



APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA ESTIMAR PROPIEDADES FÍSICAS DE HIDROCARBUROS A PARTIR DE FIRMAS ESPECTRALES

Sergio Castelblanco
Jhon Franklin González



```
00011001001
01101001011001110110
110000100000110000100
10000101110110110000111
000110010001100101001000
1000000110000101110101011101
10000101110100011010101111
01101010011100001101100110
011001000110010100100000111
1011 110001101100101011101
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```

Agenda



Universidad de
los Andes



Analytics

Focos Estratégicos

Descripción del Problema

Entendimiento de los datos

Análisis y transformación de
Información

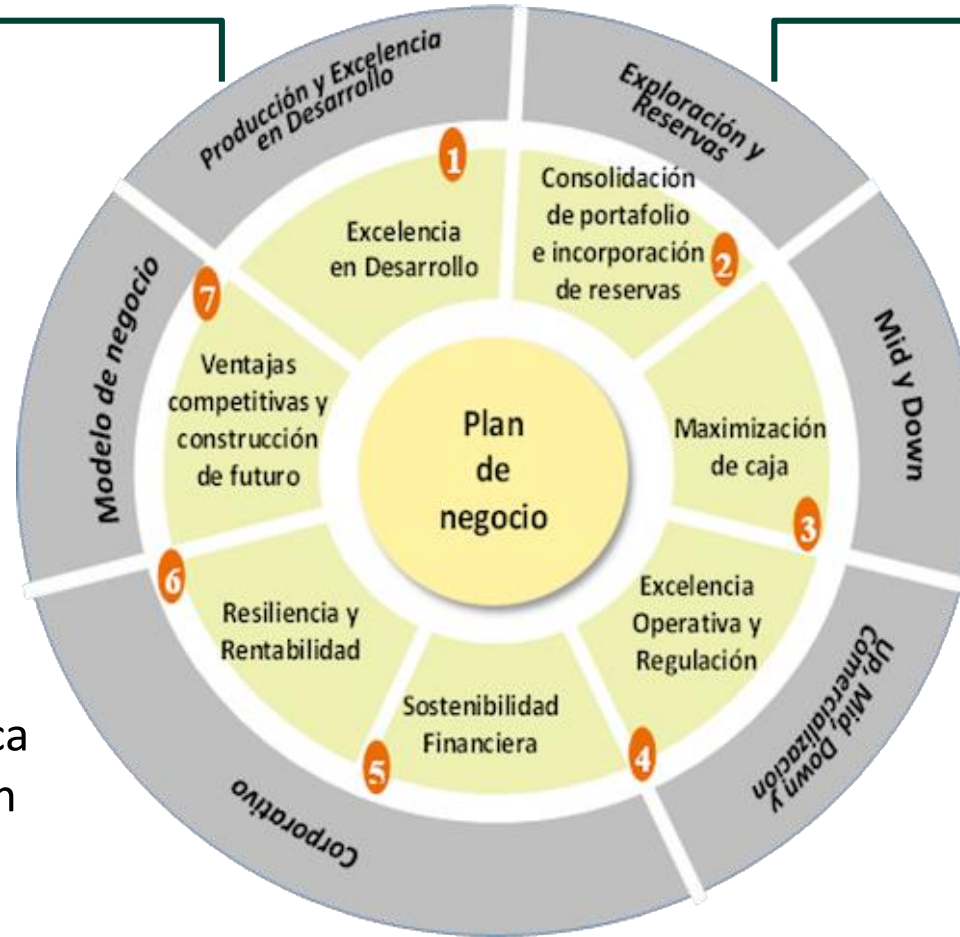
Modelos y Resultados

Conclusiones y
Recomendaciones



```
00011001001
0110100101100110110
110000100000110000100
100001011010110000111
0001100100011001010010000
100000011000010110101011101
10000101101000011010101111
01101010011100001101100110
011001000110010100100000111
1011 110001101100101011001
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```

Focos Estratégicos



✓ Protección del agua y la política de prosperidad compartida en todas las regiones

✓ Incorporar al menos 1.000 millones de barriles de recursos contingentes hasta 2020

00011001001
0110100101100110110
110000100000110000100
100001011010110000111
0001100100011001010000
100000011000010110101101
100001011010000101010111
0110101001100001101100110
011001000110010100100000111
1011 11000101100101011001
1011001 10001010110001011011101
01100 10 11011110110

