosumas internas en tiempo real	hasta 256
Cosumas externas	1-XXX

La imagen generada en los DSP's es transferida a la PC dedicada "PC-CID", en donde se pueden efectuar cosumas adicionales (llamadas externas) para aumentar el tiempo de integración. La transferencia de imágenes a esta computadora toma 25 ms y las cosumas externas se realizan en aproximadamente 10 ms.

1.2.3 Configuración óptica

Las características de la configuración óptica del CID-BIB son: cámara 2:1 con parábolas fuera de eje. Tamaño de la imagen de 40 μm. Plano de la pupila ocupado por stop de Lyot próximo a rueda de filtros. La rueda de filtros es motorizada y cuenta con 10 posiciones con filtros de 5/8 ". El plano focal está inclinado lo que lo hace sensible a polarización. La magnificación de la cámara con secundario f/30 dará una f/13.5. La escala de placa sería 0.5 "/pixel (nominal), sin embargo la incidencia inclinada en el plano focal del detector, ocasiona que las escalas de placa en los ejes x y y sean distintas (0.55 en x y 0.46 en y). En un telescopio de 2 m el límite de difracción a 10 μm es de 1.12". El diámetro de la pupila es 4 mm. Plano focal localizado 11.5 cm debajo de la ventana.

1.3 Cámara y Espectrógrafo en el Cercano Infrarrojo (1 – 5 μm): CID-InSb

1.3.1 Detector InSb

El detector fue fabricado por Santa Barbara (Hughes) CRC-463 de 256×256 pixeles de 30μm. 4 salidas, capacidad de pozo de 2×10^5 electrones. Eficiencia cuántica de 80%. Temperatura de operación 30 K. Ruido de lectura de 10 a 50 electrones RMS. Los cuadrantes son líneas verticales alternadas.

1.3.2 Electrónica de lectura del InSb

La electrónica de lectura del InSb fue desarrollada por Bob Leach. Esta electrónica no tiene capacidad de realizar cosumas en tiempo real. El detector puede leerse en forma no destructiva, lo que permite reducir el ruido de lectura apreciablemente, a costa de que el tiempo minimo de integracíon es relativamente grande. Así, en modo de dos lecturas por integración, la primera lectura tarda en procesarse y transferirse a la PC 172 ms, que es el tiempo mínimo de integración. Ya que de comenzar la segunda lectura en forma inmediata a la primera, el primer pixel leído llevará ya acumulados 172 ms. Las características de la electrónica se muestran en la Tabla 1.3.

Table 1.3: Electrónica del InSb

Capacidad del pozo de integración	2×10^5 e^-
Número de bits de los convertidores	14
Ganancia	15 e^-/ADU
Ruido de lectura	130 e^-

1.3.3 Cámara directa: Configuración óptica

La óptica es refractaria con dos sistemas de cámaras y colimadores. El primer plano focal está ubicado 3.5 cm debajo de la ventana. La primera pupila está ocupada por un “stop de Lyot” y cerca de la rueda de filtros (motorizada). El

segundo plano focal está ocupado por rueda de rendijas y aperturas (motorizada). La segunda pupila está ocupada por una mesa giratoria motorizada que incluye 3 rejillas de difracción y un espejo para imagen directa. Finalmente, el tercer plano focal lo ocupa el detector. La magnificación del sistema es 2.6, lo que da un #f equivalente a f/9.9, con una escala de placa 0.3 "/pix (nominal) y un campo visual de 64"×64". Diámetro de la pupila de 4.2 mm. En modo de imagen directa se cuenta con 5 posiciones de filtros y un CVF (circular variable filter) en el intervalo 3-4 μm, con ancho espectral de 1%.

1.3.4 Espectrógrafo: Configuración óptica

El espectrógrafo y cámara fueron diseñados por Craig Thompson, U. de Arizona, bajo contrato con IrLabs. Las caracterísicats del diseño óptico del espectrógrafo son: Máxima resolución al límite de difracción de 1200. Diámetro del haz colimado de 4.1 mm. Configuración Littrow fuera de plano. Líneas de absorción o emisión no perpendiculares a la dirección de dispersión.

1.4 Secundario oscilante f/30

1.4.1 Optica

Debido a la pobre calidad de imagen del secundario existente y su imposibilidad de utilizarlo con el guiador, se decidió construir un nuevo secundario f/30 con calidad óptica para imagen directa. Este secundario fué diseñado, pulido y probado en el IAUNAM-CU. Las pruebas ópticas en telescopio se realizaron con una cámara óptica del 23 al 27 de mayo de 1999, obteniendo los siguientes resultados:

1) La separación entre espejo primario y secundario para lograr hacer foco a 310 mm bajo la platina fue de 4358 $\pm$ 1 mm.

2) La amplificación de movimiento del secundario en esta posición es de 142:1. La carrera del mecanismo de enfoque del secundario (23 mm) es suficiente para llevar el foco a cualquier posición entre 0 y 1000 mm bajo la platina. El secundario quedó a 5 mm del límite superior de esta carrera. El despliegue de foco en el cuarto de observación corresponde a 4 μm por cada décima, lo que da suficiente resolución para lograr un enfoque correcto. Se recomienda controlar el foco ya que con esta amplficación se tendría un desenfoque de 0.5" por cada grado centígrado de variación térmica.

3) La imagen óptica en foco presenta un pico central angosto (FWHM

de 0.6") con radiación dispersa de baja intensidad con tres componentes: una en forma de estrella (debido al rayado del secundario) y que desapareció posteriormente con el aluminizado (dorado) correcto, mas un anillo de baja intensidad debido a esfericidad, y radiación dispersa amorfa debida a aberraciones de orden superior y a polvo sobre el espejo primario durante la prueba. La imagen a 10 micras se ha observado limitada por difracción.

4) En un campo de 1' la imagen no se degrada apreciablemente. Incluso la imagen vista con el guiador en el extremo de su campo es suficientemente buena para guiar.

5) El astigmatismo del sistema completo (primario+secundario) puede ser atribuido principalmente al primario, ya que las correcciones más importantes a la suspensión activa del primario fueron muy parecidas a las correcciones que se utilizan para el f/13.5. Sin embargo, no se logró una compensación completa del sistema, probablemente influenciado residualmente por aberraciones de orden superior, con alrededor de 150 nm RMS.

6) La esfericidad del sistema es grande, ya que para obtener imagenes extrafocales de un mismo diámetro hay que desplazarse 1.5 veces más para extrafocales que intrafocales.

7) El secundario está subdimensionado para un primario aproximadamente 15 cm menor, de acuerdo a lo requerido para no ver el piso durante la oscilación del secundario. Con esto el sistema completo resulta ser f/30 en vez de f/27.

1.4.2 Mecánica y control

El secundario ha sido instalado en la misma montura que se utilizaba para el espejo anterior, ya que ambos presentan dimensiones muy similares, aunque se requirió realizar adaptaciones mecánicas importantes.

La electrónica de control es básicamente la misma (Roth et al. 1984), aunque fué reentonada para lograr estabilidad en frecuencias de oscilación más bajas y con distinto momento de inercia. Las frecuencias son establecidas por la PC-CID y el programa de control. Los otros parámetros del secundario oscilante, como son la amplitud del tiro, el offset y el amortiguamiento, se controlan analógicamente.

1.5 Sistema criogénico

El crióstato del CID es mantenido a temperaturas criogénicas mediante un sistema de cabezas expansoras y helio recirculante. El sistema consta de un compresor y dos cabezas expansoras. Una de ellas se encarga de enfriar todo el banco óptico interno hasta una temperatura de 25 K, mientras que la segunda únicamente lleva al detector BIB hasta 7.5 K. El detector InSb cuenta con un calentador para elevar su temperatura de operación a 30 K. El contenedor criogénico cuenta con 3 etapas de bloqueo de radiación térmica (subcontenedores) para evitar pérdidas. Opera en vacío y cuenta con una trampa molecular de zeolite.

1.6 Control de movimientos

El sistema cuenta con 5 motores de pasos encargados de realizar los movimientos de filtros BIB, filtros InSb, rejillas InSb, rendijas InSb y lámparas de comparación.

Chapter 2

INSTALACION DEL CID EN TELESCOPIO

Las labores de evacuación y enfriado deberán comenzar al menos 30 horas antes de comenzar una temporada de observación. Los procesos de horneado, evacuación y enfriado, pueden realizarse sin necesidad de que el CID esté instalado en el telescopio.

2.1 Horneado de detector InSb

Como parte de una rutina **anual** de mantenimiento es necesario hornear el detector InSb para limpiarlo de impurezas que afectan su desempeño. Esto hay que hacerlo días antes de comenzar a enfriar. El procedimiento se describe en la pag. 20 del Manual de IR Labs. Como aclaración al manual, el switch térmico se abre girándolo CCW 20 vueltas. Se cierra en sentido opuesto hasta que aprieta. Este switch al cerrarse conecta el dedo frío a la cabeza enfriadora.

2.2 Evacuación de la botella criogénica

Antes de comenzar a enfriar habrá que realizar vacío. Con la bomba, verificar que el vacío sea al menos de 5×10^{-5}. Continuar evacuando mientras se enfría. Suspenda la evacuación cuando la temperatura llegue a 150 K, que es

la temperatura a la que la trampa de carbón activado comienza a funcionar.

2.3 Enfriado de la botella criogénica

2.3.1 Compresor de helio y cabezas expansoras

El proceso de enfriado toma 18 horas. Conectar compresor a línea trifásica. Conectar mangueras con cuidado de identificar **supply** y **return**. La salida de **supply** del compresor va a una derivación en Y que conecta a las entradas de **supply** de las dos cabezas refrigerantes y lo mismo para el **return**. Conectar la línea de potencia de compresor a las cabezas enfriadoras. También hay una Y para la parte eléctrica.

Antes de encender el compresor, checar la presión de reposo de Helio en las líneas es alrededor de 200 PSI en el indicador de **return pressure**. Si la presión está muy baja, es necesario adicionar helio de ultra alta pureza (99.999 %). Conectar tanque de helio con regulador ajustado a 200 PSI. Purgar línea y puerto de recarga del compresor (gas charge) dejando escapar poquito helio. Conectar línea en puerto. Establecer presión en línea. Abrir la válvula de recarga lentamente mientras se ve el indicador de return pressure. Subir hasta 200 PSI y cerrar. Si la presión está demasiado alta, dejar escapar helio muy despacio, viendo el efecto en el indicador de return pressure.

Encender el compresor. Verificar la presión de operación La "supply pressure" se va como a 300 PSI y return pressure debe estar entre 60 y 130 PSI (100 PSI nominal). El "return pressure" debe estar fuera de las zonas marcadas en rojo en el indicador. La cabeza chica (modelo 22) enfría unicamente al detector BIB, por lo que es mucho más rápida. Esto no es conveniente ya que el detector actúa entonces como trampa fría. Por esto no es conveniente dejarla funcionando al principio. Una vez que se ha verificado que funciona, habrá que desconectarla y volverla a conectar 12 horas después, cuando la tempreatura interior sea ya de unos 100 K - 150 K.

Verificar el ruido (acústico) que hacen las cabezas expansoras.

- Cabeza chica modelo 22: 3 soplidos por segundo. En cada soplido se escuchan 3 golpes: cco (corchea-corchea-negra), o sea que en un segundo se oye cco cco cco. El soplido debe ser como de aire en un fuelle. A veces se escucha un golpe fuerte y seco recién al comenzar a trabajar, (un solo golpe por segundo). Éste debe desaparecer en unos 10 minutos.

- Cabeza grande, modelo 350: una respiración por segundo. Cada respiración consta de una inhalación larga y una exalación corta. En cuatro tiempos será ncs (negra-corchea-silencio).

Si el ruido es notablemente diferente desde un principio y la temperatura aumenta en vez de disminuir, es posible que las fases en la línea trifásica estén invertidas. La alimentación a las cabezas viene del compresor y consiste de dos fases y neutro generadas a partir de L1 L2 y L3, pero distintas a cualquiera de ellas. Hay dos fusibles dentro del compresor y puede fallar uno solo.

En caso que se escuche golpeteo en las cabezas, como cascabeleando, particularmente si el sistema lleva encendido más de unos 20 minutos, es posible que exista impureza en las cabezas. Proceder a realizar un purgado. Hay dos formas posibles de hacerlo:

Purgado parcial de helio. Apagar el compresor. Dejar escapar el helio hasta que la presión baje a 100 PSI. Conectar el tanque con helio ultra-alta pureza (99.999%) y llevar la presion a 200 PSI. Hacer operar el compresor y las cabezas durante 10 minutos y volver a apagar. Repetir la operación de purgado una vez más.

Purgado total: Apagar compresor. Dejar escapar todo el helio. Desconectar la línea de supply pressure del compresor y conectar la bomba de vacío. Hacer vacío por un buen tiempo. Recargar helio por el puerto de recarga. Esta operación se lleva como 500 PSI de un tanque normal.

2.3.2 Control de temperatura

Al comenzar a enfriar será necesario encender el controlador de temperatura (Lakeshore) para evitar que el detector InSb se enfríe demasiado. Su temperatura debe regularse en 30 K. Encender controlador de temperatura. Las perillas de la caja negra deben estar en las posiciones **A-2 y B-1**. Con esto se desplegarán las temperaturas del detector BIB (en A) y del detector InSb (en B). Para verificar que la temperatura de control del InSb sea 30°K, oprimir el botón que dice SP (set point). Debe aparecer 30 en el display de B. Para salir apretar el botón que dice Control (+/-). Además en este momento debe oprimirse el botón que dice **heater**, para que comience el control de temperatura. Un indicador LED rojo debe cambiar de OFF a LOW, con el mismo botón de heater llevarlo a MED. Las otras posiciones de las perillas A y B **solo pueden usarse momentáneamente** y son como se muestra en la Tabla 2.1.

