

**CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES
GEOLOGICAS Y CONSTRUCCION DEL MODELO DIGITAL DE LOS POZOS
PETROLEROS DEL AREA DE SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO.**

**OLIVER GUILLERMO ANDRADE PEREZ
DIEGO FERNANDO MOSQUERA CRUZ**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE PETRÓLEOS
NEIVA-HUILA
2014**

**CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES
GEOLOGICAS Y CONSTRUCCION DEL MODELO DIGITAL DE LOS POZOS
PETROLEROS DEL AREA DE SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO.**

**OLIVER GUILLERMO ANDRADE PEREZ
DIEGO FERNANDO MOSQUERA CRUZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de:
INGENIERO DE PETRÓLEOS**

**Director
JORGE ORLANDO MAYORGA BAUTISTA
Ingeniero Catastral y Geodesta
Especialista en Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica
Universidad Surcolombiana**

**UNIVESIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE PETROLEOS
NEIVA-HUILA
2014**

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Neiva, Marzo de 2014

DEDICATORIAS

A Dios: Por guiar mi camino y ser la luz que me brindo la fuerza para levantarme cada día a cumplir mis metas, por ser parte de mi espíritu y brindarme la tranquilidad para realizar todas las actividades de mi vida.

A Mis Padres Olga y Guillermo: Por su sabiduría, por su amor, por sus enseñanzas y sobre todo por su interminable apoyo, que espero retribuírseles muy pronto y pagar con intereses todo lo que han hecho por mí.

A mis hermanos: Por su apoyo y brindarme con sus experiencias la orientación para tomar las mejores decisiones.

A mi novia Laura y nuestro hijo Juan Miguel: Por convertirse en el motor de mi vida, y ser un apoyo incondicional para cumplir otra etapa en mi vida.

A mis amigos: Familias Peláez Monje, Mosquera cruz, Mosquera Rodríguez por las atenciones en sus hogares y ser patrocinadores de un exitoso grupo de estudio.

OLIVER GUILLERMO ANDRADE PEREZ

A Dios: Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mis Padres: Deisy Cruz y José Mosquera; Por siempre insistirme que la formación académica es lo más importante para mi vida, por llenarme de valores y educarme, también por soportar mis errores. Gracias a sus consejos, por el amor que siempre me han brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad, por sus esfuerzos y constancia. Espero ser el bastón para la vida de ellos.

¡Gracias por darme la vida, Los amo!

A mi hermana; Laura mi única hermana, por ser la princesa de la casa la cual tengo que cuidar por siempre y guiarla por el mejor camino.

A mis amigos; A las familias Andrade Pérez, Peláez Monje, Mosquera Rodríguez que me ayudaron a crecer en mi carrera profesional, gracias por el apoyo, la confianza brindada y cada una de las sonrisas.

DIEGO FERNANDO MOSQUERA CRUZ

AGRADECIMIENTOS

Jorge Orlando Mayorga Bautista, Ingeniero Catastral y Geodesta, profesor titular del programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana y Director del proyecto, por sus valiosos aportes, su respaldo y colaboración para el desarrollo del mismo.

Hugo Jimenez Gil, Ingeniero de Petróleos, ingeniero de producción Campo San Francisco Ecopetrol S.A por brindarnos la información.

RESUMEN

CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS Y CONSTRUCCION DEL MODELO DIGITAL DE LOS POZOS PETROLEROS DEL AREA DE SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO.

AUTORES

Oliver Guillermo Andrade Pérez; Diego Fernando Mosquera Cruz

Los sistemas de información geográfica (SIG) representan formas para realizar estudios sobre la ubicación de Campos Petroleros, Pozos petroleros, Producción de pozos petroleros, entre otros. A partir de la información suministrada por Ecopetrol de 64 pozos pertenecientes al campo San francisco, ubicados en el municipio de Palermo, se realizó la Correlación Litoestratigráfica de las formaciones geológicas y construcción del modelo digital de estos pozos. Utilizando el Software ArcGIS 10.1, y procesando los datos tomados en su totalidad de los Estados Mecánicos de cada uno de los pozos de estudio.

Como resultado obtuvimos una imagen sólida donde se puede ver la ubicación de los pozos en la misma ilustración con coordenadas exactas, además los pozos perforados en su punto real de ubicación y los espesores de las formaciones Geológicas, pertenecientes al Valle Superior del Magdalena.

Cada una de las formaciones geológicas se correlacionó y se puede apreciar la imagen de su estructura en tres dimensiones, permitiendo ver los diferentes cambios que ha sufrido el subsuelo por los diferentes fenómenos geológicos, además como complemento se utilizó el software Autocad Civil 3D que nos permitió hacer amplio uso de sus herramientas, y obtuvimos como resultado vistas de las diferentes imágenes de la correlación, muy detalladas permitiendo verlas en 3 dimensiones con Polilínea (Imagen 37 y 38) y Rayos X (Imagen 39 y 49)

ABSTRACT

LITHOSTRATIGRAPHIC CORRELATIONS IN THE GEOLOGICAL FORMATIONS AND CONSTRUCTION OF THE OIL WELLS AREA'S DIGITAL MODEL OF SAN FRANCISCO "SECTOR PALERMO".

AUTHORS

Oliver Guillermo Andrade Perez; Diego Fernando Mosquera Cruz

the Geographic information systems (GIS) represent forms for studies on the location Oilfield , oil wells , oil well production , among others. From the information provided by Ecopetrol 64 wells belonging to the San Francisco field , located in the town of Palermo, the Litoestratigrafica Correlation of geological formations and construction of the digital model of these wells was performed. Using the Software ArcGIS 10.1, and processing the data taken as a whole of Mechanical States each study wells .

As a result we obtained a solid image where you can see the location of the wells in the same picture with exact coordinates , plus wells drilled in its actual location point and the thicknesses of the Geological formations belonging to the Upper Magdalena Valley .

Each of the geological formations are correlated and can appreciate the image of its structure in three dimensions, allowing you to see the various changes undergone by the different subsurface geological phenomena , as well as add the Autocad Civil 3D software was used which allowed us make full use of its tools, and as a result we obtained the views of different images of the correlation , allowing highly detailed 3-D viewing with Polyline (Figure 37 and 38) and X -ray (Figure 39 and 49)

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	15
1. CONCEPTOS BASICOS.....	17
1.1 SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA.....	18
1.2 COMPONENTES DE UN SIG.....	18
1.3 UNIDADES ESTRATIGRAFICAS.....	19
1.4 COMO CREAR UN PERFIL 2D Y CONSTRUIR UN MODELO 3D DEL SUBSUELO EN ArcGIS.....	22
2. GENERALIDADES.....	23
2.1 ESTADO MECANICO	24
3. ESTRUCTURA GENERAL DE INFORME GEOLOGICO DE CADA CAMPO...27	
3.1 LOCACION DEL POZO.....	27
3.2 COMPAÑIAS PARTICIPANTES.....	27
3.3 GENERALIDADES.....	28
3.4 ESTRATIGRAFIA.....	29
4. MODELO DIGITAL DE LOS POZOS PETROLEROS DE EL AREA SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO.....	31
4.1 FORMACION MONSERRATE.....	33
4.2 FORMACION VILLETA.....	34
4.2.1 MIEMBRO AICO.....	37
4.2.2 MIEMBRO LA LUNA.....	39
4.2.3 MIEMBRO BAMBUCA.....	41
4.2.4 MIEMBRO TETUAN.....	43

