

# TARJETA INTERFAZ PARA LA ADQUISICIÓN DE IMÁGENES DE LA CAMARA INFRARROJA "CAMILA".

L. Gutiérrez, F. Murillo, J. I. Delgado y L. F. Lamothe  
[leonel@astrosen.unam.mx](mailto:leonel@astrosen.unam.mx); [fmurillo@astrosen.unam.mx](mailto:fmurillo@astrosen.unam.mx); [jlamothe@electronica.zzn.com](mailto:jlamothe@electronica.zzn.com).

## RESUMEN

La Cámara Infrarroja "CAMILA" es un instrumento utilizado en astronomía para adquirir tanto imágenes como espectros de objetos estelares. Para su lectura, originalmente se diseñó y construyó un sistema de adquisición de imágenes, constituido básicamente por un generador de señales programable que define los modos de borrado, integración y lectura de las imágenes, una etapa de conversión analógico–digital, una etapa de acondicionamiento de señales, una tarjeta interfaz para adquirir los datos en una computadora personal y los programas asociados a ésta.

Muy recientemente, se ha diseñado y construido una nueva interfaz para el sistema de adquisición de imágenes y se han desarrollado nuevos programas para leer los datos en una computadora con sistema operativo Linux. Esto ha permitido aumentar al menos en un factor 2 la velocidad de lectura con respecto a la interfaz original. La tarjeta cuenta con cuatro bancos de memoria de acceso rápido (10 ns), que permiten almacenar la imagen completa del detector, así como con la electrónica necesaria para controlar la escritura de los datos en la memoria, para informar a la computadora del término de una adquisición y para controlar la lectura desde la computadora.

En este trabajo se presenta el diseño electrónico de la interfaz y los programas desarrollados, así como los resultados de las pruebas en su evaluación y algunas imágenes.

## ABSTRACT

"CAMILA" is an infrared camera used in astronomy for imaging and to acquire stellar objects spectra. In the original system, an image acquisition system was designed and built for the detector readout. It has a programmable signal generator that defines the erasing, integration and image readout modes, as well as an analog–digital conversion stage, a signal conditioning stage, an interface to acquire the data in a personal computer and the associated programs.

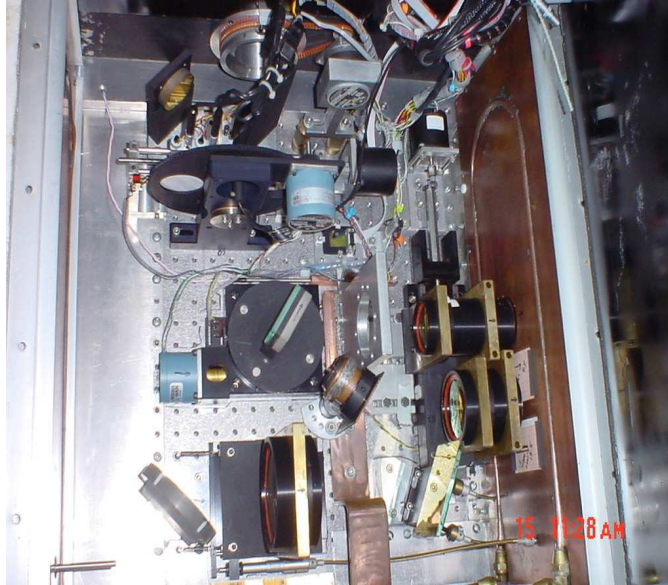
Recently, a new interface for the image acquisition system and new programs to read the data in a personal computer with Linux OS have been developed,. With these, the readout has been improved obtaining a speed twice the original one. This card has four static memory banks with very fast chips (10 ns), allowing a complete image be stored. Also, it has the electronics needed to control writing data in the memory, to tell to the computer that an acquisition has finished, and to control the read process form the computer.

The interface electronic design and programs are presented here, as well as results from the evaluation tests, and some images.

## 1. INTRODUCCIÓN

"Camila" es una cámara infrarroja diseñada y construida en el Instituto de Astronomía de la UNAM, en colaboración con el Five College Astronomy Department de la Universidad de Massachusetts, dada de alta en 1994. Está basada en un detector NICMOS3 de 256 x 256 pixeles sensible en el intervalo de longitud de onda de 1 a 2.5 micras. Fue construida en una botella criogénica enfriada con nitrógeno líquido y cuenta con un carrousel motorizado con 12 filtros y un diafragma frío que reduce la radiación de fondo.

