

# UN FOTÓMETRO AUTOMÁTICO Y SENCILLO PARA MEDIR EL RESPLANDOR NOCTURNO

A. P. Báez \*

## RESUMEN

Ha sido diseñado un fotómetro automático para la observación de dos colores, en ciclos sucesivos, del resplandor nocturno. El fotómetro usa dos espejos para el rastreo del cielo, es sencillo en su construcción y fácil de operar.

## INTRODUCCIÓN

La atmósfera radía durante la noche un débil resplandor, debido a varios procesos; entre ellos el fotoquímico y la dispersión resonante. La radiación se caracteriza por sus emisiones de líneas, bandas y un continuo. Las líneas de emisión han sido las más extensamente estudiadas durante la última década; entre ellas el doblete rojo del oxígeno atómico, emitido en 6300 Å y 6364 Å, ha recibido una atención especial, ya que, a diferencia de otras emisiones, existe una estrecha relación entre su comportamiento y el estado de la capa F de la ionosfera durante la noche (Barbier D. 1961). Los resultados de la investigación del resplandor atmosférico han tenido gran importancia para comprender mejor los procesos físicos que acurren en la atmósfera superior.

Se ha establecido un programa para realizar estudios del resplandor atmosférico en los países sudamericanos. Todas las estaciones de observación han sido instaladas en lugares donde se encuentran en operación sondas ionosféricas, para hacer el estudio simultáneo de la ionosfera. Este mismo tipo de investigación ha sido planeado en México, ya que existe una sonda ionosférica en operación. Por esta razón se decidió diseñar y construir un fotómetro automático simple en su construcción y fácil de operar.

## EL FOTÓMETRO

El fotómetro fue diseñado para observar dos colores en ciclos sucesivos: las líneas verde (en 5577 Å) y roja (en 6300 Å); para medir su intensidad en el

\* Instituto de Geofísica, UNAM., contribución 1035. Comisión Nacional de Energía Nuclear, México. Patrocinado por la Comisión Nacional del Espacio Exterior, México, bajo un contrato con el Instituto de Geofísica, U N A M.

resplandor nocturno por medio de un barrido, en un almucantara y a un ángulo zenital de  $75^\circ$ , y con registros en el zenit a intervalos de  $180^\circ$  en la posición norte y sur. Sin embargo, con filtros adecuados, el fotómetro puede medir otras emisiones.

### ÓPTICA

El fotómetro usa dos espejos para barrer el cielo. Cualquier región escogida de éste puede ser captada por el periscopio formado por el par de espejos de superficie frontal reflectora. Ambos están inclinados a  $45^\circ$  con respecto al horizonte. Mientras el espejo  $M_1$  permanece fijo, el espejo  $M_2$  puede girar alrededor de un eje horizontal como lo indica la figura 1.

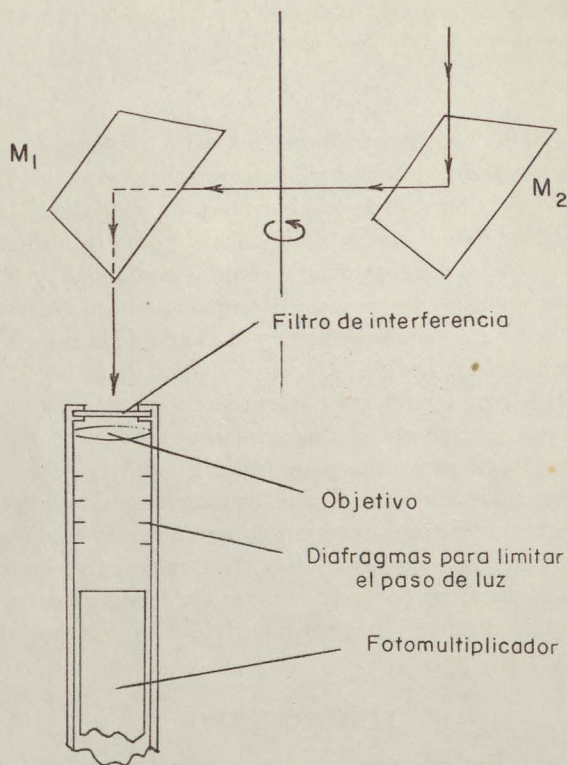


Fig. 1 Dispositivo de espejos

La óptica del telescopio consiste de un objetivo formado por una lente de 50 cm de distancia focal, la cual enfoca la imagen sobre la superficie del fotocátodo

del fotomultiplicador. El telescopio tiene además unos anillos para colimar la entrada de luz.