4.3 FORMACION CABALLOS.....	51
4.3.1 CABALLOS SUPERIOR.....	51
4.3.2 CABALLOS MEDIO.....	63
4.3.3 CABALLOS INFERIOR.....	65
4.4 BASAMENTO.....	72
4.5 ANALISIS DE RESULTADOS.....	77
5. CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	80
BIBLIOGRAFIA.....	81

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Campos petroleros, ubicación y estado actual.....	23
Cuadro 2. Localización, pozo de referencia.....	27
Cuadro 3. Compañías participantes en pozo de referencia.....	27
Cuadro 4. Generalidades de pozo de referencia.....	28
Cuadro 5. Topes de formaciones del pozo de referencia.....	30
Cuadro 6. Nomenclatura antigua, nomenclatura actual.....	30
Cuadro 7. Intervalo de profundidad Vs Resistividad.....	30
Cuadro 8. Profundidad y espesores promedio formación Villeta.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un SIG.....	18
Figura 2. Relación de las unidades de tiempo geológico con los tipos de referentes sobre los cuales están basadas	19
Figura 3. Estado mecánico.....	26

LISTA DE IMÁGENES

Imagen1. Ubicación Geográfica de los pozos petroleros del Campo San francisco perteneciente al municipio de Palermo.....	31
Imagen 2. Modelo grupal seis formaciones.....	32
Imagen 3. SUPERFICIE.....	32
Imagen 4. FORMACIÓN MONSERRATE GRUPAL.....	33
Imagen 5. FORMACION MONSERRATE INDIVIDUAL.....	34
Imagen 6. FORMACION VILLETA GRUPAL.....	36
Imagen 7.FORMACION VILLETA INDIVIDUAL.....	37
Imagen 8. FORMACION VILLETA (AICO) GRUPAL.....	38
Imagen 9. FORMACION VILLETA (AICO) INDIVIDUAL.....	38
Imagen 10. FORMACION VILLETA (LA LUNA) GRUPAL.....	38
Imagen 11. FORMACION VILLETA (LA LUNA) INDIVIDUAL.....	41
Imagen 12. FORMACION VILLETA (BAMBUCA) GRUPAL.....	42
Imagen 13. FORMACION VILLETA (BAMBUCA) INDIVIDUAL.....	43
Imagen 14. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT) GRUPAL.....	44
Imagen 15. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT) INDIVIDUAL.....	45
Imagen 16. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT3) GRUPAL.....	45
Imagen 17. FORMACION VILLETA (TETUA KVT3) INDIVIDUAL.....	46
Imagen 18. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT5) GRUPAL.....	46
Imagen 19. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT5) INDIVIDUAL.....	47
Imagen 20. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT7) INDIVIDUAL.....	47
Imagen 21. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT7) INDIVIDUAL.....	48
Imagen 22. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT9) GRUPAL.....	48
Imagen 23. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT9) INDIVIDUAL.....	49

Imagen 24. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT11) GRUPAL.....	49
Imagen 25. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT11) INDIVIDUAL.....	50
Imagen 26. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT13) GRUPAL.....	50
Imagen 27. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT13) INDIVIDUAL.....	51
Imagen 28. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR GRUPAL.....	53
Imagen 29. FORMACION CABALLOS SUPERIOR INDIVIDUAL.....	54
Imagen 30. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUA1) GRUPAL.....	54
Imagen 31. CABALLOS SUPERIOR (KCUA1) INDIVIDUAL.....	55
Imagen 32. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUA2) GRUPAL.....	55
Imagen 33. CABALLOS SUPERIOR (KCUA2) INDIVIDUAL.....	56
Imagen 34 FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUB) GRUPAL.....	56
Imagen 35. CABALLOS SUPERIOR (KCUB) INDIVIDUAL.....	57
Imagen 36. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUC1) GRUPAL.....	57
Imagen 37. CABALLOS SUPERIOR (KCUC1) INDIVIDUAL.....	58
Imagen 38. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUC2) GRUPAL.....	58
Imagen 39. CABALLOS SUPERIOR (KCUC2) INDIVIDUAL.....	59
Imagen 40. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUC3) GRUPAL.....	59
Imagen 41. CABALLOS SUPERIOR (KCUC3) INDIVIDUAL.....	60
Imagen 42. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUD) GRUPAL.....	60
Imagen 43. CABALLOS SUPERIOR (KCUD) INDIVIDUAL.....	61
Imagen 44. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUE) GRUPAL.....	61
Imagen 45. CABALLOS SUPERIOR (KCUE) INDIVIDUAL.....	62
Imagen 46. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUF) GRUAL.....	62
Imagen 47. CABALLOS SUPERIOR (KCUF) INDIVIDUAL.....	63
Imagen 48. FORMACIÓN CABALLOS MEDIO (KCM) GRUPAL.....	64

Imagen 49. CABALLOS MEDIO (KCM) INDIVIDUAL.....	65
Imagen 50. FORMACION CABALLOS INFERIOR GRUPAL.....	66
Imagen 51. FORMACION CABALLOS INFERIOR INDIVIDUAL.....	67
Imagen 52. FORMACIÓN CABALLOS INFERIOR (KCLA) GRUPAL.....	67
Imagen 53. FORMACION CABALLOS INFERIOR (KCLA) INDIVIDUAL.....	68
Imagen 54. FORMACIÓN CABALLOS INFERIOR (KCLB) GRUPAL.....	69
Imagen 55. FORMACION CABALLOS INFERIOR (KCLB) INDIVIDUAL.....	70
Imagen 56. FORMACIÓN CABALLOS INFERIOR (KCLC) GRUPAL.....	71
Imagen 57. CABALLOS INFERIOR (KCLC) INDIVIDUAL.....	71
Imagen 58. BASAMENTO.....	72
Imagen 59. CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS Y MODELO DIGITAL DE LOS POZOS PETROLEROS DEL AREA DE SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO.....	73
Imagen 60. CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS Y MODELO DIGITAL DE LOS POZOS PETROLEROS DEL AREA DE SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO POR SUB DIVISIONES.....	74
Imagen 61. VISTA POLILINEA POZOS SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO POR GRUPOS	75
Imagen 62. VISTA POLILINEA POZOS SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO SUB DIVISIONES.....	76
Imagen 63. VISTA RAYOS X GRUPO.....	77
Imagen 64. RAYOS X VISTA SUB DIVISIONES.....	78

INTRODUCCIÓN

El uso y avance de las Técnicas de la Información y Comunicación (TIC) han permitido grandes avances en el desarrollo de áreas afines, tales como las Tecnologías de la Información Geográfica, que ha dado lugar, a lo que hoy en día, algunos estudiosos del tema lo llaman Geomática, que en otras palabras, es la aplicación de la informática en el estudio del medio geográfico. Sin embargo, este modelo tecnológico se ha derivado de lo que se conoce como los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Hace unas décadas atrás, los procedimientos en los estudios y proyectos que requerían del manejo de la información cartográfica, se hacían de forma manual, utilizando técnicas de dibujo que en la mayoría de las ocasiones era dispendioso e incómodo por los grandes volúmenes de información que se debía manejar, información tanto de tipo espacial como de tipo descriptivo. Así mismo el almacenamiento requería de espacios demasiado amplios y locaciones que permitieran la conservación en condiciones estables de los productos cartográficos y además, facilitar rápidamente su consulta. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), facilitan de una manera rápida y efectiva el tratamiento de la información, mediante el uso de hardware y software apropiados que permiten la entrada, almacenamiento, procesamiento, análisis y salida de la información geográfica expresada en mapas y tablas. Así mismo, el Sistema de Información Geográfica (SIG) integra el uso de fotografías aéreas e imágenes satélite.