El sistema óptico actual en el que se ha montado, al que se ha denominado "Camaleón" (ver Figura 1) permite su uso para imagen directa y para espectroscopía en baja y mediana resolución. Ha sido diseñado para el secundario f/13.5 del telescopio de 2.1 m del OAN/SPM y está contenido en un banco óptico que cuenta con dos cámaras de salida: f/13.5 y f/4.5. El banco óptico se enfría a temperaturas entre  $-20$  y  $-30$  °C y cuenta con un bloqueador (stop de Lyott) en el plano de la pupila para disminuir la radiación de fondo de 2 micras.



**Figura 1.** Fotografía del interior de Camaleón.

Todos los movimientos de rejilla/espejo, rueda de diafragmas/rendijas, cámaras, filtros y lámparas están motorizados.

La escala de placa en imagen directa es de  $0.3$  "/pixel (f/13.5) y  $0.86$  "/pixel (f/4.5); en el modo de espectroscopía, la dispersión es de  $6$  Å/pixel con  $R=1500$  (f/13.5) y  $16.5$  Å/pixel con  $R=500$  (f/4.5).

Para la lectura del detector, el sistema cuenta con una tarjeta electrónica que contiene los circuitos de preamplificación y de conversión analógico-digital para cada uno de los 4 cuadrantes del detector y los de suministro de los potenciales de alimentación y referencia, así como los impulsores (buffers) para acondicionar las señales digitales, tanto de entrada (señales de control) como de salida (datos).

Existe también un circuito basado en un microcontrolador que simula un generador de señales programable que define los modos de borrado, integración y lectura de las imágenes. Otros circuitos similares se encargan de controlar el movimiento de los diferentes motores y de encender o apagar las lámparas de comparación. Todos ellos se encuentran interconectados en una red RS-485, junto con una computadora personal que actúa como computadora maestra del sistema.

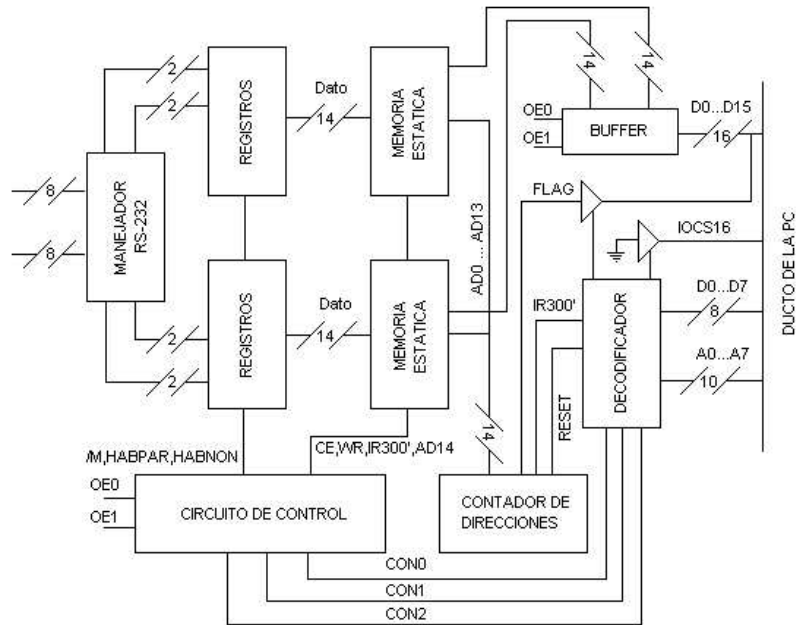
Los datos de salida de los convertidores son transmitidos en serie en modo diferencial hasta una tarjeta interfaz insertada en la computadora mencionada, que se encarga de almacenarlos y pre-procesarlos. La tarjeta interfaz recibe los datos de los cuatro cuadrantes, los convierte en paralelo y los almacena en memoria. Originalmente esta tarjeta interfaz estaba basada en *fifos* que sólo aceptaban una porción de cada imagen y la computadora funcionaba con el sistema operativo DOS. Esto hacía que la computadora no pudiera ejecutar ninguna tarea adicional mientras estaba esperando una imagen interactuando con el *fifo*. Por otra parte, varias de las componentes fundamentales de esta tarjeta han quedado discontinuadas. Todo esto obligó a diseñar de nuevo

la interfaz y a elaborar nuevos programas para su manejo usando el sistema operativo Linux. Este es el motivo del presente trabajo.

