



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS Y AMBIENTALES

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO

TEMA:

ANÁLISIS DE RIPIOS DE PERFORACIÓN PARA LA
CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA DEL RESERVORIO
ARENISCA "T" DE LA FORMACIÓN NAPO BASAL DEL
CRETÁCICO TEMPRANO AL NORTE DE LA CUENCA ORIENTE.

AUTOR:

JULIO ALBERTO ZAMBRANO DOLVER

GUAYAQUIL - ECUADOR

2016

© Derechos de autor

JULIO ALBERTO ZAMBRANO DOLVER

2016

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS Y AMBIENTALES

CALIFICACIÓN QUE OTORGA EL TRIBUNAL QUE RECIBE LA
SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DEL TRABAJO INDIVIDUAL DE TITULACIÓN:
TESIS DENOMINADO:

“ANÁLISIS DE RIPIOS DE PERFORACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN
LITOLÓGICA DEL RESERVORIO ARENISCA “T” DE LA FORMACIÓN NAPO
BASAL DEL CRETÁCICO TEMPRANO AL NORTE DE LA CUENCA
ORIENTE”.

JULIO ALBERTO ZAMBRANO DOLVER

PREVIO A OBTENER EL TÍTULO DE **INGENIERO GEÓLOGO**

MIEMBROS DEL TRIBUNAL	CALIFICACIÓN (Número y Letra)
Ing. Glgo. Víctor Hugo Narváez Baquerizo, M.Sc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____
Ing. Glgo. Jorge Alonso Díaz, M.Sc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____
Ing. Glgo. Alfredo Noboa Cárdenas MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____

SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DEL TRABAJO INDIVIDUAL DE TITULACIÓN
REALIZADA EN EL AUDITÓRIUM DE LA FACULTAD, EL
DÍA _____ LO CERTIFICO.

Abg. Jorge Solórzano Cabezas
SECRETARIO FACULTAD

DEDICATORIA

A mi Dios, a mis padres por sus esfuerzos y sacrificios todos estos años y a mí
querida esposa por su paciencia e incondicional amor.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales quienes me brindaron sus conocimientos a través de estos años.

A Petrokem Logging Services por darme la oportunidad de ser parte de ellos y por la información y uso de sus instalaciones requeridas para la elaboración de este trabajo de titulación.

Al Ing. Honorio Morán Coello por sus recomendaciones, correcciones y sugerencias en el desarrollo de este trabajo de titulación.

A mis queridos padres Elena y Eduardo, y a mi tía Alida por su incondicional apoyo a lo largo de mi carrera.

RESUMEN

La Unidad Litológica Arenisca 'T' de la Formación Napo Basal del Cretácico Temprano perteneciente al Grupo Napo, ha sido considerada como objetivo de segundo orden en la perforación de pozos petroleros. La Arenisca 'T' sobreyace concordantemente a la Lutita Napo Basal y subyace a la Caliza 'B' de la Formación Napo Inferior. La Arenisca 'T' ha sido dividida en dos partes: Arenisca 'T' Principal y Arenisca 'T' Glauconítica (Vaca *et al.*, 2003).

El presente trabajo de titulación se desarrolló para conocer las características litológicas de la Arenisca 'T', así como sus propiedades petrofísicas y estructurales en un área al norte de la Cuenca Oriente, para esto se utilizó rípios de perforación, registros eléctricos y registros litológicos de 8 pozos ubicados en los alrededores del área de estudio. La Arenisca 'T' Superior se caracteriza por ser glauconítica y presentar electrofacies de tipo intercalaciones de arenisca y lutita con valores altos de Gamma Ray (GR), baja Resistividad y pobre Porosidad. La Arenisca 'T' Inferior presenta minerales accesorios de caolín con electrofacies de tipo arenisca con valores bajos de GR, Resistividad media-alta y buena Porosidad, además la Arenisca 'T' Inferior presenta mejores indicios hidrocarburíferos que la Arenisca 'T' Superior. La Unidad Litológica Arenisca 'T' presenta el flanco izquierdo de un pliegue anticlinal (¿?) con rumbo norte-sur y buzamiento hacia el oeste, los espesores aumentan hacia el este y disminuyen hacia el suroeste. Los espesores netos de arena aumentan hacia el oeste y disminuyen hacia el sureste. La caracterización litológica, petrofísica y estructural permitirá considerar a la Arenisca 'T' como un mejor objetivo de producción.

SUMMARY

The Lithologic Unit 'T' Sandstone of Basal Napo Formation from Early Cretaceous of Napo Group has been considered as second objective on wells drilling. The 'T' Sandstone is conformably overlies to Basal Napo Shale and underlies to 'B' Limestone from Lower Napo Formation. The 'T' Sandstone has been divided in two parts for specific purposes: Main 'T' Sandstone and Glauconitic 'T' Sandstone. (Vaca *et al.*, 2003).

This current work degree was developed to know the lithological characteristics of 'T' Sandstone, as well as its structural and petrophysical properties in a north area of the Oriente Basin. Well cuttings, electrical logs and lithological logs were used for this from eight wells around at the study area. The Upper 'T' Sandstone is characterized by glauconite and present interbedded sandstone and shale electrofacies type with high values of Gamma Ray (GR), low Resistivity and poor Porosity. The Lower 'T' Sandstone presents Kaolin minerals accessories and sandstone electrofacies type with low values of GR, medium-high Resistivity and good Porosity; besides, the lower 'T' Sandstone has better evidence of hydrocarbons than upper 'T' Sandstone. The Lithologic Unit 'T' Sandstone has a left flank of an anticlinal fold (¿?) with north-south direction and dip west, the thickness increase to east and decrease to southwest. Net sand thickness increase to west and decrease to southeast. Lithological, petrophysical and structural characterization allows consider the 'T' Sandstone as a better production target.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. HIPÓTESIS.....	3
1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. Objetivo General.	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	5
1.5. ESTUDIOS ANTERIORES.....	8
CAPÍTULO II	10
MARCO GEOLÓGICO	10
2.1 ESTRATIGRAFÍA.....	11
2.1.1. Formación Pumbuiza	11
2.1.2. Formación Macuma.	12
2.1.3. Formación Santiago.....	12
2.1.4. Formación Chapiza.	13
2.1.4.1. Chapiza Inferior.....	13
2.1.4.2. Chapiza Medio	13
2.1.4.3. Chapiza Superior.....	13
2.1.5. Formación Misahuallí.....	14
2.1.6. Formación Hollín.	14
2.1.7. Grupo Napo (formación Napo).	15
2.1.7.1. Formación Napo Basal.....	15
2.1.7.1.1. Unidad Litológica Arenisca Basal.....	15
2.1.7.1.2. Unidad Litológica Caliza 'C'.....	15

2.1.7.1.3. Unidad Litológica Lutita Napo Basal.....	16
2.1.7.1.4. Unidad Litológica Caliza 'T'.....	16
2.1.7.1.5. Unidad Litológica Arenisca 'T'.....	16
2.1.7.2. Formación Napo Inferior.....	16
2.1.7.2.1. Unidad Litológica Caliza 'B'.....	16
2.1.7.2.2. Unidad Litológica Lutita 'U'.....	17
2.1.7.2.3. Unidad Litológica Arenisca 'U' – Caliza 'U'.....	17
2.1.7.3. Formación Napo Medio.....	17
2.1.7.3.1. Unidad Litológica Caliza 'A'.....	17
2.1.7.3.2. Unidad Litológica Arenisca 'M2'.....	17
2.1.7.3.3. Unidad Litológica Caliza 'M2'.....	18
2.1.7.4. Formación Napo Superior.....	18
2.1.7.4.1. Unidad Litológica Caliza 'M1'.....	18
2.1.7.4.2. Unidad Litológica Lutita 'M1'.....	18
2.1.7.4.3. Unidad Litológica Arenisca M1.....	18
2.1.8. Formación Tena.....	19
2.1.9. Formación Tiyuyacu.....	19
2.1.9.1. Tiyuyacu Inferior.....	19
2.1.9.2. Tiyuyacu Superior.....	19
2.1.10. Formación Orteguzaza.....	20
2.1.11. Formación Chalcana.....	20
2.1.12. Formación Arajuno.....	20
2.1.12.1. Arajuno Inferior.....	21
2.1.12.2. Arajuno Medio.....	21
2.1.12.3. Arajuno Superior.....	21
2.1.13. Formación Curaray.....	21
2.1.14. Formación Chambira.....	21
2.1.15. Formación Mesa.....	22
2.1.16. Formación Mera.....	22

CAPÍTULO III	23
CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA DE LA ARENISCA ‘T’ DE LA FORMACIÓN NAPO BASAL.....	23
DESCRIPCIÓN DE RIPIOS DE PERFORACIÓN: GENERALIDADES.....	23
3.1. CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DE LA ARENISCA ‘T’.....	28
3.1.1. LITOLÓGÍA DE LA ARENISCA ‘T’ EN EL POZO A1.	28
3.1.2. LITOLÓGÍA DE LA ARENISCA ‘T’ EN EL POZO A2.	30
3.1.3. LITOLÓGÍA DE LA ARENISCA ‘T’ EN EL POZO A3.	32
3.1.4. LITOLÓGÍA DE LA ARENISCA ‘T’ EN EL POZO B1.	34
3.1.5. LITOLÓGÍA DE LA ARENISCA ‘T’ EN EL POZO B2.	36
3.1.6. LITOLÓGÍA DE LA ARENISCA ‘T’ EN EL POZO B3.	38
3.1.7. LITOLÓGÍA DE LA ARENISCA ‘T’ EN EL POZO C1.	40
3.1.8. LITOLÓGÍA DE LA ARENISCA ‘T’ EN EL POZO C2.	42
3.2. INDICIOS HIDROCARBURIFEROS DE LA ARENISCA ‘T’.....	44
3.2.1. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO A1.....	44
3.2.2. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO A2.....	46
3.2.3. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO A3.....	47
3.2.4. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO B1.....	48
3.2.5. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO B2.....	50
3.2.6. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO B3.....	51
3.2.7. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO C1.	52
3.2.8. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO C2.	54
CAPÍTULO IV	55
CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROFACIES DE LA ARENISCA ‘T’.....	55
4.1. INTRODUCCIÓN A LOS REGISTROS ELÉCTRICOS.....	55
4.1.1. REGISTRO DE POTENCIAL ESPONTANEO.....	56

4.1.2. REGISTRO DE RAYOS GAMMA.....	57
4.1.3. REGISTRO DE RESISTIVIDAD.....	58
4.1.4. REGISTROS DE POROSIDAD.....	59
4.1.4.1. REGISTRO DE NEUTRÓN.....	59
4.1.4.2. REGISTRO DE DENSIDAD.....	59
4.2. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T'.....	61
4.2.1. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO A1.....	61
4.2.2. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO A2.....	63
4.2.3. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO A3.....	65
4.2.4. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO B1.....	66
4.2.5. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO B2.....	68
4.2.6. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO B3.....	70
4.2.7. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO C1.....	72
4.2.8. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO C2.....	74
CAPÍTULO V	77
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
5.1. CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DE LA ARENISCA 'T'.....	77
5.2. INTERPRETACIÓN DE ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T'.....	80
5.2.1. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA ARENISCA 'T'.....	88
CAPÍTULO VI	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
6.1. CONCLUSIONES.....	100
6.2. RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFIA CITADA	102

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Págs.
Fig. 1.1 Columna estratigráfica simplificada del Cretácico de la Cuenca Oriente mostrando las unidades litológicas tipo del área de estudio.....	2
Fig. 1.2 Mapa de ubicación del área de estudio.....	3
Fig. 3.1 Carta de porcentaje estimado para un tipo de roca dado en una bandeja de cortes de perforación.....	24
Fig. 3.2 Grados de redondez y esfericidad.....	26
Fig. 3.3 Clasificación de diferentes clases de tamaño de grano.....	27
Fig. 3.4 Registro Litológico compuesto del pozo A1 en MD.....	28
Fig. 3.5 Registro Litológico compuesto del pozo A2 en MD.....	30
Fig. 3.6 Registro Litológico compuesto del pozo A3 en MD.....	32
Fig. 3.7 Registro Litológico compuesto del pozo B1 en MD.....	34
Fig. 3.8 Registro Litológico compuesto del pozo B2 en MD.....	36
Fig. 3.9 Registro Litológico compuesto del pozo B3 en MD.....	38
Fig. 3.10 Registro Litológico compuesto del pozo C1 en MD.....	40
Fig. 3.11 Registro Litológico compuesto del pozo C2 en MD.....	42
Fig. 4.1 Tipos y formas de curvas asociadas con la granulometría, arcillocidad y contactos de un reservorio.....	55
Fig. 4.2 Registros GR, SP & CALIPER en respuesta a diferentes litologías.....	57
Fig. 4.3 Resistividad verdadera en una secuencia de arenas, lutitas y calizas.....	58
Fig. 4.4 Relación registro neutrón vs densidad mostrando zonas porosas y permeables correlacionado con Factor fotoeléctrico (Pe).....	60
Fig. 4.5 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la Arenisca 'T' en el pozo A1.....	61
Fig. 4.6 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la Arenisca 'T' en el pozo A2.....	63

Fig. 4.7 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la Arenisca 'T' en el pozo A3.....	65
Fig. 4.8 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la Arenisca 'T' en el pozo B1.....	67
Fig. 4.9 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la Arenisca 'T' en el pozo B2.....	69
Fig. 4.10 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la Arenisca 'T' en el pozo B3...	71
Fig. 4.11 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la Arenisca 'T' en el pozo C1...	73
Fig. 4.12 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la Arenisca 'T' en el pozo C2...	75
Fig. 5.1 Sección estratigráfica C-C' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo.....	84
Fig. 5.2 Sección estratigráfica A-A' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo.....	85
Fig. 5.3 Sección estratigráfica B-B' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo.....	86
Fig. 5.4 Sección estratigráfica D-D' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo.....	88
Fig. 5.5 Sección estructural C-C' mostrando las unidades litológicas del área de estudio.....	90
Fig. 5.6 Sección estructural A - A' mostrando las unidades litológicas del área de estudio.....	91
Fig. 5.7 Sección estructural B-B' mostrando las unidades litológicas del área de estudio.....	93
Fig. 5.8 Sección estructural D-D' mostrando las unidades litológicas del área de estudio.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	Págs.
Tabla 1.1 Ubicación de los pozos en el área de estudio.....	4
Tabla 3.1 Clasificación de tamaño de grano (Wentworth, 1922).....	26
Tabla 4.1 Valores de Pe para diferentes tipos de minerales.....	60
Tabla 4.2 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo A1.....	62
Tabla 4.3 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo A2.....	64
Tabla 4.4 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo A3.....	66
Tabla 4.5 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo B1.....	68
Tabla 4.6 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo B2.....	70
Tabla 4.7 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo B3.....	72
Tabla 4.8 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo C1.....	74
Tabla 4.9 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo C2.....	76

ÍNDICE DE FOTOS

FOTOS	Págs.
Foto 3.1 Diferencia entre cortes de perforación (derecha) y cortes retrabajados (cavings > 2 cm).....	24
Foto 3.2 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A1 (1)...	29
Foto 3.3 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A1 (2)...	30
Foto 3.4 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A2 (1)...	31
Foto 3.5 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A2 (2)....	32
Foto 3.6 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A3 (1)...	33
Foto 3.7 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A3 (2)...	34
Foto 3.8 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B1 (1)...	35
Foto 3.9 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B1 (2)...	36
Foto 3.10 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B2 (1)..	37
Foto 3.11 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B2 (2)..	38
Foto 3.12 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B3 (1)..	39
Foto 3.13 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B3 (2)..	40
Foto 3.14 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo C1 (1)..	41
Foto 3.15 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo C1 (2)..	42
Foto 3.16 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo C2 (1)..	43
Foto 3.17 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo C2 (2)..	44
Foto 3.18 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A1 (1).....	45

Foto 3.19 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A1 (2).....	45
Foto 3.20 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A2 (1).....	46
Foto 3.21 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A2 (2).....	47
Foto 3.22 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A3 (1).....	47
Foto 3.23 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A3 (2).....	48
Foto 3.24 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B1 (1).....	49
Foto 3.25 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B1 (2).....	49
Foto 3.26 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B2 (1).....	50

Foto 3.27 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B2 (2).....	51
Foto 3.28 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B3 (1).....	51
Foto 3.29 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B3 (2).....	52
Foto 3.30 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo C1 (1).....	53
Foto 3.31 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo C1 (2).....	53
Foto 3.32 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo C2 (1).....	54
Foto 3.33 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo C2 (2).....	54

ÍNDICE DE MAPAS

MAPAS	Págs.
Mapa 1.1 Mapa estructural al tope de la Arenisca 'T' mostrando la ubicación de los pozos.	4
Mapa 2.1 Mapa Geológico de la Cuenca Oriente.....	11
Mapa 5.1 Distribución del tamaño de grano de la Arenisca 'T' en la parte superior.....	79
Mapa 5.2 Distribución del tamaño de grano de la Arenisca 'T' en la parte inferior.....	79
Mapa 5.3 Mapa estructural de la Arenisca 'T' Superior mostrando la ubicación de las secciones estratigráficas y estructurales.....	81
Mapa 5.4 Mapa estructural de la Arenisca 'T' inferior.....	81
Mapa 5.5 Mapa Isopaco de la Unidad Litológica Arenisca 'T'.....	96
Mapa 5.6 Mapa Isopaco de la Arenisca 'T' Inferior.....	96
Mapa 5.7 Mapa Isopaco de la Arenisca 'T' Superior.....	97
Mapa 5.8 Mapa Isopaco de arena neta (Arenisca 'T').....	98
Mapa 5.9 Mapa Isopaco de arena neta (Arenisca 'T' Inferior).....	99
Mapa 5.10 Mapa Isopaco de arena neta (Arenisca 'T' Superior).....	99

ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

°API	American Petroleum Institute
D	Densidad
E	Este
Et al	y otros
Fig.	Figura
Fm	Formación
GR	Gamma Ray
Km	Kilómetros
MD	Measure depth (Profundidad medida)
N	Neutrón
N	Norte
NE	Noreste
NNE	Nornordeste
O	Oeste
OHM.M	Ohmios por metro
P	Página
Págs.	Páginas
Pe	Factor fotoeléctrico
R	Resistividad
S	Sur
SE	Sureste
SO	Suroeste
SP	Potencial espontaneo
SSO	Sursuroeste
TR	Trazas
TVD	True vertical depth (Profundidad vertical verdadera)
TVDSS	True vertical depth subsea (Profundidad vertical verdadera bajo el nivel del mar.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Unidad Litológica Arenisca 'T' de la Formación Napo Basal en la Cuenca Oriente Ecuatoriana ha sido considerada como objetivo secundario en los programas de perforación de pozos petroleros debido a su poca producción, para conocer el porqué de este problema y así poder considerarla como un objetivo más importante es necesario conocer a detalle las características litológicas, petrofísicas y estructurales del reservorio.

El presente estudio tiene como objetivo analizar ripsos de perforación para conocer las propiedades litológicas de la Arenisca 'T', así como el empleo de registros eléctricos y mapas del subsuelo para definir sus características estructurales y petrofísicas.

ERA	PERIODO	ÉPOCA	GRUPO FORMACIONES	LITOLOGÍA	UNIDADES LITOLÓGICAS	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
MESOZOICO	CRETÁCICO	TARDÍO	TENA		BASAL TENA	ARENISCA QUARZOSA, BLANCA, GRIS CLARA, TRANSLUCIDA, FRIABLE, GRANO FINO A MEDIO, SUBREDONDEADA.	
			NAPO	SUPERIOR		CALIZA M1	NEGRA, GRIS OSCURA, GRIS OSCURA MOTEADA CON CREMA, MODERADAMENTE FIRME A FIRME, EN BLOQUE, TEXTURA EMPAQUETADA A LODOSA.
						CALIZA M2	GRIS OSCURA, GRIS CLARA, GRIS OSCURA MOTEADA CON CREMA, MODERADAMENTE FIRME A FIRME, EN BLOQUE, TEXTURA LODOSA A EMPAQUETADA
				MEDIO		CALIZA A	CREMA, GRIS CLARA, GRIS CLARA MOTEADA CON CREMA, SUAVE A MODERADAMENTE FIRME, EN BLOQUE, TEXTURA LODOSA A EMPAQUETADA
			TEMPRANO	INFERIOR		ARENISCA U	ARENISCA QUARZOSA, GRIS CLARA, GRIS VERDOSA, TRANSLUCIDA, FRIABLE A SUELTA, GRANO FINO A MUY FINO, REDONDEADA, CON INCLUSIONES DE GLAUCONITA.
					ARENISCA T	ARENISCA QUARZOSA, GRIS CLARA, CAFÉ CLARA, TRANSLUCIDA, FRIABLE, GRANO FINO A MEDIO, SUBREDONDEADA, ASOCIADA CON CAOLÍN.	
		BASAL			CALIZA B	GRIS OSCURA, GRIS OSCURA MOTEADA CON CREMA, FIRME A MODERADAMENTE FIRME, EN BLOQUE, TEXTURA EMPAQUETADA	
					ARENISCA T	ARENISCA QUARZOSA, GRIS CLARA, GRIS VERDOSA, CAFÉ CLARA TRANSLUCIDA, FRIABLE A SUELTA, GRANO FINO A MEDIO, REDONDEADA, CON INCLUSIONES DE GLAUCONITA.	
			ARENISCA BASAL	ARENISCA QUARZOSA, GRIS CLARA, CAFÉ CLARA, TRANSLUCIDA, FRIABLE, GRANO FINO A MEDIO, SUBREDONDEADO, ASOCIADA CON CAOLÍN.			
			CALIZA C	GRIS OSCURA, CAFÉ CLARA, CREMA, GRIS OSCURA MOTEADA CON CREMA, FIRME A MODERADAMENTE FIRME, EN BLOQUE, TEXTURA LODOSA.			
HOLLÍN		ARENISCA BASAL	ARENISCA QUARZOSA, GRIS CLARA, GRIS VERDOSA, BLANCA, TRANSLUCIDA, FRIABLE A SUELTA, GRANO FINO A MEDIO, REDONDEADA, CON INCLUSIONES DE GLAUCONITA.				
			ARENISCA QUARZOSA, GRIS CLARA, BLANCA, TRANSPARENTE, FRIABLE A SUELTA, GRANO MEDIO A GRUESO, SUBANGULAR.				

Fig. 1.1 Columna estratigráfica simplificada del Cretácico de la Cuenca Oriente mostrando las unidades litológicas tipo del área de estudio. (Modificada de Ordoñez *et al.*, 2006).

1.1. HIPÓTESIS.

El análisis de rípos de perforación permitirá caracterizar la litología de la Arenisca 'T', además la aplicación de registros eléctricos, mapas del subsuelo y el análisis de indicios hidrocarburíferos proporcionarán las propiedades petrofísicas, estructurales e hidrocarburíferas del reservorio.

1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio de la Unidad Litológica Arenisca 'T' de la Formación Napo Basal se encuentra ubicada al norte de la Cuenca Oriente, en el extremo sur del campo Shushufindi, limitado al norte con el campo Libertador, al sur por el campo Auca y al oeste por el campo Sacha.

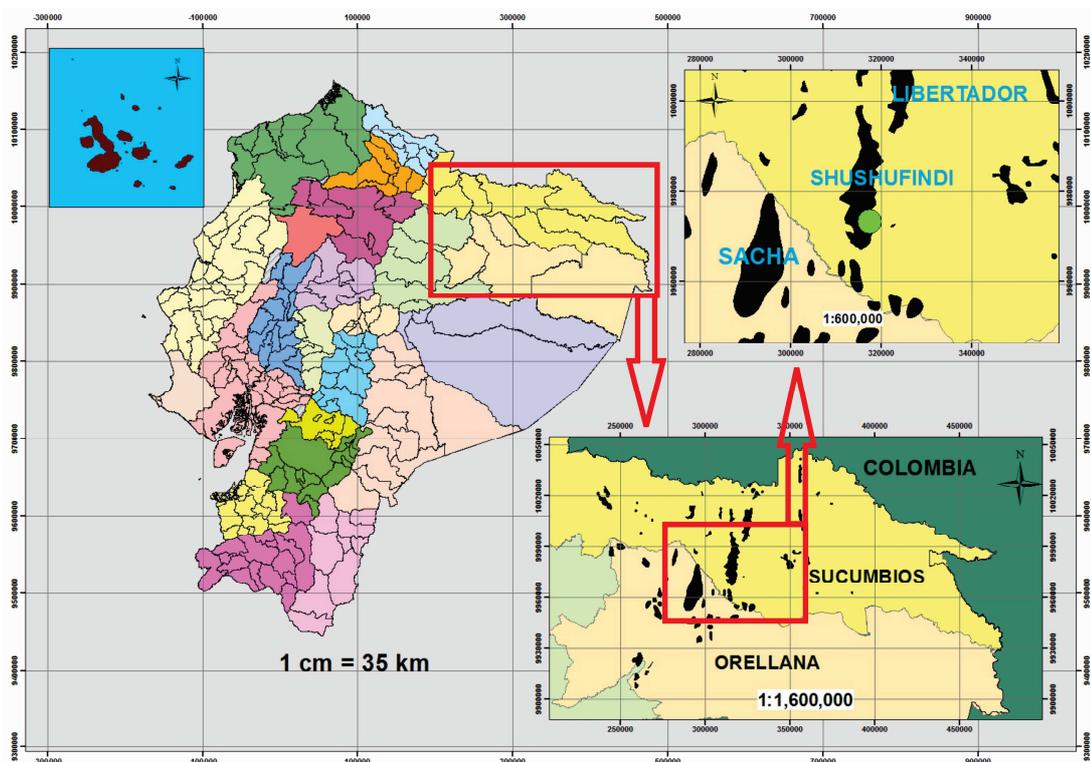


Fig. 1.2 Mapa de ubicación del área de estudio

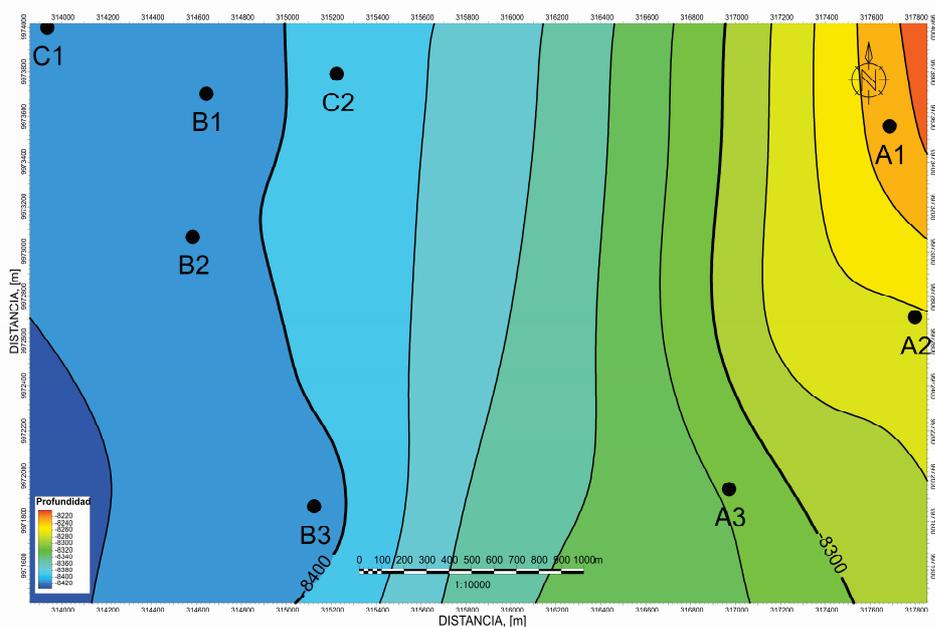
Los pozos se encuentran ubicados en las coordenadas indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 1.1 Ubicación de los pozos en el área de estudio.

POZOS	COORDENADAS (UTM) DATUM PSAD 56		(WELL KB) ELEVACIÓN SOBRE EL NIVEL DEL MAR (FT)	DISTANCIA ENTRE POZOS
	Norte	Este		
A1	9973143.57	317455.59	862.63	A1 ↔ A2 = 856 m
A2	9973137.64	317450.22	862.63	A2 ↔ A3 = 1130 m
A3	9972103.10	316459.10	865.00	A3 ↔ B3 = 1860 m
B3	9972470.34	314667.53	874.37	B3 ↔ B2 = 1320 m
B2	9972470.76	314674.53	874.32	B2 ↔ B1 = 640 m
B1	9974214.48	314482.91	832.66	B1 ↔ C2 = 580 m
C1	9974226.00	314461.85	863.86	C1 ↔ B1 = 770 m
C2	9973731.53	315224.74	855.00	C2 ↔ A1 = 2470 m

Fuente: Informes finales de pozos. Petrokem L. S (2014).

Los pozos A1 y A2 al este y el pozo A3 al sureste del área de estudio se encuentran ubicados en la parte más alta de la estructura, hacia el noroeste y hacia el sur donde la estructura se profundiza se encuentran los pozos B1, B2, C1, C2 y B3 respectivamente.



Mapa 1.1. Mapa estructural al tope de la Arenisca 'T' mostrando la ubicación de los pozos.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

Caracterizar la Arenisca 'T' de la Formación Napo Basal mediante el análisis litológico de rípios de perforación.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Identificar las propiedades litológicas de los rípios de perforación.
- ✓ Analizar los indicios hidrocarburíferos en los rípios de perforación.
- ✓ Correlacionar unidades litológicas en base a registros eléctricos y definir las estructuras geológicas mediante secciones estructurales, secciones estratigráficas y mapas del subsuelo.

1.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO.

El método empleado en este estudio consta de tres partes:

❖ Trabajo de campo y recopilación de información.

- ✓ Recolección de rípios de perforación de la Arenisca 'T'.
- ✓ Recopilación de información de pozos.
 - Registros Eléctricos.
 - Registros Litológicos.

❖ **Análisis en laboratorio.**

- ✓ Identificación de las propiedades litológicas de la Arenisca 'T'.
- ✓ Identificación de indicios hidrocarburíferos.
 - Oil shows.

❖ **Trabajo de oficina.**

- ✓ Elaboración de mapas del subsuelo.
- ✓ Elaboración de secciones estructurales.
- ✓ Elaboración de secciones estratigráficas.

La primera etapa de trabajo se realizó en campo en taladros de perforación, donde se procedió a la recolección de ripios de perforación de la Arenisca 'T' en los 8 pozos del área de estudio, además se recopiló información de registros eléctricos y registros litológicos.

En el laboratorio se identificaron las propiedades litológicas de la Arenisca 'T' empleando la descripción de muestras de pozo de Swanson (1981). Esta descripción presenta el siguiente orden de escritura:

- Tipo de roca.
- Color.
- Textura (tamaño, forma y clasificación de los granos).
- Cemento y/o matriz.
- Fósiles y accesorios.
- Estructura sedimentarias.
- Porosidad y muestras de petróleo.

