

ANALISIS QUIMICO EMPLEANDO PROTONES
CON ENERGIAS DE 1.5 Mev

M. Mazari^{*}, L. Velázquez y F. Alba
Laboratorios Van de Graaff, Instituto de Física
U. N. A. M.

(Recibido: 15 enero 1959)

RESUMEN

Improvements made on the equipment, necessary to undertake precise studies of nuclear reactions, are briefly described. Among the principal changes that must be mentioned are: the substitution of the arc for a radiofrequency ion-source, including an accelerator tube with only one electrostatic lens; the changes in the deflector magnet to reduce background of scattered particles; the installment of a strong focusing electrostatic lens; a mechanism for rotating thin targets which prolong their useful life noticeably; etc.

A chemical analysis of compounds is possible with purely physical

^{*} Subsidiario del Instituto Nacional de la Investigación Científica.

methods, for instance, the magnetic analysis of elastic protons scattered from the target with different energies, by means of a broad range magnetic spectrograph. Copper and clay targets were used, and examples of the spectra produced by the scattering of monoenergetic 1.54 Mev protons are included. Experiments with protons or deuterons on thick targets proved to be negative.

The presence of a high percentage of Fe in the clay of the Valley of México and information obtained from other sources suggest that they may be classified in the Illite group rather than in the Montmorillonites as they have generally been reported.

INTRODUCCION

Con el objeto de informar sobre el estado de avance de los trabajos realizados en los Laboratorios Van de Graaff de la U.N.A.M. y demostrar las posibilidades actuales del equipo, se describe brevemente una técnica que es posible utilizar para el análisis químico de compuestos, especialmente cuando las sustancias son más ligeras que el sodio.

No ha sido posible todavía la observación de grupos de protones inelásticos, correspondiente a los estados de baja excitación de los isótopos estables de cobre.

I. ACONDICIONAMIENTO DEL EQUIPO

En cuanto se iniciaron estudios con el nuevo espectrógrafo construido en estos laboratorios¹, se impusieron varios cambios necesarios, tanto en el acelerador Van de Graaff y el magneto deflector, como en el espectrógrafo mismo, a fin de poder realizar estudios nucleares de alta precisión. Las reformas más importantes que se han efectuado en el equipo se enumeran a continuación; pueden seguirse estos cambios en la Fig. 1.

- 1.- Sustitución de las resistencias de 2000 Megohms por series de 10 resistencias de 200 Megohms, entre platos equipotenciales,

- en la columna aceleradora de la máquina Van de Graaff de 2 Mev.
- 2.- Alimentación de iones a la banda de la máquina con un peine múltiple en vez de una sola serie de puntas, las que en relativamente poco tiempo se achataban.
 - 3.- Cambio del tubo acelerador, con una sola lente electrostática para el enfoque de las partículas cargadas.
 - 4.- Cambio del arco eléctrico por una fuente de ionización de radiofrecuencia. Esto implicó la sustitución de todos los circuitos dentro de la terminal.
 - 5.- Instalación de tanques de hidrógeno y deuterio para la obtención de deuterones o protones como proyectiles, en la terminal. (Los elementos mencionados en 2, 3, 4 y 5 fueron adquiridos en la High Voltage Engineering Corporation).
 - 6.- Sustitución de la caja de aluminio del magneto deflector por un tubo de cobre. El fondo de partículas producidas en el tubo pudo reducirse por medio de un alambre helicoidal continuo de acero inoxidable antimagnético (Ver Fig. 2). Se instalaron separadores de latón en los polos, para evitar deformaciones del marco soporte al aumentar los campos magnéticos.
 - 7.- Escalas y micrómetros para el control de la posición del sistema de rejillas.
 - 8.- Control de la forma y tamaño del haz a la salida del deflector por medio de una doble lente electrostática de fuerte enfoque².
 - 9.- Con un dispositivo que hace girar blancos delgados circulares a velocidad controlable desde el exterior de la cámara evacuada (véase Fig. 3), ha sido posible aumentar notablemente la vida útil de los mismos.
 - 10.- Instalación de rejillas adentro y afuera del campo magnético del espectrógrafo. Con este sistema de rejillas el fondo es de una parte en mil.
 - 11.- Reconstrucción total de los sistemas de estabilización electróni-

ca de los campos magnéticos del espectrógrafo, del deflector y de los flúxmetros de resonancia magnética nuclear.

Los circuitos del estabilizador del espectrógrafo se muestran en la Fig. 4 a y b.

- 12.- Se contruye actualmente un deflector electrostático de ± 5 Kv para dirigir convenientemente hacia las rejillas de entrada del deflector, al haz de proyectiles.
- 13.- Basándose en el diseño de H. Enge del M.I.T. se está montando un integrador de corriente que trabaja con un potencial practicamente nulo en la cámara de blancos³.
- 14.- Nivelación a ± 0.1 mm y orientación del entrehierro del espectrógrafo para diferentes ángulos y calibración del mismo con partículas α del polonio 210⁴.
- 15.- Construcción de un evaporador sobre la cámara de blancos para evitar la oxidación de las sustancias, ya que no hay necesidad de sacarlas al aire después de fabricadas.

Con los cambios mencionados la intensidad del haz de proyectiles ha mejorado por lo menos en un factor de 10.

II. ANALISIS QUIMICO

Con el objeto de determinar la resolución del equipo, una vez realizadas las mejoras antes mencionadas y definido el procedimiento necesario para la construcción de blancos delgados, se han analizado muestras de cobre y arcilla, siguiendo técnicas muy semejantes a las desarrolladas en el Laboratorio de Alto Voltaje del M.I.T.⁵, dirigido por el Dr. W.W. Buechner.

1). Bombardeando muestras delgadas de cobre (~ 4 Kev) con protones de 1.5 Mev y admitiendo partículas en el espectrógrafo a distintos ángulos con respecto a la dirección del haz, se obtuvieron espectros como el que se muestra en la Fig. 5. En éste es posible apreciar grupos bien definidos de

Ta^{181} , Cu^{63-65} , Cl^{35} , S^{32} , O^{16} , N^{14} , C^{13} y C^{12} .

Con intensidades semejantes del estado base empleando protones de 1.5 Mev en comparación con espectros obtenidos en el M.I.T. usando protones de 6.5 Mev, no fue posible la observación de grupos inelásticos del cobre correspondientes a estados de baja excitación a los 668 y 770 Kev para los isótopos de Cu^{63} y Cu^{65} , respectivamente⁶. Con la energía de 1.5 Mev no se observaron estos niveles debidos a excitación coulombiana; todavía no es posible asegurar si estos estados se producen a través de la formación de un núcleo compuesto. Las semianchuras de los grupos registrados a un ángulo de 120° del ejemplo mostrado resultan de 4.5, 4.5, 6.3, 6.1, 3.9, 3.5 y 3.8 Kev para los elementos Ta^{181} , Cu^{63} , S^{32} , O^{16} , N^{14} , C^{13} y C^{12} respectivamente.

2) Aprovechando muestras de arcillas del Valle de México, se prepararon blancos delgados de sus minerales por evaporación al vacío sobre Formvar. Empleando nuevamente protones de 1.5 Mev como proyectiles se obtuvieron espectros de arcillas como el mostrado en la Fig. 6.

