

## Instituto de astronomía

### Publicaciones Técnicas



---

**“Reporte Técnico”**

**RT-2010-02**

**SISTEMA DE ADQUISICIÓN PARA SENSORES DE TEMPERATURA DEL  
TELESCOPIO DE 84cm.**

F. Murillo, E. Luna, J.M. Núñez, J.M. Murillo, G. Guisa, A. Córdova, B. García, U. Ceseña.

Julio de 2010

---

# SISTEMA DE ADQUISICIÓN PARA SENSORES DE TEMPERATURA DEL TELESCOPIO DE 84cm.

Versión 1.0.

F. Murillo, E. Luna, M. Núñez, J.M. Murillo, G. Guisa, A. Córdova, B. García, U. Ceseña.

## **Resumen.**

El presente trabajo documenta el diseño e implementación de un sistema de adquisición para sensores de temperatura instalados en el telescopio de 84cm. El sistema toma lecturas de 11 sensores y las envía vía red a un servidor donde son procesadas, la información obtenida es desplegada en una pagina web.

Septiembre de 2008.

<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN.....</b>	<b>1</b>
2.1 Sensores de temperatura. ....	4
2.2 Calibración de sensores.....	5
<b>3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA.....</b>	<b>7</b>
3.1 Distribución de sensores en el telescopio. ....	8
<b>4. ESTRUCTURA DE LOS PROGRAMAS DE CAPTURA DE DATOS.....</b>	<b>10</b>
4.1 Archivos de almacenamiento de datos.....	11
<b>5. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN UNA PÁGINA WEB. ....</b>	<b>11</b>
<b>6. ACCESO Y VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS DESDE LA     COMPUTADORA GRULLA. ....</b>	<b>13</b>
<b>APENDICE A. DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS. ....</b>	<b>15</b>
Diagrama A1. Esquemático del sistema de adquisición. ....	15
Diagrama A2. Mapa de componentes del sistema de adquisición.....	16
Diagrama A3. Esquemático de la tarjeta del sensor.....	17
Diagrama A4. Mapa de componentes de la tarjeta del sensor. ....	18

**Lista de figuras.**

- Figura 1. Esquema del sistema de adquisición para 24 sensores de temperatura.
- Figura 2. Vista interior del sistema de adquisición.
- Figura 3. Vista de los puertos I2C.
- Figura 4. Conexiones de red y alimentación del sistema de adquisición.
- Figura 5. Gráficas de calibración.
- Figura 6. Instalación del sistema de adquisición en la platina del telescopio.
- Figura 7. Colocación de sensores en el espejo primario.
- Figura 8. Colocación de sensores en el tubo y en el secundario.
- Figura 9. Sujeción de un sensor de contacto en el espejo primario.
- Figura 10. Organización de los programas.
- Figura 11. Tabla de despliegue de condiciones actuales.
- Figura 12. Gráfica de temperaturas de los espejos primario y secundario.
- Figura 13. Gráfica de temperaturas del aire dentro del tubo del telescopio.
- Figura 14. Programa del secundario modificado para desplegar temperatura.
- Figura 15. Menú de instrumentos de la PC Grulla.

**Lista de tablas.**

- Tabla 1. Señales en cada conector DB9.
- Tabla 2. Offsets encontrados para cada sensor.

## **1 Introducción.**

La calidad de imagen de un telescopio es afectada por la existencia de gradientes de temperatura entre sus espejos y el aire que los rodea, ya que se crean celdas de aire caliente con gradientes de índice de refracción que desvían la trayectoria de los rayos luminosos provenientes de las estrellas.

Con la finalidad de conocer la magnitud de los gradientes de temperatura, se han colocado sensores de temperatura en los telescopios en el pasado, sin embargo en la actualidad no se cuenta con un sistema con sensores suficientes para muestrear diferentes puntos del telescopio. Para solucionar lo anterior se decidió emprender el desarrollo de un sistema robusto, con capacidad de lectura para múltiples sensores.

El primero de estos sistemas se instaló en el telescopio de 84cm donde será evaluado para ser implementado posteriormente en los telescopios de 1.5m y 2.1m. Los datos obtenidos durante un periodo de monitoreo serán utilizados para determinar si es necesario implementar un sistema de compensación térmica para los espejos. El sistema quedará operando de manera permanente ya que es de utilidad para compensar otros parámetros que cambian con la temperatura, como por ejemplo la posición del foco del telescopio.

En este documento se describe el sistema de adquisición así como su implementación en el telescopio de 84cm. Se documenta la electrónica y los programas así como el manejo de los datos obtenidos, los cuales son almacenados en archivos y pueden ser visualizados mediante una página web. También se deja abierta la posibilidad de que otros programas accedan a la información, por ejemplo el programa de foco puede obtener la temperatura del secundario para realizar la compensación por temperatura.

## **2. El sistema de adquisición.**

La lectura de múltiples sensores de temperatura se realiza mediante un sistema de adquisición diseñado por el equipo de instrumentación del instituto de astronomía. El sistema está basado en el modulo RCM3700 con procesador Rabbit 3000, el cual cuenta con puertos de entrada salida y conexión a red. De fabrica el modulo posee dos canales de comunicación serie en protocolo I2C, pero su biblioteca de funciones fue modificada para permitir la existencia de seis canales (Ver figura 1). Cada canal puede comunicar hasta cuatro sensores de temperatura del tipo LM92 de la compañía "National Semiconductors". La limitante a cuatro sensores es introducida por el sensor ya que solo posee cuatro direcciones. Con este esquema, el sistema de adquisición acepta un total de 24 sensores de temperatura.

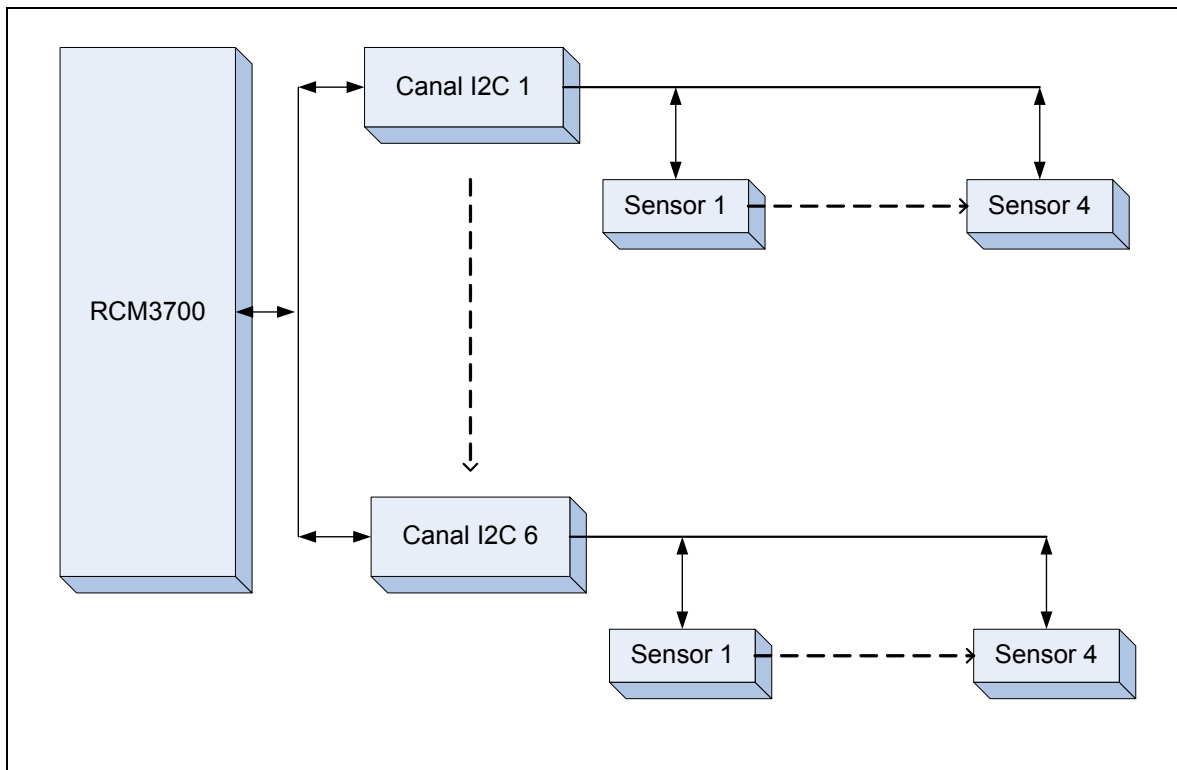


Figura 1. Esquema del sistema de adquisición para 24 sensores de temperatura.