El análisis de los indicios hidrocarburíferos (Oil shows) de la Arenisca 'T' se realizó mediante pruebas químicas y observaciones, para esto se emplearon equipos tales como fluoroscopio, microscopio, pinzas, punzones, porcelanas y reactivos químicos como acetona y ácido clorhídrico

En primera instancia los ripios de perforación son recolectados y lavados en bandejas de aluminio, posteriormente los ripios que muestran manchas de hidrocarburos son separados y colocados en una porcelana.

Una vez en la porcelana se procede a observar bajo el microscopio y con luz natural el color (NEGRO, CAFÉ OSCURO, CAFÉ, CAFÉ CLARO, CAFÉ AMARILLENTO, DORADO) y la forma (RESIDUAL, PUNTOS, PARCHES, UNIFORME) de la mancha de los hidrocarburos, luego se estima el porcentaje de la muestra manchada.

En el siguiente paso introducimos la porcelana en el fluoroscopio y observamos la fluorescencia natural de los ripios manchados con hidrocarburos, para esto se observa la intensidad (PALIDA, MODERADA, BRILLANTE) y el color (CAFÉ, CAFÉ NARANJA, NARANJA, CAFÉ DORADO, AMARILLO NARANJA, AMARILLO, AMARILLO VERDOSO, BLANCO AMARILLENTO, BLANCO AZULADO).

La fluorescencia al corte es el siguiente paso, una vez que la porcelana está dentro del fluoroscopio se agregan unas gotas de acetona y se observa la reacción que produce (VELOCIDAD: lenta-rápida-instantánea; FORMA:

correntosa-nubosa; INTENSIDAD: débil-fuerte; COLOR: café, café naranja, naranja, café dorado, amarillo naranja, amarillo, amarillo verdoso, blanco amarillento, blanco azulado).

El siguiente paso es observar el residuo cuando la acetona se evapora, se observa el color, el tamaño (FINO, GRUESO), y el tipo (ANILLO) de residuo, esto se hace bajo luz natural y luz ultravioleta.

Por último se otorga una calificación a la manifestación de los hidrocarburos de POBRE-REGULAR-BUENO según los parámetros observados.

En el trabajo de oficina se elaboraron mapas estructurales, mapas isópacos, secciones estructurales, secciones estratigráficas y columnas litológicas, para esto se emplearon programas como Surfer 10 y CorelDraw X6. Para la elaboración de los mapas estructurales se correlacionaron los topes formacionales en las secciones estructurales y los contornos se interpolaron linealmente, para los mapas isopacos se restaron bases de topes de las formaciones en cada pozo y los contornos de espesores se interpolaron linealmente, para los mapas isopacos netos de arena se restaron los espesores de lutita del espesor total de la arenisca y se interpoló linealmente.

1.5. ESTUDIOS ANTERIORES.

Entre los estudios más relevantes que se han realizado anteriormente tenemos:

- ❖ Efecto de la glauconita en las propiedades petrofísicas del reservorio Arenisca 'T' Superior del bloque Tarapoa. (Gustavo Enrique Atahualpa Moreta., 2013). Dice que en la Arenisca 'T' Superior existe una zona con alta concentración de glauconita y que está afectada por las características físicas químicas y mecánicas de este mineral (p 151).

- ❖ Control diagenético sobre la calidad de los reservorios de las Areniscas "U" y "T" de la Fm Napo del Cretácico de la Cuenca Oriente, Ecuador. Modelización térmica y su relación con la generación de hidrocarburos. (Jenny Estupiñan Letamendi., 2005). Dice que los espesores de las areniscas U y T decrecen desde el este hacia el oeste. Hacia el oeste las areniscas son de grano fino bien seleccionadas y más glauconíticas comparadas con las areniscas del este, además sugiere que los sedimentos proceden del escudo Guyana (gneises y granitos), y de las antiguas formaciones de la cuenca (Jurásico - Cretácico Inferior). También indica que las lutitas de la Fm Napo serían la roca madre de los hidrocarburos extraídos en las dos areniscas U y T (p 9).

- ❖ Generación de los modelos de litofacies y petrofísicos en las areniscas U y T de la formación Napo en un campo del sector centro-norte de la cuenca oriente. (Diego Paul Chamba Camacho, 2015). Dice que las zonas que presentan mejores propiedades petrofísicas son las areniscas U inferior y T inferior, perteneciente a la Formación Napo, los cuales presentan espesores de arena neta promedio de 50 y 60 pies respectivamente. (p i).

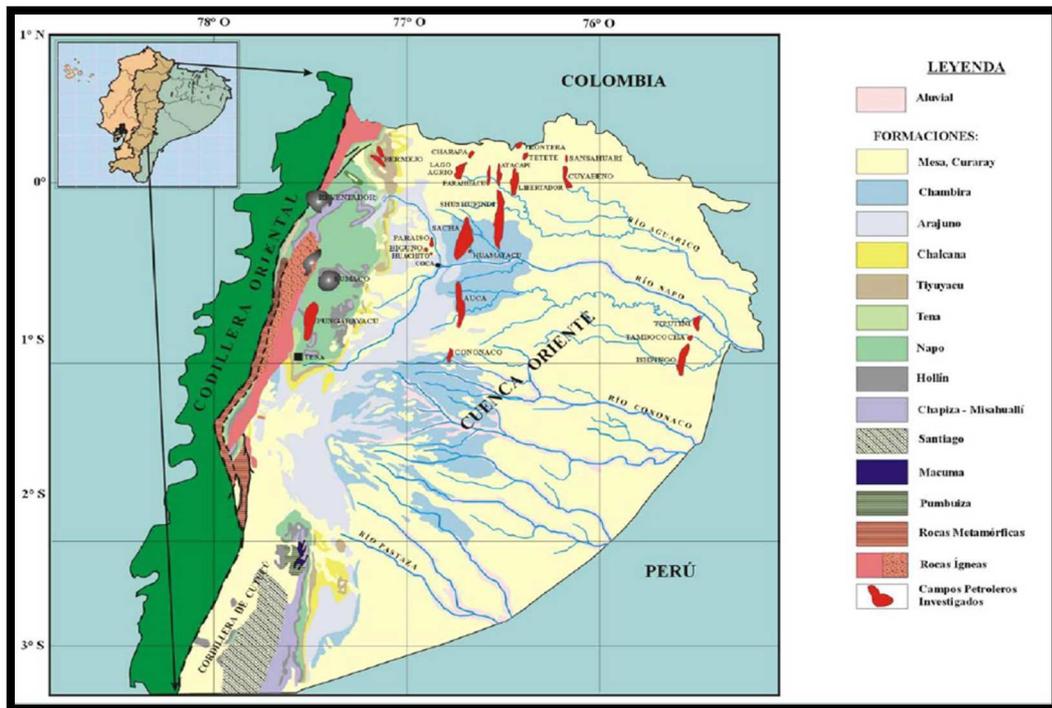
CAPÍTULO II

MARCO GEOLÓGICO

La cuenca Oriente corresponde a una cuenca de tras-arco, desarrollada entre el Cratón Cuyana al Este y el Cinturón Móvil Andino al Oeste (Baldock., 1982, p18), morfológicamente se caracteriza por tres estructuras: el levantamiento Napo hacia el noroeste, la Cordillera del Cutucu hacia el suroeste y el Cono Aluvial del Pastaza ubicado entre ambas estructuras, que actualmente se desarrolla hacia el sureste (P. Baby *et al.*, 2004, p 14).

Según Baldock (1982) y Dashwood y Abbotts (1990) la cuenca Oriente es el resultado de esfuerzos transpresivos presentes a partir del Cretácico terminal, los que provocan la emersión de la Cordillera Real y la formación de la Cuenca de Tras-arco propiamente dicha.

La Cuenca Oriente está constituida por fallas inversas con fuerte buzamiento, con dirección N-S y NNE-SSO, limitando tres corredores estructurales: el Sistema Subandino, el Corredor Sacha-Shushufindi y el Sistema Capiron Tiputini. (P. Baby *et al.*, 2004, p14). Estratigráficamente está constituida por secuencias sedimentarias y volcánicas que van desde el paleozoico hasta el cuaternario y que descansan sobre un sustrato precámbrico (Rivadeneira y Baby, 1999)



Mapa 2.1 Mapa geológico de la Cuenca Oriente (Modificado de BEICIP, 1971).

2.1 ESTRATIGRAFÍA.

La estratigrafía de la Cuenca Oriente está conformada por las siguientes Formaciones:

Paleozoicas: Pumbuiza, Macuma.

Mesozoicas: Santiago, Chapiza, Misahuallí, Hollín, Napo, Tena.

Terciarias: Tiyuyacu, Orteguaza, Chalcana, Arajuno, Curaray, Chambira.

Cuaternaria: Mesa, Mera.

2.1.1. Formación Pumbuiza

La Formación Pumbuiza aflora a lo largo del Río Pumbuiza, a unos 30 Km al oeste del pozo Macuma (Bristow y Hoffstetter, 1977). Está constituida por pizarras gris oscuras a negras, guijarros grises a negros, arenisca cuarcíticas, duras de grano fino y conglomerados de color gris oscuro, con clastos

subangulares y subredondeados muy compactos y matriz silíceas (Rivadeneira y Baby, 1999).

La edad asignada para la Formación Pumbuiza, basándose en la asociación de acritarcos encontrados en muestras de afloramientos en la Cordillera del Cutucu es Devónico Medio – Devónico Tardío. (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.2. Formación Macuma.

Descansa en discordancia angular sobre la Formación Pumbuiza, constituye potentes estratos de calizas bioclásticas con intercalaciones de pizarra y areniscas finas (Rivadeneira y Baby, 1999).

La edad asignada para esta formación es Carbonífero Tardío según Bristow y Hoffstetter (1977).

2.1.3. Formación Santiago.

Aflora hacia el occidente de la Cordillera del Cutucu, consiste en una secuencia de calizas marinas con intercalaciones de lutitas, areniscas y piroclastos, calizas silíceas grises, areniscas calcáreas, lutitas negras y una secuencia volcánica con abundantes intercalaciones intraformacionales de brechas, tobos y mantos volcánicos (Baldock, 1982).

Para esta formación se le asigna una edad Triásico Superior – Jurásico Inferior (Baby *et al.*, 1999).

2.1.4. Formación Chapiza.

La Formación Chapiza aflora entre los ríos Chapiza y Yaupi a 31 Km al NNO del pueblo Yaupi, consiste de una sucesión de sedimentos clásticos (capas rojas) depositadas en un ambiente continental (Tschopp, 1953).

Tschopp (1953) divide esta formación en tres partes:

2.1.4.1. Chapiza Inferior

Comprende una alternancia de lutitas, areniscas de color gris rosado y violeta, delgados horizontes de evaporitas y concreciones de dolomitas. Denominada como Miembro Yaupi por Jaillard en 1997.

2.1.4.2. Chapiza Medio

Está conformada por una alternancia de lutitas y areniscas de color rojo.

2.1.4.3. Chapiza Superior

Lutitas rojas, areniscas feldespáticas y conglomerados interestratificados con tobas volcánicas grises y verdes, brechas tobaceas y basaltos.

La edad que se asigna a la parte inferior de la Formación Chapiza es Jurásico Temprano Tardío – Jurásico Tardío en base a la presencia de foraminíferos, la parte superior corresponde al Jurásico Medio – Cretácico Temprano Temprano, Valanginiano por pólenes de gimnospermas (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.5. Formación Misahuallí.

Aflora en la zona subandina, según Jaillard (1997) es el equivalente lateral de los miembros inferior y medio de la Formación Chapiza. Comprende una serie de lavas y piroclastos (Bristow & Hoffstetter., 1977).

2.1.6. Formación Hollín.

La Formación Hollín aflora a lo largo del Rio Hollín a 8 Km al el Este de Tena, ha sido definida por Wasson y Sinclair (1927). Su litología consiste de areniscas cuarzosas blancas, de grano medio a grueso, masivas, con estratificación cruzada, contiene también capas guijarrosas delgadas con intercalaciones de lutitas, limolitas y arenas negras impregnadas de asfalto (Rivadeneira y Baby, 1999).

Algunos autores como Tschopp (1953), Bristow y Hoffstetter (1977) y Jaillard (1997) proponen separar la unidad 'Hollín Superior' de la Formación Hollín (Principal) e integrarla a la Formación Napo con el nombre de Arenisca Basal.

La edad relativa asignada para la Formación Hollín en su parte media e inferior es Albiano Inferior – Albiano Medio, para la parte superior es Albiano Medio – Albiano Superior según estudios micropaleontológicos de muestras de afloramientos, ripios y núcleos de pozos (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.7. Grupo Napo (formación Napo).

La Formación Napo aflora a lo largo del alto Napo al oeste y este de Puerto Napo, también existen afloramientos al Este de la Cordillera Real conformado el Domo de Napo y los flancos del Anticlinal del Cutucu.

La Formación Napo sobreyace concordantemente a la Formación Hollín, consiste en una sucesión de lutitas negras, calizas grises a negras y areniscas calcáreas.

Tschopp (1953) en base a la litología y en horizontes calcáreos constantes hace tres divisiones en la Formación: Napo Inferior, Napo Medio y Napo Superior. Posteriormente Jaillard (1997) propone como Grupo a la Formación Napo dividiéndola en cuatro formaciones: Napo Basal, Napo Inferior, Napo Medio, Napo Superior.

2.1.7.1. Formación Napo Basal.

La formación Napo Basal está constituida por las unidades litológicas: Arenisca Basal, Caliza 'C', Lutita Napo Basal, Caliza 'T' y la Arenisca 'T'.

2.1.7.1.1. Unidad Litológica Arenisca Basal.

Conocida comúnmente como Hollín Superior, está conformada por secuencias de areniscas calcáreas glauconíticas.

2.1.7.1.2. Unidad Litológica Caliza 'C'.

Compuesta por Lutitas negras, calizas y areniscas.

2.1.7.1.3. Unidad Litológica Lutita Napo Basal.

Conformada por Lutitas laminadas negras.

2.1.7.1.4. Unidad Litológica Caliza 'T'.

Contiene alternancias de margas y calizas arenosas y glauconíticas, fosilíferas y bioturbadas.

2.1.7.1.5. Unidad Litológica Arenisca 'T'.

Areniscas calcáreas en la parte inferior y glauconíticas en la parte superior. La Arenisca 'T' ha sido dividida en Arenisca 'T' Principal y Arenisca 'T' Glauconítica (Vaca *et al.*, 2003).

La edad asignada para la Arenisca Basal y Caliza 'C' es Albiano Medio – Albiano Superior, para la Lutita Basal, Caliza 'T' y Arenisca 'T' es Albiano Superior, en base a estudios micropaleontológicos (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.7.2. Formación Napo Inferior.

La Formación Napo Inferior está constituida por las unidades litológicas: Caliza 'B', Lutita 'U' y Arenisca-Caliza 'U'.

2.1.7.2.1. Unidad Litológica Caliza 'B'.

Está formada por lutitas laminadas, areniscas arcillosas muy glauconíticas, bancos de calizas masivas y calizas finas.

2.1.7.2.2. Unidad Litológica Lutita ‘U’.

Contiene paquetes de lutitas masivas con amonites, limolitas, areniscas finas y calizas a veces arenosas.

2.1.7.2.3. Unidad Litológica Arenisca ‘U’ – Caliza ‘U’

Está compuesta por calizas arenosas y areniscas glauconíticas. (Jaillard, 1997). La Arenisca ‘U’ se encuentra dividida en Arenisca ‘U’ Superior y Arenisca ‘U’ inferior.

La edad asignada para la Caliza ‘B’ es Albiano superior – Cenomaniano inferior y Cenomaniano inferior para la Lutita ‘U’ y Arenisca ‘U’. (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.7.3. Formación Napo Medio.

La Formación Napo Medio está constituida por las unidades litológicas: Caliza ‘A’, Arenisca ‘M2’, Caliza ‘M2’.

2.1.7.3.1. Unidad Litológica Caliza ‘A’.

Formada por calizas masivas en su parte inferior y por bancos calcáreos en la parte superior (Ordóñez *et al.*, 2006)

2.1.7.3.2. Unidad Litológica Arenisca ‘M2’.

Formada por margas arenosas glauconíticas y calizas hacia la parte superior.

2.1.7.3.3. Unidad Litológica Caliza 'M2'.

Formada por una secuencia de margas y calizas.

Para la Formación Napo Medio se asignan las edades relativas de: Turoniano Medio – Turoniano Superior para la Caliza 'A' y Coniaciano para las Arenisca 'M2' y Caliza 'M2'. (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.7.4. Formación Napo Superior.

La Formación Napo Superior está constituida por las unidades litológicas: Caliza 'M1', Lutita 'M1', Arenisca 'M1'.

2.1.7.4.1. Unidad Litológica Caliza 'M1'.

Conformada por una secuencia de calizas, lutitas, margas.

2.1.7.4.2. Unidad Litológica Lutita 'M1'.

Constituida por margas y lutitas calcáreas.

2.1.7.4.3. Unidad Litológica Arenisca M1.

La arenisca 'M1' está presente solo en la parte este de la Cuenca y está constituida por arenisca calcáreas.

Para la Formación Napo Superior se asignan las edades relativas de: Coniaciano para la Caliza 'M1', Santoniano para la Lutita 'M1' y Santoniano – Campaniano para la Arenisca 'M1'. (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.8. Formación Tena.

Su localidad tipo corresponde a los afloramientos ubicados en los alrededores de Tena (Bristow y Hoffstetter, 1977). Está conformada por arcillas abigarradas pardas rojizas, las arcillas varían de margosas a arenosas y de macizas a laminadas.

La edad asignada para la Formación Tena es Campaniano?-Maastrichtiano. (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.9. Formación Tiyuyacu.

La localidad tipo de la formación Tiyuyacu se encuentra en el arroyo Tiyuyacu a 8 Km ESE del pueblo de Napo, y se encuentra dividida en Tiyuyacu Inferior y Tiyuyacu Superior.

2.1.9.1. Tiyuyacu Inferior.

Está conformada por conglomerados, areniscas y arcillas. Los conglomerados presentan clastos subredondeados a redondeados compuestos por cherts y cuarzo lechoso y en menor proporción rocas metamórficas. (Rivadeneira y Baby 1999).

2.1.9.2. Tiyuyacu Superior.

Está compuesta por conglomerados en la base y arcillas y arenisca en el tope, los conglomerados son de cuarzo lechoso y con muy poca presencia de cherts (Valdez, 1977).

La edad asignada a la Formación Tiyuyacu es Eoceno para la parte inferior y Eoceno Medio – Eoceno Tardío para la parte superior. (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.10. Formación Orteguaza.

La formación Orteguaza aflora en el Sistema Subandino norte en el Río Aguarico. (Marocco *et al.*, 1997). Está compuesta por lutitas gris verdosas a negras, arenisca de grano fino y arenisca limosas gris verdosas.

La edad asignada para la Formación Orteguaza es Eoceno Tardío – Oligoceno. (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.11. Formación Chalcana.

La localidad tipo de la Formación Chalcana está ubicada en el arroyo Chalcana pocos Km al este del pueblo de Napo, está compuesta por arcillolitas rojas con concreciones calcáreas y esporádicas intercalaciones de areniscas conglomeráticas. (Rivadeneira y Baby, 1999).

La edad asignada para la Formación Chalcana es Mioceno (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.12. Formación Arajuno.

La localidad tipo de la Formación Arajuno se encuentra ubicada en los afloramientos del Río Arajuno, a 15 Km del pueblo de Napo. La Formación Arajuno se encuentra sub dividida en tres partes (Tschopp., 1953).

2.1.12.1. Arajuno Inferior.

Conformada por areniscas con lentes de guijarros y pocos conglomerados intercaladas con arcillas bentoníticas.

2.1.12.2. Arajuno Medio.

Compuesta por arcillolitas rojas con yeso en la base y tobas hacia el tope.

2.1.12.3. Arajuno Superior.

Conformada por arena con arcillas ligníticas y vetas de carbón.

La edad asignada para la Formación Arajuno es Mioceno Medio – Mioceno Tardío. (Ordóñez *et al.*, 2006).

2.1.13. Formación Curaray.

Esta formación se compone de areniscas con estructura de marea. (Bristow & Hoffstetter, 1997).

2.1.14. Formación Chambira.

Los afloramientos de la Formación Chambira se encuentran ubicados en la depresión Pastaza a lo largo del Río Napo, está conformada por conglomerados con clastos de cuarzo lechoso con matriz arcillo-arenosa cuarzosa (Baby *et al.*, 1999).

2.1.15. Formación Mesa.

La Formación Mesa se compone de arcillas y areniscas tobáceas, con varios horizontes de conglomerados gruesos con estratificación cruzada de tipo torrencial.

2.1.16. Formación Mera.

Los afloramientos de la Formación Mera se encuentran ubicados en la depresión de Santa Inés y al nivel de Shell y Mera. (Bes de Berc *et al.*, 1999). Está conformada por depósitos gruesos de material volcánico y en menor proporción de clastos de granitos o de rocas metamórficas.

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA DE LA ARENISCA 'T' DE LA FORMACIÓN NAPO BASAL.

DESCRIPCIÓN DE RIPIOS DE PERFORACIÓN: GENERALIDADES.

En la descripción de muestras de pozos hay que saber diferenciar entre muestras recién cortadas (frescas) provenientes del fondo del pozo y muestras contaminadas por diferentes eventos que pueden ocurrir durante la perforación de un pozo.

La principal función del fluido de perforación es mantener la igualdad entre la presión de formación y la presión de la columna del fluido, además de mantener estables las paredes del pozo creando una capa de lodo sobre ellas. Cuando las propiedades del fluido de perforación no son adecuadas esta capa no se forma correctamente, provocando que los estratos suaves se desmoronen (cavings) incorporándose a la columna de fluido y mezclándose con los recortes frescos (Low, 1951, p 2).

Los cavings se caracterizan por un tamaño mayor al normal (3 – 15 mm) de los cortes de perforación.

Otra forma de contaminación de muestras de pozo es la recirculación de los cortes de perforación, esto ocurre cuando el fluido de perforación no es tratado correctamente y los cortes son reinyectados nuevamente al sistema.



Foto. 3.1 Diferencia entre cortes de perforación (derecha) y cortes retrabajados (cavings > 2 cm). Fuente: Autor.

El primer paso que se debe seguir en la descripción de muestras de pozos es la estimación del porcentaje de los fragmentos de un tipo de roca, esta se hace de forma visual y se compara con cartas de porcentajes ya establecidas.

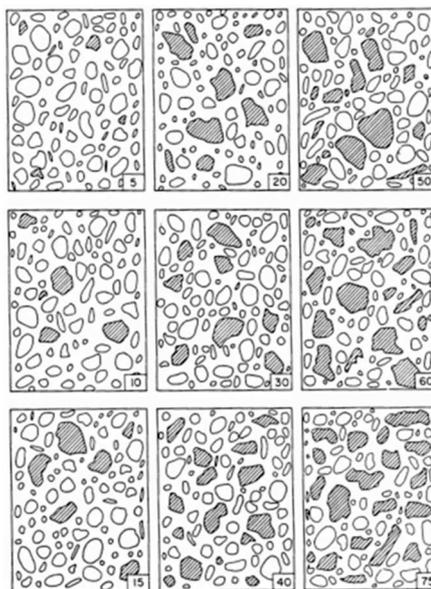


Fig. 3.1 Carta de porcentajes estimados para un tipo de roca en una bandeja de cortes de perforación (Swanson, 1981).

El orden de la descripción de muestras de pozos que se usa frecuentemente es el propuesto por Swanson en 1981.

- Tipo de roca.
- Color (Rock-color Chart).
- Textura (tamaño, forma y clasificación de los granos).
- Cemento y/o matriz.
- Fósiles y accesorios.
- Estructuras sedimentarias.
- Porosidad y muestras de petróleo.

Según Swanson la descripción del **tipo de roca** se divide en dos partes fundamentales: El nombre de la roca (Arenisca, Caliza, etc.) y la composición de la roca (cuarzosa, lítica, mudstone, etc.)

El **color de la roca** se define por la combinación de los colores de los granos constituyentes, minerales accesorios (Glauconita), manchas de petróleo, matriz y cemento, se compara con cartas de colores establecidas.

La **textura de la roca** se refiere al tamaño, forma y clasificación de los granos.

- El **tamaño del grano** tiene una relación directa con la porosidad y permeabilidad.

Tabla 3.1 Clasificación de tamaño de grano (Wentworth, 1922).

Millimeters (mm)	Micrometers (μm)	Phi (ϕ)	Wentworth size class		Rock type
4096		-12.0	Boulder	Gravel	Conglomerate/ Breccia
256		-8.0	Cobble		
64		-6.0	Pebble		
4		-2.0	Granule		
2.00		-1.0	Very coarse sand		
1.00		0.0	Coarse sand	Sand	Sandstone
1/2	0.50	1.0	Medium sand		
1/4	0.25	2.0	Fine sand		
1/8	0.125	3.0	Very fine sand		
1/16	0.0625	4.0	Coarse silt		
1/32	0.031	5.0	Medium silt	Silt	Siltstone
1/64	0.0156	6.0	Fine silt		
1/128	0.0078	7.0	Very fine silt		
1/256	0.0039	8.0	Clay		
	0.00006	14.0		Mud	Claystone

Fuente: http://www-odp.tamu.edu/publications/200_ir/chap_02/c2_f7.htm.

- La **forma del grano** implica la redondez y esfericidad y sugiere una medida cualitativa del tiempo del transporte de los sedimentos.

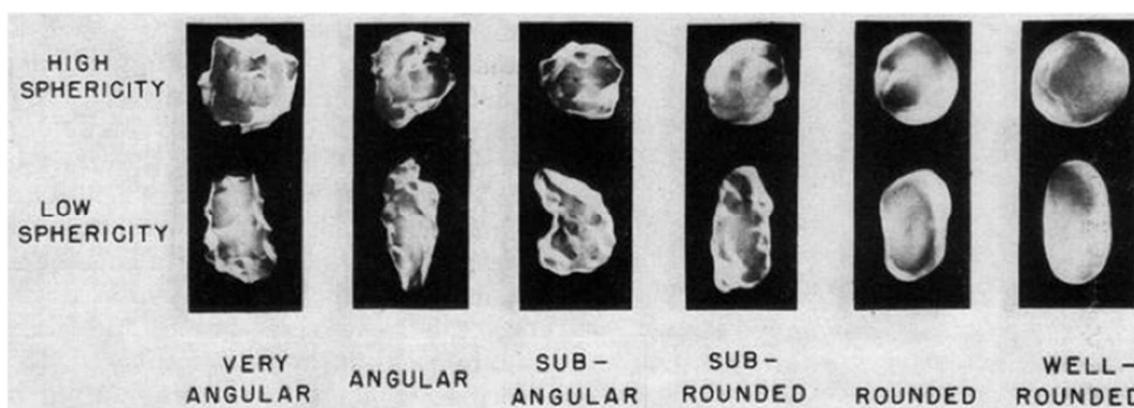


Fig. 3.2 Grados de redondez y esfericidad (Powers, 1953)

➤ La **clasificación** es como se distribuyen los granos y se relaciona con el tamaño y la forma.

- Buena clasificación: 90% en 1 o 2 clases de tamaño.
- Regular clasificación: 90% en 3 o 4 clases de tamaño.
- Pobre clasificación: 90% en 5 o más clases de tamaño.

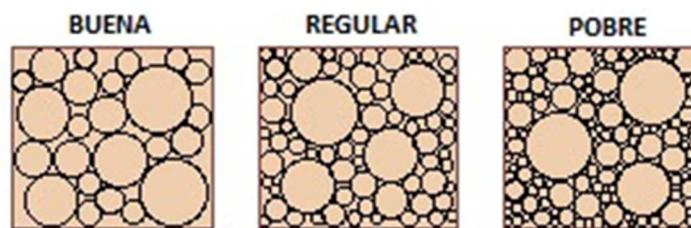


Fig. 3.3 Clasificación de diferentes clases de tamaño de grano.

(<http://students.open.ac.uk/science/s104/S104Software/Geological%20field%20trip/assets/sorting.jpg>).

La **matriz y/o cemento** es el material que rellena el espacio intergranular, es de menor tamaño que el de los granos que soportan la roca y puede depositarse mecánicamente (matriz) o ser un precipitado químico (cemento). Otros constituyentes como microfósiles y minerales que se encuentran localmente se describen como accesorios.

Las **estructuras sedimentarias** no pueden ser observadas en cortes de perforación pero si pueden ser descritas en núcleos de perforación.

La **porosidad** en cortes de perforación se infiere visualmente y es una medida cualitativa de la roca, resultado del análisis de la textura.

Arenisca: cuarzosa, blanca, amarilla grisácea, café oliva y en partes verde azul clara; de grano fino a medio, en partes muy fino, subredondeado y localmente subangular, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris oscura, fisil, laminar, planar, dura, no calcárea.

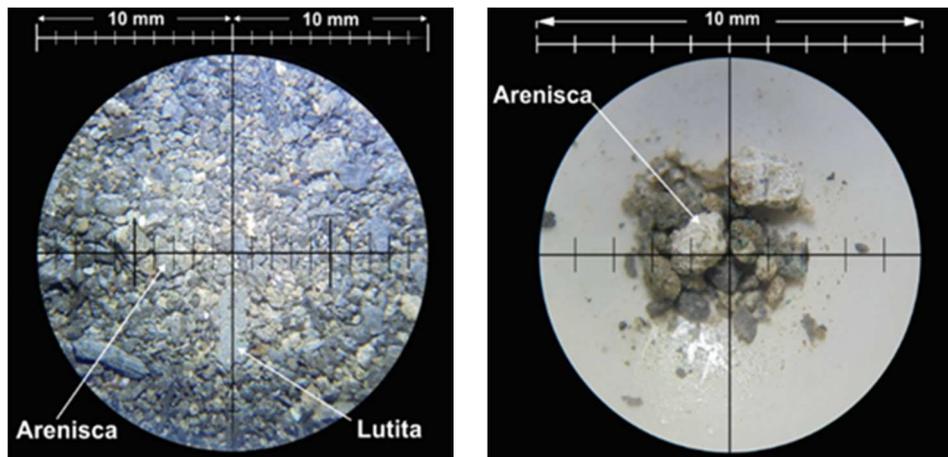


Foto 3.2 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A1 (1). Fuente: Autor.

Arenisca: cuarzosa, amarilla grisácea, café amarillenta oscura, café amarillenta moderada; de grano fino a medio, redondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: negra grisácea, fisil, laminar, planar, moderadamente dura, no calcárea.