Aplicando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), mediante la utilización del Software ArcGIS 10.1 se trata de realizar un modelo tridimensional del subsuelo, con base a la información de los espesores de las formaciones geológicas tomadas en la perforación de los pozos petroleros, del sector correspondiente al municipio de Palermo, del campo petrolero de San Francisco, Departamento del Huila.

Este trabajo establece la correlación entre las diferentes formaciones Litoestratigráficas, teniendo en cuenta la información obtenida durante el proceso de perforación de cada uno de los pozos petroleros y elaboración de un modelo tridimensional (3D).

La correlación estratigráfica es un procedimiento que sirve para establecer la correspondencia entre partes geográficamente separadas de una unidad geológica. Es una de las técnicas de mayor interés en la Estratigrafía ya que se utiliza para comparar dos o más secciones estratigráficas de un intervalo de tiempo semejante, a partir de alguna propiedad definida.

La correlación estratigráfica es de gran utilidad ya que con base en secciones geológicas, pozos y secciones sísmicas se logra conocer la continuidad o discontinuidad lateral de las formaciones geológicas.

Con la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, se establecen cuáles son las áreas donde se encuentran localizados los pozos petroleros que forman parte del campo Sanfrancisco sector Palermo.

Para ello se llevó a cabo la recolección de datos GPS y Estados Mecánicos dados por ECOPETROL.

El objetivo general es Elaborar una correlación litoestratigráfica de las formaciones geológicas y construir el modelo digital de los pozos petroleros del sector Palermo del Campo San Francisco mediante sistemas de información geográfica (SIG), que permite visualizar, conocer de forma clara y sencilla la ubicación geográfica y la correlación litoestratigrafica, permitiendo así, obtener información de forma viable, eficaz, confiable y rápida.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

En este capítulo se dará una breve descripción de aspecto teóricos fundamentales a tener en cuenta para el desarrollo de los objetivos del proyecto.

1.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los métodos tradicionales para adquirir, almacenar y analizar datos referenciados espacialmente (tales como recursos naturales, socio-económicos, etc.) están resultando ser muy costosos e inflexibles ante las necesidades y cambios del mundo moderno.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) computarizados están surgiendo como una herramienta para el manejo de los datos espaciales, mostrando soluciones para solventar complejos problemas geográficos, facilitando la transferencia de conocimientos gráficamente alrededor del mundo.

No siendo la solución de todos los problemas relacionados, esta nueva tecnología permite mejorar la habilidad del usuario en el proceso de toma de decisiones en investigación, planificación y manejo. El conocimiento básico sobre la ubicación, cantidad y disponibilidad de los recursos naturales es un aspecto importante dentro del proceso de planificación, desarrollo y explotación más inteligente de los recursos naturales.

DEFINICIÓN

Valenzuela (1989) define un SIG como "un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, análisis, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptivos) de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos."

De acuerdo con Cowen (1988) un SIG "es un sistema de soporte en la toma de decisiones, que involucra la integración de datos espacialmente referenciados, para la solución de problemas del medio ambiente".

Según Peter Burrough (1986) un SIG "es un poderoso conjunto de herramientas para obtener, almacenar, buscar en todo momento, transformando y desplegando datos espaciales del mundo real para satisfacer un propósito o conjunto de propósitos dados".

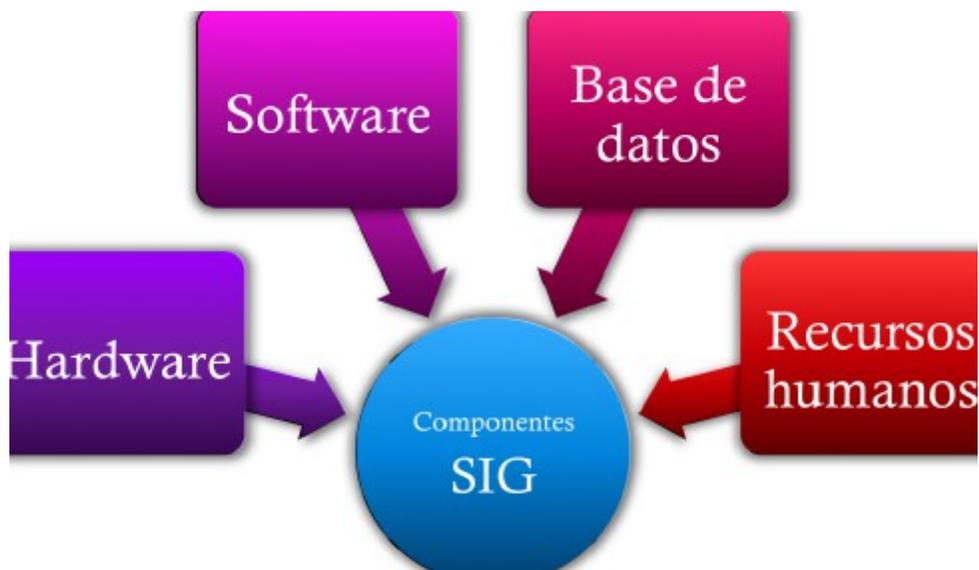
Para Dana Tomlinson (1972) un SIG "no es un campo en sí mismo, más bien la base común entre procesos de la información y los campos que utilizan técnicas de análisis espacial."

Se puede observar en las diferentes definiciones presentadas, el énfasis hacia el tema tecnológico y al tema del análisis en donde se involucra la noción del procesamiento de datos espaciales, aunado al ya conocido procesamiento de los datos numéricos. Ambos apuntan a un fin común como es el de ayudar y asistir en la toma de decisiones espaciales.

1.2 Componentes SIG⁵

Los datos geográficos no son los únicos componentes de un SIG como se puede observarse en la Figura 4.

Figura 1. Componentes de SIG



Fuente: LEIJA LUNA, Paulina. Sistemas de Información Geográfica para la ayuda de toma de decisiones en políticas sociales. México, D.F., 2010. 136p

- **Hardware:** Conjunto de equipos empleados en el almacenamiento y procesamiento de los datos contenidos en el sistema.
- **Software:** Conjunto de programas que proporcionan las funciones y herramientas necesarias para el almacenamiento, el análisis y el despliegue de información geográfica.
- **Datos:** Probablemente el componente más importante de un SIG son los datos geográficos y los datos nominales. Los SIG integra datos espaciales con otros recursos de datos que podrán ser almacenados y administrados por un DBMS. El éxito del proyecto no está garantizado si no se tiene asegurada la actualización periódica de los datos. La dificultad en su representación es otro factor a tener en

cuenta a la hora de organizar e introducir la información en el sistema.

- **Recursos Humanos:** Existen dos tipos de usuarios; los especializados y el público en general. Se denomina especializados a aquellos técnicos que trabajan con los sistemas en algunas de sus fases (introducción de datos, corrección, análisis, etc.), y que por ello deben tener una formación especializada; y público en general sería aquel que en algún momento tuviera que requerir información, sea la que fuese, de un SIG concreto. En este caso no se requiere una gran formación, y la adaptación debe estar en el sistema que debe ser "amigable".