Table 2.1: Caja negra.

Perilla	Posición	LEYENDA	Cable conectado
A	1	Out shield	CWS
A	2	BIB Sensor	BIB
B	1	InSb detector	InSb
B	2	Inner shield	InSb FWB

Nota: Las perillas deben permanecer en las posiciones A-2 y B-1

2.4 Sujeción a platina y conexiones

2.4.1 Sujeción

Para llevar al CID al telescopio se debe interrumpir el proceso de enfriado apagando y desconectando las mangueras del compresor, condición que puede mantenerse sin riesgo de que se caliente demasiado hasta por espacio de una hora. Entonces se deberá instalar el CID en la platina, orientado N-S (cabezas expansoras al W). Las mangueras de helio deberán sujetarse a la platina para evitar jalones sobre las cabezas expansoras.

2.4.2 Conexiones

El CID tiene la mayor parte de su electrónica permanentemente conectada y apoyada en la misma montura del instrumento. La Fig. 2.1 muestra los distintos componentes electrónicos.

Realice las siguientes conexiones:

- Conecte la caja de las fibras ópticas a la computadora dedicada al PC-CID ("**elcid**"), usando el cable correspondiente.
- Conecte el cable serie que va de la computadora al panel del cuarto de observacion. Use el tercer puerto de entrada (de abajo hacia arriba) en el panel y el COM2 en la computadora (el conector DB-9 macho inferior, del par ubicado cerca de las conexiones del mouse y el teclado).
- Conecte el cable serie que va de la caja de control de los motores al panel de conexiones del telescopio. Use también aquí el tercer puerto del panel. En la caja de control use el único conector DB-9 existente.

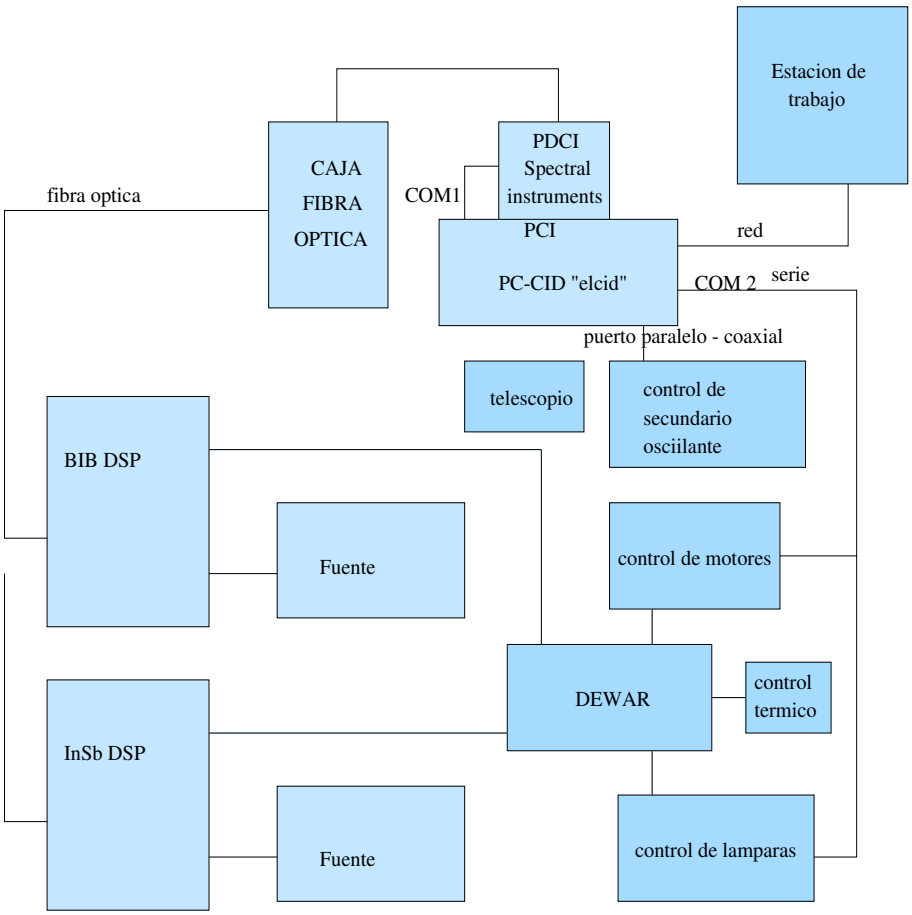

Figure 2.1: Componentes electrónicos.

- Conecte el cable correspondiente entre la caja de control del secundario oscilante (conector coaxial) y el puerto paralelo de la computadora (conector DB-25 hembra, ubicado cerca de los 2 puertos serie).
- Conecte las fibras ópticas en ambos extremos.
- Conecte el cable coaxial de la red a la computadora.
- Encienda la fuente de alimentación del detector.
- Encienda la caja de control de los motores.
- Encienda la caja de las fibras ópticas en el cuarto de observación. Debe encenderse el "led" de color rojo de esta caja, ubicado a la izquierda del panel frontal de la caja, y el "led" de color verde de la derecha. Si el "led" verde no enciende, significa que las fibras ópticas están invertidas. En este caso, cambie la posición de las fibras ópticas.
- La computadora **sonaja** debe estar encendida y operando. Encienda la computadora PC-CID y espere dos minutos a que se inicie automáticamente el sistema operativo (Linux). Esta computadora no requiere ni de teclado ni de monitor.
- Oprima ahora el botón de reset ubicado en el panel frontal de la caja de fibras ópticas.

2.5 Selección de cámara y alineación

La montura del CID tiene varios grados de libertad, tanto para permitir el cambio de cámara, desplazándose norte sur, como para el centrado fino tanto en esta dirección como la perpendicular, y los ángulos de inclinación N-S y E-W. El objetivo de estos ajustes es minimizar la radiación de fondo mediante enmascaramiento del agujero del primario y los alrededores del mismo, con el stop de Lyot, a la vez que maximizando la señal. Esto se logra principalmente con los ajustes de inclinación.

La posición de la cámara se ajusta mediante dos indicadores de carátula situados uno en la parte norte y otro en la sur. Cuando se utiliza el CID-InSb se verifica su posición mediante la carátula del norte, mientras que la del sur indicará la posición del CID-BIB. Las posiciones de cada uno se presentan en la Tabla 2.2. Alternativamente, la posición de la cámara se mide en centímetros entre dos piezas ubicadas del lado este de la montura, como se muestra en la Fig. 2.2. En la Tabla 2.2 se incluyen las posiciones nominales para estas dos cámaras.

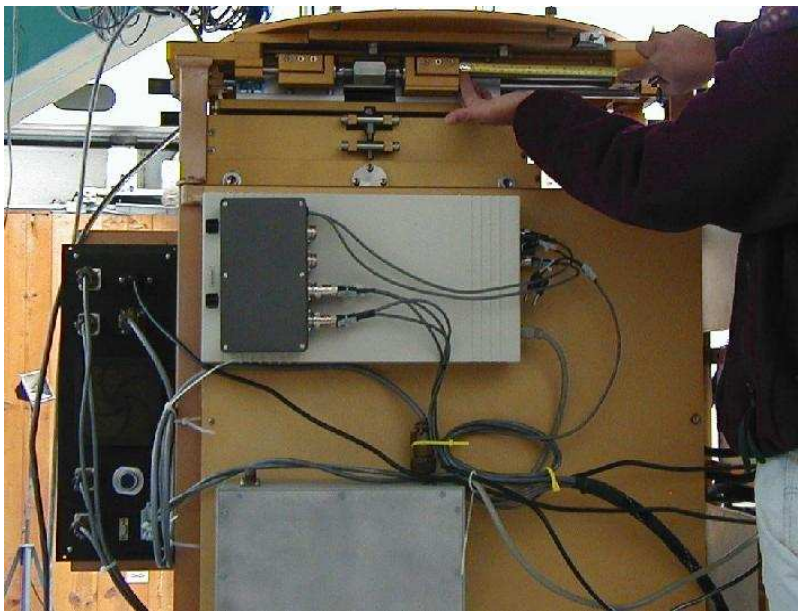

Figure 2.2: Seleccionando cámara.

Table 2.2: Posición de cámaras

CAMARA	Carátula N	Carátula S	Posición N-S
InSb	200	—	3.2 cm
BIB	—	300	22.3 cm

Table 2.3: Inclinación de las cámaras

	BIB	InSb
Carátula N	325 mpulg	250 mpulg
Carátula W	653 mpulg	600 mpulg
NE	2.741 pulg	2.740 pulg
SE	2.838 pulg	2.740 pulg
NW	2.646 pulg	2.740 pulg
SW	2.724 pulg	2.740 pulg

La posición E-W se mide como se indica en la Fig. 2.3 en dos puntos (E y W). Los valores para el centrado E-W de la óptica de salida respecto a la platina son E = 1.886 y W = 2.339 pulgadas. Estos valores son iguales para ambas cámaras CID-InSb y CID-BIB.

Las inclinaciones E-W y N-S se calibran mediante indicadores de carátula ubicados en el lado W (para la inclinación E-W) y el lado N (para la inclinación N-S). La posición de estos indicadores se presenta en la Tabla 2.3. Alternativamente, los ángulos de inclinación E-W y N-S se miden como distancias en cuatro puntos de la montura, indicados en la Fig. 2.4, y que se ubican e identifican como NE, SE, NW y SW. El valor alineado (sept/2000) de las cuatro distancias se muestran en la Tabla 2.3. El valor nominal para cero inclinación es 2.740 en las 4 esquinas.

El procedimiento para el centrado en los distintos ejes es como sigue:

- Posición N-S. Ubicar los 3 bloques grandes con tres prisioneros allen cada uno (seguros N-S), que se encuentran sobre los rieles N-S, dos de ellos en la cara E y uno en la cara W (ver detalle Fig. 2.3). Aflojar todos (9) los prisioneros allen. Desplazar el dewar N-S teniendo cuidado de los cables y mangueras. Para un ajuste fino se puede apretar uno de los bloques del Este y girar la contratuerca que se encuentra en medio. Al finalizar, apretar todos los prisioneros.

- Posición E-W. Ésta se logra girando la montura respecto de su propia platina, que tiene el eje de giro en la parte Sur de la montura. Con una llave aflojar las cuatro tuercas (seguros E-W) que se muestran en la Fig. 2.3, que actúan como frenos. Ubicar dos tornillos largos (ajuste pos E-W), uno en el E y otro en el W y aflojar uno para apretar el contrario, desplazando así la montura.

- Inclinación N-S. Aflojar los 4 seguros que se ubican dos en la cara E y

Figure 2.3: Detalle lado Este.

Figure 2.4: Midiendo inclinación en el punto NE.

dos en la cara W (Fig. 2.3) y girar la tuerca del actuador Inc N-S que se ubica en la cara S. Vover a apretar los seguros.

- Inclinación E-W. Aflojar los 4 seguros que se ubican dos en la cara N y dos en la cara S y girar la tuerca del actuador Inc E-W que se ubica en la cara Este (Fig. 2.3). Volver a apretar los seguros.

2.6 Apagado del sistema

El orden de apagado no es importante. El único dispositivo que se debe apagar con cuidado es la PC-CID. En la terminal que se abrió en la seccion *Inicialización del programa interfaz de usuario*, teclear lo siguiente:

- su
- 74infoan
- shutdown -h now

Chapter 3

CID-BIB

3.1 Linealidad, saturación y ganancia

En la Fig. 3.1 se muestra señal mediana contra tiempo de integración para un cuadrante típico del detector. La señal es la radiación de fondo vista desde el telescopio con un filtro angosto, expresada en conteos para una sola lectura del detector (cuadro). El tiempo de integración es variable entre 3 y 120 ms. Se observa no linealidad mayor al 10% después de los 50,000 conteos. Como en la mayoría de las observaciones la radiación de fondo es mucho mayor que la señal del objeto que se está estudiando, no es de esperarse que se requieran correcciones por no linealidad. La saturación del detector ocurre a 64,000 conteos (ADU), y dado que la capacidad del pozo de integración es de 2.1×10^7 e^-, se tiene una ganancia de 330 e^-/ADU.

La corriente oscura y el offset electrónico se midieron integrando con un filtro opaco con un pequeño agujero (PH en la rueda), viendo la imagen de la parte central de stop de Lyot. Con esto se determinó una corriente oscura de 51 conteos / ms ($1.7\times10^7 e^-/s$) y un offset electrónico de 1400 conteos extrapolado a señal cero (ver Tabla 1.1).