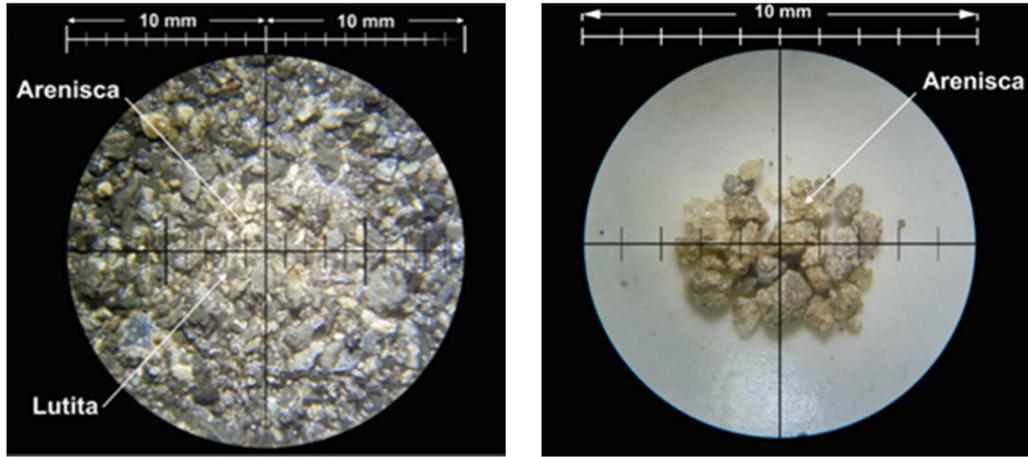


Foto 3.3 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A1 (2). Fuente: Autor.

3.1.2. LITOLOGÍA DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO A2.

En el pozo A2 la Unidad Litológica Arenisca 'T' fue perforada a la profundidad de 9435' MD / 9120' TVD / -8262' (TVDSS) y presenta las siguientes características litológicas.

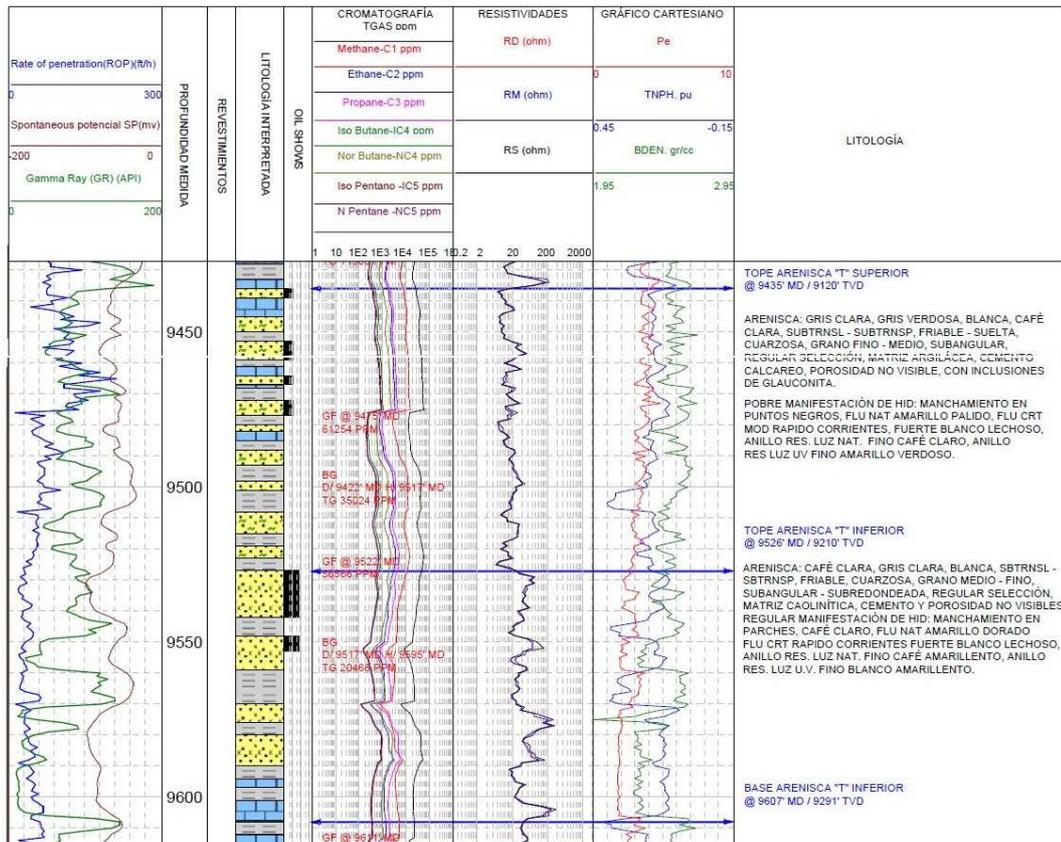


Fig. 3.5 Registro Litológico compuesto del pozo A2 en MD. (Petrokem L.S. 2014).

Arenisca: cuarzosa, gris amarillenta, café oliva claro, café claro, en partes verde azul clara; de grano fino a medio, redondeado en partes subredondeado, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris medio, fisil, planar, dura, de forma alargada e irregular, no calcárea.

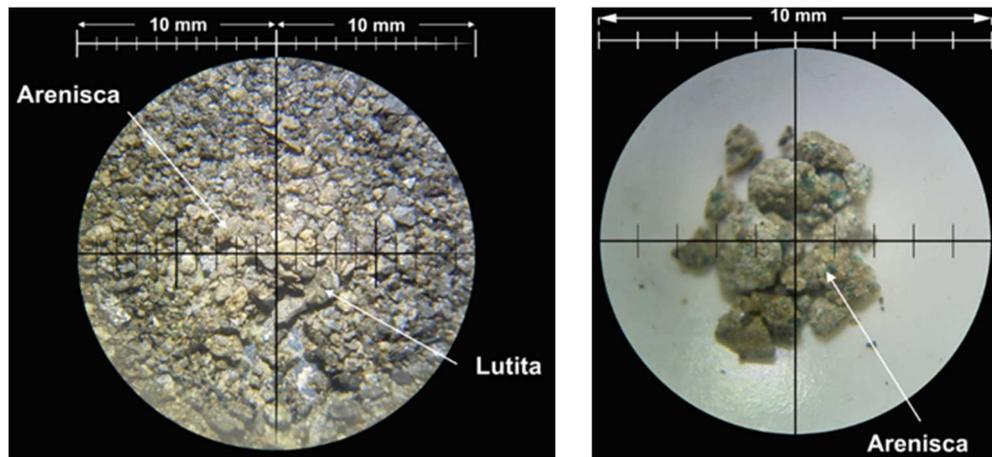


Foto 3.4 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A2 (1). Fuente: Autor.

Arenisca: cuarzosa, amarilla grisácea, amarilla moderada, gris amarillenta; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: negra oliva, gris azulado medio, fisil, planar, dura, en forma de bloque, no calcárea.

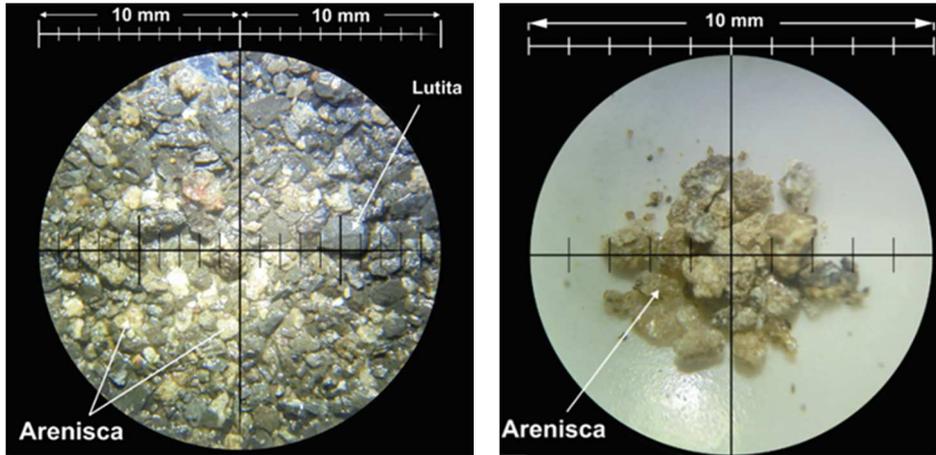


Foto 3.5 Muestras de rípios de perforación de la Arenisca T en el pozo A2 (2). Fuente: Autor.

3.1.3. LITOLOGÍA DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO A3.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo A3 se encuentra a partir de los 9472' MD / 9173' TVD / -8308 (TVDSS) y su litología se caracteriza por:

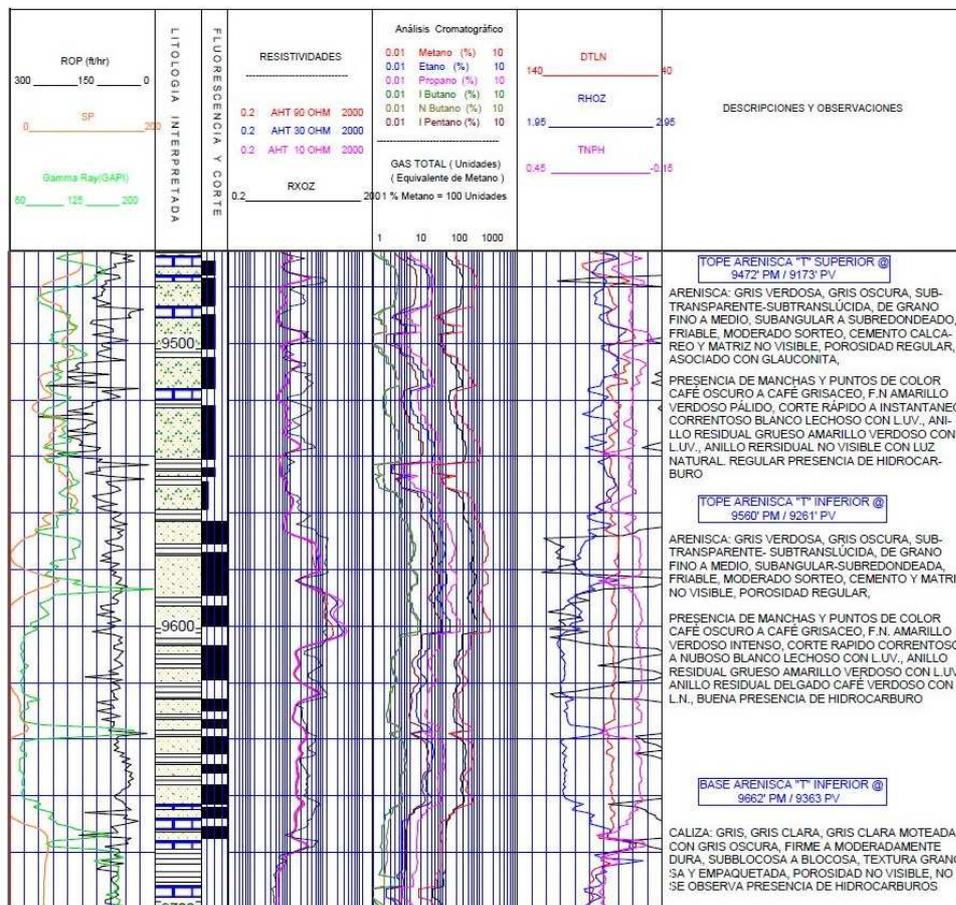


Fig. 3.6 Registro Litológico compuesto del pozo A3 en MD. (Petrokem L.S. 2014).

Arenisca: cuarzosa, café amarillenta oscura, oliva claro, en partes verde azul pálido; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado en partes subangular, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris muy claro, gris oscuro, fisil, planar, dura, en forma de bloque, alargada e irregular, no calcárea.

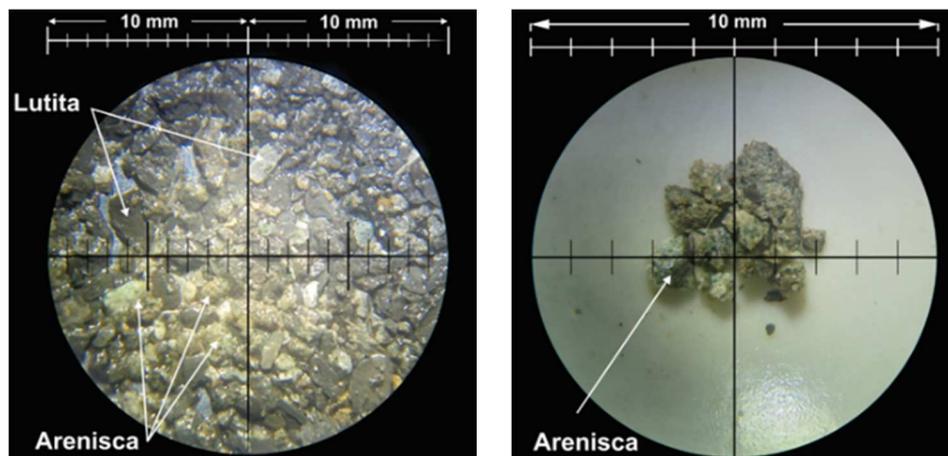


Foto 3.6 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo A3 (1). Fuente: Autor.

Arenisca: cuarzosa, amarilla verdoso oscuro, blanca, naranja muy pálido, oliva pálido; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris verdosa, gris azulado medio, fisil, planar, dura, de forma alargada e irregular, no calcárea.

Arenisca: cuarzosa, blanca, gris amarillenta, en partes verde azul pálido; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: negro oliva, gris oscuro, fisil, planar, dura, astillosa, alargada, en forma de bloque, no calcárea.

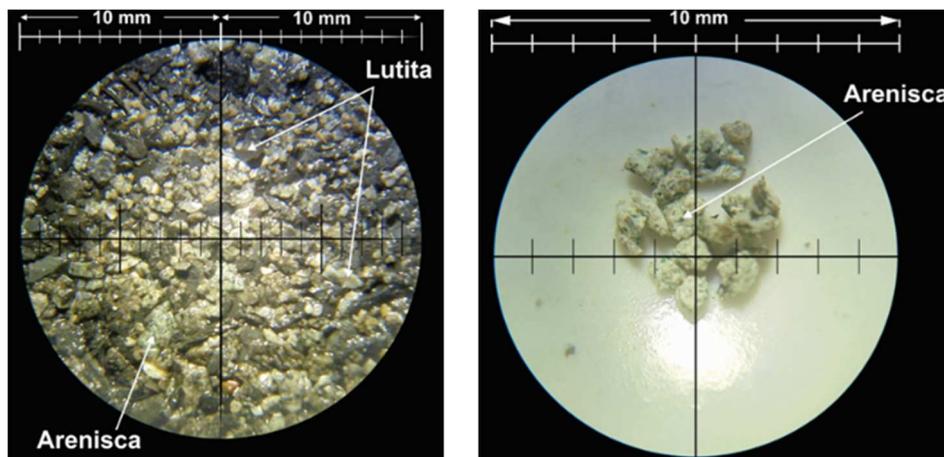


Foto 3.8 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B1 (1). Fuente: Autor

Arenisca: cuarzosa, amarilla verdoso oscuro, café oliva claro, naranja amarillenta pálida, en partes gris oliva claro; de grano fino, en partes medio, bien redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris verdosa, gris media, fisil, planar, dura, de forma alargada e irregular, no calcárea.

Arenisca: cuarzosa, amarillo verdoso moderado, amarillo verdoso oscuro, amarillo verdoso pálido, en partes verde azul pálido; de grano fino, en partes medio, redondeado, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: negra, gris verdosa, fisil, planar, dura, astillosa, alargada, no calcárea.

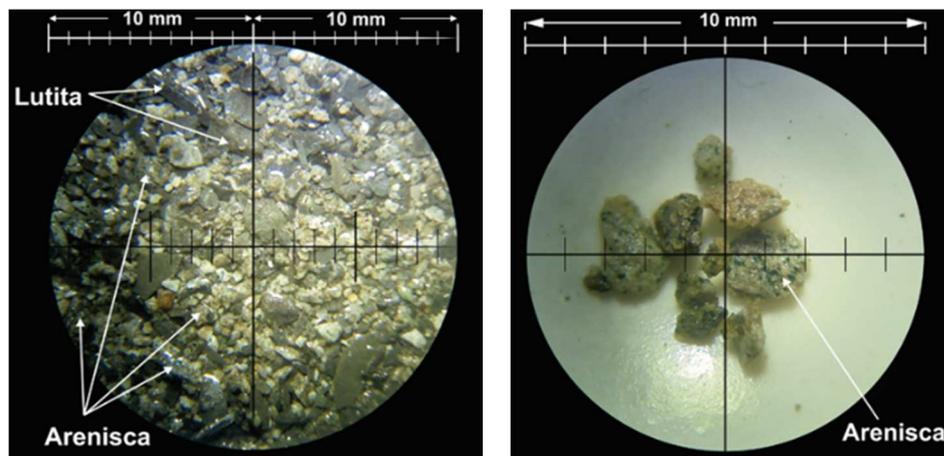


Foto 3.10 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B2 (1). Fuente: Autor

Arenisca: cuarzosa, café oliva claro, naranja amarillenta pálida; de grano fino a medio, subredondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: café oliva moderado, gris oscura media, fisil, planar, dura, de forma alargada, en bloque, no calcárea.

Arenisca: cuarzosa, café moderado, café amarillento moderado, amarillo verdoso pálido, en partes verde azul pálido; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris clara, negra grisácea, fisil, planar, dura, en forma de bloque, no calcárea.

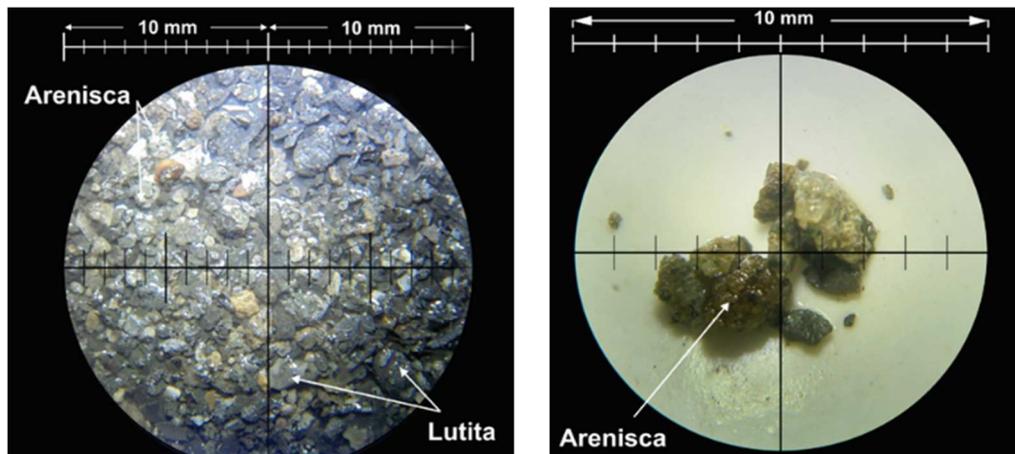


Foto 3.12 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B3 (1). Fuente: Autor

Arenisca: cuarzosa, amarillo grisáceo, en partes naranja grisáceo; de grano fino a medio, subredondeado a subangular, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: negra grisácea, gris oscura, fisil, planar, astillosa, dura, de forma alargada, no calcárea.

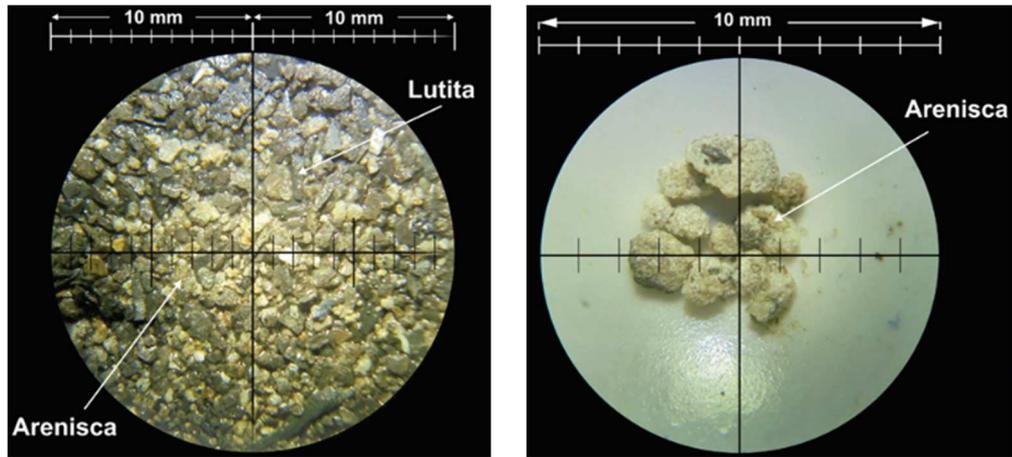


Foto 3.13 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo B3 (2). Fuente: Autor

3.1.7. LITOLOGÍA DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO C1.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo C1 se encuentra a la profundidad de 9601' MD / 9274' TVD / -8410' (TVDSS) y su litología se caracteriza por:

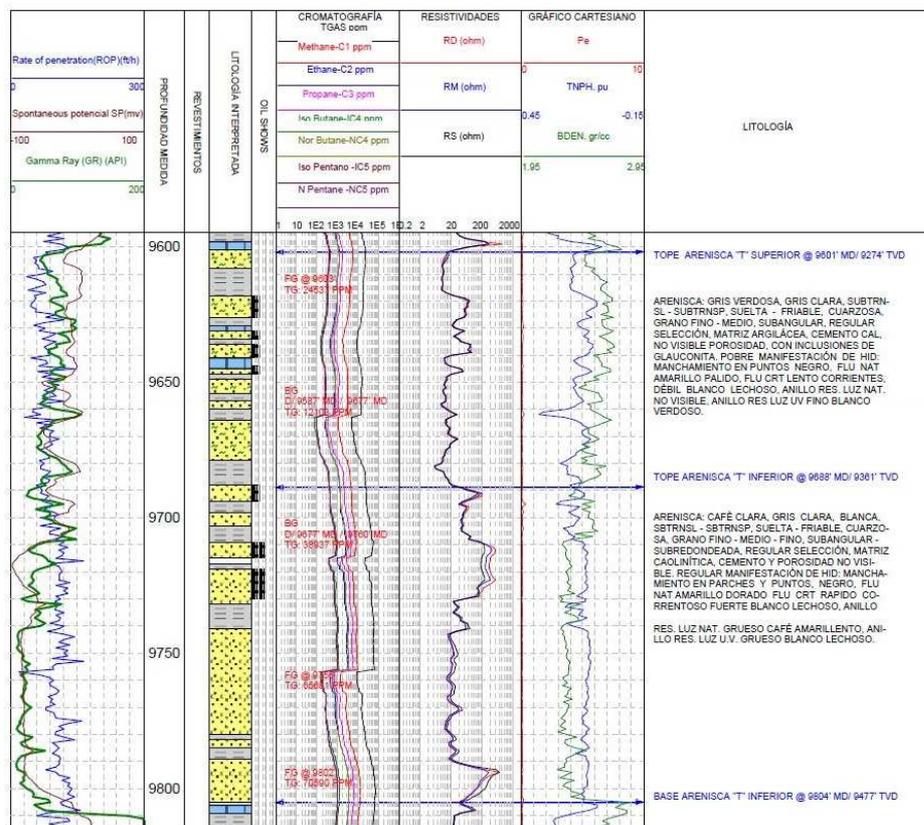


Fig. 3.10 Registro Litológico compuesto del pozo C1 en MD. (Petrokem L.S. 2014).

Arenisca: cuarzosa, amarillo grisáceo oscuro, oliva claro, oliva grisáceo, en partes verde azul pálido; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: negra grisácea, gris media, fisil, planar, dura, en forma de bloque, alargada, no calcárea.

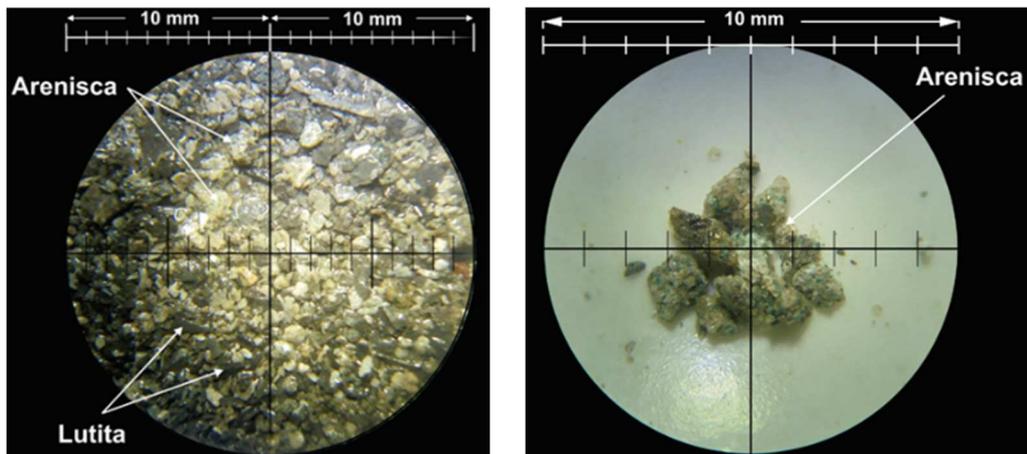


Foto 3.14 Muestras de rípios de perforación de la Arenisca T en el pozo C1 (1). Fuente: Autor

Arenisca: cuarzosa, gris amarillenta, naranja amarillenta oscura, café oliva clara, en partes gris amarillenta; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris muy clara, gris oscura media, fisil, planar, dura, en forma de bloque, no calcárea.

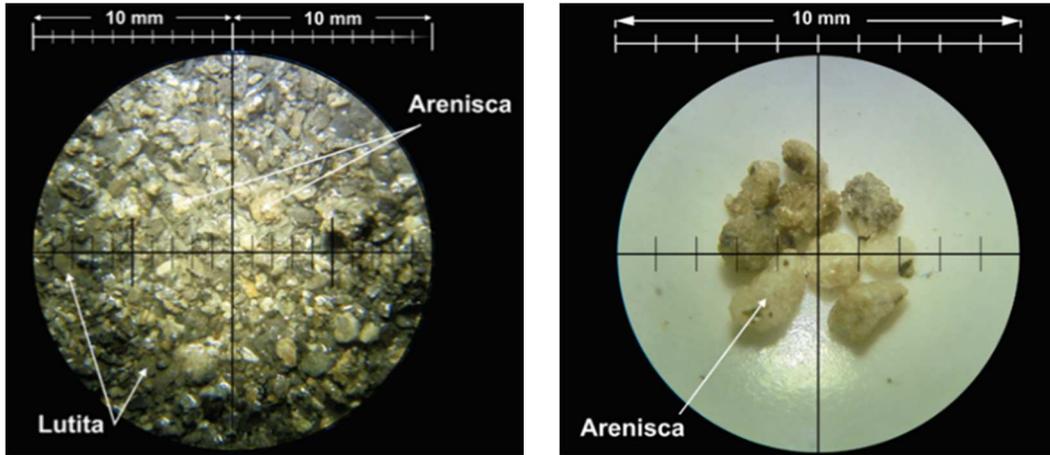


Foto 3.15 Muestras de rípos de perforación de la Arenisca T en el pozo C1 (2). Fuente: Autor.

3.1.8. LITOLOGÍA DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO C2.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo C2 fue perforada a la profundidad de 9249' TVD / 8394' (TVDSS) y su litología se caracteriza por:

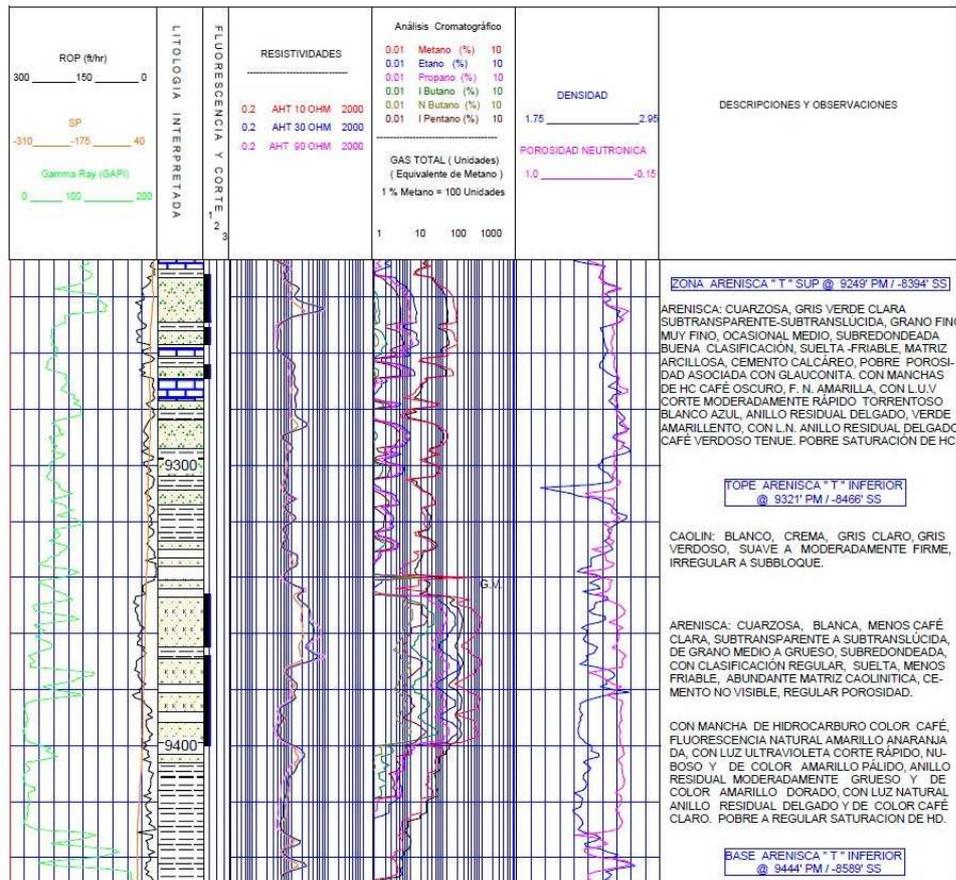


Fig. 3.11 Registro Litológico compuesto del pozo C2 en MD. (Petrokem L.S. 2014).

Arenisca: cuarzosa, amarillo verdoso moderado, café oliva claro, en partes verde azul pálido; de grano fino, en partes muy fino, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris media, gris clara media, fisil, planar, dura, astillosa, de forma alargada, no calcárea.