Físicamente, el sistema de adquisición está formado por una tarjeta electrónica, una fuente de alimentación y un gabinete que contiene a ambos, una vista de este sistema se muestra en la figura 2.

El diagrama esquemático y mapa de componentes del sistema de adquisición se muestran en el apéndice A, diagramas A1 y A2 respectivamente. Cada puerto I2C cuenta con dos líneas para transmitir información: una para los datos y otra para la señal de reloj, y dos líneas de alimentación (+5V y tierra). Estas señales son cableadas hacia un conector tipo DB9, que se monta en el gabinete que aloja el sistema, de acuerdo a la información mostrada en la tabla 1.

Tabla 1. Señales en cada conector DB9.

Pin	Señal
1-5	N.C
6	GND
7	+5V
8	SCL (Reloj).
9	SDA (Datos).

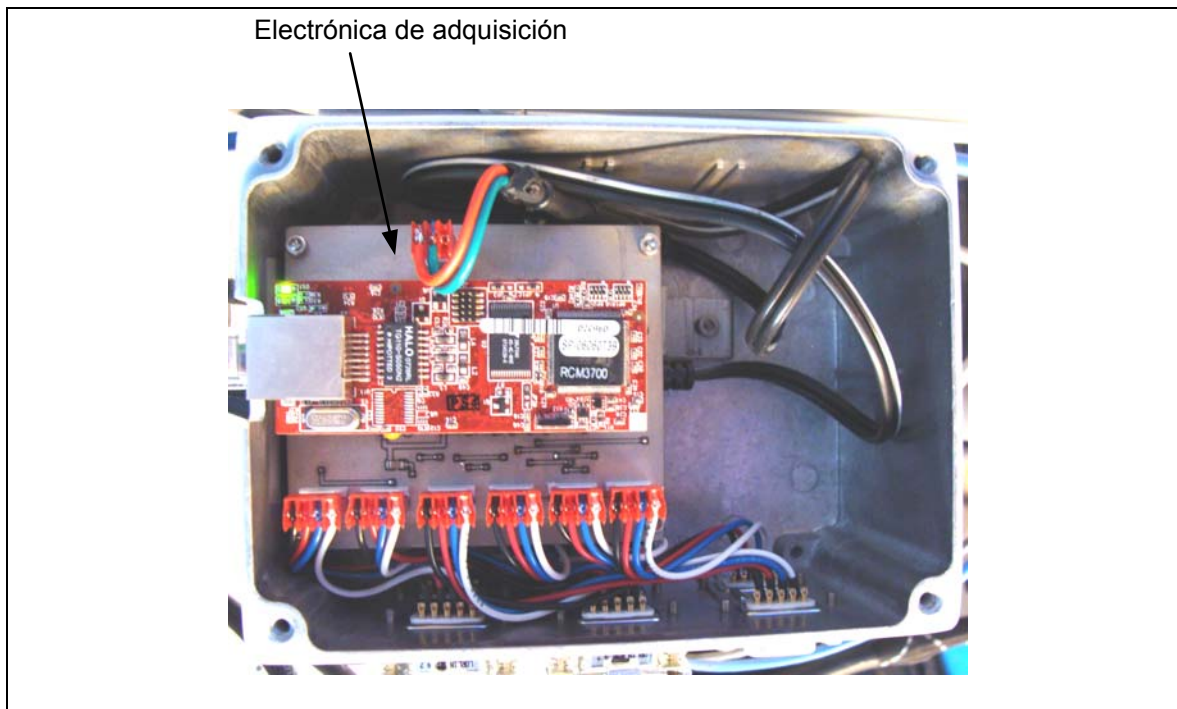


Figura 2. Vista interior del sistema de adquisición

La figura 3 muestra la ubicación de los 6 conectores DB9, uno para cada puerto de comunicación I<sup>2</sup>C. Junto a cada conector aparece un número que identifica el número de puerto. Las señales presentes en estos conectores se muestran en la tabla 1.

En un costado del gabinete se encuentran los conectores de 110Vac para alimentación del sistema y de red para comunicación (Ver figura 4).

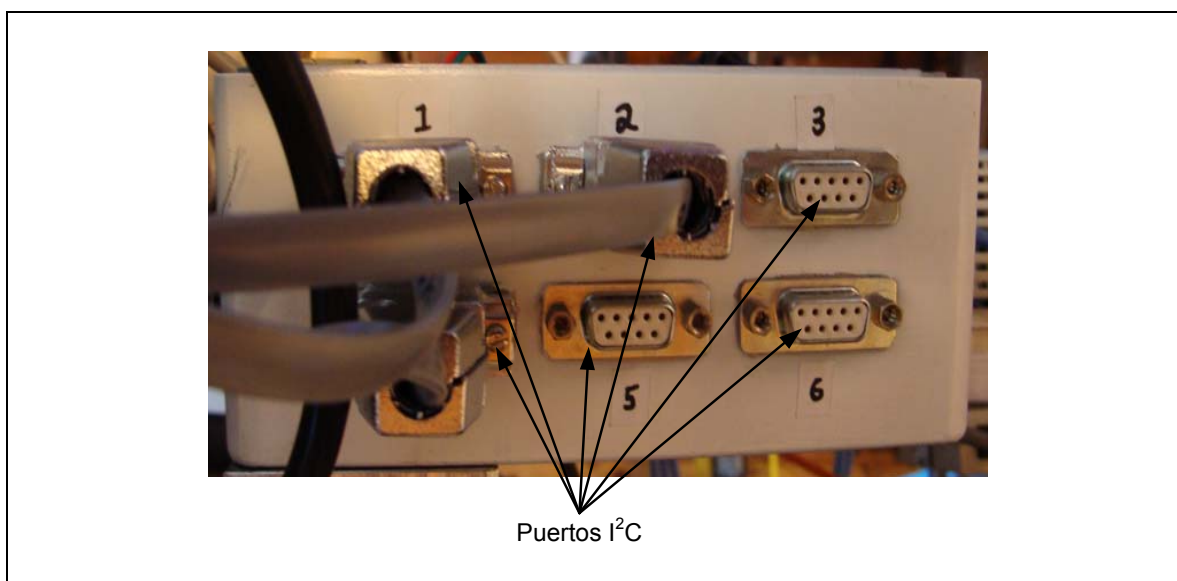


Figura 3. Vista de los puertos I<sup>2</sup>C.

