Bol. Soc. Geol. Mexicana Tomo XLVIII No. 2. 1987

REGIONALIZACIÓN DE LA RESISTIVIDAD EN EL SUBSUELO SOMERO DE MÉXICO: UNA PRIMERA APROXIMACIÓN

Mario Benhumea León*
Rogelio Pérez Antón*

RESUMEN

La resistividad eléctrica de la capa superficial es un parámetro que afecta las frecuencias de transmisión, tanto en la energía eléctrica como en cualquier señal electromagnética de comunicación, sobre todo si hay grandes distancias de por medio.

Dado que en la superficie de la corteza terrestre la resistividad de los materiales suele variar, aún localmente dentro de un rango muy amplio de valores, cualquier intenso de configurar dicha propiedad en un área de importante extensión debe considerar una capa somera de subsuelo cuya resistividad sea necesariamente menos heterogénea.

Asimismo, mientras se carezca de suficientes mediciones de campo a lo largo y ancho del territorio nacional, o éstas no sean recopiladas confiablemente no podrá elaborarse un papa de resitividad de la República Mexicana. Por ahora, lo factible en zonificar regionalmente con rangos de resistividad, como los utilizados por Keller y Frischknecht (1966) en nuestro vecino país del norte, siguiendo los límites aproximados de las características litológicas someras.

ABSTRACT

The electrical resistivity of the surface layer is a parameter which affects the transmission frequencies or the electrical energy and all the electromagnetic signals. This fact is important when large distances are involved.

Resistivity of the earth materials varies, even locally, in a very wide range of values. Evry try to contour such property in a very large scale must consider a shallow subsoil layer whose resistivity must be necessarily less heterogeneous.

While we do not have enough field measurements in the whole national territory or these were not properly compelled, no resistivity map of the Mexican Republic could be made. For now the best is to zone regionally with resistivity ranges as Keller and Frischknecht (1966).

* Ingeniero Geofísico, U. de Est. de Ing. Civil, C.F.E.

1. INTRODUCCIÓN

Como respueta a la necesidad de contar con una distribución de la resistividad eléctrica a nivel nacional, que permita realizar los ajustes de frecuencia del voltaje en las líneas de energía eléctrica y, eventualmente, n otras transmisiones de tipo electromagnético, como es el caso de la radiodifusión, se ha formado un mapa de resistividad de la República Mexicana cuya elaboración se discute en el presente trabajo, así como sus características generales.

2. CONCEPTOS TEÓRICOS

La resistividad eléctrica "ρ" es la propiedad física que relaciona a la resistencia eléctrica "R" de un conductor con su longitud "d" y su superficie transversal "A", tal que:

$$R = \frac{d}{A}\rho$$

El valor de la resistividad de los materiales que conforman la corteza de la Tierra es extremadamente variable (tan sólo en el Valle de México, por ejemplo, el rango es de 10^-1a 10^4 ohm-m, porque depende de una diversidad de factores, entre los que destacan la permeabilidad, la humedad, la salinidad del agua contenida, la composición mineral y la manera en que se encuentran distribuidas todas estas características.

Cuando se introduce corriente en el subsuelo, la conducción del flujo eléctrico tiene lugar principalmente por los electrolitos alojados dentro de poros y fracturas, debido a que la mayor parte de las partículas minerales son aislantes eléctricos y el agua usualmente está presente en dicho medio, siempre con algunas sales disueltas. En el caso muy poco común de los yacimientos ricos en metales nativos o en sulfuros metálicos, la conducción eléctrica se produce electrónicamente, es decir, a través de los minerales constitutivos, situación hasta cierto punto semejante a la de rocas y sedimentos arcillosos.

