

Sistemas de control de tapas para los telescopios de 2.1m, 1.5m y 84cm del OAN.

F. Lazo, F. Murillo, J.M. Murillo, F. Quirós, A. Córdova, E. López, B. García, B. Martínez.

Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México.
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B. C., México.

RESUMEN:

Este documento da una descripción de los controles eléctricos construidos para la apertura de las tapas de los espejos primarios y telescopios buscadores de los telescopios de 2.1m, 1.5m y 84cm del OAN. Los controles cuentan con un puerto digital que permite realizar las

acciones utilizando un microcontrolador. El microcontrolador utilizado cuenta con puerto de red ethernet que habilita la posibilidad de control a distancia y robotización del proceso de apertura y cierre.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.-----	2
2. CONTROL ELÉCTRICO PARA LAS TAPAS DEL TELESCOPIO DE 2.1M. -----	2
3. CONTROL ELÉCTRICO DE TAPAS PARA EL TELESCOPIO DE 1.5M.-----	8
4. CONTROL ELÉCTRICO DE TAPAS PARA EL TELESCOPIO DE 84CM.-----	14
5. EL CIRCUITO DEL MICROCONTROLADOR Y PROGRAMA DE CONTROL.-----	21
6. REFERENCIAS.-----	23
7. APÉNDICE A. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO Y CIRCUITO IMPRESO DE LA TARJETA DEL INCLINÓMETRO.----	24
A. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO.-----	24
B. CIRCUITO IMPRESO-----	26
8. APÉNDICE B. LISTA DE PARTES.-----	27
C. MOTOR DE LA TAPA DEL PRIMARIO DEL TELESCOPIO DE 84CM.-----	27
D. INTERRUPTORES LÍMITE DE LA TAPA DEL PRIMARIO DEL TELESCOPIO DE 84CM.-----	27
E. PISTONES DE LAS TAPAS DE LOS ESPEJOS PRIMARIOS DE LOS TELESCOPIOS DE 2.1M Y 1.5M. ----	27
F. MOTORES DE LAS TAPAS DE LOS BUSCADORES.-----	27
G. RELEVADORES.-----	27
H. CONTACTORES.-----	27
I. TRANSISTORES.-----	27

1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos tres años se ha trabajado en la automatización de las tareas realizadas de manera manual en los telescopios del OAN con el objetivo de realizar observaciones remotas a futuro. Dentro de estos trabajos se encuentra la automatización de las tapas de los telescopios que, hasta la realización de este trabajo, fueron operadas desde interruptores manuales en los telescopios de 1.5m y 2.1m. Para el telescopio de 84cm y los buscadores de los tres telescopios se tuvieron que construir tapas motorizadas ya que sólo se tapaban con lona.

En este trabajo se documentan los controles realizados para cada telescopio así como su instalación y puesta en operación.

2. CONTROL ELÉCTRICO PARA LAS TAPAS DEL TELESCOPIO DE 2.1M.

El telescopio de 2.1m tiene dos tapas para su espejo primario y una tapa para el buscador norte. Las tapas del primario ya existían y estaban motorizadas, la tapa del telescopio buscador norte se ponía manualmente por lo que se tuvo que construir un mecanismo para colocarle un motor que la levantara (ver *Figura 1*).

Una de las tapas del espejo primario está orientada hacia el sur y la otra hacia el norte por lo que les llamamos Tapa Sur y Tapa Norte, respectivamente.

Para la apertura de las tapas del espejo primario se utilizan un par de pistones accionados con motores de corriente alterna monofásicos. Cada motor cuenta con tres contactos eléctricos, uno se conecta al Neutro de la toma de 110V y los otros dos contactos se conectan a la Fase, uno a la vez, dependiendo de la dirección de giro del motor que se desee. De esta forma el pistón se extiende o retrae abriendo y cerrando la tapa.

Para la apertura de la tapa del buscador norte se utiliza un motor de corriente directa DC a 12V que cuenta con una reducción para obtener la fuerza necesaria para levantar la tapa. Un par de interruptores limitan la carrera de movimiento de apertura (ver *Figura 1a*).

Para controlar estos motores se construyó un tablero basado en relevadores que manipulan el voltaje de 110VAC a partir de un voltaje de 12VDC. Se utilizaron transistores para activar los relevadores desde dos fuentes posibles, una para interruptores manuales y la otra son señales digitales provenientes de un microcontrolador.

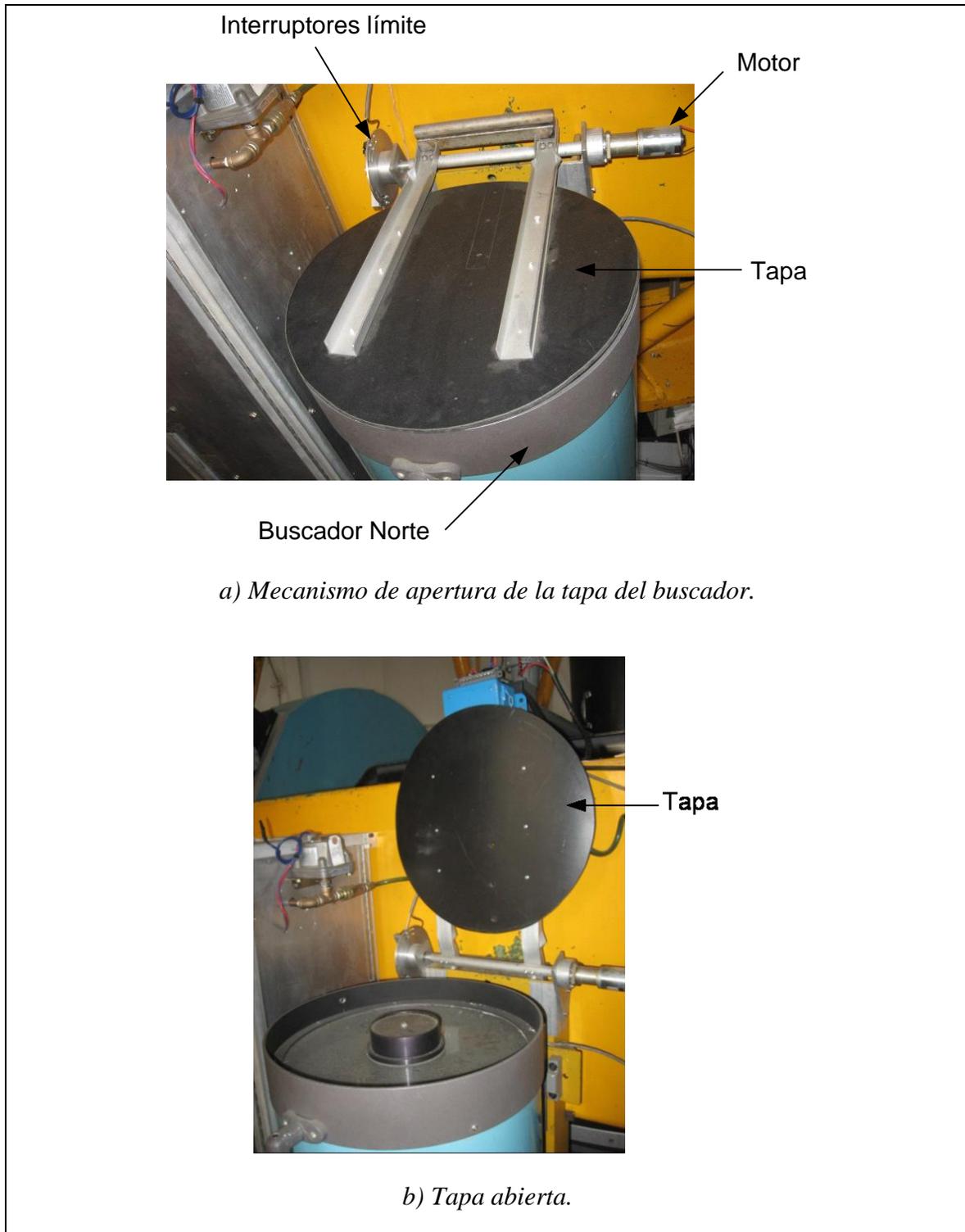


Figura 1: Tapa del buscador norte del telescopio de 2.1m.

Todas las interconexiones entre relevadores, transistores e interruptores se hicieron utilizando bloques de terminales y zapatas. La *Figura 2* muestra la distribución en el tablero de conexiones de los bloques terminales, relevadores y transistores. Se utilizaron tres tiras terminales T1, T2 y T3, seis relevadores K1-K6 y seis transistores.

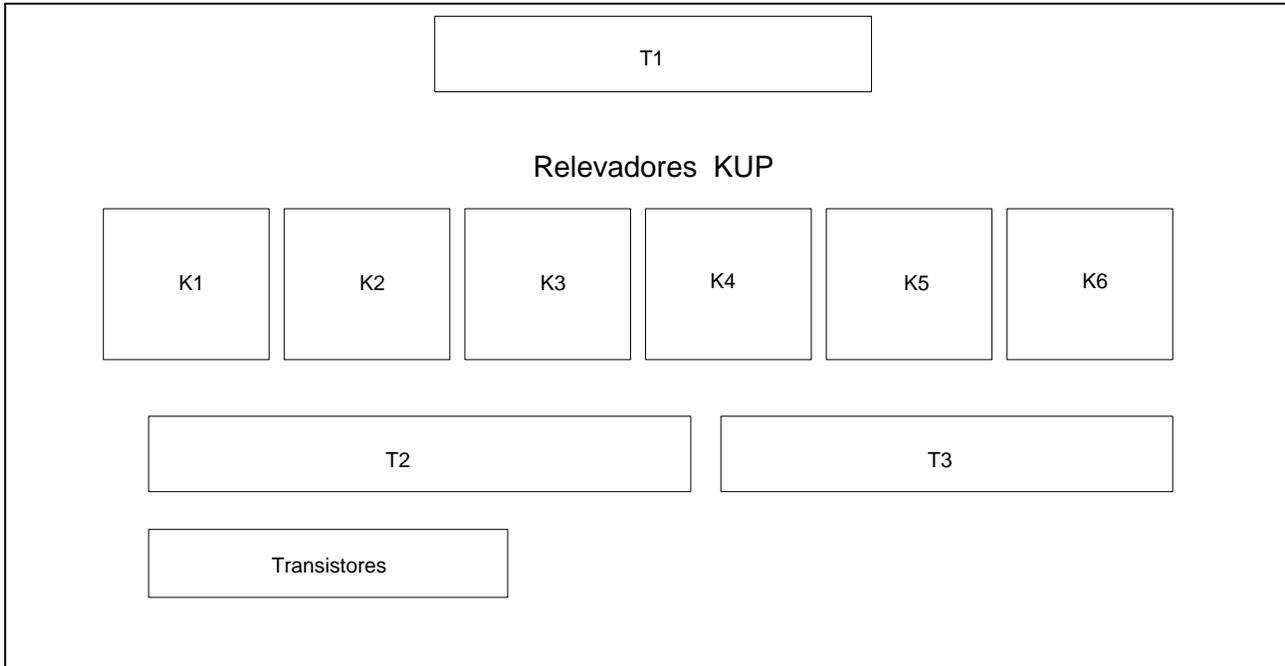


Figura 2: Distribución del tablero de conexiones.