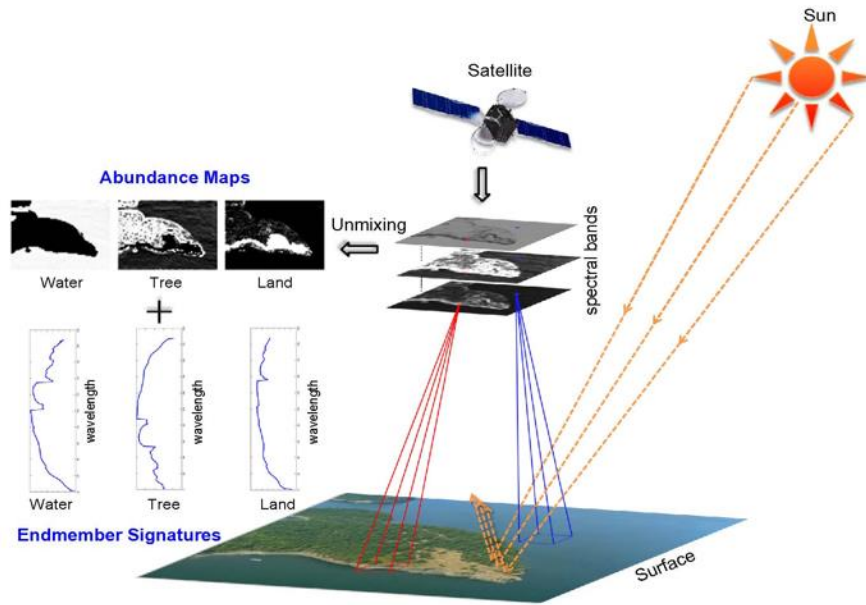


Descripción del Problema



```
00011001001
01101001011001110110
1100001000001100001100
10000101110110110000111
000110010001100101001000
1000000110000101110101011101
100001011101000110100101111
01101010011100001101100110
011001000110010100100000111
1011 1100011011001010111001
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```

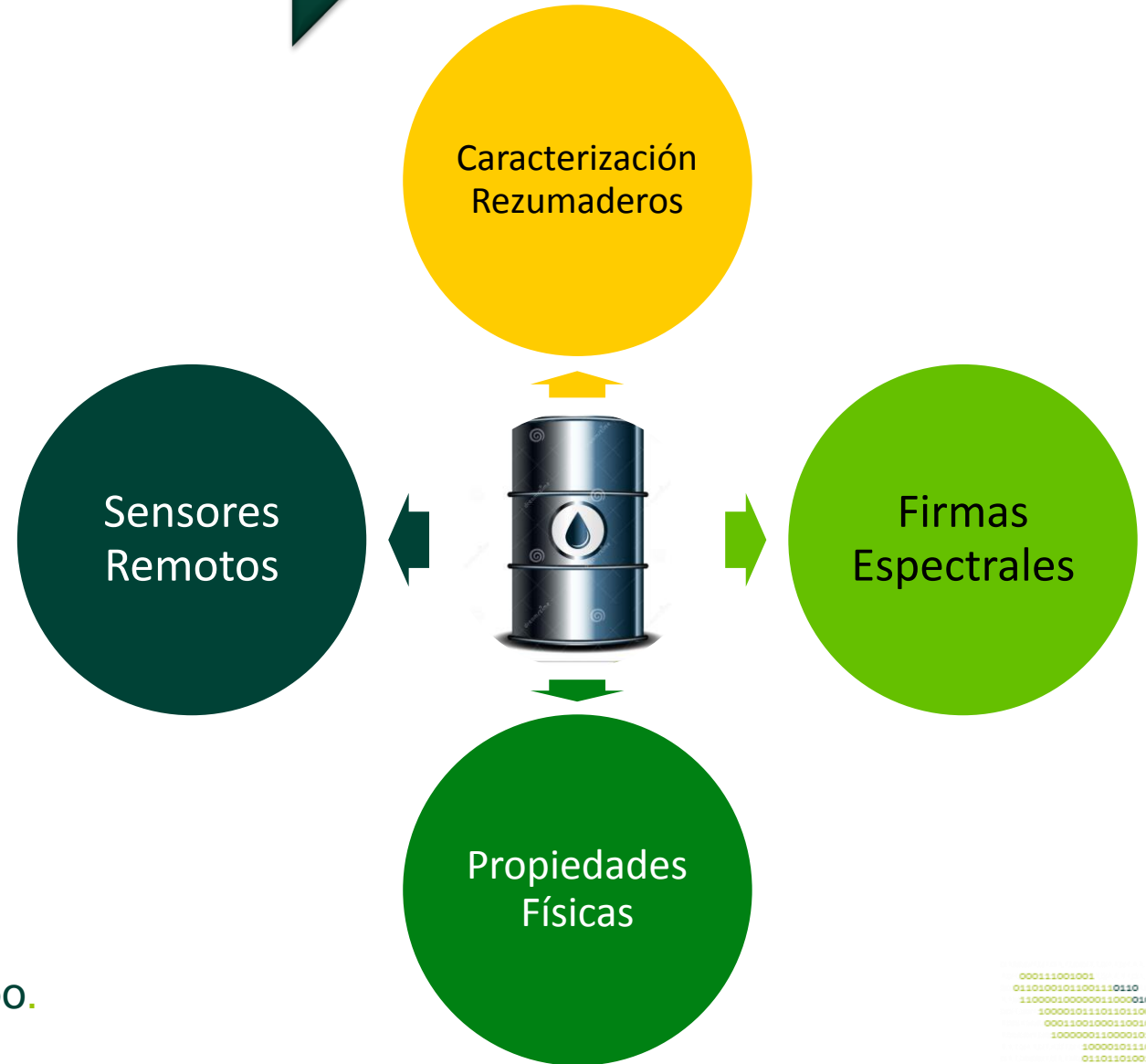
Descripción del Problema



Predecir la Gravedad API



- ✓ 4 Rezumaderos mediante firmas imágenes.
- ✓ 210 Rezumaderos a través de firmas de campo.



```

00011001001
0110100101100110110
110000100000110000100
100001011010110000111
0001100100011001010000
10000001100001011010101101
100001011010000101010111
01101010011100001101100110
01100100011001010010000111
1011 11000110110010101101
1011001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
    
```


*¿Cómo estimar la **calidad del crudo**
(*API) de los rezumaderos de la cuenca
del Valle Medio del Magdalena a partir de
firmas espectrales?*

Think...

```
00011001001
01101001011001110110
1100001000000110000100
10000101110110110000111
000110010001100101001000
100000011000010111010101101
10000101110100011010101111
011010100111000011101100110
011001000110010100100000111
1011 11000110110010101101
1011001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```

0100010101100011011011110111000001100101011101000111001001101111011011000010000001000100011010010110011101101001011101000110000101

¿ Las Firmas espectrales tienen el potencial de predecir la propiedad física ρ_{API} ?

¿ El satélite WordView3 brinda información relevante para la predicción remota de la propiedad física ρ_{API} ?

¿ Es posible reducir la dimensionalidad y complejidad del problema ?

¿ Como transformar las firmas espectrales e imputar los datos faltantes para minimizar la perdida de información ?

```
00011001001
01101001011001110110
110000100000110000100
1000101110110110000111
0001100100011001010010000
1000000110000101110101011101
10000101110100011010101111
011010100111000011101100110
011001000110010100100000111
1011 110001101100101011001
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```



Entendimiento de los datos



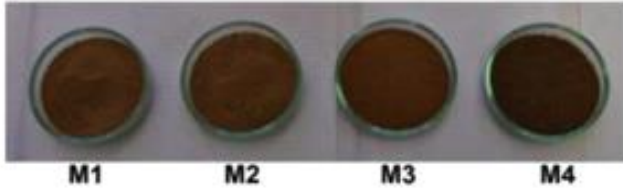
```
00011001001
01101001011001110110
1100001000000110000100
10000101110110110000111
000110010001100101001000
1000000110000101110101011101
100001011101000110100101111
01101010011100001101100110
011001000110010100100000111
1011 1100011011001010111001
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```