Es fácil comprender, entonces, porqué la resistividad de las formaciones geológicas varía no sólo entre las diversas litologías sino dentro de una misma capa o cuerpo rocoso, particularmente en los sedimentos superficiales no consolidados y en los afloramientos, los cuales se ven muy afectados por los cambios locales de humedad de porosidad y de grado de intemperismo, esa circunstancia dificulta la tarea de establecer una correlación entre litología y resistividad, aunque es posible generalizar y decir que en orden decreciente de magnitud se encuentran las rocas intrusivas y las rocas metamórficas, los derrames volcánicos, las dolomías y las calizas, los conglomerados y las areniscas, las gravas y las arenas, las tobas, las limolitas y las lutitas, los limos y las arcillas y, finalmente los sulfuros y otros minerales metálicos.

3. CRITERIOS DE ZONIFICACIÓN

La manera más convencional de elaborar un mapa o sección de algún parámetro de interés tal vez sea obtener una serie de muestras o medidas, repartidas lo mejor posible en un espacio bidimensional, para llevar a cabo la configuración de curvas de isovalores mediante una secuencia de intervalos lineal o logarítmica, lo que conduce a una representación más o menos detallada de la distribución de la variable. Sin embargo, no siempre es posible seguir este procedimiento, dado que, como en el problema planteado en el presente trabajo, se carece de la suficiente cantidad de datos de resistividad

superficial en el territorio nacional, independientemente de su variabilidad espacial.

Por consiguiente, una forma de resolver el problema consiste en zonificar al país en rangos de resistividad que agrupen a las diversas litologías representativas de una capa cercanamente superficial, de 10 a 20 m de espesor, con condiciones más homogéneas que las correspondientes a los 2 ó 3 primeros metros bajo la superficie.

Keller y Frischknecht (1966), basándose en las resistividades del terreno determinadas para todas las estacines radiodifusoras en Estados Unidos de América, realizaron una zonificación de la resistividad cercanamente superficial a ese país (Figura 1), cuyos valores representan el promedio hasta una profundidad de aproximadamente 30 m.

Siguiendo el mismo criterio de los citados autores, se dividió la resistividad del territorio nacional en tres categorías: alta (mayor a 500 ohm-m), moderada (de 500 a 100 ohm-m), y baja (menor a 100 ohm-m), para lo cual la carta Geológica de la República mexicana (López, 1976), escala 1: 2,000,000, fue tomada como base. La elaboración del mapa nacional de resistividad cercanamente superficial ha considerado básicamente la composición litológica y, en segundo término, la edad de las formaciones en cada una de las provincias geológicas (López, 1982) con que cuenta el país, así como los rangos de resistividad publicados en diversos libros y artículos para los más comunes tipos de materiales que componen la corteza terrestre.

Como última fase en el presente trabajo, se verificaron las resistividades someras de algunas de las áreas del país en que se dispone de información directa, dónde C.F.E. ha efectuado exploraciones y estudios geofísicos utilizando la técnica de sondeo eléctrico Schlumberger, como parte de la evaluación de sitios para la construcción o ampliación de centrales generadoras de electricidad. Dichas áreas aparecen en la Tabla No. 1.