3.2 Ruido intrínseco

El ruido se calcula tomando parejas de cuadros con tiempos de integración entre 3 y 30 ms a través de un filtro angosto con el telescopio apuntando al cielo. Entre una imagen y otra de cada pareja hay 50 ms de retardo debido a

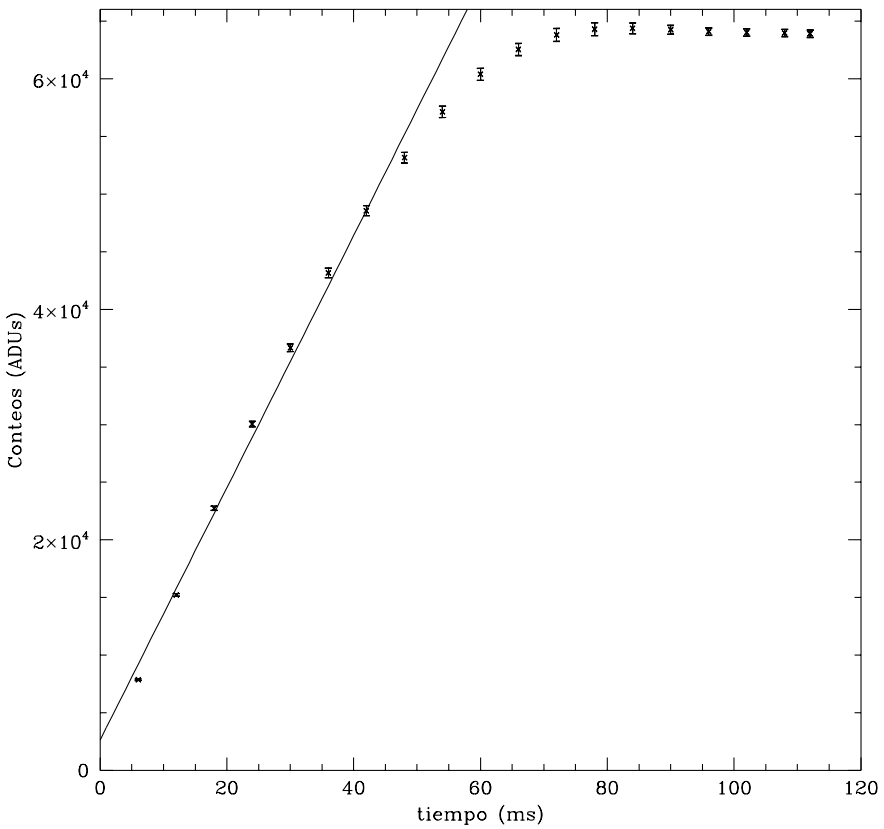

Figure 3.1: Curva de saturación del BIB.

la transmisión y no se espera que cambie sustancialmente el fondo. La diferencia entre cada pareja se reordena por cuadrantes, separando la imagen de cada cadena electrónica, y se analiza cada una de estas subimágenes tomando su RMS, lo cual define el ruido del detector. La señal es simplemente el valor medio (o mediano) de cualquiera de estas imágenes.

La mayor fuente de ruido en el detector originalmente se debía a la generación de electrones secundarios (Sohn et al. 2001), como consecuencia de un voltaje de polarización (recomendado por el fabricante) que resultó inadecuado. En la Fig. 3.2 se muestra el comportamiento de la razón señal a ruido (S/R) contra el tiempo de integración para distintos valores del voltaje DET SUB (en décimas de volt). Claramente se ve que el valor recomendado de 3.0 volts produce un resultado muy inferior al que finalmente se adoptó de 4.2 volts.

Con un voltaje DETSUB mayor que 4 volts, en general se tiene un comportamiento poissoniano para el ruido, como lo muestra la Fig. 3.3. Los puntos negros corresponden a voltajes mayores de 4 volts y los vacíos a voltajes menores. La linea sólida corresponde al ruido esperado por ruido de fotones, ruido de disparo y ruido de lectura para los siguientes parámetros: Ruido de lectura: 850 e^-, eficiencia cuántica: 0.5, y ganancia: 330 e^-/ADU. Los resultados y análisis del detector BIB se presentan en Sohn et al. 2001.

3.3 Ruido a baja frecuencia

Los detectores tipo BIB muestran un exceso de ruido cuando se operan a bajas frecuencias, sobre el ruido que se observa a altas frecuencias. Este ruido se conoce como "current dependent excess low frequency noise (ELFN)". En la Fig. 3.4 se muestra este ruido. Las imágenes para calcular el ruido son parejas de imágenes obtenidas cosumando cuantos cuadros son necesarios para llegar a la frecuencia deseada, pero sin hacer oscilar realmente el secundario. El ruido se evalúa por cuadrantes como la desviación cuadrática media de cada pareja de imágenes y se expresa por unidad de cuadro (conteos/frame). La línea sólida es del tipo (Hoffmann et al. 1998)

$$ELFN = \frac{Lfn - Hfn}{1 - (f/f_0)^2} + Hfn$$

en donde Lfn es el límite del ruido en bajas frecuencias y Hfn en altas frecuencias, f es la frecuencia de oscilación y f_0 es la frecuencia característica a la que comienza el ELFN. De la Fig. 3.4 se puede ver que $f_0 = 1.2$ Hz y Lfn = 2.5 Hfn. De esto se tiene que para frecuencias de oscilación menores a

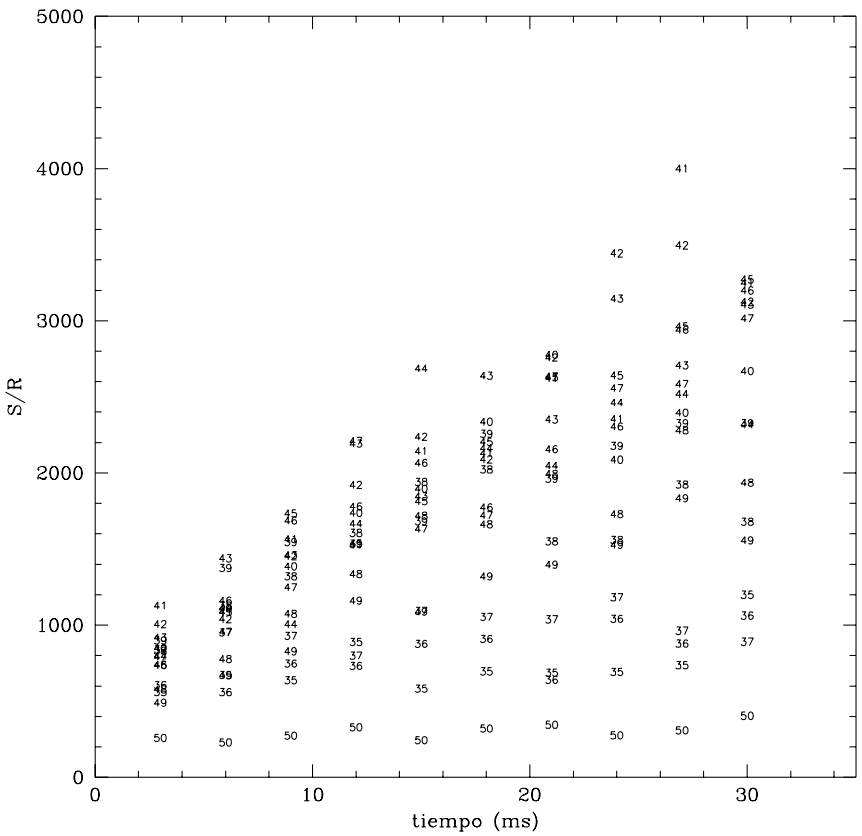

Figure 3.2: Señal a ruido contra tiempo de integración para distintos voltajes DET SUB (en décimas de volt).

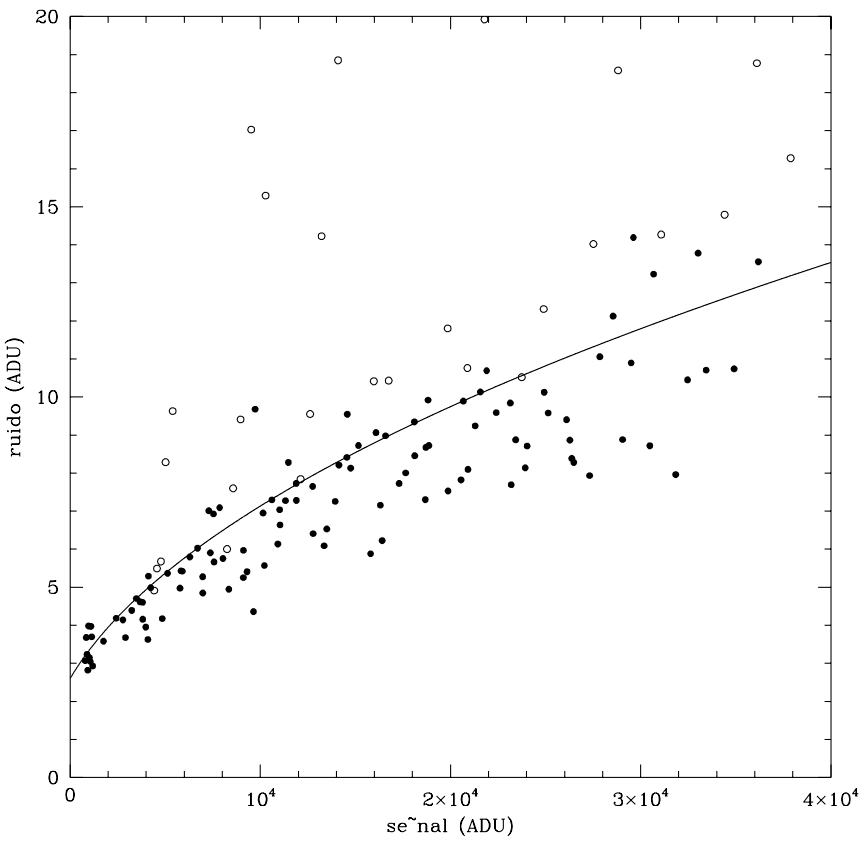

Figure 3.3: Ruido contra señal. Ver Sección 3.2

1.2 Hz hay un incremento en el ruido de un factor hasta 2.5 veces. Por otro lado, arriba de 3 Hz la ganancia por disminución en el ruido es despreciable.

3.4 Filtros y fotometría

El CID-BIB tiene una rueda de filtros de 10 posiciones que incluyen actualmente los 6 filtros de la serie de silicatos (NPQR y S), un filtro N y dos filtros en 17-18 micras, además de una posición ocupada por un "pin hole" (para propósitos de alineación). La Tabla 3.1 muestra las características de estos filtros. Las curvas de transmisión se incluyen en el Apéndice I. Se ha realizado fotometría de los datos obtenidos en las temporadas del 2000, 2001 y 2002. Los puntos cero de esta fotometría se muestran en la misma tabla. El punto cero se define aquí como $m_* + 2.5\ log(c/s)$ donde m_* es la magnitud de la estrella estandar y c/s es el número de cuentas por segundo (ojo; no por cuadro), integrado en una apertura circular de 4" de diámetro. Los coeficientes de extincion medios (k) son para temporadas en 2001 y 2002 y se calculan de acuerdo a $m_* = -2.5log(c/s) - k(ma - 1) + Zero$. La magnitud límite que se puede alcanzar a S/R de 1 en un minuto de integración para una apertura de 4" es 6.7 en el filtro N. El límite en objetos extendidos corresponde a un brillo superficial de 47 mJy/"^{2}.

Los niveles de fondo (background) en cuentas por cuadro de 3 milisegundos, se obtuvieron de las mismas observaciones. Estos niveles incluyen el offset electrónico de $\approx$ 1800 cuentas. Se observó una ligera dependencia del fondo con τ, la profundidad óptica a 215 GHz, obtenida con el radiómetro del OAN (Programa gettau, D. Hiriart), a razón de 10% por cada $\Delta\tau \approx 0.1$. Las variaciones observadas en los puntos cero son inferiores al 20%, aunque dentro de una misma noche parecen mantenerse estables dentro de un 10%.

3.5 Imágenes

Las listas de estrellas estandar en el mid-IR están realmente en construcción para detectores bidimensionales. Una lista antigua del IRTF (Tokunaga 1984, AJ, 89, 172) de 23 estrellas brillantes puede ser utilizada y está en el cuarto de observación (carpeta CID). De estas estrellas α Tau es la más estudiada como prototipo de estandard (como Vega en el óptico), ver Cohen XXXX para calibración radiométrica y Hammerseley XXXX para modelo de luminosidad. La óptica de esta cámara genera escalas de placa distintas en ambas direcciones. Estas son: en x (E-W) 0.55 "/pixel y en y 0.46 (N-S) "/pixel, que resultan en un campo de $70'' \times 58''$. Las imágenes de primera

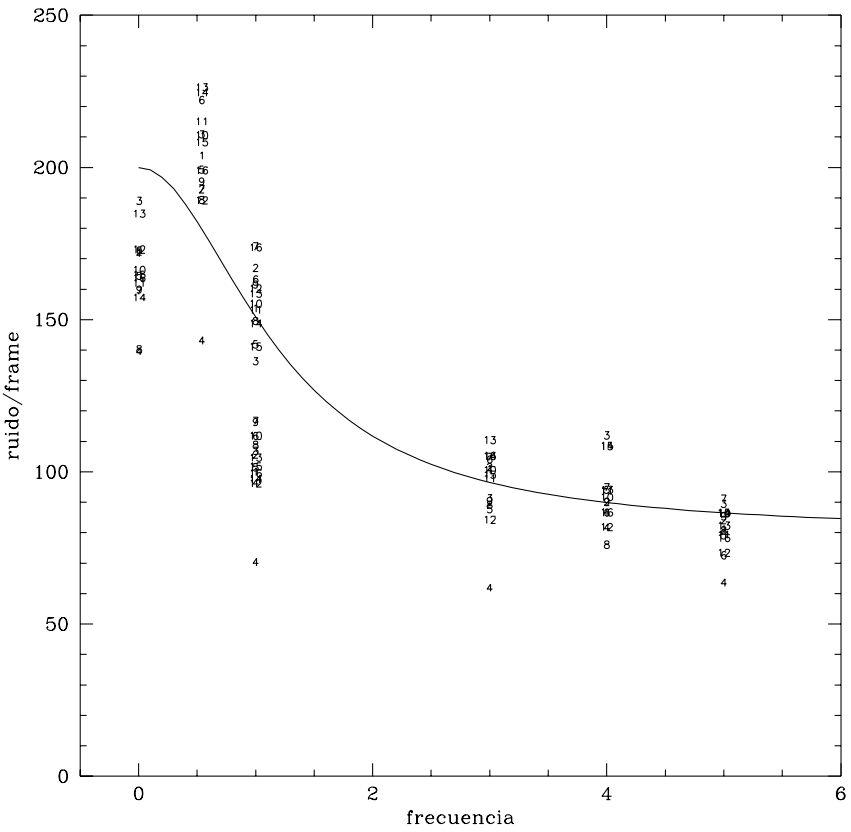

Figure 3.4: Ruido a baja frecuencia (ELFN). Los números indican cada cuadrante del detector.