Tanto por los grupos observados, como por el cálculo teórico de la separación que los máximos de protones elásticos deben tener en las placas, se ha determinado que para un análisis químico simultaneo de muchas sustancias, la resolución es buena hasta masas nucleares del orden de Na^{23} . Para sustancias más pesadas es posible su determinación, si los blancos no contienen simultaneamente masas de peso atómico semejante como se vió en el ejemplo anterior entre el Ta^{181} y el Cu^{63-65} . En cambio los grupos intensos de Al^{27} y Si^{28} , quedaron confundidos. Han quedado definitivamente identificadas las siguientes sustancias en las arcillas: Ta proveniente del recipiente usado para evaporar la arcilla; posiblemente algo de Ag y Sr; Fe, K, Cl, S, Si, Al, Mg, Na, F, O, N y C. Los isótopos C^{12} y C^{13} pueden observarse perfectamente separados. Se planea con el nuevo integrador desarrollar el método para un análisis químico cuantitativo.

Este método, especialmente útil para el análisis químico de sustancias ligeras, resulta complementario de otros métodos mejor adaptados para el análisis de sustancias pesadas, como es por ejemplo el de Rayos X.

Habiendo aparecido Fe (sustancia índice), en cantidades del orden del 10% de la muestra total, parece, aunque todavía no de una manera definitiva, que las arcillas del Valle de México más bien puedan quedar clasificadas dentro del grupo de la Illitas y no en el de las Montmorilitas, como generalmente se ha reportado por varios autores. Una discusión más detallada de esta sugestión tentativa está apoyada en resultados obtenidos por otros métodos como son Rayos X, Análisis Térmico, Fotomicrografía Electrónica, Intercambio de Bases y Análisis Químicos Cuantitativos⁷. Es natural que para poder concluir definitivamente al respecto se requieren muchos más ensayos, así como la aplicación de nuevas técnicas de laboratorio.

3) El estudio del análisis químico empleando blancos gruesos produjo resultados negativos. Se intentaron varias exposiciones de blancos de plata empleando protones o deuterones con energías de 1.5, 0.5 y 0.25 Mev para comprobar la existencia de un grupo intenso de partículas antes del continuo característico, sugerido por el Físico Noruego I. Aanderaa*. Únicamente el continuo fue observado, menos abrupto a medida que las energías se hicieron menores.

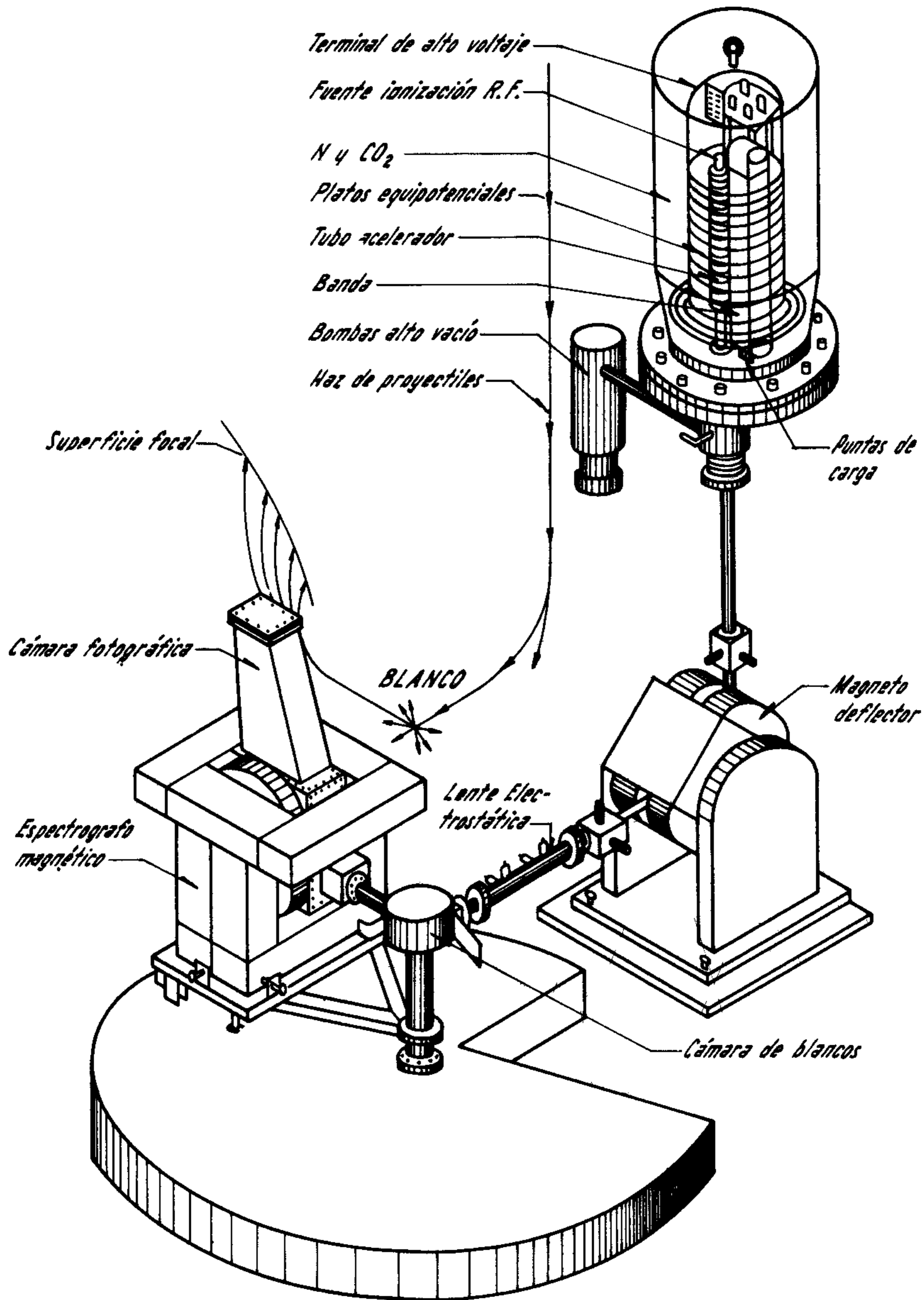
Se agradece la colaboración activa en el desarrollo de estos trabajos a los Sres. Ignacio Castro, Gilberto López, Roberto Domínguez, Francisco Velázquez y al personal de los Talleres del Instituto de Física. Las Sritas. Silvia Y. Castillo y Beatriz Casillas se encargaron de la lectura de las placas nucleares. El Dr. William W. Buechner, fue consultado en varios aspectos en conexión con el desarrollo de los estudios presentados.