1.3 UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

Figura 2: Relación de las unidades de tiempo geológico con los tipos de referentes sobre los cuales están basadas

UNIDADES FORMALES DISTINGUIDAS POR SU EDAD GEOLÓGICA		
	REFERENTE MATERIAL	UNIDAD CORRESPONDIENTE AL TIEMPO (aplicable mundialmente)
UNIDADES BASADAS EN REFERENTES MATERIALES	Cronoestratigráfica Cronoestratigráfica de Polaridad	Geocronológica Cronológica de Polaridad
UNIDADES INDEPENDIENTES DE REFERENTES MATERIALES	Ninguna	Geocronométrica
UNIDADES FORMALES DISTINGUIDAS POR DIACRONÍA		
	REFERENTE MATERIAL	UNIDAD CORRESPONDIENTE AL TIEMPO (aplicable sólo donde el referente material está presente)
UNIDADES BASADAS EN REFERENTES MATERIALES	Litoestratigráfica Bioestratigráfica Aloestratigráfica Pedoeestratigráfica	Diacrónica

Fuente: Código Internacional de Nomenclatura Estratigráfica

Unidades diacrónicas

Definición. Una unidad diacrónica comprende los lapsos desiguales de tiempo representados por una unidad litoestratigráfica, aloestratigráfica, bioestratigráfica o pedoestratigráfica específica, o por un conjunto de ellas.

Propósitos.- La clasificación diacrónica proporciona (1) un medio para comparar los lapsos de tiempo representados por unidades estratigráficas con límites diacrónicos en diferentes localidades, (2) una base para establecer de manera general en el tiempo el principio y el final del depósito de unidades estratigráficas diacrónicas en diferentes lugares, (3) una base para inferir la tasa de cambio en extensión de los procesos de depósito, (4) un medio para determinar y comparar la velocidad y la duración del depósito en diferentes localidades, y (5) un medio para comparar las relaciones temporales y Espaciales de las unidades estratigráficas diacrónicas (Watson y Wright, 1980).

Alcance.- El alcance de una unidad diacrónica está relacionado con (1) la magnitud relativa de la división transgresiva del tiempo representado por la unidad o unidades estratigráficas en las que está basada, y (2) la extensión superficial de tales unidades. Una unidad diacrónica no se extiende más allá de los límites geográficos de la unidad o unidades estratigráficas en las que se base.

Base.- La base para una unidad diacrónica es el referente diacrónico.

Duración.- Una unidad diacrónica puede ser de igual duración en diferentes lugares, a pesar de las diferencias en el tiempo de inicio y término de la misma en tales lugares.¹

UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS

Naturaleza de las Unidades Litoestratigráficas. Una unidad litoestratigráfica es un cuerpo definido de estratos sedimentarios, ígneos extrusivos, metasedimentarios o metavolcánicos, que se distingue y delimita por sus características líticas y su posición estratigráfica. Por lo general, una unidad litoestratigráfica se apega a la Ley de la Superposición, es estratificada y de forma tabular.

Límites. Los límites de las unidades litoestratigráficas se ubican en lugares de cambio lítico. Los límites se ponen en contactos definidos o pueden fijarse arbitrariamente dentro de las zonas de gradación. Tanto el límite vertical como el lateral se basan en los criterios líticos que proporcionan mayor unidad y utilidad práctica.²

^{1,2}Código de Nomenclatura estratigráfica, traducción al español del Code of Stratigraphic Nomenclature of the American Commission on Stratigraphic Nomenclature, preparada por D.A. Cordoba y Z de Cserna, 28 p., Mexico D.F

Formación. La formación es la unidad fundamental en la clasificación litoestratigráfica. Una formación es un cuerpo de roca que se identifica por sus características líticas y por su posición estratigráfica; generalmente, aunque no necesariamente, es tabular y se puede cartografiar en la superficie de la Tierra o seguirse en el subsuelo.

Miembro. Un miembro es una unidad litoestratigráfica de rango inmediatamente inferior al de formación y es siempre parte de una formación. Se reconoce como una entidad con nombre dentro de una formación porque posee características que la distinguen de las partes adyacentes de la formación. No es necesario dividir una formación en miembros, a menos que tenga un propósito con fines prácticos. Algunas formaciones pueden estar totalmente divididas en miembros, otras pueden tener sólo algunas partes designadas como miembros y otras, ninguno. Un miembro puede extenderse lateralmente de una formación a otra. Observaciones.³

Estrato(s). Un estrato, o conjunto de estratos, es la unidad litoestratigráfica formal más pequeña de las rocas sedimentarias.

Derrame. Un derrame es la unidad litoestratigráfica formal más pequeña de rocas de derrames volcánicos. Un derrame es un cuerpo de roca volcánica diferenciable, extrusivo, que se distingue por su textura, composición, orden de superposición, paleomagnetismo u otros criterios objetivos. Forma parte de un miembro y, por tanto, equivale en rango a un estrato. Muchos derrames son unidades informales. Debe limitarse la designación y el nombre de los derrames como unidades estratigráficas formales a aquéllos que sean característicos y que estén ampliamente extendidos.⁴

Grupo. El grupo es la unidad litoestratigráfica de rango inmediatamente superior al de formación. Un grupo puede estar completamente constituido por formaciones nombradas, o puede estarlo parcialmente por formaciones no nombradas.⁵

Supergrupo. Un supergrupo es una asociación formal de grupos relacionados o superpuestos, o de grupos y formaciones. Estas unidades han probado su utilidad en las síntesis regionales y locales. Los supergrupos deben nombrarse exclusivamente allí donde su reconocimiento tenga un propósito claro.

Carácter Compuesto. El nombre formal de una unidad litoestratigráfica es compuesto. Consiste en un nombre geográfico combinado con un término lítico descriptivo o con el término correspondiente al rango, o ambos. Las letras iniciales de todas las palabras que constituyen los nombres de las unidades litoestratigráficas formales se escriben con mayúscula.⁶

^{3, 4, 5,6} Código de Nomenclatura estratigráfica, traducción al español del Code of Stratigraphic Nomenclature of the American Commission on Stratigraphic Nomenclature, preparada por D.A. Cordoba y Z de Cserna, 28 p., Mexico D.F

1.4. COMO CREAR UN PERFIL 2D Y CONSTRUIR MODELO 3D DEL SUBSUELO EN ArcGIS.

Es necesario para la realización de este trabajo el uso de ArcGIS, que es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en familias temáticas como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS Móvil para la captura y gestión de información en campo.

3D Analyst: Es la extensión de ArcGIS que proporciona herramientas para la creación, visualización y análisis de datos SIG en un contexto tridimensional; la función ArcScene por ejemplo permite crear y animar ambientes 3D. Personalmente utilicé 3D Analyst para el modelado de capas geológicas y datos de agua subterránea relacionados con captaciones e hidráulica subterránea.

Arc Hydro Groundwater: Es la herramienta del paquete de software de ArcGIS que permite archivar, visualizar y analizar datos multidimensionales de agua subterránea, e incluyen varios componentes para representar diferentes tipos de datos, incluyendo las representaciones de los acuíferos y pozos / perforaciones, modelos 3D hidrogeológicos, información temporal, y los datos de los modelos de simulación.

Los requerimientos para llevar a cabo este trabajo son los siguientes:

- ArcGIS con licencia ArcEditor\ArcInfo.
- Extensión 3D Analyst.
- Extensión Arc Hydro Groundwater Tools.
- Ejercicios de Arc Hydro Groundwater.