Entendimiento de los datos

Espectroradiometria



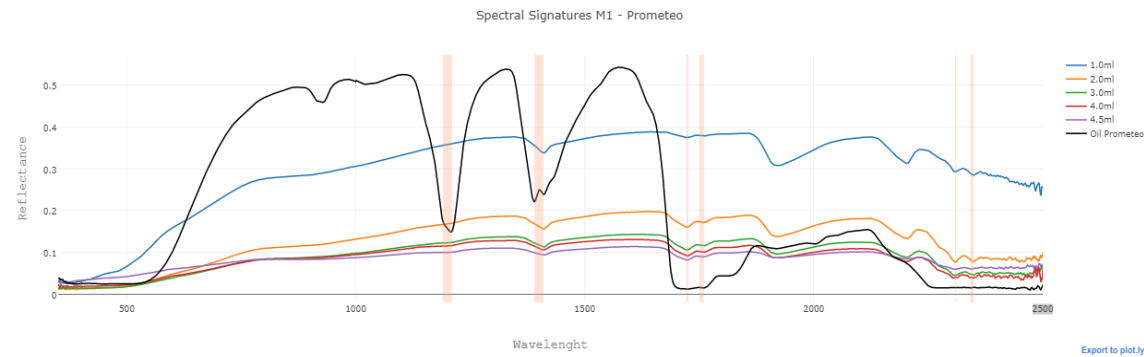
tipos de calidad de crudo



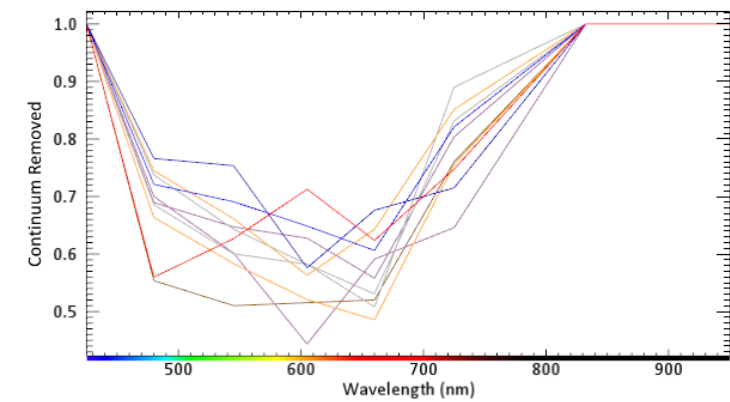
tipos de suelos recolectados en campo



Sensores Remotos

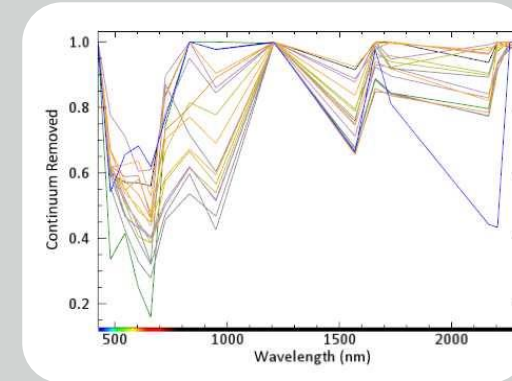
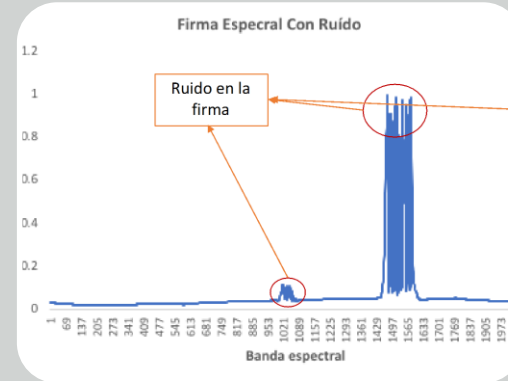
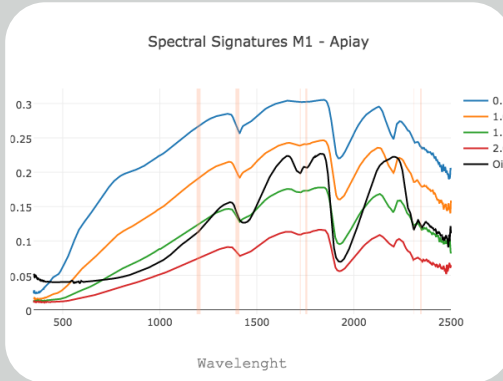


Firmas espectrales de tipos de suelos



```
10001
1100110110
10000110000100
110110110110000111
00011001000110010000
1000001100001011101011101
1000010111010001101010111
01101010011100001110100110
01100100011001010010000111
1011 11000110110010101101
1011001 10001010110001011011101
01100 10 1101110110
```

Entendimiento de los datos



Base de datos de
Entrenamiento.

(216 Firmas
espectrales)

Base de datos
Predicción firmas
de campo.

(210 Firmas
espectrales)

Base de datos
predicción firmas
de imágenes.

(14 Firmas
pertenecientes a
4 rezumaderos)

```
00011001001
01101001011001110110
1100001000000110000100
1000010111010110000111
0001100100011001010000
100000011000010111010101101
10000101110100001010101111
01101010011100001101100110
011001000110010100100000111
1011 11000110110010101101
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```



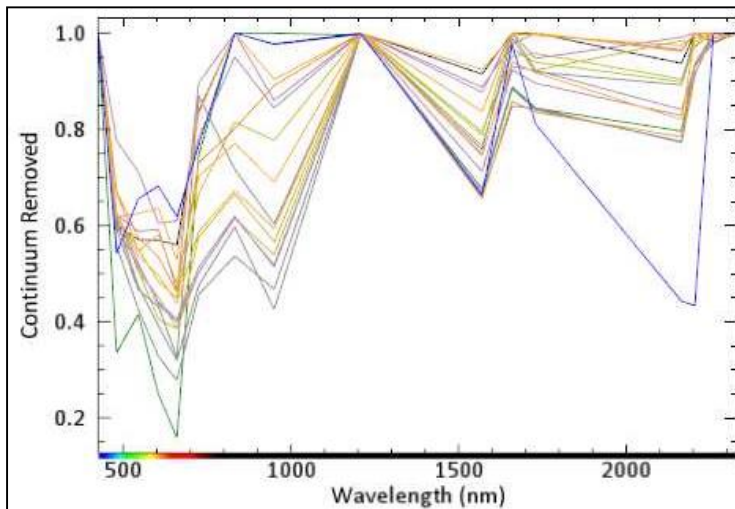
Análisis y transformación de la Información



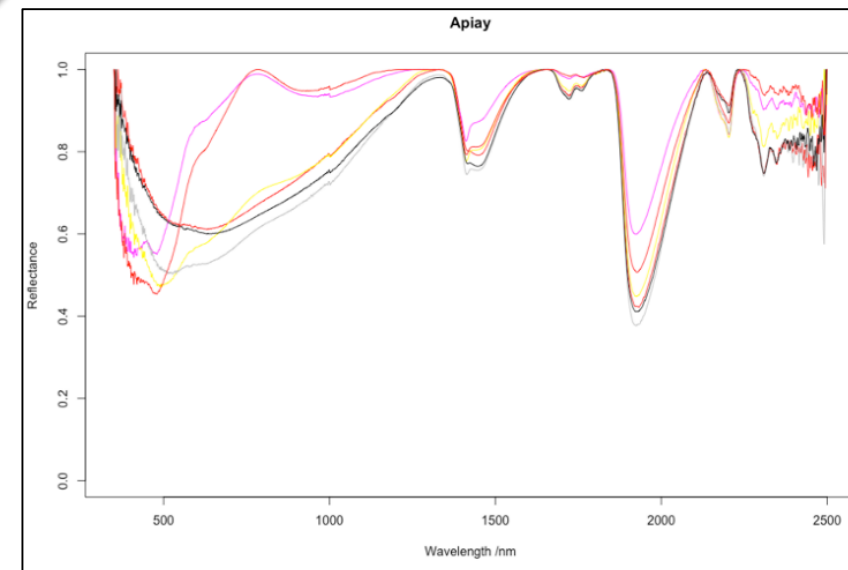
```
00011001001
01101001011001110110
110000100000110000100
10000101110110110000111
000110010001100101001000
1000000110000101110101011101
10000101110100011010101111
01101010011100001101100110
011001000110010100100000111
1011 1100011011001010111001
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```

