

# TELEDETECCION E INTERPRETACION DE IMÁGENES COMO METODO DE OBTENCIÓN DE UNA CARTA DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN ZONA CENTRAL DE LA REPUBLICA MEXICANA

*Raúl Ruiz Meza*

*Alonso S. Monroy Pacheco*

*J. Ismael Montoya Tena*

SEPI Escuela Superior de Ingenieria Mecanica y Electrica  
Instituto Politecnico Nacional de México

[rarumerrm@hotmail.com](mailto:rarumerrm@hotmail.com)

[asmonroy@hotmail.com](mailto:asmonroy@hotmail.com)

[imontoya@redipn.ipn.mx](mailto:imontoya@redipn.ipn.mx)

## ABSTRACT

This paper show a method of classification of the different characteristics of the terrestrial surface to be able to determine the electric conductivity of the land from images obtained by remote sensing.

## 1. INTRODUCCIÓN

Se sabe que la energía que se emite desde una antena transmisora y que se propaga hasta una antena receptora puede deberse a distintas formas de propagación. La onda de cielo, la onda de troposfera y la onda de tierra son estas formas conocidas de propagación de energía radioeléctrica. La onda de tierra es dividida en onda directa, onda reflejada en la tierra y onda de superficie. Existen características especiales que hacen que la componente de mayor importancia en ciertas situaciones sea la onda de superficie. La onda de superficie es la energía transportada a lo largo de la superficie de la tierra y dependiendo de las características electromagnéticas de esta onda esta energía penetra la tierra hasta una cierta profundidad; esta profundidad esta determinada por la frecuencia utilizada, la constante dieléctrica y la conductividad eléctrica de la tierra; las distancias de penetración comprenden rangos desde 1.5 hasta 15 metros. Debido a que en la onda de superficie la energía se propaga de forma similar a la conducción de energía a través de una línea de transmisión, se presentan pérdidas por atenuación debidas directamente a las características de la superficie de la tierra. Dentro de estas características, la conductividad de la tierra es una de las más importantes, es por eso que se debe contar con mapas de conductividad eléctrica confiables y actualizados a fin de elegir bien el área donde se colocara una antena, las características electromagnéticas de la antena (potencia, frecuencia, etc.) y la delimitación del área de servicio a fin de evitar interferencias con otras estaciones [1] [2].

Existen diversos métodos de medición de la conductividad eléctrica de la tierra, sin embargo en algunos casos no es posible llevar a cabo mediciones directas del terreno o área ya sea por lo accidentado del terreno, las limitaciones económicas o las carencias técnicas y de equipamiento, en estos casos se pueden hacer estimaciones basadas en mediciones de laboratorio, experiencias propias y de otros países, información bibliográfica, información cartográfica y datos obtenidos por teledetección. Estas estimaciones son en la mayoría de los casos muy aproximadas a la realidad,

dependiendo de los datos utilizados en la elaboración de la carta.

### 1.1. Clasificación y teledetección

Con las técnicas actuales de adquisición de datos se puede hacer una clasificación de distintas características de la tierra basándose en imágenes obtenidas desde el espacio. Debido a que la onda de superficie puede penetrar la tierra y a que existen tipos de suelos que no son muy profundos, son las características geológicas de la tierra las de mayor importancia para determinar la conductividad eléctrica de la tierra y no las características que se encuentren precisamente sobre la superficie del área de interés, aunque si bien es cierto que las características de la superficie (edafología, vegetación, temperatura, humedad, uso de suelo, etc.) nos informan de cierta forma las condiciones generales del manto geológico [3] [4].

Existen diversas técnicas de estimación de un mapa de conductividad eléctrica de la tierra, sin embargo se utilizaran todos los datos disponibles para cada zona representativa de la clasificación de tal forma que se combinaran datos de mediciones de propiedades geofísicas de la tierra, mediciones de la conductividad eléctrica de la tierra, datos proporcionados por la experiencia de otros países y datos bibliográficos de mediciones llevadas a cabo en laboratorios. La idea es utilizar mapas geológicos, edafológicos, de humedad, de vegetación así como información bibliográfica; en la elaboración de un listado de características asociadas a una conductividad, para que posteriormente se utilice ese listado en la determinación de la conductividad eléctrica de otras zonas o países por medio de imágenes en formato crudo que se interpreten específicamente para ese propósito, es decir se podrá determinar la conductividad eléctrica de un área en base a la interpretación de imágenes obtenidas por teledetección y con la ayuda de la clasificación que a continuación se propone.

### 1.2. Método de clasificación

Para cada una de las setenta y cuatro unidades estratigráficas disponibles para la republica mexicana, se realiza una investigación bibliográfica que informe sobre los rangos de conducción eléctrica mínimos y máximos, los cuales dependen del contenido de humedad almacenado en los poros de las rocas [4] así como la información disponible para las posibles combinaciones con tipos de suelo y vegetación para esas unidades; en el caso de no encontrar dicha información, se tomo en cuenta una comparación hecha con el mapa geológico

y la carta de conductividad eléctrica de los Estados Unidos de América [5] [6]. Considere como ejemplo la presente clasificación llevada a cabo para la era geológica correspondiente al cuaternario:

#### Era Geológica Cuaternario

Cuaternario sedimentario continental	100 – 1000 mmhos/m
Cuaternario sedimentario marino	20 – 66 mmhos/m
Cuaternario rocas extrusivas	5 – 100 mmhos/m
Cuaternario rocas intrusivas	0.5 – 2 mmhos/m