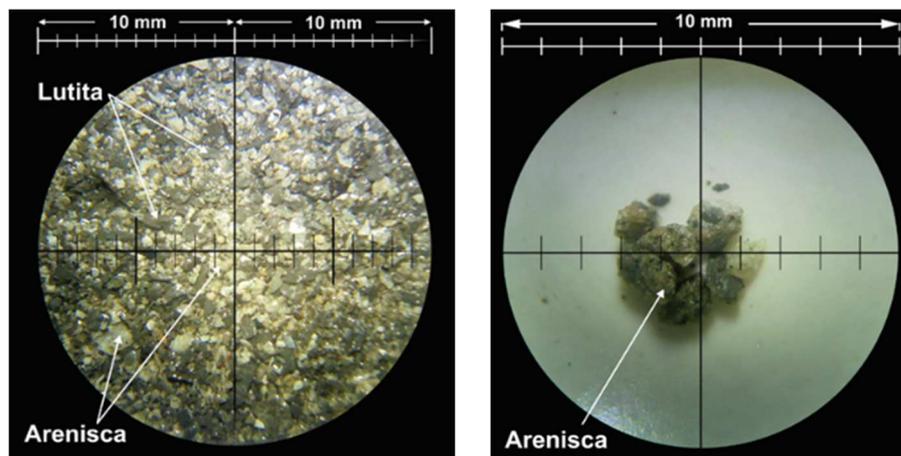


Foto 3.16 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo C2 (1). Fuente: Autor.

Arenisca: cuarzosa, gris amarillenta, café oliva moderado; de grano medio, en partes grueso, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.

Lutita: gris muy clara, gris oscura media, fisil, planar, dura, en forma de bloque, alargada, no calcárea.

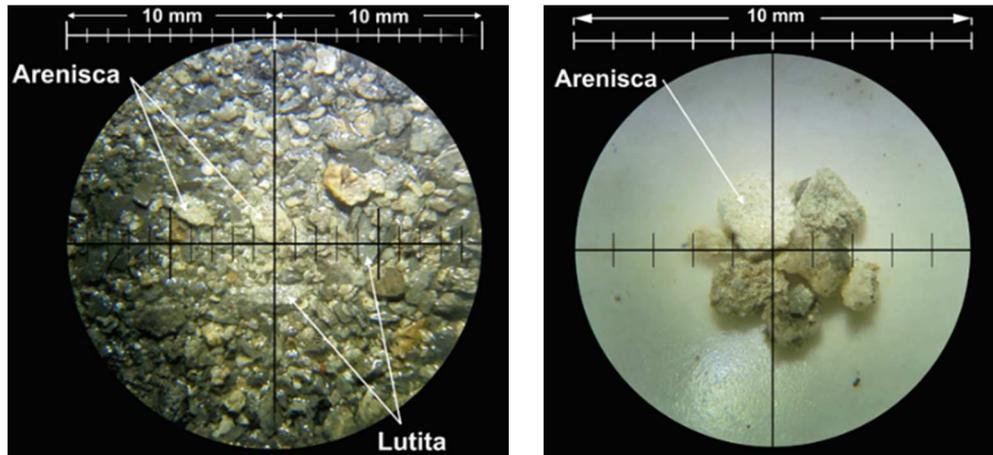


Foto 3.17 Muestras de ripios de perforación de la Arenisca T en el pozo C2 (2). Fuente: Autor.

3.2. INDICIOS HIDROCARBURIFEROS DE LA ARENISCA 'T'.

El análisis (Oil Shows) de los ripios de perforación que presentaron manchas de hidrocarburos en los 8 pozos del área de estudio mostró el siguiente resultado.

3.2.1. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO A1.

Pobre manifestación de hidrocarburos: Trazas – 10% de la muestra; manchas en forma de puntos color marrón oscuro; fluorescencia natural amarillo pálido; fluorescencia al corte: moderadamente rápido, correntoso, débil, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: fino amarillo verdoso; anillo residual con luz ultravioleta: fino amarillo pálido.

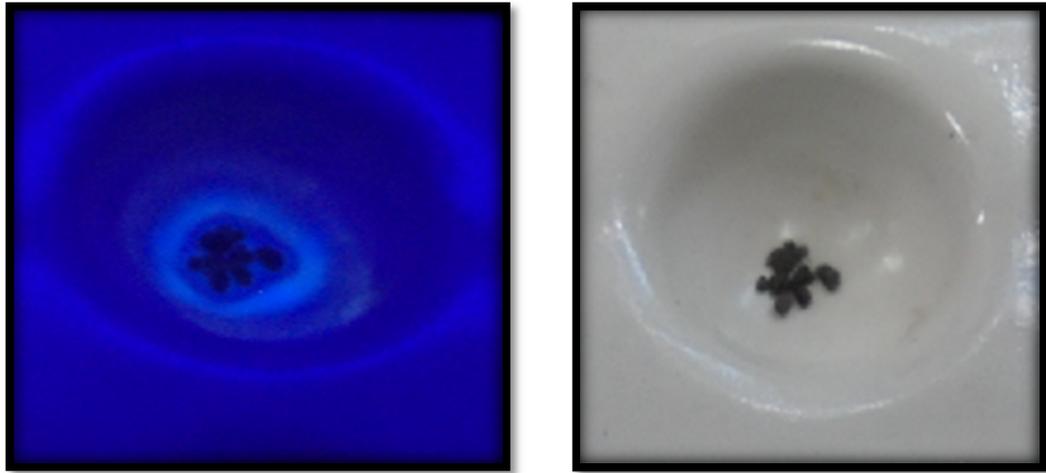


Foto 3.18 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A1 (1). Fuente: Autor

Regular manifestación de hidrocarburos: 10 – 20% de la muestra; manchas uniformes y puntos de color café moderado; fluorescencia natural: amarillo brillante; fluorescencia al corte: rápido, correntoso y nuboso, fuerte, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: fino blanco verdoso; anillo residual con luz ultravioleta: fino blanco amarillento.

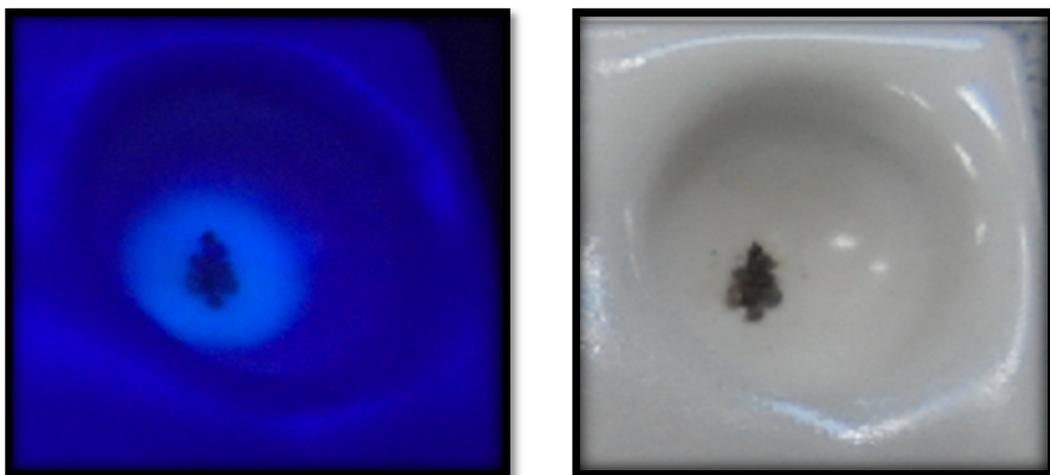


Foto 3.19 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A1 (2). Fuente: Autor

3.2.2. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO A2.

Pobre manifestación de hidrocarburo: Trazas – 10% de la muestra; manchas en forma de puntos color negro; fluorescencia natural amarillo pálido; fluorescencia al corte: moderadamente rápido, correntoso, fuerte, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: fino café claro; anillo residual con luz ultravioleta: fino amarillo verdoso.

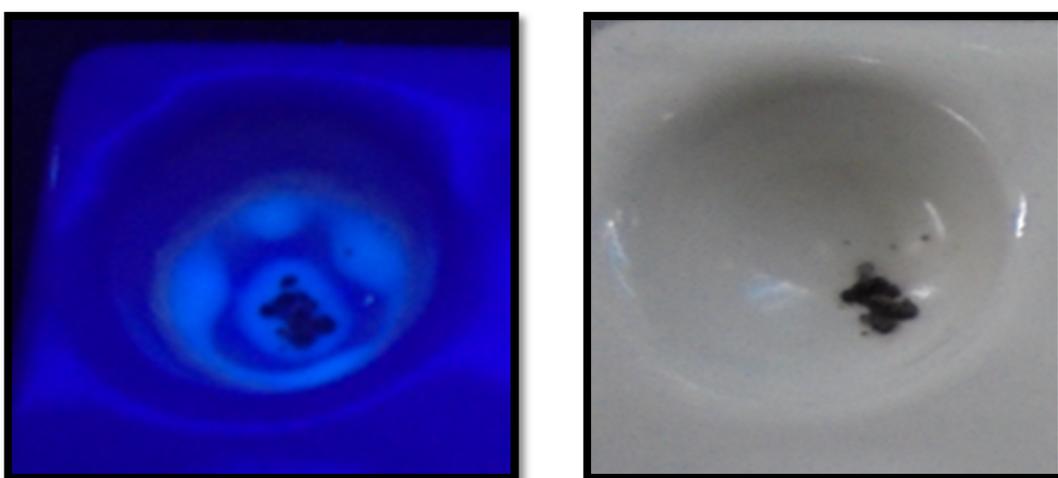


Foto 3.20 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A2 (1). Fuente: Autor

Regular manifestación de hidrocarburo: 10 – 20% de la muestra; manchas en forma de parches de color café claro; fluorescencia natural: amarillo dorado; fluorescencia al corte: rápido, correntoso, fuerte, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: fino café amarillento; anillo residual con luz ultravioleta: fino blanco amarillento.

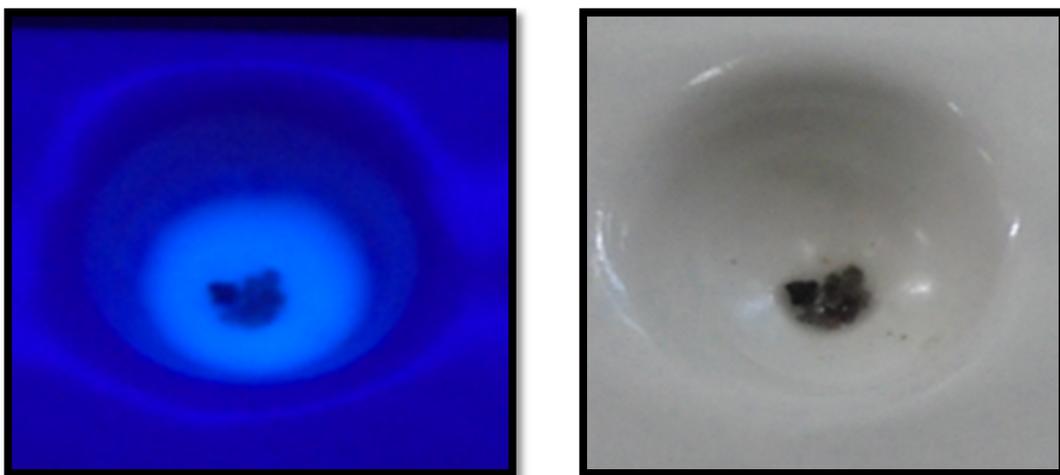


Foto 3.21 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A2 (2). Fuente: Autor

3.2.3. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO A3.

Regular manifestación de hidrocarburo: 10 – 20% de la muestra; manchas en formas de puntos de color café oscuro a café claro; fluorescencia natural: amarillo verdoso pálido; fluorescencia al corte: rápido, correntoso, fuerte, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: no visible; anillo residual con luz ultravioleta: grueso amarillo verdoso.

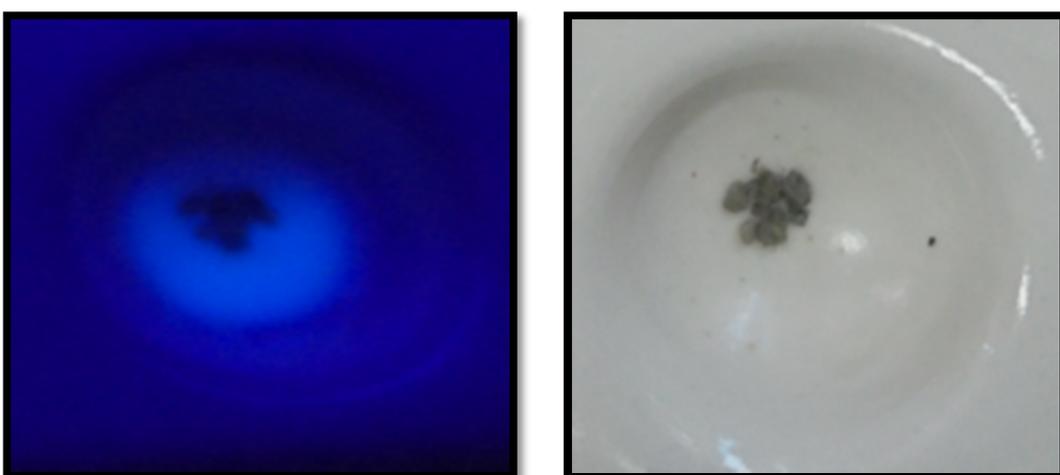


Foto 3.22 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A3 (1). Fuente: Autor

Buena manifestación de hidrocarburo: 20 – 40% de la muestra; manchas en forma de puntos de color café oscuro; fluorescencia natural: amarillo verdoso intenso; fluorescencia al corte: rápido, correntoso y nuboso, fuerte, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: delgado café verdoso; anillo residual con luz ultravioleta: grueso amarillo verdoso.

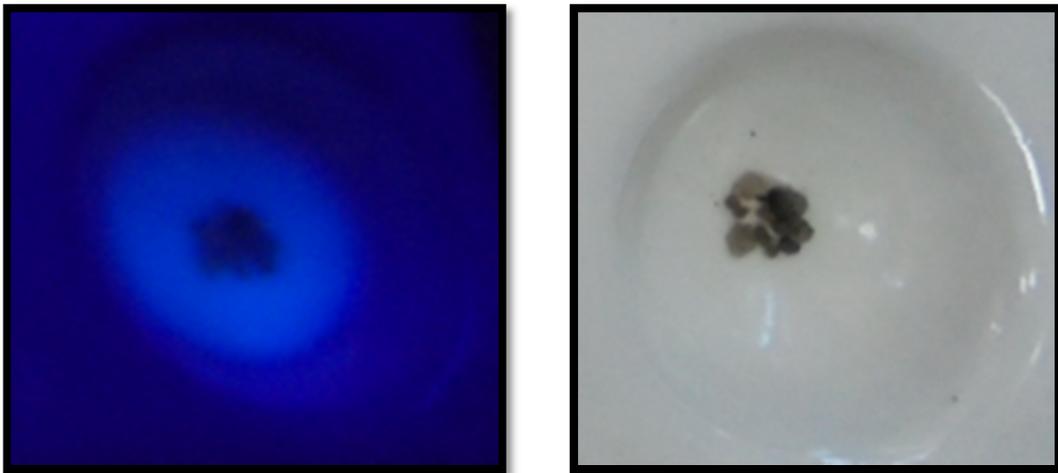


Foto 3.23 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo A3 (2). Fuente: Autor

3.2.4. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO B1.

Pobre manifestación de hidrocarburo: Trazas – 10% de la muestra; manchas en formas de parches uniformes de color café; fluorescencia natural: amarillo verdoso opaco; fluorescencia al corte: lento, correntoso, débil, amarillo verdoso; anillo residual con luz natural: no visible; anillo residual con luz ultravioleta: no visible.

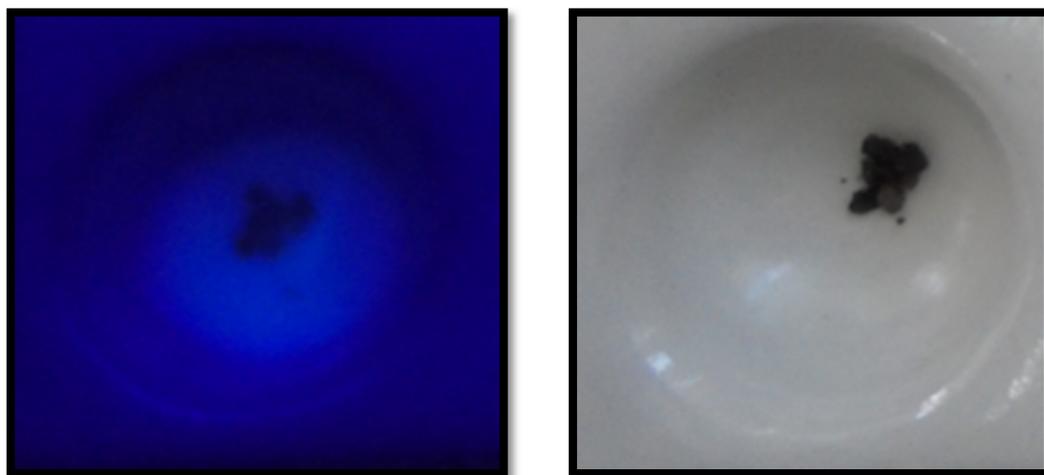


Foto 3.24 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B1 (1). Fuente: Autor

Regular manifestación de hidrocarburo: 10 – 20% de la muestra; manchas uniformes de color café claro; fluorescencia natural: amarillo brillante; fluorescencia al corte: lento, nuboso, débil, blanco azulado; anillo residual con luz natural: muy fino verde amarillento; anillo residual con luz ultravioleta: grueso verde amarillento.

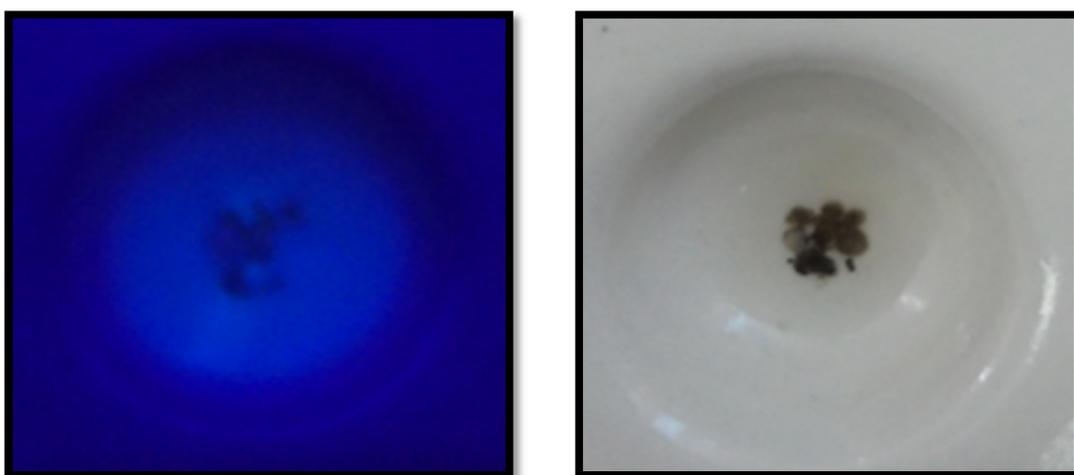


Foto 3.25 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B1 (2). Fuente: Autor

3.2.5. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO B2.

Pobre manifestación de hidrocarburo: Trazas – 10% de la muestra; manchas en formas de puntos de color café claro; fluorescencia natural: amarillo brillante; fluorescencia al corte: rápido, nuboso, fuerte, blanco azulado; anillo residual con luz natural: fino café amarillento; anillo residual con luz ultravioleta: fino amarillo verdoso.



Foto 3.26 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B2 (1). Fuente: Autor

Pobre manifestación de hidrocarburo: Trazas – 10% de la muestra; manchas en formas de puntos de color café claro; fluorescencia natural: amarillo brillante; fluorescencia al corte: lento, correntoso, débil, blanco azulado; anillo residual con luz natural: fino café amarillento; anillo residual con luz ultravioleta: grueso blanco verdoso.

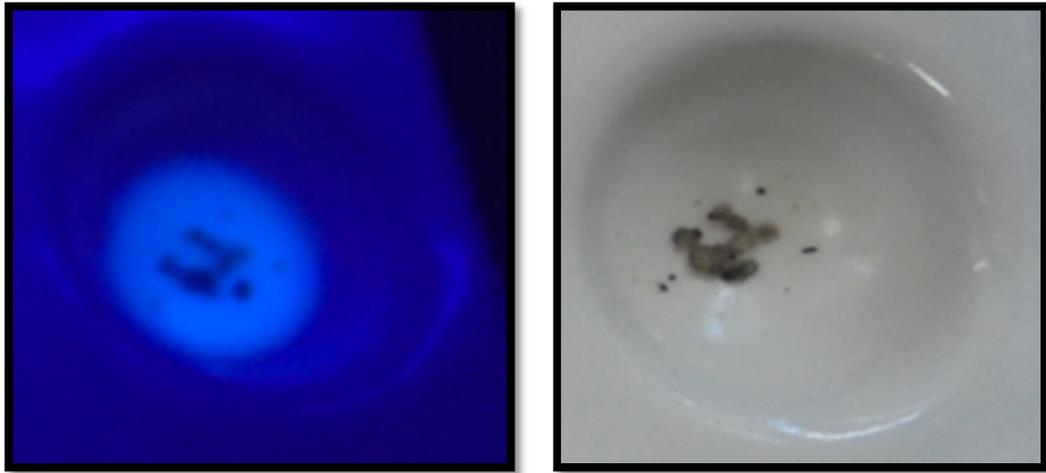


Foto 3.27 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B2 (2). Fuente: Autor

3.2.6. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO B3.

Pobre manifestación de hidrocarburos: Trazas – 10% de la muestra; manchas en formas de puntos de color negro; fluorescencia natural: amarillo opaco; fluorescencia al corte: lento, nuboso, débil, blanco azulado; anillo residual con luz natural: no visible; anillo residual con luz ultravioleta: fino amarillo verdoso.

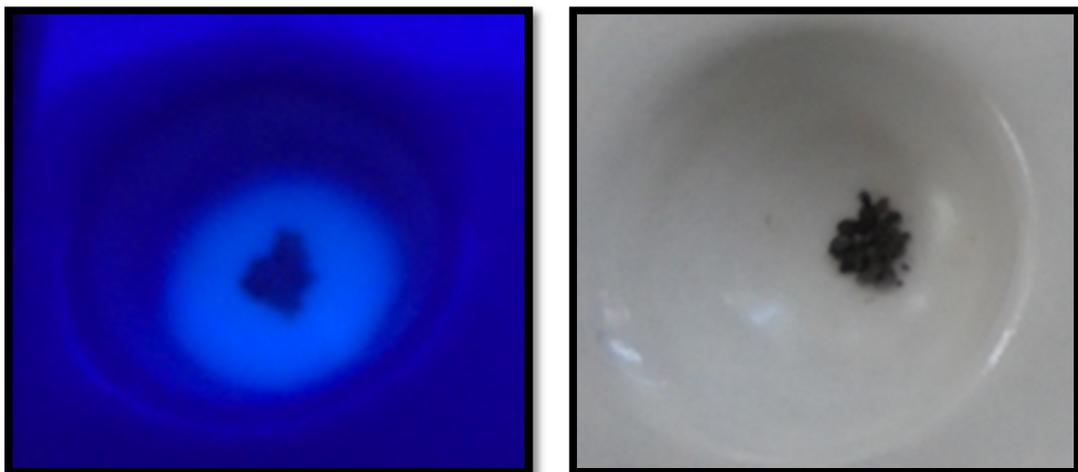


Foto 3.28 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B3 (1). Fuente: Autor

Pobre manifestación de hidrocarburos: Trazas – 10% de la muestra; manchas en formas de puntos de color negro a café claro; fluorescencia natural: amarillo dorado brillante; fluorescencia al corte: lento, correntoso, fuerte, blanco azulado; anillo residual con luz natural: no visible; anillo residual con luz ultravioleta: grueso blanco verdoso.

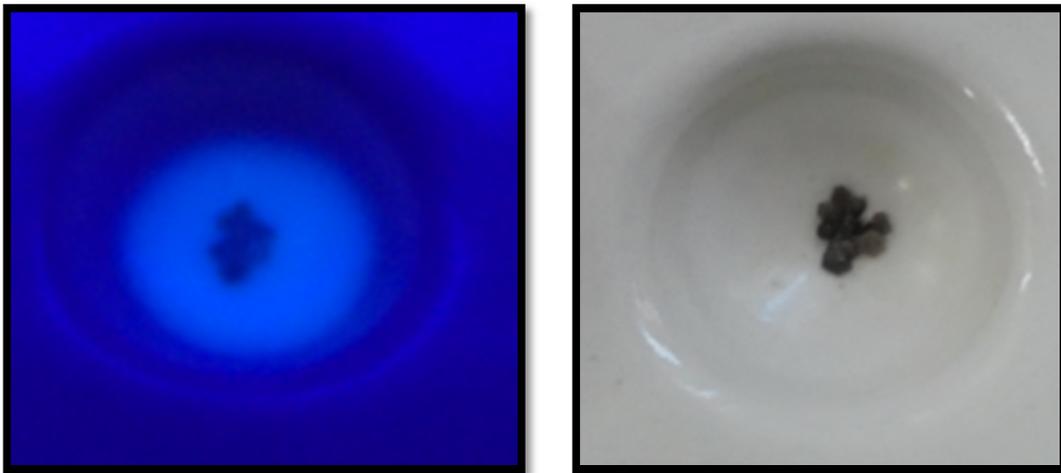


Foto 3.29 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo B3 (2). Fuente: Autor

3.2.7. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO C1.

Pobre manifestación de hidrocarburos: Trazas – 10% de la muestra; manchas en formas de puntos de color negro; fluorescencia natural: amarillo pálido; fluorescencia al corte: lento, correntoso, débil, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: no visible; anillo residual con luz ultravioleta: fino blanco verdoso.

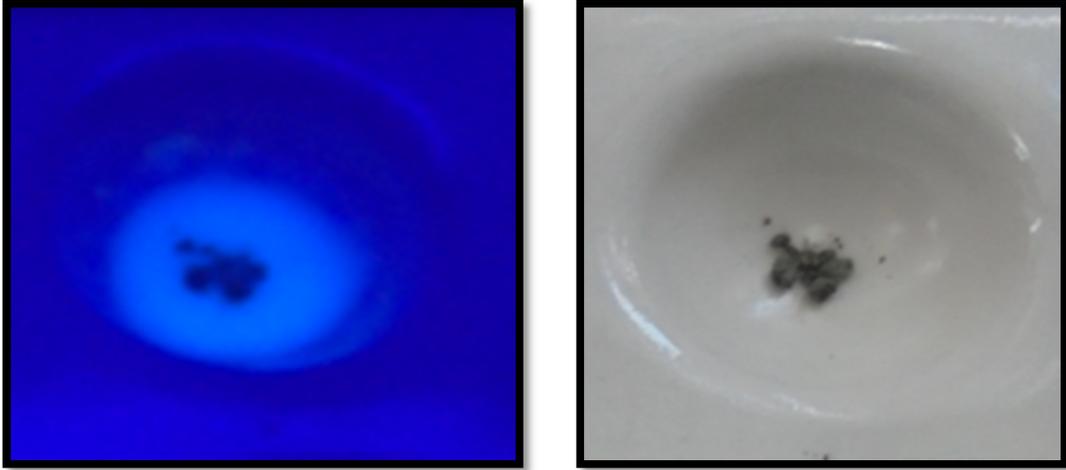


Foto 3.30 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo C1 (1). Fuente: Autor

Regular manifestación de hidrocarburos: 10 – 20% de la muestra; manchas en formas de puntos y parches de color negro; fluorescencia natural: amarillo dorado; fluorescencia al corte: rápido, correntoso, fuerte, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: grueso café amarillento; anillo residual con luz ultravioleta: grueso blanco lechoso.

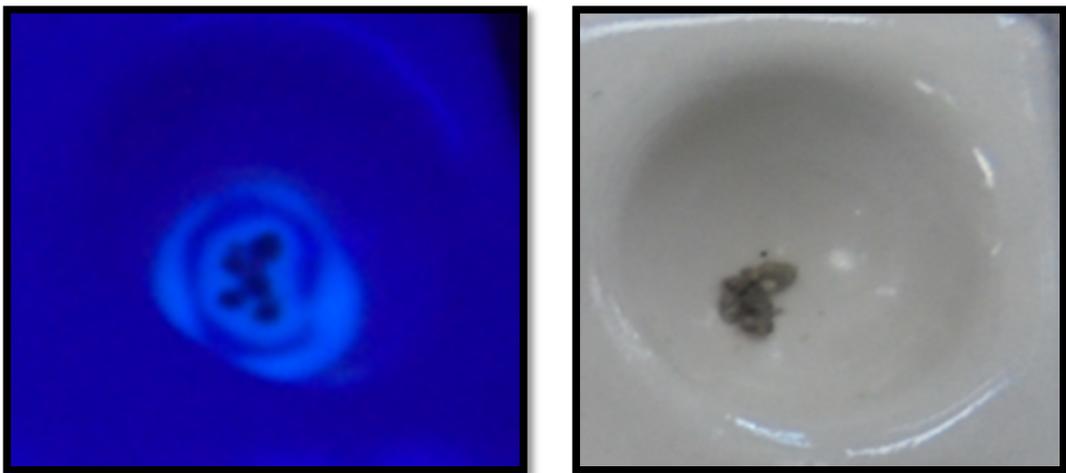


Foto 3.31 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo C1 (2). Fuente: Autor

3.2.8. ANÁLISIS DE MUESTRAS CON HIDROCARBUROS EN EL POZO C2.

Pobre manifestación de hidrocarburos: Trazas – 10% de la muestra; manchas en formas de parches de color café oscuro; fluorescencia natural: amarillo pálido; fluorescencia al corte: rápido, correntoso, débil, blanco azulado; anillo residual con luz natural: fino café verdoso; anillo residual con luz ultravioleta: fino amarillo verdoso.

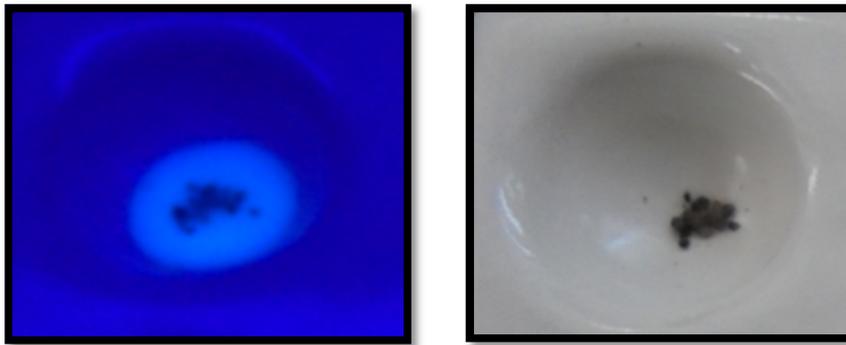


Foto 3.32 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo C2 (1). Fuente: Autor

Pobre manifestación de hidrocarburos: Trazas – 10% de la muestra; manchas en formas de puntos de color café; fluorescencia natural: amarillo anaranjado; fluorescencia al corte: rápido, nuboso, fuerte, amarillo pálido; anillo residual con luz natural: fino café claro; anillo residual con luz ultravioleta: grueso amarillo dorado.