Table 3.1: Filtros BIB.

Filtro	Pos	λ^1	$\Delta\lambda^1$	Trans.[1] (%)	F_0^2 (Jy)	Punto[3] cero	k extinción	Fondo[4]
Si N	95	7.734	0.696	94.6	65.3	10.72	0.49	–
Si O	595	8.738	0.777	94.6	53.0	11.86	0.10	–
Si P	1095	9.689	0.930	92.0	42.3	11.49	0.26	–
Si Q	1595	10.294	1.010	79.7	38.5	11.62	0.04	–
Si R	2095	11.661	1.110	79.6	30.5	11.44	0.08	–
Si S	2595	12.499	1.190	87.8	26.4	11.13	0.09	–
N	3095	10.875	5.622	93.4	39.8	—	–	–
PH	3595	–	–	–	–	–	–	–
Q2	4095	18.75	0.85	–	11.03	7.87	0.65	–
QH2	4595	17.9	0.43	–	12.03	6.79	0.65	–

[1] λ (μm), $\Delta\lambda$ (μm) y transmisión (%) del fabricante.
[2] Flujo (Jy).
[3] Punto cero al 20%, ver texto.
[4] Fondo

luz http://www.astrosen.unam.mx/ mt/bib.html se obtuvieron en la temporada de septiembre (1999). Con las observaciones de noviembre de 1999 se probaron distintos métodos para efectuar el aplanamiento y corrección de las imágenes. La siguiente imagen en filtro N muestra la región central de OMC-1 en donde se aprecian BN (el objeto más brillante), IRc2 al SE y varias fuentes infrarrojas adicionales. Esta figura es comparable en calidad y tiempo de integración a la obtenida por Gezari et al. 1998 en el telescopio IRTF, aunque con filtros diferentes, todos dentro de la banda N.

La imagen presentada se obtuvo con el secundario oscilando a 3 Hz, 47 cuadros de 3 ms en cada posición y un minuto de integración. El campo negativo se encontraba a 20" al norte, por lo que el traslape evita ver la estructura al norte y sur. Los pasos en la reducción de la imagen son: corrección de pixeles malos, aplanamiento de campo y correción por distorsión geométrica. La corrección de pixeles malos se efectuó con el task fixpix de IRAF, por interpolación de pixeles vecinos. El aplanamiento de campo se llevó a cabo restando al campo Objeto - Cielo, uno similar de Cielo+ - Cielo-

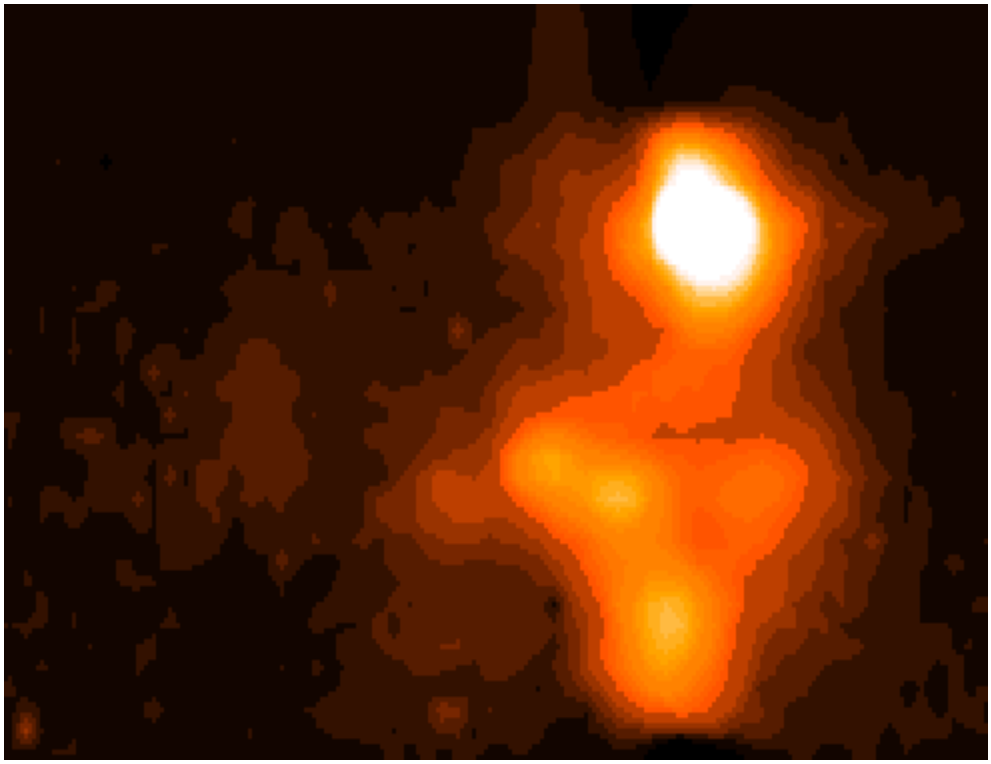

Figure 3.5: Cúmulo infrarrojo en OMC-1

y dividiendo entre un campo positivo de alta iluminación (domo) menos un campo positivo de baja iluminación (Cielo +). Esta secuencia elimina los términos diferentes de la función de iluminación del telescopio así como su emisión térmica en haces positivos y negativos. La distorsión geométrica se corrigió con el task de IRAF magnify (x=1 y=0.84). La fotometría relativa coincide con la publicada (Gezari et al. 1998) dentro del 5%.

Chapter 4

CID-InSb

4.1 Linealidad, saturación y ganancia

El detector InSb se puede leer en forma no destructiva, por lo que se lee dos veces en cada integración, lo cual permite eliminar el ruido generado por el reset. De esta manera hay una primera lectura que tiene la señal acumulada durante el mínimo tiempo posible (0.172 seg) y una segunda a la que se resta la primera para tener la señal neta en el tiempo de integración elegido. En la Fig. 4.1 se muestra la señal mediana contra tiempo de integración para los 4 cuadrantes del detector. La señal es el fondo visto desde el telescopio con el CVF (filtro angosto) en 3.2 μm. Aunque la electrónica satura en 14 bits (16384 conteos), la saturación en la señal se presenta mucho antes ya que la primera lectura ya lleva incluidos el ofset electrónico y la señal que se logró acumular en los primeros 0.172 segundos (en el caso que se muestra en la figura, esto equivale a $\sim$3500 conteos). Así tenemos una respuesta lineal dentro de 1% aproximadamente hasta 9500 conteos (o sea, 13000 incluyendo la primera lectura). y posteriormente será necesario relizar correcciones por linealidad.

La saturación del detector ocurre a 15,900 conteos (incluyendo los de la primera lectura), y dado que la capacidad del pozo de integración es de 2×10^5 e^-, se tiene una ganancia de 13 e^-/ADU (ver Tabla 1.3).

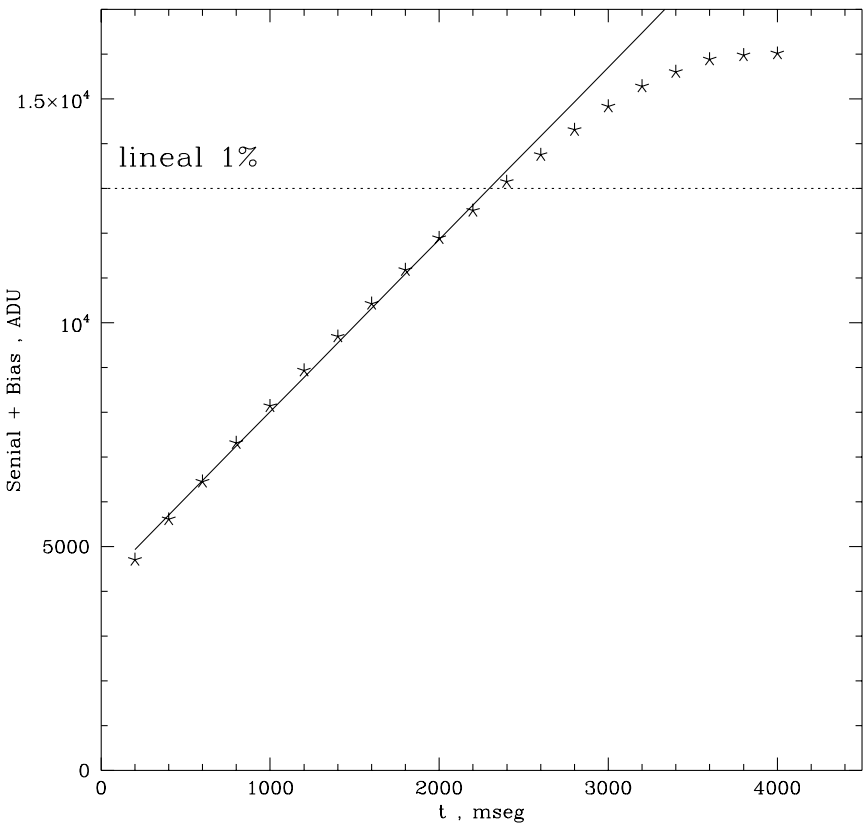

Figure 4.1: Curva de saturación del InSb.

4.2 Ruido intrínseco

El ruido se calculó (en junio 2003) tomando parejas de cuadros con tiempos de integración entre 0.172 y 4 seg a través de un filtro angosto con el telescopio viendo al cielo. Entre una imagen y otra de cada pareja hay 172 ms de retardo debido a la transmisión y no se espera que cambie el fondo. La diferencia entre cada pareja se reordena por cuadrantes, separando la imagen de cada cadena electrónica, y se analiza cada una de estas subimágenes tomando su RMS, lo que define el ruido. La señal es simplemente el valor medio (o mediano) de cualquiera de éstas imágenes. En la Fig. 4.2 se muestra la gráfica de ruido contra señal. La linea sólida muestra el ruido de fotones esperado para un ruido de lectura de 5 conteos (65 e^-).

4.3 Filtros y fotometría

Se tienen instalados filtros J, H, K, LN (L angosto), LW(L ancho) y un CVF (filtro continuamente variable) en la región de 2 a 4 micras. Las características de estos filtros se muestran en la Tabla 4.1. Los filtros J y H son de Barr, y al igual que los de OCLI presentan fugas al rojo ($\lambda > 4\mu$m) por lo que no se recomienda utilizarlos para imagen directa y sólo son medianamente útiles en modo espectroscópico. El filtro K de OCLI no tiene fugas, por lo que puede utilizarse tanto en imagen como en espectroscopía. Los filtros LN y LW son OCLI. El filtro LN puede utilizarse en imagen directa en noches de background bajo. El filtro LW es únicamente para modo espectroscópico.

El CVF tiene fuga al rojo en la región de 2 micras, por lo que se utiliza con un filtro K (Bloqueador que transmite 80% de 1.9 a 2.55 μm) en serie. El filtro K se ubica en la rueda de aperturas (posición 5000) que se encuentra en un plano focal. La posición del CVF se relaciona con λ (en μm) por $pos \approx 1604\lambda - 1622$ aproximadamente.

Las magnitudes límite (aproximadas) en un minuto de integración a 3σ en apertura de 4 seg arco son: K=15.8, CVF-K = 12.5 y CVF-L = 8.5. Los puntos cero de la fotometría, para magnitudes instrumentales en cuentas / seg, son: K=19.6, CFV-K=15.9, CVF-L=14.7.

4.4 Rejillas y rendijas

El espectrógrafo cuenta con tres rejillas y dos rendijas largas que se listan (1 a 3) en la Tabla 4.2, una de 100 μm y otra de 200 μm de ancho. En la tabla

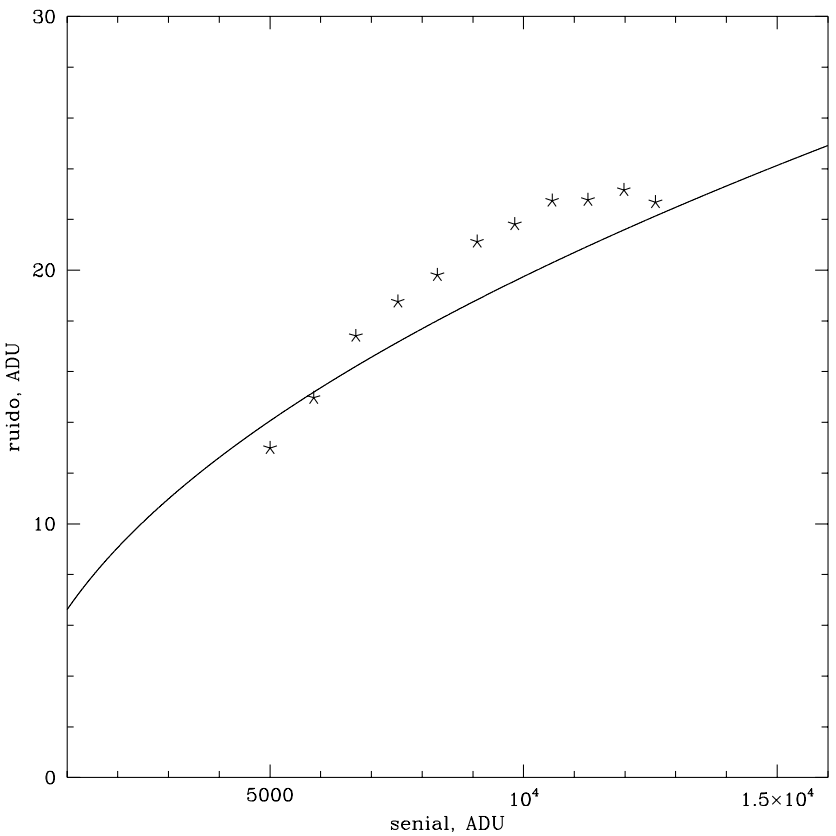

Figure 4.2: Ruido contra señal en el InSb.