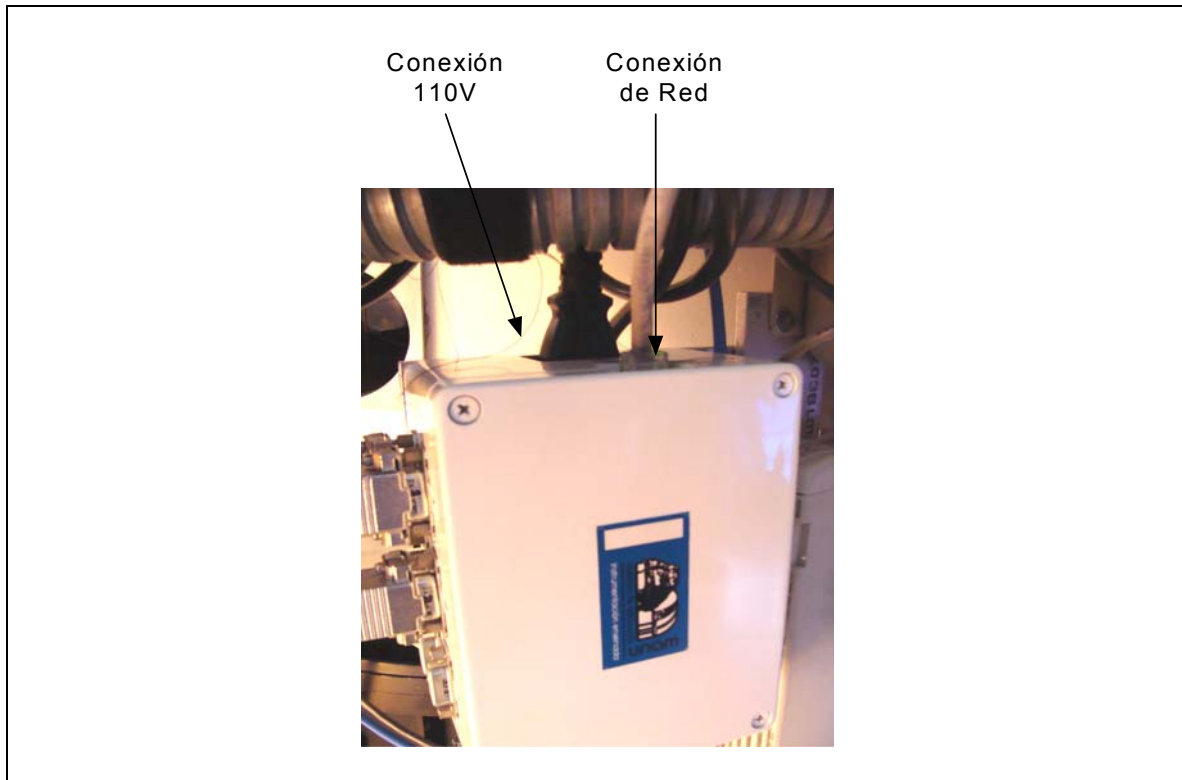


Figura 4. Conexiones de red y alimentación del sistema de adquisición.

## 2.1 Sensores de temperatura.

El sensor de temperatura utilizado es el LM92 de la compañía "National Semiconductor". Se trata de un sensor digital de 12 bits con interfaz serie I2C, y funciona con un voltaje de alimentación entre 2.7V y 5.5V. Sus características más importantes en esta aplicación son su resolución y su precisión. La resolución de este sensor es de 0.0625°C. La precisión en este tipo de sensores se especifica para diferentes rangos de temperaturas, en el rango de -10°C a 85°C la exactitud de este sensor es de  $\pm 1^\circ\text{C}$ , y de  $\pm 0.33$  para una temperatura de 30°C. Estos valores de precisión son los mejores que se pueden obtener en sensores digitales comerciales disponibles actualmente.

Para el montaje del sensor se diseñó un impreso de tamaño pequeño en el cual se puede configurar su dirección, además de albergar un capacitor de 0.1 $\mu\text{f}$  que debe acompañar el sensor para su correcto funcionamiento. El esquemático e impreso de este circuito se muestran en el apéndice A, diagramas A3 y A4 respectivamente.

Un segundo grupo de sensores fue alambrado sin circuito impreso, estos se utilizan para sensar el aire que cambia su temperatura con mayor rapidez, eliminando así la inercia térmica introducida por el circuito impreso. Los sensores montados en circuito impreso se utilizan donde el sensor hace contacto con el punto de sensado.

Todos los sensores fueron recubiertos con un barniz para proteger los contactos eléctricos de los efectos de la humedad en el ambiente.



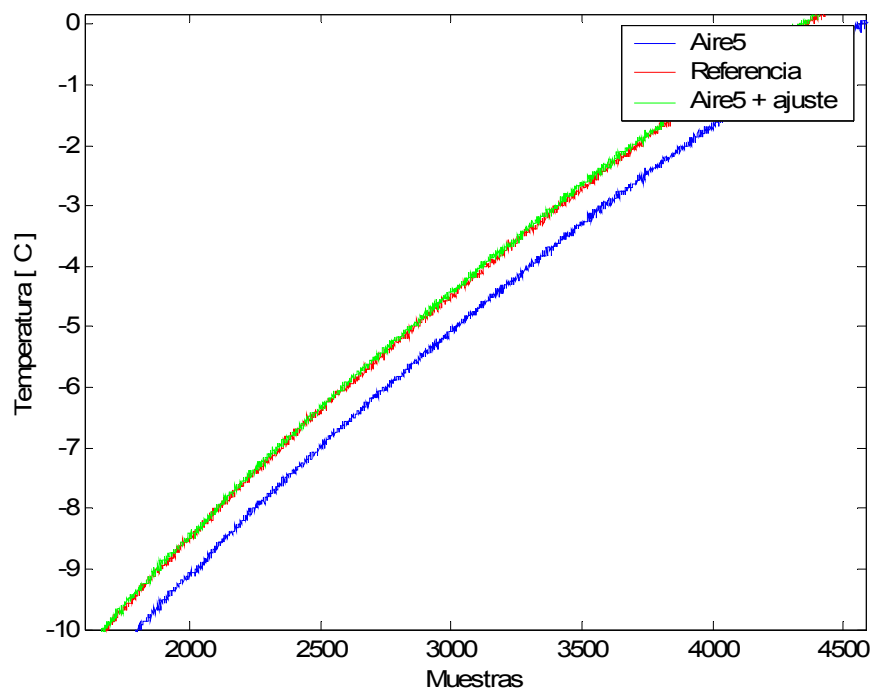
## **2.2 Calibración de sensores.**

Los sensores de temperatura utilizados son calibrados por el fabricante quién garantiza valores de precisión para diferentes rangos de temperatura. La calibración realizada en este trabajo fue hecha para asegurar que los sensores tengan el mismo comportamiento para un rango de temperaturas de interés. Para esto simplemente se someten los sensores a igualdad de circunstancias y se monitorean sus lecturas, posteriormente se comparan contra una referencia para determinar el "offset" de cada sensor.

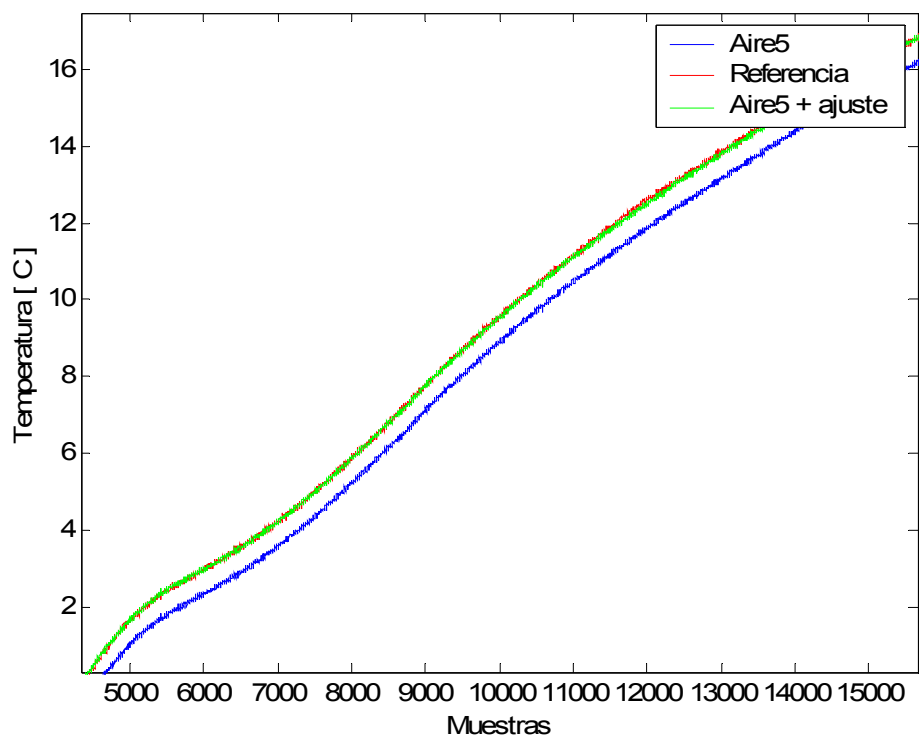
Todos los sensores de temperatura se introdujeron juntos en una hielera que los llevó a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , después se apagó la hielera para que se termalizara lentamente, mientras se tomaban lecturas de todos los sensores en periodos de un segundo, los datos fueron almacenados en un archivo y analizados en el programa matlab.

Para esta aplicación, donde se desea visualizar los gradientes de temperatura en diferentes puntos del telescopio, se requiere que las diferencias en las mediciones de los sensores, en igualdad de condiciones, sean lo más pequeñas posible. Para ello en la caracterización se utilizó un sensor de referencia y se observó el comportamiento de todos los sensores con respecto al de referencia. Para todos los sensores se obtuvo la media de la diferencia de temperatura con respecto a la referencia para todo el rango de observación ( $-15$  a  $18^{\circ}\text{C}$ ). Esto nos dio como resultado el "offset" de cada sensor.