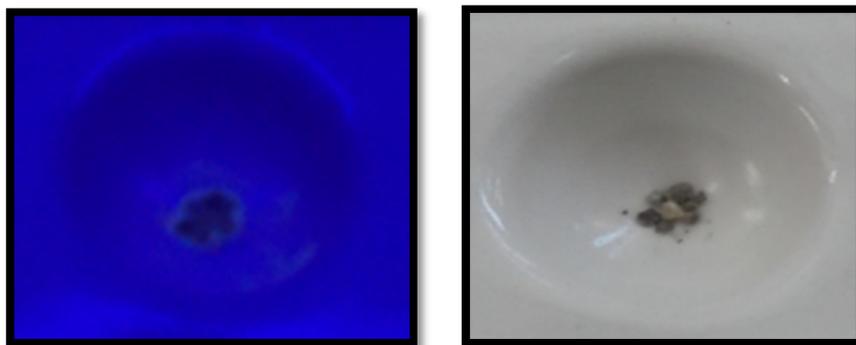


Foto 3.33 Vista del anillo residual con luz ultravioleta (izquierda) y luz natural (derecha) de las muestras de Arenisca manchadas con hidrocarburos en el pozo C2 (2). Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T'

4.1. INTRODUCCIÓN A LOS REGISTROS ELÉCTRICOS.

Los registros eléctricos nos proporcionan criterios para la interpretación de la génesis de un reservorio, el tipo y la forma de la curva se encuentran relacionadas con la textura, petrología y estructuras sedimentarias del reservorio.

Los principales tipos y formas de las curvas que nos brindan una idea acerca de la granulometría, arcillosidad y forma del reservorio son de tipo CAMPANA o FINNING UP relacionado con areniscas fluviales, tipo EMBUDO o COURSENING UP asociados con islas de barras y barras marinas someras, los tipo CILINDRICOS asociados con arenas costeras marinas y los tipos de curvas MULTIPLES generadas por intercalaciones de capas con diferentes tamaños de granos, la forma de la curva aserrada o lisa también nos sugiere la cantidad de arcilla presente.

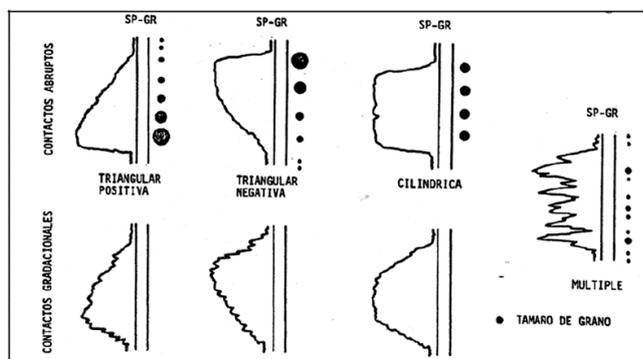


Fig. 4.1 Tipos y formas de curvas asociadas con la granulometría, arcillosidad y contactos de un reservorio (autor N/A).

La curva con forma de campana indica una granulometría afinando hacia arriba propio de areniscas fluviales, una curva con forma de embudo está asociada con el tamaño del grano afinando hacia abajo característico de corrientes con fuerte energía propio de mareas, la curva con forma cilíndrica nos indica un tamaño de grano uniforme depositados en plataformas arenosas y al frente de deltas.

Las rocas presentan ciertos fenómenos físicos naturales que pueden ser medidos directa e indirectamente, fenómenos físicos tales como la radioactividad natural (GR) y el potencial espontaneo (SP).

4.1.1. REGISTRO DE POTENCIAL ESPONTANEO.

La curva del SP se produce como resultado de la interacción del agua de formación y el fluido de perforación, registra el potencial eléctrico (voltaje) generado por iones presentes en el agua de formación. En lutitas la curva del SP se manifiesta como una línea más o menos recta denominada línea de base de lutitas, en respuesta a formaciones permeables la curva del SP genera deflexiones al lado opuesto de la línea de base de lutitas, que en cuerpos de gran espesor mantiene una tendencia recta formando así una línea de arena.

La deflexión de la curva es relativa, a la izquierda negativa o hacia la derecha positiva, depende de la relación de salinidad entre el agua de formación y el filtrado de lodo de perforación, si el agua de formación es más salina que el filtrado de lodo la curva flexiona hacia la izquierda, si es lo contrario flexiona hacia la derecha.

4.1.2. REGISTRO DE RAYOS GAMMA.

La curva del GR es un registro que mide la radioactividad natural de las formaciones.

En formaciones arcillosas y lutitas la curva del GR presenta lecturas altas de radioactividad, debido a la presencia de minerales radioactivos como URANIO, POTACIO y TORIO, en formaciones limpias los valores de radioactividad son muy bajos, a menos que contengan contaminantes radioactivos.

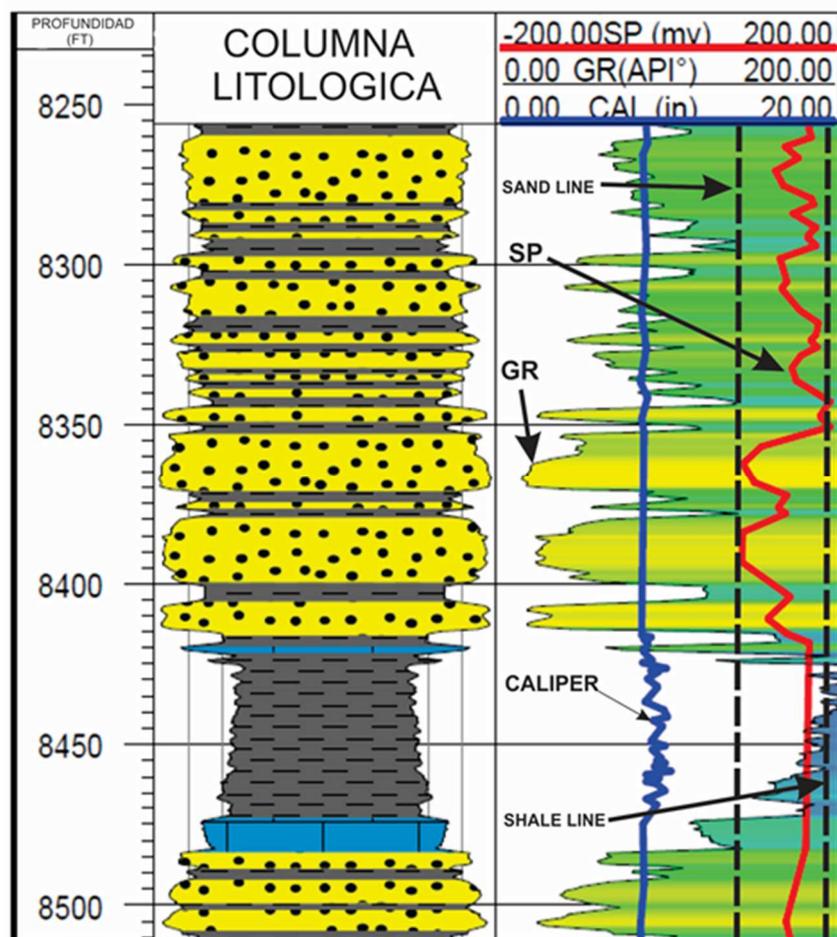


Fig. 4.2 Registros GR, SP & CALIPER en respuesta a diferentes litologías.

4.1.3. REGISTRO DE RESISTIVIDAD.

La propiedad de un cuerpo de no permitir el paso de la electricidad a través de sí mismo se denomina resistividad.

Los registros de resistividad de una formación son muy útiles para la evaluación de un yacimiento, ya que permite determinar la saturación de hidrocarburos. La electricidad se desplaza a través de la formación por medio del agua contenida en los poros de la roca o por el agua intersticial presente en las arcillas, esto hace posible que la resistencia expuesta por otros fluidos (Hidrocarburos) presentes en la formación sean mensurables.

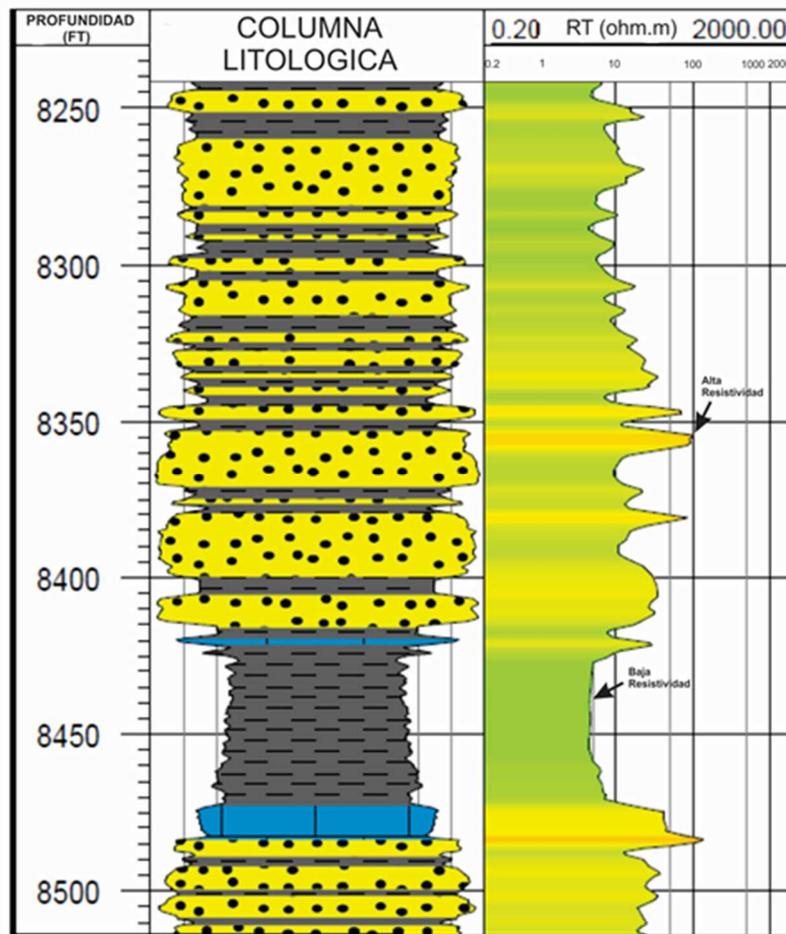


Fig. 4.3 Resistividad verdadera en una secuencia de arenas, lutitas y calizas.

4.1.4. REGISTROS DE POROSIDAD.

Las curvas de los registros de Neutrón y Densidad son empleadas para determinar la porosidad de la roca.

4.1.4.1. REGISTRO DE NEUTRÓN.

La curva del registro de neutrón refleja la cantidad de hidrógeno presente en la formación, es decir, ya que los fluidos presentes en los poros de la formación (agua e hidrocarburos) contienen hidrógeno las lecturas responderán a la porosidad saturada de fluidos, cuando la formación es limpia y/o está saturada de hidrocarburos los valores de porosidad saturada serán bajos, en lutitas y arcillas reflejaran valores altos, esto se debe a que la herramienta del registro neutrón bombardea la formación con neutrones de alta energía, los neutrones colisionan con los átomos de hidrógeno perdiendo energía en cada choque lo que se traduce en una lectura con bajos valores.

4.1.4.2. REGISTRO DE DENSIDAD.

El registro de densidad tiene el mismo principio que el registro neutrón, la herramienta emite partículas de alta velocidad (rayos gamma) las cuales colisionan con los electrones de la formación, con cada colisión los rayos gamma pierden energía lo que se traduce en una baja lectura. Las herramientas de registros de densidad están diseñadas para medir la densidad del bloque y el **factor fotoeléctrico (Pe)**, la densidad del bloque está en función de la densidad de la matriz de la roca, la cantidad de porosidad presente y la densidad de los fluidos que rellenan los espacios porosos, mientras que el factor fotoeléctrico puede ser usado para determina la litología

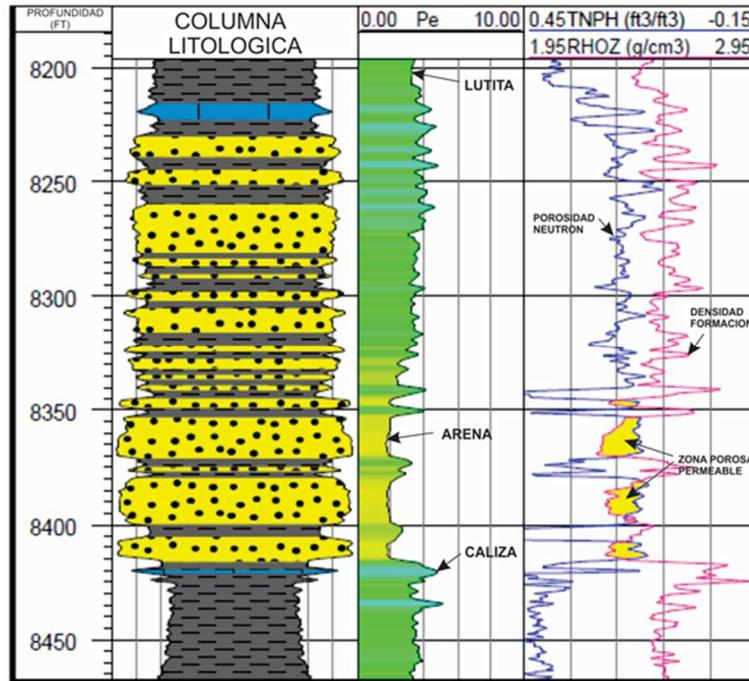


Fig. 4.4. Relación registro neutrón vs densidad mostrando zonas porosas y permeables correlacionado con Factor fotoeléctrico (Pe).

Tabla 4.1 Valores de Pe para diferentes tipos de minerales.

Tipos de Rocas & Minerales	Pe
Arenisca	1.81
Caliza	5.08
Dolomita	3.14
Lutita	2.5 - 3.5
Anhidrita	5.05
Halita	4.65
Carbon	0.2

Fuente: Halliburton (2004). Spectral Density Logging Tool (SDLT-D) [Diapositiva]. Fort Worth Learning Center, 76 diapositivas.

4.2. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T'.

Es muy importante entender la respuesta de los registros eléctricos a las características litológicas de un reservorio ya que esto permitirá conocer los cambios de espesores y mineralógicos que pueden presentarse en un estrato, así como también nos facilita la determinación de topes y bases y la correlación entre pozos vecinos.

4.2.1. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO A1.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo A1 muestra 2 Electrofacies, las cuales se describen a continuación:

- INTERCALACIONES DE ARENISCA Y LUTITA
- ALTERNANCIA DE ARENISCA Y LUTITA

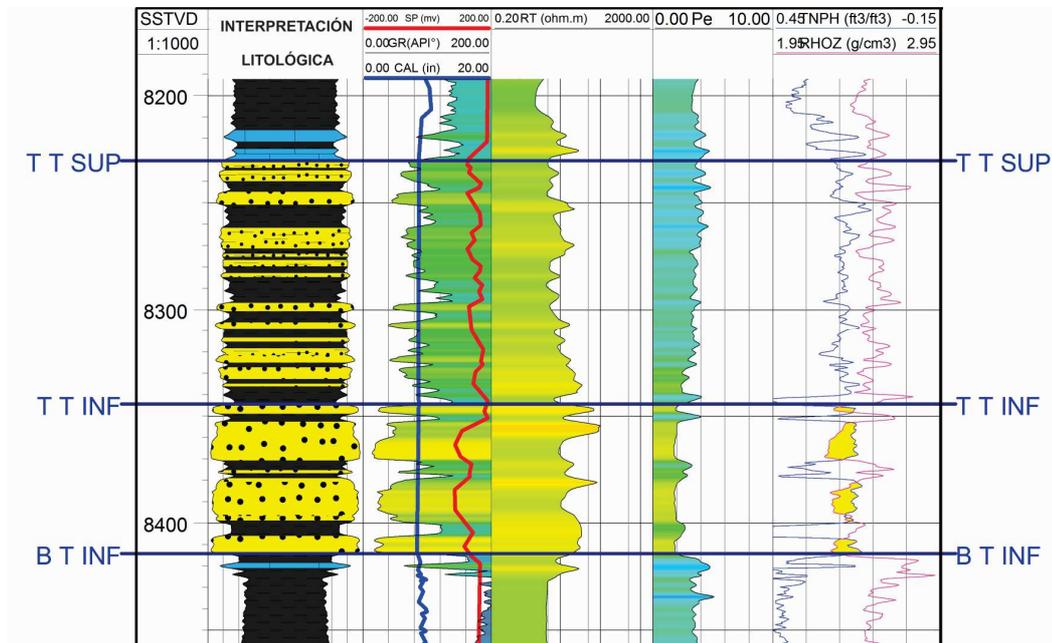


Fig. 4.5 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la arenisca T en el pozo A1.

Las **Intercalaciones de Arenisca y Lutita** presentan una morfología múltiple que responde a diferentes tamaños de granos, con tope y base abruptos.

Estas electrofacies presentan una deflexión de la curva del SP hacia la izquierda, valores de GR altos (80 – 90 °API) con picos de valores bajos, resistividad variable (5 – 10 ohm.m), factor fotoeléctrico con tendencia a disminuir hacia la base (4 – 3), valores de neutrón bajos (0.1 – 0.2 Ft³/Ft³) y densidad variable (2.45 – 2.70 g/cm³).

La **Alternancia de arenisca y lutita** presenta una morfología de campana y a su vez múltiple, el tipo campana se caracteriza por la disminución del tamaño de grano hacia arriba, presenta tope y base abruptos.

Estas electrofacies se caracterizan por una deflexión negativa del SP, valores bajos de GR (18 – 30 °API) en su mayor parte, picos altos de resistividad (90 ohm.m), factor fotoeléctrico con valores bajos (1.8 – 2), valores de neutrón (0.15 Ft³/Ft³) y densidad bajos (2.30 g/cm³) produciendo el cruce de curvas en zonas porosas y permeables.

Tabla 4.2 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo A1.

POZO A1					
ARENISCA "T" SUPERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	40 - 80	5 - 40	0.27 - 0.12	2.45 - 2.75	2.5 - 5
PROMEDIO	55	15	0.18	2.6	3.5
ARENISCA "T" INFERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	20 - 40	10 - 200	0.21 - 0.12	2.25 - 2.35	1.8 - 2.5
PROMEDIO	30	60	0.15	2.3	2

Fuente: Autor

4.2.2. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO A2.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo A2 muestra 3 Electrofacies, las cuales se describen a continuación:

- INTERCALACIONES DE ARENISCA Y LUTITA
- LUTITA
- ARENISCA

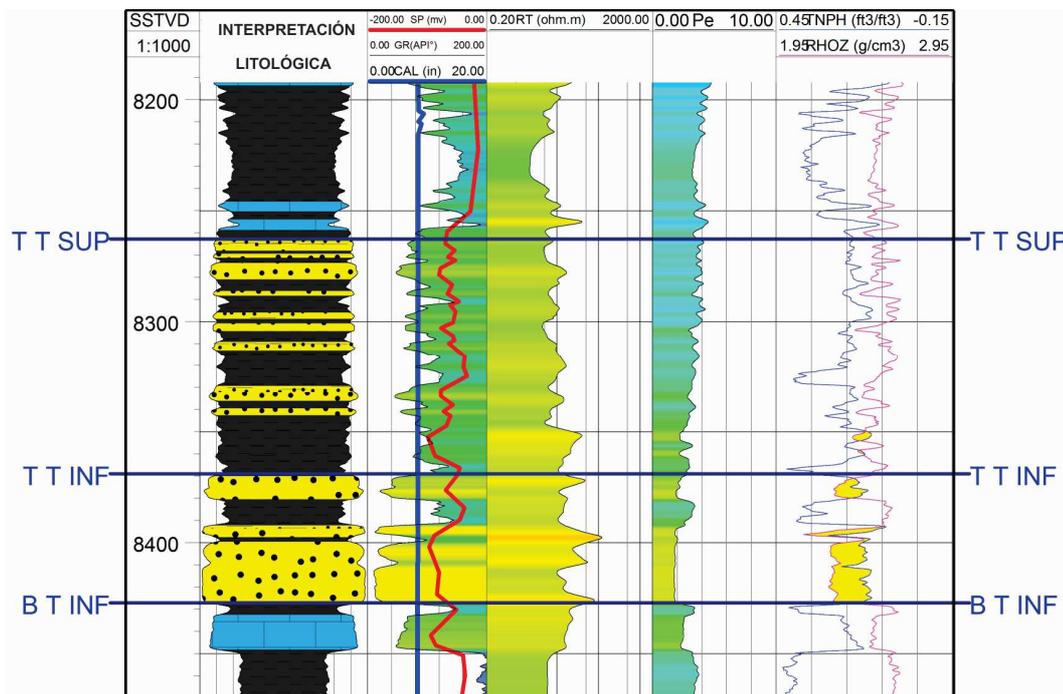


Fig. 4.6 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la arenisca T en el pozo A2. Fuente: Autor.

Las **Intercalaciones de arenisca y lutita** presentan una morfología tipo múltiple con tope gradacional y base abrupta.

Se caracteriza por la deflexión negativa de la curva del SP, valores medios-altos de GR (60 – 80 °API) con picos bajos, valores medios de resistividad (8 – 9 ohm.m), factor fotoeléctrico con valores de tendencia a

disminuir hacia la base (4 – 2.5), valores bajos de neutrón (0.18 Ft³/Ft³) con picos altos y valores de densidad variables (2.50 – 2.60 g/cm³).

La **Lutita** presenta una morfología aserrada con tope y base abruptos, la curva del SP con deflexión hacia la línea base, valores de GR altos (130 °API), la resistividad presenta valores medios (10 ohm.m) y el factor fotoeléctrico valores medio-altos (4) valores de Neutrón altos (0.35) debido a la presencia de hidrogeno en los minerales de arcilla, la densidad presenta un valor promedio de 2.5 g/cm³.

La **Arenisca** presenta una morfología con tendencia cilíndrica característica de un mismo tipo de tamaño de grano, con base y tope abruptos.

Se caracteriza por la deflexión negativa de la curva del SP, valores bajos de GR (10 °API) valores altos de resistividad (112 ohm.m), valores bajos del factor fotoeléctrico (1.8) y por el cruce de las curvas de Neutrón (0.15 Ft³/Ft³) y Densidad (2.27 g/cm³) con valores bajos en zonas porosas y permeables.

Tabla 4.3 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo A2.

POZO A2					
ARENISCA "T" SUPERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	50 - 70	4 - 30	0.21 - 0.15	2.4 - 2.65	3 - 4
PROMEDIO	60	8	0.18	2.5	3.5
ARENISCA "T" INFERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	10 - 40	10 - 100	0.18 - 0.12	2.25 - 2.35	1.8 - 2.5
PROMEDIO	20	40	0.15	2.3	2

Fuente: Autor.

4.2.3. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO A3.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo A3 se caracteriza por 2 Electrofacies, las cuales se describen a continuación:

- INTERCALACIONES DE ARENISCA Y LUTITA
- ARENISCA

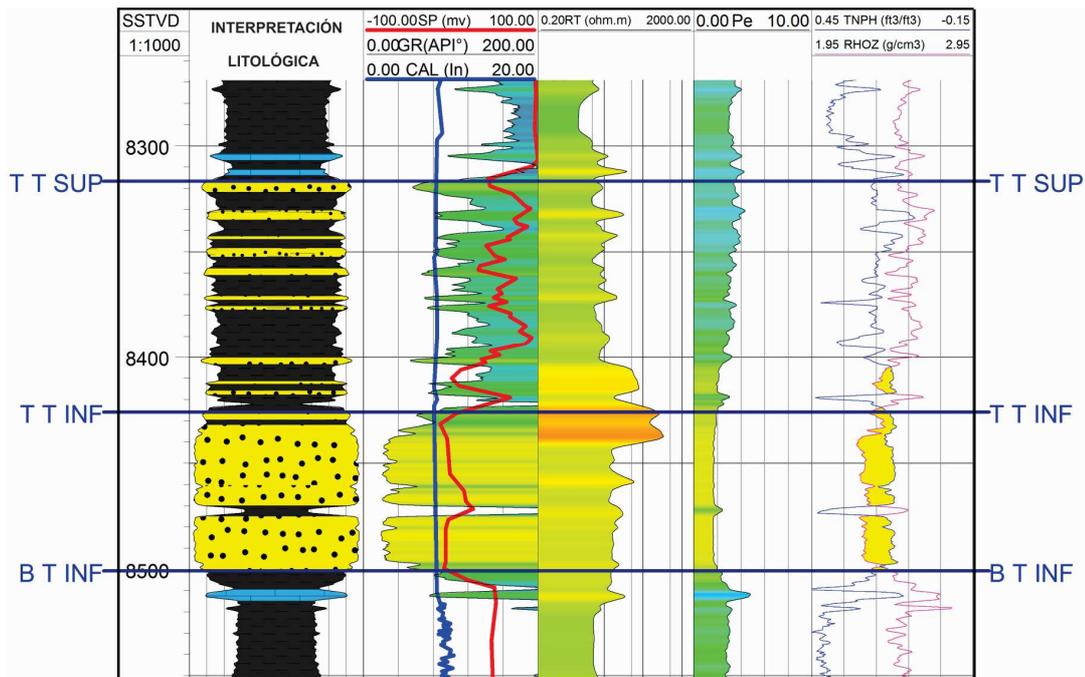


Fig. 4.7 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la arenisca T en el pozo A3.

Las **Intercalaciones de arenisca y lutita** presentan una morfología múltiple con tope abrupto y base gradacional.

Se caracteriza por la deflexión negativa de la curva del SP, valores altos de GR (90 – 120 ° API) resistividad baja con algunos picos altos (6 – 75 ohm.m), valores altos del factor fotoeléctrico en el tope y bajos hacia la base (3.98 – 2.1), valores de Neutrón bajos con picos altos (0.22 – 0.35 Ft3/Ft3), valores de densidad variable (2.40 – 2.60 g/cm3).

La **Arenisca** muestra una morfología tipo cilíndrica con tope y base gradacionales.

Se caracteriza por la curva del SP que tiene una deflexión negativa y forma una línea base de arena, la curva del GR presenta valores bajos (20 °API), la resistividad contiene altos valores y picos muy altos (50 – 300 ohm.m), el factor fotoeléctrico posee valores bajos (1.7 – 2) y las curvas de Neutrón (0.14 Ft³/Ft³) y Densidad (2.24 g/cm³) con valores bajos se cruzan en las zonas porosas y permeables.

Tabla 4.4 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo A3.

POZO A3					
ARENISCA "T" SUPERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	60 - 90	4 - 20	0.36 - 0.06	2.4 - 2.7	2.5 - 4
PROMEDIO	75	15	0.21	2.55	3
ARENISCA "T" INFERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	25 - 60	15 - 400	0.21 - 0.135	2.25 - 2.4	1 - 2
PROMEDIO	30	80	0.15	2.28	1.5

Fuente: Autor.

4.2.4. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO B1.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo B1 se caracteriza por 3 Electrofacies, las cuales se describen a continuación:

- INTERCALACIONES DE ARENISCA Y LUTITA
- LUTITA
- ARENISCA

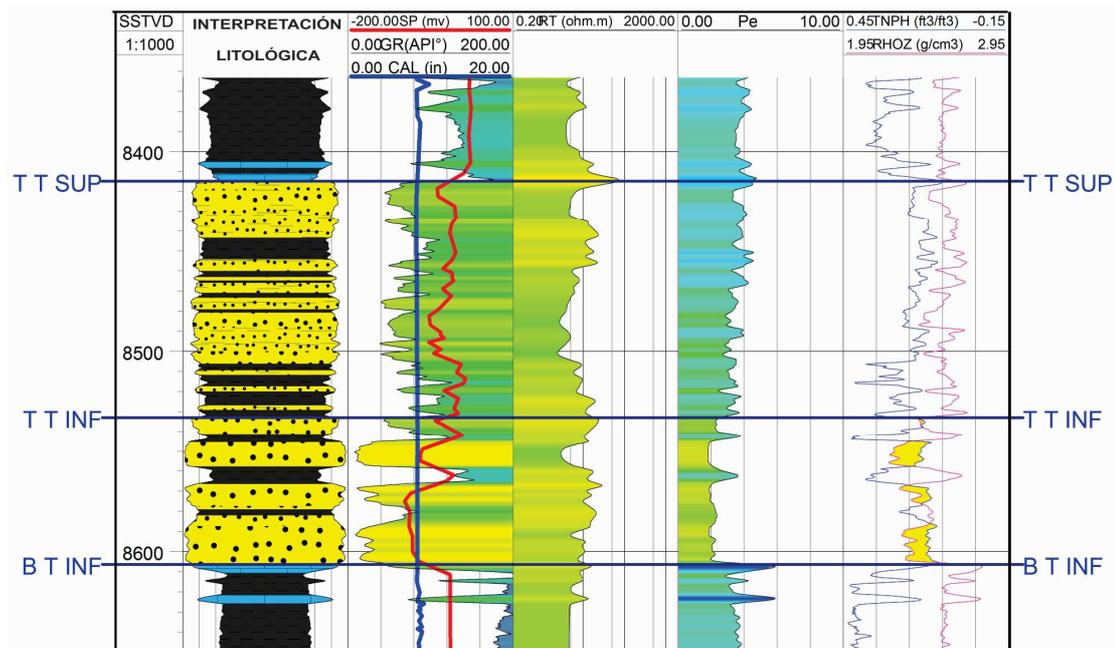


Fig. 4.8 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la arenisca T en el pozo B1.

Las **Intercalaciones de arenisca y lutita** presentan una morfología múltiple con tope y base abruptos.

Se caracteriza por la deflexión negativa de la curva del SP, valores de GR medios – altos (50 – 80 °API), valores bajos de resistividad (5 ohm.m), valores altos del factor fotoeléctrico (3.9), el Neutrón presenta valores bajos (0.22 Ft3/Ft3) con picos altos y la densidad valores variables (2.50 – 2.60 g/cm3).

La **Lutita** presenta una morfología aserrada con tope y base abruptos, la curva del SP con deflexión hacia la línea base, valores de GR altos (140 °API), la resistividad (10 ohm.m) y el factor fotoeléctrico (3.5) con valores medios, valores de Neutrón (0.37 Ft3/Ft3) y densidad altos (2.47 g/cm3).

La **Arenisca** presenta morfologías variadas como cilíndricas lisas y cilíndricas aserradas con topes y bases abruptos.

Se caracteriza por la línea de base de arena formada por deflexión negativa de la curva del SP, valores bajos de GR (10 °API), valores medios de resistividad (15 ohm.m), valores del factor fotoeléctrico bajo con picos altos (1.8), los valores de neutrón (0.15 – 0.30 Ft³/Ft³) y densidad (2.27 – 2.60 g/cm³) variables cruzándose en zonas porosas y permeables.