REFERENCIAS

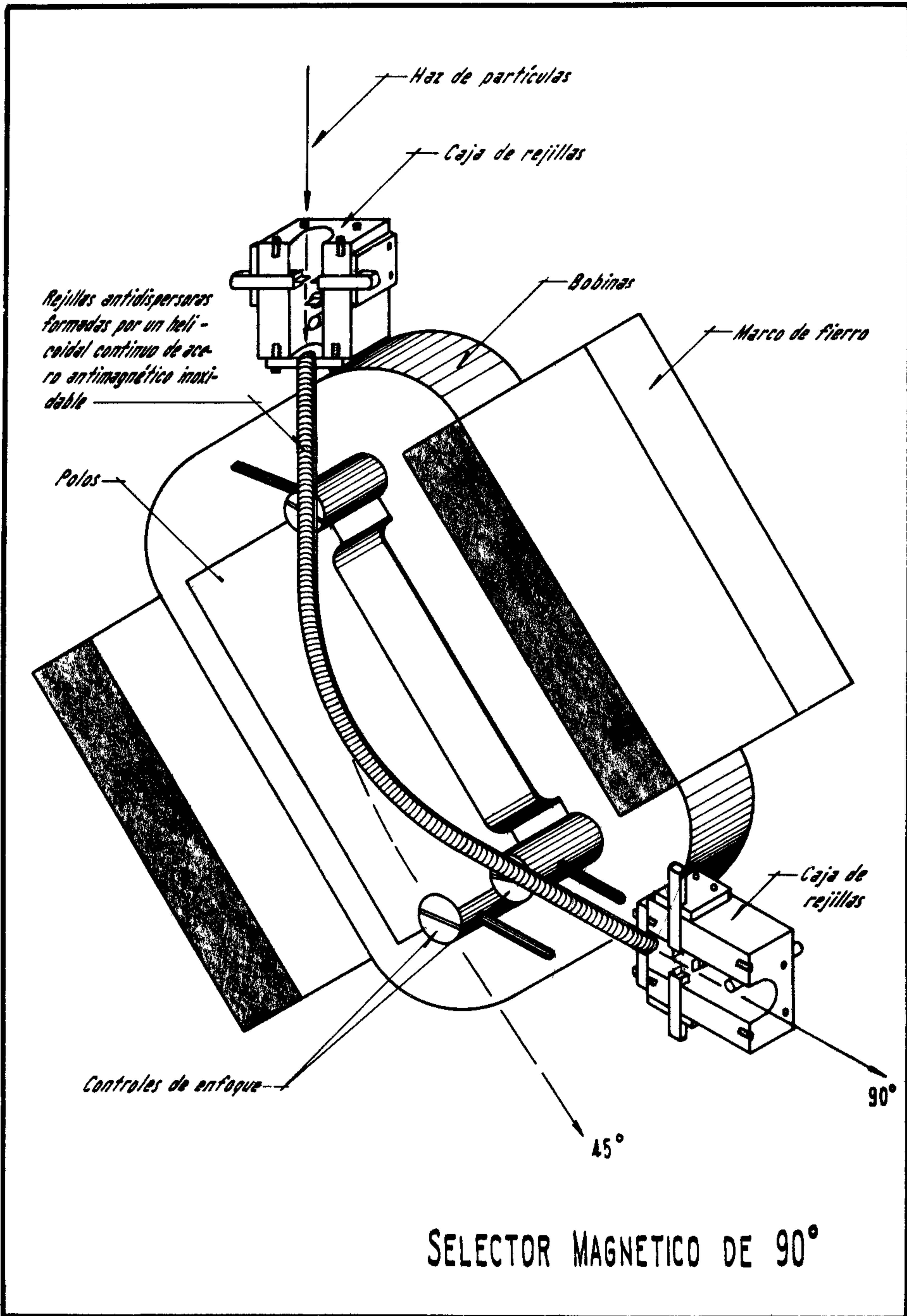
- 1) Mazari, Castro, Alba y Vázquez. *Rev.Mex. de Física* 6, 9, (1957).
- 2) W.W. Buechner, M.I.T. Comunicación privada.
- 3) H. Enge M.I.T. Comunicación privada.
- 4) White, Rourke, Sheffield, Schuman y Huizenga. *Phys.Rev.* 109, 437 (1958).
- 5) Buechner, Braams y Sperduto. *Phys.Rev.* 100, 1387 (1955).

* Este experimento se hizo durante la visita del Dr. W.W. Buechner a estos laboratorios, en Julio de 1958.

- 6) Mazari, Buechner y Figueiredo. *Phys.Rev.* **100**, 373 (1957).
 - 7) R.J. Marsal. *El Subsuelo de la Ciudad de México*, Capítulo IV. Instituto de Ingeniería. U.N.A.M. (1959).
- R.E. Grim. *Clay Mineralogy*. McGraw Hill (1953).



