

ESTUDIO DE LAS VARIACIONES GEOELECTRICAS EN UNA TUBERIA DE GAS EN EL AREA DE ARNPRIOR-OTTAWA CANADA

Patricia A. Larocca¹ y Virginia M. Silbergleit²

¹Facultad de Ingeniería UBA. Paseo Colón 850 2do.Piso Of.214.

(C1063ACU) C.A. de Buenos Aires. Tel. 48990985. plarocc@fi.uba.ar

²Facultad de Ingeniería UBA, CONICET. Pasco Colón 850 2do.Piso Of.214.

(C1063ACU) C.A. de Buenos Aires. vsilber@fi.uba.ar

RESUMEN

Se ha iniciado un estudio sobre el efecto en las variaciones de potencial entre la cañería y suelo (PSP) con la estructura conductora de la Tierra. En estudios previos, se han observado grandes variaciones PSP en una cañería de gas que atraviesa el valle del río Ottawa, en Ontario. Específicamente, cerca de Arnprior en contacto con rocas resistivas Precámbricas y sedimentos rocosos Paleozoicos más conductores. Comenzamos realizando sondeos magnetotélúricos (MT) en cuatro sitios espaciados 25 kilómetros cada uno, en paralelo a la tubería, para obtener el campo geoeléctrico continuo (E_x , E_y) y el campo magnético (B_x , B_y , B_z) en función del tiempo por un período de hasta 12 horas de duración. Dos sitios estaban en rocas precámbricas y dos sitios en rocas paleozoicas. Durante las mediciones de MT, la tubería fue equipada con 5 dataloggers que medían variaciones PSP (con una frecuencia de muestreo de 1 Hz) en 9 localizaciones diferentes para obtener los valores correspondientes con los datos de MT. **Palabras claves:** campo geoeléctrico - campo magnético terrestre - variaciones de potencial - cañería.

ABSTRACT

A long-term study has been initiated to investigate the effect of the Earth's conductivity structure on pipe-to-soil potentials (PSP). In previous studies, large PSP variations have been observed on a natural gas pipeline running along the Ottawa River Valley in eastern Ontario, specifically near Arnprior, at the contact between resistive Precambrian rocks and more conductive Paleozoic sedimentary rocks.

Preliminary magnetotelluric (MT) soundings were made at four sites spaced 25 km apart, offset but parallel to the pipeline, to obtain continuous geoelectric field (E_x , E_y) and magnetic field (B_x , B_y , B_z) time series data up to 12 hours in duration. Two sites were on Precambrian rocks and two sites on Paleozoic rocks. Broadband (at continuous 15 Hz sampling rate) and audio MT (at 150 and 2400 Hz sampling rates) measurements were collected. During the MT survey, the pipeline was instrumented with 5 dataloggers measuring PSPs (at a sampling rate of 1 Hz) at 9 different locations to obtain values concurrent with the MT data.

Keywords: geoelectric field - magnetic field - potential variations - pipeline

INTRODUCCION

El campo magnético terrestre está continuamente cambiando en el tiempo. En rangos que oscilan entre fracciones de segundos o varios millones de años. Los cambios más rápidos, con períodos de unos

pocos años o menos son causados principalmente por influencia externa a la Tierra, principalmente del Sol. Estas grandes perturbaciones se las denominan tormentas geomagnéticas.

El campo geomagnético terrestre varía debido a los cambios en las corrientes io-

nosféricas y magnetosféricas, debido a ésto, un campo magnético dependiente del tiempo produce un campo eléctrico, expresado por la Ley de Inducción de Faraday, que, a su vez, produce corrientes en la Tierra que es conductora y en los conductores hechos por el hombre. Las corrientes en la Tierra causan un campo geoelectromagnético secundario y el campo total es la suma del campo primario originado en la ionosfera y magnetosfera y el campo secundario. Este fenómeno se denomina inducción geomagnética y las corrientes en los conductores hechos por el hombre son corrientes geomagnéticas inducidas (Boteler 1986).