2. GENERALIDADES⁹

2.1 CAMPOS PETROLEROS TRABAJADOS

Cuadro 1. Campos petroleros, ubicación y estado actual

NOMBRE DEL POZO	CUENCA	UBICACIÓN	ESTADO ACUTAL
SAN FRANCISCO-8	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-10	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-18	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-19	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-20	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-21	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-31	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-39	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ABANDONADO
SAN FRANCISCO-43	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-44	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-48	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-49	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-50	VALLE SUPERIOR	PALERMO	SUSPENDED
SAN FRANCISCO-52	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-53	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-54	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-55	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-56	VALLE SUPERIOR	PALERMO	SUSPENDED
SAN FRANCISCO-59	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-60	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-61	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-64	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-65	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-66	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-68	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-69	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-72	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-77	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-81	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-83	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-88	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-92	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-100	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE

SAN FRANCISCO-107	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-108	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-109	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-110	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ABANDONED
SAN FRANCISCO-120	VALLE SUPERIOR	PALERMO	SUSPENDED
SAN FRANCISCO-125	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-126	VALLE SUPERIOR	PALERMO	PRODUCTOR
SAN FRANCISCO-128	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-129	VALLE SUPERIOR	PALERMO	PRODUCTOR
SAN FRANCISCO-133	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-134	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-138	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-141	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-142	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-144	VALLE SUPERIOR	PALERMO	PRODUCTOR
SAN FRANCISCO-146	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-148	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-149	VALLE SUPERIOR	PALERMO	PRODUCTOR
SAN FRANCISCO-156	VALLE SUPERIOR	PALERMO	COMPLETE
SAN FRANCISCO-157	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-162	VALLE SUPERIOR	PALERMO	COMPLETE
SAN FRANCISCO-163	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-164	VALLE SUPERIOR	PALERMO	COMPLETE
SAN FRANCISCO-165	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-168	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-169	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-174	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-181	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-182	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-203	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE
SAN FRANCISCO-205	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE

Fuente: Ecopetrol

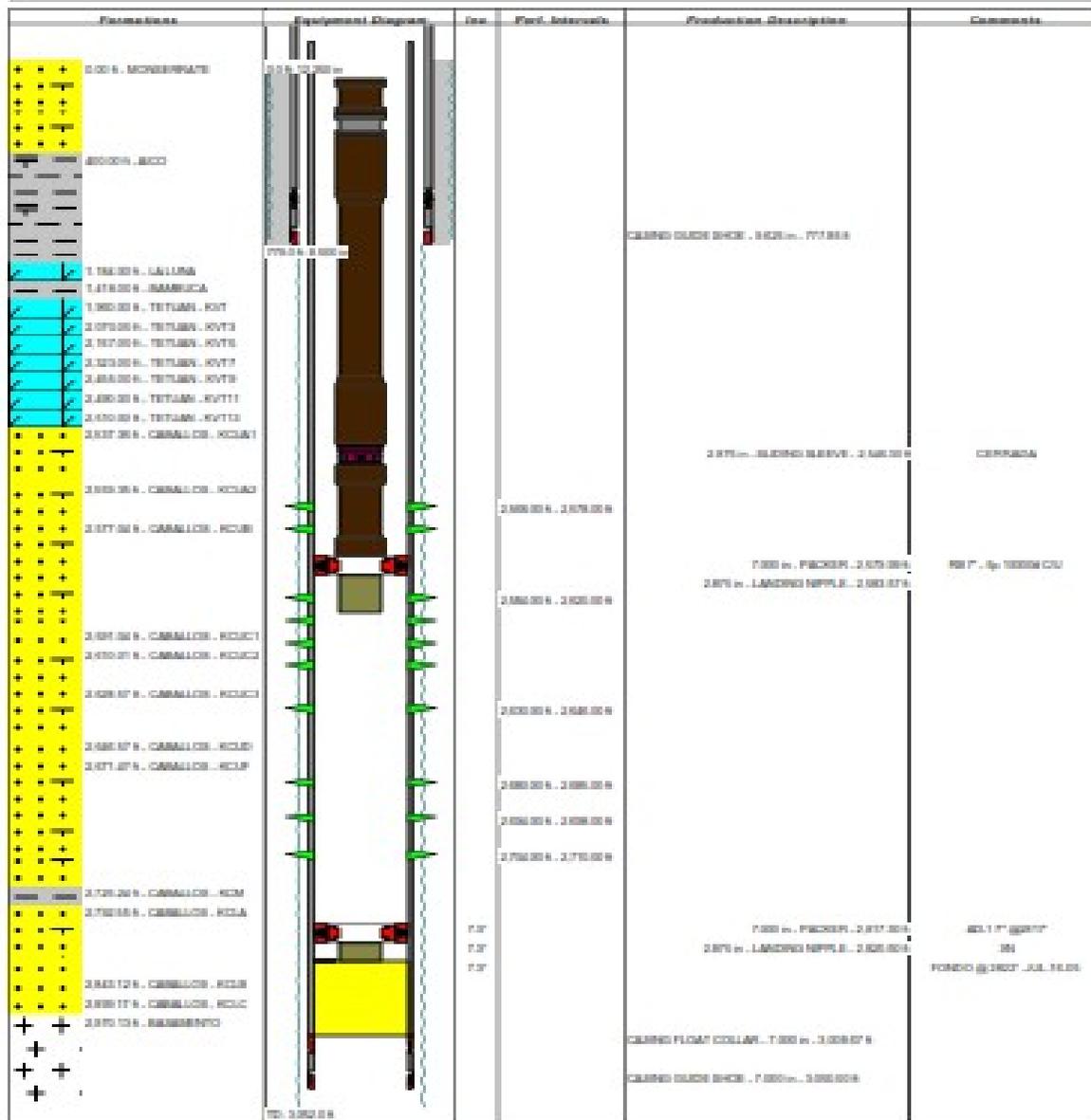
2.1 ESTADO MECANICO

El estado mecánico de un pozo petrolero es un documento donde se escriben todas las actividades que se realizan en el mismo. El estado mecánico se divide en seis columnas, la primera columna tiene como nombre Formaciones o Litología, en esta se muestran todas las formaciones que atravesó la perforación, y la profundidad de tope y base de la formación. La segunda columna, tiene como nombre Diagramas de Equipos, donde se ilustra con un dibujo la tubería de perforación, los diámetros de la tubería, la zona cañoneada y la profundidad de cada sección de la sarta. La tercera columna tiene como nombre, INC, que se refiere al diámetro del anular. En la cuarta columna tiene como nombre, Intervalos perforados, en esta se muestra los intervalos de las partes cañoneadas. La quinta columna tiene como nombre, Descripción de la producción y la sexta y última es el espacio en el que se ponen los comentarios dependiendo de los acontecimientos y a la profundidad en que sucedan.

Para la realización de la Correlación Litoestratigráfica de las formaciones geológicas del Área de Palermo del Campo San Francisco, fueron fundamentales los Estados Mecánicos, ya que con los datos de Litología de la primera columna se logró dar forma al modelo digital de los pozos pertenecientes al Área de estudio.

Figura 10. Estado Mecánico

Summary Information			
Well Name	SAN FRANCISCO	Spud Date	11/18/88
Event / Date	WORKOVER	STOOD	
Well Type	SUBJECT	Rig Name	INDEPENDENCE
Assoc. / Conc.	FELIPINO	Rig Number	34
Field Name	SAN FRANCISCO	TWD	302359
Event Objective	ZONE STIMULATION	RTE	1275



Production: 802359 at 1000

SAN FRANCISCO Original Hole Page 1

Fuente: Ecopetrol.

