

**MEZCAL: Un espectrógrafo computarizado para su uso en el
Observatorio Astronómico Nacional.**

L. Gutiérrez, J. M. Murillo, F. Quiroz, M. H. Pedrayes, J. A. López y J. Meaburn.

Resumen

Se ha realizado la computarización del espectrógrafo MES (Manchester Echelle Spectrometer), lo cual permite que sea controlado ahora desde una computadora. El control de los siete ejes de movimiento es realizado por un microcontrolador Atmel AT89C52. Este espectrógrafo será empleado en el telescopio de 2.1 m del Observatorio Astronómico Nacional y ha sido renombrado como MEZCAL.

Introducción

Meaburn et al. (1) desarrollaron el MES para ser usado en el Telescopio Anglo-Australiano. Originalmente, estaba equipado con el IPCS (image photon counting system), el cual posteriormente fue reemplazado por un CCD. Este espectrógrafo ya había sido empleado con éxito en el OAN usando CCDs propiedad del mismo. Sin embargo, el sistema de control ya era obsoleto.

El espectrógrafo tiene siete ejes de movimiento, los cuales eran controlados desde varias consolas que ahora han sido reemplazadas por un sistema electrónico basado en un microcontrolador Atmel. Este microcontrolador recibe instrucciones a través de un puerto serie RS-232, lo cual permite que el espectrógrafo sea ahora controlado desde una computadora personal con Linux.

Las imágenes obtenidas con el CCD son leídas ahora directamente, mediante un programa realizado con ese propósito, sin usar el programa que tradicionalmente se usa para ello.

Descripción global de sistema.

En la figura 1 se muestra un diagrama a bloques del sistema. La primera computadora, que funciona como interfaz de usuario, es una PC con sistema operativo Linux en la cual funciona el programa principal de control. Esta computadora lleva el nombre de "sonaja" y se comunica mediante sockets con la segunda computadora.

Esta segunda computadora, denominada "ccdlinux", y que también es una PC con Linux, es la responsable de adquirir las imágenes del CCD y de comunicarse mediante el puerto serie con el microcontrolador que realiza el control de los movimientos de los motores. Las imágenes adquiridas son enviadas automáticamente a "sonaja". El programa de control es invocado cuando la computadora recibe un mando a través de una conexión de ethernet (socket), habiéndose enviado previamente los parámetros correspondientes por otra conexión. Más adelante se describe cómo se realiza este proceso.

Mediante una tercera conexión, la computadora "ccdlinux" recibe los mandos correspondientes que son retransmitidos por el puerto serie hacia el controlador de motores. Por este mismo puerto, el controlador de motores informa de la posición de los diferentes ejes de movimiento, así como del estado general del sistema.

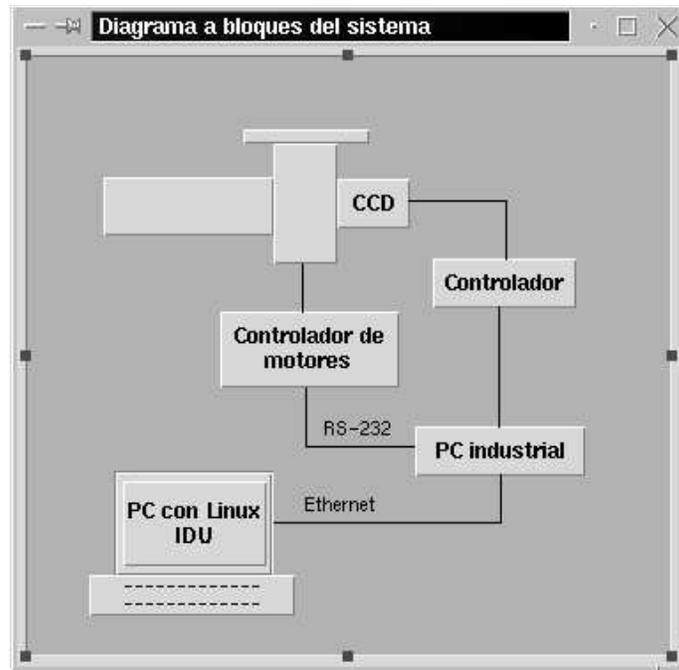


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema.

La interfaz de usuario

La figura 2 muestra la ventana principal de la interfaz de usuario. En ella se muestran básicamente 4 secciones.

- 1) La sección superior permite controlar los diferentes movimientos del espectrógrafo. En el orden que se presentan, éstos son el difusor (diffuser), la rueda de polarizadores

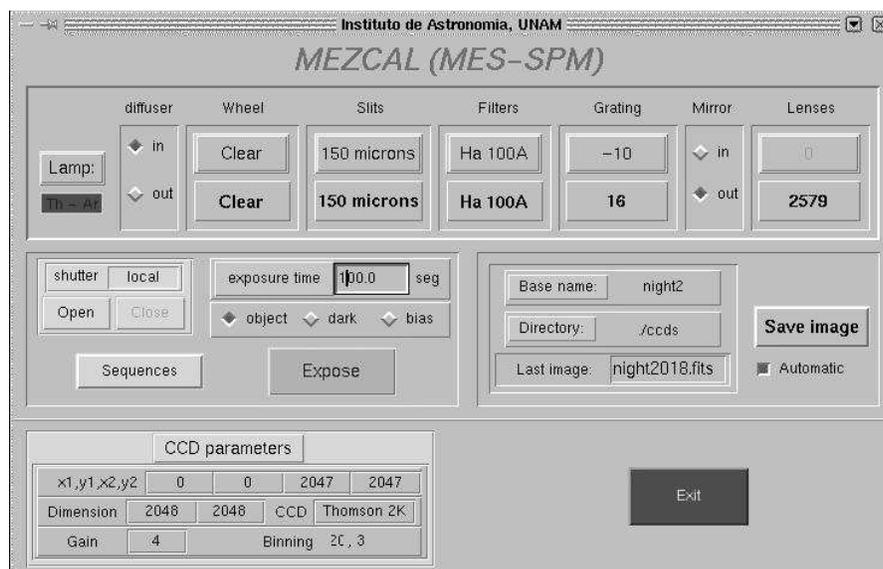


Figura 2. Ventana principal de trabajo

(wheel), el mecanismo de rendijas (slits), el de los filtros (filters), el ángulo de la rejilla de difracción (grating), el espejo (mirror) y el mecanismo de enfoque del colimador (lenses). En los casos del difusor y el espejo, las posiciones posibles sólo son *dentro* y *fuera*. En los otros casos, para cada uno existe un par de recuadros. El superior es un botón que muestra la última posición solicitada y que al activarse desplegará el menú correspondiente para solicitar una nueva posición. El recuadro inferior, en cada caso, muestra la posición actual del eje correspondiente. En el caso del mecanismo del colimador, el botón aparecerá deshabilitado si el seguro está puesto; así, si desea mover el colimador y cambiar el enfoque del espectrógrafo, deberá primero soltar manualmente el seguro que se encuentra junto al colimador. Al activar el botón de la rueda, aparecerá la ventana de la figura 3. Allí se podrá seleccionar la posición deseada.