Finalmente, la adquisición de los datos y el control general del instrumento se hacía desde una computadora SUN enlazada mediante una conexión ethernet con la computadora maestra. Esto ha cambiado y se hace ahora desde una computadora personal con Linux, en la que se ha instalado el nuevo programa de control escrito en Tcl/tk. Esto también se presenta en este trabajo.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ

Los convertidores analógico–digitales entregan los datos en serie junto con una señal de sincronía. Ambas señales se envían en modo diferencial a la interfaz en la computadora, cuyo diagrama a bloques se muestra en la figura 2. En el apéndice se muestra un diagrama detallado del sistema.



**Figura 2.** Diagrama a bloques de la electrónica de adquisición.

La salida de cada cuadrante consta de dos señales: una es una señal de sincronía y la otra, que corresponde a los datos, es un tren de pulsos, donde el primer bit es el más significativo (MSB); cada bit de dato es válido cuando ocurre una transición positiva en la señal de sincronía y cada bloque de datos está conformado por 14 bits.

En la interfaz se reciben simultáneamente las señales correspondientes a cada uno de los 4 diferentes cuadrantes del detector y se envían a un conjunto de registros de corrimiento. Los datos obtenidos ahora en paralelo son enviados a un conjunto de 4 circuitos CY7C199, memorias estáticas de 32 Kbytes cada una. Dado que cada cuadrante genera 16384 (16K) palabras de 14 bits cada una, se ha organizado la memoria de la siguiente manera:

Dos circuitos de memoria se utilizan para acumular dos cuadrantes, acomodando los 8 bits más significativos en una memoria y los 6 restantes en la otra. Uno de los cuadrantes queda acumulado en la parte baja de la memoria y el otro en la parte alta. Los otros dos circuitos acumulan los otros dos cuadrantes bajo el mismo esquema.

Se utiliza un monoestable redispensible (74123) para detectar cuándo ha llegado cada tren de datos. La señal producida se utiliza para habilitar la escritura en memoria cuando el dato ya está

disponible. Esta misma señal activa la señal CE que se envía a un contador de direcciones, formado por dos circuitos 74LS867, el cual va generando la dirección a la que se va a escribir el dato en la memoria, alternándose el bit más significativo de direcciones (AD14) en un solo ciclo, dependiendo del cuadrante que vaya a escribirse. El contador se limpia antes de iniciar una exposición, usando la señal RESET.

Cuando se han escrito las 16384 palabras (píxeles), se levanta la señal FLAG, la cual se envía al ducto de la PC a través del circuito 74LS125, quedando como el bit menos significativo del puerto 0x302. Monitoreando esta señal, la computadora puede saber si se ha adquirido o no una imagen completa en la memoria.