Análisis y transformación

Firma Espectral de Imagen

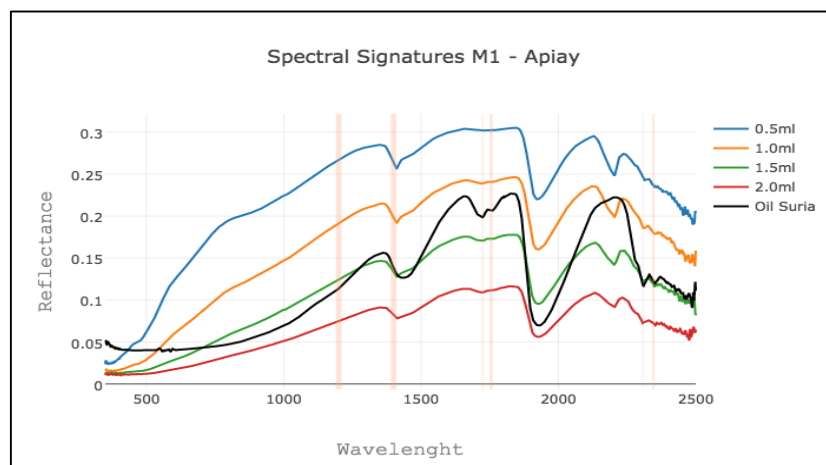


Continual Removal

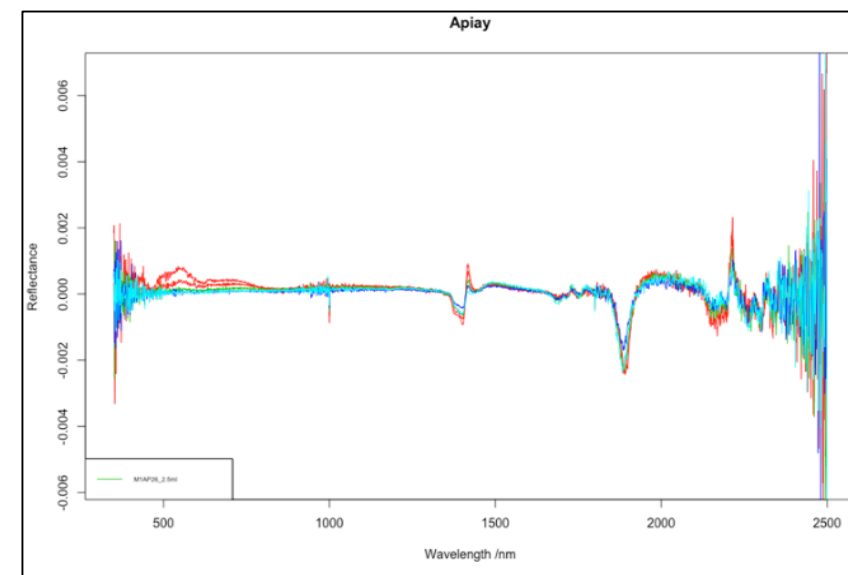


Transformación

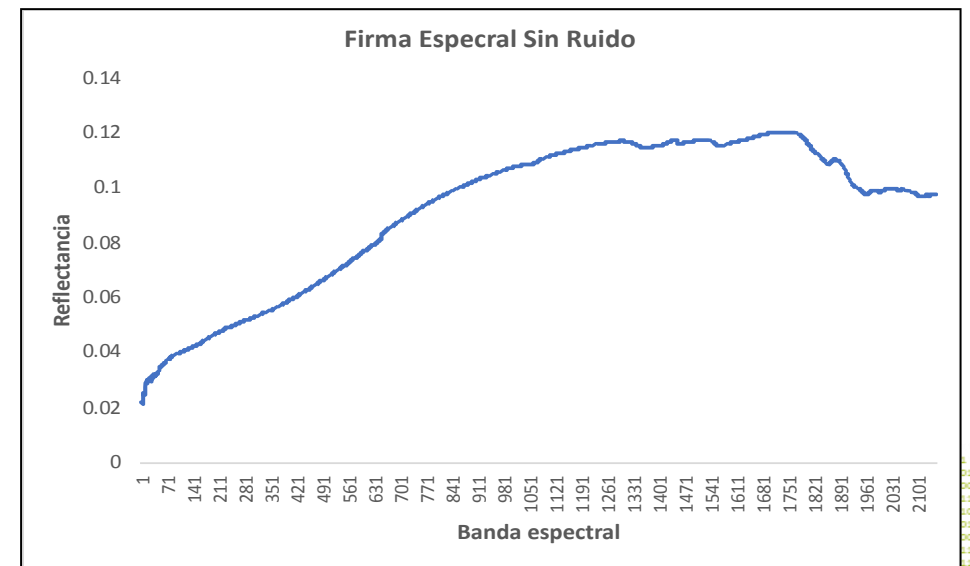
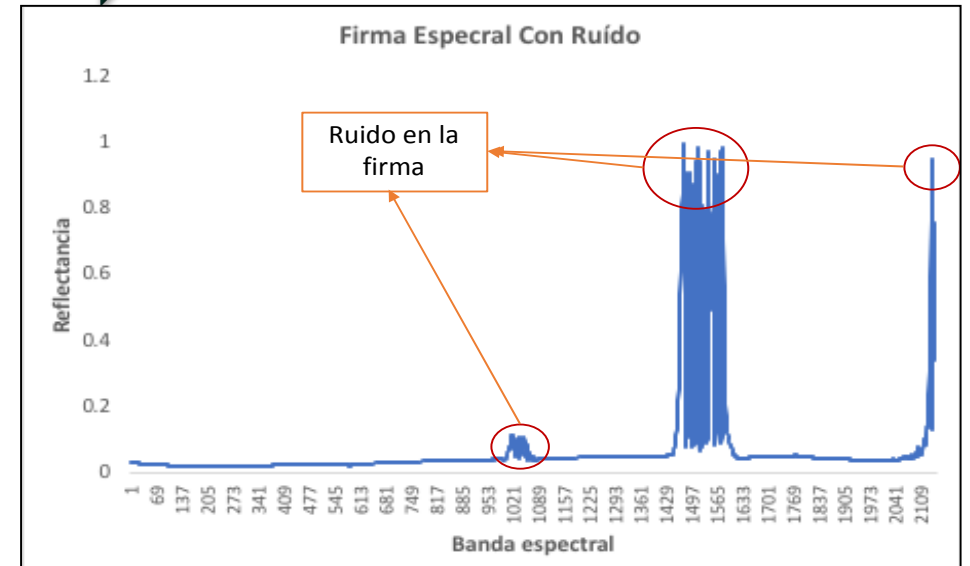
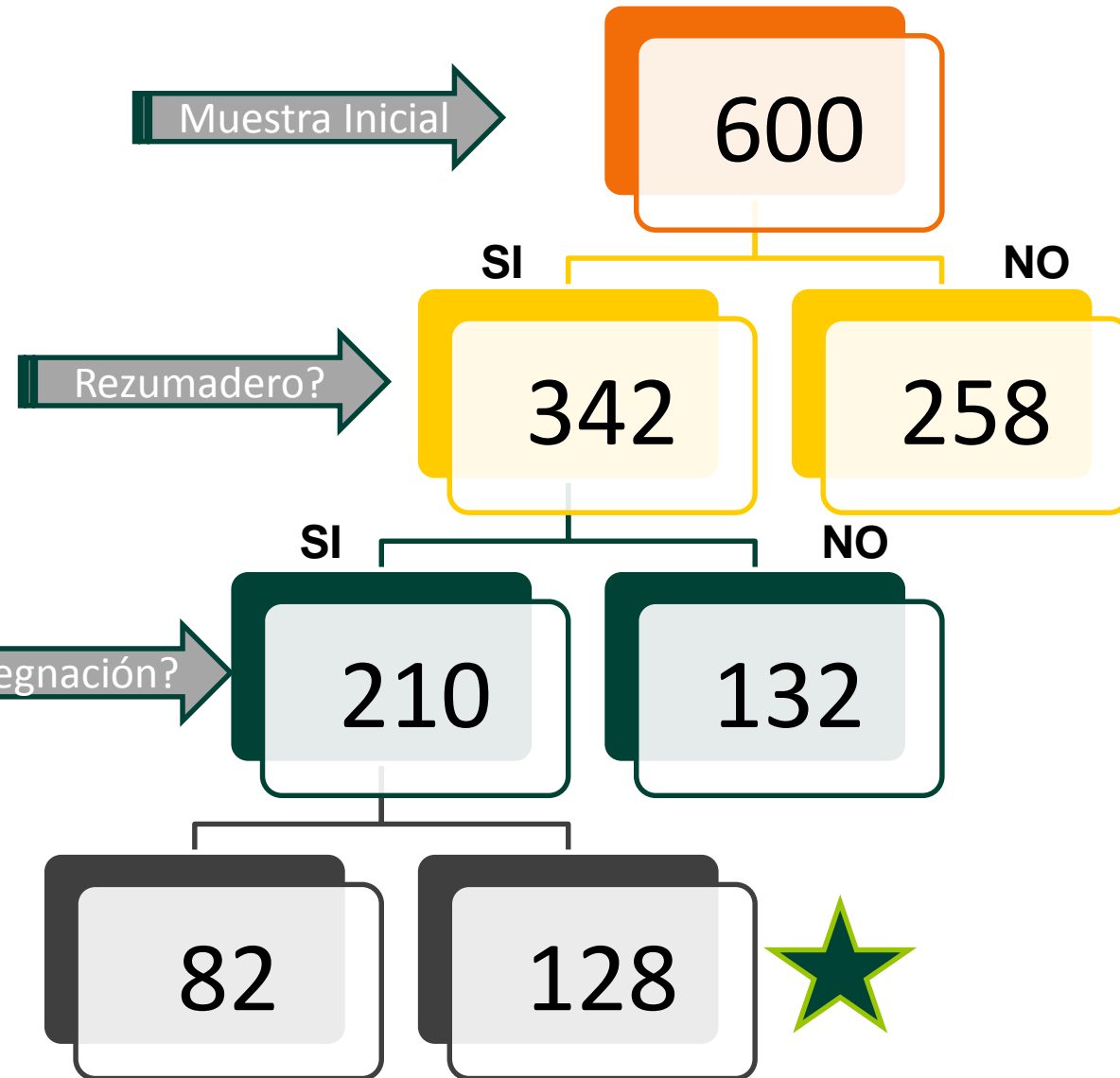
Firma Espectral de Campo