En el bloque de terminales T1 (ver *Figura 3*) están conectados los contactos de potencia, por donde circula la corriente de 110VAC de los motores de las tapas sur y norte, la corriente del motor de buscador y la entrada de voltaje de 110VAC.

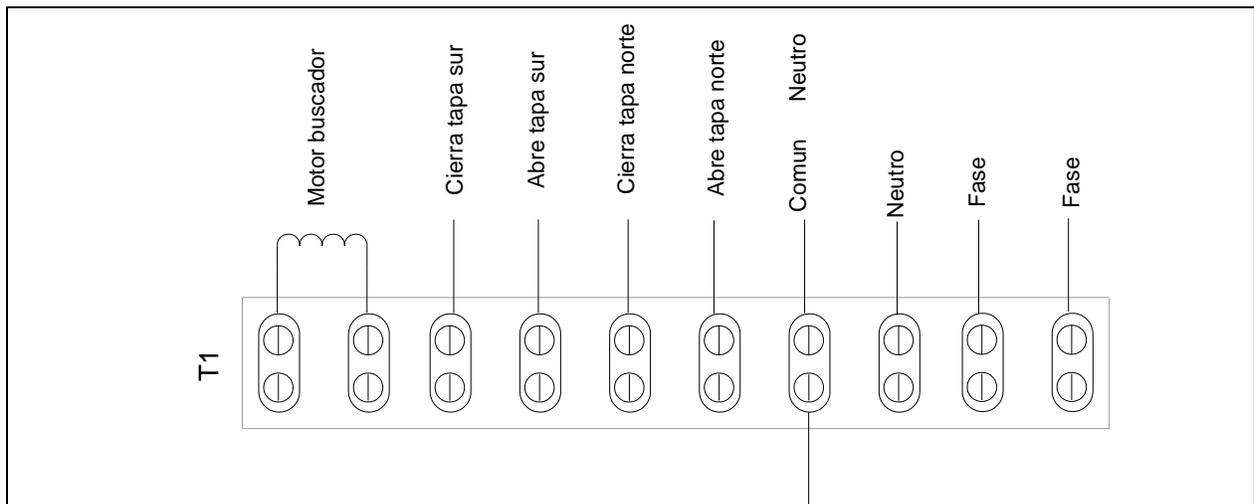


Figura 3: Conexiones en el bloque de terminales T1.

En los bloques de terminales T2 y T3 (ver *Figura 4*) se encuentran las conexiones de baja potencia como son las bobinas de los relevadores K1-K6, los transistores y las señales de entrada para manipular los relevadores. Estas señales de entrada están etiquetadas de acuerdo a su función, por ejemplo la señal "Abre Sur" se utiliza para abrir la tapa sur. Las señales pueden ser digitales con niveles TTL o bien optoacopladas con niveles de 0 a 12V. En la *Figura 4* también se indica entre paréntesis el color del cable que se utilizó para cada conexión. Estas señales digitales son generadas por un microcontrolador con conexión a red. Ya que se utilizó un sistema de microcontrolador idéntico para los tres telescopios se da una descripción de éste en la Sección 5.

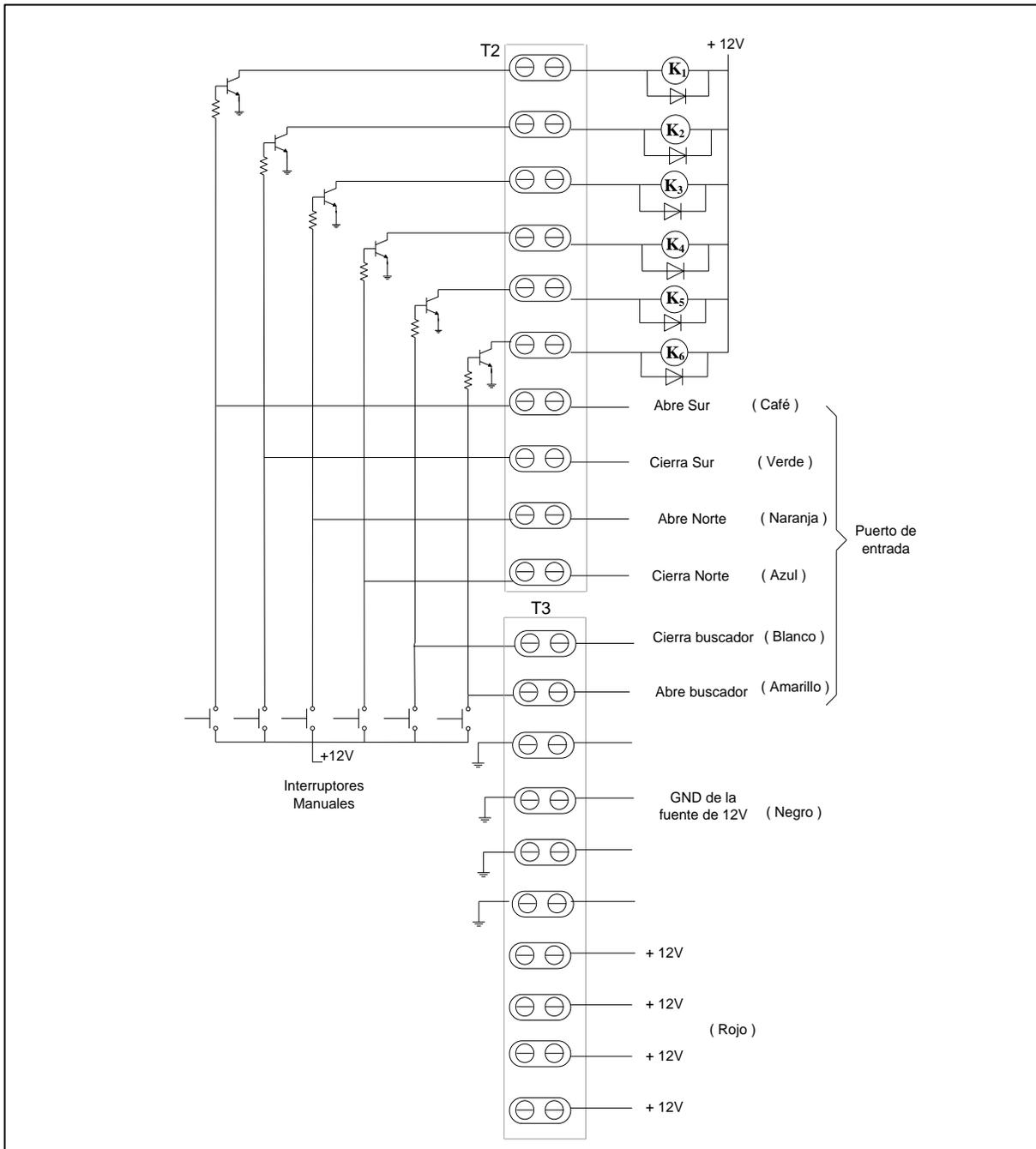


Figura 4: Conexiones en los bloques de terminales T2 y T3.

Al activarse un relevador se realiza una acción de acuerdo a la configuración de sus contactos. Los relevadores K1 y K2 se utilizan para abrir y cerrar la tapa norte, respectivamente. Los relevadores K3 y K4, para abrir y cerrar la tapa sur. Y los relevadores K5 y K6 para abrir y cerrar la tapa del buscador. La *Figura 5* muestra un diagrama del cableado de los contactos de los relevadores. En este diagrama se puede ver que si se activa el relevador K1, se cierra el contacto 4-7 conectando la Fase al contacto del motor que abre la tapa norte, de esta manera funcionan los demás relevadores.

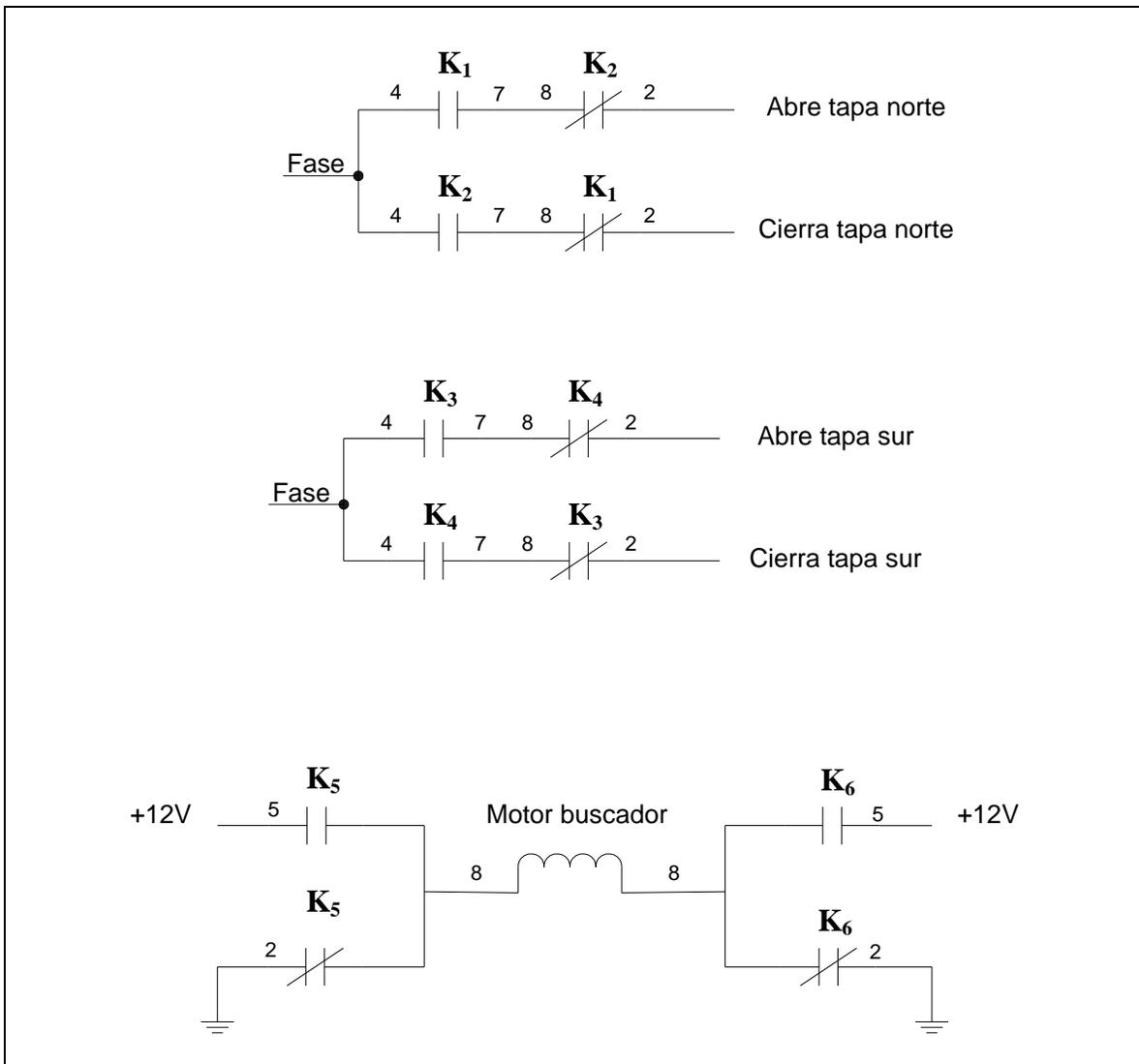


Figura 5: Diagrama del cableado de los contactos de los relevadores.

