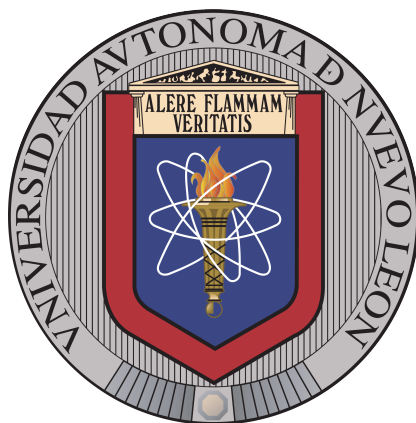


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE DATOS



TÍTULO DE LA TESIS

POR

JUAN JESÚS TORRES SOLANO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIA DE DATOS

MARZO 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICO

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Título de la tesis», realizada por el alumno Juan Jesús Torres Solano, con número de matrícula 2173262, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencia de Datos.

El Comité de Tesis

Dr. José Anastasio Hernández Saldaña
Asesor

Nombre del revisor C
Revisor

Nombre del revisor D
Revisor

Vo. Bo.

Dra. Azucena Yolojóchitl Ríos Mercado
Subdirector de Estudios de Posgrado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, marzo 2025

*Aquí puedes poner tu dedicatoria
si es que tienes una.*

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DELIMITACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	4
4.1. Generales	4
4.2. Específicos	4
5. MARCO TEÓRICO	5
5.1. Método Geoeléctrico	5
5.1.1. Principios Básicos	5
5.1.2. Configuración de electrodos	6
5.1.3. Sondeo Eléctrico Vertical	6
5.2. Árboles de Decisión	7
5.3. Random Forest	7
5.3.1. Número de Árboles	7

ÍNDICE GENERAL	V
5.3.2. Bootstrap	7
5.3.3. Overfitting y Underfitting	7
5.3.4. OOB Score	7
5.4. Validación Cruzada	7
5.5. Métricas de Evaluación	7
6. METODOLOGÍA	8
7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	9
A. Apéndice I	10

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

AGRADECIMIENTOS

Aquí puedes poner tus agradecimientos. (No olvides agradecer a tu comité de tesis, a tus profesores, a la facultad y a CONACyT en caso de que hallas sido beneficiado con una beca).

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

que es la geofísica:

La exploración geofísica consiste en un conjunto de metodologías que a través de la medición de propiedades petrofísicas del subsuelo es

el geoelectrica

para que sirve

oportunidades de la ciencia de datos en el análisis en tiempo real de la respuesta

CAPÍTULO 2

DELIMITACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante un trabajo de prospección geofísica, al realizar adquisición de datos geoelectricos *in situ*, no es posible conocer el resultado del trabajo hasta una vez realizado procesos de inversión de datos resultado de prospección, por lo que no se tiene certeza de si una lectura presenta inconsistencias o si forma parte de una respuesta esperada para determinado resultado.

El problema es no contar con un modelo que pueda anticipar el resultado de un modelo de inversión geológico, o al menos aproximar un resultado que pueda tener coherencia geológica en interpretación

Como primera aproximación a una solución se considerara un primer supuesto, en el cual se cuenta con respuestas de sondeos eléctricos verticales, más simple pero no menos complejo de interpretar, al contar con un solo segmento de señal, dentro de esta señal podemos encontrar distintas unidades geológicas, profundidad de acuífero, espesores de unidades y profundidad de exploración.

La propuesta de solución es mediante Aprendizaje automático (ML, por sus siglas en inglés), empleando una técnica de aprendizaje que permita identificar patrones que estén asociados a la respuesta de un modelo de inversión, de esta manera obtener un modelo pronóstico de la inversión, sirviendo de guía para incrementar la densidad de muestreo para mejorar el modelo y respuestas.

CAPÍTULO 3 JUSTIFICACIÓN

Existen múltiples aplicaciones de ML y DL en el procesamiento, modelado e interpretación geofísica (INSERTAR REFERENCIAS), así como aplicaciones directas por software en las disciplinas mas comerciales (Sísmica de exploración de hidrocarburos PETREL, Shlumberger, INSERTAR REFERENCIA).

Es de esperar que al implementara ciencias de datos mejoraren aspectos básicos, así como especializados, en diversas áreas de las ciencias, mejorando la analítica e interpretación de resultados, o bien, modelando predicciones.