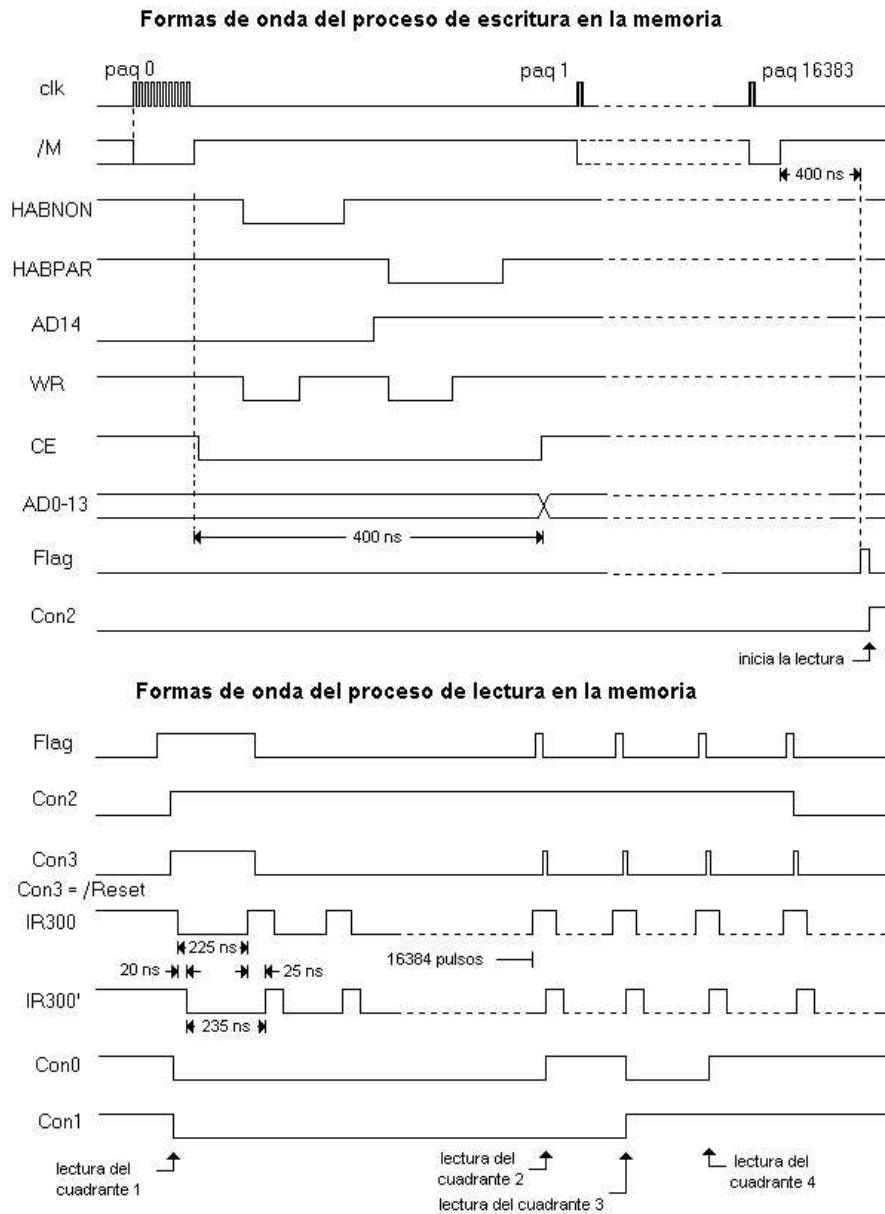
Una vez que existe una imagen completa en la memoria, la computadora puede leerla a través de 4 circuitos 74LS373, uno por cada memoria, configurados en parejas para ser leídos como palabras de 16 bits, todos en el puerto 0x300. Las señales OE0 y OE1, generadas a partir de CON1, determinan qué par de circuitos quedan conectados al ducto.

El mismo contador de direcciones se emplea ahora para determinar la dirección que ha de leerse, pero CE es activada ahora por IR300', la cual indica que se ha producido un ciclo de lectura al puerto 0x300. Por supuesto, la señal RESET limpia los contadores antes de iniciar una lectura, ordenada por la computadora.

En la figura 3 se muestra una fotografía de la tarjeta, mientras que en la figura 4 se muestran los diagramas de tiempo de las diferentes señales involucradas en el proceso de escritura y lectura.