El tablero fue instalado en la parte superior de la platina del telescopio, la *Figura 6* muestra una fotografía del interior del tablero donde se pueden apreciar los relevadores y las tiras de terminales.

Debido a que el tablero de control quedó instalado a una altura de 3m aproximadamente, los interruptores manuales para operar las tapas se colocaron en una cajita pequeña que cabe en una mano (ver *Figura 7*) y se conectó al tablero a través de un cable largo para tener acceso al control de las tapas desde la parte inferior de la platina del telescopio, eliminando así la necesidad de utilizar una escalera para abrir las tapas de forma manual.

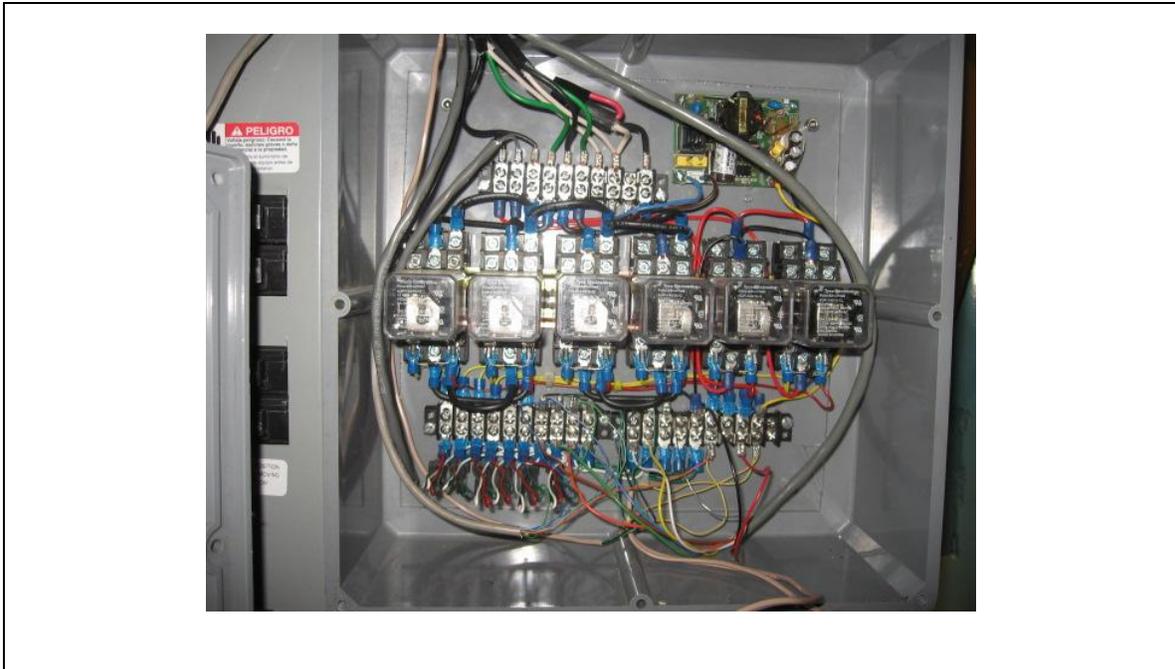


Figura 6: Vista interior del tablero.

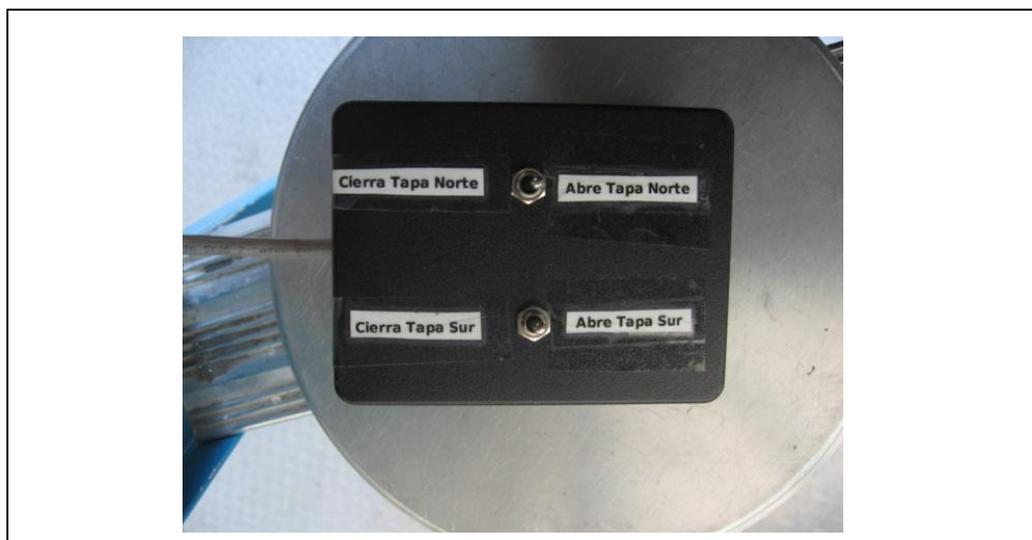


Figura 7: Interruptores manuales para abrir y cerrar las tapas del primario desde la platina del telescopio.

3. CONTROL ELÉCTRICO DE TAPAS PARA EL TELESCOPIO DE 1.5M.

El telescopio de 1.5m cuenta con dos tapas motorizadas para su espejo primario, una orientada hacia el sur y otra hacia el norte. Además cuenta con un telescopio buscador al que se le construyó una tapa motorizada que se abre y cierra de forma lateral (ver *Figura 8*). Para realizar la apertura y cierre de estas tapas se construyó un control eléctrico basado en relevadores de baja potencia y contactores de alta potencia. Para el cableado se utilizaron bloques de terminales y zapatas.

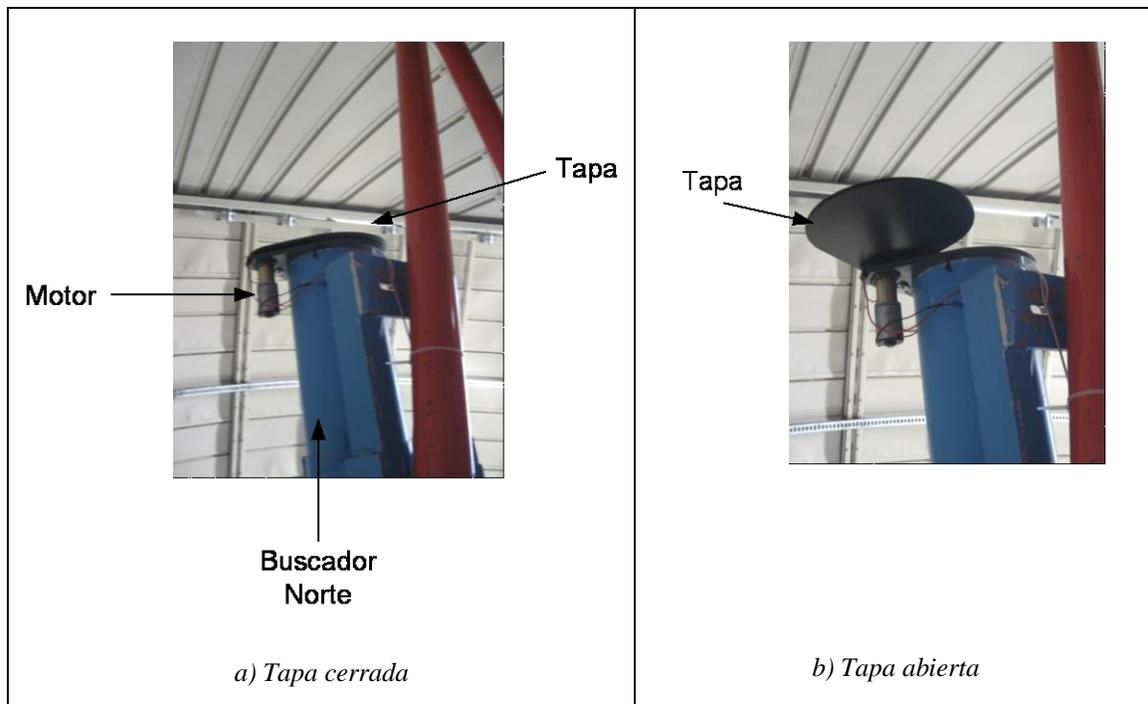


Figura 8: Tapa del buscador norte del telescopio de 1.5m.

La *Figura 9* muestra la distribución de los componentes eléctricos en el tablero. Se utilizaron cuatro contactores de potencia, seis relevadores de baja potencia K1-K6, cuatro bloques de terminales T1-T4 y seis transistores para el manejo de los relevadores a partir de niveles de voltaje digital TTL.

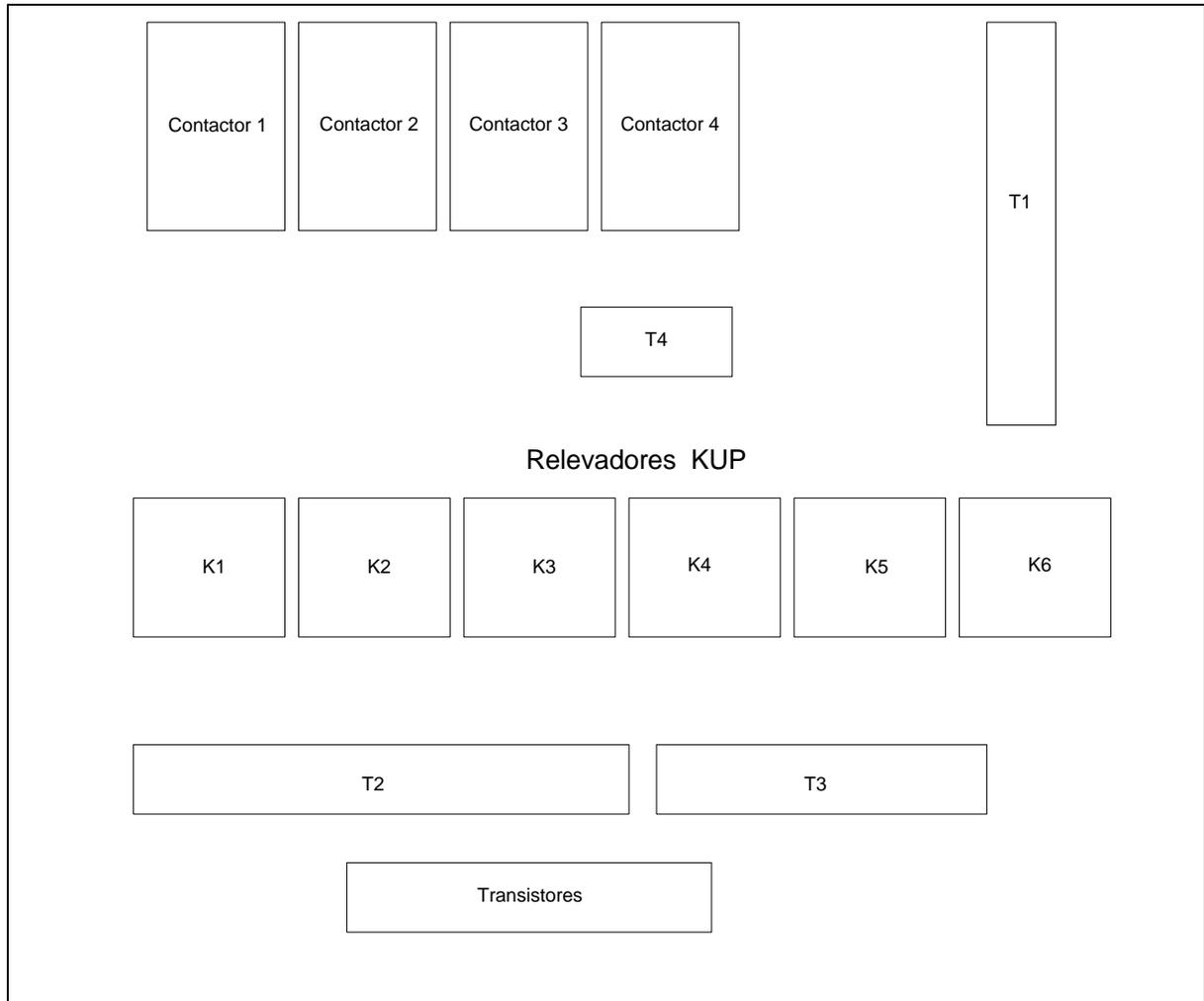


Figura 9: Distribución de relevadores, contactores y bloques de terminales.