Tabla 4.5 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo B1.

POZO B1					
ARENISCA "T" SUPERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	DENSIDADES		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	40 - 60	3 - 40	0.24 - 0.12	2.45 - 2.7	2.5 - 4
PROMEDIO	50	9	0.18	2.55	3.5
ARENISCA "T" INFERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	DENSIDADES		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	10 - 40	3 - 30	0.24 - 0.12	2.2 - 2.45	1.8 - 2.5
PROMEDIO	20	20	0.15	2.35	2

Fuente: Autor.

4.2.5. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO B2.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo B2 se caracteriza por 2 Electrofacies, las cuales se describen a continuación:

- INTERCALACIONES DE ARENISCA Y LUTITA
- ALTERNANCIA DE ARENISCA Y LUTITA

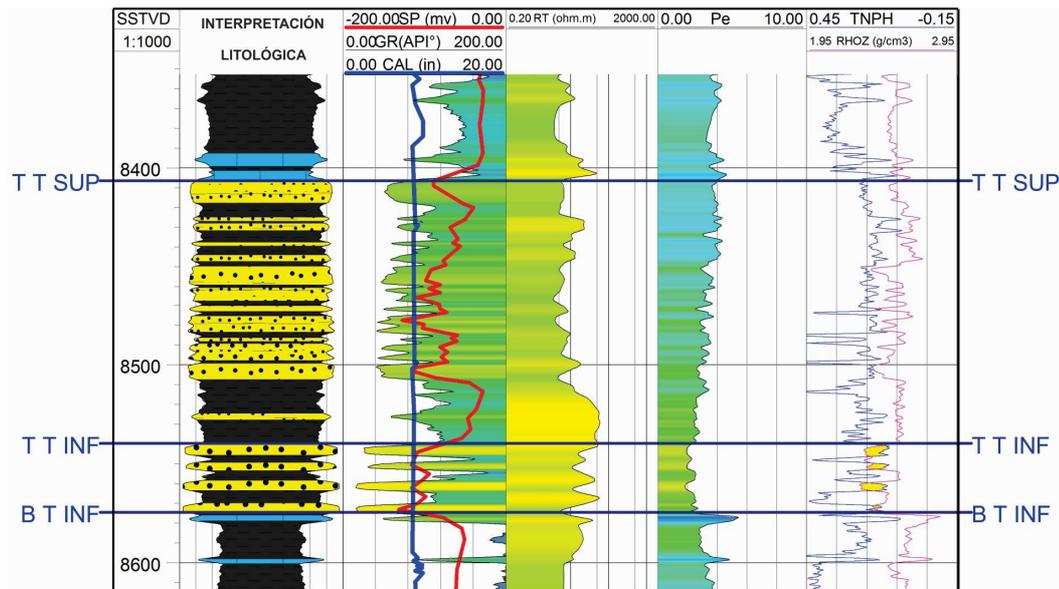


Fig. 4.9. Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la arenisca T en el pozo B2.

Las **Intercalaciones de arenisca y lutita** se caracterizan por su morfología tipo múltiple con tope y base abruptos.

La curva del SP tiene deflexión negativa y hacia la base se aproxima hacia la línea base, la curva del GR posee valores medios – altos (50 – 110 °API) en la parte superior y altos (110 °API) en la parte inferior, la resistividad es variada y alta hacia la base (20 – 50 ohm.m), el factor fotoeléctrico tiende a disminuir hacia la base (4 – 2.3), los valores de Neutrón (0.20 – 0.45 Ft3/Ft3) y densidad (2.40 – 2.60 g/cm³) son variables.

La **Alternancia de arenisca y lutita** presenta una morfología cilíndrica lisa y aserrada con tope y base abruptos.

La curva del SP con deflexión negativa forma una línea base de arena, los valores de GR son bajos (25 ° API) alternando picos altos (90 ° API), la

resistividad presenta picos altos (30 – 50 ohm.m), el factor fotoeléctrico es variable (1.8 – 2.5), las curvas del Neutrón (0.16 – 0.42 Ft³/Ft³) y la densidad (2.30 – 2.50) presenta valores variables cruzándose en zonas porosas y permeables.

Tabla 4.6 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo B2.

POZO B2					
ARENISCA "T" SUPERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	50 - 60	6 - 60	0.32 - 0.08	2.38 - 2.69	2.8 - 4
PROMEDIO	55	8	0.2	2.56	3
ARENISCA "T" INFERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	20 - 100	10 - 55	0.44 - 0.14	2.34 - 2.56	1.9 - 2.5
PROMEDIO	17	30	0.27	2.39	2.2

Fuente: Autor.

4.2.6. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO B3.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo B3 se caracteriza por 3 Electrofacies, las cuales se describen a continuación:

- INTERCALACIONES DE ARENISCA Y LUTITA.
- LUTITA.
- ARENISCA.

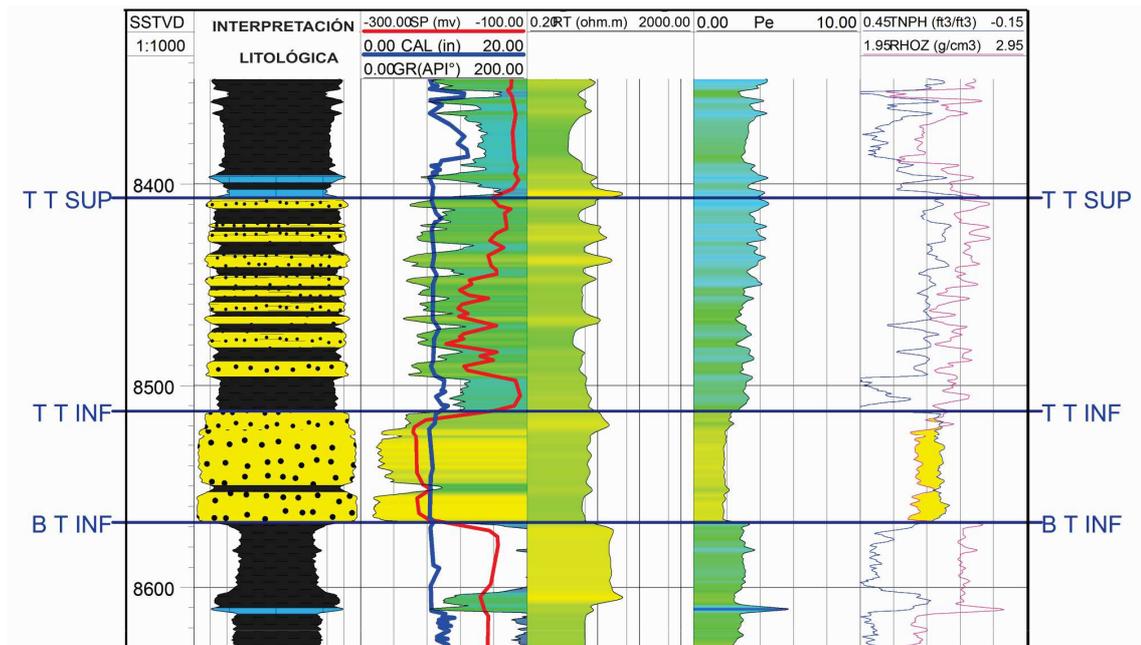


Fig. 4.10. Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la arenisca T en el pozo B3.

Las **Intercalaciones de arenisca y lutita** muestran morfología múltiple con tope y base abruptos.

Se caracterizan por la deflexión negativa de la curva del SP, valores de GR medios-altos (60 -130 ° API), resistividad con valores promedio bajos (4 – 10 ohm.m), valores de factor fotoeléctrico variables (3.8 – 2.5), valores de Neutrón bajos (0.15 Ft3/Ft3) en la parte superior y altos en la parte inferior (0.40 Ft3/Ft3), Densidad variable (2.45 – 2.65 g/cm3).

La **Lutita** presenta una morfología cilíndrica aserrada y contactos abruptos.

Se caracteriza por la curva del SP aproximándose a la línea base, valores de GR altos (120 °API), resistividad con valores bajos (5 ohm.m), factor

fotoeléctrico con valores medios (3.3), el Neutrón presenta valores altos (0.47 Ft3/Ft3) y la Densidad valores variables (2.40 – 2.60 g/cm3).

La **Arenisca** muestra una morfología cilíndrica aserrada con contactos abruptos.

Estas electrofacies se caracterizan por la deflexión negativa de la curva del SP formando una línea base de arena, valores bajos de GR (18 ° API), baja resistividad con un pico alto en la parte superior (7 – 15 ohm.m), valores de factor fotoeléctrico con valores bajos (1.8), cruce de curvas Neutrón (0.16 Ft3/FT3) y Densidad (2.30 g/cm3) con bajos valores en zonas porosas y permeables.

Tabla 4.7 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo B3.

POZO B3					
ARENISCA "T" SUPERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	60 - 110	2 - 20	0.43 - 0.11	2.3 - 2.7	2.5 - 4.3
PROMEDIO	80	10	0.2	2.54	2.9
ARENISCA "T" INFERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	POROSIDAD - DENSIDAD		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	18 - 30	4 - 18	0.17 - 0.13	2.25 - 2.40	1.77 - 2.10
PROMEDIO	22	5.5	0.15	2.31	1.9

Fuente: Autor.

4.2.7. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO C1.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo C1 se caracteriza por 2 Electrofacies, las cuales se describen a continuación:

- INTERCALACIONES DE ARENISCA Y LUTITA.
- ARENISCA.

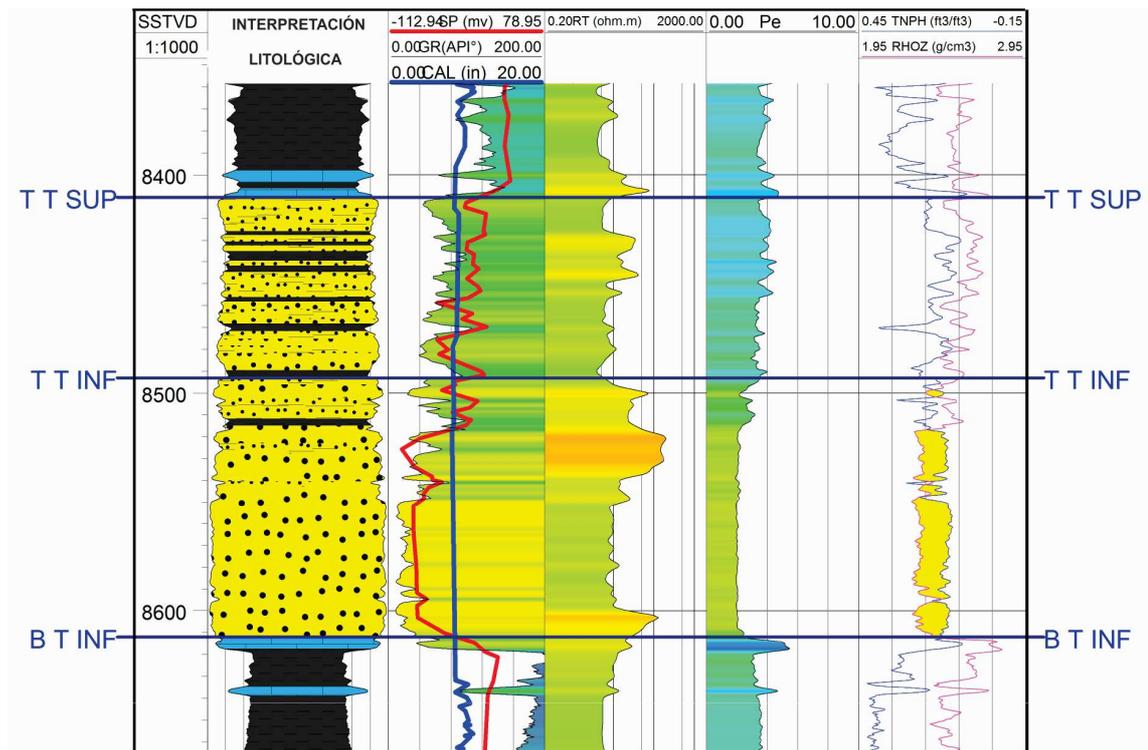


Fig. 4.11 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la arenisca T en el pozo C1.

Las **Intercalaciones de arenisca y lutita** presentan morfología múltiple con tope abrupto y base gradacional.

Estas electrofacies se caracterizan por la deflexión negativa de la curva del SP, con tendencia a formar un línea base de arena, la curva del GR presenta valores bajos, medios y altos (40 – 60 – 90 °API), la Resistividad presenta valores bajos con picos altos (8 – 30 °API), el factor fotoeléctrico muestra valores altos en la parte superior y una tendencia a disminuir hacia la base (4.2 – 3.5), la curva de Neutrón muestra valores bajos (0.13 Ft3/Ft3) y la Densidad (2.40 -2.60 g/cm3) valores variables.

La **Arenisca** presenta una morfología cilíndrica aserrada con tope gradacional y base abrupta.

Se caracteriza por la línea base de arena formada por la deflexión negativa de la curva del SP, valores bajos de GR (18 °API), alta resistividad en la parte superior y baja en la parte inferior (10 – 170 ohm.m), factor fotoeléctrico bajo (1.8 – 2), valores bajos de Neutrón (0.11 Ft³/Ft³) y Densidad (2.30 g/cm³) cruzándose en las zonas porosas y permeables.

Tabla 4.8 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo C1.

POZO C1					
ARENISCA "T" SUPERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	DENSIDADES		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	40 - 60	5 - 40	0.21 - 0.09	2.45 - 2.7	3 - 4
PROMEDIO	50	10	0.12	2.55	3.5
ARENISCA "T" INFERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	DENSIDADES		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	10 - 30	8 - 200	0.18 - 0.12	2.25 - 2.35	1.8 - 3
PROMEDIO	20	15	0.15	2.3	2

Fuente: Autor.

4.2.8. ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T' EN EL POZO C2.

La Unidad Litológica Arenisca 'T' en el pozo C2 se caracteriza por 2 Electrofacies, las cuales se describen a continuación:

- INTERCALACIONES DE ARENISCA Y LUTITA.
- ARENISCA.

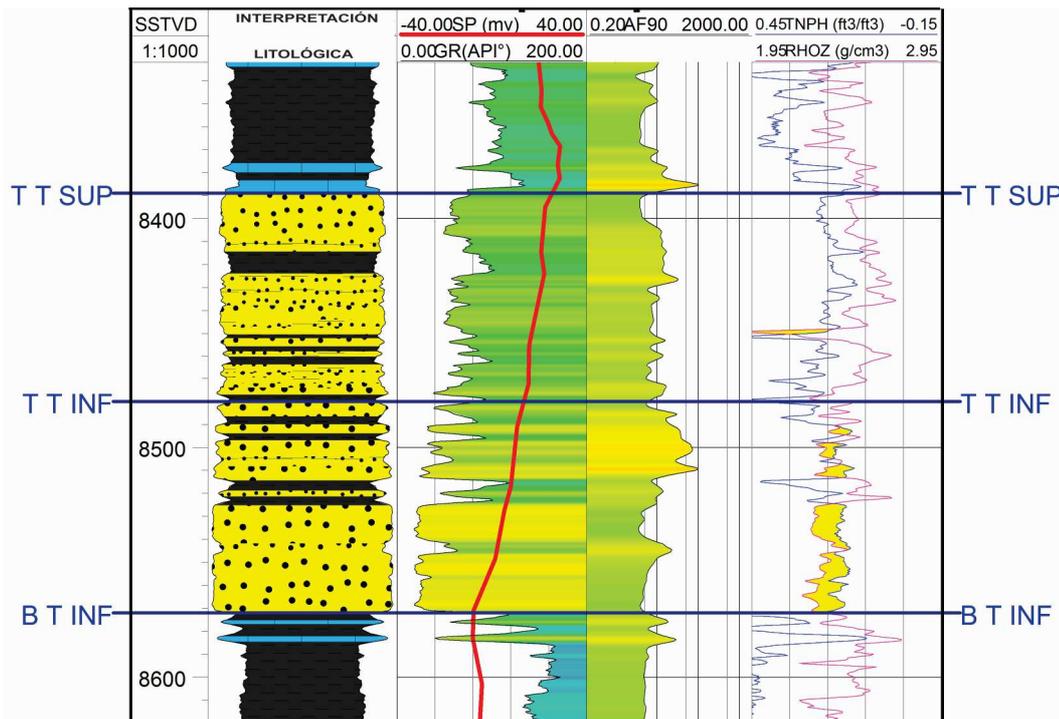


Fig. 4.12 Electrofacies (GR, SP, R, Pe, N, D) de la arenisca T en el pozo C2.

Las **Intercalaciones de arenisca y lutita** presentan una morfología múltiple y contactos abruptos.

Se caracterizan por la curva del SP irregular, la curva del GR muestra valores bajos y altos (55 – 90 °API), presenta alta resistividad en la parte superior e inferior (25 ohm.m), el Neutrón presenta valores bajos en la parte superior y altos en la parte inferior (0.22 – 0.30 Ft3/Ft3), Densidad variable (2.50 – 2.70 g/cm3).

La **Arenisca** presenta una morfología cilíndrica aserrada y contactos abruptos.

Se caracteriza por la curva del SP irregular, valores de GR bajos (20 °API), baja resistividad (4 - 8 ohm.m), Bajos valores de Neutrón (0.18 Ft³/Ft³) y densidad (2.20 – 2.30 g/cm³) cruzándose en zonas porosas y permeables.

Tabla 4.9 Rangos y promedios de las electrofacies en el pozo C2.

POZO C2					
ARENISCA "T" SUPERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	DENSIDADES		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	50 - 60	4 - 12	0.425 - 0.08	2.42 - 2.71	----
PROMEDIO	55	8	0.19	2.59	----
ARENISCA "T" INFERIOR					
REGISTROS	GAMMA RAY (GAPI)	RESISTIVIDADES (ohm.m)	DENSIDADES		
			POROSIDAD NEUTRON (Ft ³ /Ft ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	FACTOR FOTOELECTRICO
RANGO	20 - 40	5 - 100	0.425 - 0.14	2.23 - 2.59	----
PROMEDIO	30	25	0.19	2.41	----

Fuente: Autor.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DE LA ARENISCA 'T'.

El análisis de los rípios de perforación de la Arenisca 'T' en los 8 pozos del área de estudio facilitó la identificación de dos tipos de litología, estas son:

- **Arenisca**
- **Lutita**

En la arenisca se reconocieron dos tipos de minerales accesorios que permiten dividirla en dos partes (Superior e Inferior).

- ✓ **Arenisca (superior)**: cuarzosa, gris amarillenta, café oliva claro, café claro, en partes verde azul clara; de grano fino a medio, redondeado en partes subredondeado, translucido; regularmente clasificada; ligeramente calcárea, con minerales accesorios de glauconita y arcilla; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.
- ✓ **Arenisca (Inferior)**: cuarzosa, amarilla grisácea, amarilla moderada, gris amarillenta; de grano fino a medio, redondeado a subredondeado, translucido; regularmente clasificada; con mineral accesorio de caolín; regular porosidad visual; y con manchas de hidrocarburos.
- ✓ **Lutita**: negra grisácea, gris muy claro, gris oscuro, fisil, planar, dura, en forma de bloque, alargada e irregular, no calcárea.

La división de la Arenisca 'T' ha sido ya establecida por otros autores (Vaca *et al.*, 2003; White y Barragán, 1997; Jaillard, 1997; Bristow y Hoffstetter, 1977).

Además de las características litológicas se observaron indicios hidrocarbúricos los cuales fueron identificados en las dos partes de la arenisca.

En la parte superior presentó:

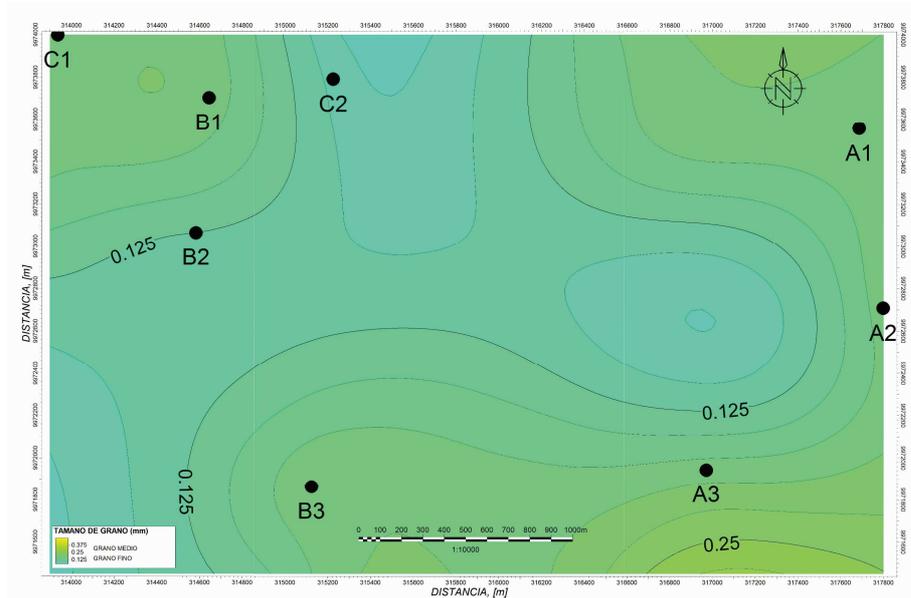
Pobre manifestación de hidrocarburos: Trazas – 10% de la muestra; manchas en forma de puntos color marrón oscuro; fluorescencia natural amarillo pálido; fluorescencia al corte: moderadamente rápido, correntoso, débil, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: fino amarillo verdoso; anillo residual con luz ultravioleta: fino amarillo pálido.

En la parte inferior presentó:

Regular manifestación de hidrocarburos: 10 – 20% de la muestra; manchas uniformes y puntos de color café moderado; fluorescencia natural: amarillo brillante; fluorescencia al corte: rápido, correntoso y nuboso, fuerte, blanco lechoso; anillo residual con luz natural: fino blanco verdoso; anillo residual con luz ultravioleta: fino blanco amarillento.

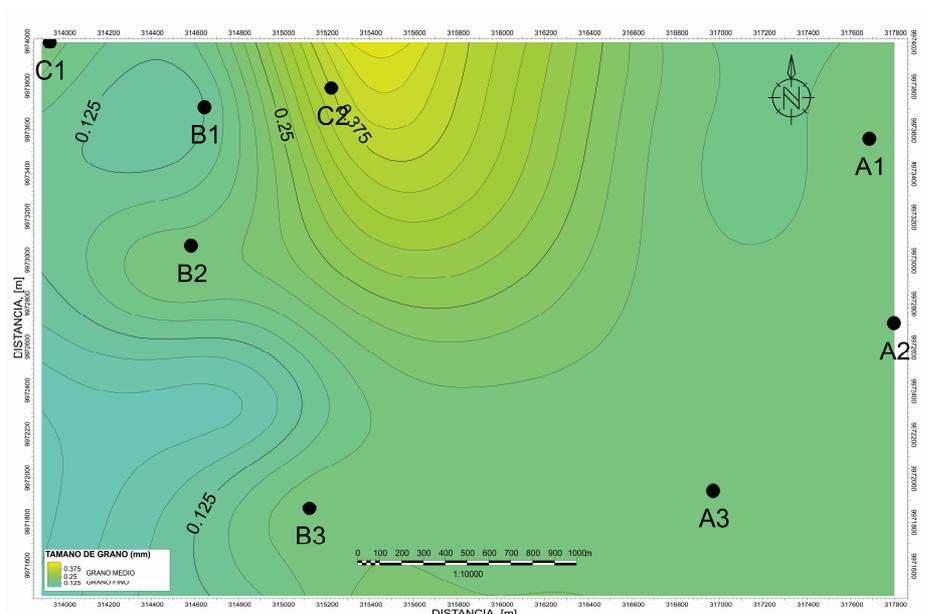
Los ripios de perforación de la Arenisca T en los 8 pozos de estudio muestran una variación del tamaño de grano.

En la parte superior el tamaño de grano varía de medio a fino en dirección NE-SO y en partes E-O.



Mapa 5.1 Distribución del tamaño de grano de la arenisca T en la parte superior

En la parte inferior el tamaño de grano varía de grueso a medio en dirección N-S y NE-SO y de medio a fino en dirección E-O.



Mapa 5.2. Distribución del tamaño de grano de la arenisca T en la parte inferior.

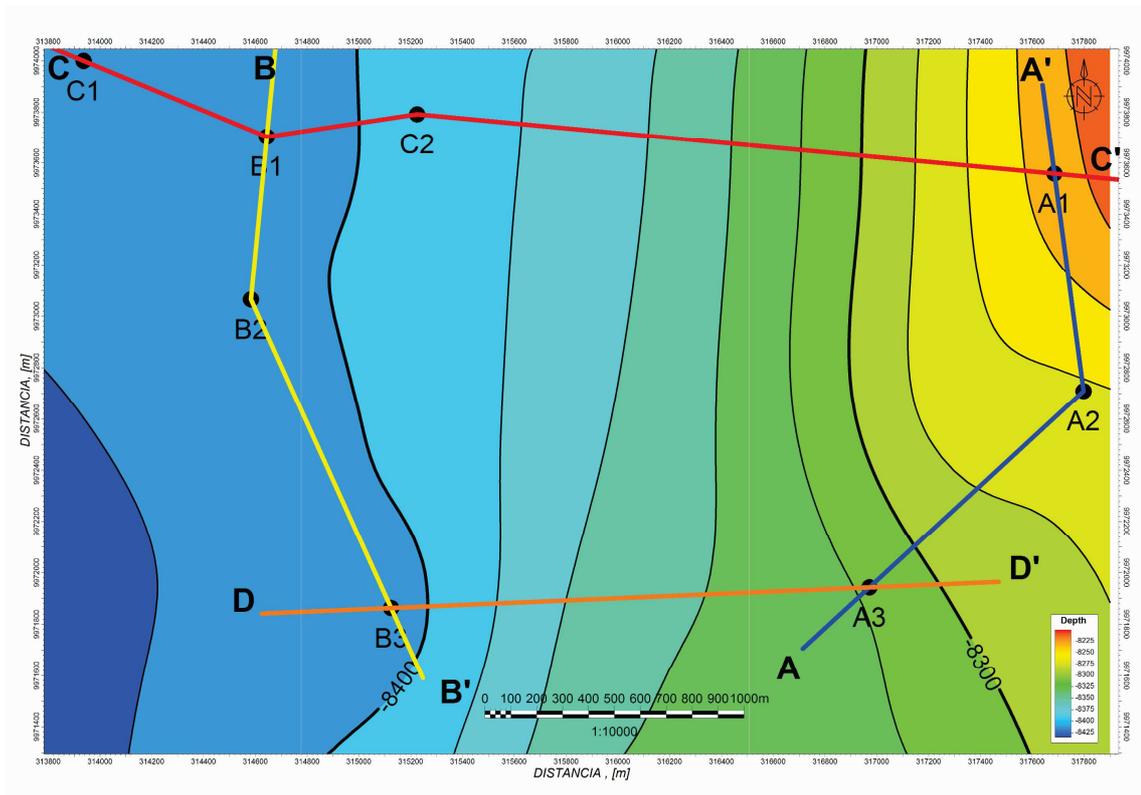
La dirección de variación del tamaño de grano, así como la existencia de dos tipos de minerales accesorios permite deducir que la Arenisca 'T' se depositó con una dirección predominante NE-SO y que comprende dos ambientes de depositación diferentes.

5.2. INTERPRETACIÓN DE ELECTROFACIES DE LA ARENISCA 'T'.

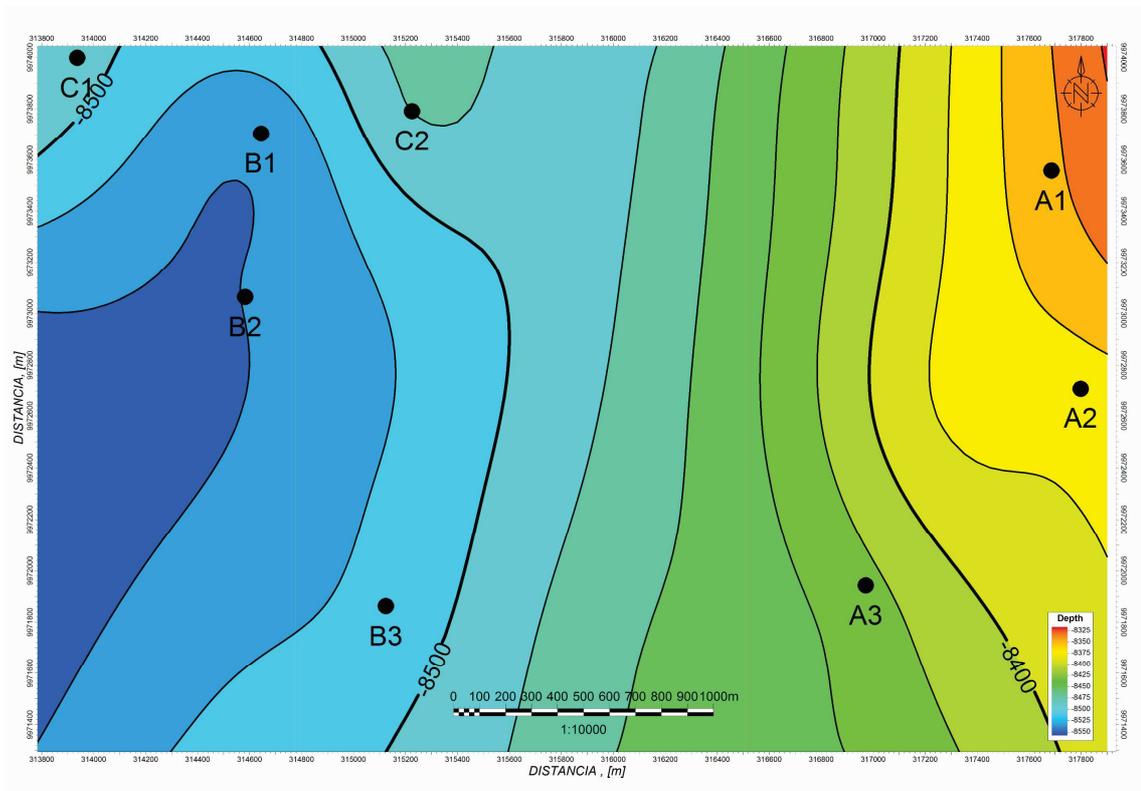
Una vez conocidas las características litológicas y las electrofacies de la Arenisca 'T' en los 8 pozos del área de estudio, se procedió a comparar ambas propiedades para conocer cuál es la respuesta tipo de los registros geofísicos con las diferentes litologías definidas.

Además con el análisis de las electrofacies se identificaron los contactos de la Arenisca 'T' y se elaboraron secciones y mapas del subsuelo para conocer sus características estructurales.