Figura 3

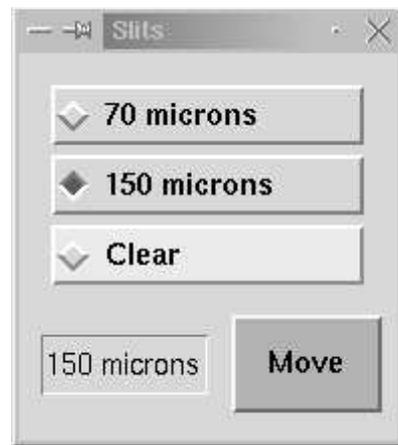


Figura 4

La ventana correspondiente a las rendijas se muestra en la figura 4, para los filtros en la figura 5, para la rejilla en la figura 6 y para el colimador en la figura 7

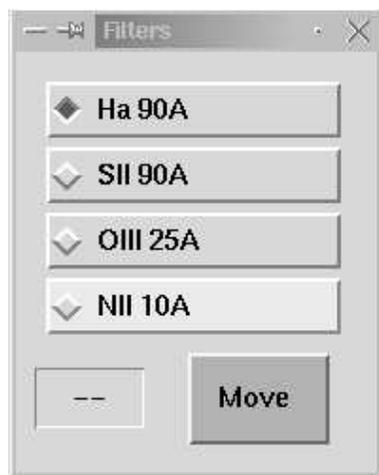


Figura 5



Figura 6



Figura 7

La posición de operación de la rejilla está cerca de cero y el usuario podrá moverla para ubicar mejor su espectro en la imagen. La carrera total para la rejilla va de -70 a $+50$ unidades y una unidad equivale a una rotación de 2.16 minutos de arco en el

mecanismo de la rejilla. La lectura puede variar ligeramente (± 5 cuentas) con movimientos grandes del telescopio, dado que existen pequeñas flexiones tipificadas en el sistema. En el caso del colimador, la carrera total va de 1865 a 3100 unidades. La posición óptima de operación se ha encontrado en 2580. En este caso, como el codificador es un potenciómetro, la lectura puede variar ligeramente con la temperatura.

A la izquierda de esta sección se muestra un botón que permite seleccionar la lámpara deseada y abajo del botón hay un pequeño recuadro que al activarse enciende o apaga la lámpara previamente seleccionada. Si este recuadro aparece de color rojo, la lámpara está encendida; de lo contrario estará apagada. La figura 8 muestra la ventana en la que se puede seleccionar la lámpara. En esta misma ventana es posible encenderla o apagarla.

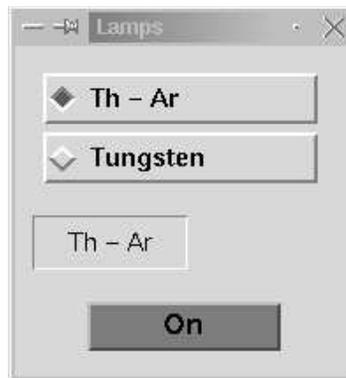


Figura 8

- 2) La sección central izquierda permite manejar tanto el obturador como el CCD, así como iniciar las secuencias de control. En el caso del obturador, al activar con el cursor del *mouse* el recuadro que se encuentra a la derecha de la palabra "shutter", aparecerá un menú que permitirá seleccionar entre los modos *local* y *remoto*. En el modo local, el obturador puede abrirse y cerrarse con los botones marcados como "Open" y "Close". (Si el obturador está abierto, el botón "Open" estará inactivo; de lo contrario el inactivo será el botón "Close".)

En el modo remoto, no es posible controlar el obturador desde la interfaz y será accionado automáticamente por el controlador del CCD. Al iniciar una integración, el obturador se abrirá automáticamente y se cerrará al concluir la integración.

Con el botón identificado como "Exposure time" es posible cambiar el tiempo de integración del CCD, seleccionando algunos de los valores prefijados, o también puede definirse en el recuadro de edición ubicado a la derecha. Este tiempo está en segundos y representa el tiempo que el CCD estará integrando antes de ser leído. No se recomiendan tiempos inferiores a 0.1 segundos ya que entonces el tiempo de integración es comparable al tiempo de apertura del obturador.

Con los tres pequeños botones es posible elegir entre una exposición normal (object), adquirir sólo la corriente oscura (dark) o el nivel base de la electrónica del CCD (bias).

Para iniciar una exposición, existe el botón "Expose". Al oprimir este botón iniciará el proceso de exposición-lectura del CCD. Al activarse este botón, si el tiempo de integración es superior a 5 segundos, la leyenda que lo identifica cambiará a "Cancel";

si el tiempo es menor que 5 segundos la leyenda se desvanecerá indicando que el botón está inactivo. Así, si el tiempo es superior a 5 segundos, será posible cancelar una exposición; en este caso, la imagen será leída de todas maneras, aunque, en este caso, no se tendrá una medida precisa del tiempo neto de integración. También, si el tiempo de integración es mayor que 5 segundos, aparecerá una pequeña ventana con una barra de avance indicando el porcentaje del tiempo transcurrido. Al concluir la lectura de la imagen del CCD, ésta se desplegará como se describe más adelante, si en la ventana correspondiente (figura 11) se activó el botón "Display img".

Con el botón "Sequences" se iniciará el proceso de operación mediante el uso de secuencias *ad-hoc*, las cuales se describen en una sección posterior.

- 3) La sección central derecha tiene que ver con el manejo de los archivos de las imágenes obtenidas. El botón "Base name" permite determinar el prefijo común para una serie de archivos. El programa se encargará de agregarle un numero secuencial de tres cifras junto con la terminación ".fits". Así, por ejemplo, si el prefijo dado fue "night1", la primera imagen salvada se llamará "nighth1001.fits", la segunda será "nighth1002.fits" y así, sucesivamente. En la figura 9 se muestra la ventana en la que se deberá teclear este prefijo.