La *Figura 10* muestra un diagrama del cableado de los bloques de terminales T2 y T3. En estos bloques están las señales digitales de control (puerto digital de entrada), los transistores y las bobinas de relevadores de baja potencia K₁-K₆ accionados con 12V. Las señales de control se encuentran etiquetadas en el diagrama de acuerdo a la función que realizan. Por ejemplo, la señal "Cierra Norte" se utiliza para cerrar la tapa norte del espejo primario. El diagrama también muestra el color del cable que fue utilizado en el alambrado de las señales. Las señales digitales son generadas por un microcontrolador con conexión a red que se describe en la Sección 5.

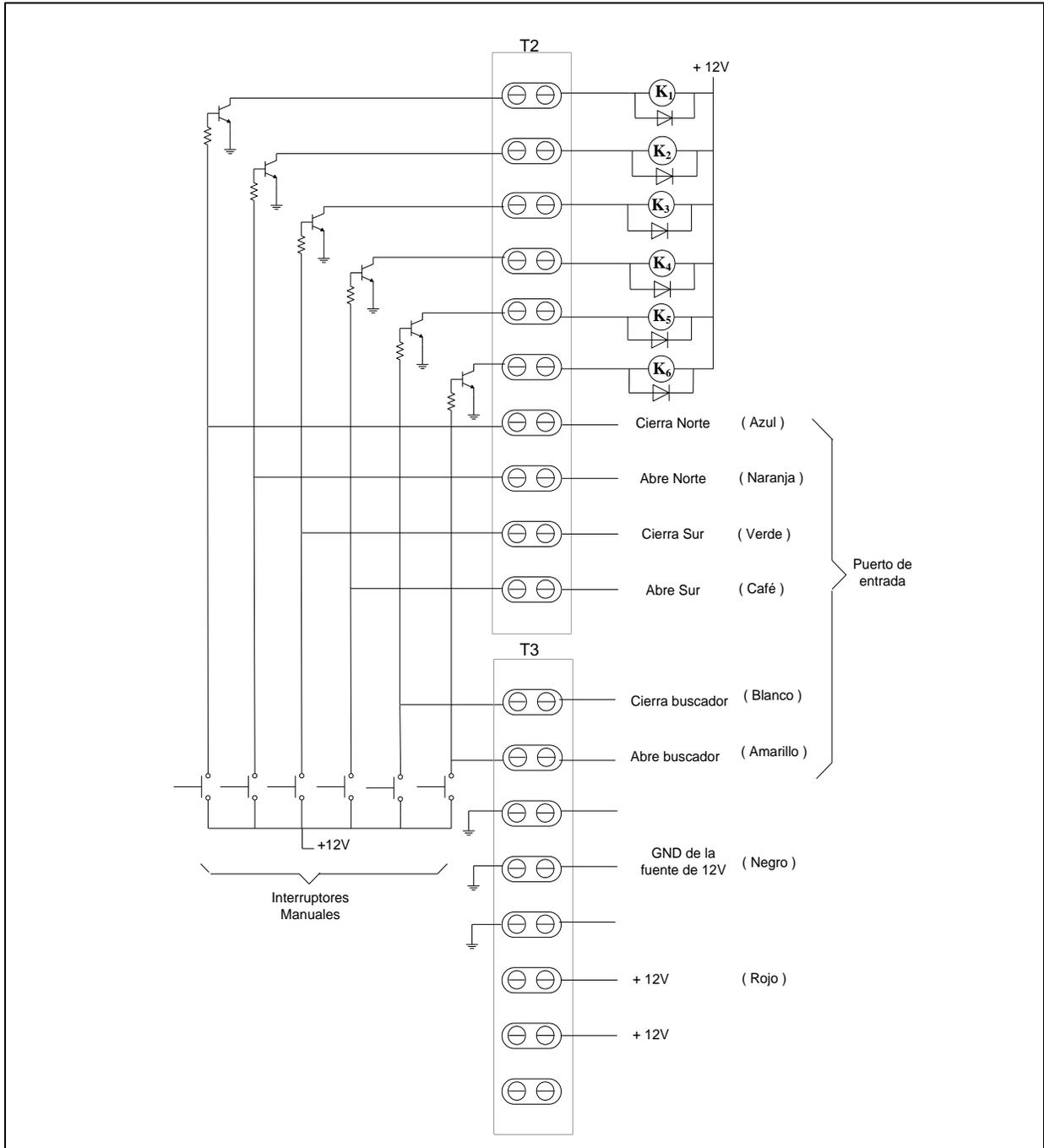


Figura 10: Alambrado de las bobinas de los relevadores.

La *Figura 11* muestra el alambrado de los contactos de los relevadores de baja potencia. El modelo de los relevadores utilizados fue el KUP-14D15-12 montados en bases para cableado con zapata. Los relevadores K₁, K₂, K₃ y K₄ se utilizan para activar las bobinas de los contactores 1 a 4, estos son relevadores pero con mayor capacidad de manejo de corriente. El modelo utilizado en esta aplicación fue 3RT1026-1AK60 con capacidad de manejo de corriente de 25A .

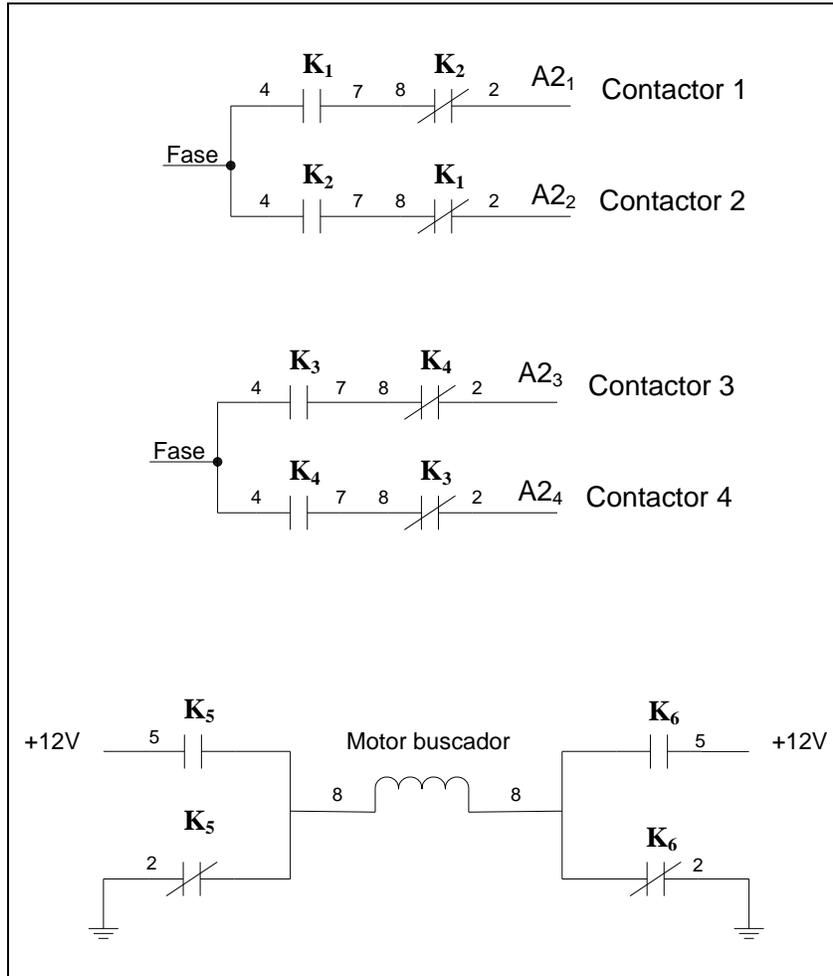


Figura 11: Alambrado de contactos de los relevadores KUP.

La *Figura 12* muestra el diagrama del cableado de los contactores. El contactor 1, al activarse, cierra la tapa norte y el contactor 2 la abre; el contactor 3 cierra la tapa sur y el contactor 4 la abre. También se muestran las conexiones realizadas en los bloques de terminales T₁ y T₄. El bloque T₁ contiene las conexiones de los contactos de los motores de las tapas norte, sur y buscapor; el bloque T₂ contiene las conexiones de la entrada de voltaje de 110VAC.