**Figura 3.** Fotografía de la tarjeta interfaz empleada para la lectura de los datos de Camila.

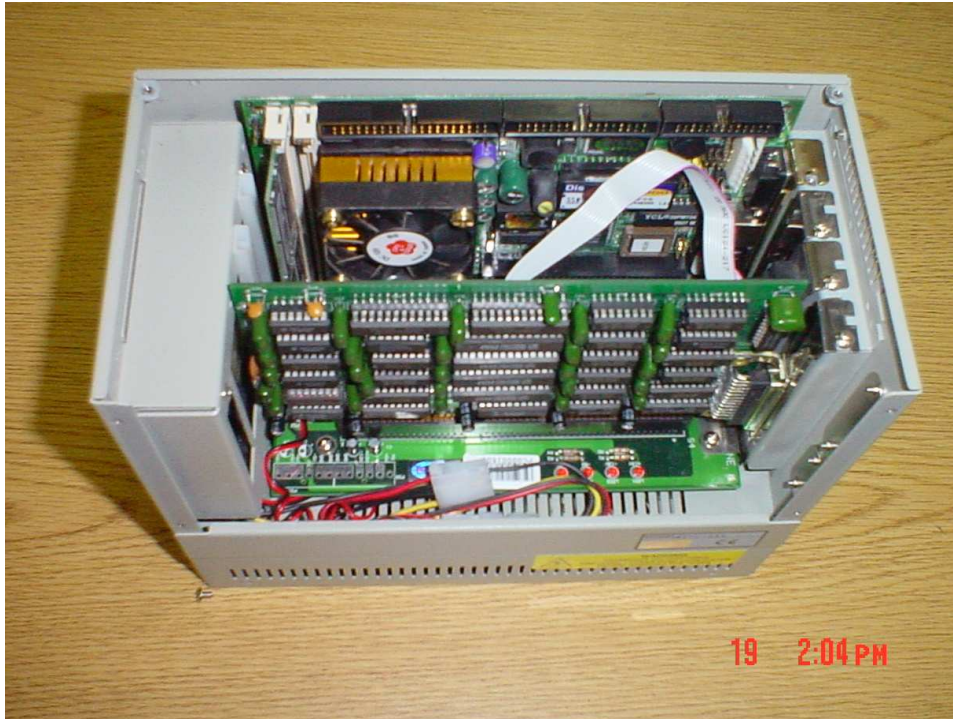


**Figura 4.** Diagrama de las diferentes señales involucradas en la lectura y en la escritura a la memoria.

### 3. LA COMPUTADORA

Como computadora maestra se empleó una computadora embebida de una sola tarjeta. Se trata del modelo PCA-6154 de Advantech, el cual cuenta con un microprocesador Pentium de 233 Mhz, 64 Mbytes de memoria RAM, un disco de estado sólido tipo flash (DiskOnChip) de 32 Mbytes, 2 puertos serie y 1 paralelo (de los cuales sólo se utiliza uno de los puertos serie en modo RS-485), interfaz VGA interconstruida (SiS5598) y conexión ethernet 100Base-T compatible con Realtek RTL8139.

Se instaló en el disco duro el sistema operativo Linux (versión 2.2.18), así como los programas para el control del instrumento y la adquisición de los datos, interactuando remotamente con una computadora central que funciona como interfaz de usuario en el telescopio. En la Figura 5 se muestra una fotografía de la computadora, montada en un chasis industrial, en el cual se ha insertado también la tarjeta interfaz.



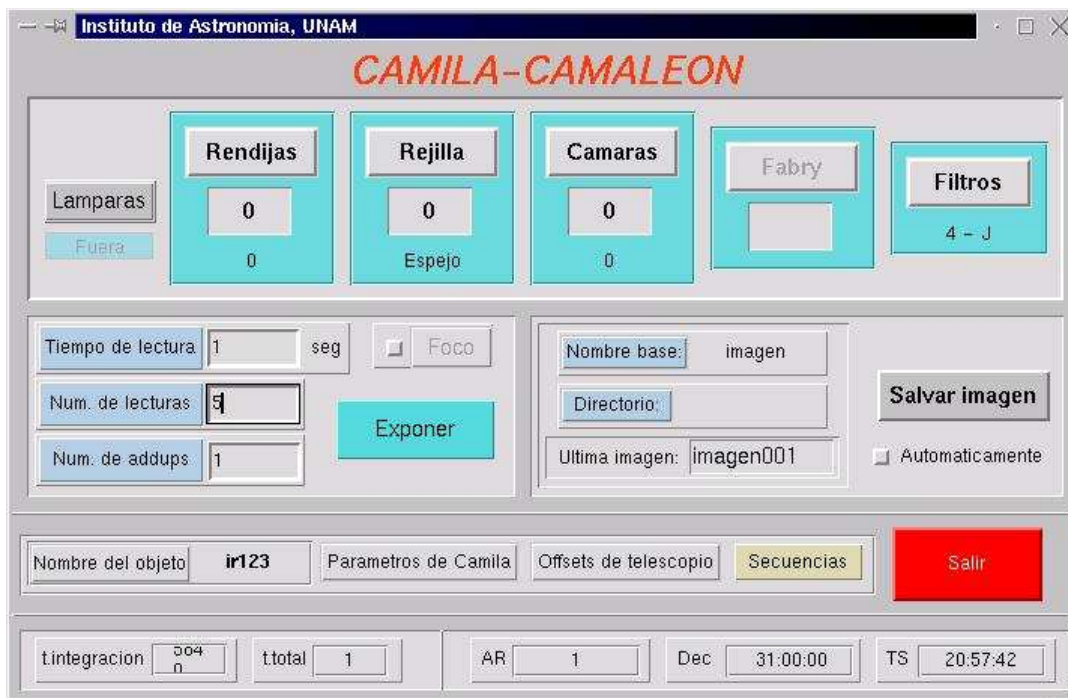
**Figura 5.** Fotografía que muestra el chasis con la computadora y la tarjeta interfaz.