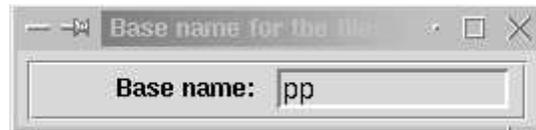


Figura 9

Con el botón "Directory" es posible definir el directorio donde se salvarán las imágenes. Por defecto, el directorio es "/home/observa/". Pero si al oprimir este botón se define el directorio como "/ccd", las imágenes se guardarán en el directorio "/home/observa/ccd". Si el directorio no existe, el programa lo creará de manera automática. La figura 10 muestra la ventana en la que se deberá teclear el directorio de interés.

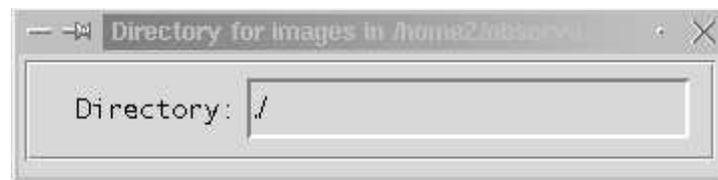


Figura 10

Al oprimir el botón "Save image", la última imagen adquirida se guardará en el archivo correspondiente en formato fits. A continuación se muestra un ejemplo del encabezado de una imagen.

```

SIMPLE =          T / file does conform to FITS standard
BITPIX =          16 / number of bits per data pixel
NAXIS =           2 / number of data axes
NAXIS1 =          256 / length of data axis 1
NAXIS2 =          341 / length of data axis 2
EXTEND =          T / FITS dataset may contain extensions
COMMENT FITS file created with a program written by L Gutierrez
COMMENT Observatorio Astronomico Nacional, San Pedro Martir, B.C., Mexico
  
```

```

OBSERVAT=      '   spm' /Observatory
CAMERA =       '   TK1K' /Detector
TELESCOP=     '   2m' /Telescope
INSTRUME=     '   MES' /Instrument
EXPTIME =     01000 / Integration time, mseg
CBIN  =       00004 / Column binning in the CCD
RBIN  =       00003 / Row binning in the CCD
GAIN  =       00001 / Gain factor in the CCD
CORG  =       00000 / Column origin
ROrg  =       00000 / Row origin
WHEEL =       '   Pol 90' / Wheel
FILTER =      '   SII 90á' / Filter
GRATING=     '   -26' / Grating
APERTURE=    '   Clear' / Aperture
RA    =       ' 00:00:00' / Right Ascension
DEC   =       ' 31:00:00' / Declination
ST    =       ' 19:27:47' / Sidereal Time
UT    =       ' 00:54:42' / Universal Time
JD    =       '2451842.5' / Julian Day
DATE-OBS=    '2000-09-25' / Observation date
AIRMASS =     1.00 / Airmass
END

```

Si el botón "automatic" está marcado, entonces, cada que se realice una exposición, la imagen se salvará automáticamente. De lo contrario, habrá que activar el botón "Save Image".

- 4) En la sección inferior izquierda se muestran los parámetros del CCD, junto con un botón identificado como "CCD Parameters". Al oprimir este botón se desplegará la ventana de la figura 11, en la que se podrá seleccionar tanto el CCD en operación,

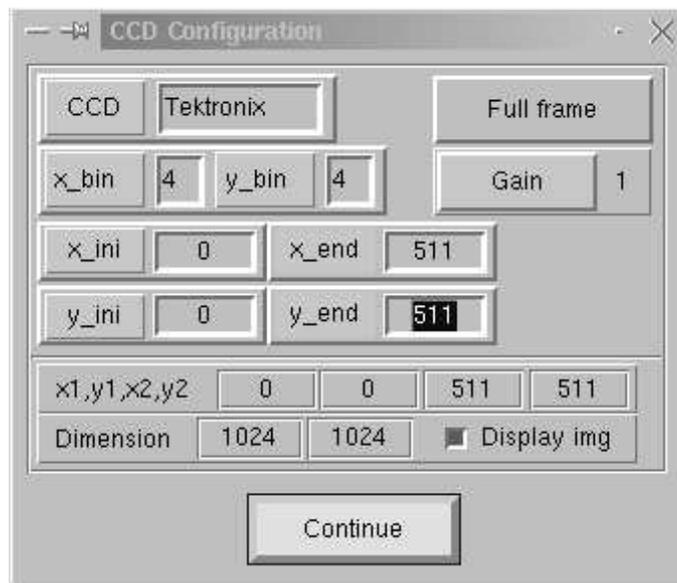


Figura 11

como el renglón y columna iniciales, renglón y columna finales, el factor de *binning* y la ganancia. El número de renglón y de columna inicia en 0 y termina en la dimensión menos 1. Por ejemplo, en un CCD de 1024 x 1024 pixeles, los números de renglón y

de columna irán de 0 a 1023. El factor de binning es independiente en cada dirección y va de 1 a 4. La ganancia sólo puede valer 1 o 4; este valor determinará el número de electrones por ADU (unidad digital) y con ganancia 4 será cuatro veces mayor que con ganancia 1. Obviamente, el convertidor se saturará antes con ganancia 4 que con ganancia 1. Con el botón "Full frame" se podrán definir el renglón y la columna iniciales como cero y las finales como los últimos del detector.

Para terminar el programa, existe el botón "Exit". Al oprimirse, aparecerá una ventana (figura 12) que preguntará si realmente se desea terminar. Si la respuesta es "Yes", el programa se dará por terminado.