Table 4.1: FILTROS InSb

Filtro	Pos	λ^1	$\Delta\lambda^1$	Trans(%)[1]	FONDO[2]
J	5125	1.272	0.28	67	
H	6236	1.650	0.29	58	satura
K	5681	2.185	0.41	84	200
LN	681	3.7	0.12	85	18000 ($\sim$satura)
LW	1236	3.51	1.6	85	satura
PinHole	125	—	—	—	satura
CVF[3]	1631-4846	1.9 - 2.5	—	—	6
CVF[3]	1631-4846	3.0 - 3.8	0.05	0.35	3000

[1] λ (μm), $\Delta\lambda$ (μm) y transmisión (%) del fabricante.
[2] Fondo en cuentas/s.
[3] Relación posición-λ (en μm): $pos = 1604\lambda - 1622$. Ver §4.4.

se listan las resoluciones a primer orden. La Fig. 4.3 muestra la longitud de onda central correspondiente a cada posición del motor de rejillas para los órdenes 1 a 3. El ángulo de blaze se indica con una línea vertical centrada en una franja de $\pm$ 5 grados. Un grado de giro corresponde a 111 pulsos en el motor.

4.5 Espectros

En las siguientes 3 figuras se muestran espectros de las estrellas brillantes (en 2 - 4 μm) S-106 y Vega con corto tiempo de integración. Los espectros se obtuvieron a partir de 3 exposiciones en 3 posiciones de la estrella a lo largo de la rendija ancha, con el fin de construir y sustraer un espectro de las líneas de emisión del cielo. No se observaron estándares para la corrección de líneas de absorción. Los espectros fueron reducidos con el task **apall** de IRAF. En cada figura se muestran 3 espectros, el inferior corresponde a un modelo de absorción atmosférica para Mauna Kea (calculado por Gene Milone y disponible en el http://www.gemini.edu/science/mkmodels/mk_absor.txt). El segundo espectro corresponde al objeto (dividido entre un cuerpo negro) y el superior es el cociente de objeto entre el modelo de absorción.

La Fig. 4.4 muestra a S-106 en la banda K en baja resolución, mostrando

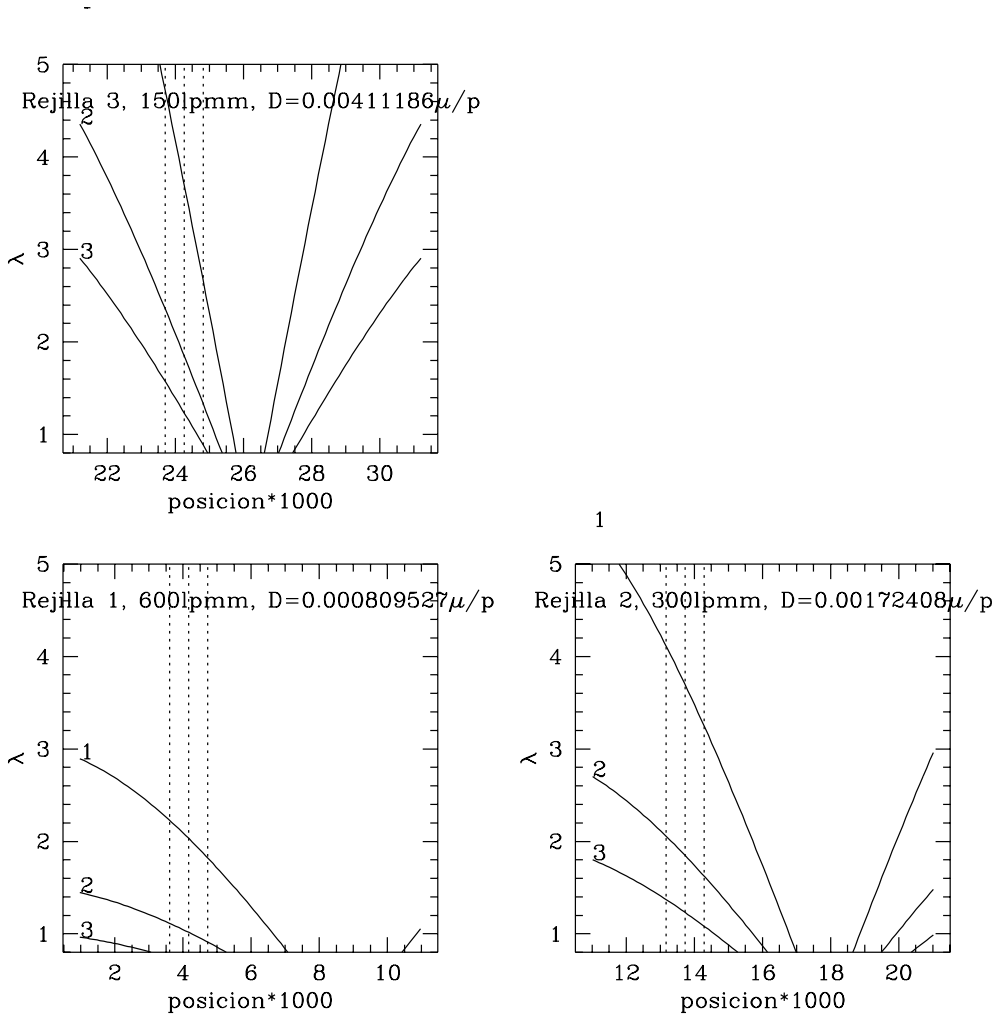

Figure 4.3: Rejillas del espectrógrafo InSb.

Table 4.2: Rejillas del espectrógrafo InSb

Rejilla #	Pos orden 0	1/d (lin/mm)	λBlaze μm	Pos blaze	Relación de dispersión (μm/pixel)	R A=100μm	R A=200μm
espejo	36150	—	—	—	—	—	—
1	8600	600	1.96	8015 ?	0.00081	1400	700
2	17600	300	3.53	17582 ?	0.00172	1200	600
3	26050	150	3.23	28113 ?	0.00411	500	250

todo el intervalo cubierto en esta banda. La Fig. 4.5 muestra un detalle de la línea $Br\gamma$ en 2.1661 μm en alta resolución. La Fig. 4.6 corresponde al espectro de Vega en 3.6 μm, mostrando el intervalo cubierto por un filtro L angosto que fue reemplazado por uno mas ancho.

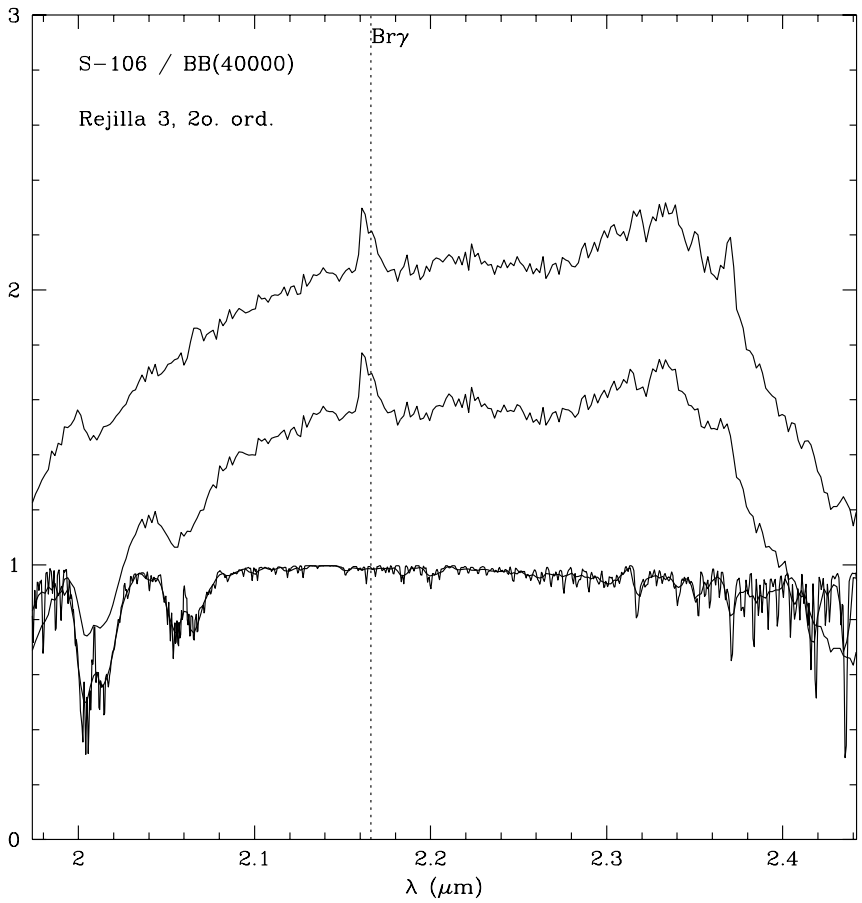

Figure 4.4: Espectro de baja dispersión de S106 en K. La curva inferior es el modelo de absorción atmosférica par Mauna Kea y éste mismo degradado para la resolución. La intermedia el espectro obtenido y la superior el espectro entre el modelo de absorción.

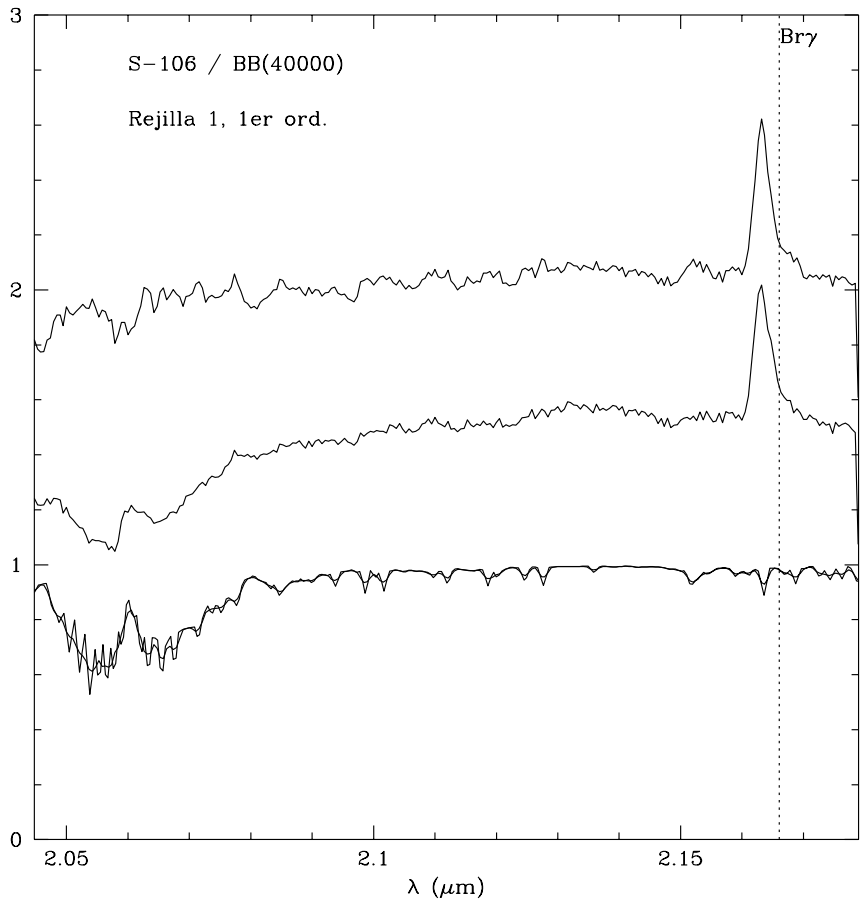

Figure 4.5: Espectro de S106 con dispersión media en K. La curva inferior es el modelo de absorción atmosférica par Mauna Kea y éste mismo degradado para la resolución. La intermedia el espectro obtenido y la superior el espectro entre el modelo de absorción.

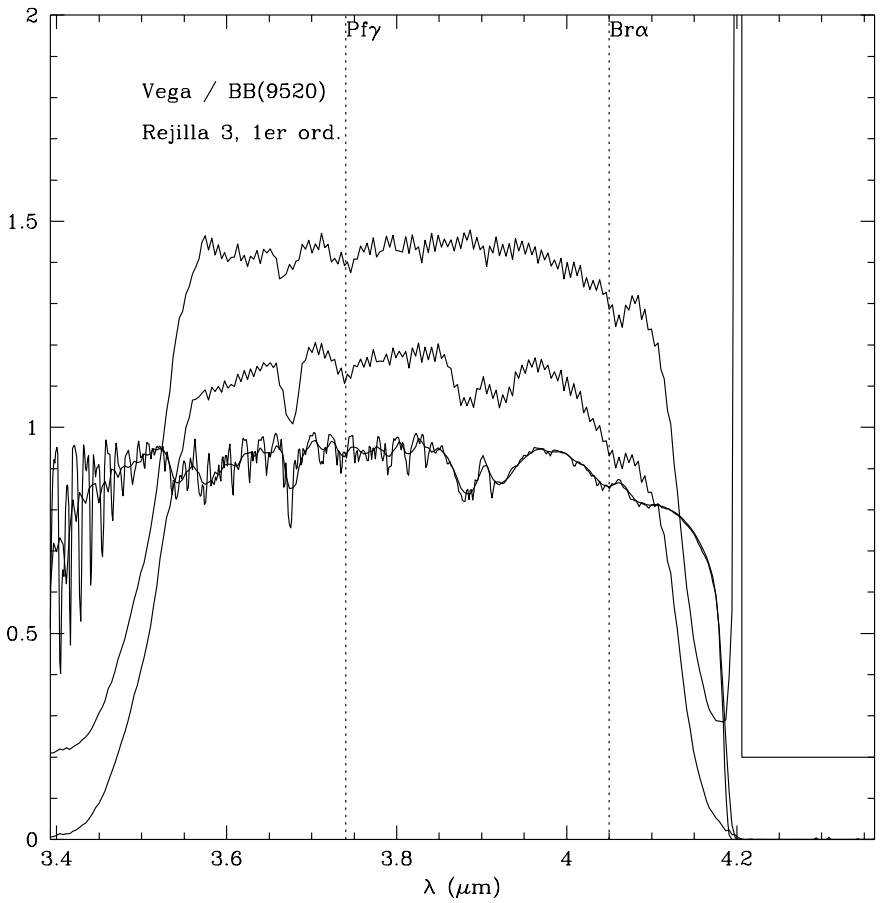

Figure 4.6: Espectro de baja dispersión de Vega en L. La curva inferior es el modelo de absorción atmosférica par Mauna Kea y éste mismo degradado para la resolución. La intermedia el espectro obtenido y la superior el espectro entre el modelo de absorción.

