

FOTOGRAFÍAS TIPO SCHLIEREN DE UN PLASMA DE IONES METÁLICOS

H. Acuña, L. Bernal, G. Iglesias, J. Pouzo*

Laboratorio de Fluidodinámica y Plasma, Universidad Nacional de Mar del Plata,
Funes 3350, (7600) Mar del Plata.

En el Z-Pinch denso "NOVA", funcionando como "vacuum-gap", se efectuó una serie sistemática de fotografías tipo *schlieren* del plasma. En esa forma de funcionamiento, la masa del plasma es la integrada por los iones metálicos desprendidos de los electrodos. Como fuente de iluminación, se utilizó un laser de N₂ a presión atmosférica, que produce un pulso de luz de duración menor que 1 ns. Las fotografías son comparadas temporalmente con el instante de máxima compresión del *pinch* el cual es detectado por el pico que se produce en la señal de la derivada de la corriente de descarga. La mejor secuencia de fotografías que pudo integrarse ofrece un panorama sobre la formación y las inestabilidades del plasma.

INTRODUCCION

Un modo de funcionamiento muy difundido de los Z-pinch densos es el conocido como "vacuum-gap" [1,2,3]. En el mismo se enfrentan dos electrodos construidos del material que se pretende ionizar (en nuestro caso Cu) conectados a un banco de capacitores de alta tensión. La descarga entre los electrodos se evita manteniendo alto vacío entre los mismos (10^{-3} - 10^{-4} Torr). En estas condiciones con el banco de capacitores cargado, un tercer electrodo auxiliar (*trigger*) es utilizado para producir una chispa preionizante, dando co-

mienzo a la descarga por avalancha (*breakdown*) entre los electrodos principales.

El plasma de iones metálicos así generado es autoconfinado por efecto Z-Pinch y a partir de allí se desarrollan inestabilidades típicas de este efecto. Entre ellas, la conocida como $m=0$, es probablemente la causante de una discontinuidad en la corriente, generando así picos negativos en la derivada de la misma [2,3]. En este trabajo se presenta un estudio sistemático realizado en el equipo "NOVA", en el cual se tomaron fotografías tipo *schlieren* [4,5] del plasma iluminado con un pulso de luz laser de muy breve duración (menor que 1ns).

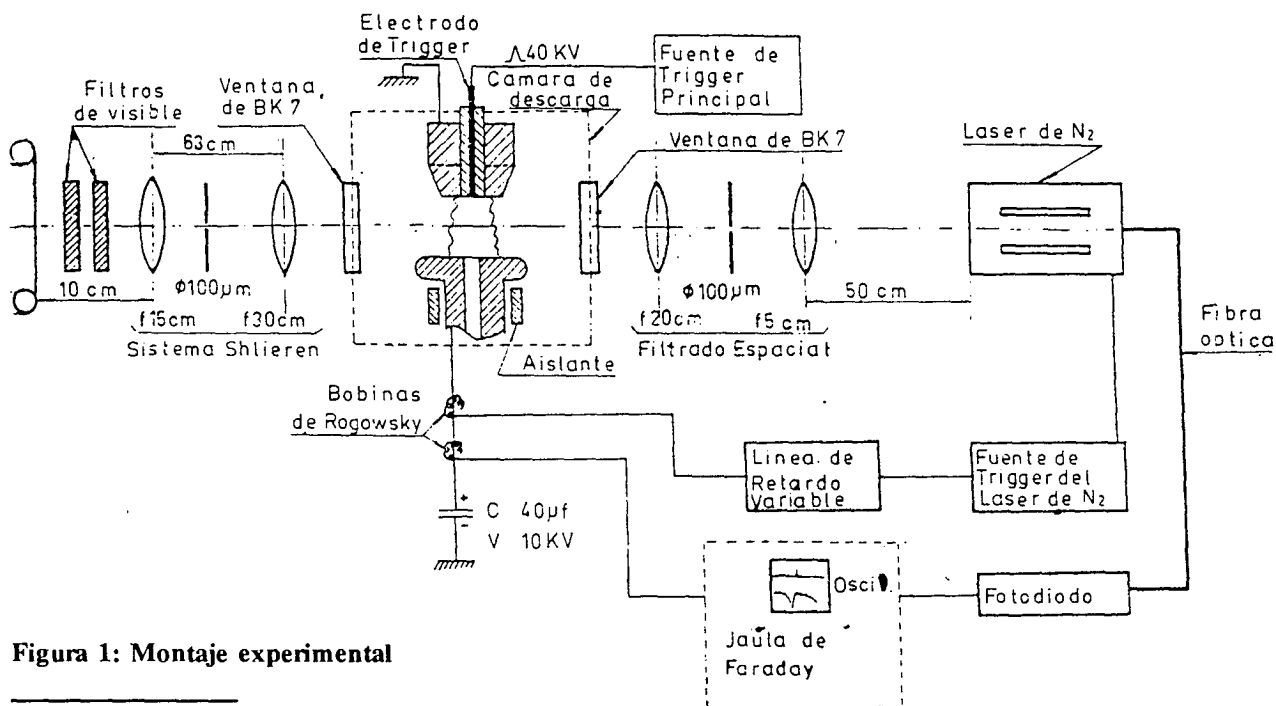


Figura 1: Montaje experimental

* Investigador CONICET

DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

El equipo "NOVA" (40 μ F, 2kJ) [3] se operó a una tensión de carga constante entre disparos, de 7.5 kV. En la Figura 1 se muestra un diagrama del dispositivo experimental utilizado en esta ocasión.