En este sentido es oportuna la implementación de modelos de regresión y clasificación durante la adquisición de datos de un Sondeo Eléctrico Vertical (SEV, VES por sus siglas en ingles), el proceso de adquisición *in situ* consta de un intervalo de muestreo predefinido, el cual esta acotado de acuerdo al objetivo de exploración, siendo el principal factor establecer un intervalo de muestreo que permita identificar las unidades geológicas de interés, es decir mantener un intervalo de muestreo menor a la frecuencia de ocurrencia de las unidades, por lo que el éxito de la exploración dependerá en su totalidad de la planeación previa de la adquisición.

De manera que un modelo que permita clasificar las lecturas y generar una regresión para proponer muestreos adicionales *in situ* tendría la ventaja de optimizar y mejorar la calidad de la adquisición y muestreo de las frecuencias deseadas.

CAPÍTULO 4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

4.1 GENERALES

- Generar un modelo predictivo que permita clasificar datos geoelectricos durante la adquisición de SEV's *in situ*.
- Establecer un modelo de entrenamiento de regresión mediante Random Forest que genere intervalos de muestreo en SEV's al identificar contrastes en los datos.

4.2 ESPECÍFICOS

- Establecer modelos de geoelectricos con unidades geológicas de terrenos ya caracterizados mente SEV's.
- Generar un modelo de clasificación y regresión mediante Random Forest mediante modelos geoelectricos.

CAPÍTULO 5 MARCO TEÓRICO

5.1 MÉTODO GEOELÉCTRICO

La geofísica es una rama de la ciencia relativamente reciente, la primera prospección geoelectrica data de 1830 realizados por Fox (1830) en Cornwal, Reino Unido, donde aplico técnicas de Self-Potential en exploración de mineralización de sulfuro en vetas, la medición del potencial natural resulto altamente efectiva para la prospección de este tipo de mineralizaciones ya que su anomalía se caracterizaba por presentar una respuesta muy marcada con respecto al medio (Revil y Jardani (2013); Reynolds (2011)).

Los métodos Geoelectricos se clasifican en dos grupos, métodos pasivos y de inducción, los primeros corresponden a aquellos en los que se mide el potencial eléctrico natural, usualmente medido en mili volts, en donde se requiere de electrodos no polarizables para tener medidas lo mas claras posibles; Mientras que los métodos de inducción se emplea un arreglo de electrodos, o inductores de campo electromagnéticos, mediante los cuales se induce un campo eléctrico el subsuelo, calculando al diferencia de potencia eléctrico en el medio, o bien el decaimiento de la polarización inducida en el medio.

5.1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS

explicación teórica de la física y matemática del método geoelectricos

5.1.2 CONFIGURACIÓN DE ELECTRODOS

5.1.2.1 CASO GENERAL

Si consideramos un medio continuo y homogéneo explicación del método mediante el caso particular.

5.1.2.2 ARREGLOS CONVENCIONALES

Método Wenner, método Schlumberger, dipolo dipolo, polo dipolo, ecuatorial.

5.1.3 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

caso particular de sondeos, distribución de señal, interpretación, caso particular de exploración hidrográfica, señales características de acuíferos, modelos reales y simulaciones.

5.2 ÁRBOLES DE DECISIÓN

5.3 RANDOM FOREST

5.3.1 NÚMERO DE ÁRBOLES

5.3.1.1 MAX TREE DEPTH

5.3.2 BOOTSTRAP

5.3.3 OVERFITTING Y UNDERFITTING

5.3.4 OOB SCORE

5.4 VALIDACIÓN CRUZADA

5.5 MÉTRICAS DE EVALUACIÓN

CAPÍTULO 6 METODOLOGÍA

CAPÍTULO 7

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

APÉNDICE A
APÉNDICE I

BIBLIOGRAFÍA

FOX, R. W. (1830), «On the electro-magnetic properties of metalliferous veins in the mines of Cornwall», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, págs. 399–414.

REVL, A. y A. JARDANI (2013), *The self-potential method: Theory and applications in environmental geosciences*, Cambridge University Press.

REYNOLDS, J. M. (2011), *An introduction to applied and environmental geophysics*, John Wiley & Sons.