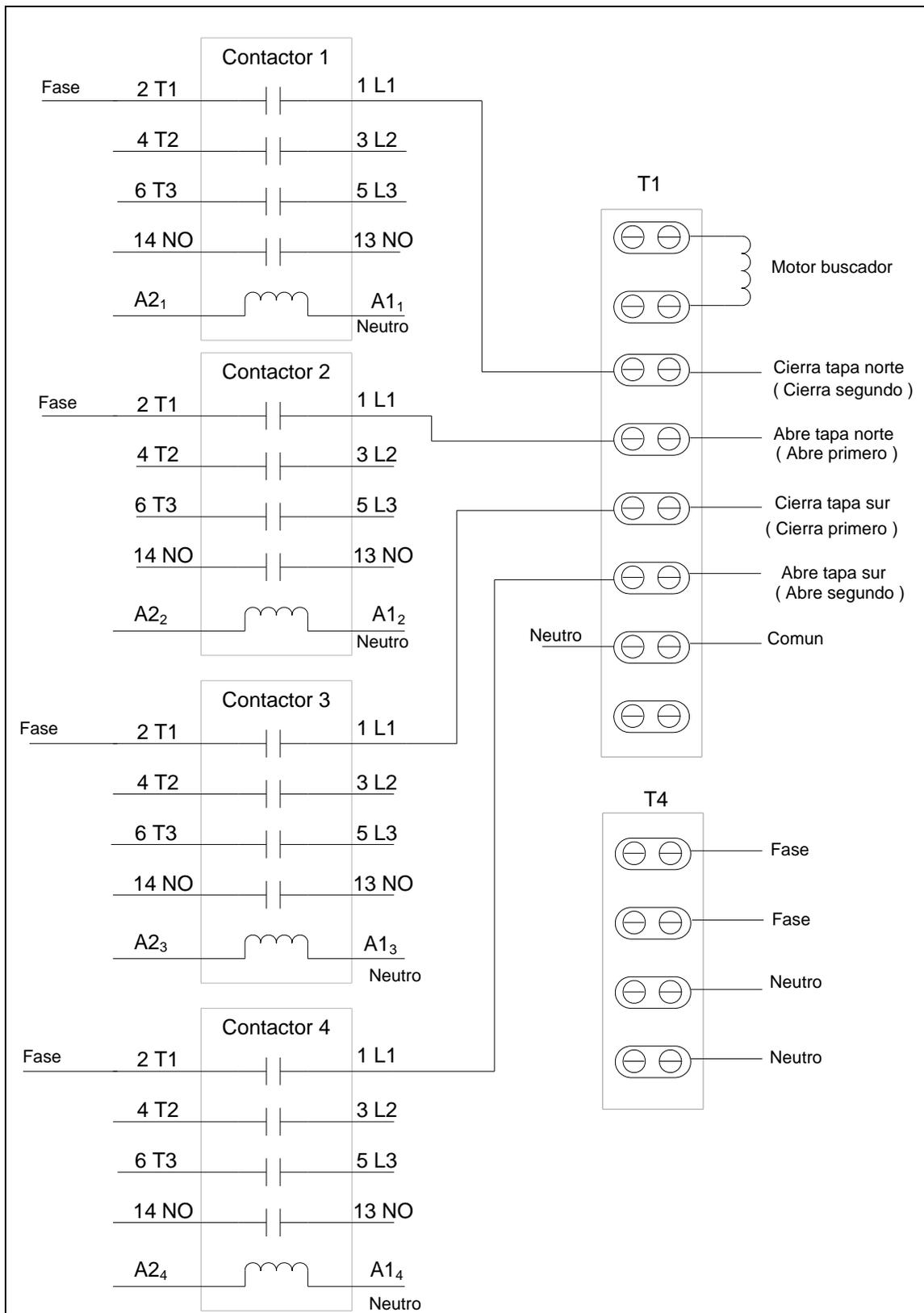
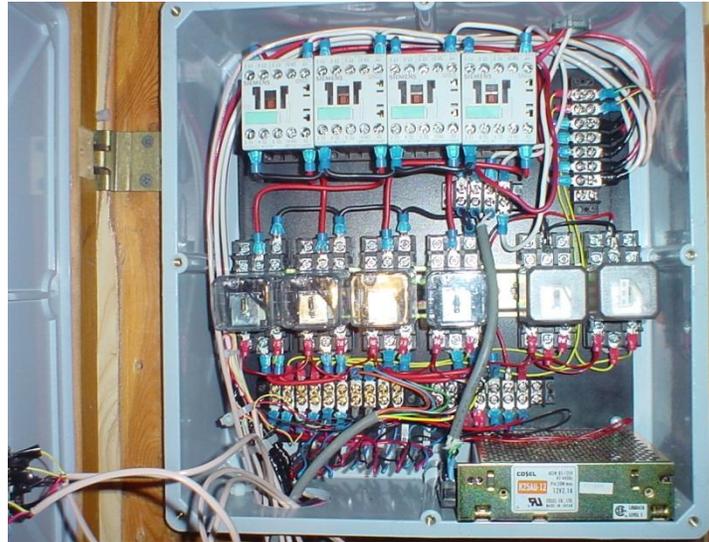


Figura 12: Alambrado de contactores.

La *Figura 13* muestra dos imágenes con las vistas interior y exterior del tablero de control que fueron tomadas durante la instalación en el telescopio de 1.5m. La tapa frontal (*Figura 13 b*) contiene tres interruptores del tipo "un polo dos tiros" para mover manualmente las tapas desde el tablero.



a) Vista interior del tablero eléctrico.



b) Vista exterior

Figura 13: Vistas del interior y del exterior del tablero eléctrico instalado en la pared de la cúpula del telescopio de 1.5m.

4. CONTROL ELÉCTRICO DE TAPAS PARA EL TELESCOPIO DE 84CM.

El telescopio de 84cm. del OAN no contaba con una tapa motorizada para cubrir su óptica, de tal manera que para realizar esta tarea de manera automática fue necesario construir una tapa acoplada a un motor. El diseño de esta tapa consistió en una sola tapa circular con un anillo metálico y una lona flexible sujeta al anillo. El anillo se ajusta a la parte superior del tubo del telescopio y posee una bisagra que le permite abrirse y descansar sobre un costado del tubo del telescopio (ver *Figura 14*). La bisagra tiene en su extremo un engrane y una cadena que la acopla a un motor de 110VAC; se colocaron interruptores límite para definir la carrera de apertura y cierre.

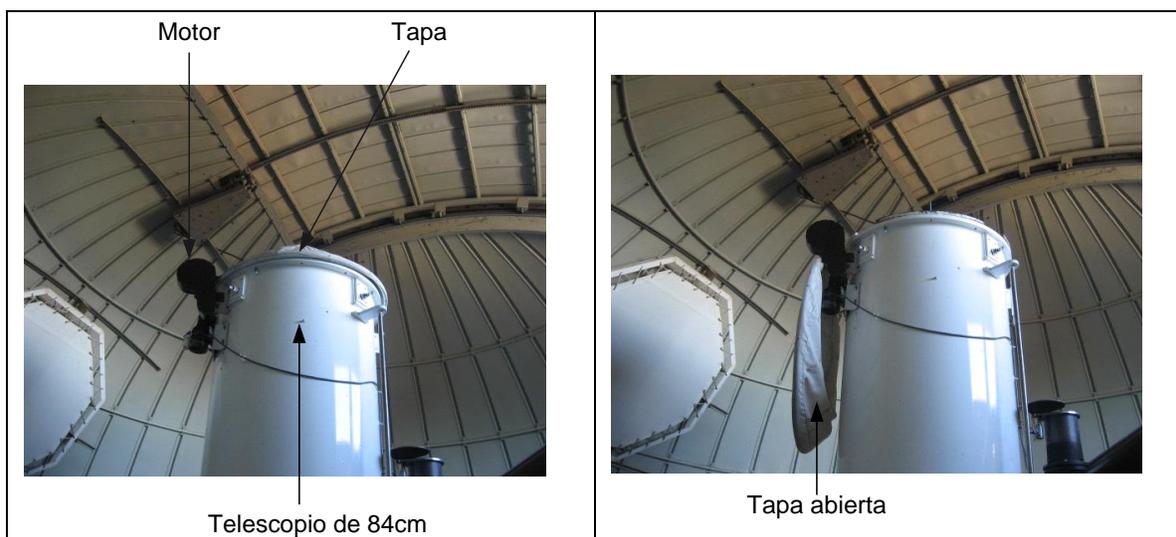


Figura 14: Tapa del telescopio de 84cm.

También fue necesario construir una tapa motorizada para el telescopio buscador que consistió en un círculo de plástico acoplado directamente a un motor que la desplaza lateralmente (ver *Figura 15*) y también se colocaron interruptores límite para definir la carrera de movimiento.



Figura 15: Tapa del buscador Norte del telescopio de 84cm.

Para el manejo de los motores se construyó un tablero eléctrico cuya distribución de componentes se muestra en la *Figura 16*. Se utilizaron dos contactores de potencia para el manejo del motor de la tapa del telescopio de 84cm, cuatro relevadores de baja potencia K₁-K₄: dos para el manejo de los contactores y dos para el motor de la tapa del telescopio buscador. Para el cableado de las conexiones se utilizaron tres bloques de terminales T₁, T₂ y T₃. Se utilizaron cuatro transistores NPN para dotar al tablero de un puerto digital que permite

controlar las tareas desde un microcontrolador digital. El microcontrolador utilizado contiene un puerto de red que permite realizar las tareas de apertura y cierre de las tapas de manera remota. La descripción del circuito del microcontrolador se da en la Sección 5.

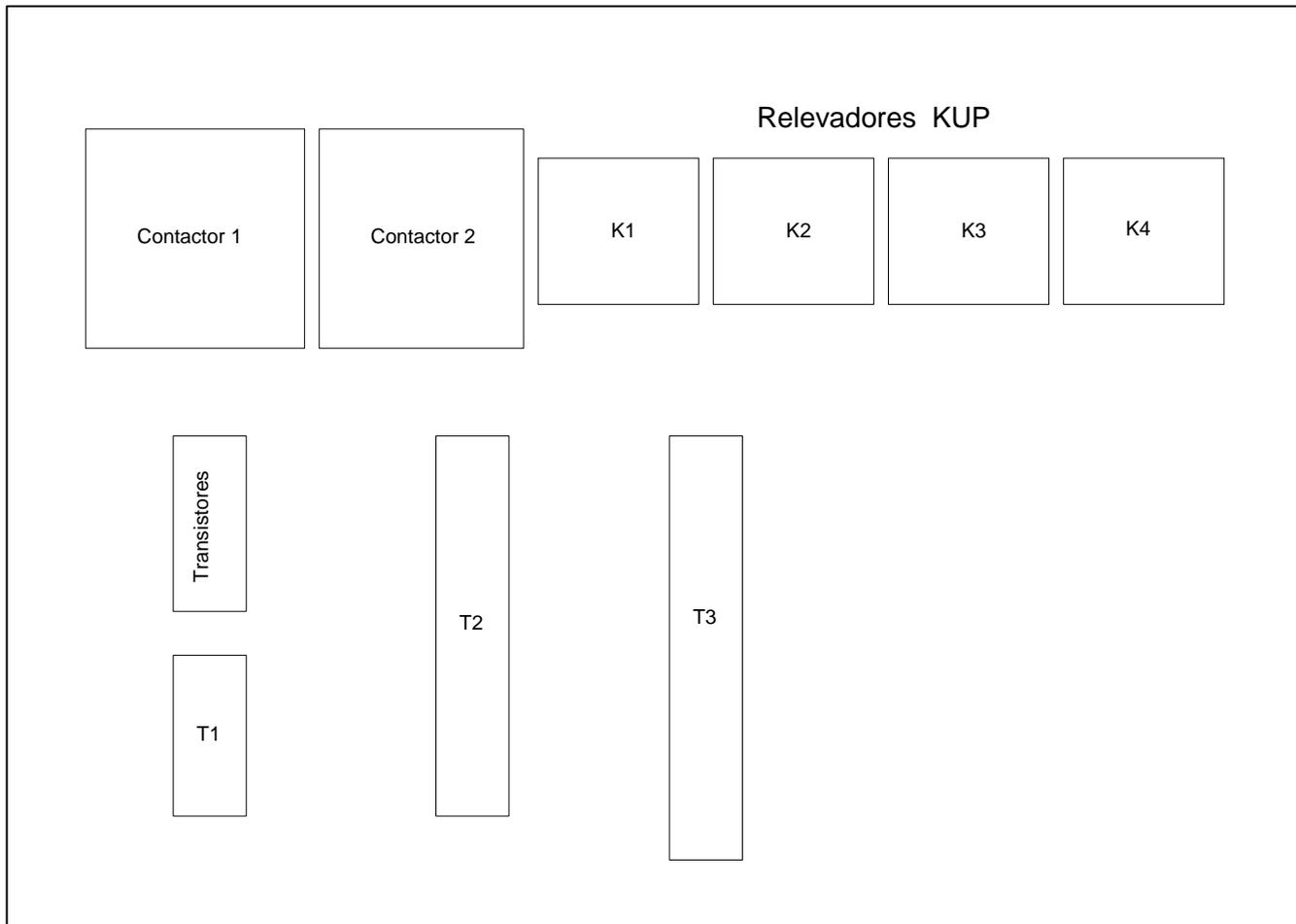


Figura 16: Distribución de componentes.