La magnitud del campo geoelectrico durante una tormenta magnética está típicamente entre 0,1 y 1 V/km, que cuando el conductor tiene varios kilómetros y resistencias de pocos ohms, la corriente puede exceder los 100 Amperes. Estas corrientes pueden afectar el funcionamiento de conductores hechos por el hombre, causando saturación en transformadores de energía, perturbaciones en telecomunicaciones, vías de ferrocarril, corrosión en sistemas de tuberías de gasoductos, oleoductos, etc. Uno de los casos más trascendentes ocurrió el 13 de marzo de 1989 en Quebec, Canadá donde el sistema completo de transmisión de energía eléctrica se bloqueó durante una tormenta magnética muy fuerte y millones de personas perdieron la energía eléctrica por varias horas suponiendo pérdidas económicas de millones de dólares (Boteler 1997, 1998).

Conocidas las fuentes primarias y la estructura geoelectromagnética de la Tierra (conductividad, permitividad y permeabilidad) es posible calcular el campo geoelectromagnético usando las ecuaciones de Maxwell; aunque es necesario hacer ciertas aproximaciones debido a la complejidad de la estructura de la Tierra. (Taflove, 1979).

Un método aplicado es de suponer que el campo geoelectrico inducido es el mismo en los conductores terrestres que en la superficie

terrestre. Por lo tanto se considera primero el campo inducido en la Tierra y luego se determinan sus efectos sobre los mismos (Trichtchentko *et al.*, 2000, 2001, 2002).

MEDICIONES EFECTUADAS

En una porción de tubería de gas de la compañía Trans Canadá, ubicada en la zona de Armprior se realizaron mediciones. La cañería cruza Canadá a lo ancho (Fig. 1).

Comenzamos realizando sondeos magnetotelúricos (MT) en cuatro sitios espaciados 25 kilómetros cada uno, en paralelo a la tubería, para obtener el campo geoelectrico continuo (E_x , E_y) y el campo magnético (B_x , B_y , B_z) en función del tiempo por un período de hasta 12 horas de duración. Dos sitios estaban en rocas precámbricas y dos sitios en rocas paleozoicas. Durante las mediciones de MT, la tubería fue equipada con 5 dataloggers que medían variaciones PSP (con una frecuencia de muestreo de 1 Hz) en 9 localizaciones diferentes para obtener los valores correspondientes con los datos de MT.

Las amplitudes E_x y E_y del campo geoelectrico medidas con los instrumentos del MT fueron comparadas con los valores del campo geomagnético según lo registrado en el observatorio magnético de Ottawa y la diferencia de potencial PSP observado según lo registrado a lo largo de la tubería. Los resultados iniciales demuestran una relación clara entre las fluctuaciones geoelectricas medidas directamente y las variaciones de PSP (Fig. 2). Investigaciones anteriores, habían demostrado correspondencia entre el campo geoelectrico calculado y las variaciones de PSP. Las variaciones observadas de PSP responden al campo geoelectrico (componente E_y) alineada con la orientación de la tubería (Fig. 3). Las variaciones del campo geoelectrico y su efecto sobre las variaciones de PSP son una medida significativa para la protección de corrosión de la tubería y mantenimiento. Los sistemas de protección

