

GEOTOMOGRAFIA GENETICA: UNA APLICACION DE ALGORITMOS GENETICOS A TOMOGRAFIA ELECTROMAGNETICA

Arce Alleva, José¹ y Glass, Charles²

INTRODUCCION

La necesidad de métodos de alta precisión para producir imágenes de contaminación progresiva en una masa de roca ha llevado a la investigación de métodos tomográficos entre pozos. El éxito en tomografía médica (CAT scans) usando rayos X, ha motivado a investigadores a aplicar estas técnicas en mediciones electromagnéticas en el subsuelo. El éxito del uso de estos métodos depende de cuidadosos cálculos del campo electromagnético en el pozo de recepción, así como destreza en la inversión de las ecuaciones que describen la dispersión de ondas electromagnéticas.

Es problemática la inversión de las mediciones en el pozo de recepción, para intentar obtener un modelo preciso del subsuelo, ya que utiliza métodos de cálculo convencionales como el de descomposición de valores singulares. Este trabajo propone una solución más rápida con el uso de uno de los métodos de inteligencia artificial, los "algoritmos genéticos". Estos métodos se basan en la emulación de genética natural en una computadora.

EL METODO DE TOMOGRAFIA ELECTROMAGNETICA

La geotomografía se puede visualizar mejor como el equivalente de una ecografía al subsuelo, en la cual existen transmisores en un primer pozo y receptores en un segundo, y se obtiene un grupo de medidas por

cada transmisor (fig.1). Con esta metodología, se obtiene una gran cantidad de lecturas en el pozo receptor.

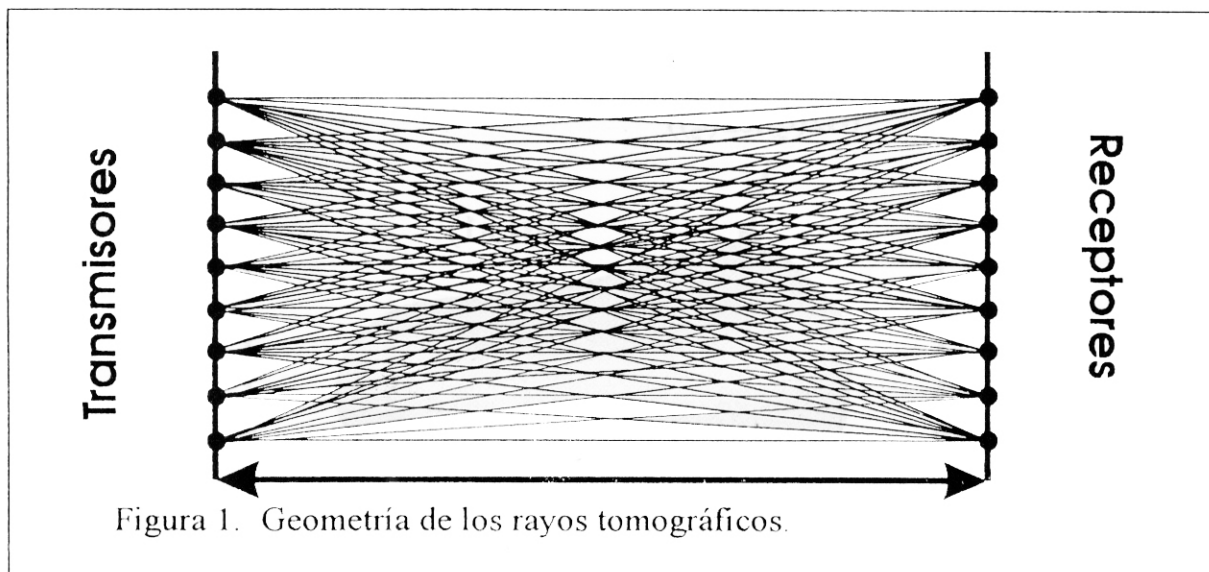
En el método de geotomografía electromagnética de éste trabajo, basado en las derivaciones matemáticas de Howard y Kretzschmar (1986), se miden las conductividades y permitividades de un objetivo y las del medio que lo rodea (fig. 2).