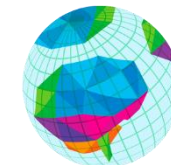


Derivadas



Base de datos predicción firmas de campo





Modelos y Resultados



```
00011001001
01101001011001110110
1100001000001100001100
1000010110110110000111
100110010001100101001000
1000000110000101110101011101
100001011101000110100101111
01101010011100001101100110
011001000110010100100000111
1011 11000101100101011101
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```

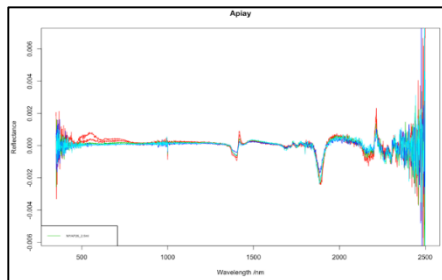

Modelación Firmas Campo



```
00011001001
01101001011001110110
110000100000110000100
1000010110110110000111
0001100100011001010000
10000001100001011101011101
1000010111010001101010111
01101010011100001101100110
01100100011001010010000011
1011 110001101100101011001
10111001 10001010110001101101
01100 10 1101110110
```

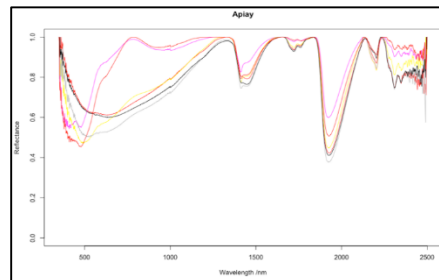
Resultados Firmas Campo

Derivadas



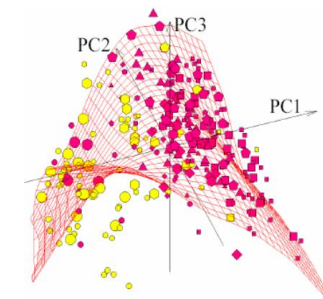
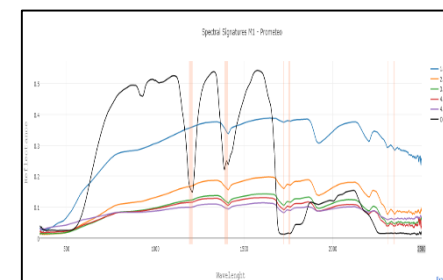
Bands set 1	1190-1210
Bands set 2	1390-1410
Bands set 3	1722-1726
Bands set 4	1750- 1760
Bands set 5	2309-2311
Bands set 6	2342-2349

Continual Removal

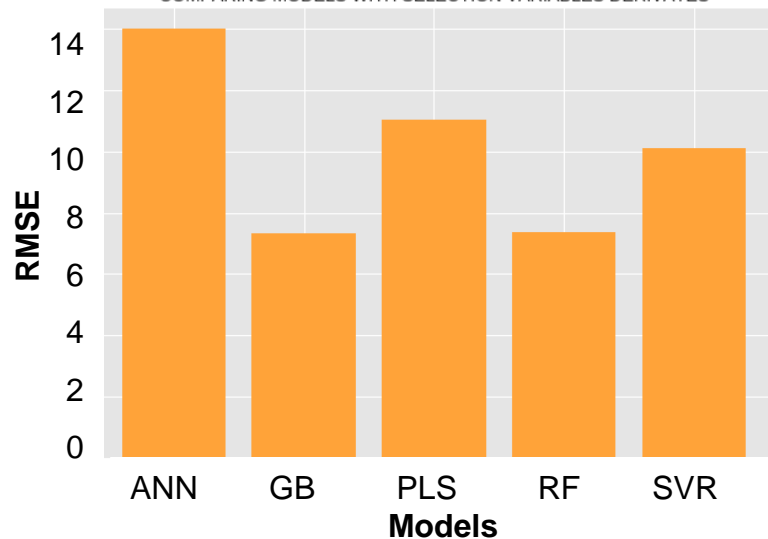


Bands set 1	1190-1210
Bands set 2	1390-1410
Bands set 3	1722-1726
Bands set 4	1750- 1760
Bands set 5	2309-2311
Bands set 6	2342-2349

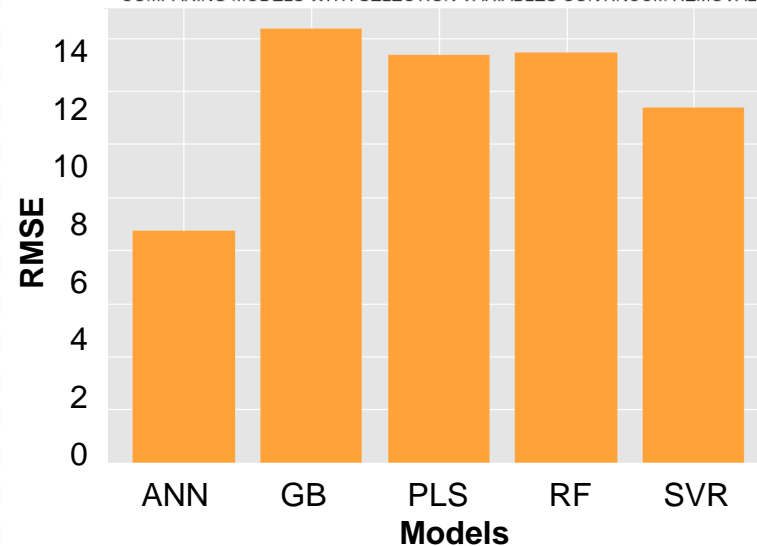
Firma completa + Continual Removal + PCA



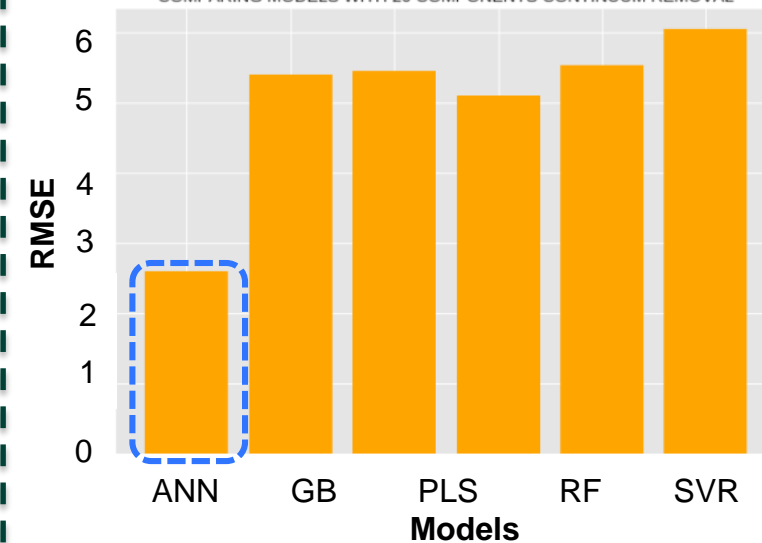
COMPARING MODELS WITH SELECTION VARIABLES DERIVATES



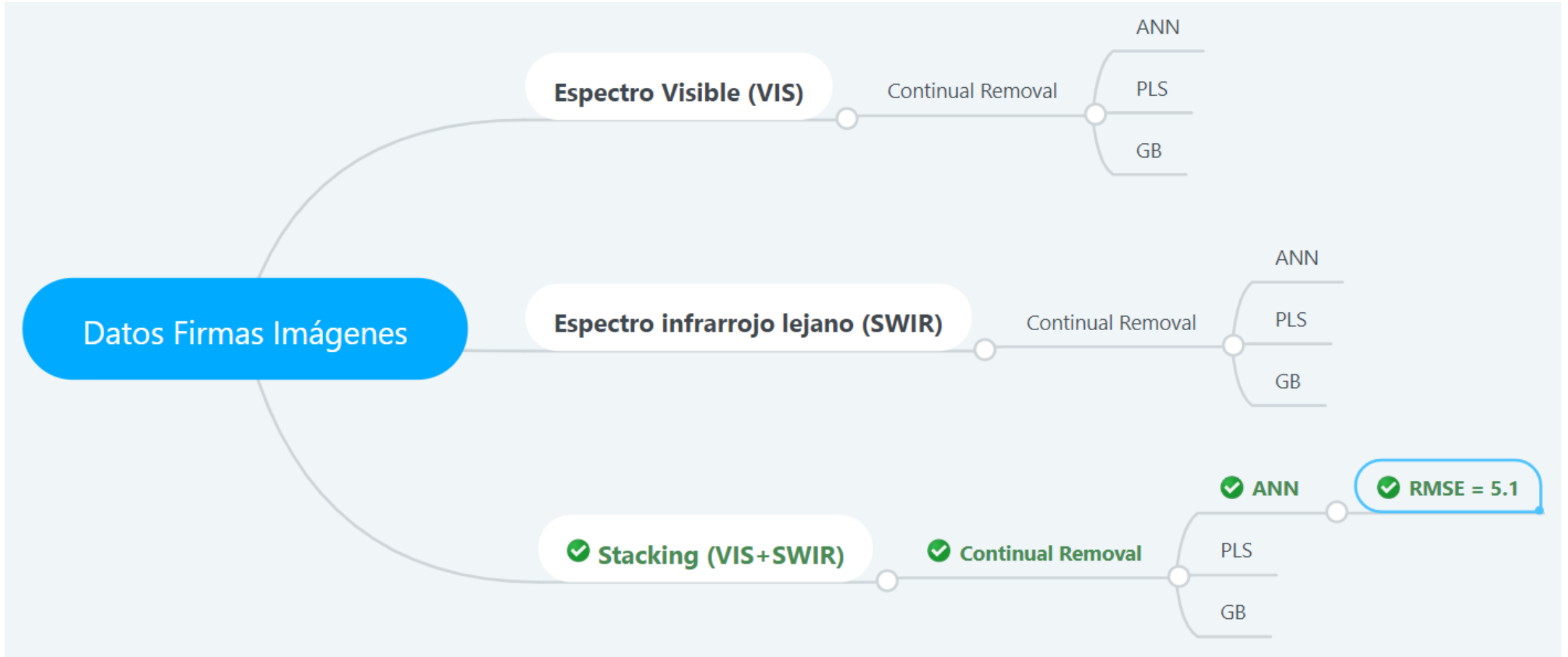
COMPARING MODELS WITH SELECTION VARIABLES CONTINUUM REMOVAL



COMPARING MODELS WITH 20 COMPONENTS CONTINUUM REMOVAL



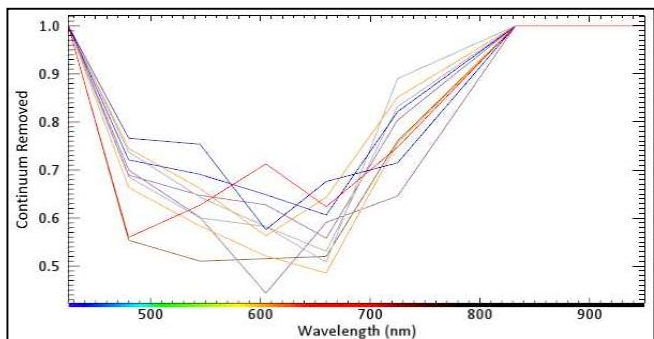
Modelación Firmas Imágenes



