

LA INFLUENCIA DE SOBREVOLTAJES SOBRE EL EFECTO
DIRECCIONAL DE LA RUPTURA ELECTRICA DE KCl

Alonso Fernández

Instituto de Física U.N.A.M.

(Recibido: Diciembre 1, 1959)

RESUMEN

Los resultados existentes sobre la influencia que ejerce la aplicación de campos eléctricos más intensos que los necesarios para ocasionar la ruptura eléctrica de cristales cúbicos iónicos en el propio fenómeno de ruptura son considerados objetables por los métodos experimentales usados.

Poniendo especial atención en que la ruptura eléctrica intrínseca se lleve a cabo sin la influencia de factores externos, otros que el campo aplicado, se probaron muestras de KCl provocando el rompimiento en un campo eléc-

trico homogéneo.

Se construyó un generador que fuera capaz de aplicar un campo eléctrico del orden del doble que el necesario para romper los cristales en un tiempo suficientemente corto para que el rompimiento no ocurra en el frente de onda.

Finalmente, se discute la influencia que los resultados obtenidos pueden tener en la interpretación del proceso físico de ruptura eléctrica en monocristales de KCl.

INTRODUCCION

Se han llevado a cabo algunos experimentos con el propósito de aplicar un campo eléctrico mayor que el necesario para ocasionar la ruptura de muestras de halogenuros alcalinos. En aquellos realizados por Davisson¹ es dudoso que el campo eléctrico aplicado fue mayor del necesario para ocasionar la ruptura, debido al método de prueba usando un probador de vacío tipo Tesla del cual no se dá información de la magnitud ni forma del pulso ni en qué punto del mismo se ocasionó la ruptura.

Caspari² intentó realizar un experimento para aplicar sobre-voltajes a muestras de KBr, NaCl y otros, asumiendo que la descarga entre uno de los electrodos y la superficie del cristal produciría una alta concentración de carga en un extremo de la descarga y por tanto se engendraría una gran intensidad de campo en su vecindad inmediata. El método es considerado objetable ya que en el experimento de Caspari no se toman en cuenta los efectos secundarios que produciría el intenso bombardeo electrónico e iónico sobre el cristal, e. i. emisión secundaria y fotoeléctrica, además del incremento de temperatura en la región donde se produce la ruptura.

TRABAJO EXPERIMENTAL

En vista de la falta de información acerca de la influencia que un sobre-

voltaje pueda tener en la ruptura eléctrica intrínseca de dieléctricos sólidos, se decidió emprender el siguiente trabajo experimental.

Debido al retardo con que la ruptura eléctrica sucede a la aplicación del voltaje en muestras de halogenuros alcalinos³, fue posible aplicar pulsos de más del doble del valor de la intensidad de campo mínima requerida para ocasionar la ruptura. Como el tiempo de retardo es muy corto, para lograr un sobrevoltaje considerable es necesario aplicar un pulso con un régimen de incremento muy rápido en el frente de onda (Fig. 1).

Un pulso con un frente de onda 5×10^{-8} seg a 90 % de la amplitud total fue aplicado a 40 muestras aplicando el campo en la dirección [110], preparadas como se ha descrito en otros artículos^{4,5}.

La generación de pulsos de muy corto frente de onda no se logró llevar a cabo con los circuitos convencionales, debido a las oscilaciones provocadas por resonancias que se iniciaban por un transitorio cuya componente primaria era del orden de 10 Mc/seg. Por otra parte la inductancia de los circuitos impedía que el potencial entre las terminales de prueba aumentara a un régimen suficientemente rápido para lograr un campo mayor de 1.5 MV/cm a través de la muestra antes que ésta se rompiera.

Por lo menos parte de las oscilaciones obtenidas en el frente de onda del pulso provenían del circuito disparador construido con un Thyratrón a la salida, alimentado con 10 KV en placa.

Con objeto de obtener un pulso de suficiente rapidez de incremento y libre de oscilaciones espúreas que provocaran dudas en cuanto al valor del voltaje aplicado a la muestra, se diseñó un generador de pulsos en el que no importaba que el frente de onda tuviera oscilaciones y el cual levantaba la tensión de la esfera C (Fig. 3) hasta que se rebasaba la rigidez eléctrica del aire en el espacio entre C y D. Al romperse esta segunda separación se producía un pulso el cual no ha sido provocado por un circuito disparador y cuya forma depende de las capacidades y resistencias comprendidas en la región I de la figura 3.