Chapter 5

DESCRIPCIÓN DE PROGRAMAS DE OBSERVACIÓN

5.1 Filosofía de programación

Los programas de observación están repartidos en varias computadoras. En un primer nivel se encuentran los DSPs asociados a cada detector, que se encargan de generar las relojerías necesarias para adquirir las imágenes individuales. En el caso del BIB, además se encargan de cosumar imágenes en tiempo real. En el segundo nivel una PC llamada **elcid** se encarga de recibir las imágenes del detector, sincronizando las exposiciones con el movimiento del secundario y el telescopio y cosumar imágenes. En el tercer nivel la estación de trabajo (**sonaja**) contiene la interfaz de usuario y recibe las imágenes finalmente pre-procesadas. El primer nivel fué programado por Bob Leach y el segundo y tercer nivel por Leonel Gutiérrez y se describe en Gutiérrez et al. 2001.

5.2 Inicialización del programa de intefaz de usuario

En el cuarto de observación:

- Haga un "login" en la computadora "**sonaja**" como "observa".
- Encienda la computadora "**elcid**" (sin monitor ni teclado) y espera aproximadamente 2 minutos a que cargue el sistema operativo e inicie el programa. Después de esto encender la caja de motores de paso (caja negra en la parte Sur de la mountura del CID en telescopio).
- Inicie el programa del CID localizado en el desktop en instrumentos. Se abrirá una ventanita con dos botones: uno que dice "BIB" y otro que dice "InSb". Seleccione el botón deseado. Alternativamente abra una terminal en **sonaja** y teclee en ella "cid".
- Si todo está correcto, aparecerá un conjunto de 4 ventanas gráficas, cuyo uso de describe en una sección posterior.

5.3 En caso de problemas al iniciar el programa

Si al intentar iniciar la sesión no aparecen las ventanas gráficas y en su lugar aparece la leyenda "No llegó la info", oprima de nuevo el botón de reset de la caja de fibras opticas y reintente el mando "cid". Si no tuvo éxito, verifique que todas las conexiones estén bién hechas y revise que haya comunicación tanto con la caja de control de los motores como con el controlador del detector, para esto abra una "terminal" y teclee "telnet **elcid**" y haga un "login" como "cid". El password correspondiente es "bib128.16". Ahora teclee el mando **serie 2 "1PR" 2**. Si la comunicación es correcta verá algo así como:

1PR

***+0000000012**

Si la respuesta es 'NADA', reintente. Si ocurre lo mismo, la comunicación con la caja de control de los motores no se está dando correctamente. Para verificar la comunicación con el controlador del detector, teclee en esta misma ventana el mando **serie 4 "PON " 2**. (Note los dos espacios después de "PON"). La respuesta debe ser "DON". Si la respuesta fue "NADA", oprima de nuevo el botón de reset de la caja de fibras ópticas y reintente. Cuando todo acaba de encenderse, es probable que tenga que reintentar hasta unas 5 veces. Cuando la respuesta sea correcta, reintente el mando "cid".

Si ha tenido que abortar el programa por alguna razón, será necesario reiniciar los procesos en ambas computadoras. La computadora **elcid** se puede reinicializar apagando y prendiendola como se describe al principio

de la sección, alternativamente se puede hacer un login como se describe en el párrafo anterior con el fin de rebootearla. Después de esto, dar de nuevo 'cid' en **sonaja**. No olvide oprimir antes el botón de reset de la caja de fibras ópticas.

Normalmente los procesos que están ejecutándose en la computadora **elcid** (visto con ps -aux) son:

'cid'

'faucet 4952 –in cat -'

'faucet 4953 –in /home/cid/cid'

En caso de que sonaja se pierda y haya que reencenderla, no debería haber ningún problema con la PC **elcid** a menos que se haya estado realizando una integración, en cuyo caso es más seguro apagar todo y encender en el orden mencionado anteriormente. Si no estaba integrando y hay problemas de comunicación proceder como se indica en el párrafo anterior.

5.4 Terminando el programa

El programa cid que se ejecuta en la computadora **sonaja** se puede terminar con el botón de **salir**. Esto también da por terminado el programa que se está ejecutando en la PC-CID. Sin embargo, para poder apagar esta última computadora al término de la temporada de observación, es necesario teclear lo siguiente:

- su
- 74infoan
- shutdown -h now

5.5 Uso del programa de observación

El programa de observación es sencillo de usar. Tiene una interfaz de tipo botones para el usuario, como lo muestra la Fig. 5.1. En ella se pueden fijar tiempos de integración para el detector; cosumas internas (que se efectúan en tiempo real en los DSP asociados al detector), cosumas externas, que se efectúan en forma sucesiva en la computadora PC-CID, cambiar el nombre

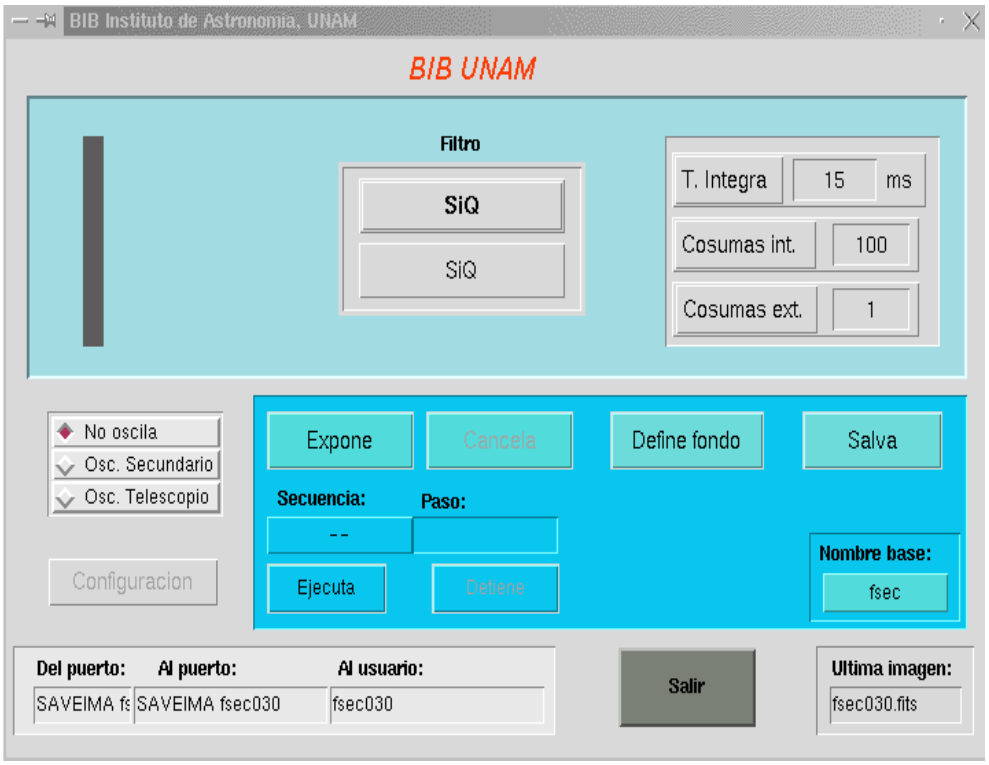

Figure 5.1: Ventana principal de observación CID-BIB.

base del archivo donde se guardarán los datos en forma secuencial, cambiar de filtro, rejilla, rendija, etc.

El botón de configuración define en mucho el comportamiento de los botones de exposición. Normalmente el submenú de configuración despierta abierto y se muestra en la Fig. 5.2. Ahí se puede definir si las exposiciones serán llevadas a cabo sin oscilaciones, oscilando el secundario u oscilando el telescopio. Cualquiera de las opciones que se elija modificará el efecto del botón **Expone**. Así en el nodo **No oscila**, al apretar el botón **Expone** se lleva a cabo una sola exposición y el resultado se muestra en la pantalla gráfica. En ese momento se puede definir la imagen obtenida como fondo al oprimir el botón **Define fondo** y al tomar una imagen subsecuente con **Expone**, ésta se restará del fondo definido previamente poara mostrar la diferencia. Esta operación es necesaria para poder ver estrellas brillantes (magitudes negativas) en tiempo "real" durante el proceso de enfoque a ojo. El fondo se puede borrar en cualquier momento con el botón **Borra fondo** y redefinirse un nuevo fondo si así se desea. Si se quiere guardar en un archivo el resultado de una observacion simple como ésta, es necesario presionar el botón **Salva** lo que generará un archivo con el nombre base y el número secuencial que siga la secuencia. En el modo de **Oscila secundario**, la frecuencia de oscilación se controla mediante el tiempo de integración y número de coadds internos (ver sección tiempo de integración). Debe estar elegido este modo en el menú de configuración y al darse los valores de **T. integra** y **Cosumas int**, la frecuencia de oscilación en el submenú de configuración se calculará automaticamente. Esta fecuencia no debe exceder los 4 Hz. En cuanto se han fijado los tiempos, frecuencia y número de oscilaciones, al presionar el botón de **Expone** se lanza la exposición, mostrando en la pantalla el resultado de la diferencia del haz positivo menos el haz negativo y al terminar el número de oscilaciones, el programa genera automaticamente dos archivos, con el nombre base y números consecutivos, siendo el primero el correspondiente al haz positivo (posición norte del cielo) y el segndo el negativo (posición sur). En el modo de **Osc. telescopio** sucede lo mismo que en el de secundario, pero las frecuencias som mucho mas bajas. Cualquier exposición simple como las descritas anteriormente, se puede detener con el botón de **Cancela**.

Para llevar a cabo secuencias de observaciones, por ejemplo integraciones en distintas posiciones del telescopio, es conveniente el uso de secuencias. Estas se describen en detalle en la sección siguiente. Para seleccionar una secuencia se debe presionar en el menú principal debajo de la palabra **Secuencia** y elegir en el submenú que aparece la secuencia deseada. Para ejecutar la secuencia se debe presionar el botón de **Ejecuta** (no confundir con el de Expone). La secuencia se puede interrumpir con el botón de **Detiene**, aunque a veces debido a los procesos simultáneos que se realizan puede no dar el resultado deseado y será necesario esperar a que termine o reiniciar

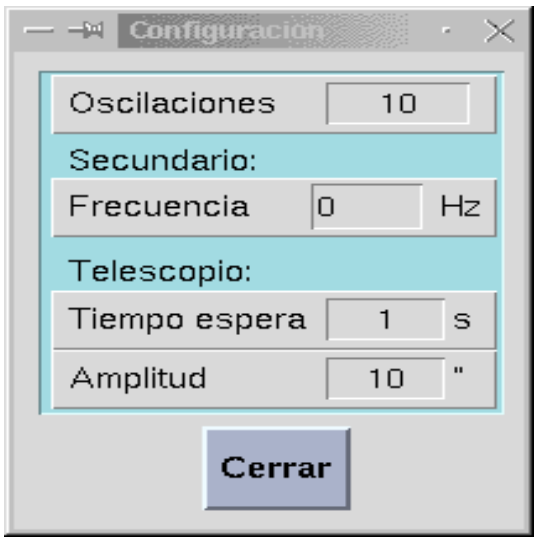

Figure 5.2: Submenú Configuración.

el programa.

5.6 Secuencias de comandos

Todas las secuencias deben escribirse en el archivo 'secuencias' y pueden haber todas las secuencias que se deseen; pero es importante que no se dupliquen los nombres de las secuencias, que cada una este terminada con la palabra 'fin' y que todos los ciclos esten terminados dentro de la secuencia con la palabra 'endloop'

Los mandos que se pueden incluir en el archivo de secuencias son los siguientes:

- expon ; realiza una exposición.
- tint nn ; nn = tiempo de integración en ms.
- coadint nn ; nn = número de frames a cosumar internamente.
- coadext nn ; nn = número de frames a cosumar externamente en la PC.

- saveima ; salva la imagen en un archivo fits.
- mtel aa dd ; aa = offset en AR en segundos de arco y dd = offset en DEC en segundos de arco.
- oscl ; hace oscilar el secundario.
- move mm nn i ; mm = número de motor a mover (ver abajo) ; nn = posición a la que se debe ir el motor. ; i (opcional); si es 1 debe buscar el origen antes de ir a su posición deseada; si es 0 o está ausente no buscará el origen
- posmot mm ; mm = número de motor; espera la posición del motor respectivo; es necesario dar un 'posmot' después de un 'move' a fin de asegurar que llego a la posición deseada.
- delay nn ; solicita un retardo de nn segundos; recomendable después de un 'mtel'.
- lampon ; enciende la lámpara de comparación.
- lampof ; apaga la lámpara de comparación.

Los motores a los que se refieren los comandos correponden a:

- Motor 1: Rueda de filtros BIB
- Motor 2: Rueda de rejillas InSb
- Motor 3: Rueda de aperturas InSb
- Motor 4: Rueda de filtros InSb
- Motor 5: Rueda de lámparas InSb, posición 0 fuera, 458 lámpara de argón.