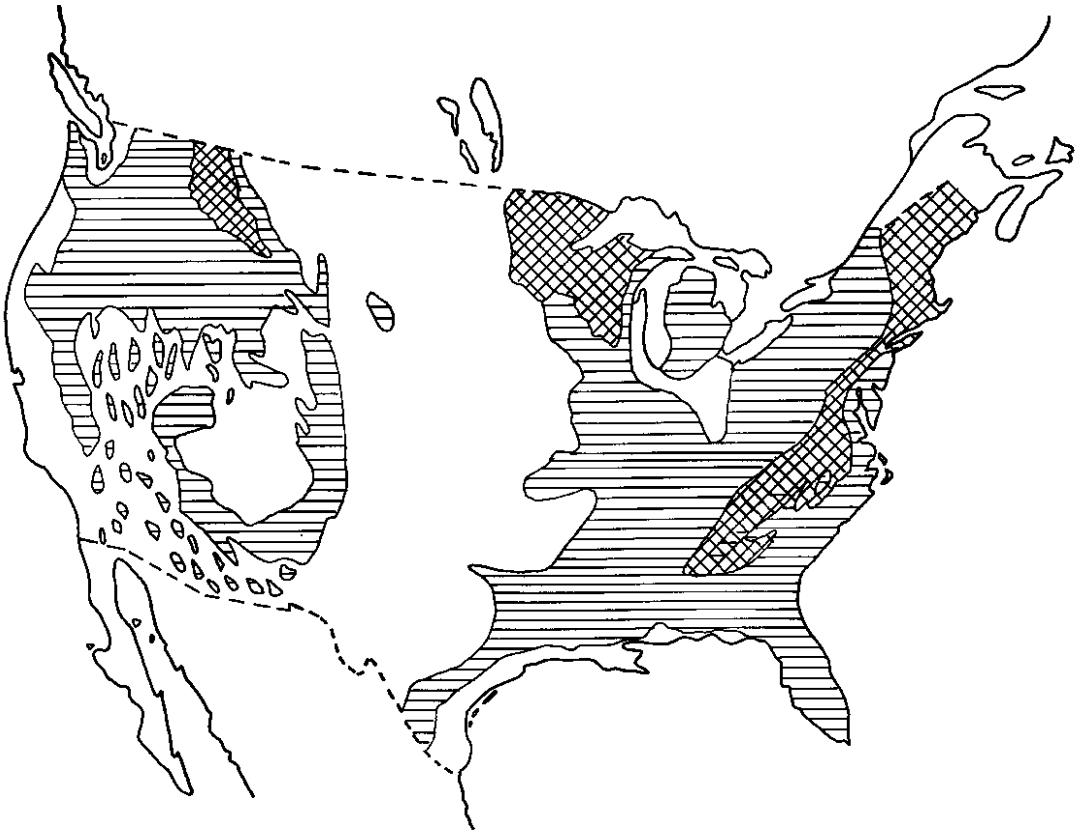
Cabe hacer notar que, descartando la fina capa superficial, cuyo rango de resistividad abarca varios órdenes de magnitud debido a variaciones muy locales y por lo tanto no representativas, los valores propuestos en en esta zonificación fueron en general consistentes con los datos observados para las capas del subsuelo más somero. No obstante, puesto que los puntos de calibración constituyen sólo una reducida fracción de la superficie total del país, es probable que en ciertas áreas los rangos asignados no corresponden a la resistividad real de los materiales más someros.

4. MAPA NACIONAL DE RESISTIVIDAD

En la Fig. 2 se presenta una regionalización de la resistividad en el territorio nacional con escala 1:8,000,000. Los rangos de resistividad que se han diferenciado para el subsuelo cercanamente superficial de nuestro país, comprenden los siguientes tipos de rocas y otros materiales no consolidados:

i) Resistividad alta
(mayor a 500 ohm-m)

Corresponde principalmente a las rocas metamórficas del periodo Precámbrico y de las eras Paleozoica y Mesozoica, entre las que se incluyen neises, esquistos, filias, pizarras, cuarcitas, mármoles, rocas metavolcánicas, calizas solidificadas o recristalizadas y dolomías. También se encuentran en este rango las rocas ígneas instrusivas, en su mayor parte de la era Paleozoica, dentro de las cuales los cuerpos de composición granítica son los más representati



SIMBOLOGIA

Areas de resistividad alta

> 500 ohm-m

Areas de resistividad media

100- 500 ohm-m

Areas de resistividad baja

< 100 ohm-m

Fig. 1 Areas de resistividad cercanamente superficial en Estados Unidos de América (Keller y Frischknecht, 1966)

FIG. 2 ZONIFICACION DE LA RESISTIVIDAD CERCANAMENTE SUPERFICIAL EN LA REPUBLICA MEXICANA

SIMBOLOGIA

LIMITE ESTATAL
LIMITE INTERNACIONAL
CAPITAL DEL ESTADO
CIUDADES IMPORTANTES
EXTENSION URBANA
RIO IMPORTANTE
LAGO, PRESA, ETC