Por supuesto, el circuito arrancador del propio osciloscopio no podía controlar el tiempo en que ocurriera la ruptura entre las esferas C y D por

lo que se utilizó un generador de pulsos de bajo voltaje (circuito disparador) que tenía una unidad de retardo variable, dicho circuito iniciaba todo el proceso. En la figura 3 se muestra un diagrama esquemático de las posiciones eléctricas relativas de los circuitos empleados:

El sistema de electrodos fue tal que la región de la muestra en que la ruptura eléctrica ocurrió, recibía un campo eléctrico uniforme. Un sólo pulso era suficiente para producir la ruptura eléctrica; los tiempos de retardo en la ruptura fueron muy cortos, probablemente debido a la amplitud del pulso. Experimentos recientemente llevados a cabo por Cooper y Smith (por publicarse) muestran que la distribución estadística del tiempo de retardo se reduce considerablemente con la aplicación de pequeños sobre-voltajes.

En la prueba de cada muestra fue tomado un oscilograma con los cuales se pudo determinar que la ruptura eléctrica ocurrió entre la cresta del pulso y $1/20$ de microsegundo de ella (Fig. 2). El pulso decreció en no más de 3 % durante el tiempo máximo de ruptura. Con objeto de proteger las muestras contra una destrucción excesiva, el generador de pulsos fue construido con la menor capacidad posible y resistencias de frente y decaimiento de onda de valores bajos.

La amplitud de pulso se mantuvo constante pero como el grueso de las muestras fue distinto, la intensidad de campo aplicada varió de 1.2 MV/cm a 2.3 MV/cm. En la región de 1.5 MV/cm se mostró un cambio en la dirección de las trazas de ruptura observadas en las muestras (Fig. 4). Abajo de 1.5 MV/cm las trazas siguieron la dirección [100] la cual está a 45° de la dirección del campo, pero arriba de este valor cambió a la dirección [110] (la dirección del campo aplicado).

En este experimento el campo eléctrico siempre excedió el valor para el cual Cooper y Wallace⁶ encontraron que la aplicación prolongada de campos eléctricos producía esfuerzos mecánicos en las muestras. Sin embargo, no parece que la transición ocurrida a 1.5 MV/cm se deba a modificaciones en la estructura del cristal, ya que el tiempo entre la aplicación del campo y la ruptura es menor de un décimo de microsegundo y se ha encontrado que en campos del orden de 1 MV/cm debe pasar más de 1 microsegundo a partir del momento en

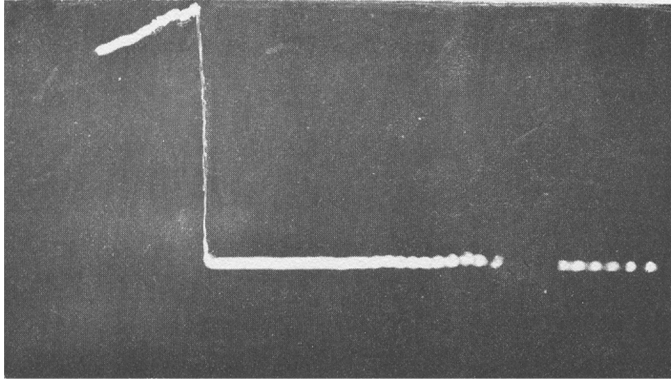
que el campo eléctrico ha sido aplicado para que aparezcan deformaciones mecánicas observables. (Por publicarse)

CONCLUSIONES

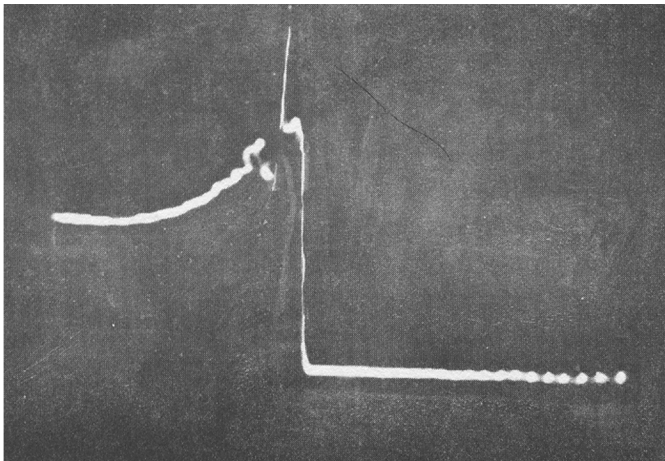
Parece válido concluir de los resultados de este experimento que si el campo aplicado es suficientemente intenso, la dirección de la ruptura eléctrica deja de depender de las direcciones cristalográficas. Esto sugiere que los canales conductores de energía que se observan en las muestras se forman a lo largo del camino que recorre un fenómeno precursor, el cual probablemente favorezca el progreso de la ruptura. De otra manera, si un delgado canal conductor progresara desde el principio de la ruptura a través del material, como lo sugiere Offenbacker y Callen⁷, la concentración de carga en la punta del canal produciría una gran concentración de campo, rompiéndose el cristal bajo un sobre-voltaje y en dirección totalmente independiente de las direcciones cristalográficas, esto está en desacuerdo con las observaciones experimentales^{8,9}.