3. ESTRUCTURA GENERAL DE INFORME GEOLOGICO DE CADA CAMPO.

Cada vez que se realiza una perforación de un nuevo pozo, se realiza un informe completo y detallado sobre los acontecimientos del proceso, en el van incluidos diferentes datos importantes para el desarrollo de este trabajo. Tomaremos como referencia el pozo San francisco 140

3.1 LOCALIZACION DEL POZO

Cuadro 2. Localización, pozo de referencia

POZO	SAN FRANCISCO – 140
CUENCA	VALLE SUP. DEL MAGADALENA
DEPARTAMENTO	HUILA
MUNICIPIO	PALERMO
CONTRATO	ASOCIACION PALERMO
ESTRUCTURA	ANTICLINAL
OBJETIVO	PRIMARIO:LKB
CLASIFICACION	PRODUCTOR
COORDENADAS GAYSS (SUP.)	N: 829.466,08 m E: 854.748,10 m
FONDO	N: 829.621,76 m E: 854.036,71 m
ELEVACION DEL TERRENO	2549'
ELEVACION MESA ROTARIA	2567'
PROFUNDIDAD FINAL (MD)	4550'
PROFUNDIDAD FINAL (TVD)	2846'

3.2 COMPAÑÍAS PARTICIPANTES

Cuadro 3. Compañías participantes en pozo de referencia

OPERADORA	HOCOL S.A.
PERFORADORA	PRIDE, EQUIPO -9
REGISTRO CONTINUO DE HIDROC	T.G.T. GAMAS LTDA
GEOLOGIA DEL POZO	GONDWANA Y Cia Ltda
SISTEMA DE LODOS	MI
CEMENTACION	DOWELL- SCHLUMBERGER
CONTROL DIRECCIONAL	ANADRILL
CONTROL SOLIDOS Y AGUAS	SWACO
MARTILLOS DE PERFORACION	C.P.S.C.
BROCAS	HUGHES, SECURITY, HYCALOG, DDS
COLGADOR DE LINER DE 4 ½"	HUGHES

3.3. GENERALIDADES

Cuadro 4. Generalidades del pozo de referencia.

POZO	SAN FRANCISCO – 140
FECHA DE INICIACION	30 de Abril de 2002 (00: 00hrs)
FECHA DE TERMINACION	17 de Mayo de 2002 (19:30 hrs)
TOTAL DIAS DE PERFORACION	18
PROFUNDIDAD TOTAL	4550' (MD) / 2846' (TVD)
TOTAL BROCAS UTILIZADAS	4
TIPO DE LODO UTILIZADO	Bentonite- Extended (Sup – 854') Polymer – Non Dispersed (854" – 3881") Oil Base Mud (3881' – 4550')

DIAMETRO DEL HUECO	12.5"	8.5"	7.0"
PROFUNDIDAD TOTAL (Pies)	854'	3881'	4550'

	Conductor	Superficie	Produccion
DIAMETRO DEL REVESTIMIENTO (Plg)	9 5/8"	7"	5" Liner
PESO DEL REVESTIMIENTO (Lbs/ Pie)	43.5	26	18
DIAMETRO INTERNO DEL REV. (Plg)	8.755	6.276	4.276
REVESTIMIENTO - ZAPATO (Pies)	845'	3530'	3960'
GRADO DEL REVESTIMIENTO	N – 80	N – 80	N – 80
CAPACIDAD DEL REVESTIMIENTO (Bbls/ Pie)	0.0745	0.0383	0.01776
CLASE DE CEMENTO	A	-	G
No DE SACOS DE CEMENTO	432	No se cemento	154

FORMACIONES	DIAMETRO	Topes (P. Medida) (Pies)	Espesor Aparente (pies)
-------------	----------	------------------------------	----------------------------

K4 MONSERRATE	12.25"	Superficie	478'
K3A VILLETA(AICO)	12.25"/ 8.5"	478'	666'
K3L VILLETA (LA LUNA)	8.5"	1144'	380'
K3B VILLETA (BAMBUCA)	8.5"	1524'	604'
K3T VILLETA (TETUAN)	8.5"	2128'	862'
UKb CABALLOS (Ukba 1)	8.5"	2990'	412'
MKb CABALLOS MEDIO	8.5"	3402'	434'
LKb CABALLOS INFERIOR	6x7"	3836'	614'
BSMT BASAMENTO	6x7	4450'	100'
PROFUNDIDAD FINAL	6x7	4450'	-

3.4. ESTRATIGRAFIA

El pozo SAN FRANCISCO – 140 será un pozo productor altamente inclinado con el fin de drenar las reservas no desarrolladas de las arenas del Caballos Inferior LKBa, LKBc y de las arenas del Caballos Superior, si estas últimas se encuentran saturadas.

Durante la perforación del Sf-140 se observó la misma sección estratigráfica ya establecida por HOCOL para este campo y en conformidad con la nomenclatura establecida para la cuenca del Valle Superior del magdalena, subcuenta de Neiva.

Durante la perforación del SF – 140 se observó la misma sección estratigráfica ya establecida por HOCOL para este campo y en conformidad con la nomenclatura establecida por la cuenca del Valle Superior del magdalena, Subcuenta de Neiva.

Los análisis litológicos aquí presentados, se basan principalmente en los resultados de las descripciones al microscopio, las cuales se hicieron cada 10' desde superficie hasta la profundidad total 4550'.

De acuerdo con lo anterior, analizando las muestras de zanja y complementando con los registros MWD y LWD, se elaboró el siguiente Cuadro que especifica las diferentes formaciones con sus respectivos topes y espesores aparentes.

Cuadro 5. Topes de formaciones pozo de referencia.

TOPES DE FORMACIONES			
FORMACIONES		MD(TVD)	Relacionado al Nivel del Mar
K4	MONSERRATE	Superficie	+ 2131'
K3A	VILLETA (AICO)	47' (474')	+ 2093
K3L	VILLETA (LA LUNA)	1144' (1098')	+ 1469'
K3B	VILLETA (BAMBUCA)	1524' (1460')	+ 1107'
K3T	VILLETA (TETUAN)	2128' (1993')	+574'
Ukba			
1	CABALLOS	2990' (2402')	+ 165'
MKb	CABALLOS MEDIO (Tope)	3402' (2537')	+ 30'
LKb	CABALLOS INFERIOR (Tope)	3836' (2666')	-99'
	SALDAÑA (Basamento)	4450'(2846')	-260'
T.D		4450'(2846')	-279'

Actualmente las Formaciones geológicas del Valle Superior del Magdalena, han tenido modificaciones en su nomenclatura, especialmente el grupo Villeta, en este trabajo utilizamos la nomenclatura antigua, debido a que la información fue suministrada por Ecopetrol y ellos aun la usan de esta manera. Nueva nomenclatura:

Cuadro 6. Nomenclatura antigua, nomenclatura actual.

FORMACIONES ANTIGUA NOMENCLATURA	FORMACIONES NUEVA NOMENCLATURA
VILLETA (AICO)	VILLETA (LOMA GORDA)
VILLETA (LA LUNA)	VILLETA (HONDITA)
VILLETA (BAMBUCA)	VILLETA (SHALE DE BAMBUCA)
VILLETA (TETUAN)	VILLETA (CALIZAS DE TETUAN)

Cuadro 7. Intervalos de profundidad Vs Resistividad.