LEYENDA

AREAS DE RESISTIVIDAD ALTA
AREAS DE RESISTIVIDAD MEDIA
AREAS DE RESISTIVIDAD BAJA

ESC GRAFICA

vos.

ii) Resistividad media
(100 a 500 ohm-m)

Considera a las rocas sedimentarias en general, excepto a las formaciones arcillosas del periodo Terciario. Igualmente pertenecen a esta categoría las rocas ígneas intrusivas y los depósitos clásticos del Cenozoico Inferior, así como las rocas volcánicas del Cenozoico Medio y Superior. Cubren en conjunto la mayor parte de la superficie del territorio nacional.

iii) Resistividad baja
(menor a 100 ohm-m

En este último grupo se encuentran las formaciones sedimentarias básicamente arcillosas del Terciario, rocas clásicas de origen aluvial y lacustre que se depositaron en el Cenozoico Superior y rocas de todo tipo muy intemperizadas. Quedan además comprendidas en el rango menos resistivo diversos materiales débilmente consolidados, como gravas, arenas, limos y arcillas que forman terrazas marinas, depósitos de aluvión, médanos, salitrales y pantanos, así como tobas y depósitos piroclásticos del Cuaternario.

ÁREA	ESTADO	RESISTIVIDAD
Acapulco	Guerrero	Alta
Cazones	Veracruz	Baja
Ciudad Camargo	Chihuahua	Baja
Ciudad Juárez	Chihuahua	Baja
Choix	Sinaloa	Media
Córdoba	Veracruz	Media
Ensenada	Baja California	Media
Joquicingo	México	Media
Laguna Verde	Veracruz	Media
Monterrey	Nuevo León	Media
Peitas	Chiapas	Baja
Piedras Negras	Coahuila	Baja
Puerto Libertad	Sonora	Baja
Salamanca	Guanajuato	Baja
Tecate	Baja California	Alta
Tepic	Nayarit	Media
Torreón	Coahuila	Baja
Valladolid	Yucatán	Media
Villa de Reyes	San Luis Potosí	Baja
Zimapán	Hidalgo	Media

Tabla 1. Estimación de resistividades.

5. CONCLUSIONES

1.- El mapa de resistividad eléctrica es el resultado de una zonificación muy regional de la República Mexicana basada en la clasificación de las rocas materiales no consolidados, expuestos o muy cerca de la superficie, dentro de tres grandes grupos que se delimitan por los valores de 500 y 100 ohm-m.

2.- La resistividad considerada no corresponde estrictamente a la superficie del terreno, dado que en ésta se presentan variaciones locales de gran amplitud, sino más bien a una capa superficial o somera de 10 a 20 metros de espesor.

3.- Por último, en vista de que son pocas las áreas de verificación de la resistividad con datos obtenidos en el campo, la zonificación mostrada quedará sujeta a futuras modificaciones para su mejoramiento.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ASTIER, J. L., 1971, Geophysique appliquée a l´hydrogéologie: Masson, Paris.

HEILAND, C.A., 1976, Geophysical exploration: Prentice Hal Inc., Nueva York.

KELLER, G.F. Y FRISCHKNECHT, F.C., 1966, Electrical methods in geophisical prospecting: Pergamon Press, Oxford, Londres.

LÓPEZ R. E., 1976, Carta geológica de la República Mexicana: Escala 1:2,000,000, Cuarta edición, S. Hernández Sánchez Mejorada, México. D.F.

LÓPEZ R., E., 1982, Geología de México: Tomos II y III, Tercera edición, México D.F.

PARASNIS, D.S. 1971, Physical property guide for rocks and minerals: Geophysical Memorandum, 4Ñ71, abem printed matter.

TELFORD, W.M. GELDART, L.P., SHERIFF R.E. Y KEYS, D.A., 1976, Applied geophysics: Cambrige University Press, Londres.