La *Figura 17* muestra las conexiones en las tiras terminales T₁ y T₂ donde se conectaron las bobinas de los relevadores de baja potencia K₁-K₄, la bobina del motor del buscador y los transistores que accionan los relevadores mediante las señales de control TTL. Las señales se etiquetaron de acuerdo a la función que realizan: "Cierra Lona" y "Abre Lona" se utilizan para cerrar y abrir la tapa del telescopio de 84cm; "Cierra Buscador" y "Abre Buscador" para abrir y cerrar la tapa del buscador.

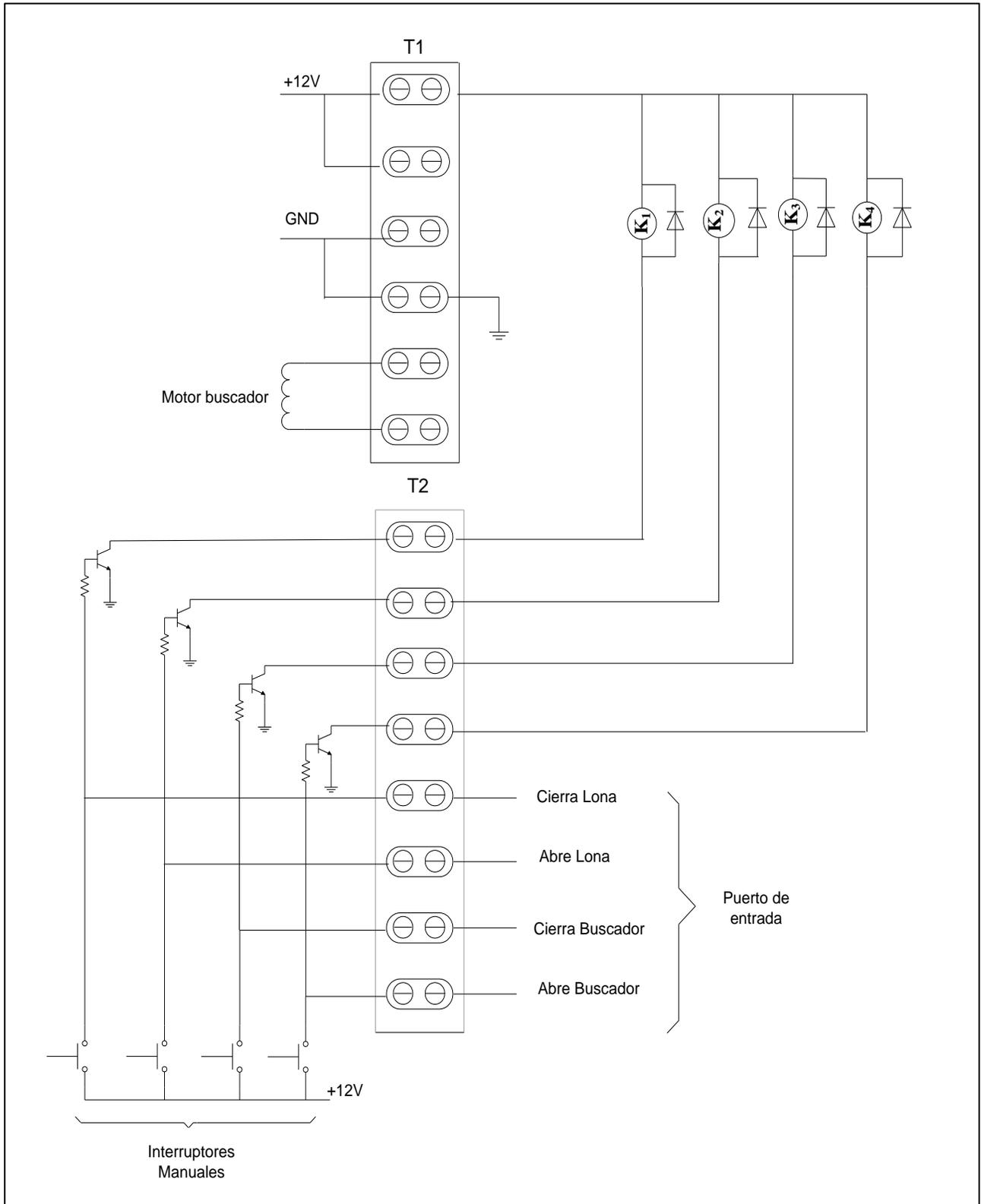


Figura 17: Cableado de bobinas de relevadores K1, K2, K3 y K4, motor del buscador y fuente de 12V.

La *Figura 18* muestra el alambrado de los contactores de potencia y las conexiones en la tira terminal T3 donde se conectaron las bobinas de arranque y de trabajo del motor de 110VAC así como los interruptores límite. La bobina de arranque define el sentido de giro del motor dependiendo de la colocación de las conexiones Fase y Neutro en sus extremos.

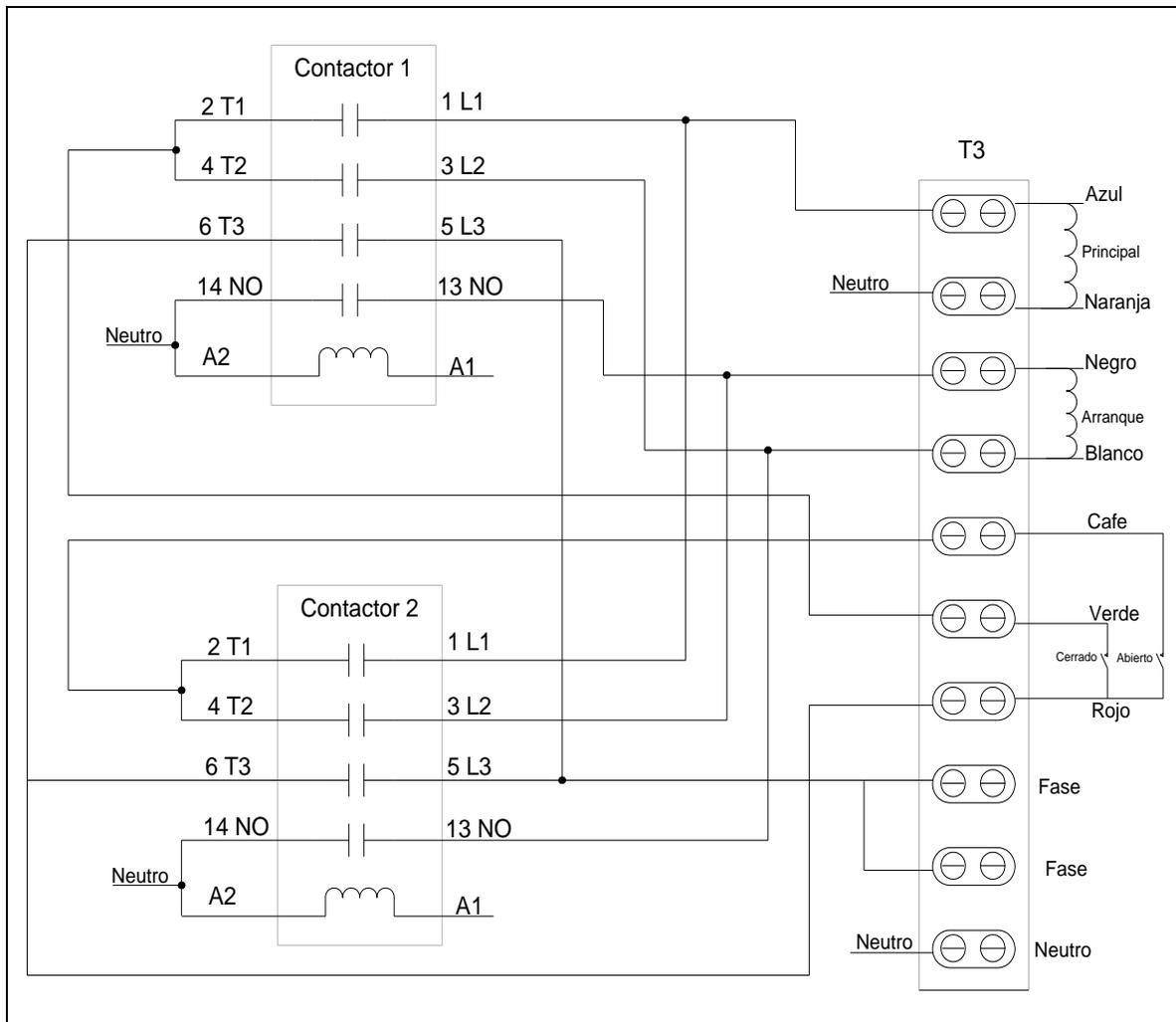


Figura 18: Alambrado de contactores del motor de la tapa del telescopio e interruptores límite.

La Figura 19 muestra un diagrama del cableado de los contactos de los relevadores de baja potencia K1-K4. Cuando se activa K1 se cierra el contactor 1 que se utiliza para cerrar la tapa del telescopio; K2 cierra el contactor 2 que se utiliza para abrir la tapa del telescopio. K3 cierra la tapa del buscador y K4 la abre.