Intervalo	Resistividad (ohms)
4012' – 4063'	100 – 400
4063' – 4096'	100 – 200
4096' – 4124'	200

4124' – 4156'	50 – 90
4226' – 4262	200
4280' – 4340'	200 – 300
4392' – 4402'	>900
4408' – 4428'	900

4. MODELO DIGITAL DE LOS POZOS PETROLEROS DEL AREA SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO.

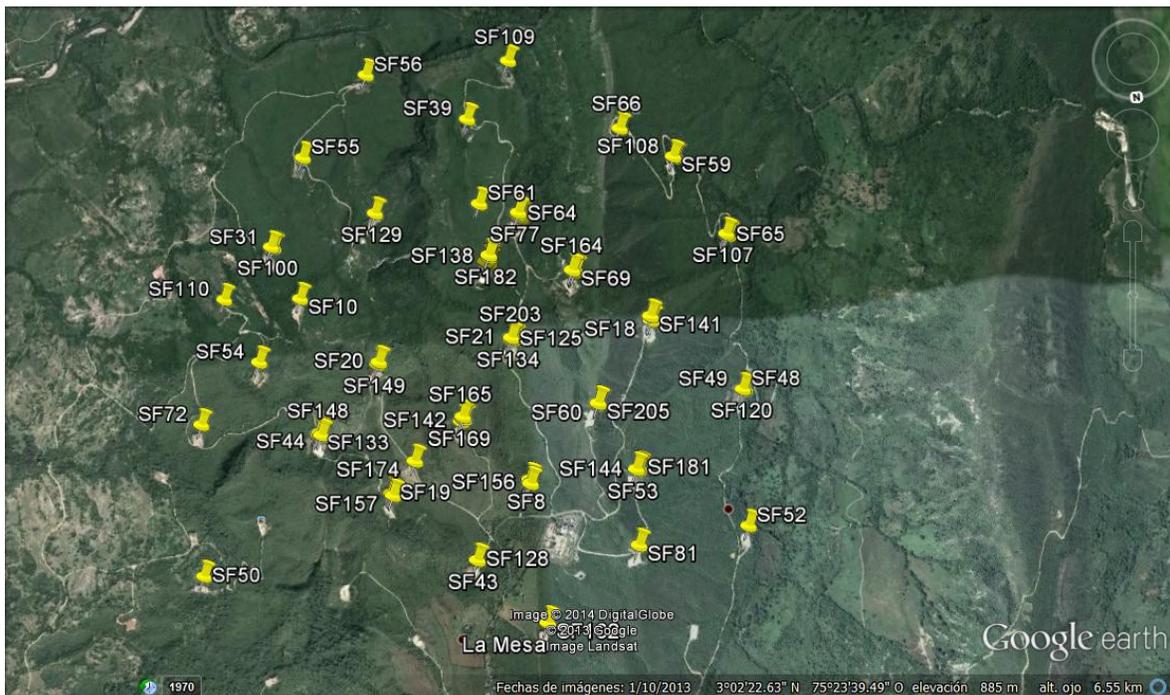


Imagen1. Ubicación Geográfica de los pozos petroleros del Campo San francisco perteneciente al municipio de Palermo

El modelamiento digital de los pozos petroleros se realizó partiendo de los datos extraídos de los estados mecánicos de cada pozo, más específicamente de la primera columna donde se aprecia la profundidad de las y división de las formaciones geológicas.

La descripción Geológica se realizó a partir de un informe geológico tomado del campo San Francisco 140.

MODELO GRUPAL DE LAS SEIS FORMACIONES

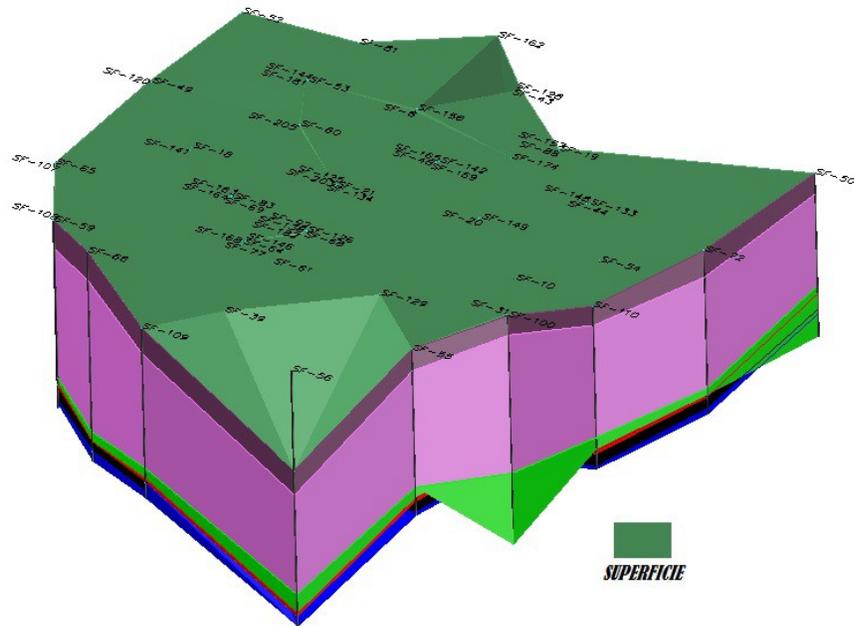


Imagen 2. Modelo grupal seis formaciones: En la Figura observamos una vista espacial de la superficie del Área Trabajada y en una vista de perfil la división de las formaciones correlacionadas (Monserate, Villeta, Caballos Superior, Caballos Medio, Caballos Inferior) .

SUPERFICIE

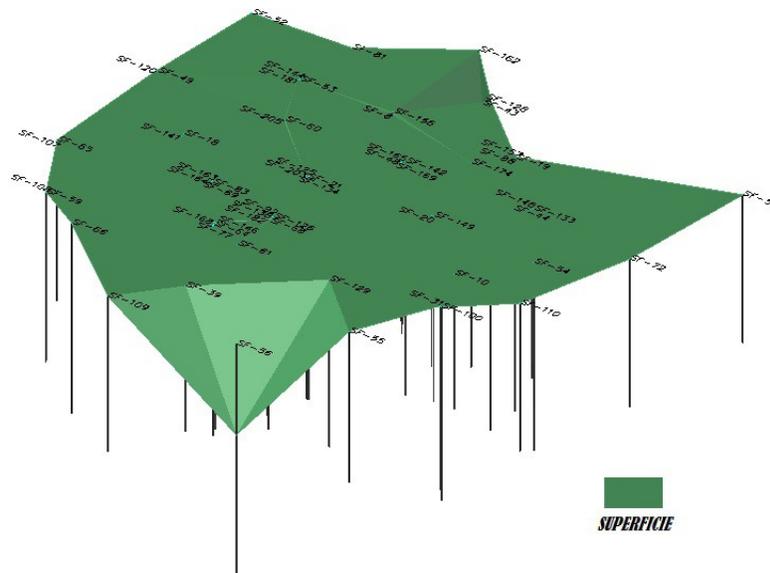


Imagen 3. SUPERFICIE: Vista espacial de la superficie y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio

4.1 FORMACION MONSERRATE (Superficie- 418')

Caracterizada principalmente por una secuencia de areniscas con intercalaciones menores de Limonita (Superficie – 310'); y hacia la base (310' – 478') se identificó un paquete de Chert con menores niveles de Limolitas y localmente Areniscas.