El instante inicial del *breakdown* se detecta con dos bobinas de Rogowsky. Con una de ellas se sincroniza el disparo de un laser de N₂ ($\lambda=337$ nm) de alta potencia (100kW). El pulso de luz laser es detectado a su vez por un fotodiodo conectado a un osciloscopio TEKTRONIX de doble cañón, y la señal de dI/dt tomada por la otra bobina de Rogowsky es enviada al otro canal del osciloscopio. El registro simultáneo de ambas señales permite obtener la correspondencia temporal entre el pulso de luz laser y las variaciones de dI/dt . En la Figura 2 se muestra un oscilograma típico de esas señales.

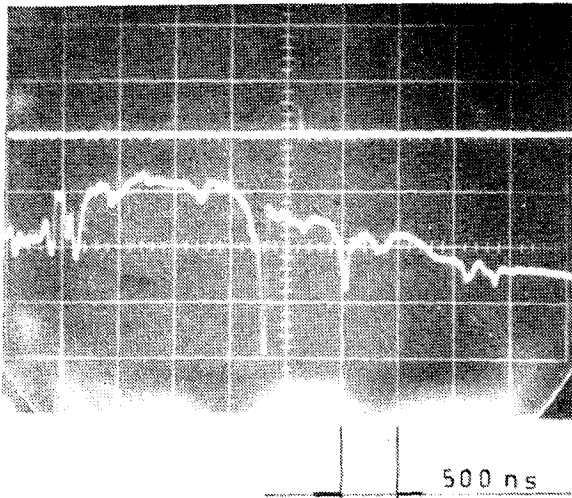


Figura 2: Oscilogramas típicos del pulso de luz láser (traza superior) y la señal dI/dt (traza inferior)

Con el objeto de ajustar el área de iluminación y obtener un mínimo de divergencia en el haz, se efectúa el filtrado espacial del mismo con un sistema de dos lentes convergentes y un *pin-hole* de 100 μ m. El sistema *schlieren* utilizado es del tipo de campo iluminado, con una configuración similar a la del filtrado espacial.

Esa configuración se adoptó a fin de obtener un máximo de contraste para poder observar nítidamente el contorno del plasma, aún en etapas de baja densidad.

Dado que la corriente máxima de la descarga supera los 150 kA, la emisión lumínica del plasma es muy intensa. Con el objeto de seleccionar la luz del laser y evitar la propia del plasma, se colocaron dos filtros de luz visible en la cámara fotográfica, los cuales dejan pasar sólo longitudes de onda inferiores a los 400nm. El pulso laser tiene una energía lumínica de unos 100 μ J y el filtrado espacial reduce la energía del haz a un 20% del total. La descarga entre los electrodos del laser es iniciada por una llave tipo *spark-gap* gatillada por una fuente de *trigger* externa, la cual se encuentra sincronizada a través de una línea de retardo, variable con el inicio de la descarga principal del "NOVA", como se muestra en la Figura 1.

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

Con el sistema antes descrito, se obtuvo una fotografía por disparo registrando la forma de la columna en distintos puntos de su evolución dinámica. En la fig. 3 se da una secuencia de fotografías *schlieren* compaginadas de acuerdo con su posición respecto del pico de dI/dt . La composición se efectúa tomando las fotografías típicas en descargas que presentan una gran similitud en la señal de dI/dt . Puede observarse que se producen diversos colapsos de la columna como producto del desarrollo de inestabilidades del tipo $m=0$, con separación neta de la masa de plasma, que darían lugar a efectos espaciales de separación de cargas (ver fotografías 5 y 8 de la Fig.4). La restitución de la columna de plasma (fot.6) podría deberse a la aceleración de iones en el campo eléctrico producido por esos efectos de separación de carga. En un trabajo anterior [3] se presentan observaciones de picos de rayos X duros realizadas en el mismo equipo. Esos picos de muy corta duración (unos 10ns) podrían estar asociados a la incidencia de los mencionados haces de iones sobre los electrodos.