La geometría del telescopio está diseñada de tal forma que el detector sólo capta una porción limitada por un cono de ángulo sólido de  $5^\circ$ .

#### ELECTRÓNICA

La parte electrónica consiste en un fotomultiplicador 9558-B EMI con respuesta S-20 y fotocátodo trialcalino con buena sensibilidad en  $6300 \text{ \AA}$ , lo que permite observar, con un solo detector, las líneas  $5577 \text{ \AA}$  y  $6300 \text{ \AA}$ . Éste es de bajo ruido, lo que lo hace adecuado a nuestras necesidades. El tubo se opera a  $1250 \text{ V}$ .

La señal de la salida del fotomultiplicador es llevada directamente a un micro-micro amperímetro Hewlett Packard 425-A. Este modelo mide corrientes del orden de un p. amp.

El micro-micro amperímetro está provisto de una terminal de salida, lo que permite usarlo como amplificador de c. d. con una ganancia máxima de amplificación de voltaje  $10^5$ . La salida es de 1 volt para máxima deflexión de la escala, o de 1 m. amp. a través de una resistencia de 100 ohms; esta amplificación permite operar un registrador gráfico Moseley 7101-B, el cual registra la señal que proviene del fotomultiplicador.

#### MECANISMOS DE MOVIMIENTO

Los espejos están montados en una plataforma rotatoria. El espejo  $M_2$  gira por conducto de un motor sincrónico acoplado a un reductor de velocidad. Este mecanismo permite hacer el barrido de un arco vertical desde una altura de  $15^\circ$  sobre el horizonte al zenit y viceversa.

Los cuatro filtros están sujetos a un disco rotatorio. Las posiciones de lectura y cero se obtienen a través de dos ejes provistos de dos juegos de engranes con una relación entre ellos de 1:2. Estos ejes se mueven por medio de un motor que está siempre en movimiento; sin embargo, el movimiento periódico se obtiene por medio de un mecanismo llamado "Cruz de Malta". Este tipo de movimiento proporciona una posición exacta y confiable de los filtros en la ventana del telescopio (figura 2). Al final de cada ciclo un solenoide cambia la relación de los engranes a 1:1 en uno de los ejes, por un corto periodo, lo que permite solamente una rotación de  $90^\circ$ . Esto significa que, para un nuevo ciclo, el siguiente par de filtros es colocado en posición de lectura. Al mismo tiempo, otro solenoide cierra la ventana de los filtros que ya han sido leídos y abre la ventana del par de filtros que han sido colocados en posición de lectura.

## PROGRAMADOR

Todos los movimientos del fotómetro se controlan por medio de un programador central, cuyo diagrama se muestra en la figura 3. La función básica del programador se describe brevemente a continuación (figura 4). Al comenzar un ciclo se envía un pulso al motor de altitud que mueve el espejo  $M_2$  hacia el zenit; la intensidad en este punto se registra por un periodo de 60 segundos. Inmediatamente después, un relevador térmico envía un pulso haciendo que el espejo  $M_2$  regrese a su posición a una altura sobre el horizonte, de  $15^\circ$ ; tan pronto como el espejo se detiene, un segundo relevador envía un pulso al motor de almucantar el cual mueve la plataforma giratoria  $180^\circ$ , parando en el sur y moviendo

