

# Análisis y Comportamiento Predictivo Mediante Aprendizaje Automático en Sondeos Eléctricos Verticales, Aplicación en Adquisición de Datos

Ing Torres S. Juan J.<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Maestría Ciencia de Datos, Pedro de Alba, Niños Héroes, San Nicolás de los Garza, 66451, N.L., México.

Corresponding author(s). E-mail(s): [juan.j.torres.s@gmail.com](mailto:juan.j.torres.s@gmail.com);

## Resumen

**Propósito:** Durante el proceso de adquisición de datos geoléctricos, se pueden presentar anomalías, ya sean errores de medición, error de muestreo, ruido ambiental, efectos de sitio, etc., esta publicación tiene por finalidad generar un algoritmo de Aprendizaje Automático que permita identificar error en etapas tempranas de adquisición así como una pre-interpretación de unidades saturadas, con la finalidad de reducir las incertidumbre, mejorando la calidad de los datos y dar la oportunidad al operador de corregirlos al momento, así como generar una alerta temprana de unidades saturadas con el objetivo de ampliar la resolución de la unidad en cuestión con el objeto de obtener mayor detalle de estas zonas de interés. **Método:** para lograr el propósito se empleara un conjunto de 647 datos, correspondientes a 29 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), realizados a lo largo de un año de mediciones, en configuraciones geológicas completamente distintas.

**Keywords:** Resistividad Aparente, Keyword2, Keyword3, Keyword4

## 1. Introducción

En una campaña de exploración geofísica enfocada en recursos geohídricas se pueden emplear distintos métodos para determinar la existencia, profundidad y distribución del nivel freático de un acuífero, como son método de refracción sísmica,

GPR (Ground Penetrating Radar) y métodos geoelectricos, en este trabajo nos enfocaremos en la aplicación del método geoelectrico en la modalidad de Sondeo Eléctrico Vertical, aplicando técnicas de AA en la adquisición geoelectrica con un Resistivímetro Analógico, el método consiste en inducir una corriente eléctrica en el subsuelo a través de dos electrodos afianzados al terreno, al mismo tiempo se realiza la lectura del potencial inducido por el flujo de la corriente en otro par de electrodos, colocados a una distancia previamente definida, empleando la configuración eléctrica Schlumberger (Referencia año), obteniendo valores de resistividad aparente en cada sondeo, durante la adquisición de datos se recopila la siguiente información:

- Sitio de estudio representado por la clave asignada, numero de sondeo, sitio y localidad o solicitante.
- Personal técnico que realizo el levantamiento de los datos
- Fecha del estudio
- Zona datum UTM
- Coordenada Este
- Coordenada Norte
- Altitud
- Profundidad de muestreo
- K factor geométrico de arreglo Schlumberger
- Distancia Media entre los Electrodos A y B
- Distancia entre los electrodos A y B
- Distancia Media entre los electrodos M y N
- La quinta parte de la Distancia entre los Electrodos M y N
- Distancia entre los Electrodos M y N
- Potencia Natural 1
- Potencial Inducido 1
- Corriente Inyectada 1
- Potencia Natural 2
- Potencial Inducido 2
- Corriente Inyectada 2
- Potencia Natural 3
- Potencial Inducido 3
- Corriente Inyectada 3
- Media del Potencial Natural
- Media Potencial Inducido
- Media de las Diferencias entre Potencial Inducido y Potencial Natural
- Media de la Corriente Inyectada
- Resistividad eléctrica aparente 1
- Resistividad eléctrica aparente 2
- Resistividad eléctrica aparente 3
- Media de las resistividad eléctrica 1 2 y 3
- Resistividad Eléctrica Aparente Final

Normalmente la adquisición de datos, con equipos analógicos, es realizada por personal con experiencia, sin embargo este no siempre es el caso, por lo que es resulta

conveniente tener herramientas que nos permitan tener la oportunidad de mejorar la calidad de los datos con alertas tempranas durante el registro de la adquisición geofísica, reduciendo los errores de muestreo y atenuando la incertidumbre de datos adquiridos por un operador inexperto.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. Modelo No Supervisado**

### **2.2. Modelo Supervisado: Isolation Forest**

## **3. Metodología**

Para este proyecto se trabajaron con datos de Resistividad eléctrica, adquiridos durante campañas de exploración en distintas zonas de México, sumando un total de 647 registros correspondientes a 29 sondeos, por protección de los clientes se cambiaron nombres de personal y ubicaciones geográficas, cambiando la ubicación de los sitios por un cuadrante del municipio San Nicolás de los Garza ubicado en el Estado de Nuevo León, para fines prácticos.