La figura 5 muestra las gráficas obtenidas para el sensor etiquetado como "Aire 5". La figura 5 a) corresponde al rango de medición de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$  y la b) al rango entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $17^{\circ}\text{C}$ . Las gráficas contienen tres curvas, la curva roja corresponde al sensor de referencia, la curva azul al sensor "Aire 5" y la verde corresponde a los datos del sensor Aire 5 ya aplicando el ajuste de offset. Como se puede observar, la curva verde se ajusta a la línea roja disminuyendo la diferencia de temperaturas entre ambos sensores. En este caso, el ajuste que se hizo fue de  $0.64^{\circ}\text{C}$ . La tabla 2 muestra los valores de offset obtenidos para cada uno de los sensores, el nombre que identifica a cada sensor corresponde al nombre que le fue asignado de acuerdo a su posición, ver la sección 3.1 para más detalles.



a)



b)

Figura 5. Gráficas de calibración.

Tabla 2. Offsets encontrados para cada sensor.

Sensor	Offset
Secundario	-0.12
Estructura	+0.22
Primario 1	-0.38
Primario 2	-0.52
Primario 3	+0.12
Primario 4	-0.50
Aire 1, Inferior	-0.07
Aire 2, Intermedio 1	+0.36
Aire 3, Intermedio 2	+0.34
Aire 4, Intermedio 3	+0.01
Aire 5, Superior	+0.64

### 3. Instalación del sistema.

El sistema de adquisición fue instalado en la platina del telescopio (Ver figura 6), se escogió este lugar para que los cables que conectan a los sensores fueran lo más corto posible y eliminar con esto errores de comunicación. Para la conexión a red se instaló un cable que conecta al sistema con el Switch de la red 132.248.4.\*, ubicado en el cuarto de observación. Para el cableado de los sensores se utilizó cable telefónico de seis hilos. En las siguientes secciones se detalla la ubicación de los sensores.

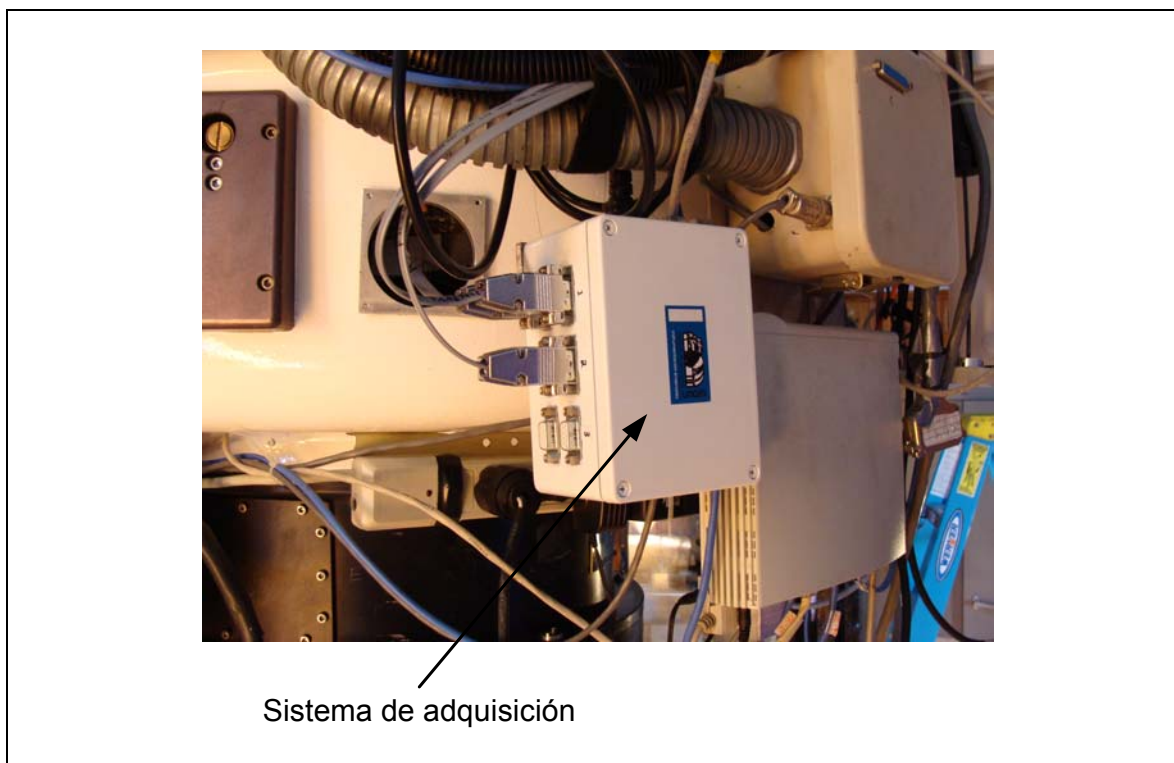


Figura 6. Instalación del sistema de adquisición en la platina del telescopio.

### 3.1 Distribución de sensores en el telescopio.

Actualmente se están monitoreando once sensores de temperatura, cuya distribución es la siguiente: cuatro en el espejo primario cubriendo la mitad de su circunferencia y orientados en dirección norte, nor-este, sur-este y sur (Ver figura 7); cinco sensando el aire dentro del tubo a diferentes alturas (Ver figura 8), uno tocando el espejo secundario y uno más tocando la estructura del secundario.

Los sensores que tocan los espejos y la estructura se encuentran montados sobre un pequeño circuito impreso que le da soporte y cuerpo. Estos sensores fueron adheridos a las superficies de sensado con silicón y cinta adhesiva que actuó como fijador mientras se secaba el silicón (Ver figura 9), se colocó pasta termo-conductiva entre los sensores y la superficie de contacto.

Los sensores para el aire no tienen circuito impreso, fueron cableados directamente a las patas del circuito integrado, esto para reducir la inercia térmica del sensor e incrementar la rapidez de su respuesta.

Se espera en un futuro cercano agregar cuatro sensores más tocando la estructura del tubo a diferentes alturas y uno más en el espejo secundario.

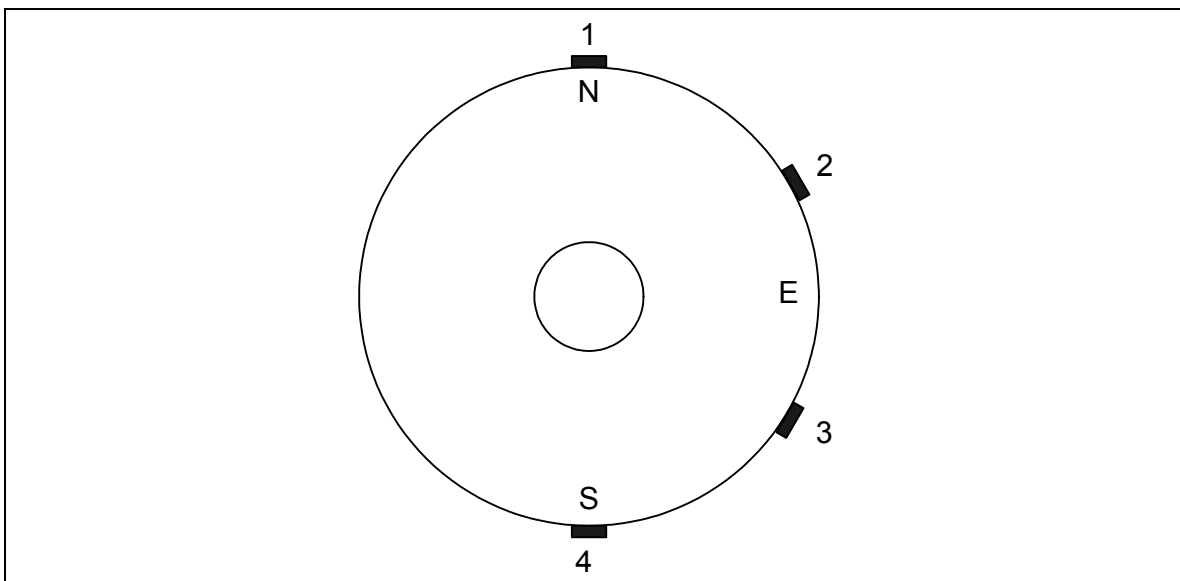


Figura 7. Colocación de sensores en el espejo primario.