ACELERADOR ELECTROSTATICO
VAN DE GRAEFF DE 2 MEV



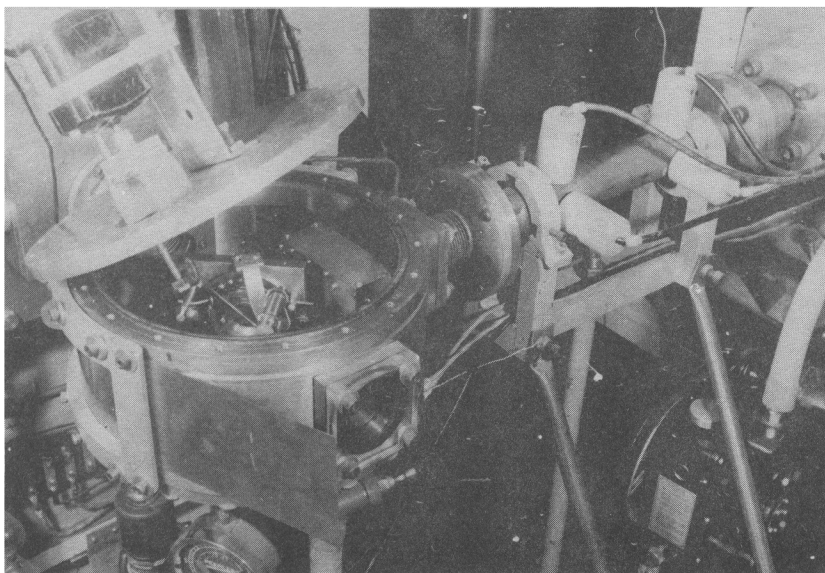
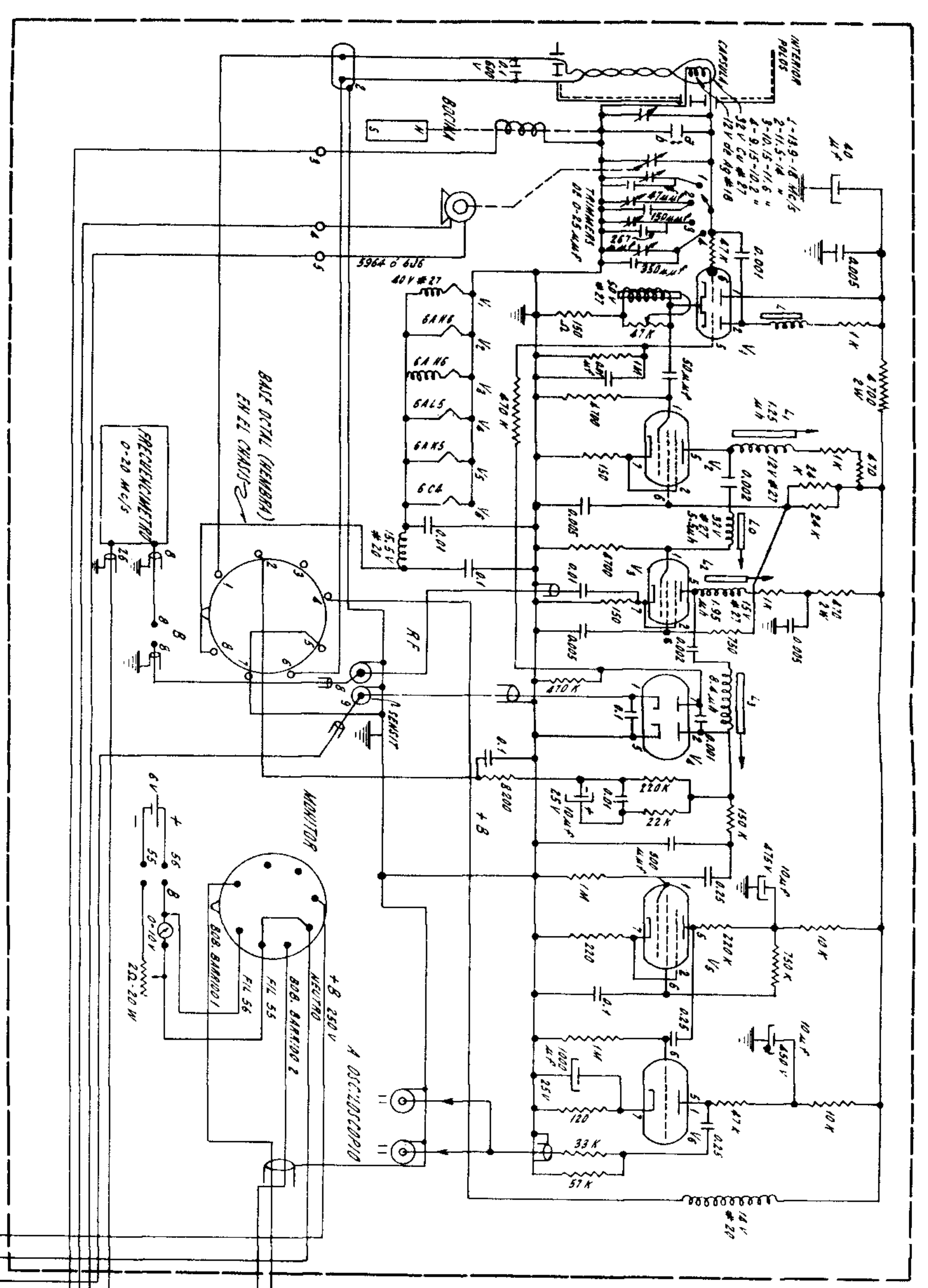
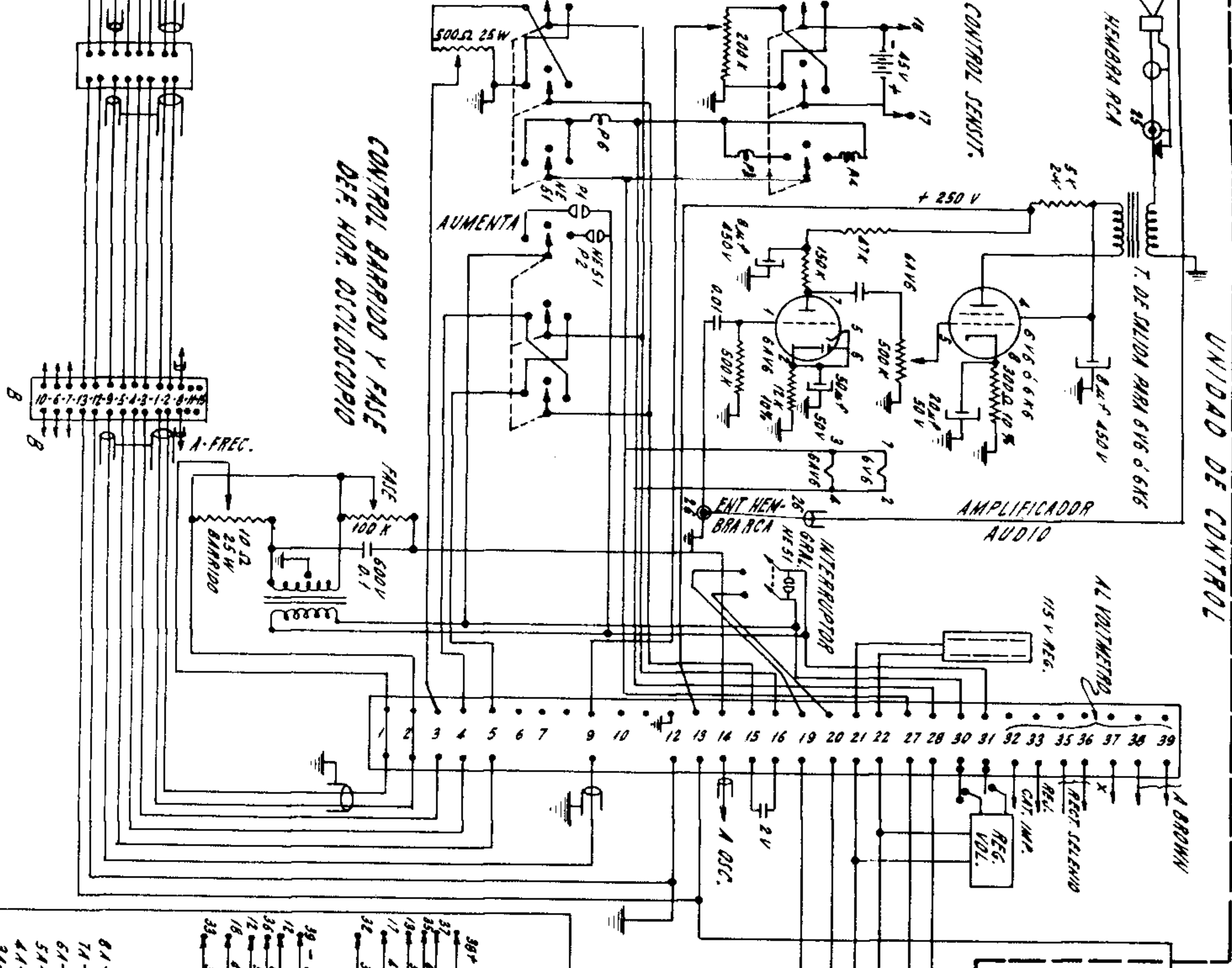


FIG. 3.- LENTE ELECTROSTATICA DE FUERTE ENFOQUE
Y CAMARA DE BLANCOS.