#### **4. LOS PROGRAMAS**

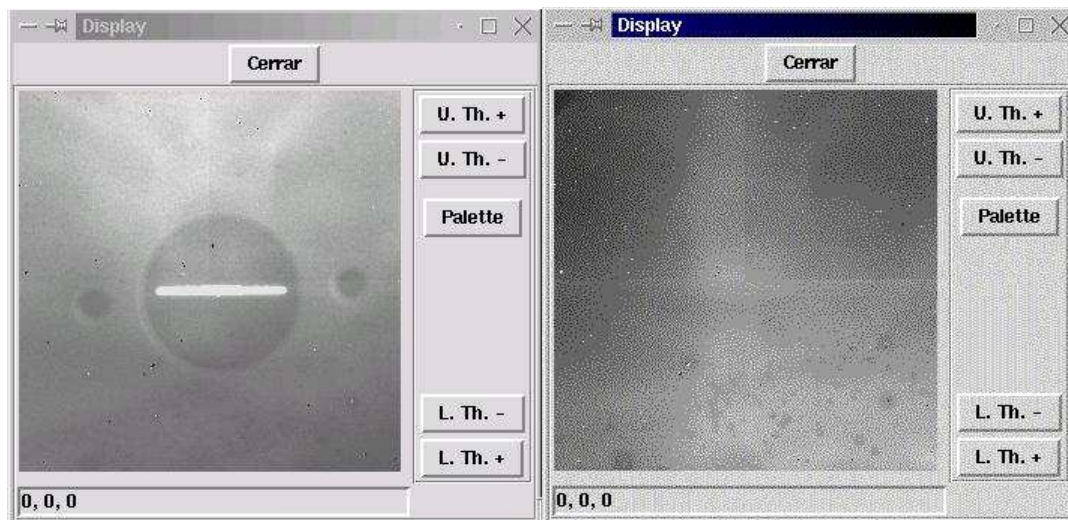
Los programas se han dividido en tres paquetes. Uno es un módulo que se instala automáticamente en el sistema operativo al arrancar la computadora. Este módulo se encarga de hacer el acceso directo a los puertos de la tarjeta para la lectura de los datos. Está escrito en C y compilado con características de módulo para el kernel.

El segundo es el programa principal. Funciona en la misma computadora y es el que se encarga de recibir las instrucciones de la interfaz de usuario. Recibe los datos crudos procedentes del módulo, los ordena y los linealiza y, dependiendo del número de cuadros sumados, calcula el flujo, el nivel de bias y el ruido ajustando una recta a los datos, pixel a pixel. Los datos obtenidos son acomodados en los archivos correspondientes y éstos se envían al usuario a través de la conexión ethernet. Este programa también interactúa con los módulos electrónicos para mover los motores correspondientes. Este programa también ha sido escrito en C y se ha instalado el programa compilado.

El tercero es la interfaz de usuario, propiamente dicha. Se encarga de presentar gráficamente al usuario la información concerniente al instrumento y de procesar los mandos del usuario dados a través de los botones y ventanas que se le presentan. Este programa también ordena al sistema de control del telescopio los pequeños movimientos incrementales (offsets) necesarios, de acuerdo con la secuencia de observación solicitada por el astrónomo. . En la figura 6 se muestra la ventana principal de la interfaz de usuario y en la figura 7 se muestra la ventana en la que el programa



**Figura 6.** Ventana principal del programa que funciona como interfaz de usuario de Camila y Camaleón.



**Figura 7.** Ventana en la que se despliegan las imágenes adquiridas. A la izquierda se muestra la imagen de una de las rendijas y a la derecha una imagen de campo plano. Nótese que son imágenes no procesadas, por que puede apreciarse el ligero escalón que marca la frontera entre cuadrantes, así como los pixeles malos del detector.

presenta las imágenes adquiridas. En la figura presentada, aparece la imagen cruda de una de las aperturas del espectrografo, así como una imagen de campo plano.

## 5. CONCLUSIONES

La tarjeta interfaz aquí presentada ha permitido una operación más versátil del instrumento. Asimismo, su presentación es más compacta que la de su antecesora, permitiendo usar, a su vez, una computadora más compacta. Al mismo tiempo que la electrónica es un poco más rápida, el hecho de que la computadora no tenga que estar atendiendo de tiempo completo a la tarjeta y que el sistema operativo Linux es más rápido que DOS, ha venido a redundar en un aumento neto en la velocidad de lectura por un factor de 2. Es decir, el tiempo necesario para adquirir una imagen con Camila ahora es de sólo la mitad.