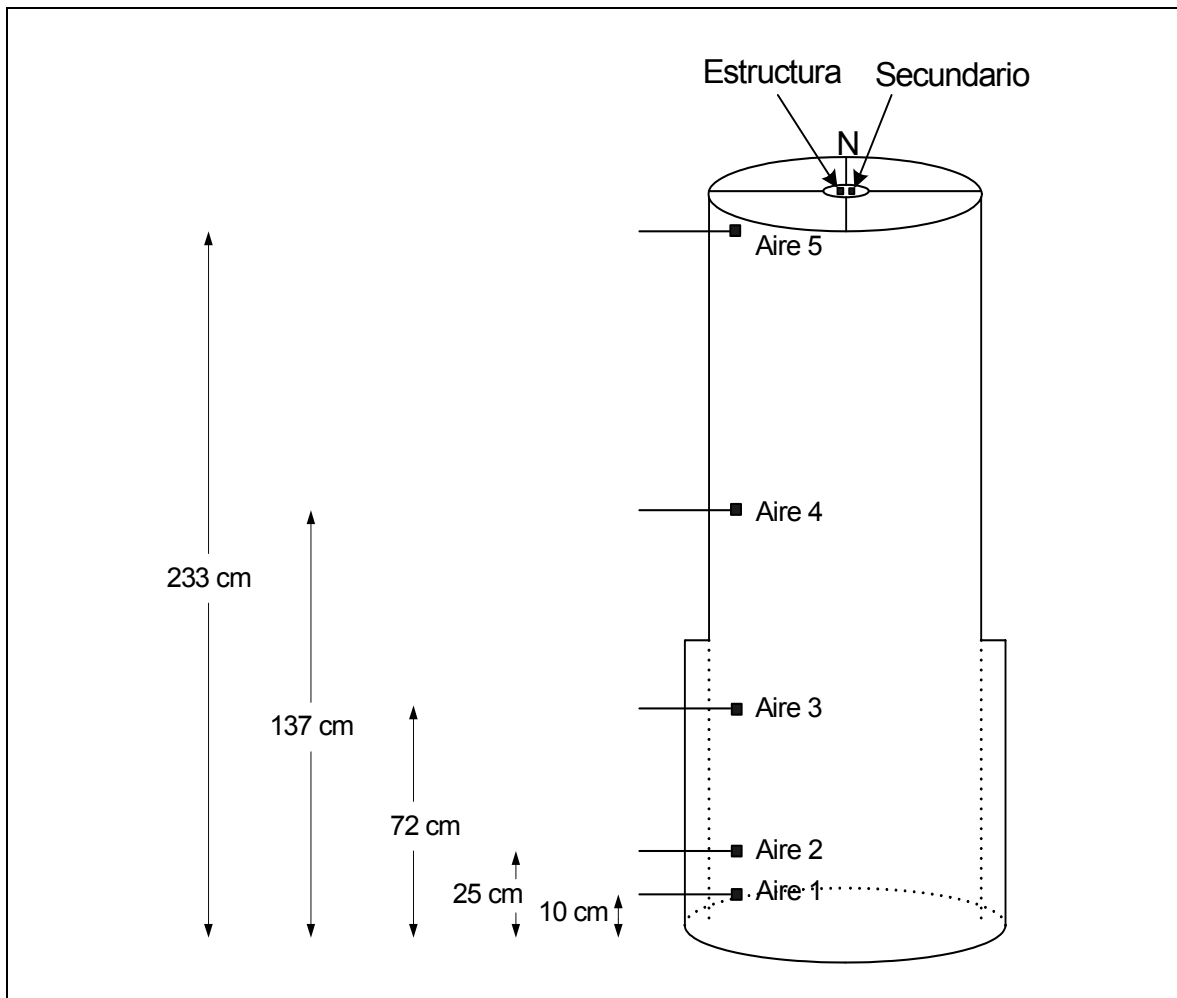


Figura 8. Colocación de sensores en el tubo y en el secundario.

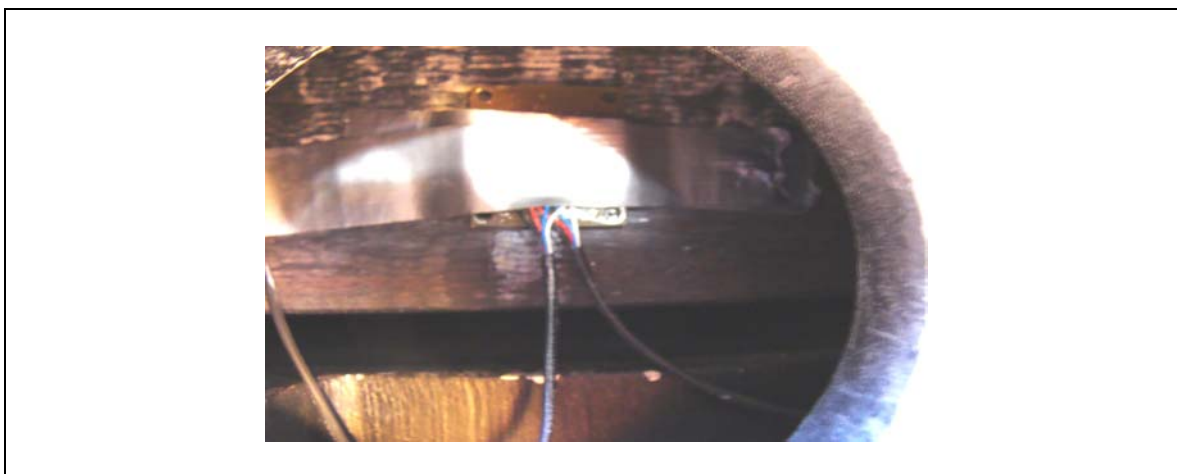


Figura 9. Sujeción de un sensor de contacto en el espejo primario.

#### 4. Estructura de los programas de captura de datos.

Existen varios programas asociados a este sistema, la forma en que están organizados se muestra en la figura 10, el primero se ejecuta en el microcontrolador RCM3700, denominado "Temperatura84.c" escrito en lenguaje C, el cual se encarga de leer todos los sensores y colocar las lecturas en una cadena de texto y enviarla vía red hacia un segundo programa, denominado "captura.tcl", que se ejecuta en el servidor "Haro".

El programa "captura.tcl" se encarga de recibir, procesar y almacenar las lecturas de los sensores. Además, para presentar la información en tiempo real, el programa genera una página HTML, que puede ser vista desde un navegador. También genera archivos de registro de datos y un archivo con las temperaturas promedio del secundario, primario y aire denominado "temperatura84.txt".