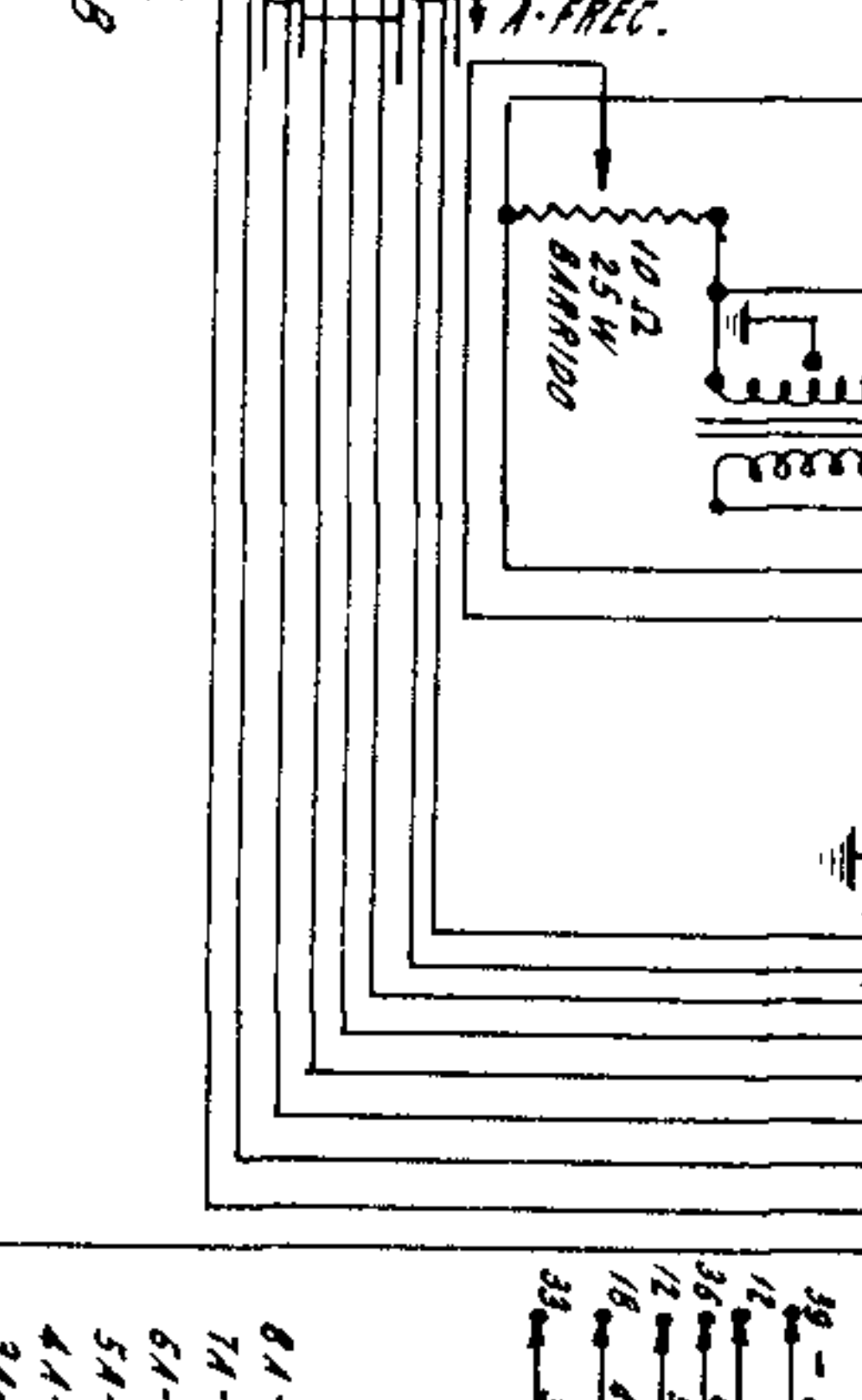
OSCILADOR Y AMPLIFICADOR



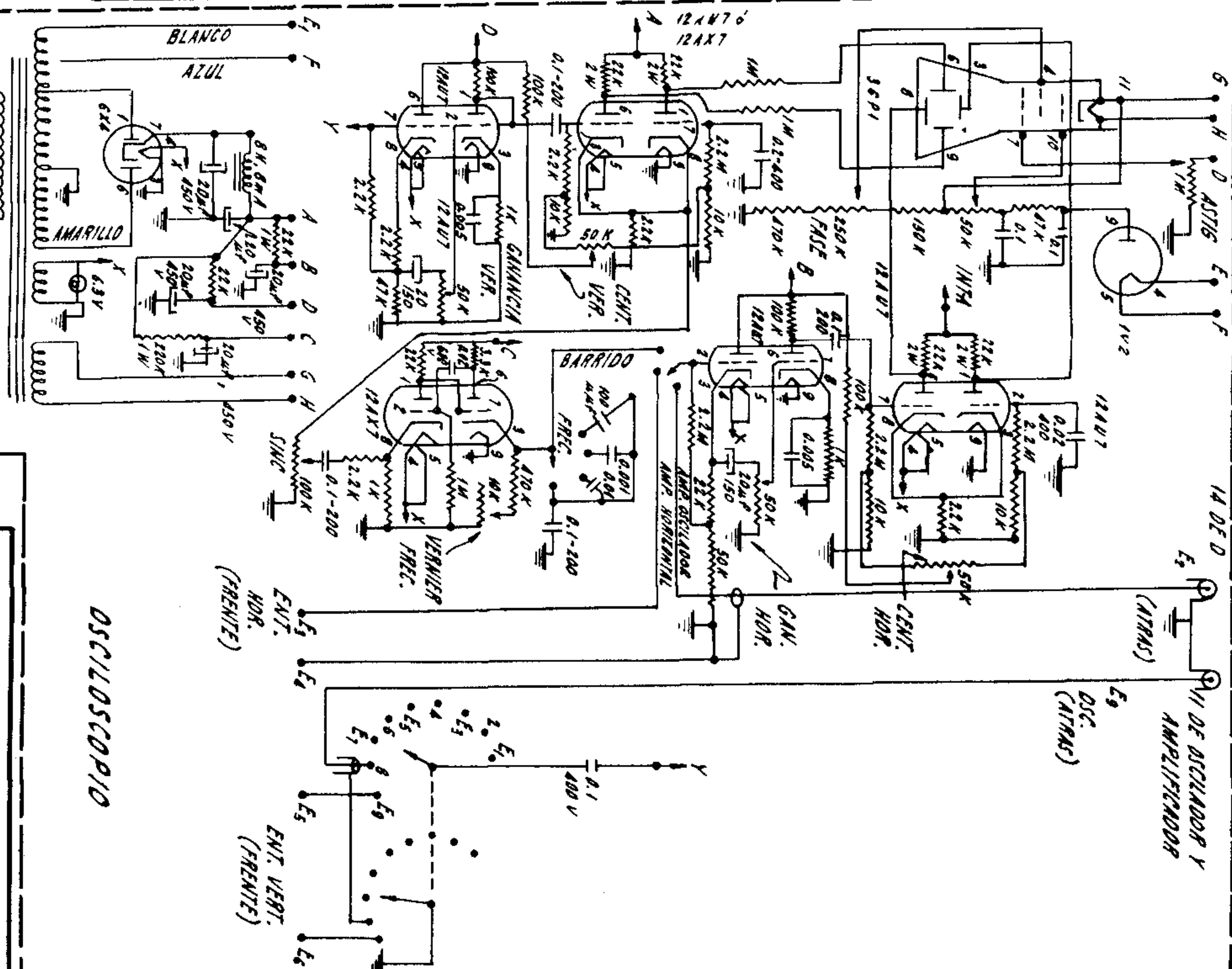