Figura 12

Al iniciar operaciones

Para correr el programa deberá teclearse en una ventana de comandos la palabra *mezc*. En respuesta aparecerá la ventana de la figura 13. En ella, el usuario podrá definir las etiquetas correspondientes a cada una de las posiciones de la rueda, del mecanismo de

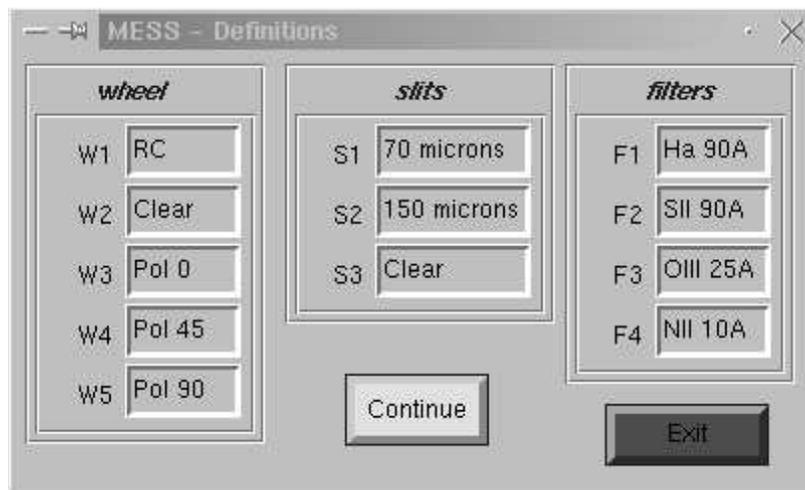


Figura 13

rendijas y del mecanismo de filtros, dependiendo de lo que se haya instalado en cada lugar. Las etiquetas mostradas en la figura son las que aparecerán por defecto la primera vez que se corra el programa.

En este punto, también será posible salir del programa con el botón "Exit". Si se selecciona "Continue", el programa presentará la ventana de la figura 11, que es donde el usuario define los parámetros del CCD. Al oprimir "Continue", el programa desplegará la ventana principal de trabajo, mostrada ya en la figura 2.

Secuencias

Al oprimir en la ventana principal el botón "Sequences", aparecerá la ventana de la figura 14. En este caso, todos los botones de la ventana principal se volverán inactivos.

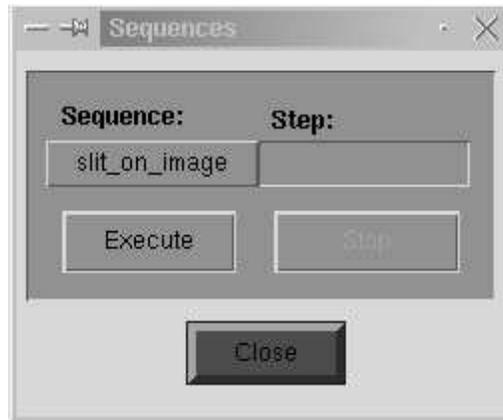


Figura 14

Oprimiendo el botón ubicado abajo de la palabra "Sequence:", se desplegará la ventana de la figura 15, en la que será posible elegir y visualizar una de las secuencias disponibles. Las únicas secuencias disponibles por defecto para el usuario son las que se

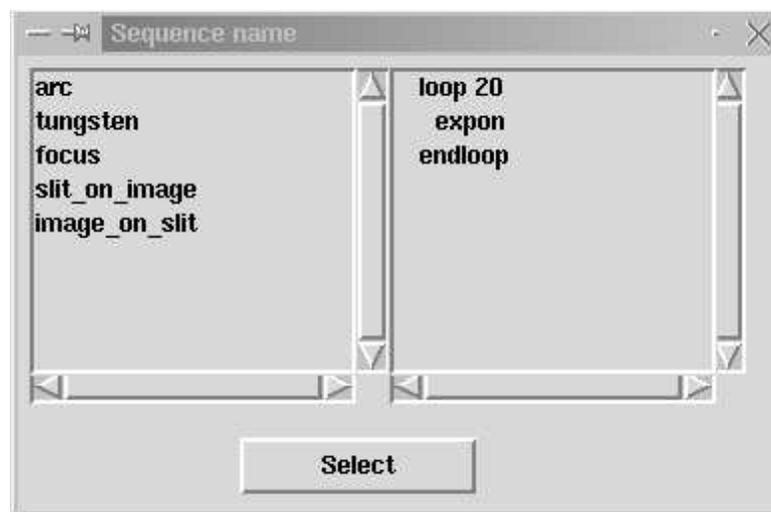


Figura 15

presentan en la figura 15, pero cada usuario podrá construir sus propias secuencias. Para esto, usando un editor de textos, el usuario puede generar un archivo que podrá copiar con el nombre "secuencias" al directorio "/home2/observa/mes_work", que es el directorio de trabajo del sistema. Es importante que el usuario respalde sus secuencias si desea usarlas con posterioridad, ya que cada que el programa inicie restaurará en el

archivo "secuencias" las secuencias dadas por defecto.

En la ventana indicada, con el cursor del ratón de la computadora se podrá marcar una de las secuencias enlistadas a la izquierda y cuyo contenido se desplegará a la derecha. Si la secuencia marcada es la deseada, podrá elegirse usando el botón "Select". En este caso, la ventana de la figura 15 se cerrará y el usuario podrá iniciar la ejecución de la secuencia usando el botón "Execute" de la ventana de la figura 14.

Para construir las secuencias, cada una deberá iniciar con un nombre, precedido de la palabra "nombre" y deberá terminarse con la palabra "fin". Por ejemplo, la siguiente secuencia realiza 20 exposiciones consecutivas.

```
nombre focus
  loop 20
    expon
  endloop
fin
```

A continuación se enlistan los mandos posibles en una secuencia.

```
ask follow
ask skip
decr var n
delay n
diffuser in
diffuser out
endloop
expon
filter n
grating m
incr var n
lamp arc
lamp off
lamp tun
lens m
loop n
mirror in
mirror out
nbase
posmot
saveima
shutter open
shutter close
slit n
tint t
variable name valor
wheel n
```

He aquí también una descripción de cada uno de los mandos:

ask follow – Despliega una ventana que pregunta si se desea cancelar la secuencia o macro. Si la respuesta es "Yes" la secuencia se dará por terminada; si la

respuesta es "No", la secuencia continuará de manera normal. Este mando es muy útil como instrucción final en un "loop" para poder abortarlo antes de tiempo.