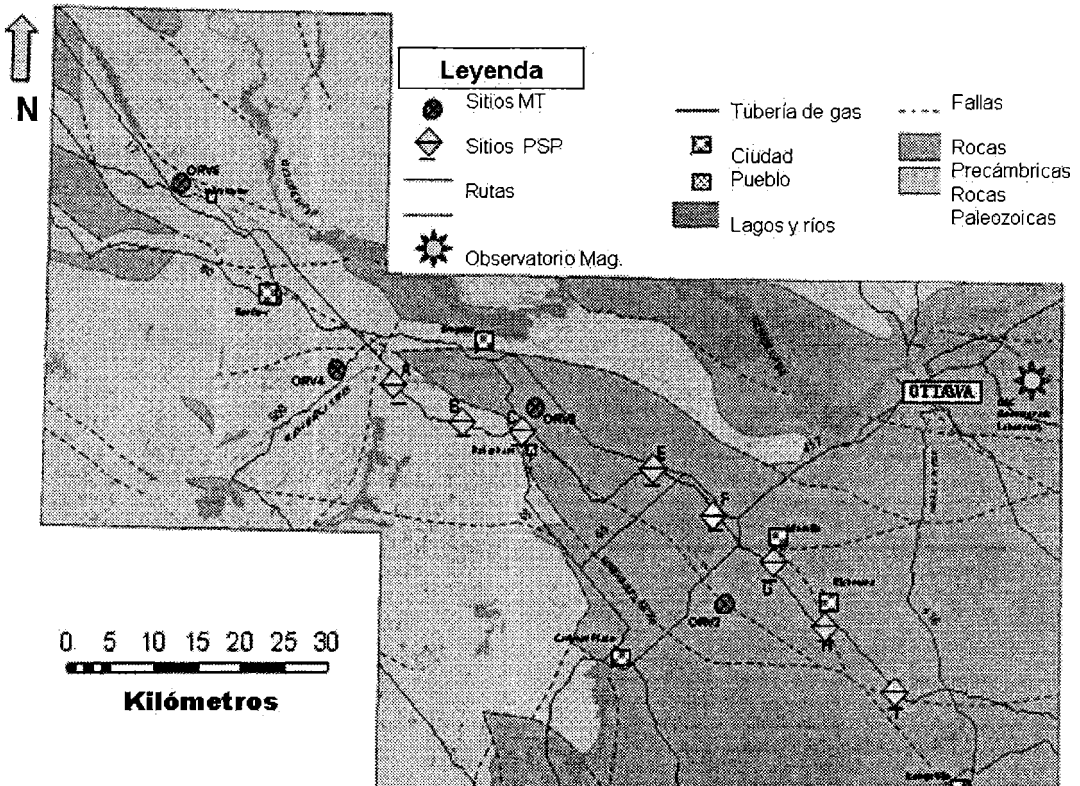


Figura 1. Mapa de la cañería. Ubicación de los dataloggers y de sondeos magnetotelúricos.

catódicos en tuberías funcionan en un nivel específico de PSP. Cuando fluctúan las diferencias PSP debido a las variaciones del campo geoelectrico se compromete el sistema de protección catódico. La Figura 4 muestra la comparación entre la componente este-oeste (Ey) del campo geoelectrico obtenida por sondeos MT y la variación del campo magnético para un intervalo de 1 hora para máxima actividad geomagnética.

CONCLUSIONES

Resultados iniciales muestran una importante correlación entre las mediciones simultáneas de las fluctuaciones del campo geoelectrico y las variaciones PSP. Cálculos previos han demostrado la concurrencia entre el campo eléctrico calculado y las variaciones

PSP. Las variaciones PSP observadas generalmente responden con la componente este-oeste (Ey) del campo geoelectrico que es la que esta orientada en la dirección de la tubería. Las variaciones del campo geoelectrico y sus efectos sobre los niveles de PSP son una medida importante para tener en cuenta en la protección de corrosión en cañerías. Cuando PSP fluctúa fuera del rango nominal debido a variaciones del campo geoelectrico, se ve comprometida la protección catódica.

Futuras investigaciones apuntan a examinar la relación entre las variaciones locales del campo geoelectrico y la conductividad de la Tierra.

Agradecimientos: Geomagnetic Laboratory - Natural Resources Canada, Ottawa. CONICET

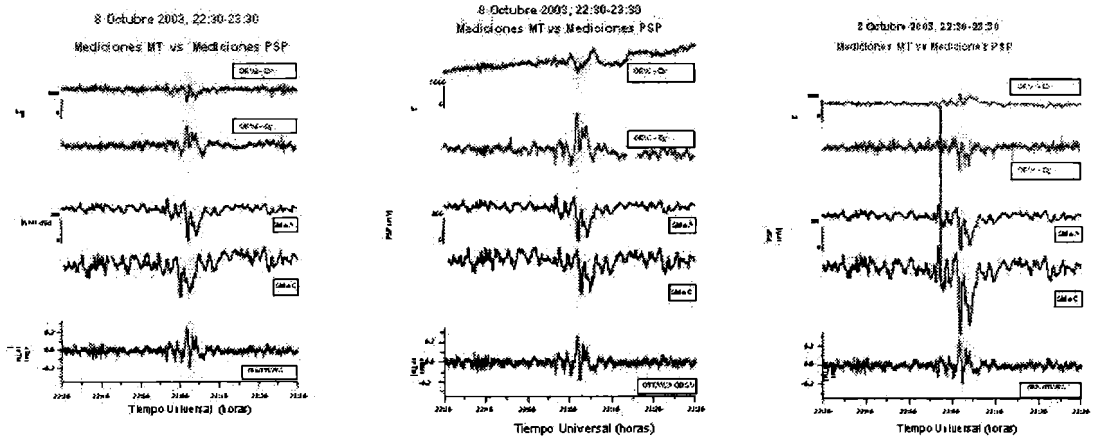


Figura 2. Comparación entre la componente este-oeste (E_y) y la componente norte-sur (E_x) del campo geoelectrico medidas para cada punto de observación y algunas mediciones de PSP en las cercanías.