ALGORITMOS GENETICOS

Los algoritmos genéticos son un método de optimización, lo que significa que buscan una solución que esté de acuerdo con los datos conocidos (medidas de receptores). Para esto necesitan de una función llamada función de aptitud, la cual depende de una o más variables independientes (conductividad y permitividad en nuestro caso), que les indique qué tan cercano a la realidad es el modelo del subsuelo que calcula el algoritmo. Asimismo, los algoritmos genéticos requieren valores mínimos y máximos entre los cuales están comprendidas las soluciones de las variables en cuestión (σ, ϵ), para poder comenzar el proceso genético.

El proceso genético puede ser explicado con los siguientes pasos:

1. Se escoge al azar un gran número de posibles valores para las variables independientes (σ, ϵ). Cada combinación única de estas variables independientes constituye una población. Así,



¹Av. Petit Thouars 4380 Miraflores- Lima, Perú.

²University of Arizona - Tucson, Arizona-USA.

puede haber varios cientos o miles de poblaciones requeridas para poder muestrear la función de aptitud.

2. Codificar cada población en el equivalente binario de las variables. El equivalente genético de estas codificaciones son los cromosomas, y cada bit de estos son llamados genes.
3. Cada población tiene asociada con sí misma una aptitud, la cual es obtenida al reemplazar los valores de las variables independientes en la función de aptitud.
4. Las poblaciones con aptitudes mayores son seleccionadas con mayor probabilidad que las de menor aptitud para reproducción, formándose en parejas para así intercambiar genes en posiciones determinadas al azar, como lo demuestra el siguiente cuadro:

Cromosomas Padres	Cromosomas Hijos
10110	10001
01001	01110

En este caso, los genes han sido intercambiados después de la segunda posición.

5. Mutación de genes, con probabilidad de ocurrir muy baja.
6. Se reemplazan las poblaciones antiguas por las creadas después de la reproducción y mutación de cromosomas, creándose así una nueva generación de cromosomas.
7. La reproducción de los cromosomas continúa hasta que se obtiene una población con un valor de aptitud aceptable.

RESULTADOS

El programa de inversiones de tomografía electromagnética Geotom (Arce, 1993) fue creado para

utilizar la teoría de los algoritmos genéticos en sus cálculos. Los resultados de las primeras inversiones fueron bastante precisos. En la fig. 3 se presenta la geometría de cinco secciones teóricas con las cuales se obtuvo los valores que se medirían en los receptores si estas fueran reales. En todos estos casos, sólo hubo

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{anormalo}} &= 1 \cdot 10^{-2} \text{ mhos}, & \sigma_{\text{medio}} &= 1 \cdot 10^{-3} \text{ mhos}, \\ \epsilon_{\text{anormalo}} &= 10 \text{ F/m}, & \epsilon_{\text{medio}} &= 10 \text{ F/m}, \end{aligned}$$

una celda anómala, y los valores de las conductividades y permitividades fueron los siguientes: con una frecuencia de 100 MHz, y en estas secciones se utilizaron 20 receptores y 5 transmisores. Los resultados de estas inversiones están presentados en la Tabla 1.

	SECCION 1	SECCION 2	SECCION 3	SECCION 4	SECCION 5
CONDUCTIVIDADES DE MEDIO	1.03E-03	1.03E-03	1.00E-03	1.01E-03	1.00E-03
CONDUCTIVIDADES ANOMALAS	1.04E-02	9.88E-03	9.65E-03	9.76E-03	9.92E-03
PERMITIVIDADES DEL MEDIO	3	3	3	3	3
PERMITIVIDADES ANOMALAS	10.09	10.33	10.05	10.05	9.913

Tabla 1. Valores de convergencia para modelos de secciones

APLICACIONES

En la minería, la tomografía electromagnética puede ser un buen método para descartar la posibilidad que perforaciones exploratorias no hayan atravesado vetas mineralizadas, pero cuando tal mineral se encontrara en las proximidades del taladro.

En el campo ecológico, se puede utilizar en casos muy comunes en países altamente industrializados, como por ejemplo, la detección de pérdidas en tanques subterráneos de desechos tóxicos.