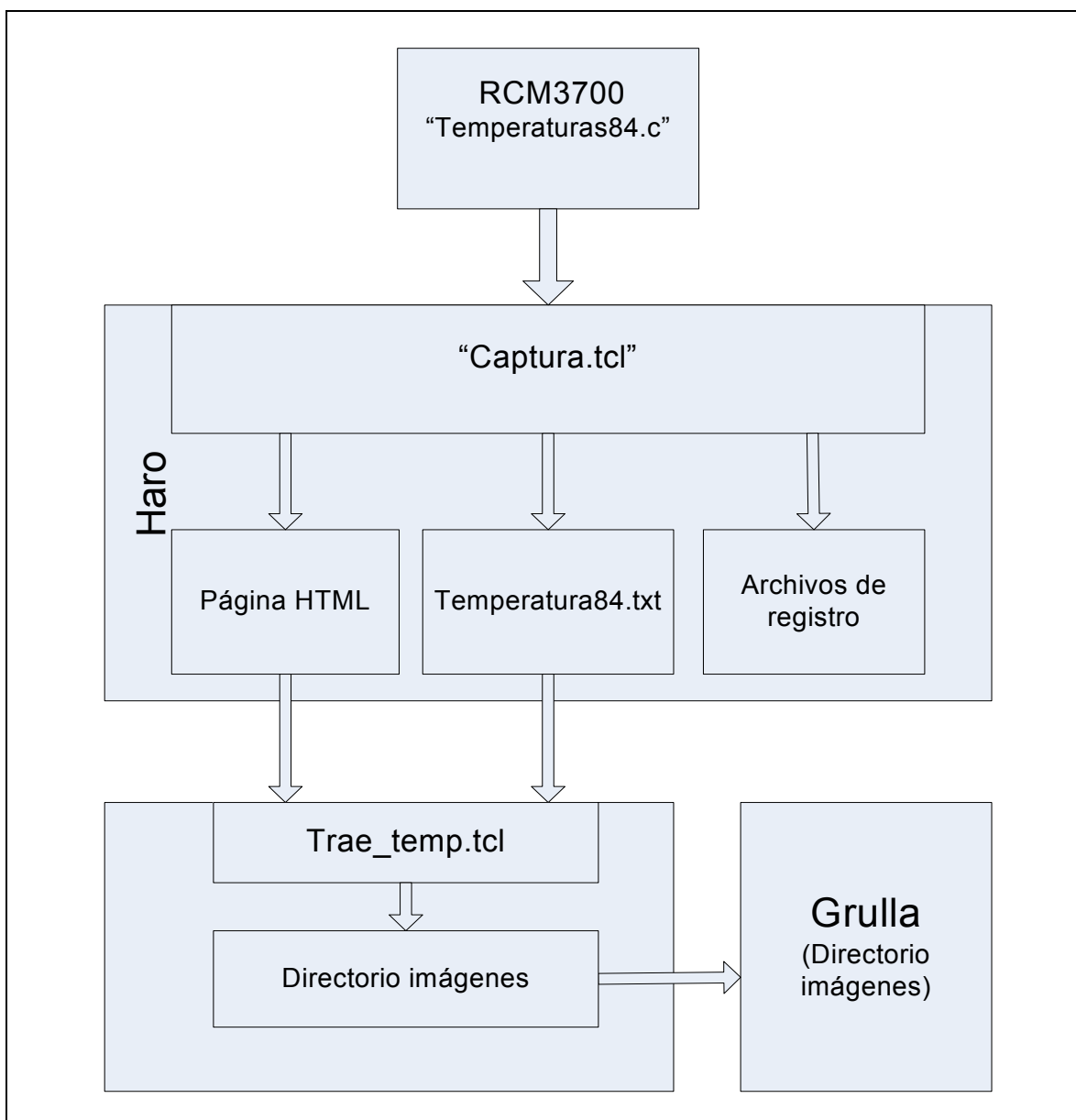


Figura 10. Organización de los programas.

Para tener acceso a los datos que se almacenan en el servidor haro desde la computadora grulla que se encuentra conectada a otra subred, se ejecuta un tercer programa en la computadora Gama, este se denomina "Trae\_temps.tcl" y se encarga de copiar el archivo "temperatura84.txt" y la página HTML del servidor haro al directorio "/imagenes" de Gama. Este directorio es compartido con la computadora Grulla, de esta manera los datos son accesibles.

#### **4.1 Archivos de almacenamiento de datos.**

Los archivos de almacenamiento de datos son generados en haro por el programa "Captura.tcl". Se genera uno por día y el nombre que se les da es construido utilizando la fecha local en formato "año-mes-día.txt". La información que se guarda en cada línea es la siguiente: fecha y hora en tiempo universal, fecha y hora en tiempo local; seguida de las once lecturas de temperatura en el siguiente orden:

"Secundario Estructura Primario1 Primario2 Primario3 Primario4 Aire1 Aire2 Aire3 Aire4 Aire5 "

El directorio donde se guardan los archivos puede ser visto desde un navegador de internet en el siguiente sitio:

"<http://www.astrossp.unam.mx/Clima/temperatura84/>"

### **5. Visualización de la información en una página Web.**

El programa de captura genera también un archivo HTML que básicamente consiste de una tabla que despliega las condiciones actuales de todos los sensores. En el encabezado de la tabla se despliega la fecha y hora en tiempo universal y local (Ver figura 11). Los datos de la página se actualizan cada minuto y medio, y corresponden al promedio de sesenta lecturas de temperatura tomadas en ese intervalo de tiempo.

En la página también se despliega un par de gráficas, la primera despliega las temperaturas del espejo primario y secundario (Ver figura 12) y la segunda muestra las temperaturas del aire dentro del tubo del telescopio (Ver figura 13). Las gráficas muestran la información obtenida durante las últimas 36 horas y son actualizadas cada minuto y medio. Para la generación de estas gráficas se utilizó el programa "gnuplot" que se incluye en la distribución de linux slackware.

El archivo HTML se encuentra en el siguiente sitio:

"<http://www.astrossp.unam.mx/Clima/temperatura84/Temperatura84.html>"

<b>Condiciones actuales</b>	
<b>20/09/08 TU: 03:51:13 TL:</b>	
<b>20:51:13</b>	
Secundario	11.19
Estructura	9.86
Primario 1	12.73
Primario 2	12.61
Primario 3	12.57
Primario 4	12.84
Aire 1, Inferior	11.33
Aire 2, Intermedio 1	11.38
Aire 3, Intermedio 2	11.06
Aire 4, Intermedio 3	10.66
Aire 5, Superior	11.59

Figura 11. Tabla de despliegue de condiciones actuales.

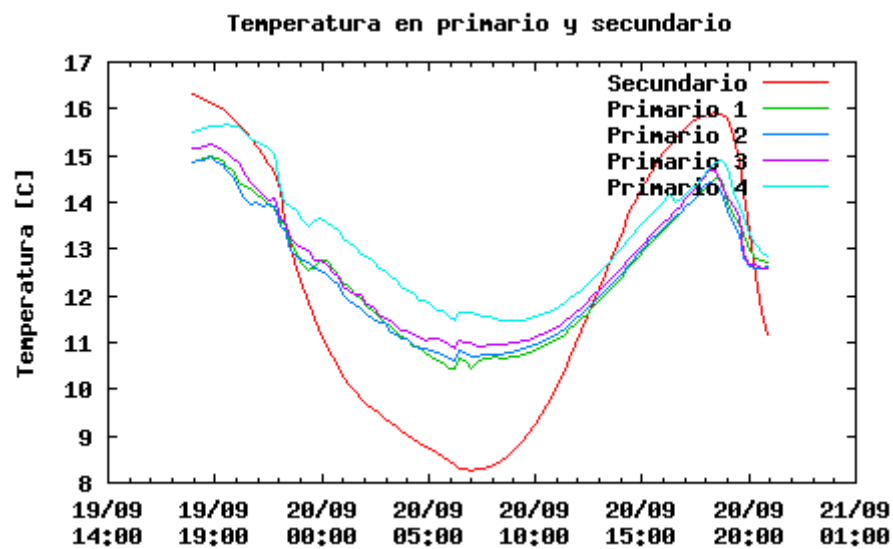


Figura 12. Gráfica de temperaturas de los espejos primario y secundario.



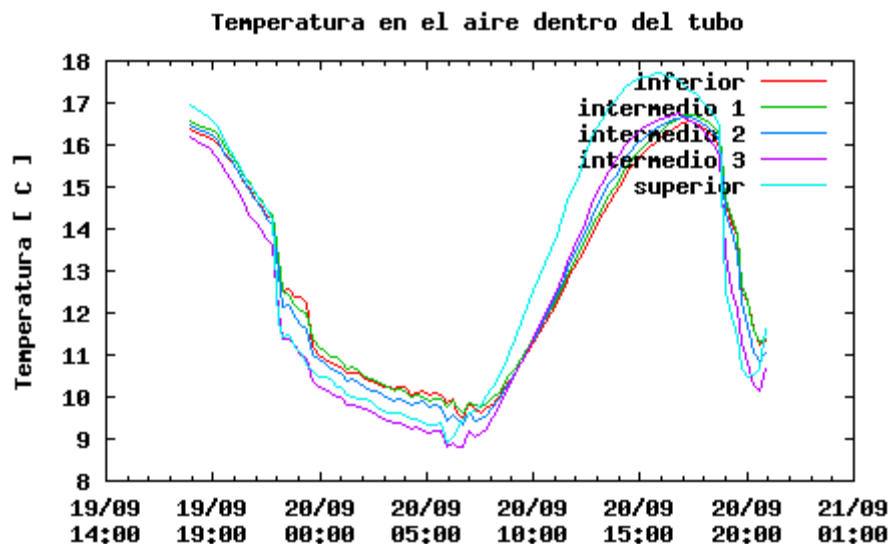


Figura 13. Gráfica de temperaturas del aire dentro del tubo del telescopio.