A partir de ahí se deben tomar en cuenta factores como el tipo de suelo, temperatura y humedad promedio anual y vegetación. Un tipo de roca determinado puede alcanzar su máximo valor de conductividad si en su superficie se encuentran suelos arcillosos húmedos o aluviones, por el contrario los valores más bajos se alcanzan con suelos arenosos, rocosos y de muy bajo contenido de humedad; valores medios de conductividad se encuentran en suelos de pastizales semi-húmedos y semi-áridos o en condiciones de vegetación abundante donde el suelo es muy húmedo pero se presenta el problema de la atenuación de la energía electromagnética debida a la presencia de la vegetación. La conductividad eléctrica también puede ser afectada por las irregularidades presentadas por el terreno, como es el caso de las regiones montañosas, de igual manera las regiones boscosas presentan una importante disminución de la conductividad, de igual forma las regiones urbanas presentan atenuación de la energía a causa de la presencia de edificios, y grandes construcciones en general.

Siendo más específicos para el cuaternario con aluviones, arena de playa depósitos de lagos o glaciares se presenta una conductividad promedio de 13 mmhos/m; para el mismo cuaternario pero con aluviones provocados por montañas o depósitos de minerales y arena se tiene una conductividad de 10 mmhos/m y en algunos casos el cuaternario combinado con aluviones y una baja humedad presenta una conductividad de 5.5 mmhos/m e incluso en cuaternario con suelos formados por arena y grava secos se tiene una conductividad de 2.9 mmhos/m.

### 1.3. Resultados

Se presenta un estudio de la región central correspondiente a una parte del estado de Querétaro, México en donde se muestra un mapa geológico y sobre el cual se colocaron las regiones de conductividad eléctrica estimada por el método anteriormente descrito, utilizando mapas geológico, edafológico, vegetación y topográfico [7], para elaborar este pequeño mapa, primero se determina si existe información disponible para las tres principales unidades estratigráficas, las cuales son: Rocas ígneas extrusivas (5.54 mmhos/m), terciario superior sedimentario (3.26 mmhos/m) y rocas sedimentarias y volcánicas sedimentarias (9.21 mmhos/m), si existe información se continua con la apreciación sobre que tipo de suelo, cantidad de humedad promedio al año y vegetación tiene, p. e. Para las rocas ígneas extrusivas se tiene que hay una conductividad eléctrica en el rango de 5 - 100 para y para las zonas con este tipo de sustrato geológico tienen una humedad promedio de 50%, la vegetación es de temporal y en algunos casos son áreas de riego suspendido por lo que las características de la superficie no afectan las propiedades

geológicas, las mediciones son presentadas en milimhos por metro (mmhos/m). Considerando mediciones realizadas se puede decir que el método propuesto se acerca mucho a la realidad ya que en puntos donde se obtuvo 5.54 mmhos/m de conductividad estimada, las mediciones realizadas han dado como resultado 6.00 mmhos/m en promedio. En el área marcada con 8.21 mmhos/m, se obtuvo en las mediciones 10 mmhos/m

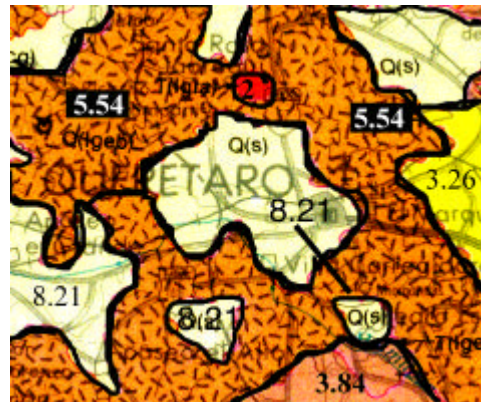


Fig. 1. Mapa de conductividad eléctrica de Querétaro

## 2. CONCLUSIONES

Este método de clasificación permite en un principio corroborar mediciones de estaciones de radiodifusión llevadas a cabo antes de su instalación, por otro lado permitirá en un futuro determinar por interpretación, la conductividad eléctrica desde imágenes obtenidas por teledetección ya sea en México o en otros países que no cuenten con los recursos necesarios para llevar a cabo esa tarea y de los cuales si se dispongan imágenes de satélite. Aun más este método permite actualizar datos debido a que se pueden tomar en cuenta factores como el crecimiento de ciudades, la deforestación, devastación de zonas naturales o desastres naturales permanentes (p. e. erupciones volcánicas)

## 3. REFERENCIAS

- [1] Jordan, Edward C. "Electromagnetic Wave and Radiating Systems", Ed. Prentice Hall, 609-655, 1964.
- [2] Ministerio das Comunicações da Brazil, "Normas Técnicas para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Ondas Médias", Brazil, pp. 6-43.
- [3] J., D., McNeill, "Electrical Conductivity in Solis and Rocks", Technical Note No 5 Geonics Limited, Ontario, Canada, 1980, pp. 1-18.
- [4] Keller, George V., Frischknecht, Frank C. "Electrical Methods in Geophysical Prospecting", Ed. Pergamon Press, 1927, pp. 1-60.
- [5] USGS, "On line files for USA Geology." <http://minerals.usgs.gov/kb/kb.html>
- [6] Audio Services Division, Mass Media Bureau Federal Communications Commission. "M3 Map of Effective Ground Conductivity in the USA". <http://www.fcc.gov/mmb/asd/m3/m3.html>