Toda secuencia deberá iniciarse con su nombre y terminarse con la instruccion fin. Por ejemplo: Realiza una exposición sencilla y salva la imágen:

```
nombre expsal
expon
saveima
fin
```

Es posible generar ciclos dentro de una secuencia de manera fácil usando la instruccion 'loop' seguida del numero de veces que se debe repetir. Un

ciclo debe terminarse con la instruccion 'endloop'. He aqui un ejemplo que realizara 60 exposiciones.

```
nombre foco
loop 60
expon
endloop
fin
```

Esta será la secuencia 'foco' y realizará 60 exposiciones. No es posible generar ciclos anidados. Pueden usarse variables dentro de una secuencia, para lo cual deberán declararse dentro de la secuencia correspondiente con la instrucción 'variable', seguida del nombre y su valor inicial. Por ejemplo:
variable tiempo 10
Todas las variables declaradas pueden incrementarse o decrementarse en valores enteros.

Para mejor ilustración, se escribe a continuación una secuencia que realiza 60 ciclos, cambiando en 10 milisegundos el tiempo de integración en cada uno:

```
nombre lineal
variable tiempo 10
loop 60
tint tiempo
expon
saveima
incr tiempo 10
endloop
fin
```

Otros ejemplos de secuencias son:

Realiza exposición sencilla, salva, mueve telescopio 10" al este, espera 8 segundos, expone y salva, regresa telescopio.

```
nombre cielo
expon
saveima
mtel 10 0
delay 8
expon
saveima
mtel -10 0
fin
```

Realiza exposiciones en dos posiciones, pero oscilando el secundario.

```
nombre pares
oscl
mtel 15 0
delay 5
oscl
mtel -15 0
fin
```

Realiza exposiciones en todas las posiciones del CVF

```
nombre barrecvf
move 4 1500
posmot 4
expon
saveima
move 4 1600
posmot 4
expon
saveima
.
.
.
move 4 4900
posmot 4
expon
saveima
fin
```

Realiza exposiciones en todas las posiciones de la rejilla número 2.

```
nombre rejilla2
move 2 15000
posmot 2
move 2 16000
posmot 2
expon
saveima
move 2 16100
posmot 2
expon
saveima
.
.
```

```
.
move 2 17400
posmot 2
expon
saveima
fin
```

Realiza exposiciones oscilando el secundario y moviendo el telescopio en una cruz en el cielo

```
nombre cruzos
oscl
mtel 0 20
delay 5
oscl
mtel 0 -40
delay 5
oscl
mtel 20 20
delay 5
oscl
mtel -40 0
delay 5
oscl
mtel 20 0
fin
```

5.7 Imágenes FITS generadas

La imágenes que se generan con las observaciones del CID son imágenes de tipo FITS, reales de doble precisión. Las unidades son conteos / cuadro, es decir, el número de cuentas (ADU) que se tuvieron en promedio en cada cuadro de tiempo de integración T. integra. Así para obtener el número de conteos / segundo, bastará dividir la imagen por el tiempo de integración de un solo cuadro (el valor de TINT del header o el valor de T. integra de la ventana de observación). Las imágenes pueden ser analizadas y reducidas directamente con IRAF. Los encabezados de las imágenes incluyen la información presentada en la Tabla 5.1.

Donde AR y DEC son las posiciones instrumentales (no las celestes) y TS y TU son los tiempos al final de la observación según el reloj de la

computadora host (sonaja).

En el caso del detector **InSb** se generan dos imágenes. El detector InSb se lee en forma no destructiva dos veces, una al principio de la integración y otra después de transcurrido el tiempo de integracion. La diferencia de ambas lecturas constituye el número de conteos netos de señal durante el tiempo de integración, y esta información se guarda normalmente en el archivo *nombreXXX.fits*. Sin embargo, los conteos correspondientes a la primera lectura (Bias + corriente oscura) pueden ser necesarios para la calibración por no linealidad, por lo que se guardan en el archivo *B_nombreXXX.fits*.

Table 5.1: Encabezado FITS de imagen.

COMMENT	FITS file created with a program written by L Gutierrez
COMMENT	Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, B.C., México
COMMENT	Camára infrarroja CID
COMMENT	Detector BIB 128x128
COMMENT	Telescopio 2-m F/30
EXPOSURE=	45000 / Tiempo total integración en fuente, mseg
TINT =	00030 / Tiempo de integración elemental, mseg
NCINT =	00005 / Número de coadds internos
NCEXT =	00001 / Número de coadds externos
OSCL =	00300 / Número de oscilaciones del secundario
FSEC =	2.86 / Frecuencia de oscilación del secundario, hz
FILT =	' SiO' / Filtro
REJILLA =	' –' / Rejilla InSb
APERTURA=	' –' / Apertura InSb
SECUENC =	' cruzus' / Nombre de la secuencia
PASO =	' –' / Paso en la secuencia
AR =	' 03:07:26.1' / Ascensión Recta
DEC =	' +58:30:23' / Declinación
TS =	' 02:35:47' / Hora sideral
TU =	' 10:56:49' / Hora universal
DJ =	' 2451798.0' / Dia Juliano
AIRMASS =	1.13 / Masa de aire

Chapter 6

OBSERVACIONES CON EL CID

6.1 Bitácora de Observación

Se tiene un archivo **logcid.ps** en el directorio observa en sonaja, el cual puede imprimirse con 'lpr logcid.ps' cuantas veces sea necesario. Contiene las columnas necesarias para una bitácora de observación con el CID.

6.2 Guiador Excéntrico Antiguo

Este guiador fué retirado del telescopio de 2-m a mediados de 2004. Esta sección se mantiene para referencia, pero consultar la sección Guiador Excéntrico Nuevo.

Todas las observaciones con el CID permiten usar el guiador excéntrico, lo que es especialmente útil para integraciones largas. El uso del sistema de autoguiado está fuertemente restringido, ya que todos los procedimientos de observación requieren de exposiciones en varias posiciones diferentes alrededor del centro del campo deseado, lo que implica pequeños movimientos frecuentes del telescopio comandados por los programas de observación corriendo en "sonaja". El autoguiado debe permanecer deshabilitado para evitar conflictos. Así, el guiado sobre una estrella fuera de centro debe hacerse manual para cada posición del telescopio en que se integre.

Es importante notar que el espejo secundario que se usa con el CID es f/30, que tiene una escala aproximadamente CUATRO veces menor que el f/7.5, lo que implica un campo útil precisamente cuatro veces (en escala lineal) menor, haciendo más difícil encontrar estrellas en ese campo. Asimismo, se debe recordar que el espejo itinerante debe estar totalmente fuera del campo de visión (central) del detector cuando se realicen integraciones, pues de otra manera, la radiación térmica del espejo (a temperatura ambiente) afectaría fuertemente las mediciones.

Actualmente, para el detector BIB es imposible tener enfocada la cámara del guiador en su posición central simultáneamente con el mejor foco del CID. Sin embargo, cuando la posición del espejo itinerante del guiador está fuera de la posición central (e.g. en una estrella de guiado), sí es posible obtener el foco simultáneo. Para lograr esto, en el caso del BIB, habrá que aumentar el valor del foco del guiador en aproximadamente 40 mm para filtros angostos y 20mm para el filtro N, con respecto al máximo acercamiento que se había logrado en la posición central.

La Fig. 6.1 representa el campo total del guiador excéntrico en coordenadas de motor de guiador para f/7.5. El objeto a observar es el número 0 y el cuadrito que lo circunda es el campo de visión de la cámara del guiador (44"×30"). El rectángulo interno representa la zona prohibida para el CID-BIB; 4 y 5 son posibles estrellas de guía . Nótese la orientación del cielo con respecto al campo del guiador mostrado con flechas de 60" de arco en el cielo.

6.3 Guiador Excéntrico Nuevo

6.3.1 Autoguiado

Con el nuevo guiador instalado en Agosto de 2004 es posible autoguiar mientras se ejecuta una secuencia de observación en el CID. Se puede autoguiar hasta con una estrella hasta magnitud 12 con 12 segundos de integración.

El nuevo progama CID (versión de agosto 23 del 2004 en /usr/local/cid de sonaja) mueve el espejo del guiador al contrario del telescopio cuando se ejecuta una secuencia. Si le estorba que se mueva el guiador, necesita regresar al programa anterior, haciendo en sonaja: *cp /usr/local/cid/lib/secuenc.tcl.agosto_19_2004 /usr/local/cid/lib/secuenc.tcl*. En caso contrario, si quiere recuperar el programa que mueve al guiador haga: *cp /usr/local/cid/lib/secuenc.tcl.agosto_23_2004 /usr/local/cid/lib/secuenc.tcl*. Salga del CID y vueva a entrar.

Muy importante: En el programa de observación del guiador verificar que

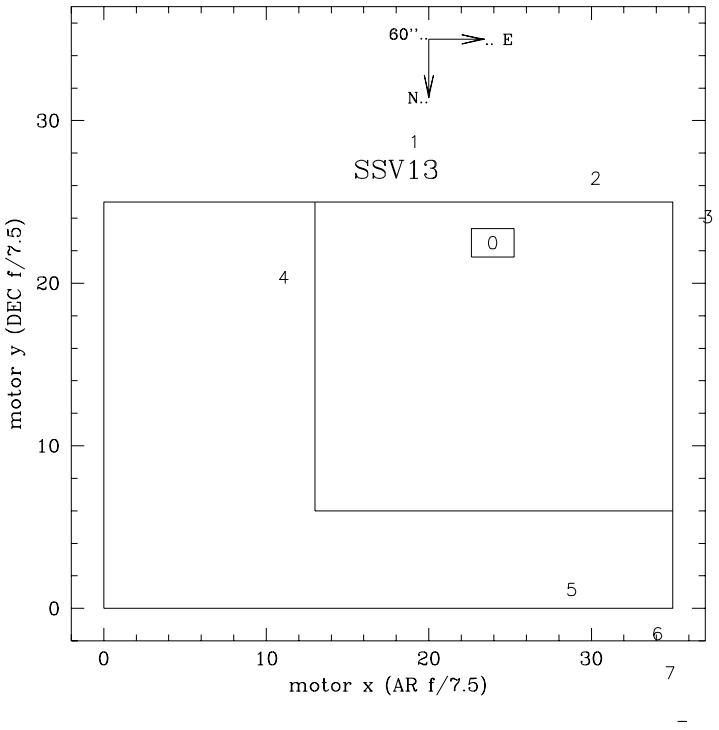

Figure 6.1: Campo del guiador con el CID.

el paso AR y DEC sea de 5" (Ver menú : Guiador Motores $->$ Acciones $->$ Configura $->$ Incremento AR y DEC). Verificar tambien que en las secuencias que mueven al telescopio con mtel, los incrementos en AR y DEC sean multiplos de 5. Para que el guiador no aborte su función de aoutoguiado cuando el telescopio se mueve y el flujo de la estrella baja momentaneamente, dar el comando

echo "DESHAB-DESV-STD " | hose 192.168.0.206 4950 −−slave

(notar los espacios), desde una terminal en sonaja. Se debe mandar la instrucción cuando el programa del guiador este corriendo pero no se este haciendo foco o autoguiando, es decir cuando el guiador este esperando una instrucción.

6.3.2 Parametros en el guiador para el CID-BIB.

Elegir secundario f/30. Centro del instrumento en coordenadas de guiador despues de inicializacion -10 -10. Foco de telescopio 113. Foco guiador -86. Zoom – recomendado para tener campo lo mas grande posible. Paso Ar y Dec 5, Estrellas para guiado deben estar a mas de 275" del centro para evitar viñeteo (zona muerta).

6.3.3 Parametros en el guiador para el CID-InSb.

Elegir secundario f/30. Centro -27 -15. Foco de telescopio 132. Foco guiador 20. Zoom – . Paso Ar y Dec 5, Zona muerta 220".

6.3.4 Tamaño del campo del guiador

Aproximadamente 10 minutos hacia el sur y oeste. Ver manual del guiador para f/30. La zona prohibida es de 275" del centro para el BIB y 220 para el InSb En el monitor del guiador el norte esta arriba y el este a la derecha.

6.4 Secundario oscilante

Para la obtención de imágenes en el infrarrojo térmico ($\lambda > 3.0\mu$m) donde las señales de los objetos astronómicos son muchísimo menores (hasta en órdenes

de magnitud) que la radiación térmica de fondo proveniente del cielo, telescopio, espejos, asistente, etc.), se requiere la utilización del espejo oscilante para reducir significativamente el ruido de fondo (ver detalles en la sección 3.3). El procedimiento consiste en oscilar el espejo secundario entre dos posiciones muy cercanas a una frecuencia menor de 1 Hz para enviar al detector los haces correspondientes a dos regiones del cielo vecinas. El detector registra (integra) las imágenes de ambos planos en sincronía con la posición fija del secundario en cada una de las dos posiciones, que llamamos positiva (+) y negativa (-). La imagen en haz positivo corresponde al Norte en el cielo y la de haz negativo al Sur. En el Capítulo 7 se describe el método para manipular las imágenes positivas y negativas de cada observación con el fin de cancelar de la mejor manera posible los efectos de emisión, transmitancia y sensitividad del sistema cielo-telescopio-instrumento. La experiencia ha indicado que la frecuencia óptima de oscilación es de 3 Hz. Por limitaciones físicas, el tiro ("throw") del secundario no puede rebasar 250 segundos de arco. En la práctica, mientras menor es el tiro mas eficiente será la observación (menos distorsión en la imagen y menor "tiempo muerto") y el tamaño óptimo de éste depende del tamaño del objeto. Para objetos puntuales se recomienda un tiro de 10 a 20 segundos de arco. Para objetos extendidos, el tiro idealmente deberá ser mayor que el tamaño del objeto y ambas imágenes (positiva y negativa) cayendo en el campo del detector. De esta manera se aprovecharía todo el tiempo de integración para la medición del objeto y del cielo. Cuando el tiro es mayor que el campo del detector, se debe diseñar una secuencia de observación tal que se cubra el área requerida del cielo en ambos haces, positivo y negativos.