## 6. Acceso y visualización de los datos desde la computadora Grulla.

La información de temperatura del espejo primario, secundario y aire es actualizada constantemente en el siguiente archivo:

"/imagenes/temperatura84/temperatura84.txt"

en la computadora Grulla, que es la de control de instrumentos en el telescopio de 84cm. En el archivo solo hay tres temperaturas, la del primario es obtenida promediando las lecturas de los cuatro sensores del primario, de forma similar la temperatura del aire corresponde al promedio de los cinco sensores de aire.

La información contenida en este archivo puede ser utilizada por cualquier programa de control de instrumentos. Por ejemplo, en la figura 14 se muestra el programa del secundario modificado para desplegar la temperatura en su parte inferior.

También es posible ver la página HTML de condiciones actuales desde la computadora Grulla, para esto se agregó un icono en el menú de instrumentos (Ver figura 15). Presionando el icono se abre un navegador mostrando la página.

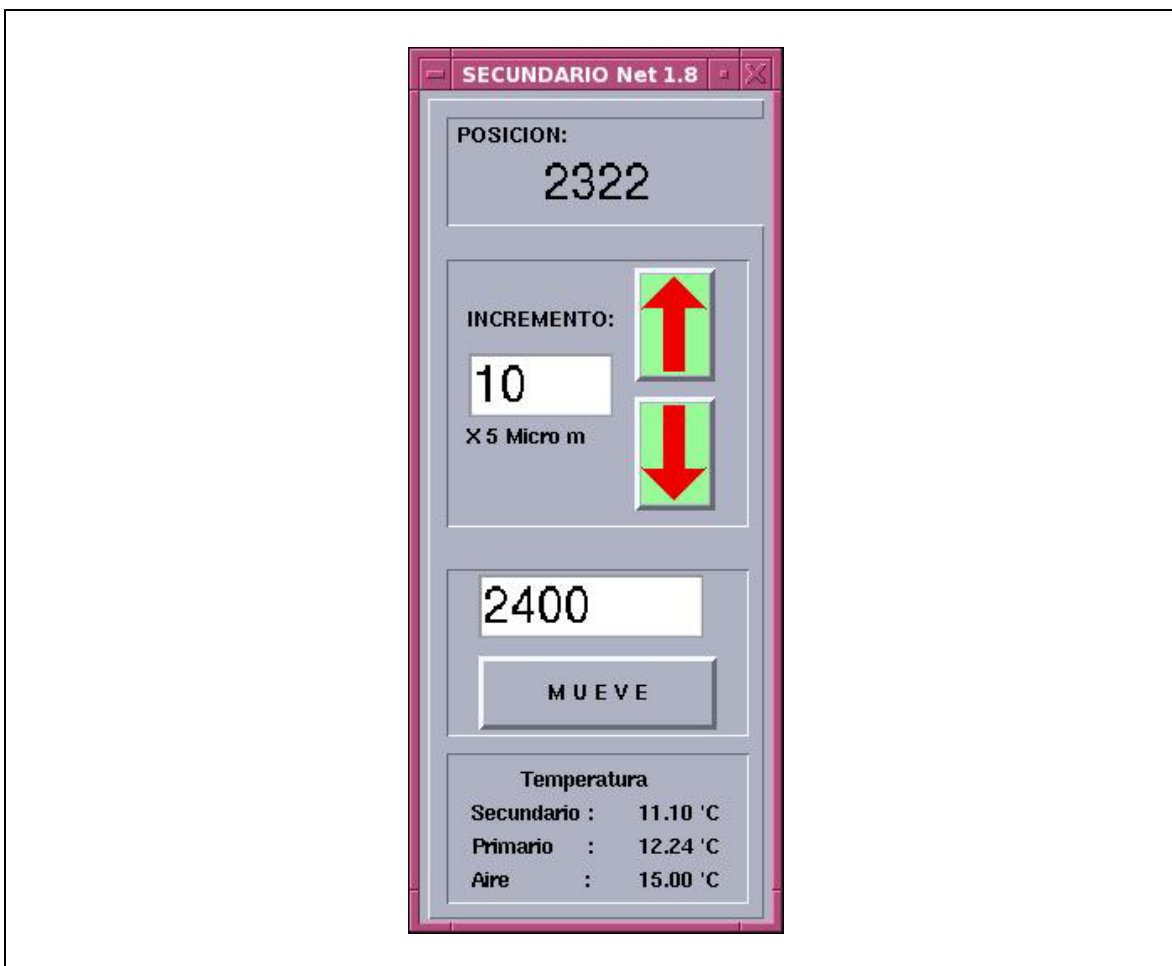


Figura 14. Programa del secundario modificado para desplegar temperatura.

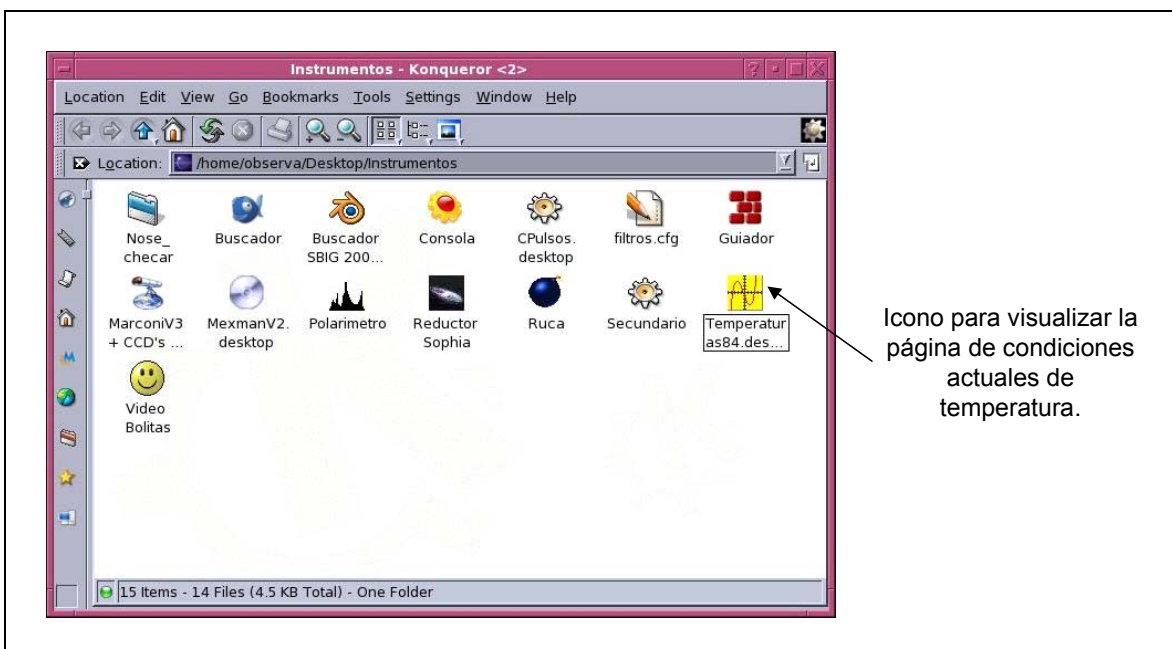
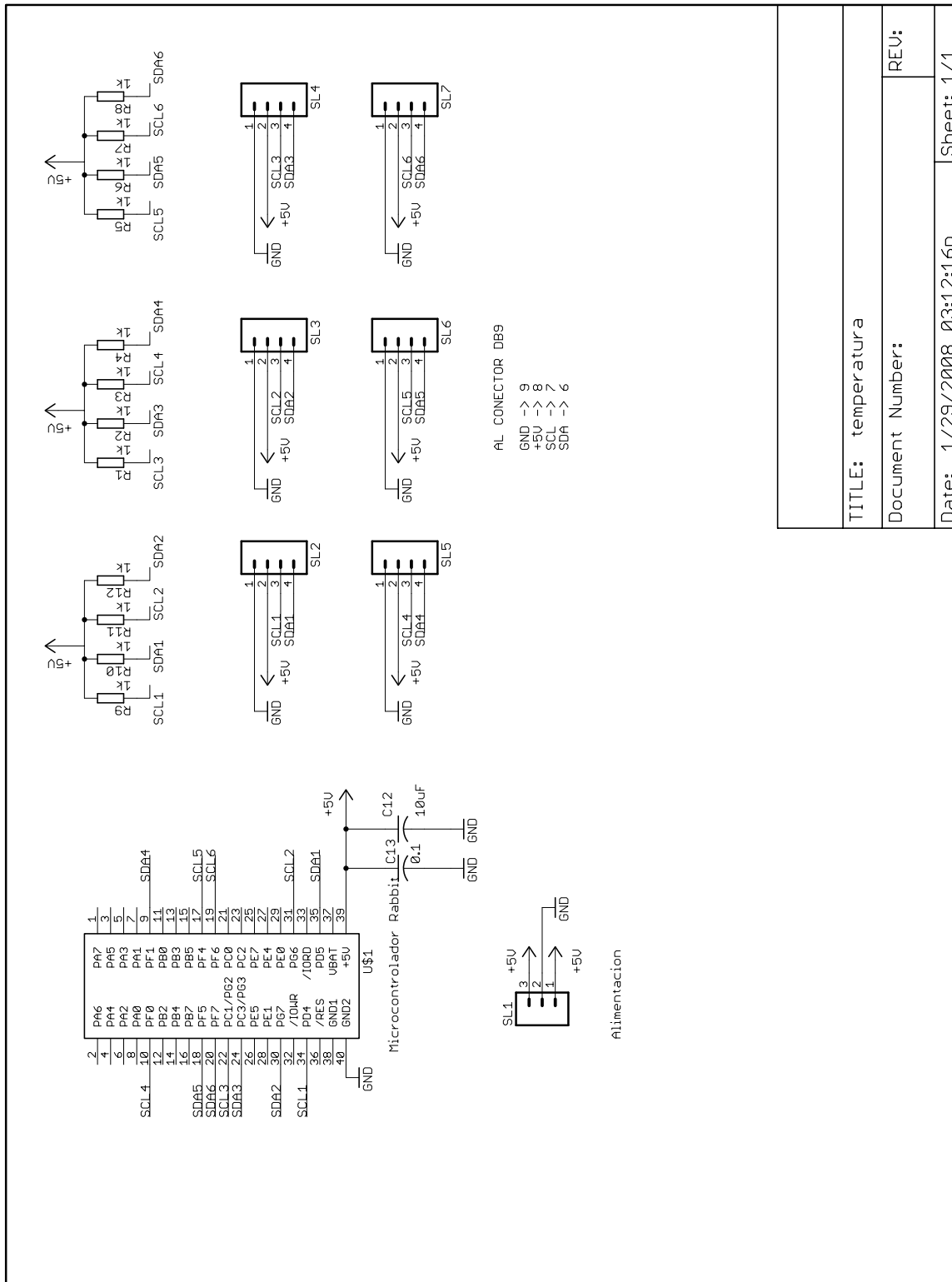