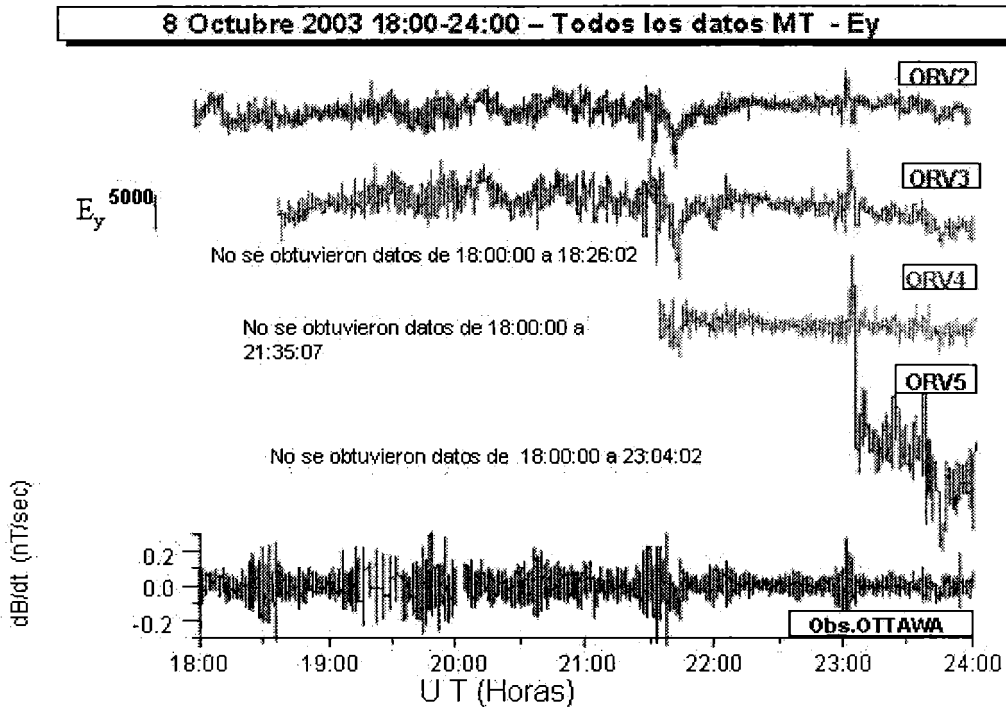


Figura 3. Un ejemplo de las fluctuaciones del campo geoelectrico comparando la componente este-oeste (E_y) del campo geoelectrico obtenida por MT y la variación del campo magnético (dB/dt) durante un período de 6 horas (arriba).