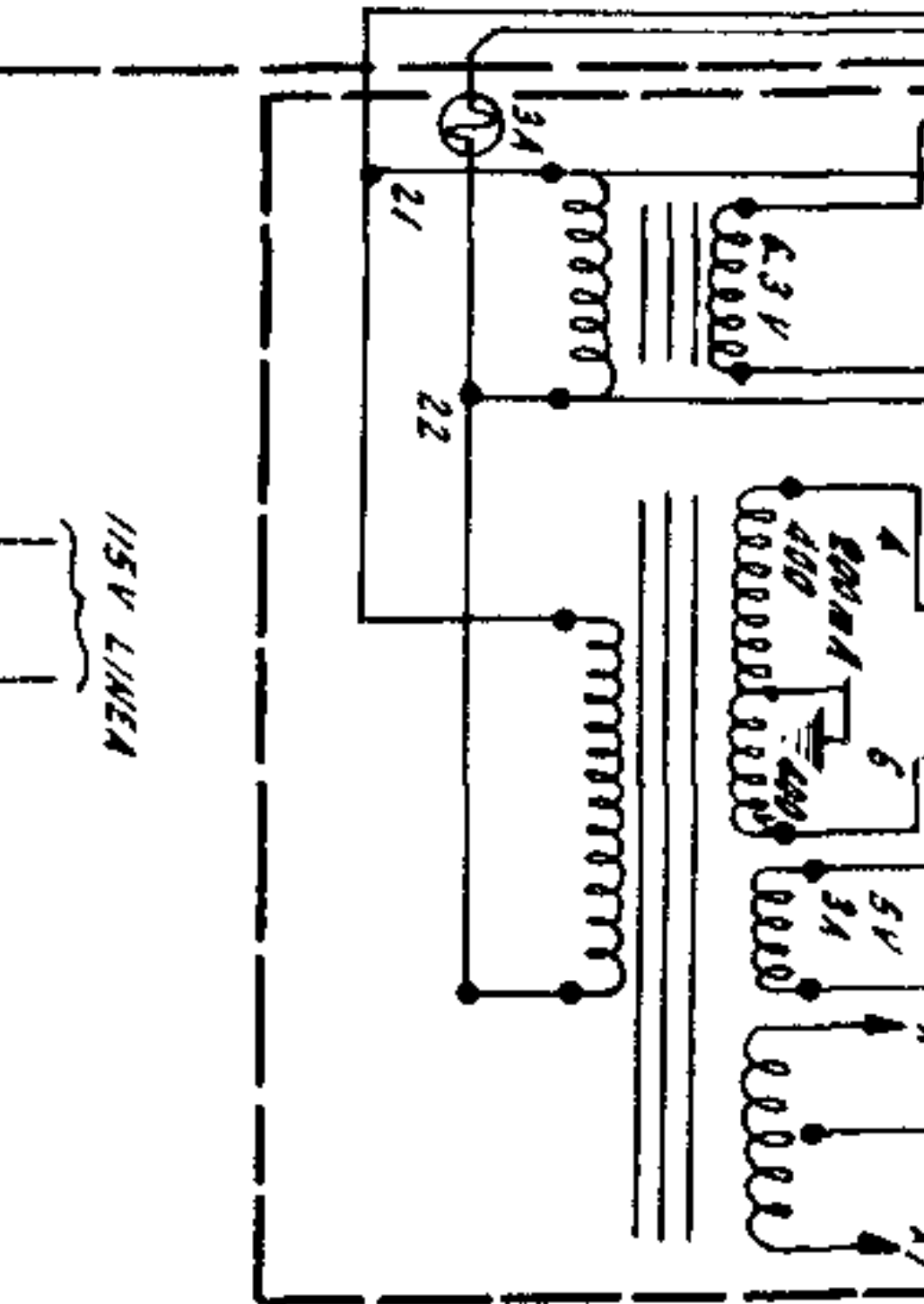
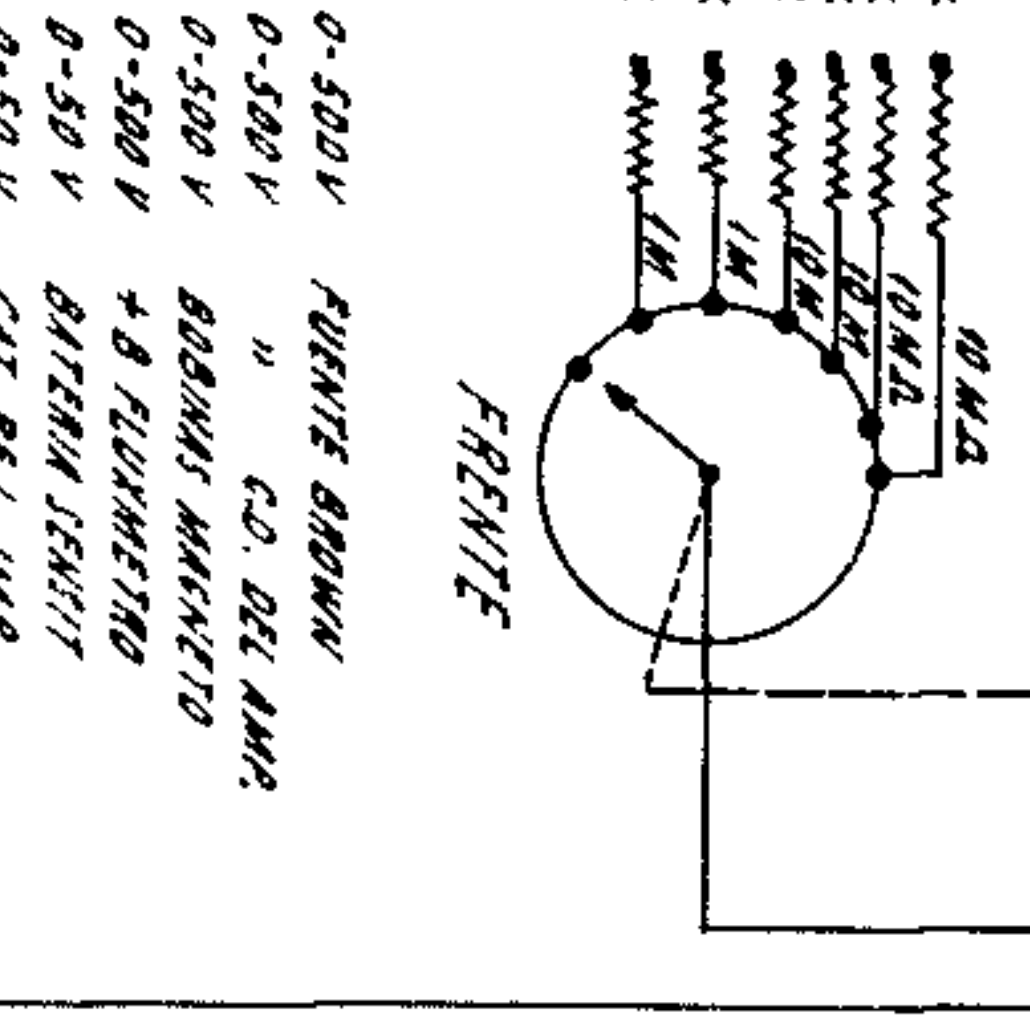