Se aplicaron métodos estadísticos descriptivos básicos, correlación entre variables y entrenamientos de modelos supervisados y no supervisados; en cada paso del proceso se generó información que permitió avanzar en el objetivo del estudio así como otorgar un panorama de lo general a lo particular a fin de alcanzar el modelado predictivo.

### **3.1. Reorganización y Preparación De Los Datos**

En esta etapa del trabajo se procedió a reagrupar las columnas, descartando aquellas que no se relacionan directamente con el objetivo del trabajo, posteriormente se procesó a eliminar las columnas que no contienen información o que presentan valores fuera de los parámetros esperados (Resistividades por debajo de  $0\text{ ohm}\cdot\text{m}$ ), eliminamos los valores nulos, a partir de esta información generamos una nueva base de datos, integrándose de los siguientes elementos: Sitio, Coordenada Este, Coordenada Norte, Altitud, Profundidad de muestreo, Distancia entre los electrodos A y B, Distancia entre los Electrodos M y N, Resistividad Eléctrica Aparente Final.

```

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 647 entries, 0 to 646
Data columns (total 8 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   sitio       647 non-null    object
1   ESTE        647 non-null    float64
2   NORTE       647 non-null    float64
3   ALTITUD     647 non-null    int64
4   Z           647 non-null    float64
5   AB          647 non-null    int64
6   MN          647 non-null    float64
7   Rha         647 non-null    float64
dtypes: float64(5), int64(2), object(1)
memory usage: 40.6+ KB

```

Código xx Información general de la base de datos resultante, *res-geo.copy.info()*

A partir de esta primera etapa obtenemos la siguiente base de datos, denominada *res-geo.copy*, sobre este mismo registro agregaremos una columna que contendrá el valor normalizado correspondiente a *Rha* (resistividad aparente), de esta misma dividiremos por sitio y los registros a fin de calcular la estadística básica de cada *sitio*.

#	Sitio	Lon Este	Lat Norte	Altitud	Z	AB	MN	Rha
0	S1-TV-VLH	370462.31	2850554.93	489	1.8	6	0.5	17.24
1	S1-TV-VLH	370462.31	2850554.93	489	2.4	8	0.5	25.89
2	S1-TV-VLH	370462.31	2850554.93	489	3.0	10	0.5	47.94
...	...	...	...	...	...	...	...	...
644	S3-HIGA	370645.67	2848071.60	502	90.0	300	20.0	18.98
645	S3-HIGA	370645.67	2848071.60	502	102.0	340	20.0	24.61
646	S3-HIGA	370645.67	2848071.60	502	120.0	400	20.0	22.53

Tabla XX. Visualización del DataFrame *res-geo.copy*, se observan las principales columnas y la estructura general de los datos que la integran.

La segmentación del DataFrame se realizó con el objetivo de generar una base de datos de entrenamiento, misma que contiene los sitios que presentaron anomalías relacionadas a acuíferos.

### 3.2. Estadística Descriptiva

Para el conjunto de datos seccionados se obtiene la estadística básica para cada columna, de esta manera podemos observar el comportamiento general de los datos y a partir de este punto generar nueva estadística que nos proporcione información más relevante para identificar las áreas de oportunidad de análisis.

res_geo_copy.describe()				
	Z	AB	MN	Rha
count	616.000000	616.000000	616.000000	616.000000
mean	42.870292	142.900974	10.139610	333.450097
std	54.174873	180.582909	11.298715	551.516052
min	0.600000	2.000000	0.500000	0.380000
25%	6.000000	20.000000	4.375000	27.917500
50%	24.000000	80.000000	5.000000	108.940000
75%	57.000000	190.000000	20.000000	297.190000
max	300.000000	1000.000000	100.000000	2781.760000

Código xx Información general de la base de datos resultante, *res\_geo\_copy.info()*

Se genero la estadística básica para los datos mediante código en *Phyton*, teniendo los siguientes resultados:

media = 333.4500974025974

media con flotante = 333.4500974025974

media baja de los datos = 108.79

media alta de los datos = 109.09

moda = 12.87

cuartiles = [27.8925, 108.94, 298.90999999999997]