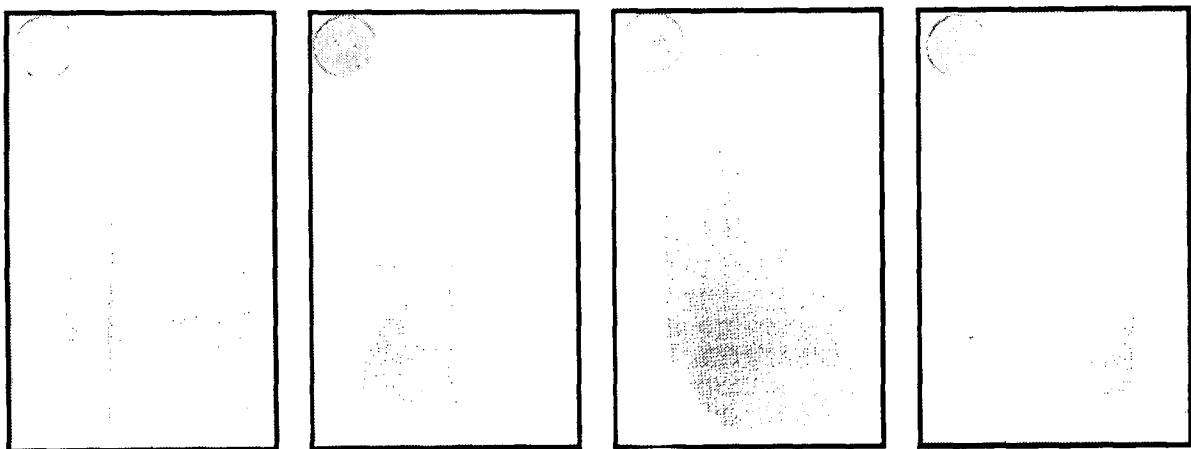
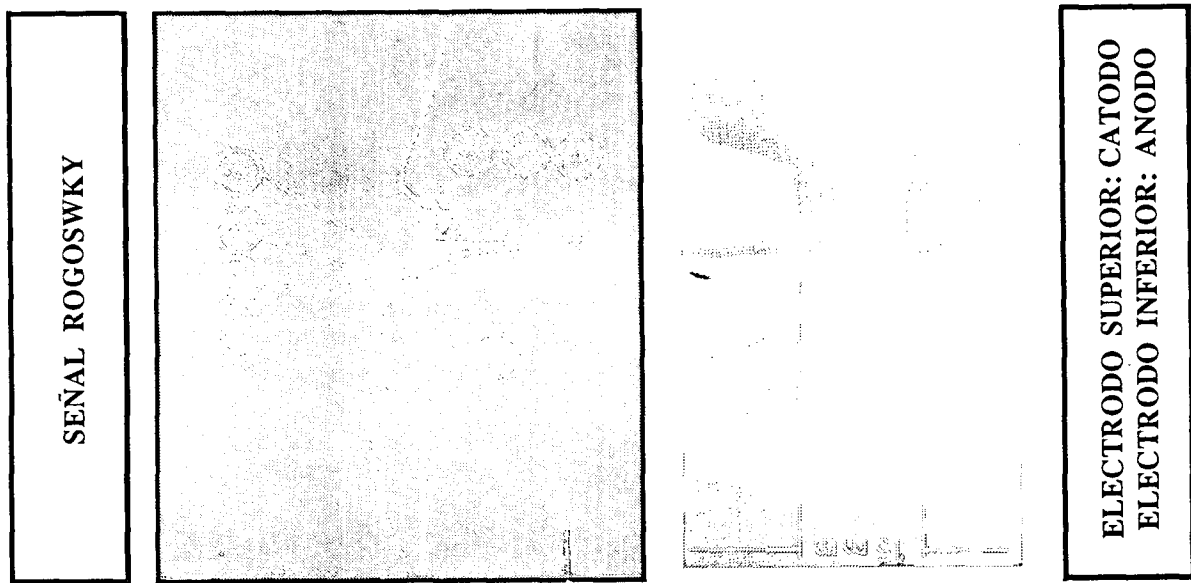


Figura 3: Secuencia de fotografías Schlieren referidas al pico principal de dI/dt .

REFERENCIAS

1. L.Cohen, V.Feldman, M.Swartz, J.H.Underword, J.Opt. Soc. Am. 58 (1968) 843.
2. V.A.Verentennikov, V.A.Gribkov, E.Ya. Kono-
nov, O.G.Semenov and Yu.V.Sidelnikov, Sov.
J.Plasma Phys., 7 (1981) 249.
3. H.Acuña, L.Bernal, D.Cortázar, G.Iglesias, J.
Pouzo, Anales AFA, Vol.2 (1990) p.180.
4. R.Huddleston and S.Leonard, "*Plasma Diag-
nostic Techniques*", Cap.1, Academic Press
Inc., New York (1965).
5. V.Ascoli-Bartoli, Proc. of the Int. Conf. on
Plasma Phys. and Contr. Nucl.Fus. Research,
IAEA, Vienna (1965) p.287. A.A.Tijomirov,
O.V.Cherbakva. Preprint 66 Moscow. FIAN
1989.