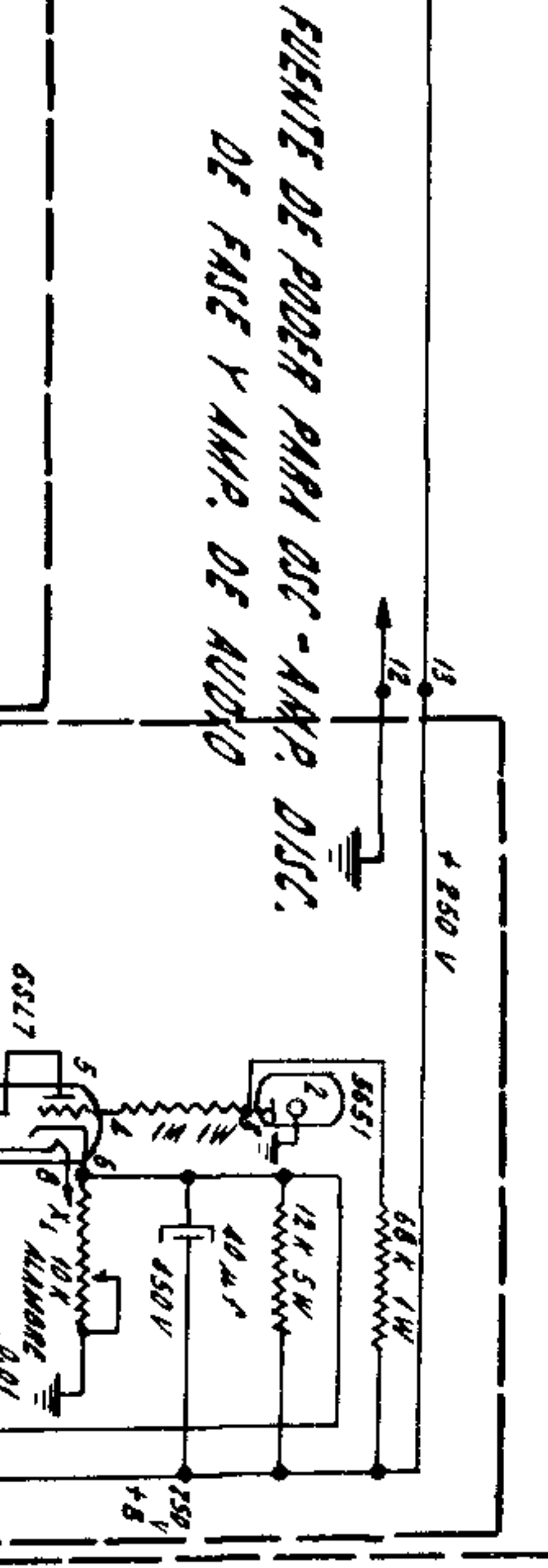
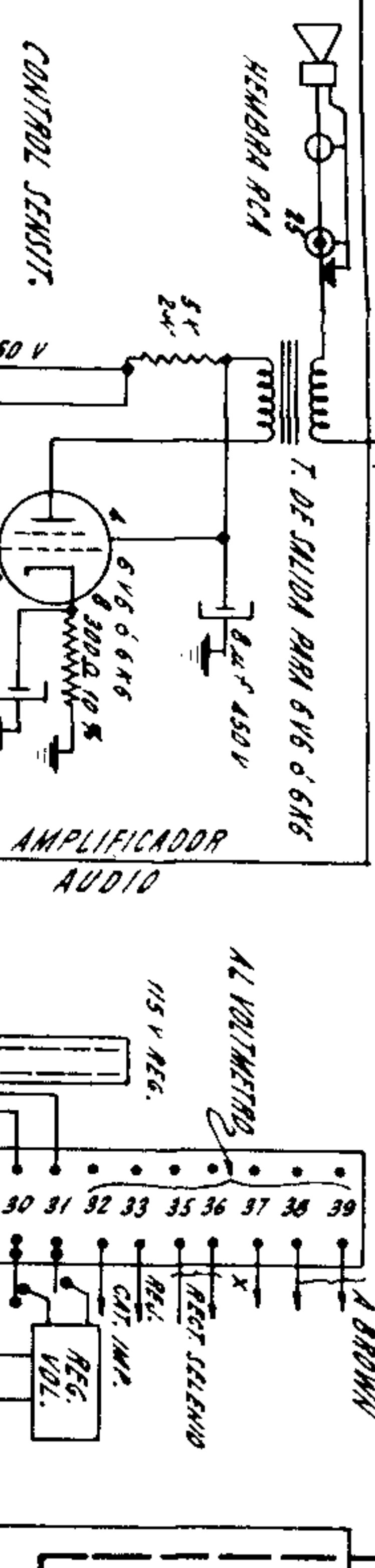
CONTROL DE FRECUENCIAS