Para esto se correlacionaron formaciones entre los pozos del área de estudio y se realizaron secciones longitudinales y transversales. Se han definido dos partes dentro de la Arenisca 'T' por medio del análisis litológico y las electrofacies.



Mapa 5.3 Mapa estructural de la arenisca T superior mostrando la ubicación de las secciones estratigráficas y estructurales.



Mapa 5.4 Mapa estructural de la arenisca T inferior

En la parte norte del área de estudio se correlacionaron las unidades litológicas en la sección C - C' con los pozos C1, B1, C2, A1, con dirección O – E (Fig. 5.1).

La Arenisca 'T' Superior se caracteriza por una litología compuesta por granos de cuarzo con variaciones de tamaño y forma y de colores diferentes, presenta abundante glauconita, los registros geofísicos en la sección C-C' se caracterizan por electrofacies de intercalaciones de arenisca y lutita con forma de curva (GR) tipo múltiples, con contactos que van de abruptos a gradacionales, los valores promedios de las electrofacies para la Arenisca 'T' Superior son (GR: 55 °API; Resistividad 8 – 12 ohm.m; Porosidad neutrón: 0.18 ft³/ft³; Densidad: 2.55 g/c m³; Factor fotoeléctrico: 3.5). Además se puede observar la relación entre el tamaño de grano y las electrofacies de intercalaciones de arenisca y lutita.

En el pozo C1 se puede observar como la curva del GR presenta valores más bajos al tener menores intercalaciones de lutita y presenta mayor tamaño de grano, lo contrario sucede en el pozo A1 que presenta mayores intercalaciones de lutita con valores de GR más altos y menor tamaño de grano (Mapa 5.1).

La Arenisca 'T' inferior se caracteriza por una litología compuesta por granos de cuarzo con variaciones de tamaño y forma y de colores diferentes, los registros geofísicos en la sección C-C' se caracterizan por electrofacies de areniscas y alternancia de arenisca y lutita, con tipos de curvas (GR) cilíndricas

lisas y aserradas con contactos que van de gradacionales a abruptos, valores promedios de (GR: 25 °API; Resistividad: 25 – 60 ohm.m; Porosidad neutrón: 0.15 ft³/ft³; Densidad: 2.3 g/m³; Factor fotoeléctrico: 2).

Al igual que en la parte superior, la Arenisca 'T' Inferior presenta una tendencia de disminución de tamaño de grano de la arenisca hacia donde existe mayor intercalación de lutita. (Mapa 5.2).

Hacia el este del área de estudio se encuentra la sección A - A' (Fig. 5.2) en dirección SO – N mostrando los pozos A3, A2, A1. A diferencia de la sección anterior la Arenisca 'T' Superior se caracteriza por una cantidad mayor de intercalaciones del lutita, mostrando una tendencia a disminuir el tamaño de grano de la arenisca hacia el SO. Los valores promedios de los registros geofísicos son (GR: 65 °API; Resistividad: 15 ohm.m; Porosidad neutrón: 0.18 ft³/ft³; Densidad: 2.55 g/m³; Factor fotoeléctrico: 3.5).

La Arenisca 'T' Inferior en la sección A-A' presenta mayor cantidad de cuerpos de lutita alternando con arenisca presentando una leve tendencia a disminuir el tamaño de grano hacia el norte (Mapa 5.2). Los valores promedios de los registros geofísicos son (GR: 30 °API; Resistividad: 70 ohm.m; Porosidad neutrón: 0.15 ft³/ft³; Densidad: 2.3 g/m³; Factor fotoeléctrico: 1.5 - 2).

La sección B – B' (Fig. 5.3) ubicada al oeste del área de estudio con dirección N – SE muestra los pozos B1, B2, B3.

C



C'

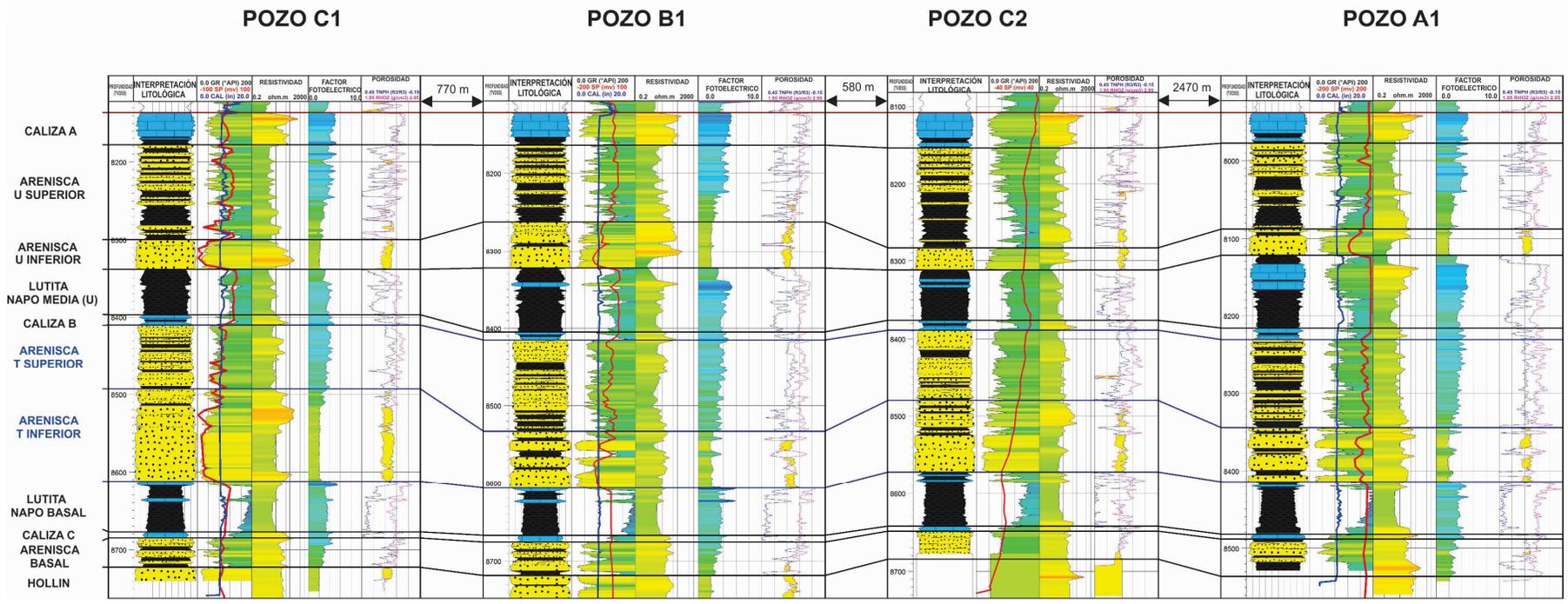


Fig. 5.1 Sección estratigráfica C-C' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo (Ver Mapa 5.3 para ubicación).

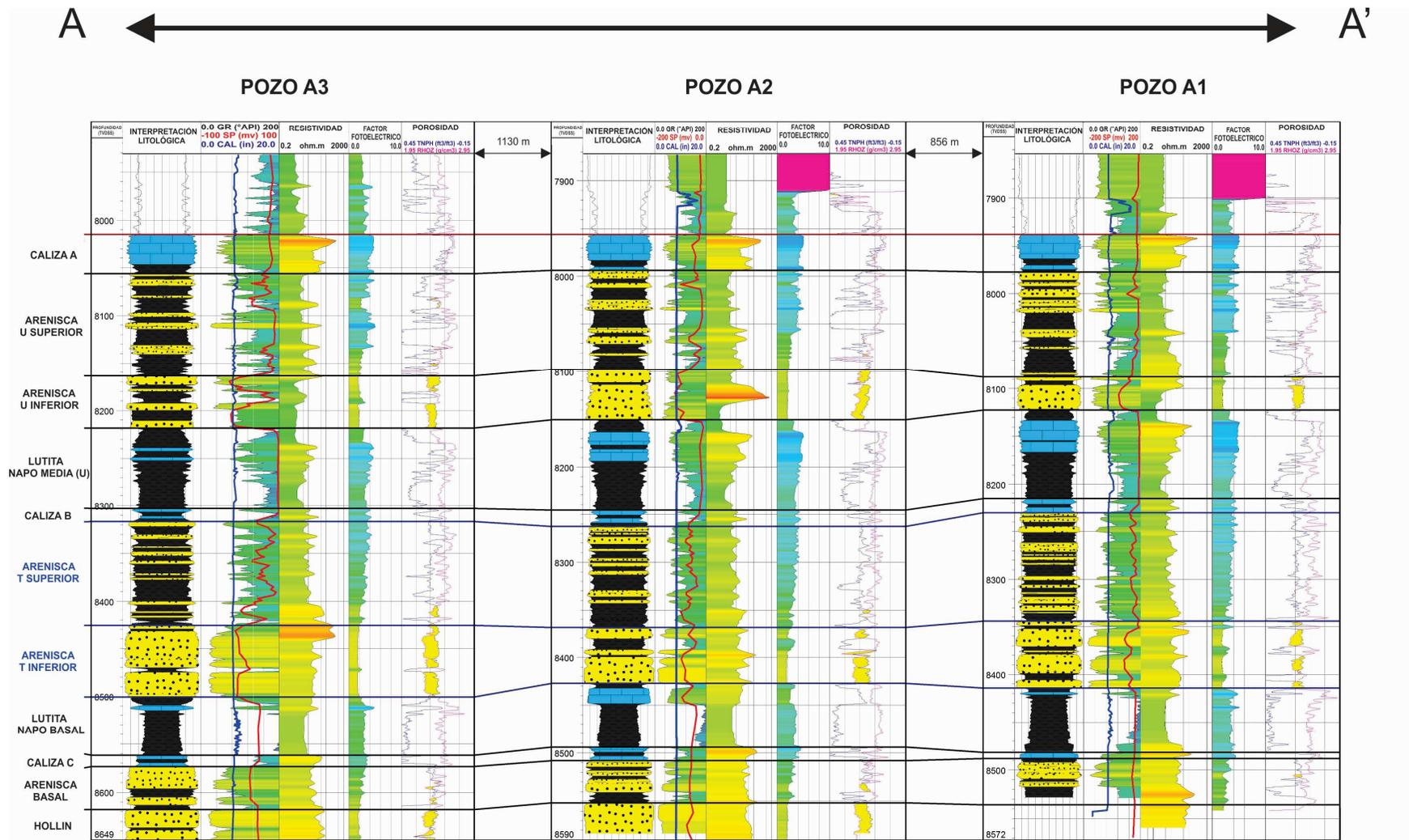


Fig. 5.2 Sección estratigráfica A-A' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo (Ver Mapa 5.3 para ubicación).

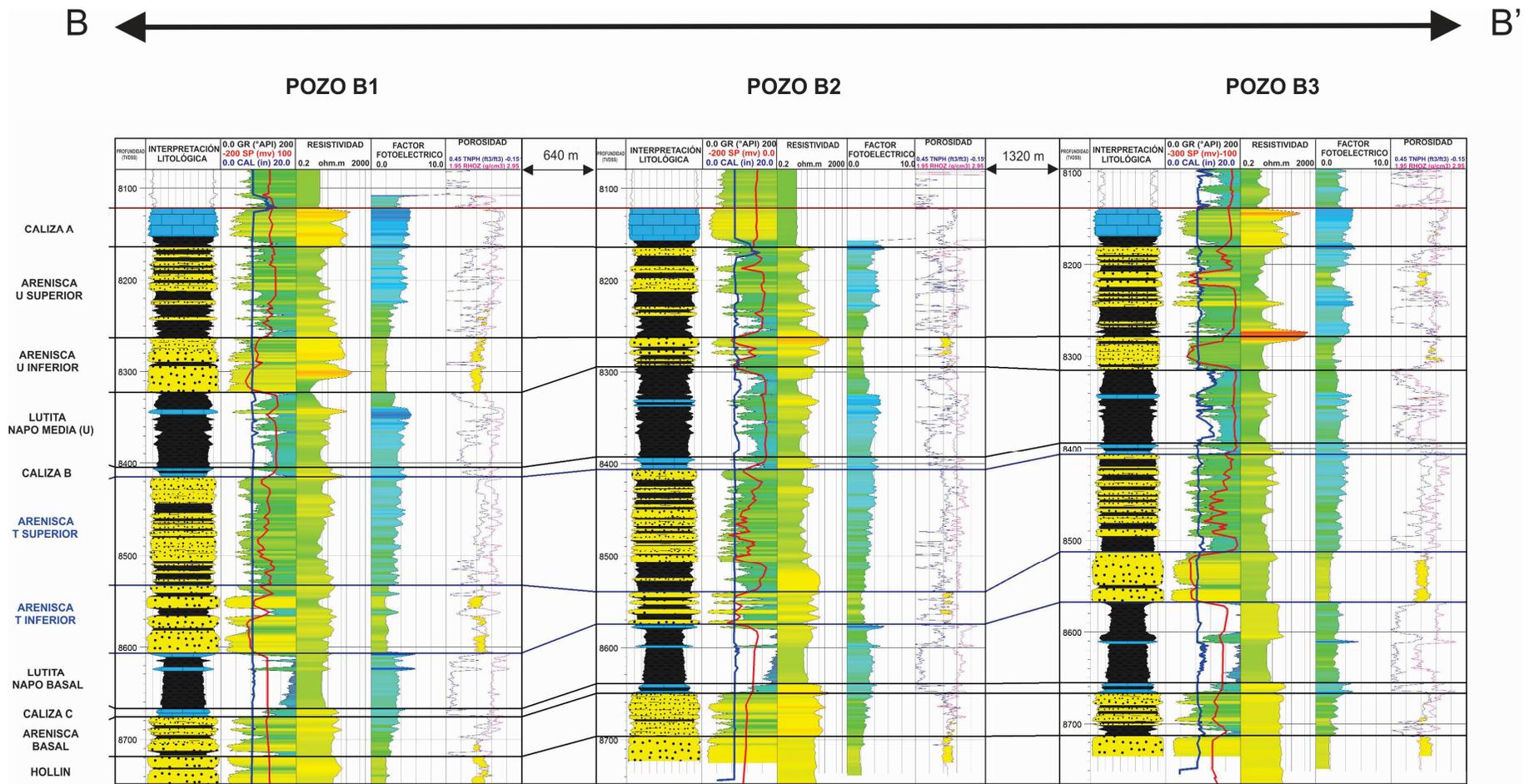


Fig. 5.3 Sección estratigráfica B-B' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo (Ver Mapa 5.3 para ubicación).

La Arenisca 'T' Superior presenta un aumento de intercalación de lutitas hacia el sur con valores promedio de registros geofísicos (GR: 50 - 80 °API; Resistividad: 8 ohm.m; Porosidad neutrón: 0.20 ft³/ft³; Densidad: 2.54 g/m³; Factor fotoeléctrico: 3).

La Arenisca 'T' Inferior hacia la parte central de la sección presenta una considerable disminución de los cuerpos de arenisca y disminución del tamaño de grano, los valores promedio de los registros geofísicos son (GR: 20 °API; Resistividad: 10 ohm.m; Porosidad neutrón: 0.15 ft³/ft³; Densidad: 2.39 g/m³; Factor fotoeléctrico: 2).

La sección D – D' (Fig. 5.4) con dirección O – E ubicada al sur del área de estudio contempla los pozos B3, A3.

Como se ha descrito en las secciones A – A' y B – B' el tamaño de grano tiende a disminuir hacia el sur, en esta sección observamos además que en la Arenisca 'T' Superior aumenta la intercalación de lutita, en la Arenisca 'T' Inferior el tamaño de grano y los cuerpos de arena presentan similitudes tanto litológicas como geofísicas.

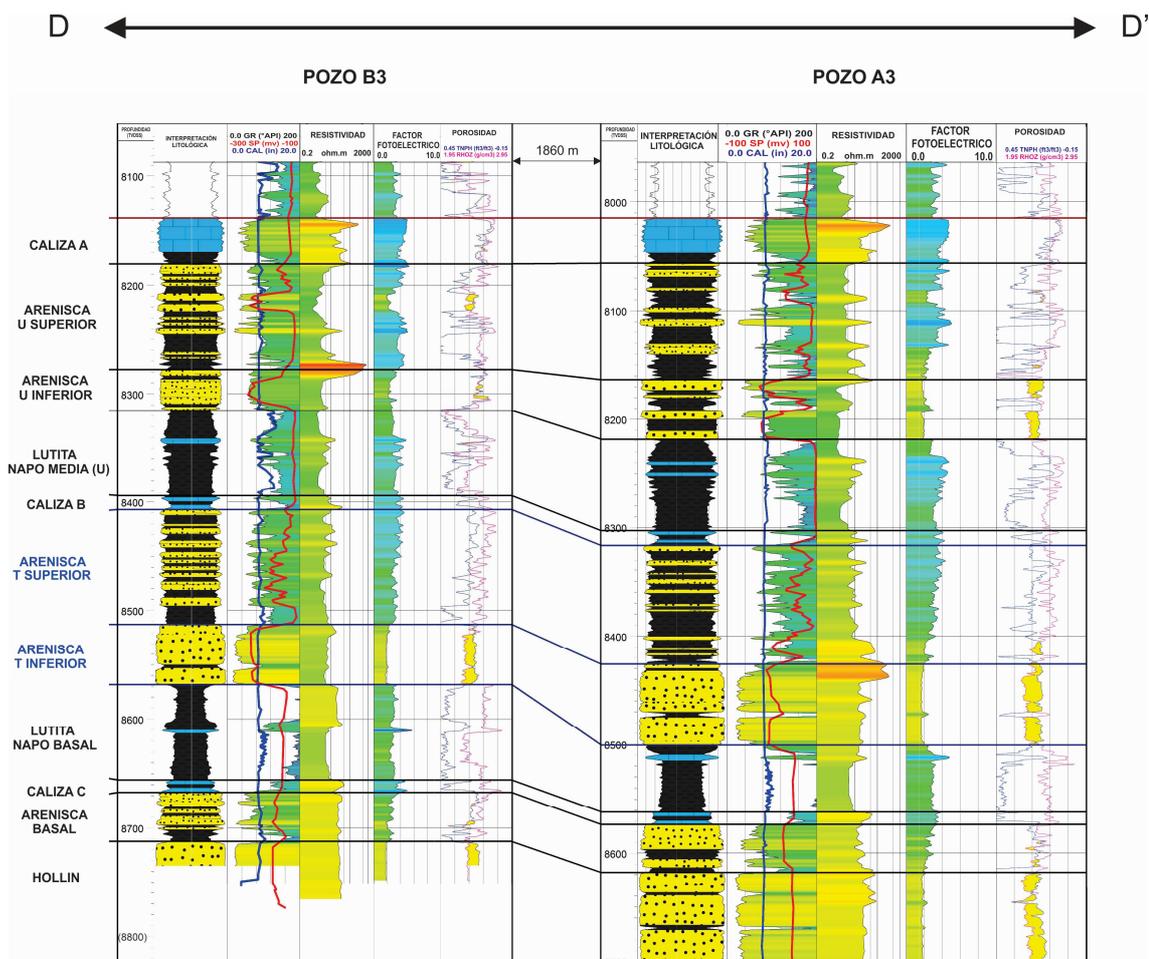


Fig. 5.4 Sección estratigráfica D-D' del área de estudio mostrando las Unidades Litológicas de las Formaciones del Grupo Napo (Ver Mapa 5.3 para ubicación).

5.2.1. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA ARENISCA 'T'.

El análisis de las electrofacies y posterior comparación con las propiedades litológicas permitió correlacionar topes y bases de la Arenisca 'T' (Superior e Inferior), de tal manera que se pudo elaborar mapas y secciones del subsuelo para conocer sus características estructurales.

Se elaboraron las secciones estructurales en la misma dirección que se correlacionaron los pozos, así mismo se realizaron mapas estructurales (Mapa. 5.3 y Mapa 5.4), mapas isopacos y mapas de espesores netos de arena.

En la sección estructural C – C' (Fig. 5.5) podemos observar que la Arenisca 'T' (Superior e Inferior) se encuentra ubicada en el flanco izquierdo de un pliegue (anticlinal ¿?) con rumbo norte-sur y buzamiento hacia el oeste. La Arenisca 'T' sobreyace concordantemente con la Lutita Napo Basal y subyace a la Caliza 'B'.

El pozo A1 se encuentra ubicado en la parte más alta de la estructura (este) en donde la Arenisca 'T' Superior y la Arenisca T Inferior mantienen una concordancia entre los espesores mientras que los pozos C1, B1, C2 se encuentran ubicados hacia donde profundiza la estructura (oeste) en donde observamos que la Arenisca 'T' Inferior presenta variaciones en las cuales aumenta de espesor y la Arenisca 'T' Superior disminuye de espesor.

La sección estructural A – A' (Figura 5.6) ubicada en la parte más alta de la estructura (este) muestra los pozos A3, A2, A1. En esta sección podemos observar que desde el norte la estructura tiende a profundizar hacia el suroeste.

La Arenisca 'T' Superior y la Arenisca 'T' Inferior mantienen un mismo espesor a lo largo de la sección.

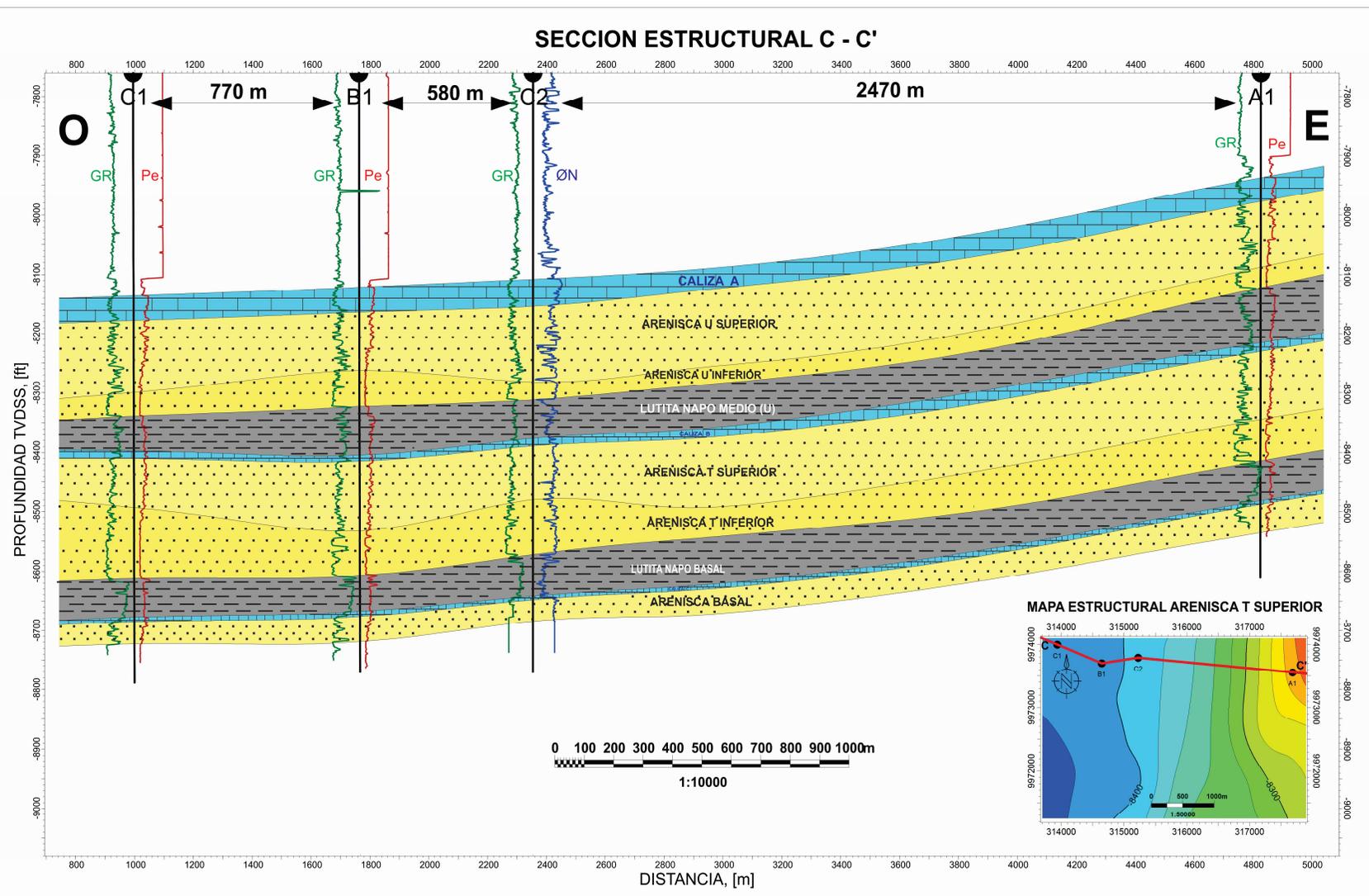


Fig. 5.5 Sección estructural C-C' mostrando las unidades litológicas del área de estudio.

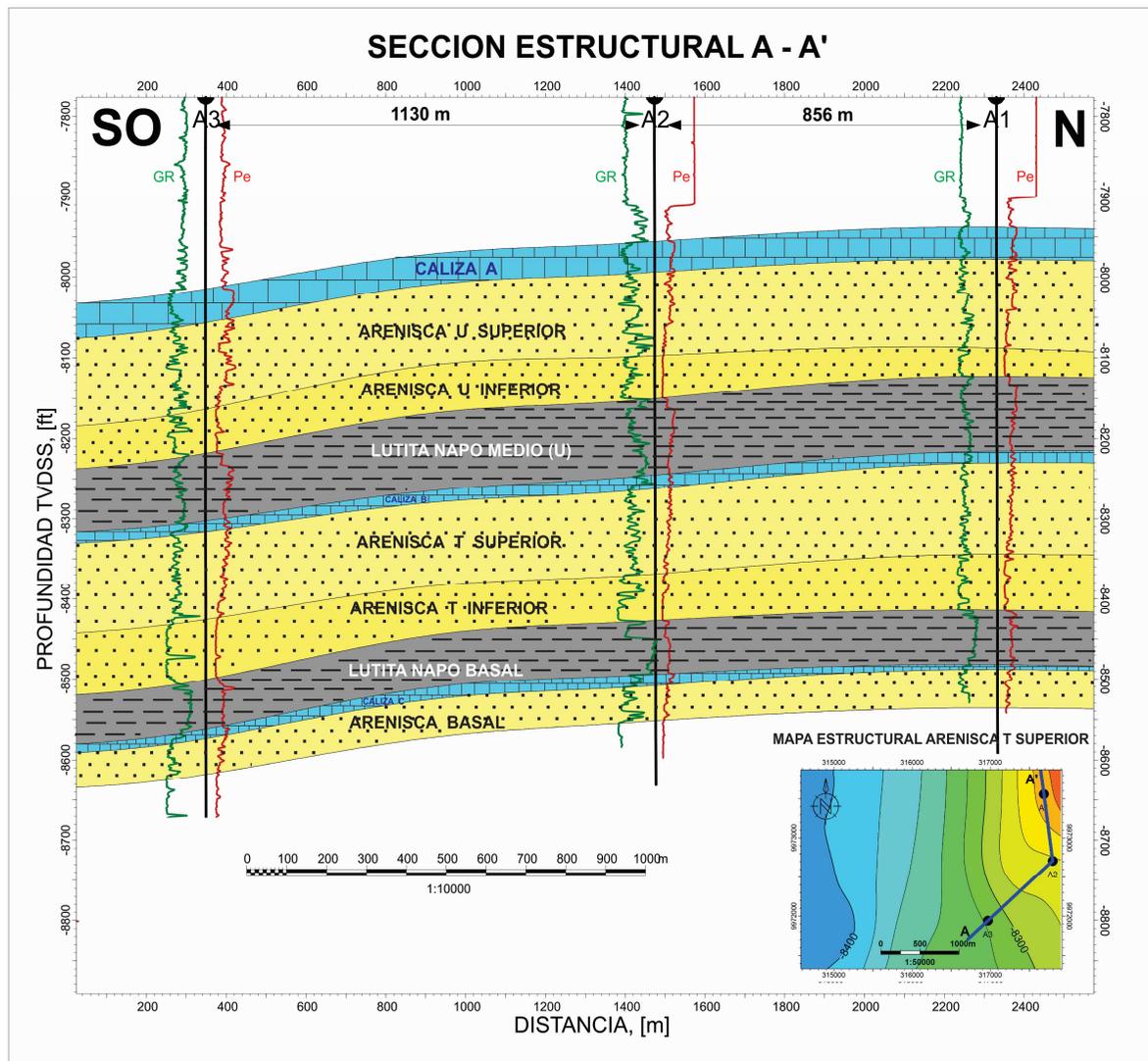


Fig. 5.6 Sección estructural A - A' mostrando las unidades litológicas del área de estudio.

La sección estructural B – B' (Fig. 5.7) con dirección N – SE ubicada en la parte más baja de la estructura muestra los pozos B1, B2, B3.

Esta parte de la estructura se caracteriza por ser prácticamente horizontal, la Arenisca 'T' Superior presenta un espesor constante con tendencia a disminuir hacia el norte, mientras que la Arenisca 'T' Inferior presenta una variación con su espesor, siendo mayor hacia el norte, disminuyendo en el centro y volviendo a aumentar hacia el sureste.

La sección estructural D – D' (Fig. 5.8) paralela a la sección C – C' (Fig. 5.5) presentan características similares en cuanto a la forma de la estructura con la parte más alta hacia el este y la parte más baja hacia el oeste.

Ubicada en el extremo sur del área de estudio muestra los pozos B3 y A3. En esta sección observamos que la estructura presenta pequeños pliegues en dirección del buzamiento. La Arenisca 'T' Superior y la Arenisca 'T' Inferior presentan espesores constantes a lo largo de la sección.