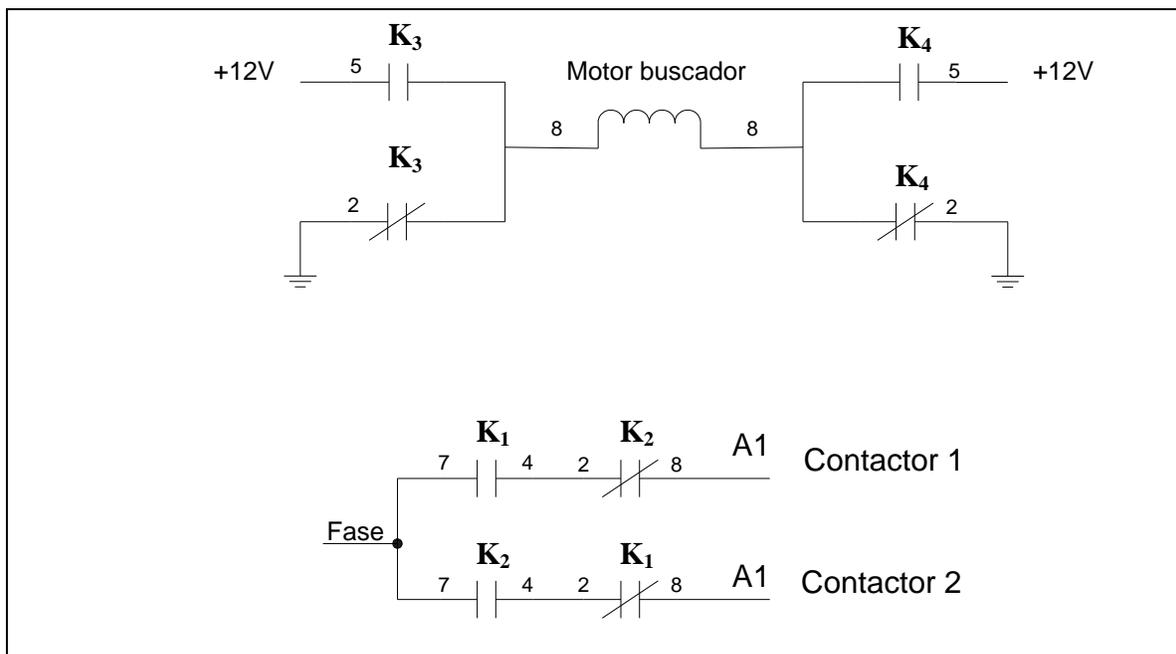
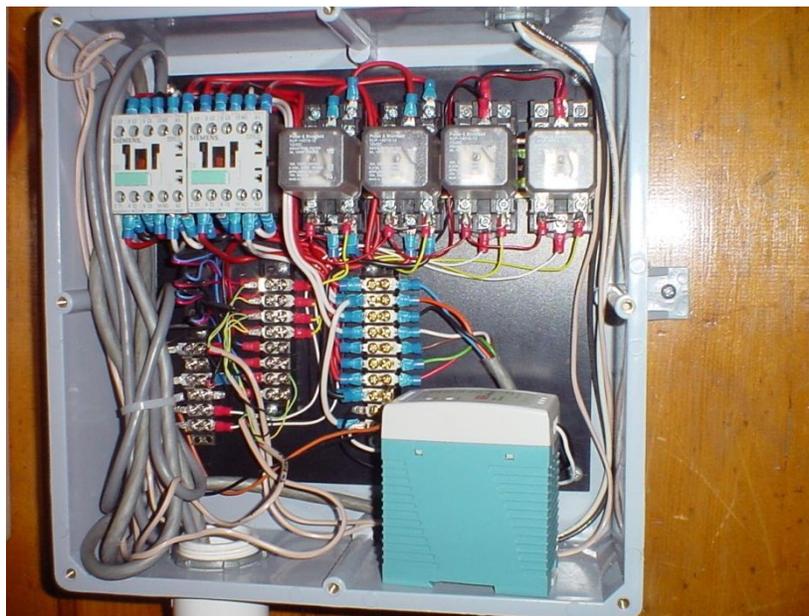


Figura 19: Alambrado de los relevadores KUP.

La *Figura 20* muestra la instalación del control eléctrico en la pared Sur del piso de telescopio y se muestra también el interior del tablero. En la instalación se utilizó tubería eléctrica para llevar los cables desde la pared sur a la parte superior del telescopio.



a) *Instalación del control en el lado Sur.*



b) *Vista interior del tablero de control.*

Figura 20: *Instalación del tablero de control en el telescopio de 84cm.*

5. EL CIRCUITO DEL MICROCONTROLADOR Y PROGRAMA DE CONTROL.

Para el control de las tapas de los tres telescopios de manera remota, se utilizó el mismo tipo de sistema de tareas compartidas, adoptado así debido a políticas impuestas por la Jefatura del Observatorio. Para realizar la apertura y cierre de las tapas se emplea un puerto digital del controlador del inclinómetro, que es un sistema que tiene además otras funciones

El sistema está compuesto por un microcontrolador del tipo “RabbitCore RCM3700” [1] (ver *Figura 21*), con sus programas de control implementados en lenguaje C, una tarjeta madre interfaz (Apéndice A), que alberga al microcontrolador. El programa de control se encarga de realizar varias tareas como son: atender la comunicación a través de Ethernet, leer el inclinómetro, leer sensores de proximidad, abrir y cerrar la tapa del telescopio y del buscador.

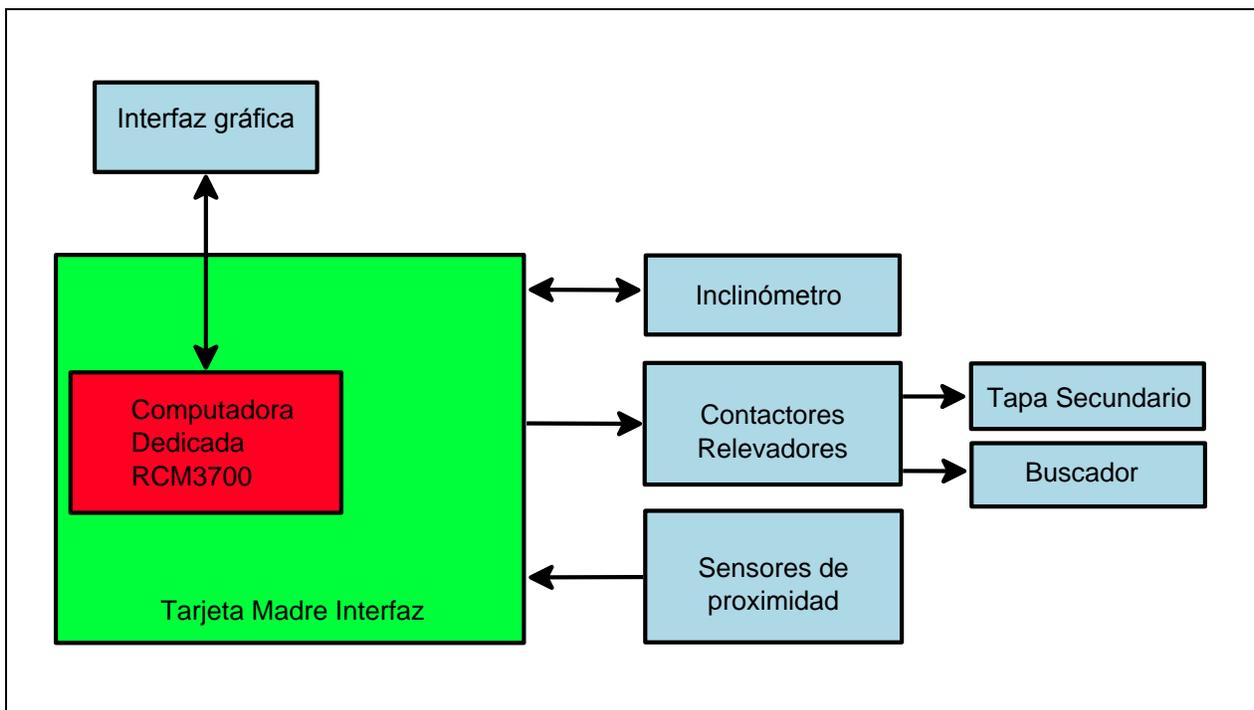


Figura 21: Diagrama a bloques del sistema.

La Tabla 1 muestra los mandos que acepta el control de tapas. Éstos son enviados desde la interfaz gráfica a la dirección de IP y puerto del controlador: 192.168.0.20 & Puerto: 4545

Las primeras dos instrucciones definen el tiempo de apertura y cierre de las tapas del telescopio y buscador respectivamente. Debido a que el sistema no cuenta con sensores de posición para detectar el estado de la tapa, se implementó un tiempo de apertura y cierre, que es el tiempo durante el cual se mantiene activa la señal de apertura o cierre. Estos tiempos son variables para cada telescopio y estas instrucciones permiten ajustarlo.

La tercer instrucción se utiliza para cuestionar al microcontrolador sobre el valor de los tiempos de apertura y cierre de la tapas.

La cuarta y quinta instrucción son las utilizadas durante la operación normal del sistema para abrir y cerrar las tapas del primario y buscador.

Las últimas dos instrucciones sólo abren y cierran la tapa del buscador.

TABLA 1

Mandos programados en el microcontrolador para el manejo de las tapas.

":TABXX;"	Tiempo en segundos, (XX), para abrir/cerrar la tapa del buscador.
":TATXX;"	Tiempo en segundos, (XX), para abrir/cerrar las tapas del espejo primario.
":?TA;"	Proporciona los tiempos de abrir/cerrar las tapas del buscador y espejo primario.
":ABRIR;"	Abrir tapas del espejo primario y buscador.
":CERRAR;"	Cerrar tapas del espejo primario y buscador.
":AB;"	Abrir buscador.
":CB;"	Cerrar buscador.

En el diagrama de la tarjeta de interfaz (Apéndice A) se localiza un conector etiquetado como JP2. De este conector es de donde se toman las señales de control para la manipulación de las tapas del telescopio y buscador; estas señales salen al exterior a través de un conector DB9 presente en la caja de cada inclinómetro. La asignación de contactos en este conector se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2

Asignación de señales en los contactos del conector DB9 de la caja del inclinómetro utilizados para el control de las tapas.

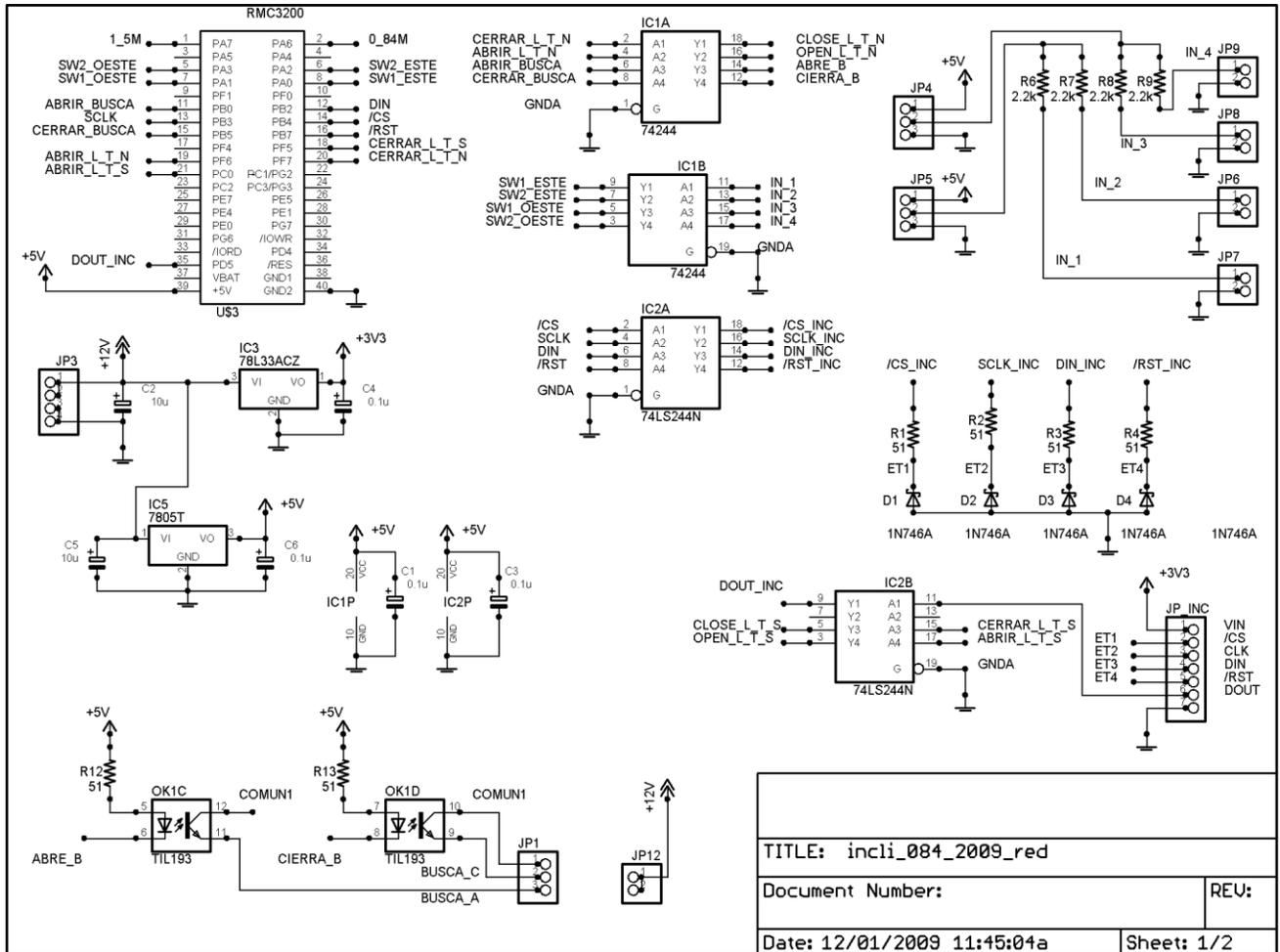
Pin DB9	Señal	Color del cable
1	GND	Negro
2	+12V	Rojo
3	Abre buscador	Blanco
4	Cierra buscador	Amarillo
5	Abre tapa 1	Naranja
6	Cierra tapa 1	Azul
7	Abre tapa 2	Café
8	Cierra tapa 2	Verde