CONTROL BARRIDO Y FAJE DE FREQ. OSCILACION

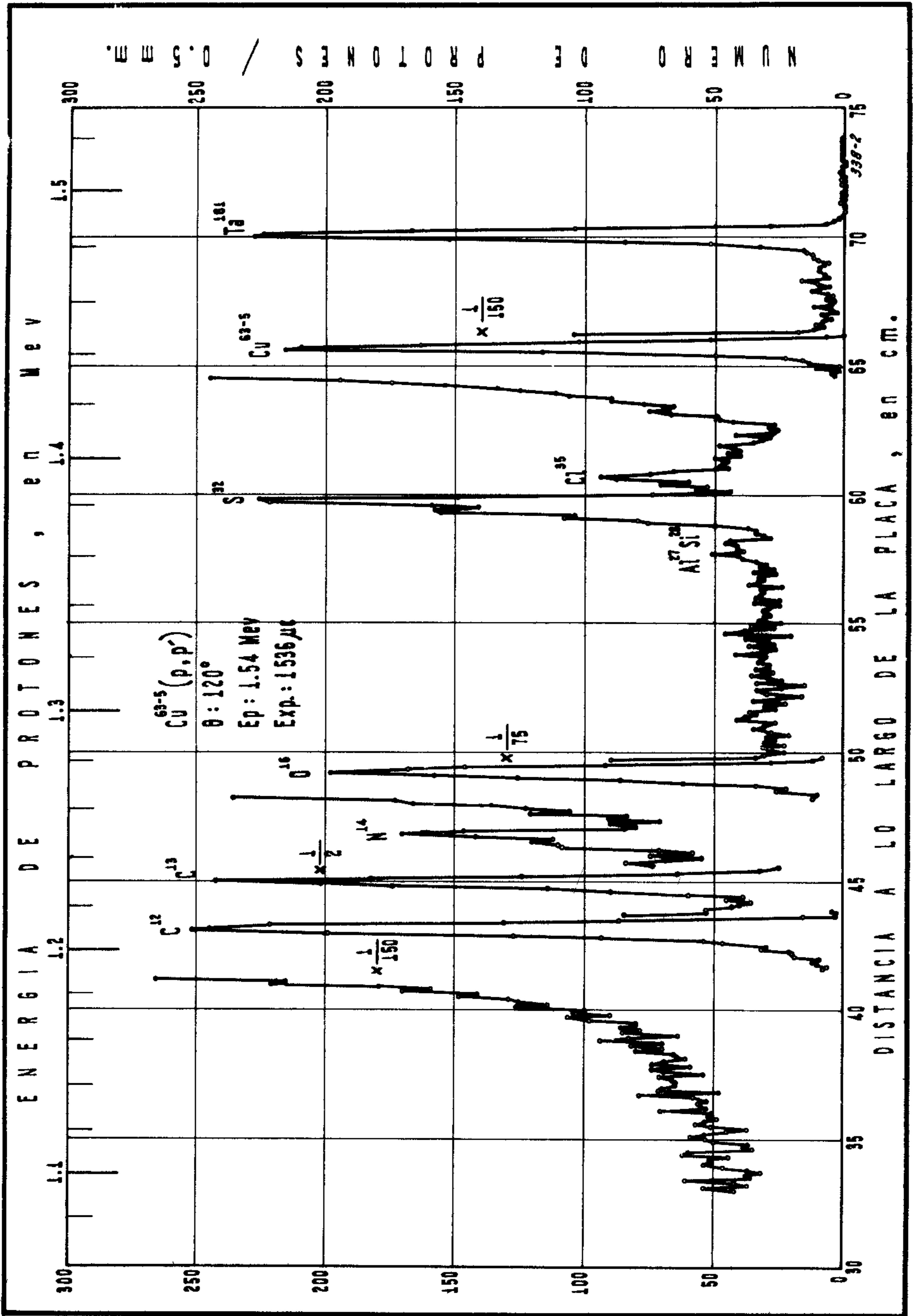


UNIDAD DE CONTROL



OSCILoscopio

CIRCUITOS DEL FLUXMETRO



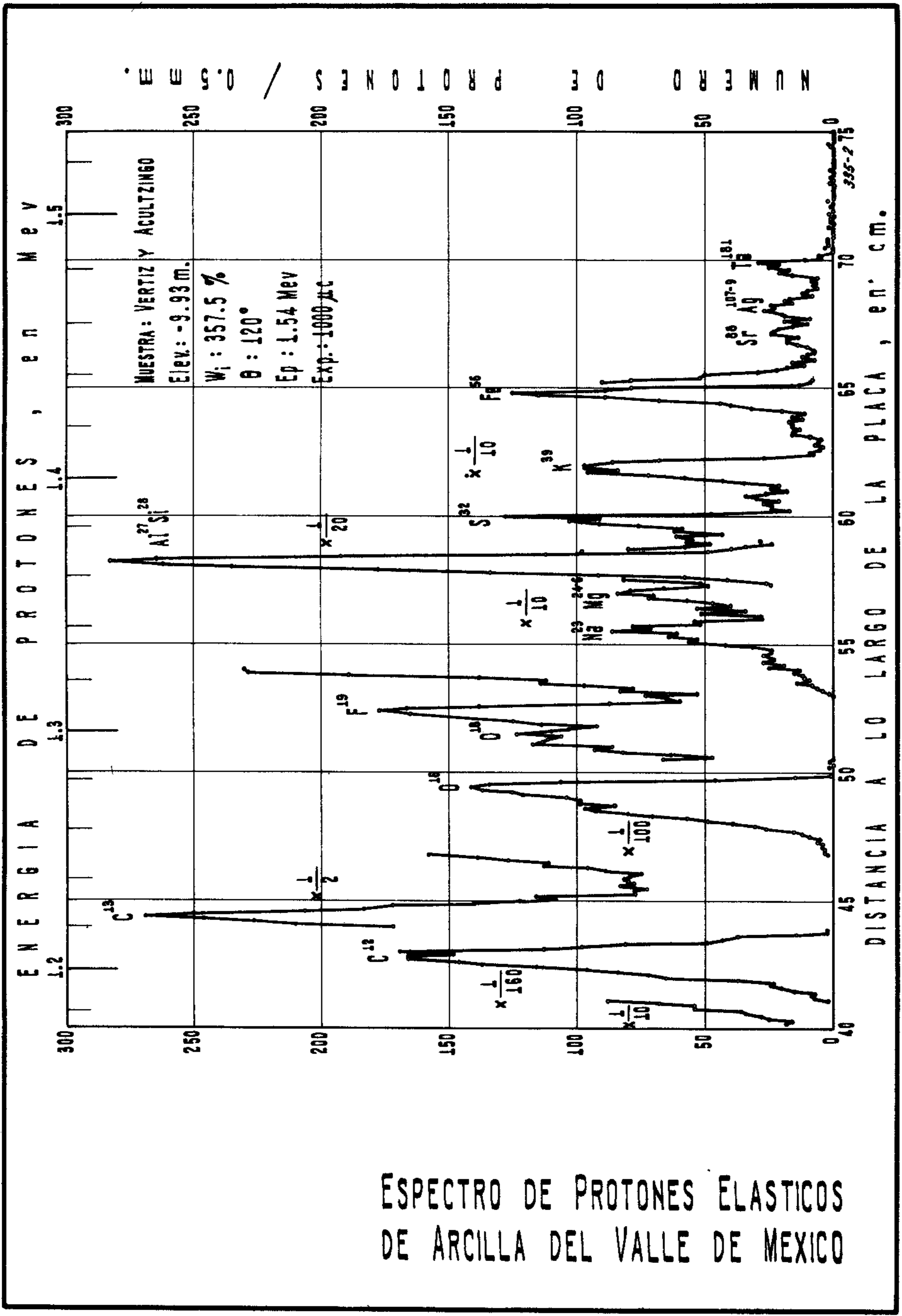
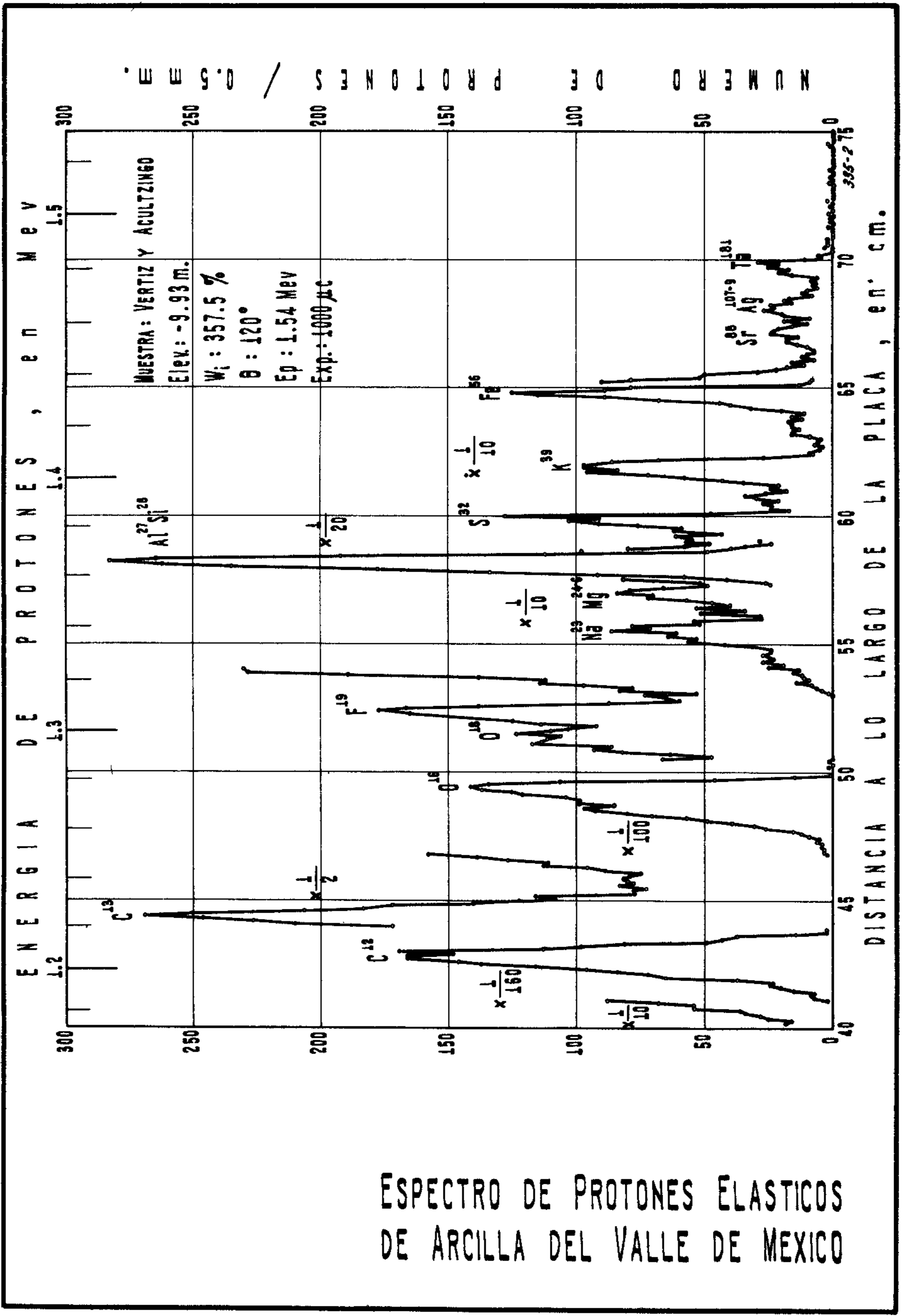


FIG. 6



ESPECTRO DE PROTONES ELASTICOS
DE ARCILLA DEL VALLE DE MEXICO

Fig. 6