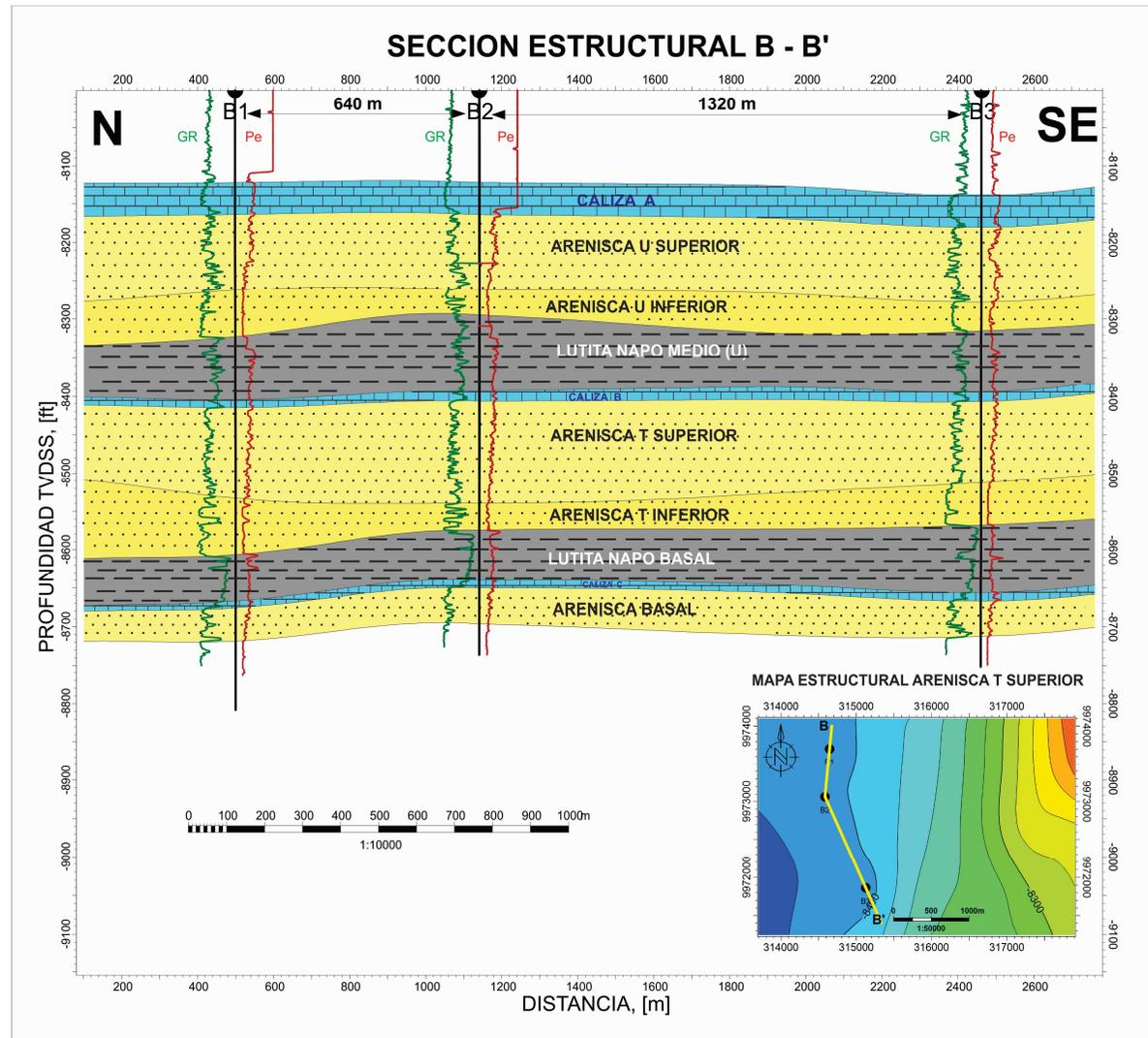


Fig. 5.7 Sección estructural B-B' mostrando las unidades litológicas del área de estudio.

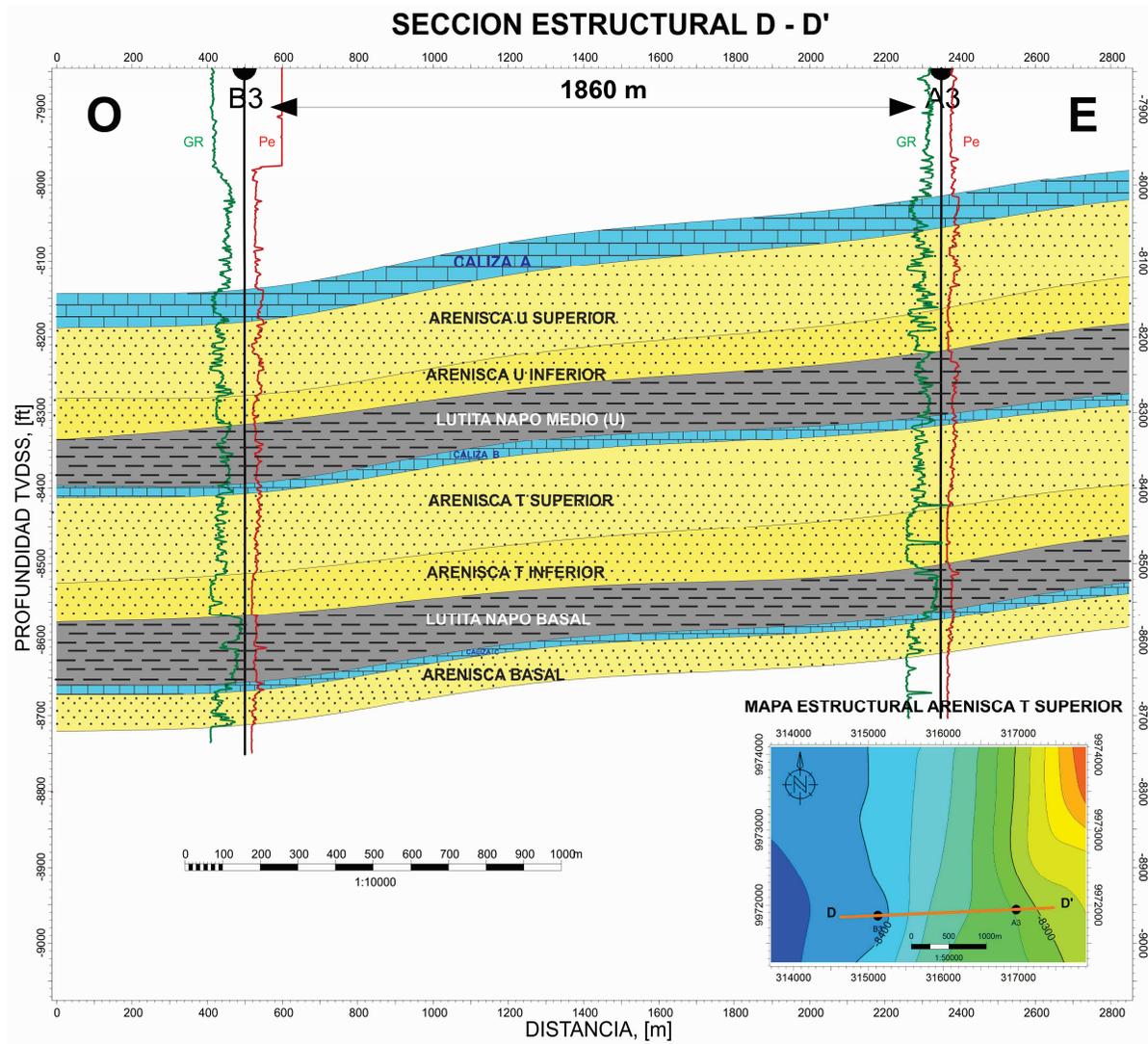


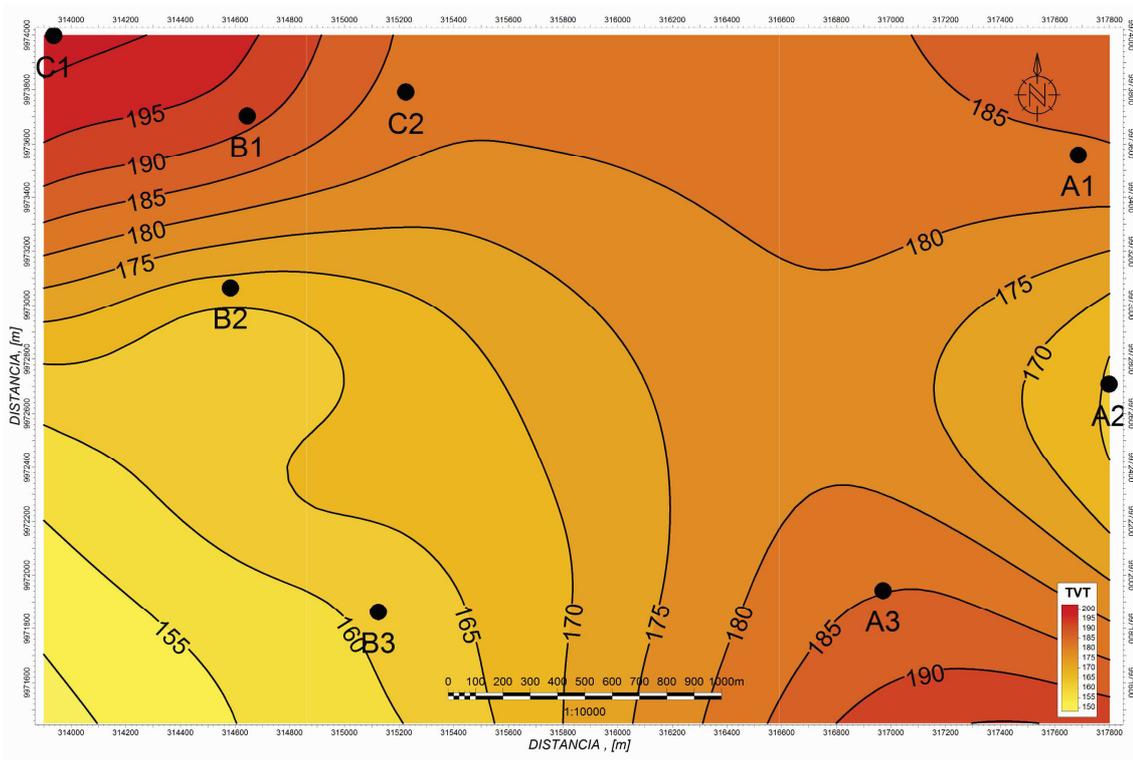
Fig. 5.8 Sección estructural D-D' mostrando las unidades litológicas del área de estudio.

De las secciones estructurales se obtuvieron los espesores de la Arenisca 'T' Superior e Inferior, para esto se restaron bases de topes y se elaboraron mapas isopacos, los mapas de espesores netos de arena se obtuvieron restando los espesores de los cuerpos de lutita del espesor total de la Arenisca 'T', tanto para la parte superior como la inferior.

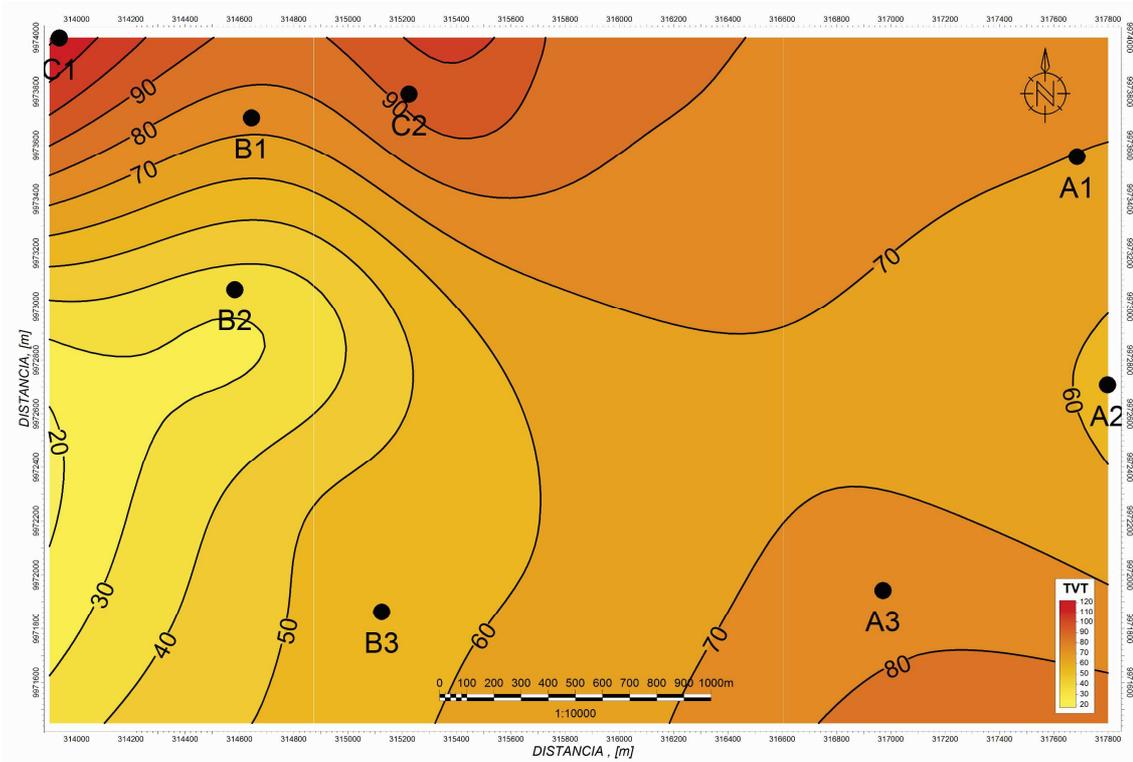
En el mapa Isopaco de la Unidad Litológica Arenisca 'T' (Mapa 5.5) se puede observar como el espesor disminuye hacia el suroeste, aumenta hacia el noroeste y sureste y se mantiene constante hacia la parte norte, con valores que van desde 150 hasta 200 pies de espesor.

La Arenisca 'T' Inferior (Mapa 5.6) se caracteriza por tener espesores del orden de los 70 a 80 pies en la parte este del área de estudio, mientras que hacia el oeste disminuye llegando hasta los 20 pies de espesor, hacia el norte y noroeste tiende a aumentar hasta 100 pies de espesor.

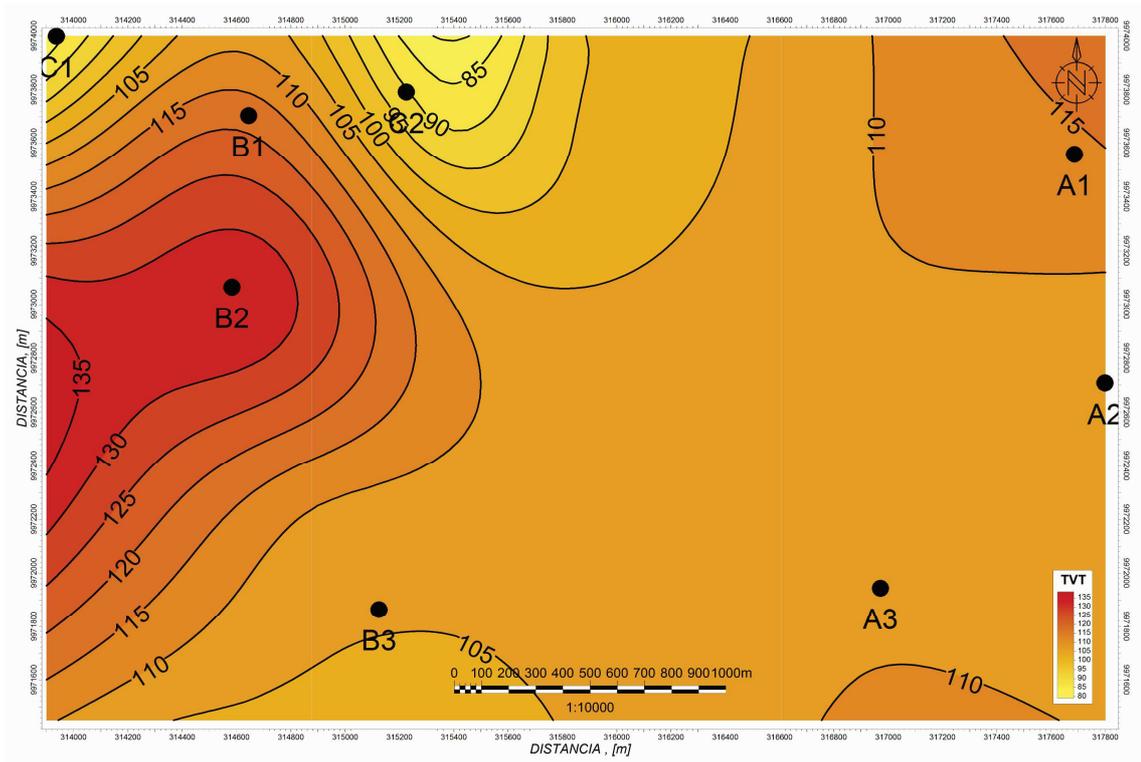
La Arenisca 'T' superior (Mapa 5.7) en la parte este y sur del área de estudio presenta un espesor constante de 110 pies que va aumentando hacia el oeste llegando a 135 pies, hacia el norte presenta una tendencia a disminuir el espesor llegando a los 85 pies.



Mapa 5.5 Mapa Isopaco de la unidad litológica arenisca T.



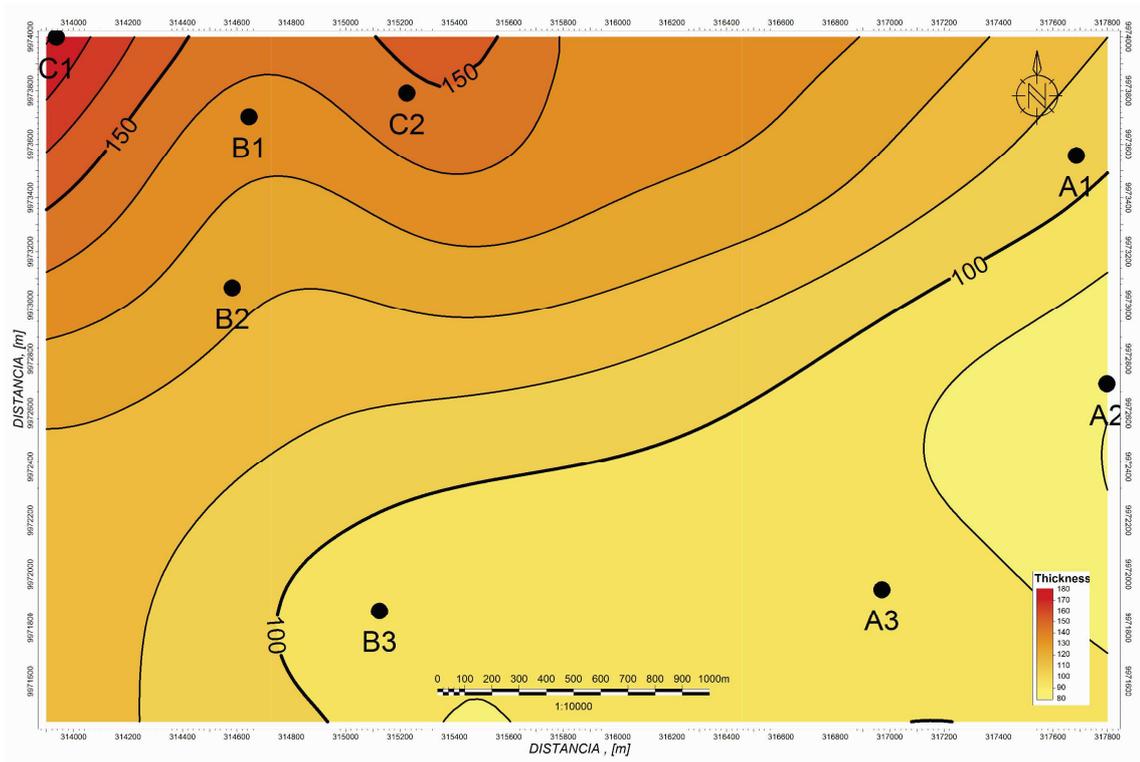
Mapa 5.6 Mapa Isopaco de la arenisca T Inferior.



Mapa 5.7 Mapa Isopaco de la arenisca T Superior.

Para la elaboración de los mapas isopacos de arena neta se restaron los espesores netos de lutita de los espesores totales de las areniscas.

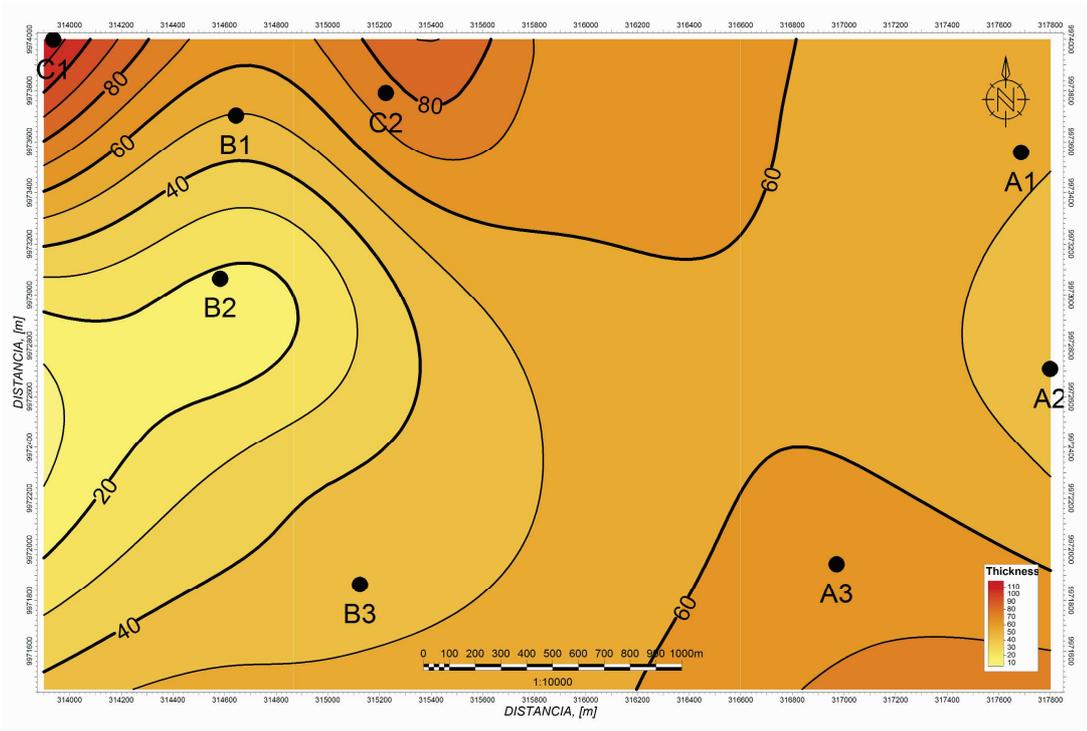
El mapa isopaco de arena neta para la Unidad Litológica Arenisca 'T' (Mapa 5.8) dio como resultado que hacia el sureste del área de estudio existe menor cantidad de arenisca con un espesor que va de 90 a 100 pies, mientras que hacia el noroeste aumenta la cantidad llegando a los 170 pies de espesor.



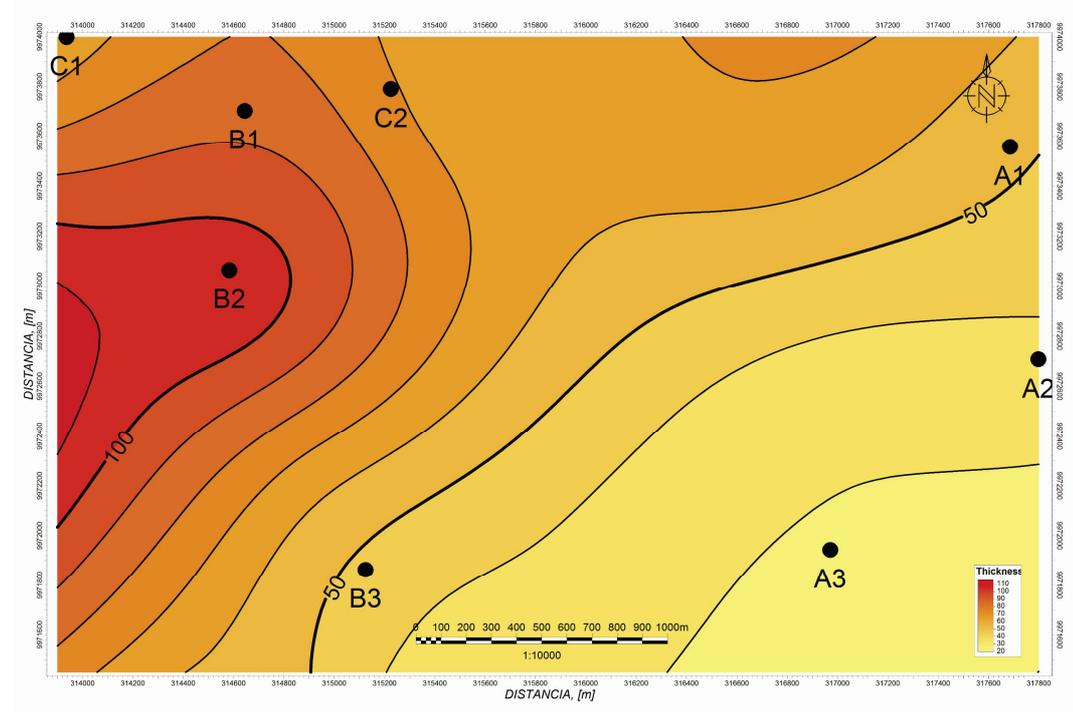
Mapa 5.8 Mapa Isopaco de arena neta (arenisca T).

El mapa isopaco de arena neta para la Arenisca 'T' Inferior (Mapa 5.9) presenta características similares al mapa isopaco de la Arenisca 'T' Inferior, esto indica que la Arenisca 'T' Inferior casi en su totalidad es arenisca con escasas intercalaciones de lutita, aproximadamente se reduce 25 % del espesor (60 – 20 pies).

El mapa isopaco de arena neta para la Arenisca 'T' Superior (Mapa 5.10) muestra una diferencia con el mapa isopaco de la Arenisca 'T' Superior, hacia el oeste observamos que el espesor se reduce aproximadamente un 30% (100 pies) y hacia el sureste disminuye considerablemente 75% (30 – 50 pies) esta indica que en la Arenisca 'T' superior existen mayor cantidad de intercalaciones de lutita.



Mapa 5.9 Mapa Isopaco de arena neta (arenisca T Inferior).



Mapa 5.10 Mapa Isopaco de arena neta (arenisca T Superior).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

- La unidad litológica Arenisca 'T' se caracteriza por ser cuarzosa, de colores claros, de tamaño de grano fino a medio y de forma redondeado y en partes subredondeado. Presenta dos tipos de minerales accesorios por los cuales se la divide en dos partes: Arenisca 'T' Superior y Arenisca 'T' Inferior. La parte superior se caracteriza principalmente por la presencia de glauconita mientras que la parte inferior presenta minerales accesorios de caolín.
- El análisis de los ripios con manchas de hidrocarburos mostro que la Arenisca 'T' inferior presenta mejores indicios hidrocarburiferos.
- Se identificaron 4 tipos de electrofacies: 1) Intercalaciones de arenisca y lutita; 2) Alternancia de arenisca y lutita; 3) Arenisca; 4) Lutita. La Arenisca 'T' Superior se caracteriza por tener electrofacies tipo intercalación de arenisca y lutita con formas de curvas múltiples con altos valores de GR, baja resistividad y pobre porosidad. La Arenisca 'T' Inferior presenta electrofacies tipo arenisca y alternancia de arenisca y lutita con curvas de formas cilíndricas lisas y aserradas con bajos valores de GR, resistividad media alta y buena porosidad.
- Estructuralmente se caracteriza por estar ubicada en el flanco izquierdo de un pliegue anticlinal (¿?) con rumbo norte – sur y buzamiento hacia el

oeste, además la Unidad Litológica Areniscas 'T' presenta una disminución de espesor hacia el suroeste (180 – 150 pies), la parte superior mantiene un espesor constante hacia el este (110 pies) con un ligero aumento hacia el oeste (130 pies), lo contrario sucede con la parte inferior que se mantiene constante hacia el este (70 pies) y disminuye hacia el oeste (20 pies). Los espesores netos de arena para la Unidad litológica disminuyen hacia el sureste, la parte inferior mantiene espesores netos constantes hacia el este (60 pies) y disminuyen hacia el oeste (20 pies), la parte superior los espesores netos disminuyen hacia el sureste (30 pies) y aumentan hacia el oeste (100 pies).

6.2. RECOMENDACIONES.

Se recomienda perforar pozos de desarrollo hacia el este por ser esta la parte más alta de la estructura, teniendo como objetivo primario la Arenisca 'T' Inferior por presentar mejores indicios hidrocarburíferos, mejores espesores netos de arena y mejor distribución de tamaño de grano.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Atahualpa G, E. (2013). *Efecto de la glauconita en las propiedades petrofísicas del reservorio Arenisca 'T' Superior del bloque Tarapoa*. Tesis de grado en Ingeniería Geológica, Universidad Central de Ecuador, Quito.
- Estupiñan J. (2005). *Control diagenético sobre la calidad de los reservorios de las Areniscas "U" y "T" de la Fm Napo del Cretácico de la Cuenca Oriente, Ecuador. Modelización térmica y su relación con la generación de hidrocarburos*, Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Chamba D, P. (2015). *Generación de los modelos de litofacies y petrofísicos en las areniscas U y T de la formación Napo en un campo del sector centro-norte de la cuenca oriente en Ecuador*, Tesis de grado en Ingeniería Geológica, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador: Boletín de la Explicación del Mapa geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1'000.000*. Quito D.G.G.M. (p18).
- Bristow, C., y Hoffstetter, R. (1977). *Léxico Estratigráfico Internacional*. (2nd Ed.) Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.
- Baby, P., Rivadeneira, M. & Barragán, R. (2004). *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo*. Perú: IFEA – Petroecuador – IRD.

- Ordoñez, M., Jiménez, N. & Suarez, J. (2006). *Micropaleontología Ecuatoriana*. Ecuador: Petroproduccion – CIGG.
- Jaillard, E. (1997). *Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del cretáceo y paleógeno de la cuenca oriental del ecuador*. Petroproduccion-ORSTOM edición, 163 p.
- Swanson, R. (1981). *Sample Examination Manual*. Tulsa, Oklahoma: AAPG Publication.
- Low, J. (1951). *Examinations of well cuttings*. Quart. Colorado Sch. Mines.
- Maher, J. (1959). *The Composite Interpretative Method of Logging Drill Cuttings*. Oklahoma: (2nd. Ed).
- *Geological Rock-color Chart* (2009). [en línea]. Grand Rapids: MUNSELL COLOR. Disponible en: [//munsellstore.com/files/CIPA00011%5C599.pdf](http://munsellstore.com/files/CIPA00011%5C599.pdf) [2015, 19 de octubre].
- Mousalli, Victoria. (2010). *Interpretación de facies a través de perfiles*. [Diapositiva]. 21 diapositivas. Disponible en: [//webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/mvictoria/materia/PERFILAJEDEPOZOS/TEMA%203.%20INTERPRETACION%20DE%20FACIES%20EN%20PERFILES.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/mvictoria/materia/PERFILAJEDEPOZOS/TEMA%203.%20INTERPRETACION%20DE%20FACIES%20EN%20PERFILES.pdf).

- Schlumberger (1989). *Principios y Aplicaciones de la interpretación de Registros*. Houston TX, Schlumberger.
- Muñoz A. (1993). *Análisis del Pérmico y Triásico en el subsuelo del tercio noroccidental de la Cordillera Ibérica y áreas adyacentes*. Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.