```
00011001001
01101001011001110110
110000100000110000100
1000010110110110000111
0001100100011001010001000
1000000110000101110101011101
10000101110100011010101111
01101010011100001101100110
011001000110010100100000111
1011 110001101100101011001
10111001 100010101100011011011101
01100 10 11011110110
```

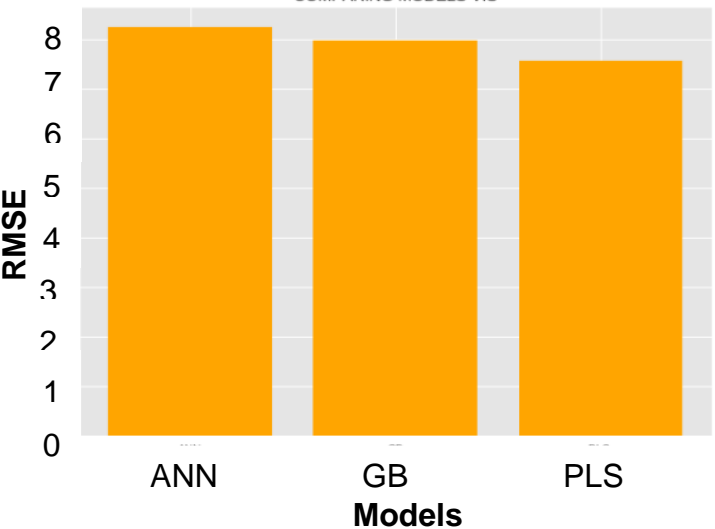
Resultados Rezumaderos Imágenes

Espectro Visible

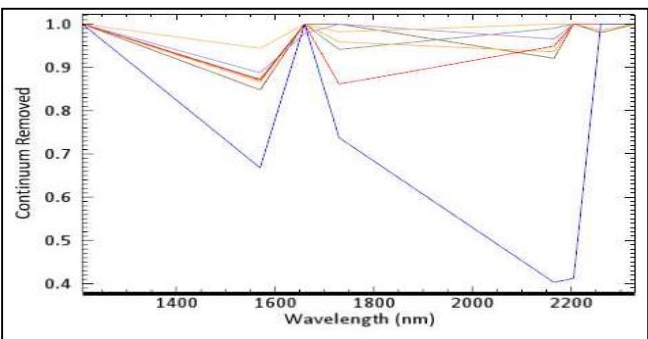


Centro de Banda	425	480	545	605	660	725	832	950
Espectro	VIS	VIS	VIS	VIS	VIS	VIS	VIS	VIS

COMPARING MODELS VIS

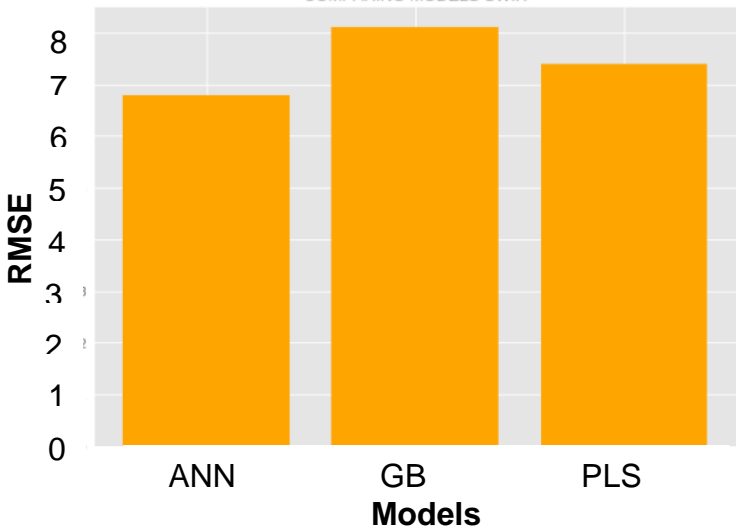


Espectro Infrarrojo Lejano

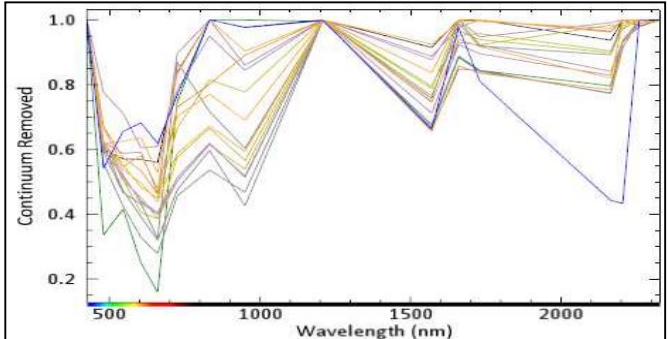