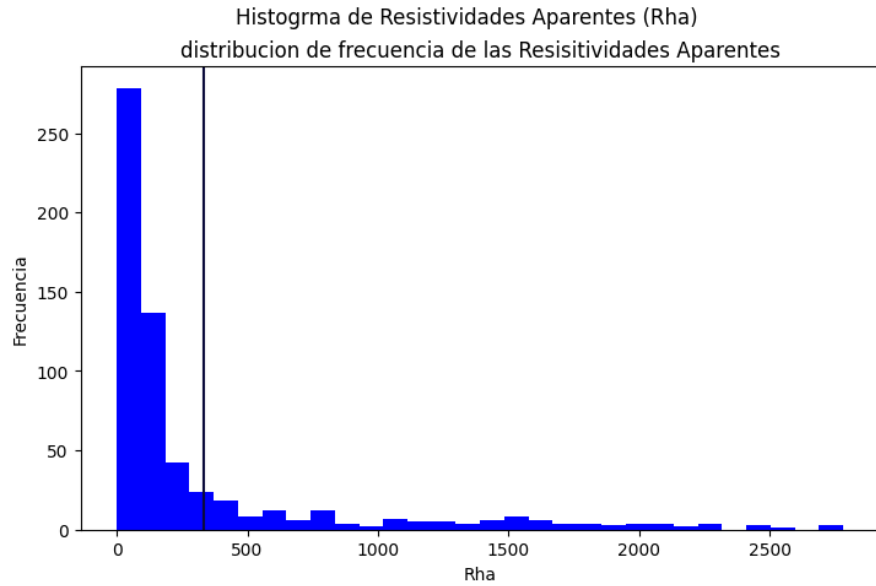
varianza = 304169.9552565759

desviación estándar = 551.5160516762644

valor máximo = 2781.76

valor mínimo = 0.38

subsecuentemente generamos un histograma de estos vales, obteniendo un panorama general de la distribución de las muestras respecto una característica cuantitativa y continua, representando la densidad de frecuencia acumuladas en intervalos iguales, [4] esta información es relevante ya de primera mano conociendo la distribución de las frecuencias podemos intuir el tipo de distribución que presentan los datos, en este caso no presentan una distribución normal, siendo no paramétricos (Ver Figura XX)



**Figura 1** Histograma generado a partir de los datos de Rha, densidad de probabilidad, distribución de las resistividades

### 3.3. Correlación y Selección de Variables

### 3.4. Entrenamiento de Modelo

## 4. Resultados

## 5. Discusión

Discussions

## 6. Conclusión

Conclusions

**Agradecimientos.** Acknowledgments are not compulsory. Where included they should be brief. Grant or contribution numbers may be acknowledged.

Please refer to Journal-level guidance for any specific requirements.

## Apéndice A Section title of first appendix

An appendix contains supplementary information that is not an essential part of the text itself but which may be helpful in providing a more comprehensive understanding of the research problem or it is information that is too cumbersome to be included in the body of the paper.

## Referencias

- [1] JOAQUÍN AMAT, RODRIGO *Machine learning con Python y Scikit-learn*, available under a Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), Fecha de consulta: 26/03/23, Url: [https://www.cienciadedatos.net/documentos/py06\\_machine\\_learning-python-scikitlearn.html](https://www.cienciadedatos.net/documentos/py06_machine_learning-python-scikitlearn.html).
- [2] CESANO, D., OLOFSSON, B. y BAGTZOGLOU, A. C.(2000), *Parameters regulating groundwater inflows into hard rock tunnels—a statistical study of the Bolmen tunnel in southern Sweden*, Tunnelling and Underground Space Technology, 15(2), 153-165.
- [3] PARSEKIAN, A. D., CLAES, N., SINGHA, K., MINSLEY, B. J., CARR, B., VOYTEK, E. y FLINCHUM, B.(2017), *Comparing measurement response and inverted results of electrical resistivity tomography instruments*, Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 22(3), 249-266.
- [4] GUTIERREZ, R. B., y I CINTAS, P. G.(2013), *El histograma como un instrumento para la comprensión de las funciones de densidad de probabilidad.*, robabilidad Condicionada: Revista de didáctica de la Estadística, 22(3), P, (2), 229-235.