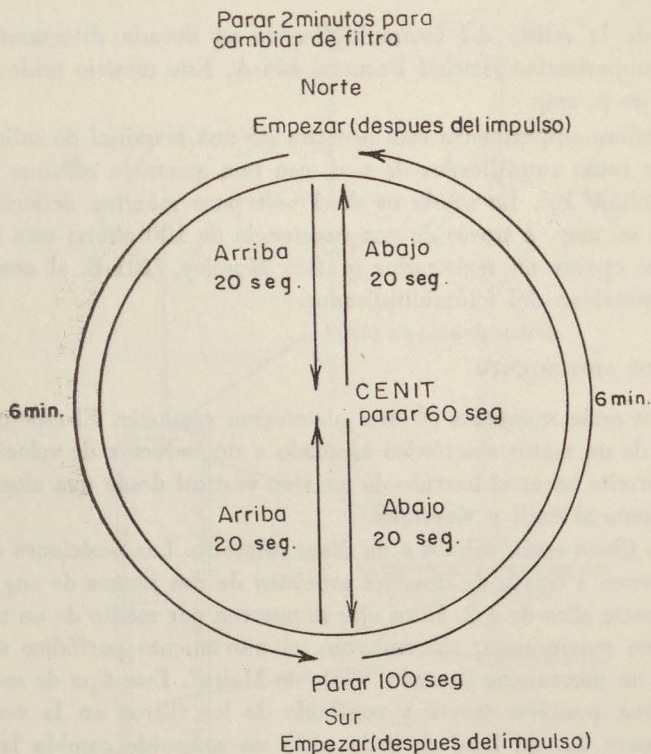


Fig. 4 Función básica del programador

el fotómetro hacia el zenit para efectuar una lectura en él. Otro pulso es enviado al motor de altitud y el ciclo de espejos se repite. Un segundo pulso se envía al motor de almucantar y la plataforma recorre otros  $180^\circ$  hacia el norte. En