- ask skip** – Despliega una ventana que pregunta si se desea saltar la instrucción siguiente. Si la respuesta es "No" la secuencia continuará de manera normal; si es "Yes", la instrucción siguiente será ignorada. Este mando es útil para tomar decisiones en línea, cuando no se sabe de antemano lo que se hará en ese momento. Por ejemplo, puede insertarse el código siguiente:
 - ask skip
 - mirror in
 - ask skip
 - mirror outAquí, si desea que el espejo entre, en la primera ventana deberá responderse "No" y en la segunda "Yes", de manera que ejecute el renglón "mirror in" e ignore el renglón "mirror out".
- decr var n** – Decrementa la variable *var n* unidades.
- delay n** – Genera un retardo de *n* milisegundos.
- diffuser in** – Introduce el difusor de las lámparas.
- diffuser out** – Saca el difusor.
- endloop** – Mando de control que da por terminado un *loop* o lazo de mandos dentro de una secuencia. No se permiten lazos anidados.
- expon** – Solicita una exposición en el detector. El tiempo de integración será el que se haya solicitado en la interfaz de usuario o por el tiempo *t* dado por *tint*, si este mando se dio antes de *expon*.
- filter n** – Envía el mecanismo de filtros a la posición *n*, donde *n* puede ir de 0 a 3.
- grating m** – Envía la rejilla a la posición *m*; *m* puede estar comprendido entre -70 y 50. El error de posicionamiento puede valer del orden de 1 cuenta. Una cuenta equivale a 2.16 minutos de arco, lo que implica un error de unas 300 micras en el detector.
- incr var n** – Incrementa la variable *var n* unidades.
- lamp arc** – Enciende la lámpara de torio/argón.
- lamp off** – Apaga la lámpara que este encendida.
- lamp tun** – Enciende la lámpara de tungsteno.
- lens m** – Envía el mecanismo de las lentes a la posición *m*, a fin de enfocar la cámara/colimador. El valor de *m* puede estar comprendido entre 1865 y 3100. Generalmente, no es necesario mover las lentes.
- loop n** – Mando de control que indica que el código que sigue, hasta el mando *endloop*, se repetirá *n* veces, iniciando un *lazo* de mandos.
- mirror in** – Introduce el espejo entre el haz colimado y la rejilla, a fin de obtener la imagen directa del objeto.
- mirror out** – Quita el espejo para que el sistema vuelva a funcionar como espectrógrafo.
- nbase nnn** – Especifica que el prefijo de las imágenes que se salven de este punto en adelante será *nnn*.
- posmot** – Solicita la posición de todos los motores. Es importante dar este mando si se quiere estar seguro de que todos los mecanismos estén correctamente posicionados. En caso de que haya un movimiento en proceso, este mando espera a que el movimiento concluya antes de desplegar las posiciones respectivas. Este mando no detecta el final del movimiento del difusor ni del espejo, por lo que en estos casos se recomienda utilizar el mando *delay*. Un retardo de 5 segundos para el espejo y de 25 segundos para el difusor es suficiente.
- saveima** – Mando de control que indica que todas las imágenes que se obtengan de este punto en adelante serán guardadas automáticamente. El prefijo de las imágenes será el dado con el botón "Base name" o con el mando *nbase* dentro de la secuencia.

- shutter close** – Cierra el obturador.
- shutter open** – Abre el obturador. Esta acción es independiente de los mandos del CCD para abrir el obturador.
- slit n** – Envía el mecanismo de rendijas a la posición n , donde n puede ir de 0 a 2
- tint t** – Establece el tiempo de integración. t debe estar en milisegundos.
- variable nnn valor** – Especifica que nnn será el nombre de una variable que podrá usarse de este punto en adelante y que su valor inicial es *valor*.
- wheel n** – Envía la rueda a colocarse en la posición n , donde n puede ir de 0 a 4.

Despliegue de la imagen

Al concluir una exposición, si en la ventana de la figura 11 se activó el botón "Display img", la imagen se desplegará en una ventana como la mostrada en la figura 16. Esta ventana permite visualizar de manera muy cruda la imagen, pero es muy útil para tener una idea cualitativa de la imagen obtenida. Si se desea ver la imagen con más detalle, se sugiere salvarla y visualizarla con algún paquete como el Saotng.

De todas maneras, la ventana de la figura 16 cuenta con cuatro botones, identificados como "U. Th. +", "U. Th.-", "L. Th+" y "L. Th-", los cuales permiten incrementar y decrementar los umbrales superior e inferior, respectivamente, que definen el máximo y el mínimo para la escala de despliegue. Estos umbrales están referidos en términos de la desviación estándar (σ) con respecto a la media de la imagen. Por defecto, el umbral superior se fija en 2 veces σ arriba de la media y el umbral inferior 3 veces σ abajo de la media. Al oprimir uno de los botones, el umbral correspondiente ("U. Th. +" y "U. Th.-" para el umbral superior y "L. Th+" y "L. Th-" para el inferior) se incrementará o se disminuirá, según el caso, en 0.2 veces σ . Nótese que al oprimir "L. Th+" el tamaño del

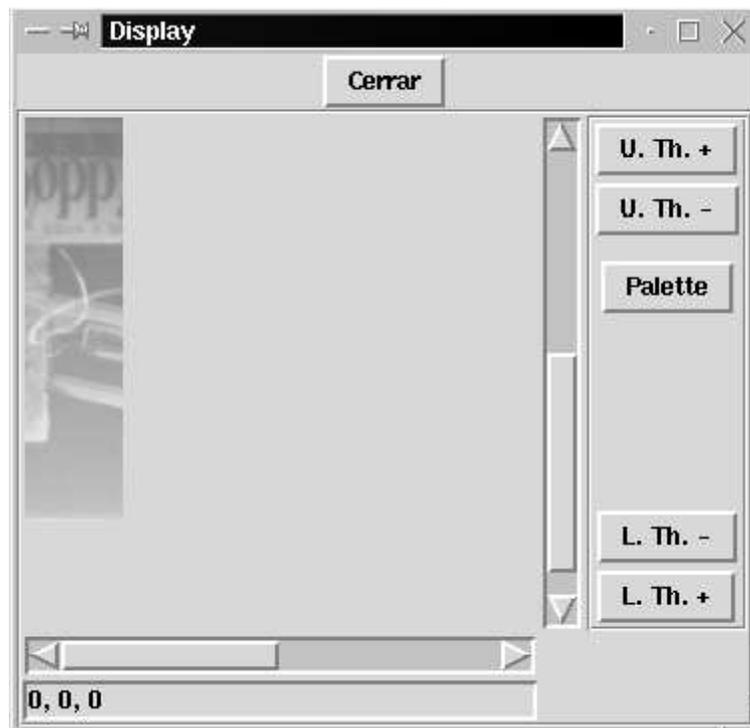


Figura 16

umbral inferior aumentará, pero en términos relativos, el umbral estará bajando. En esta ventana también se encuentra el botón "Palette". Al oprimirlo, aparecerá la ventana de la figura 17, en la que se podrá seleccionar una de las diferentes paletas de colores para desplegar la imagen, a conveniencia del usuario. La paleta que se despliega por defecto es "b & w1".