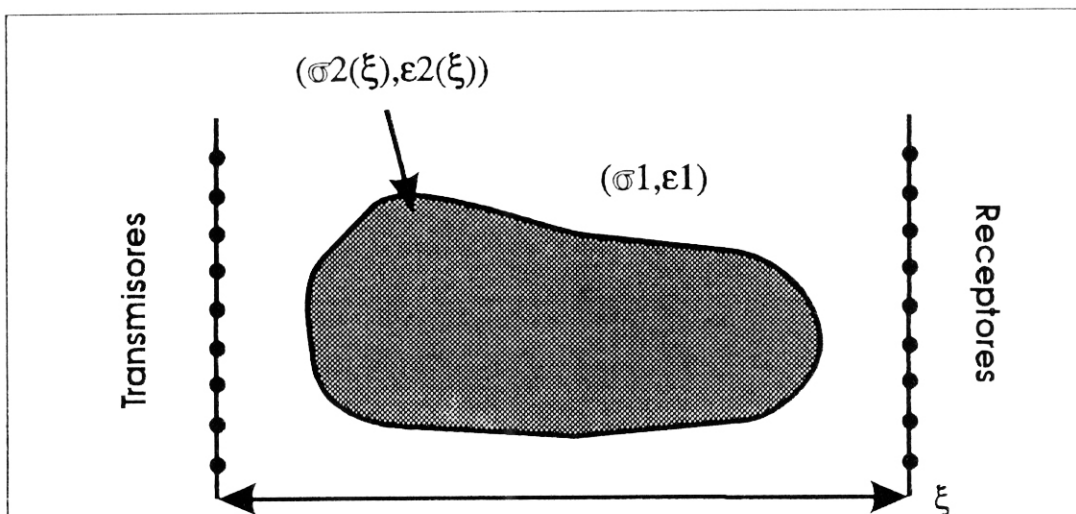
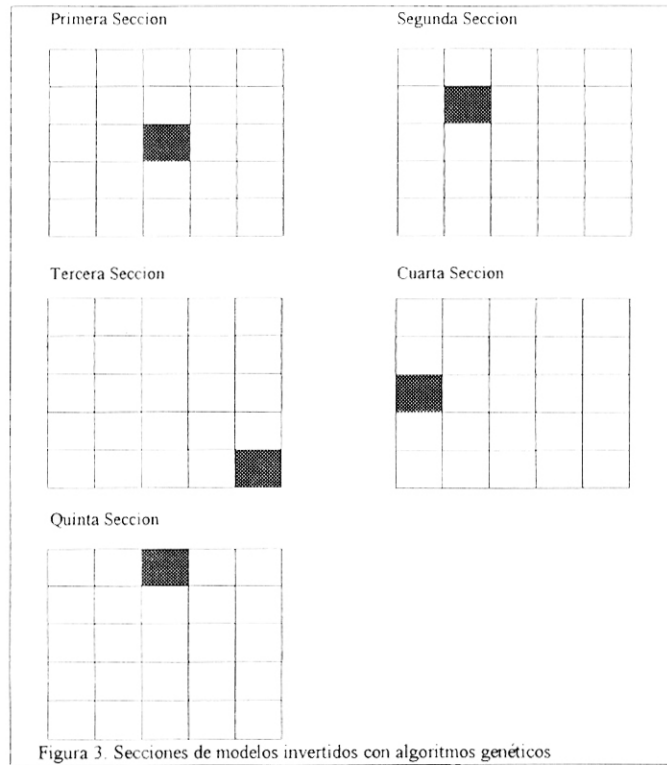


Figura 2. Geometría del objetivo entre pozos. (σ_n y ϵ_n son la conductividad y permitividad del medio n, respect.).



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARCE, J.R., (1993): "Genetic Geotomograph: An application of genetic algorithms to electromagnetic tomography", M.S. Thesis, Department of Mining

and Geological Engineering, The University of Arizona.

HOWARD, A.Q.JR. y KRETZSCHMAR, J.L., (1986): "Synthesis of EM geophysical tomographic data". Proceedings of the IEEE, Vol.74, N°.2, pp. 353-360.