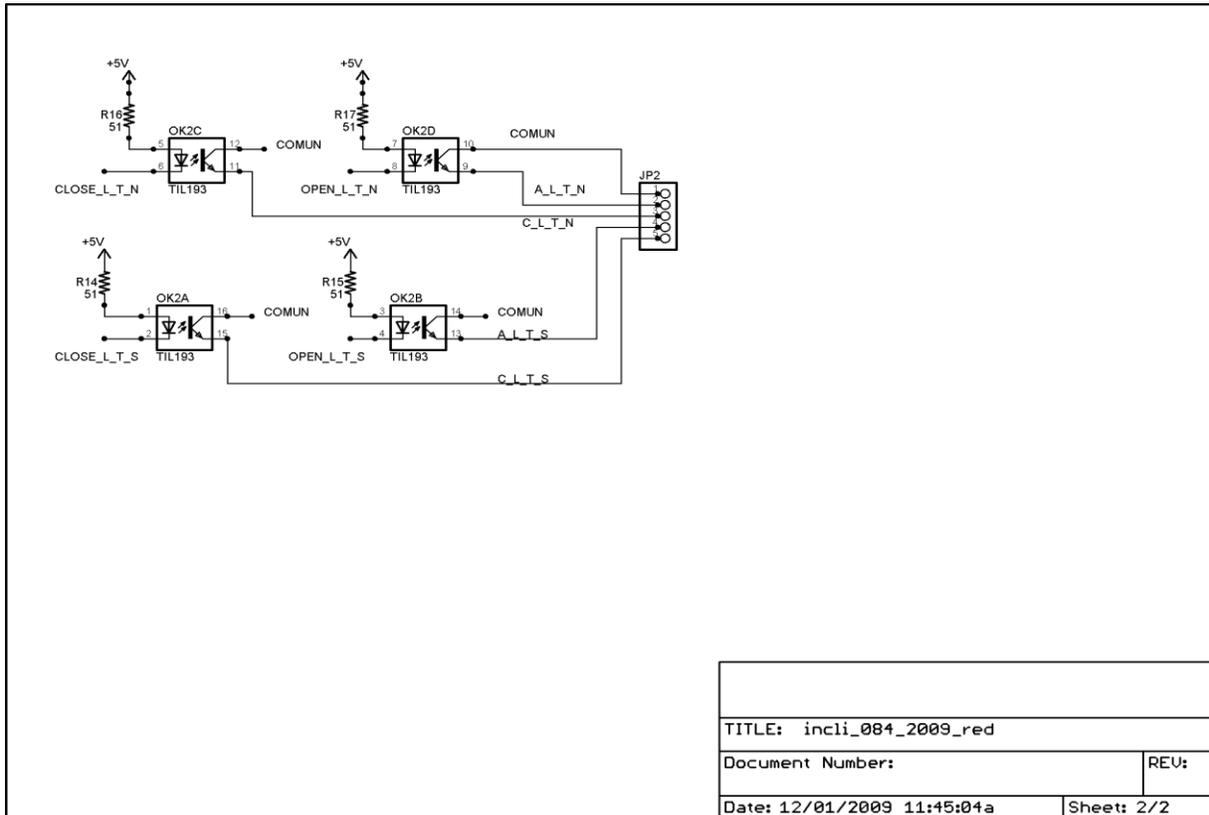
6. **REFERENCIAS.**

[1] RabbitCore RCM3700, User's Manual.

7. APÉNDICE A. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO Y CIRCUITO IMPRESO DE LA TARJETA DEL INCLINÓMETRO.

A. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO.





B. CIRCUITO IMPRESO

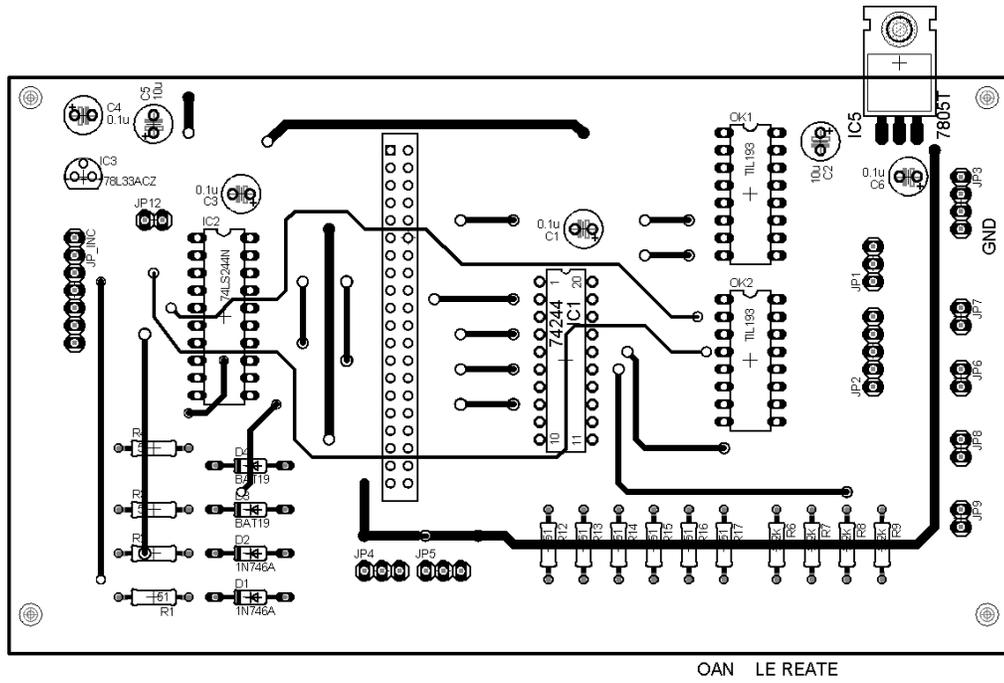


Figura 22: Cara de componentes.

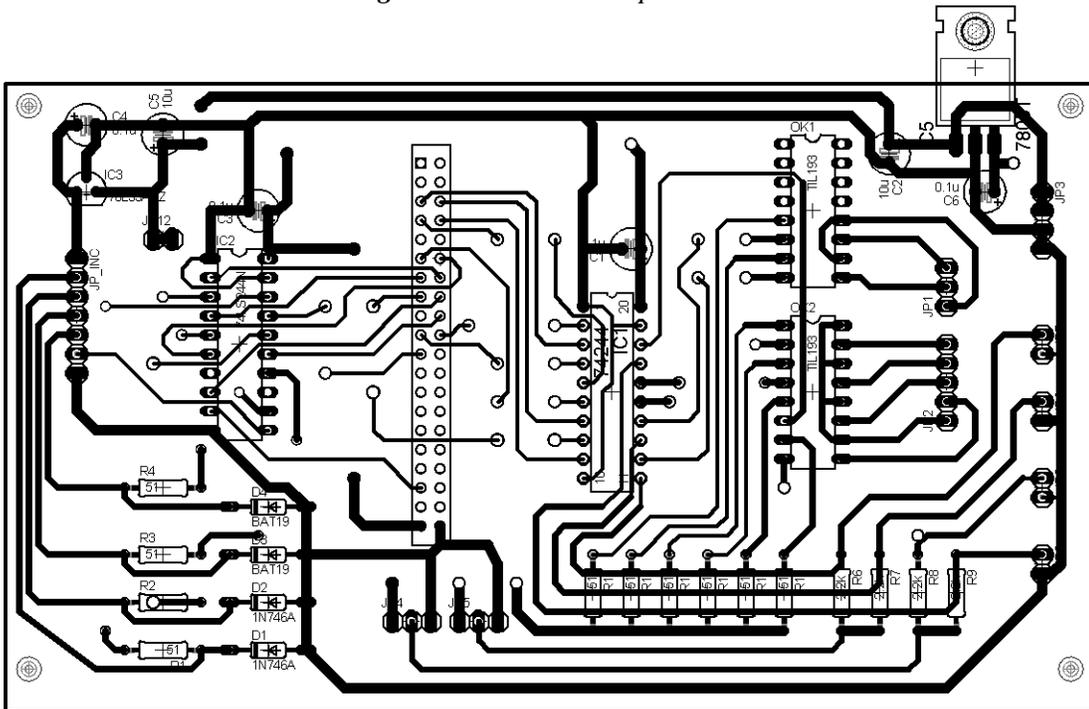


Figura 23: Cara de soldadura.

8. APÉNDICE B. LISTA DE PARTES.

C. MOTOR DE LA TAPA DEL PRIMARIO DEL TELESCOPIO DE 84CM.

Fabricante: Bodine electric company.
Número de serie: 0469KSJE
Voltaje: 115V
Reducción: 60:1

D. INTERRUPTORES LÍMITE DE LA TAPA DEL PRIMARIO DEL TELESCOPIO DE 84CM.

Fabricante: Siemens.
Número de serie: 3SE2 200-1E

E. PISTONES DE LAS TAPAS DE LOS ESPEJOS PRIMARIOS DE LOS TELESCOPIOS DE 2.1M Y 1.5M.

Fabricante: Dayton.
Modelo: SA701

F. MOTORES DE LAS TAPAS DE LOS BUSCADORES.

Fabricante: TRW Electronic.
Número de serie: 409AV626

G. RELEVADORES.

Modelo: KUP-14D15-12

H. CONTACTORES.

Fabricante: Siemens.
Modelo: 3RT1026-1AK60

I. TRANSISTORES.

Modelo: TIP100