Figura 17

Descripción de los cambios realizados.

- 1) La rueda de polarizadores, basada en un mecanismo de Ginebra rotatorio de 5 posiciones, estaba codificada mediante un potenciómetro. El voltaje de salida del cursor del potenciómetro, debidamente calibrado, proporcionaba una medida de la posición de la rueda. Ahora, el sistema cuenta con un interruptor mecánico que indica la posición *cerro* y un sensor de proximidad que permite detectar la posición de reposo del rotor del mecanismo de Ginebra. Contando el número de veces que se detecta dicha posición de reposo, es posible saber la posición de la rueda. El microcontrolador es capaz de realizar el movimiento eligiendo la trayectoria más corta.
- 2) El sistema porta rendijas cuenta también con un mecanismo de Ginebra, pero en este caso es un mecanismo lineal con 3 posiciones. La manera de codificar la posición también se realizaba con un potenciómetro y ha sido sustituida por una combinación de un interruptor mecánico para detectar la posición *cerro* y un sensor de proximidad para detectar la posición de reposo del rotor. En este caso, dado que el movimiento es lineal, se han mantenido dos interruptores límite para cortar la corriente a los motores en caso de emergencia.
- 3) El sistema porta filtros es similar al de las rendijas, pero con 4 posiciones.
- 4) El movimiento del espejo se realizaba antes neumáticamente, dado que sólo interesan las posiciones "dentro" y "fuera". Debido a las complicaciones que esto implica (suministro de aire seco en el telescopio, p. ej.) se decidió cambiar por un sistema motorizado con acoplamiento de engrane-sinfín. En este caso, sólo se detecta cuando está adentro y cuando está afuera y el movimiento se detiene mediante interruptores

mecánicos. En el apéndice A se muestran los diagramas mecánicos de este mecanismo.

- 5) El movimiento del difusor para las lámparas de comparación se mantuvo sin cambios mecánicos, quedando la combinación de tornillo–tuerca embalada existente y sólo se modificó el sistema electrónico que enciende las lámparas, para que el encendido–apagado sea ejecutado mediante una orden enviada por la computadora.
- 6) El sistema de movimiento del colimador se mantuvo sin cambios y la posición sigue midiéndose con la ayuda de un potenciómetro de 10 vueltas.
- 7) La rejilla de difracción se mueve con la ayuda de una leva excéntrica y un conjunto de engrane–sinfín. El sistema de movimiento no se modificó, pero sí la forma de codificar la posición. Antes se realizaba con la ayuda de un potenciómetro acoplado al eje del sinfín y ahora se instaló un codificador circular de posición con señales de salida en cuadratura, con una resolución de 1/10000 en una vuelta, acoplado directamente al eje de giro de la montura de la rejilla.
- 8) El sistema electrónico de control está basado ahora en un microprocesador ATMEL AT89C52, y en el apéndice B se muestran los diagramas electrónicos de la circuitería de control, así como de los relevadores y demás periféricos.
- 9) El control del obturador antes se realizaba enviando directamente un voltaje (24 volts) a la bobina de un solenoide. Ahora se ha instalado un circuito electrónico que envía un pulso de 24 volts durante 100 ms para abrir el obturador y luego mantiene un voltaje de 10 volts para mantener abierto el obturador. Esto disminuye el calor disipado por la bobina del solenoide. Este circuito también permite que el obturador sea controlado directamente por el microcontrolador o por el controlador del CCD.

Los programas

La interfaz de usuario fue escrita en Tcl/tk y se encuentra en un solo archivo, llamado "mezcal" que tiene atributos de ejecutable, por lo que para ejecutar el programa bastara con teclear la palabra "mezcal". Este programa hace uso de una serie de programas escritos en "C"; los programas compilados se encuentran en el mismo directorio que "mezcal" y son los siguientes:

- afits,
- appm,
- disecuencia,
- fecha,
- huniversal,
- juliano,
- pixel,
- quesecuencias y
- tsideral.

También, en el mismo directorio, se encuentra el archivo "secuencias", que es donde se encuentran escritas las secuencias.

Al correr, el programa crea un directorio auxiliar llamado "mes_work", ubicado en

"/home/observa" en la computadora "sonaja". En ese directorio, el programa crea un archivo llamado "mezcal.cfg" y durante la operación crea los archivos "son_secuencias" y "ultima_sec". El programa copia también a este directorio el archivo "secuencias", que es el que el usuario puede editar o sustituir.

En la otra computadora ("ccdlinux"), normalmente están corriendo los siguientes 4 procesos que se inician al encender o reiniciar la computadora:

```
./serie_ccd  
faucet 4950 --in './mesccd'  
faucet 4951 --in sh -c 'rm -f params.ccd; cat - > params.ccd'  
faucet 4952 --in sh -c 'rm -f mandos.ccd; cat - > mandos.ccd'
```

El programa "serie_ccd" abre una conexión por el puerto 4955, que es por donde recibe los mandos que habrán de enviarse al controlador de motores. Si recibe un mando que empieza con el signo '>', simplemente envía el mando (sin el signo) por el puerto serie. Si el mando empieza con '<', el programa lo envía y espera la respuesta del controlador. La respuesta es enviada de regreso por la conexión del puerto 4956

El "faucet 4951 ..." escribe lo que recibe en el archivo "params.ccd", que es el archivo de los parametros que usará el programa "mesccd". Este archivo se regenera cada que en la interfaz del usuario se activa el botón "Expose" o cuando en una secuencia se da el mando "expon".

El "faucet 4950 ...", al recibir algo por la conexión, inicia el programa "mesccd" que es el programa que realiza la exposición y lectura de la imagen del CCD. Cuando la imagen se ha adquirido, se escribe en la computadora "sonaja", en el directorio correspondiente. (El directorio "/home/observa" de sonaja está montado en la computadora "ccdlinux" como el directorio "/remoto".) Una vez escrita la imagen, se envía el mando "display" por la conexión del puerto 4952 y es cuando la interfaz de usuario despliega la imagen.

El "faucet 4952 ..." envía lo que recibe al archivo "mandos.ccd". Este archivo es supervisado constantemente por el programa "mesccd". Básicamente, el único mando que interesa por el momento es "cancela", con el cual la integración de una imagen es abortada. En ese momento, la imagen parcialmente adquirida es leída y enviada a la computadora "sonaja".