Por otra parte, el tener una tarjeta electrónica con componentes más actuales, brinda la seguridad de poder tener reemplazos en caso de falla.

El hecho de hacer el trabajo de observación usando dos computadoras con Linux, las cuales pueden comunicarse por ethernet mucho más fácilmente que en el esquema anterior, ha simplificado la programación y ha hecho más expedita la actualización de las diferentes variables del instrumento. También, la comunicación es más robusta.

Finalmente, el nuevo esquema interfaz-programa ha permitido actualizar simultáneamente los cuatro cuadrantes cuando se opera en modo de "foco". Esto era imposible con la tarjeta anterior. La flexibilidad del nuevo programa ha dado lugar a que la imagen adquirida en el modo de "foco" pueda desplegarse directamente en la pantalla, pudiendo eliminarse la necesidad de un monitor, que era donde se desplegaban las imágenes en este modo, así como los mensajes del programa.

## BIBLIOGRAFÍA

1. I. Cruz-González, L. Carrasco, E. Ruiz, L. Salas, M. Skrutskie, P. Sotelo, F. Barbosa, L. Gutiérrez, A. Iriarte, F. Cobos, M. Meyer, A. Bernal, B. Sánchez, J. Valdez, S. Argüelles, P. Conconi, "*CAMILA: Infrared Camera/Spectrograph*", Memorias de "Stars, Gas and Dust in the Galaxy" en Rev. Mex. Astron. Astrof. **29**, 197-201 (1993).
2. I. Cruz-González, L. Carrasco, E. Ruiz, L. Salas, M. Skrutskie, P. Sotelo, F. Barbosa, L. Gutiérrez, A. Iriarte, F. Cobos, M. Meyer, A. Bernal, B. Sánchez, J. Valdez, S. Argüelles, P. Conconi, "*CAMILA: Infrared Camera/Spectrograph for OAN/SPM*", Instrumentation in Astronomy VIII, D. L. Crawford & E. R. Craine, Editors, Proc. SPIE **2198**, 774-780 (1994).
3. I. Cruz-González, L. Carrasco, E. Ruiz, L. Salas, P. Sotelo, F. Barbosa, L. Gutiérrez, A. Iriarte, F. Cobos, M. Meyer, A. Bernal, B. Sánchez, J. Valdez, "*Sistema para la Detección de Imágenes y Espectros Infrarrojos*", Memorias del IX Congreso de la Sociedad Mexicana de Instrumentación, 300-305 (1995).
4. A. Iriarte, B. Sánchez, P. Sotelo, L. Gutiérrez, "*Sistema de Generación de las Señales para el Manejo y Lectura del Detector NICMOS-3*", Instituto de Astronomía, UNAM, serie Reportes Técnicos, **RT 94-03** (1994).
5. F. Barbosa, P. Sotelo, L. Salas, A. Iriarte, J. Palomares, B. Sánchez, "*Tarjeta Interfaz-PC para la Cámara Infrarroja CAMILA*", Instituto de Astronomía, UNAM, serie Reportes Técnicos, **RT 94-04** (1994).
6. L. Salas, L. Gutiérrez, F. Barbosa, "*Sistema de Adquisición para CAMILA: Computadoras, Modos de Lectura y Programas*", Instituto de Astronomía, UNAM, serie Reportes Técnicos, **RT 94-06** (1994).
7. E. Ruiz, P. Sotelo, A. Bernal, S. Argüelles, "*Electrónica de Lectura del Detector IR NICMOS 3*", Instituto de Astronomía, UNAM, serie Reportes Técnicos, **RT 95-03** (1995).



8. F. Lazo, L. Salas, J. Valdez, "*Control de Posición de la Rejilla, Rendija, Cámara y Lámparas de Comparación del Espectrógrafo de CAMILA*", Instituto de Astronomía, UNAM, serie Reportes Técnicos, **RT 97-01** (1997).
9. I. Cruz-González, L. Salas y E. Ruiz, "*Manual de Usuario para Imagen Directa de la Cámara Infrarroja CAMILA*", Instituto de Astronomía, UNAM, serie Reportes Técnicos, **MU 96-02** (1996).
10. I. Cruz-González, L. Salas, E. Ruiz, J. Valdéz, F. Lazo, L. Gutiérrez, F. Cobos, "*Manual de Usuario para el Espectrógrafo/Cámara Criogénico Infrarrojo de CAMILA: CAMALEÓN*", Instituto de Astronomía, UNAM, serie Reportes Técnicos, **MU 97-03** (1997).