El sistema del secundario oscilante del telescopio de 2.1m funciona solamente en la dirección norte-sur, pero con amplitud y nivel base ("offset") variables. La electrónica de control permite al observador seleccionar la amplitud del tiro y el nivel base deberá estar lo más cerca posible de cero volts. A través de un osciloscopio se puede controlar permanentemente la posición del espejo secundario, lo que permite los ajustes de manera secilla. También puede variarse externamente el nivel de "amortiguamiento", variable que permite reducir o aumentar electrónicamente el efecto inercial del espejo ("overshooting") y así obtener una forma de oscilación lo más cuadrada posible. La Fig. 6.1 muestra y explica el panel de control del moviminento del secundario. y la Tabla 6.1 (y Fig. 6.2) muestra la calibración de la lectura de posición de la perilla de amplitud, con el valor del voltaje diferencial (positivo menos negativo) medido en el osciloscopio y con el valor del tiro en segundos de arco. Dado que la ocurrencia y frecuencia de oscilación está determinada por la computadora y el programa de observación, (interruptor OSCILADOR debe estar en EXTERNO) la perilla de FRECUENCIA no debe moverse.

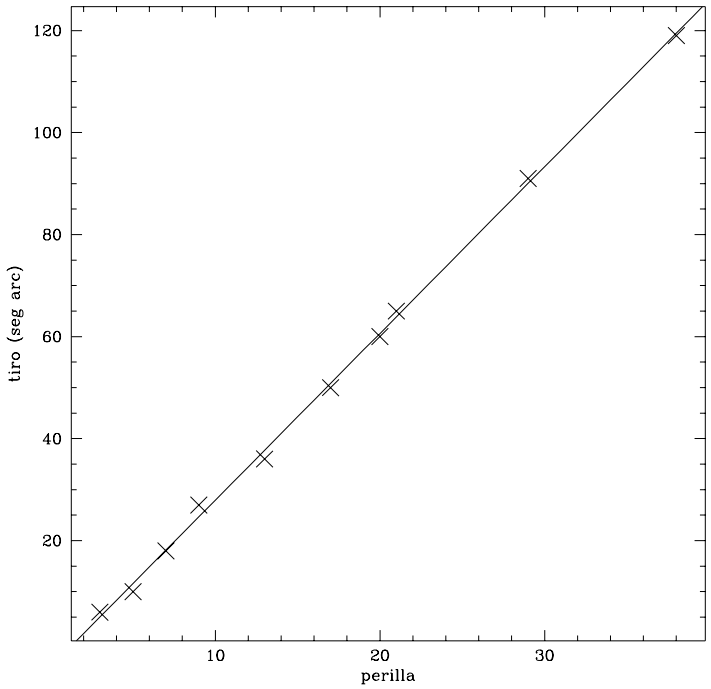

Figure 6.2: Tiro del secundario oscilante.

Table 6.1: Amplitudes de tiro del secundario oscilante

Perilla de amplitud	voltaje diferencial	tiro en seg arco (± 2)
3	0.04	6
5	0.09	10
7	0.15	18
9	0.22	27
13	0.37	36
17	0.48	50
20	0.64	60
21	0.67	65
29	0.80	91
38	1.04	119

6.5 Procedimiento para enfoque del telescopio

Para enfocar una imagen en el detector, se recomienda usar la secuencia "foco" del programa de observación, para desplegar de manera frecuente una imagen de una estrella brillante (e.g. estrella estándard) y minimizar, "a ojo" su tamaño. La posición del foco óptimo se puede determinar midiendo (con "imexam" de IRAF) el tamaño (FWHM) de la estrella en imágenes individuales (obtenidos y guardados con el comando "expone" y "guarda" del programa de observación). La experiencia nos dice que con el BIB la posición de foco óptimo es similar para los filtros angostos y diferente para el filtro N ancho. Con el InSb, el CVF tiene una posición de foco diferente a los filtros anchos JHKL. El procedimiento para enfocar el espectrógrafo del InSb se realiza de similar manera pero midiendo el ancho de las líneas de una lámpara de comparación.

6.6 Parámetros de foco y guiador

En la Tabla 6.2 se presentan parámetros del guiador y el foco para el BIB e InSb.

Table 6.2: Parámetros importantes del CID en el 2.1m.

Guiador excéntrico viejo	
Campo del guiador	10' × 7'
Centro del guiador	X ≈ 23'54" ; Y ≈21'55" con la modalidad f/7.5 del guiador.
Campo de la cámara	E-W 44", N-S 30"
CID-BIB	
Foco del telescopio	Filtro N ≈118.2, Filtros angostos: ≈114.6 @ 14°C (Recordar que el foco varía con la temperatura).
Foco del guiador	Al máximo (280 mm) y no llega, faltan 18 mm.
Zona permitida del guiador	Para $X \geq 13'$ se debe tener $Y \leq 6'$. Para $X \leq 13'$ Y sin restricciones
Posición del buscador del 2-metros	Sur 16.88, Este 16.89.
CID-InSb	
Foco del telescopio	Filtros K y L ≈133
Foco del guiador	XX mm
Zona permitida del guiador	Para $X \geq XX'$ se debe tener $Y \leq YY'$. Para $X \leq XX'$ Y sin restricciones
Posición del buscador del 2-metros	Sur XX, Este YY.

6.7 Selección del tiempo de integración

6.7.1 CID-BIB

Primeramente, el tiempo elemental de integración (tint) se elige de tal manera que en una sola integración no se sature el detector, ni se tengan muy pocas cuentas. El intervalo recomendable es 30000±10000 conteos (ADU) (ver Fig. 3.1, saturación). En seguida se elige el número de cosumas internas, que son el número de integraciones que se hacen en tiempo real en una posición del secundario, de tal manera que la frecuencia de oscilación sea alrededor de 3 Hz. Finalmente el número de oscilaciones que realizará el secundario, define

el tiempo total de integración.

$$t_{Total} = tint \times CosumasInternas \times Oscilaciones \times 2$$

.

En caso de que no se desee oscilar el secundario, dado que el número de cosumas internas no puede exceder 256, se puede incrementar las cosumas utilizando las cosumas externas, que se realizan en la PC-CID. Así el tiempo total de integración sería de

$$t_{Total} = tint \times CosumasInternas \times CosumasExternas$$

.

6.7.2 CID-InSb

El tiempo de integración se elige primeramente con el el botón de **T.integra**. Este se debe ajustar de tal manera que el detector no sature. Posteriormente para incrementar el tiempo se debe fijar el número de cosumas externas que se realizan en la PC-CID.

6.8 Obtención de campos planos

Dependiendo del tipo de reducción que se efectuará (ver siguiente sección), puede ser necesario obtener campos planos con alta iluminación y baja iluminación. En general los campos de baja iluminación pueden obtenerse por combinaciones de las mismas observaciones nocturnas. Los campos de alta iluminación resultan más complicados, sobre todo porque deben observasrse en igualdad de tiempos de integración que los de baja iluminación. Así mismo hay que observar campos de alta iluminacion en todas las posicones del secundario (haces positivos y negativos, tiros, etc) que se hayan utilizado durante la noche. Los mejores resultados se han obtenido cuando los campos de alta iluminación tienen un nivel de flujo del orden de un 10% mayor que el nivel durante la noche. En ocaciones este nivel se puede encontrar observando el cielo de día, otras veces de tarde, algunas mas realizando observaciones a masas de aire altas, etc. En general el domo no da buena iluminación y su flujo suele ser mucho mayor, sin embargo puede llegar a ser la única opción.

Chapter 7

REDUCCION DE DATOS

7.1 Aplanado para imágenes del BIB

A partir de los campos planos obtenidos como se describe en la sección 6.5 puede procederse al aplanado de las imágenes del BIB como se describe a continuación. En el caso del InSb si se observa con secundario oscilante el procedimiento es el mismo y si no los campos planos se observan y construyen como en CAMILA (Manual de usuario MU-06 IAUNAM).

Las siguientes ecuaciones describen como flatear las imagenes del CID con el detector BIB a partir de las imágenes:

$$Objeto = O_b = (((O + S)T_+ + \tau_+)\eta + I_d)\ G\Delta t + O_f$$

$$Cielo = S_k = ((ST_- + \tau_-)\eta + I_d)\ G\Delta t + O_f$$

$$Flat\ baja_+ = F_{B+} = ((\sigma_B T_+ + \tau_+)\eta + I_d)\ G\Delta t + O_f$$

$$Flat\ baja_- = F_{B-} = ((\sigma_B T_- + \tau_-)\eta + I_d)\ G\Delta t + O_f$$

$$Flat\ alta_+ = F_{A+} = ((\sigma_A T_+ + \tau_+)\eta + I_d)\ G\Delta t + O_f$$

$$Flat\ alta_- = F_{A-} = ((\sigma_A T_- + \tau_-)\eta + I_d)\ G\Delta t + O_f$$

Normalemente oscilando el secundario se obtienen cuadros del tipo:

$$O_b - S_k = [OT_+ + S(T_+ - T_-) + (\tau_+ - \tau_-)]\ \eta G \Delta t$$

$$F_{B+} - F_{B-} = [\sigma_B (T_+ - T_-) + (\tau_+ - \tau_-)]\ \eta G \Delta t$$

donde si $\sigma_B \sim S$ tenemos

$$O_b - S_k - (F_{B+} - F_{B-}) = O\ T_+ \eta G \Delta t$$

Al dividir por

$$F_{A+} - F_{B+} = (\sigma_A - \sigma_B)\ T_+ \eta G \Delta t$$

normalizado, obtenemos O = objeto flateado.

En estas ecuaciones se definen:

O = objeto
S = cielo
T_+ = transmitancia en haz positivo
τ_+ = emisión térmica óptica en haz positivo
T_- = transmitancia en haz negativo
τ_+ = emisión térmica óptica en haz negativo
η = eficiencia cuántica
I_d = corriente oscura detector
G = ganancia detector
Δt = tiempo integración
O_f = offset electrónico
σ_B = cielo baja (cielo normal)
σ_A = cielo alta (domo)

Chapter 8

RECONOCIMIENTOS

8.1 Participantes

Este proyecto ha sido desarrollado por un grupo de académicos del Instituto de Astronomía de la UNAM. Su diseño inició en 1994 y fué concluido en 1999. Los créditos en el diseño, construcción, caracterización de este complejo instrumento son como sigue:

- Gestión: Rafael Costero.
- Diseño: R. Costero, L. Salas, I. Cruz-González, E. Ruiz, M. Tapia.
- Optica y Mecánica: Infrared Laboratories.
- Filtros: J. Bohigas, M. Tapia.
- Electrónica de Adquisición: B. Leach (UCSD) con aportaciones de L. Gutiérrez, L. Salas, E. Ruiz, F. Lazo, E. Sohn e IRLabs.
- Software de Adquisición: L. Gutiérrez, L. Salas, S. Zazueta.
- Mecánica de acoplamiento: J. Valdéz, B. García, E. Luna.
- Secundario f/27: F. Garfias, O. Chapa, I. Cruz-González, J. Valdez, E. Luna, V. García, F. Cobos, C. Tejada.
- Adaptación control secundario oscilante: J.M. Murillo, A. Iriarte
- Control de motores: F. Quiros, F. Lazo, L. Gutiérrez.

- Caracterización astronómica: L. Salas, M. Tapia, I. Cruz-González, E. Ruiz, E. Sohn, L. Gutiérrez.
- Manual: L. Salas, M. Tapia, I. Cruz-González, L. Gutiérrez, E. Luna, J. Bohigas.

8.2 Agradecimientos

Al Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, B.C., por habernos dado las condiciones óptimas para desarrollar este instrumento. Al Instituto de Astronomía de la UNAM por haber creado el ambiente de trabajo y libertad académicos que un proyecto como este requiere. A Infrared Laboratories y en especial a Robert Kurtz, por un excelente diseño, compacto, funcional y único en su clase. A Robert Leach por habernos dado toda la información necesaria y su disposición a poner a punto el desarrollo de la electrónica. Al Equipo Técnico y al personal administrativo y de operación del OAN por su excelente trabajo y apoyo en todas las etapas de prueba y desarrollo del sistema CID. A los asistentes de telescopio: G. García, F. Montalvo, S. Monrroy y G. Melgoza por su labor fundamental en las temporadas de observación. A todos aquellos que nos han impulsado a llegar a la etapa final. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a la Dirección General de Apoyo al Personal Académico (UNAM) y al IAUNAM por haber patrocinado este proyecto.

8.3 Financiamiento

La mayor parte del financiamiento para la construcción del presente instrumento provino del CONACYT, a través del proyecto de PACIME de infraestructura para el OAN (F325-E9211, R. Costero investigador responsable). Además, fué suplementado parcialmente en sus últimas etapas por los siguientes proyectos (en paréntesis el investigador responsable): CONACYT 1021PE (Tapia) y DGAPA IN501694 (Cruz-González), IN108696 (Tapia) e IN105400 (Tapia), así como por varias partidas del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Bibliography

[1] Infrared Laboratories. User Manual for UNAM BIB Camera & InSB Camera Spectrometer 1999.

[2] Gezari, D. Y.; Backman, D. E.; Werner, M. W.: 1998, Ap.J. 509, 283.

[3] Gutiérrez et al.: 2001, en preparación.

[4] Hoffman, W.F., Hora, J.L., Fazio, G.G., Deutsch, L.K., Dayal, A. : 1998, SPIE 3354, 647.

[5] Roth, M., Iriarte, A., Tapia, M., Resendiz, G.: 1984, Rev. Mex. Astron.Astrof. 9, 25.

[6] Sohn, E., Ruiz, E., Salas, L., Gutiérrez, L., Cruz-González,I., 2001, "Noise reduction in BIB-type detectors", Proc. of SPIE, 4454, 135-141.

[7] Tokunaga, A.: 1986, IRTF manual.