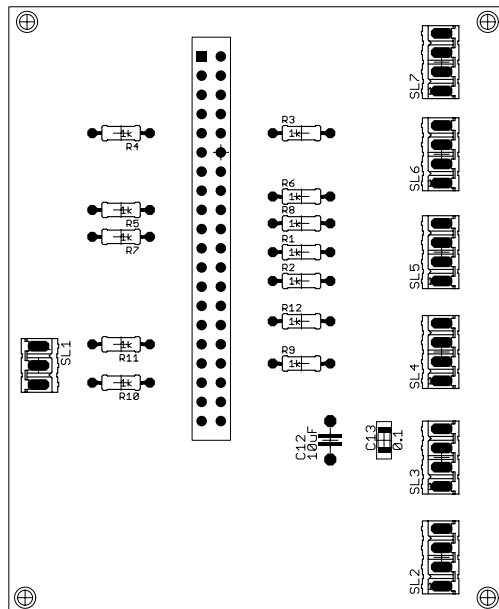
Figura 15. Menú de instrumentos de la PC Grulla.

# Apendice A. Diagramas electrónicos.

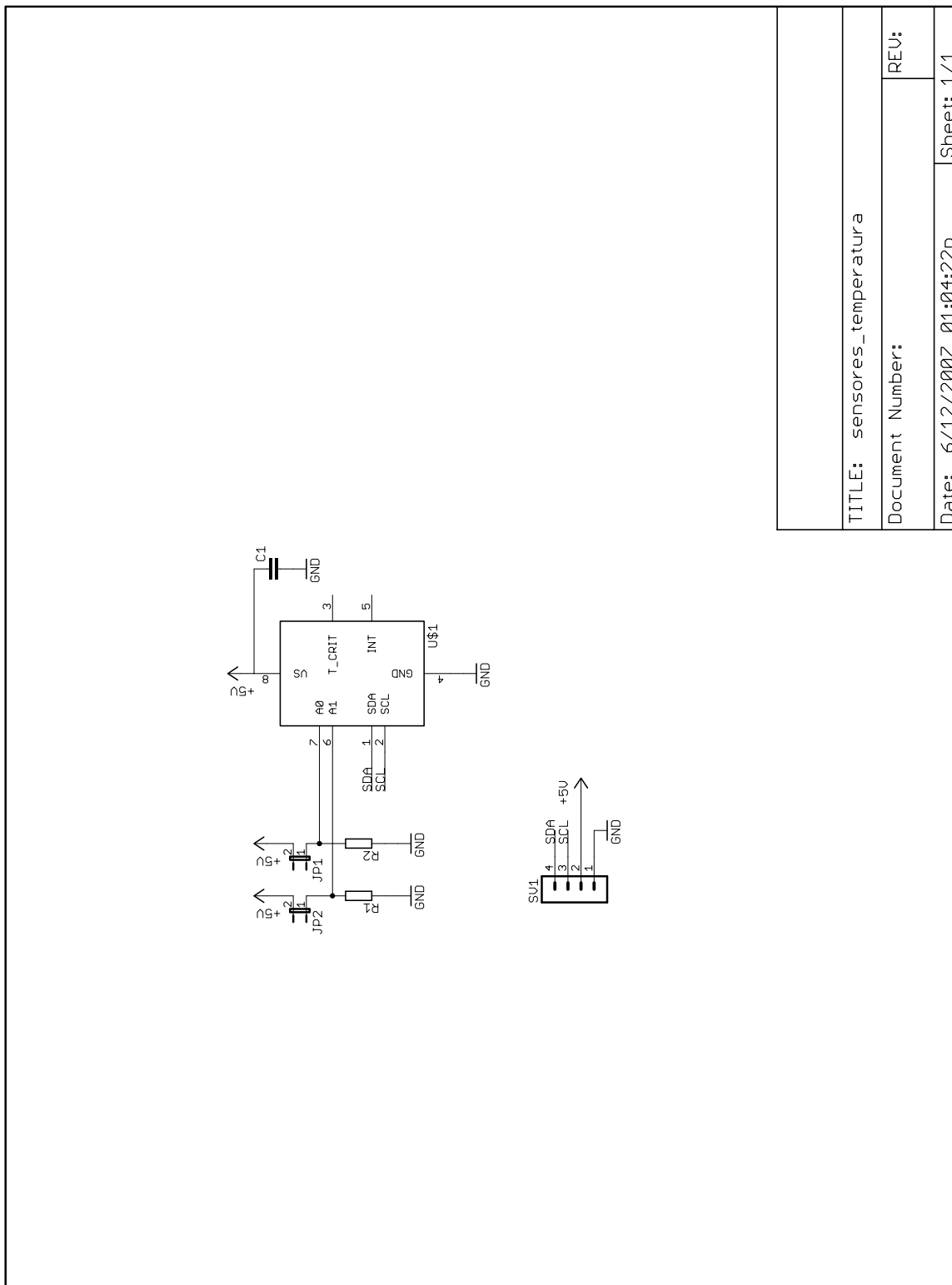
## Diagrama A1. Esquemático del sistema de adquisición.



**Diagrama A2. Mapa de componentes del sistema de adquisición.**

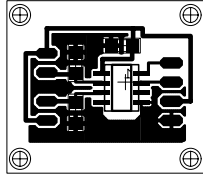


**Diagrama A3. Esquemático de la tarjeta del sensor.**



TITLE: sensores_temperatura	
Document Number:	
Date: 6/12/2007 01:04:22p	Sheet: 1/1

**Diagrama A4. Mapa de componentes de la tarjeta del sensor.**





**Comité Editorial de Publicaciones Técnicas  
Instituto de Astronomía  
UNAM**

**M.C. Urania Ceseña  
Dr. Carlos Chavarria  
M.C. Francisco Murillo**

**Observatorio Astronómico Nacional  
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada  
22860 Ensenada B.C.  
[editorial@astrosen.unam.mx](mailto:editorial@astrosen.unam.mx)**