Centro de Banda	1210	1570	1660	1730	2165	2205	2260	2330
Espectro	SWIR	SWIR	SWIR	SWIR	SWIR	SWIR	SWIR	SWIR

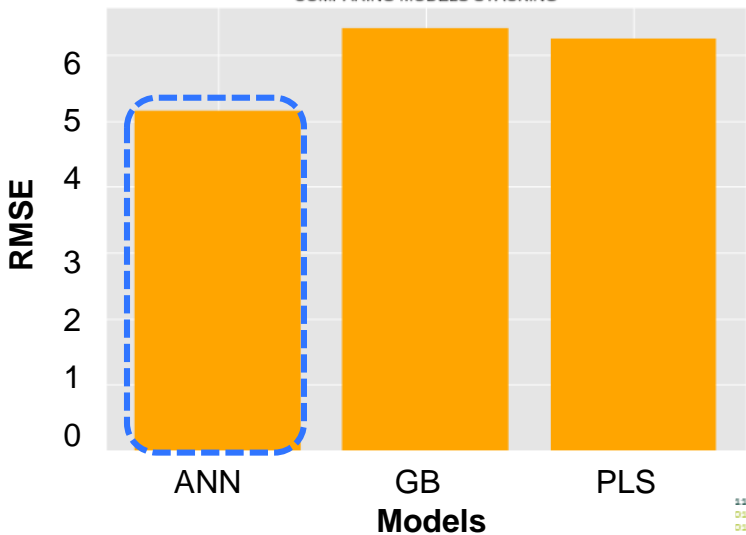
COMPARING MODELS SWIR



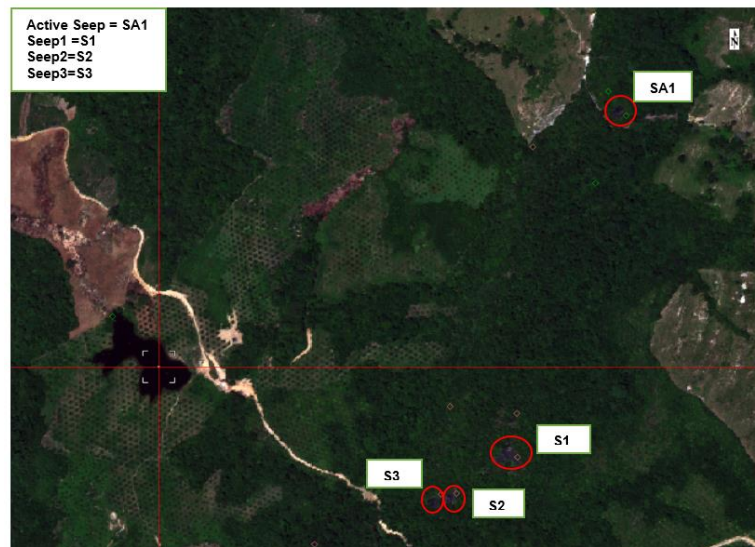
Stacking (VIS+ SWIR)



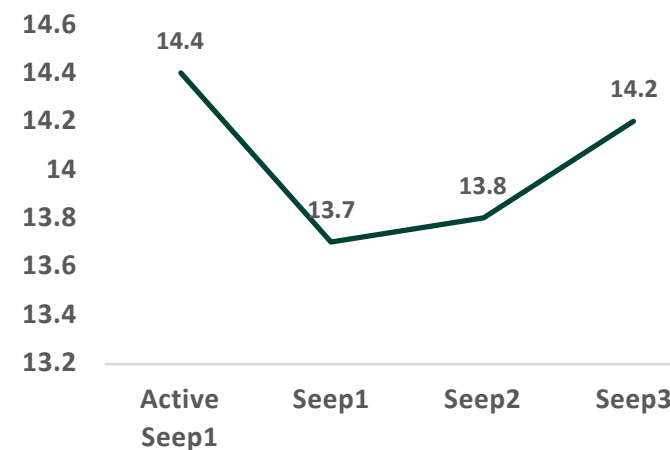
COMPARING MODELS STACKING



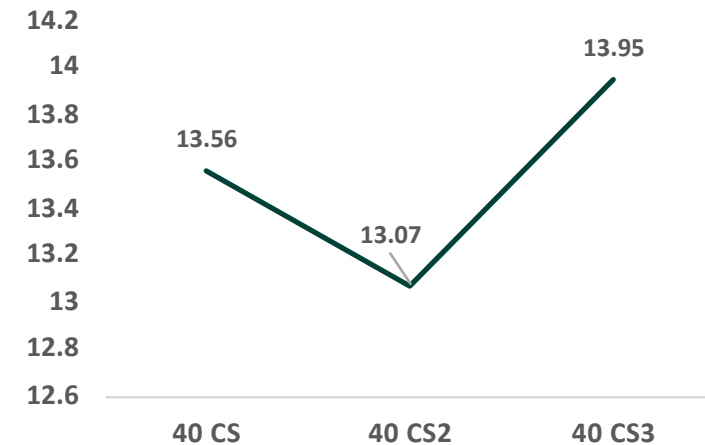
Predicciones Firmas



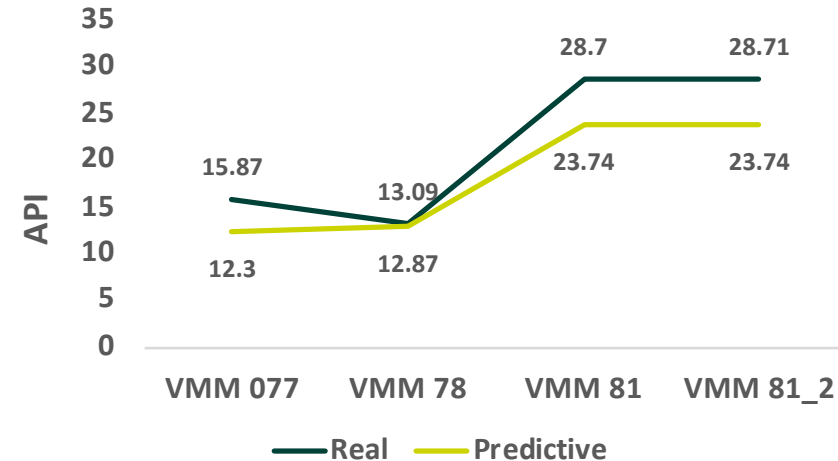
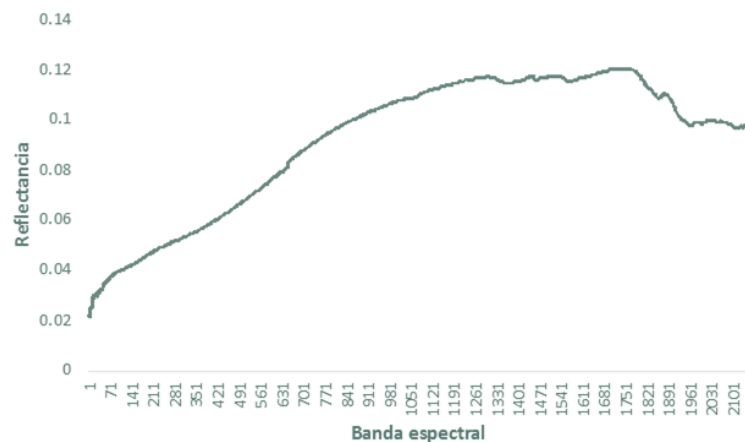
Predicción °API firmas Imágenes



Predicción °API Firmas Campo



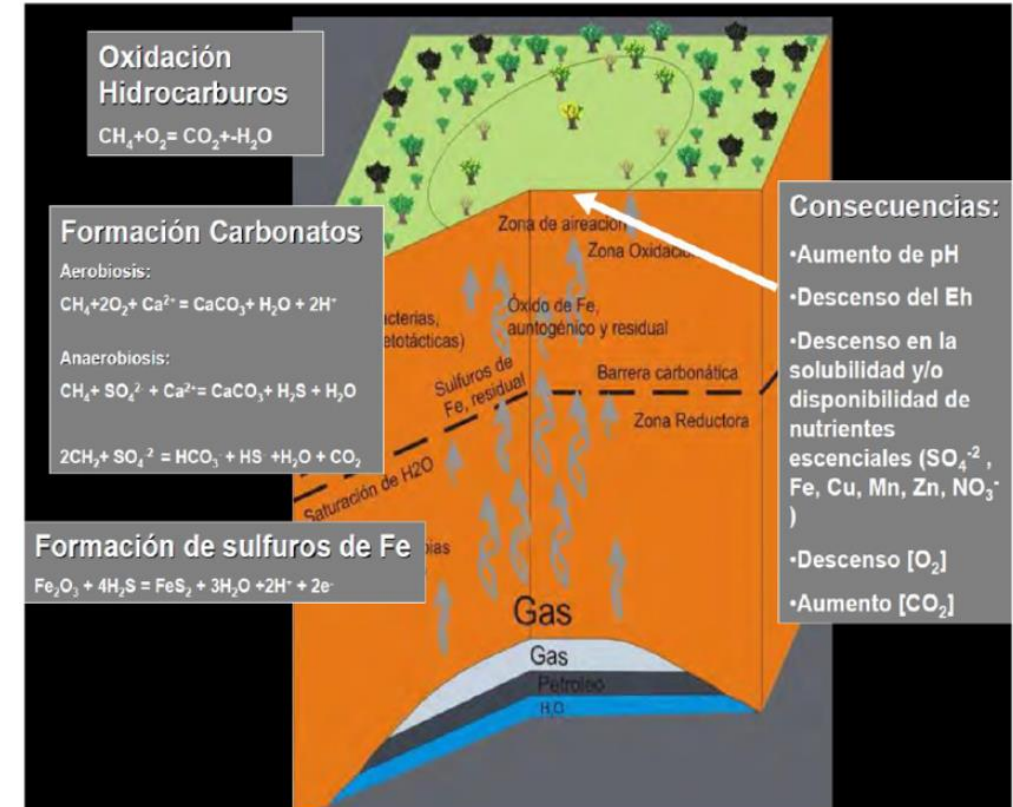
Firma Espectral Campo



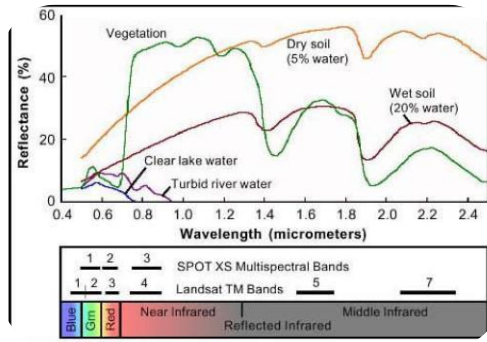
```