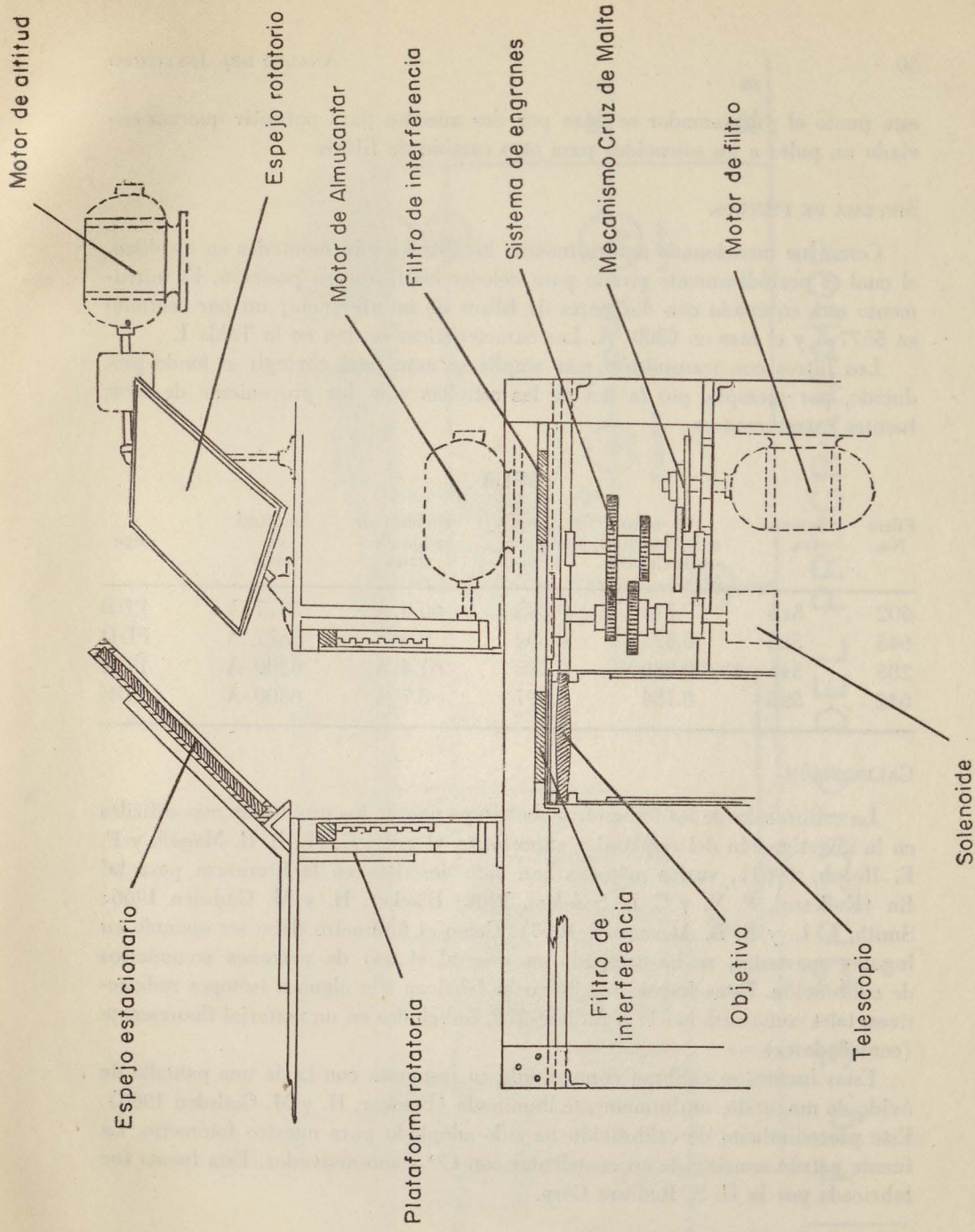


Fig. 2 Mecanismo del Fotometro

este punto el programador se para por dos minutos para permitir que sea enviado un pulso a los solenoides para otro cambio de filtros.

#### SISTEMA DE FILTROS.

Como fue mencionado anteriormente, los filtros están montados en un disco, el cual es periódicamente girado para colocar los filtros en posición. El instrumento está equipado con dos pares de filtros de interferencia: un par centrado en 5577 Å y el otro en 6300 Å. Las características se dan en la Tabla I.

Los filtros con transmisión más amplia se usan para corregir el fondo producido, por ejemplo, por la luz de las estrellas y la luz proveniente de otras fuentes extraterrestres.

TABLA I

Filtro No.	Tamaño cm.	% trans. a la longitud seleccionada	trans. máxima %	anchura de banda de trans.	longitud de onda	tipo
602	5x5	0.710	0.735	66.0 Å	5577 Å	PDB
645	5x5	0.475	0.602	9.9 Å	5577 Å	PDD
285	5x5	0.736	0.785	61.4 Å	6300 Å	PCA
642	5x5	0.154	0.397	6.7 Å	6300 Å	PDE

#### CALIBRACIÓN

La calibración de los fotómetros constituye uno de los problemas más difíciles en la investigación del resplandor atmosférico (Purdy, C. M., L. R. Magalli y F. E. Roach, 1961), varios métodos han sido descritos en la literatura para tal fin (Kulkarni, P. V. y C. L. Sanders, 1964; Blacker, H. y M. Gadsden 1966; Smith, L. L. y R. B. Alexandre, 1963). Como el fotómetro debe ser operado en lugares apartados, se ha aceptado en general el uso de patrones secundarios de calibración. Estas fuentes luminosas se fabrican con algunos isótopos radioactivos, tales como carbono-14 o radium-226, embebidos en un material fluorescente (centelladores).

Estas fuentes se calibran comparando su respuesta con la de una pantalla de óxido de magnesio, uniformemente iluminada (Blacker, H. y M. Gadsden 1966). Este procedimiento de calibración ha sido adoptado para nuestro fotómetro. La fuente patrón consiste de un centellador con C<sup>14</sup> como activador. Esta fuente fue fabricada por la U. S. Radium Corp.

<sup>1</sup> Todos los filtros son Spectrolab.