Agradecimientos

Agradecemos muy ampliamente a Jorge Valdez, a Eduardo López y a Benjamín García por todo el trabajo de maquinado mecánico que tuvieron que realizar, sin el cual este proyecto no se hubiera llevado a cabo. También agradecemos a Esteban Luna y a Víctor García por su ayuda en la pre-alineación del instrumento. Y, por supuesto, agradecemos a José A. López y a John Meaburn por la confianza que nos tuvieron al poner en nuestras manos el espectrógrafo.

Bibliografía

- 1) Meaburn, J., Blundell, B., Carling, R., Gregory, D. F., D. Keir and Wynne, C. G., 1984. *Mon. Not. R. Astr. Soc.* **210**, 463.
- 2) Honeywell. *Instalation Instructions for the 992 Series 3-Wire DC Proximity Sensors.*

- 3) Welch, B. B., 1995. *Practical Programming in Tcl and Tk*. Prentice Hall.
- 4) BII Research, 1997. *Series 200 LINUX Developer Kit*.

Apéndice A

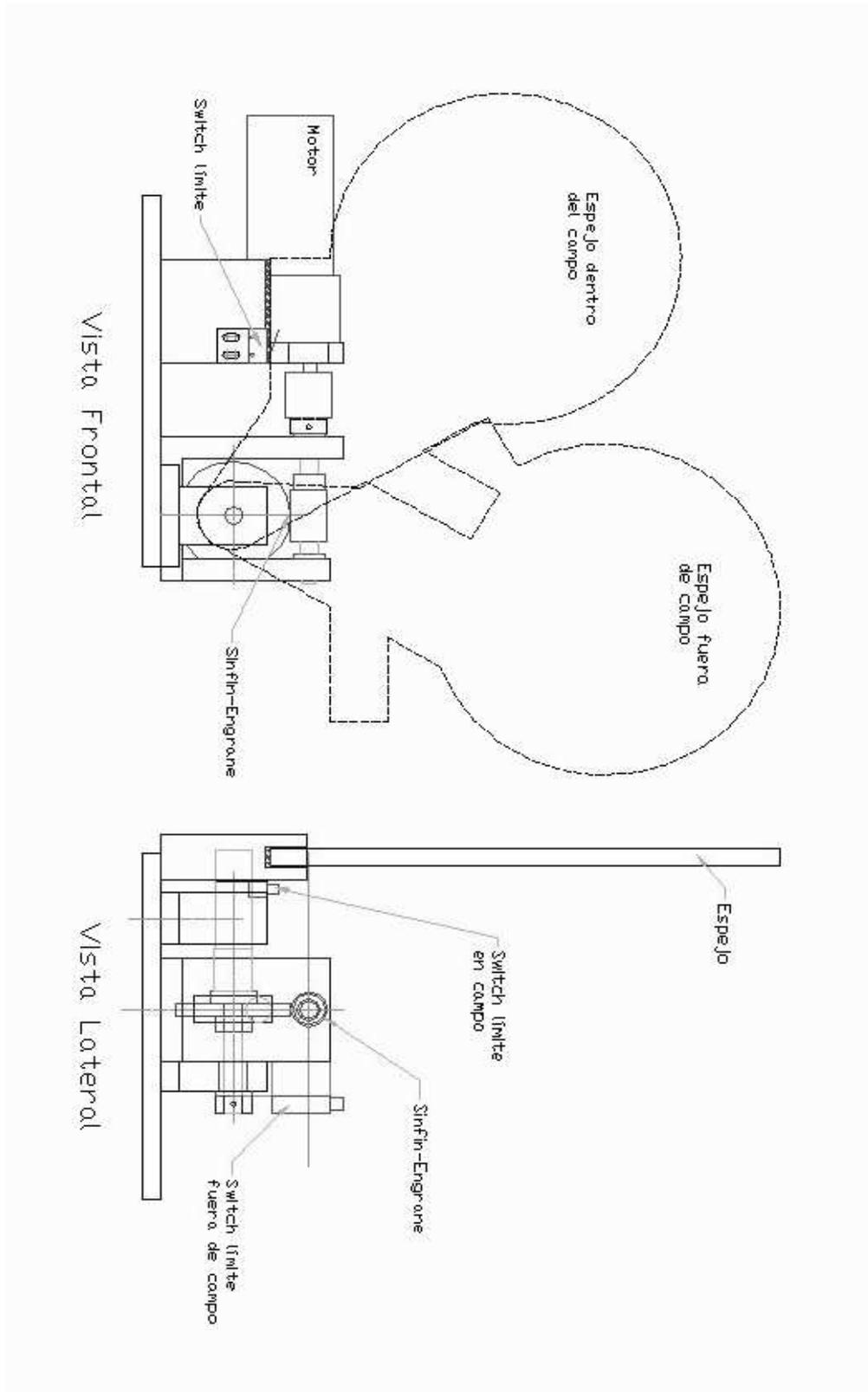


Figura A1. Esquema del sistema de movimiento del espejo

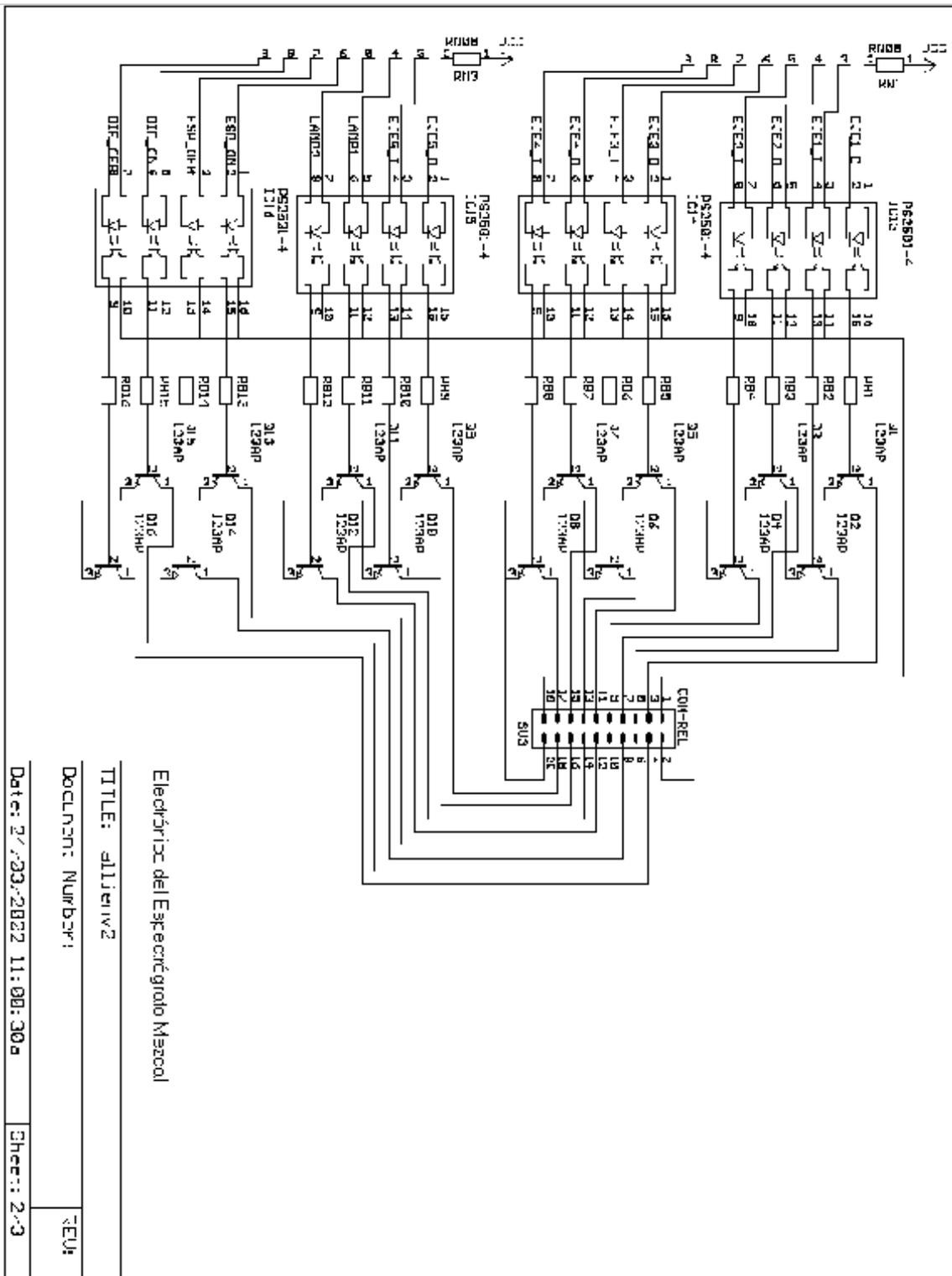


Figura B2 . Diagrama del sistema electrónica de control. Parte 2.

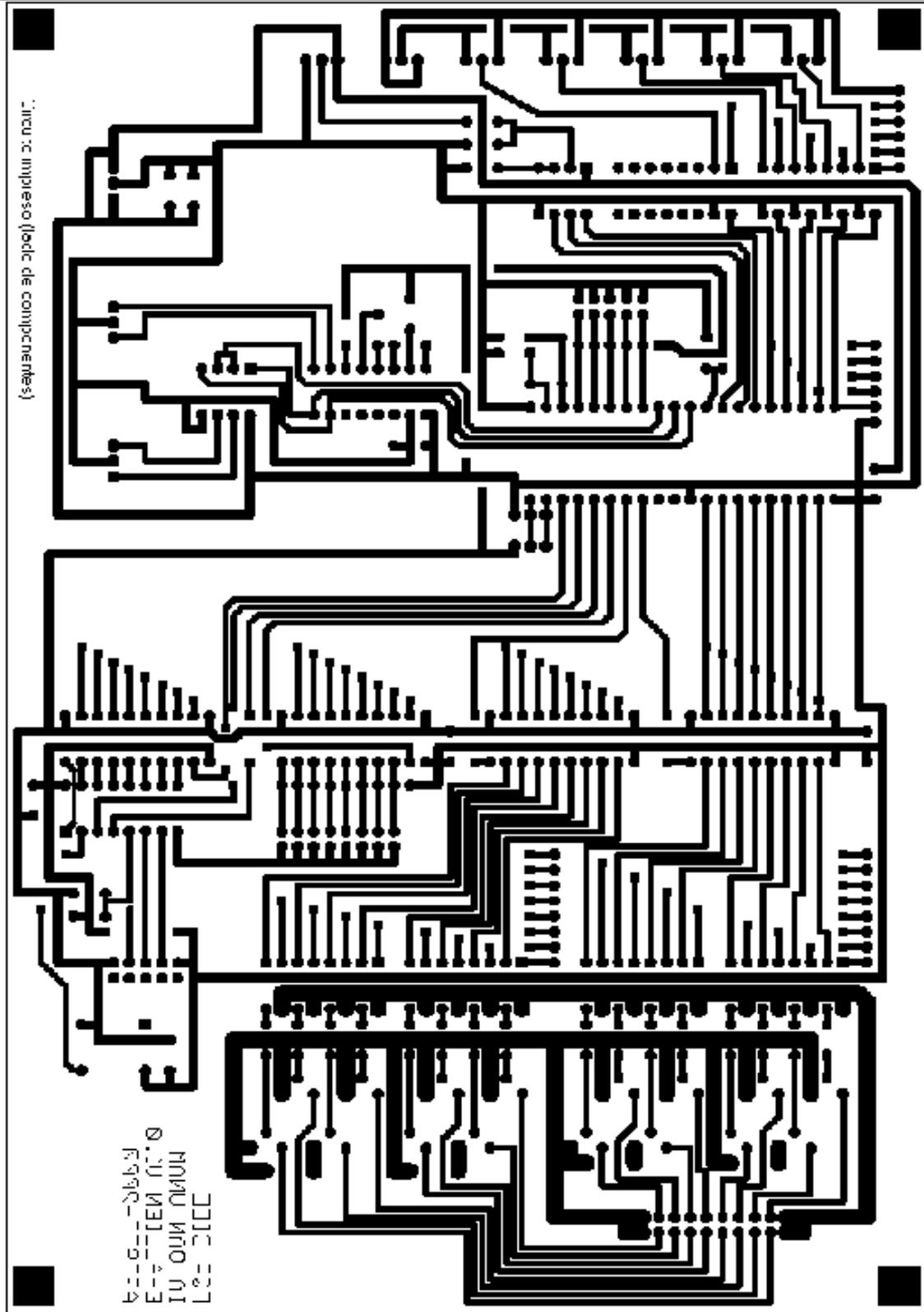


Figura B4. Diagrama del circuito impreso del sistema electrónica de control. Lado de componentes.