00011001001
01101001011001110110
1100001000000110000100
1000010110110110000111
0001100100011001010000
100000011000010111010101101
1000010110100001010101111
01101010011100001110100110
011001000110001100100000111
1011 11000110110010101101
1011001 100010101100011011101
01100 10 1101110110
    
```

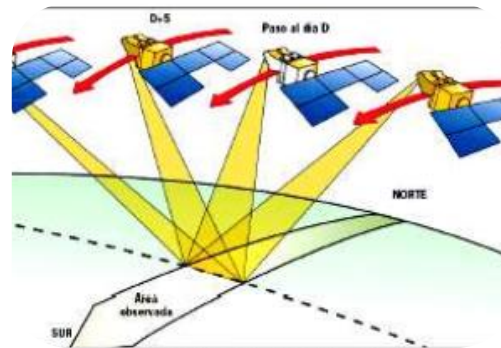
- 1) Caracterización Remota de Crudos (Rezumaderos), permitiendo ahorros en los ensayos de laboratorio y desplazamientos a campo alrededor de \$90,000 dólares.
- 2) Identificación de nuevas estructuras en los procesos exploratorios y Near Field Exploration, que permitan el aumento de las reservas del país.
- 3) Prevención de desastres ambientales dada la migración vertical de crudo a superficie, permitiendo caracterizar y monitorear anticipadamente las microfugas, con ahorros que pueden llegar hasta \$ 2 MUSD.
- 4) Aporte al estado del arte en el análisis y uso de firmas espectrales.



Discusión



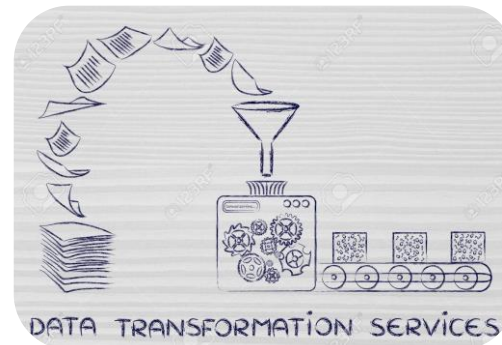
Resolución Espectral



Resolución Temporal



Simulación y
Reconstrucción de
Firmas



Transformación de
Datos



Deep Vs Machine?

```
00011001001
01101001011001110110
1100001000000110000100
100001011010110000111
0001100100011001010000
10000001100001011010101101
100001011010000101010111
01101010011100001110100110
011001000110010100100000111
1011 11000110110010101101
10111001 10001010110001101101101
01100 10 11011110110
```

Conclusiones

1. Transformar las variables por Continuum Removal presenta mejores resultados en comparación con las derivadas.
2. Las redes neuronales profundas se destacan por su capacidad predictiva para este problema sobre los modelos tradicionales de Machine Learning.
3. Las firmas espectrales de campo así como las firmas espectrales de imágenes predicen, en promedio, una gravedad de 14,4°API para los rezumaderos objetivo en la zona de interés (bloques las monas)
4. Con la información de bandas espectrales del “stacking” (16) suministradas por el satélite WordView3, es posible realizar una predicción remota de los °API para los rezumaderos con niveles tolerables de error (+/- 5 °API).
5. Las 8 bandas espectrales del infrarrojo lejano permiten tener menores niveles de error que al usar las 8 bandas del espectro visible, dado que en el infrarrojo lejano se tienen mayores patrones de absorción del hidrocarburo.

Recomendaciones

1. Adquirir imágenes del satélite WordView3 brinda información relevante para predecir la gravedad °API.
2. Cotejar los resultados con mapas estructurales e información sísmica en el área, para validar si el cierre de la estructura al tope de la formación Lisama se alinea con los rezumaderos en superficie o confirmar una nueva estructura en el bloque Las Monas.
3. Incluir la geoquímica de la zona para entender el posible origen y características específicas de la roca madre.
4. Realizar un ejercicio usando longitudes de onda termal las cuales identifican con mayor claridad características de crudos pesados.
5. Diseñar el plan de monitoreo ambiental en los rezumaderos para el Bloque las Monas.

```
00011001001
0110100101100110110
110000100000110000100
1000010110110110000111
0001100100011001010010000
10000001100001011010101101
10000101101000011010101111
0110101001100001101100110
011001000110010100100000111
1011 110001101100101011001
1011001 10001010110001101101101
01100 10 1101110110
```

GRACIAS !!



Analytics