8 Octubre 2003, 22:30-23:30 – Todas mediciones MT - Ey

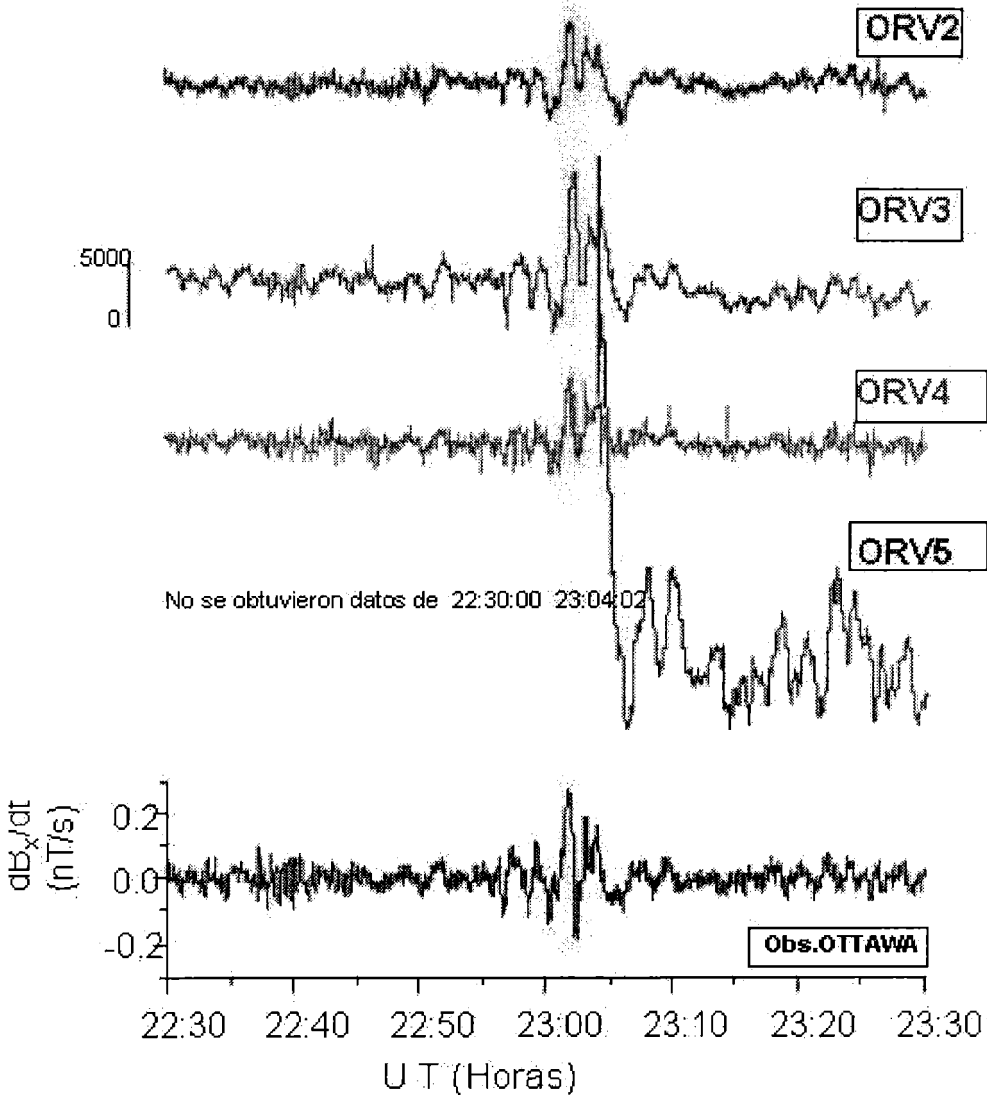


Figura 4. Comparación entre la componente este-oeste (Ey) del campo geoelectrico obtenida por MT y la variación del campo magnético para un intervalo de 1 hora para máxima actividad geomagnética (izq.)

REFERENCIAS

Boteler, D.H. and M.J. Cookson. 1986. Telluric Currents and Their Effects on Pipelines in the Strait Region of New Zealand. *Materials Performance*, 27-32.

Boteler, D.H. 1997. Distributed-source transmission line theory for electromagnetic induction studies *Proceedings, Zurich EMC Symposium, 18-20, URSI supplement*, 401-408.

Boteler, D.H. and L. Trichtchenko. 2000. *International Study of Telluric Current Effects*

on Pipelines, Final Report, GSC Open File 3050.

Boteler D., R. Pirjola and H. Nevanlinna. 1998. "The Effects of Geomagnetic disturbances on electrical systems at the earth's surface". *Adv. Space Res.* 22,1,17-27

Boteler, D.H. 2000. Geomagnetic effects on the pipe-to-soil potentials of a continental pipeline, *Advances in Space Research*, 26, 13-20.

Taflove, A. and J. Dabkowski. 1979. Prediction method for buried pipeline voltages due to 60 Hz AC inductive coupling, *IEEE Trans. Power Apparatus & Systems*, PAS-98, 780-794.

Trichtchenko, L. and D.H. Boteler. 2002. Modeling of geomagnetic induction in pipelines, *Ann. Geophys.* 20, 1063-1072.

Trichtchenko, L. and D.H. Boteler. 2001. Specification of geomagnetically induced electric fields and currents in pipelines, *J. Geophys. Res.*, 106, A10, 21039-21048.