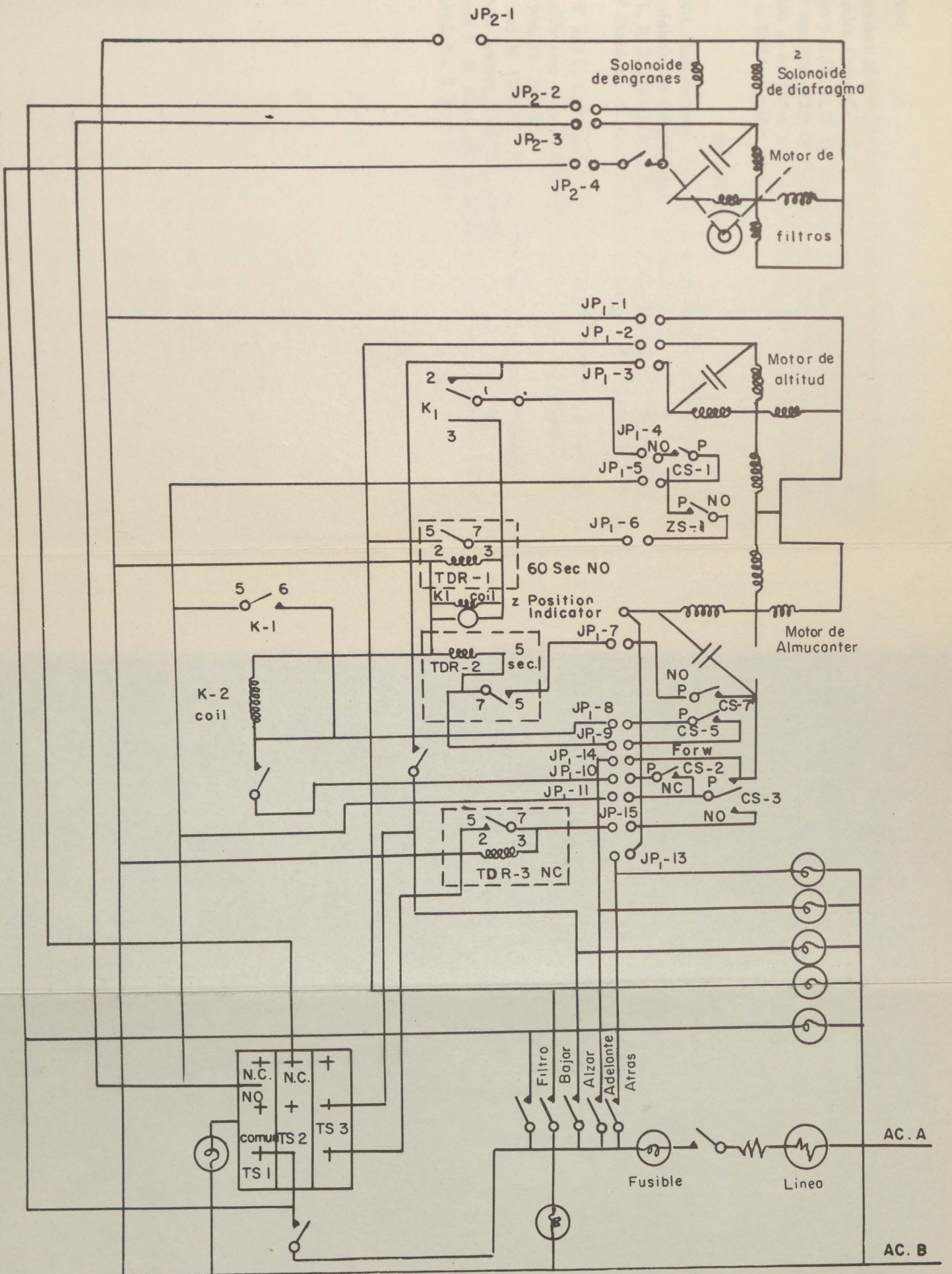


Fig. 3 CIRCUITO DEL PROGRAMADOR

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al señor José Cruz del Laboratorio de Bajas Temperaturas del ESSA, Boulder, Colorado, EE.UU., por su valiosa cooperación en el diseño del programador y al Dr. L. R. Megill por sus valiosas sugerencias y discusiones.

También se agradece al Dr. M. Gadsden y H. Virginia Blacker por su ayuda en la calibración de los filtros y la fuente patrón de  $C^{14}$  en el Laboratorio de Aeronomía de la ESSA, Boulder, Colorado.

## BIBLIOGRAFIA

- BARDIER, D. 1961. "Les variations d'intensité de la raie 6300 Å de la luminescence nocturne". *Annales de Géophysique*; 17:3-13.
- PURDY, C. M., L. R. Magill and F. E. Roach, *Journal of Research of the National Bureau of Standards. C. Engineering and Instrumentation*, 1961, 656, 4: 213-216.
- KULKARNI, P. V. and C. L. Sanders. "Use of a radiactivated light source for the absolute calibration of two, color night airglow photometer." *Planet. Space Science*, 1964, 12. 189-194.
- BLACKER, H., and M. Gadsden. "On the calibration of airglow photometers." *Planet. Space Science*, 1966, 14: 921-928.
- SMITH, L. L. and R. B. Alexandre. *International Quiet Solar Year, Instruction Manual*, 1963, No. 5, Part II, 30-36.