## APENDICE

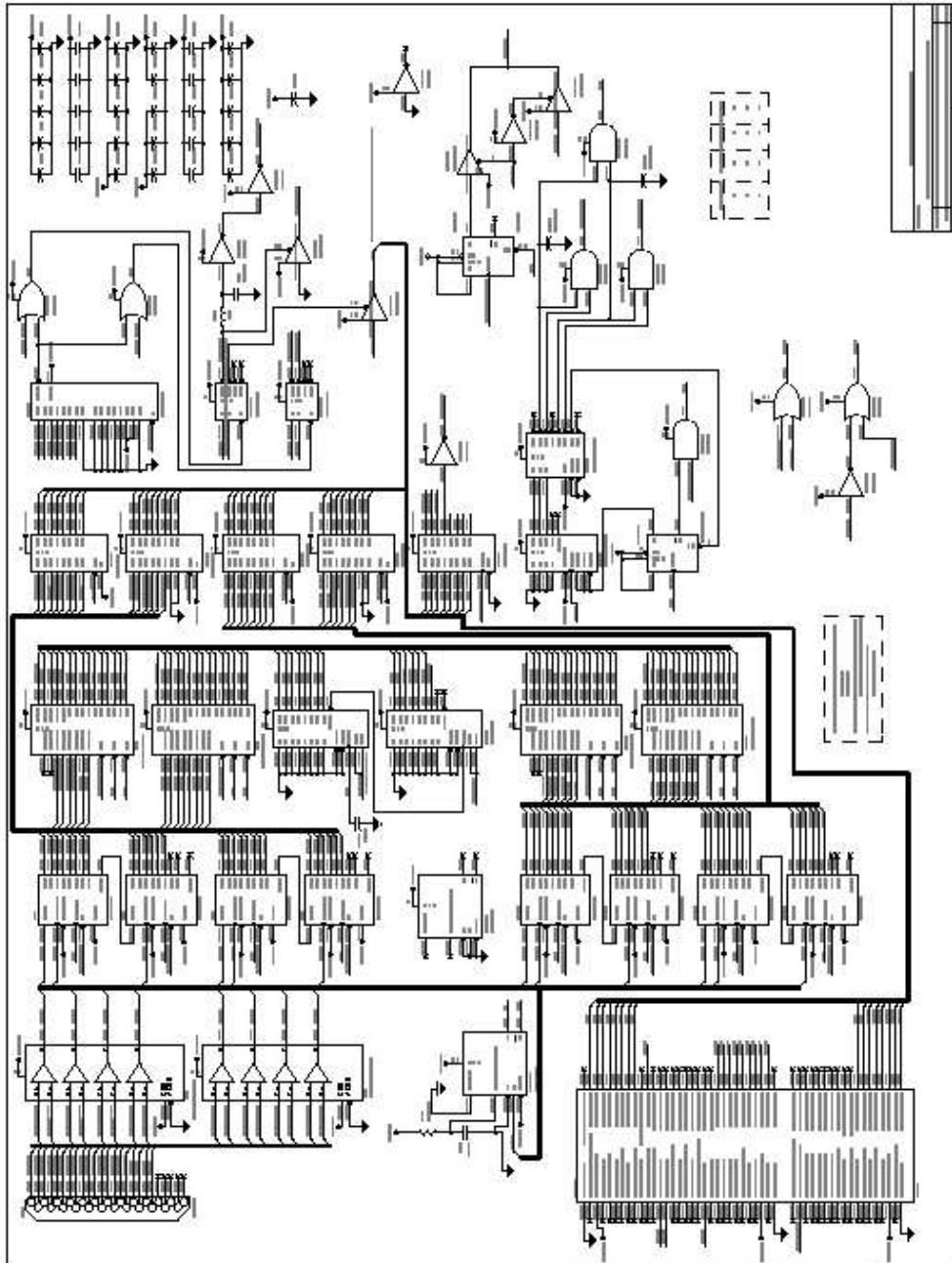


Figura A. Diagrama Electrónico de la Tarjeta Interfaz de Camila.