REFERENCIAS

- 1.- J.W. Davisson, *Phys.Rev.* **70**, 685 (1946).
- 2.- M.E. Caspari, *Phys. Rev.* **98**, 1679 (1955).
- 3.- R. Cooper and D.T. Grossart, *Proc.Phys.Soc.*, B, **69**, 1351 (1956).
- 4.- J.H. Calderwood and R. Cooper, *Proc.Phys.Soc.* B, **66**, 73 (1953).
- 5.- J.H. Calderwood, R. Cooper and A.A. Wallace, *Proc.Inst.Elect.Engrs.* **100**, 11A, 105 (1953).
- 6.- R. Cooper, and A.A. Wallace, *Proc.Phys.Soc.* B, **66**, 1113 (1953).
- 7.- E.L. Offenbacker and H.B. Callen, *Phys.Rev.* **90**, 401 (1953).
- 8.- R. Cooper, D.T. Grossart, and A.A. Wallace, *Proc.Phys.Soc.* B, **70**, 169 (1957).
- 9.- A. Fernández, *Rev.Mex.Fís.* **7**, 129 (1958).

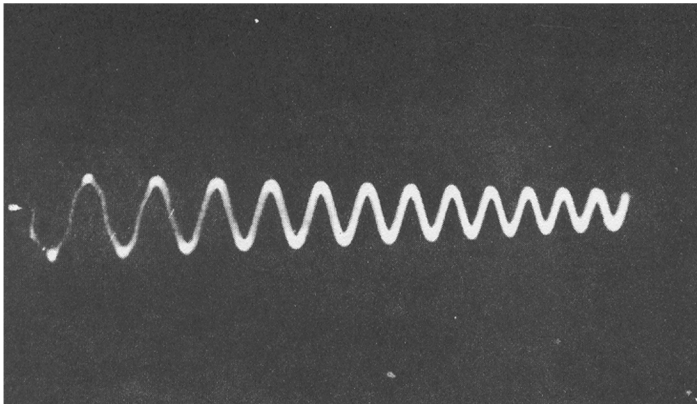


Oscillograma del pulso aplicado



Pulso produciendo la ruptura en una de las muestras

Figura 1



Onda de referencia de 8Mc

Figura 2

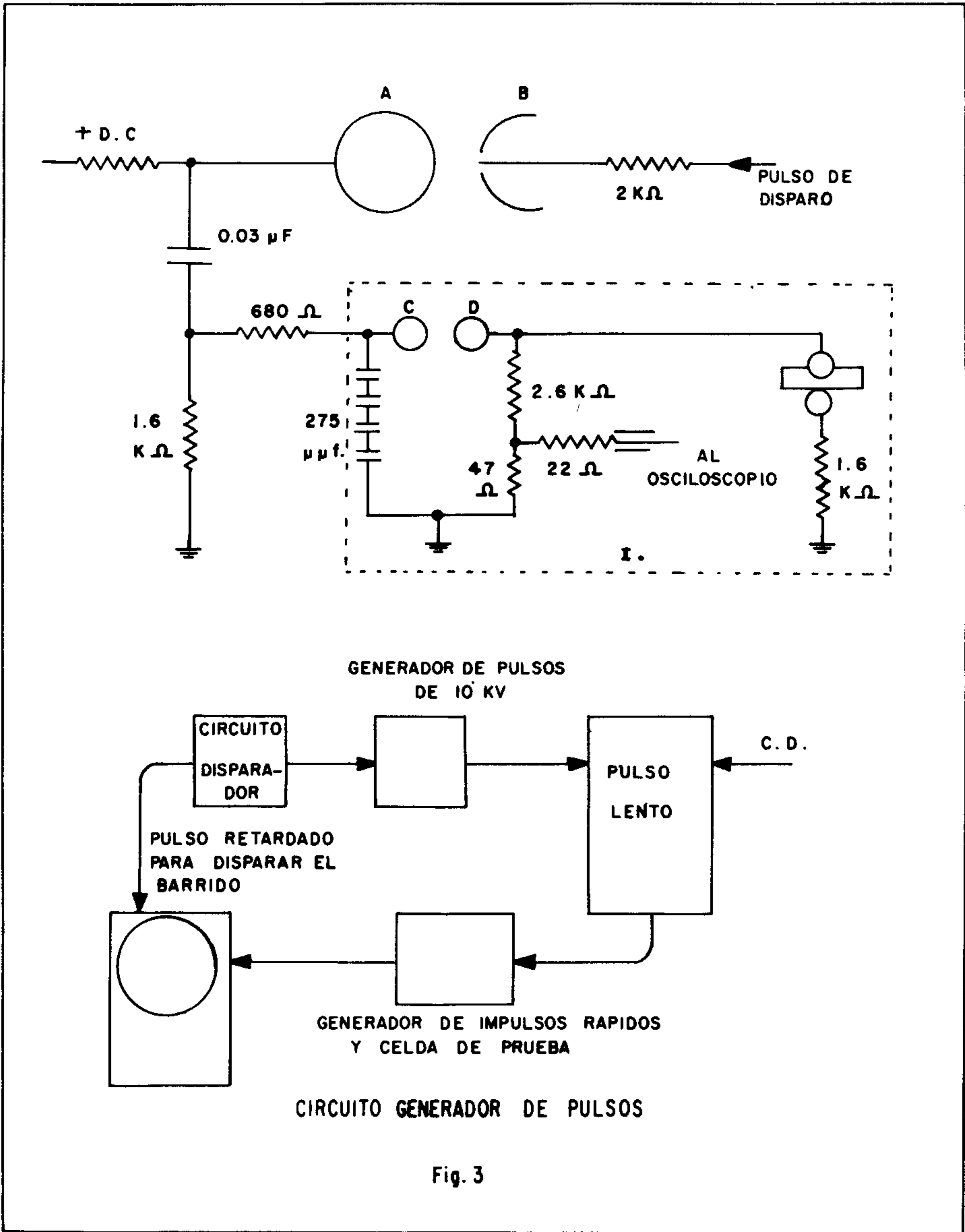
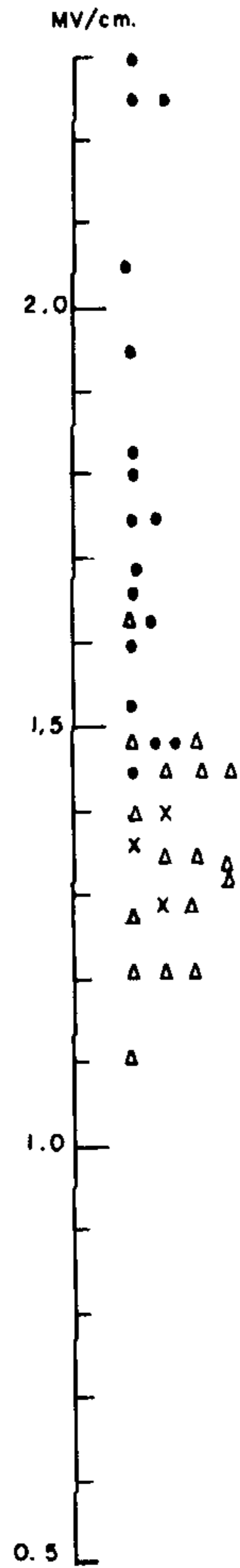


Fig. 3



Rigidez Eléctrica de Muestras de KCl con el Campo Aplicado en la Dirección [110]

- Traza de ruptura en la dirección del campo
- Δ Traza de ruptura en la dirección [100]
- x Parte de la traza de ruptura en la dirección [100] y parte en la dirección del campo.

Fig. 4

Esta página está intencionalmente en blanco

De acuerdo con el reglamento de la Revista Mexicana de Física, publicado en el Vol. I No. 1 de la Revista, se podrán publicar trabajos que representen un análisis de un tema de física contemporánea.

En este número se inicia esta sección con un trabajo sobre el efecto de constricción magnética en plasmas, tema de gran importancia en los problemas relacionados con la fusión nuclear.

El Editor

Esta página está intencionalmente en blanco