Las areniscas son de color gris claras con variaciones a pardo claras y localmente blancas; El tamaño de grano es de muy fino a fino, ocasionalmente medio, localmente grada a Limolita; Y una redondez media (subangular a sobre redondeado). Otra característica notoria es su buena selección y una matriz arcillosa que soporta a granos de cuarzo, pirita y glauconita; siendo compactada y apretada. Localmente presenta trazas de manchamiento de aceite pardo oscuro con aspecto residual.

La Limolita es de color gris clara a media, variando localmente a pardo claro y ocasionalmente blanca; Su apariencia es blocosa, con una dureza alta y chertosa permitiéndole a esta gradar localmente a limolita chertosa. Además, se reconocen pequeñas inclusiones de pirita.

Por último, localizado en la parte media y basal se encuentra una sección de chert de color pardo oscuro a medio, variando gris; la apariencia de esta roca es blocosa con fractura angular a localmente concoidea, presentando inclusiones de pellets y cilindros fosfáticos, además se observó con microporita y a partir de 450' con fracturas rellenas con calcita.

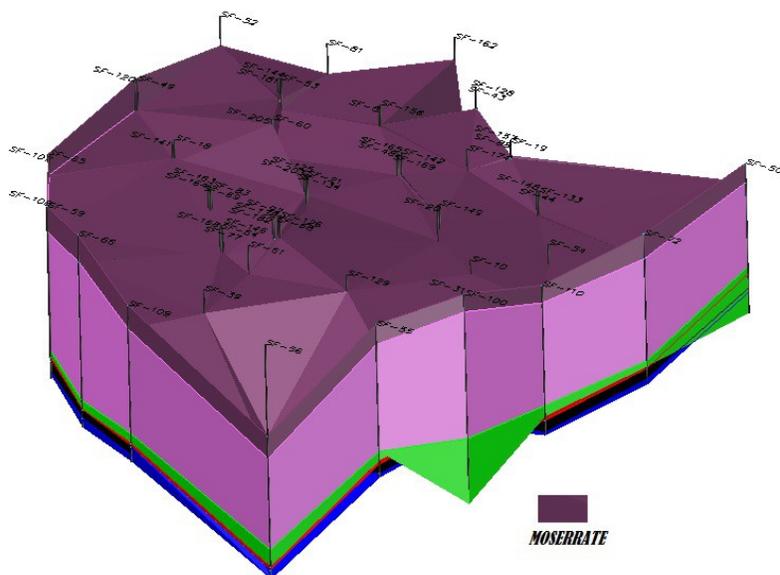


Imagen 4. FORMACIÓN MONSERRATE GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Monserrate, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

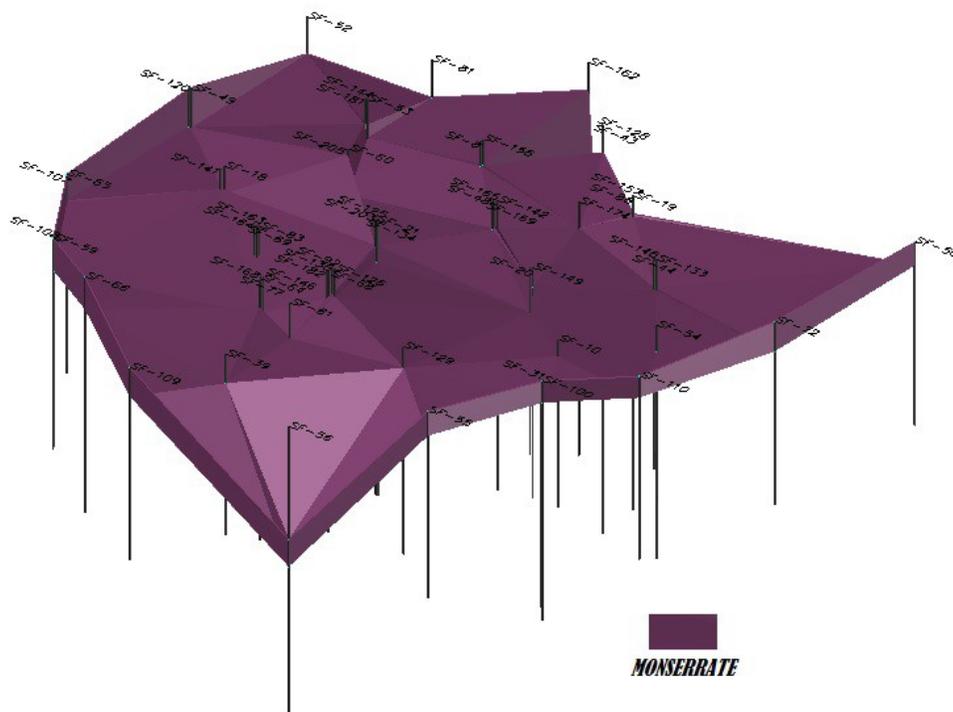


Imagen 5. FORMACION MONSERRATE INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Monserrate y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio

4.2. FORMACION VILLETA (418' – 2990')

Constituida principalmente por lulitas, Calizas, Margas, Lulitas Calcáreas que localmente gradan a margas y muy localmente Areniscas. Las variaciones litológicas en esta formación, ha permitido correlacionar 4 miembros ya establecidos para este campo por Hocol S.A., Siendo los siguientes: Miembro Aico, Miembro La luna, Miembro Bambuca y Miembro Tetuán.

Sección superior (418'- 860'): Caracterizado por tres niveles de Areniscas (530' – 580'; 630' – 740' y 800' – 820') y limolitas que intercalan con un paquete competente de Lulitas micromicacáceas.

Las lulitas son de color gris a gris oscuras con firmeza alta a media y una apariencia limosa, blocosa a localmente sublamina y subfisil. Otras características reconocidas, aparte de las micromicas, son las inclusiones de micropiritas y la no presencia de material calcáreo.

Las areniscas son de color crema a blanco lechos, localmente gris clara y gris pardusca a parda hacia la base; Los granos son de tamaño muy fino a fino, gradando localmente a limolita, presentando una buena selección siendo

predominante cuarzosa y localmente con inclusiones de glauconita. Además se observa apretada a localmente friable (hacia el tope) con una matriz calcárea y una pobre porosidad. El manchamiento observado en algunos niveles es de aceite pardo oscuro residual.

En la parte media de esta sección, se identificaron limolitas de color gris oscura a gris, con una apariencia blocosa y moderadamente firme a localmente blanda, además de ser ligeramente calcárea y localmente gradando a arenisca.

Adicionalmente ocasionalmente se reconocieron delgados niveles de caliza de color crema a clara a parda clara, con una firmeza alta a media y una apariencia terrosa con micropirita.

Sección inferior (860' – 1144').

Se caracteriza por presentar lilitas no calcárea a ligeramente calcárea en la parte basal con intercalaciones de Caliza.

Esta sección, presenta Lilitas de color gris a gris claro con variaciones de gris pardusco a localmente crema; Su forma es blocosa a sublaminaar con una firmeza alta a media y un aspecto limoso a localmente terroso (base);

Los registros eléctricos (Power pulse – Gamma Ray), corridos en este miembro permitieron identificar una falla en la profundidad 1280' Md (1227' TVD), variando su espesor promedio de 180' en esta área a 362'.

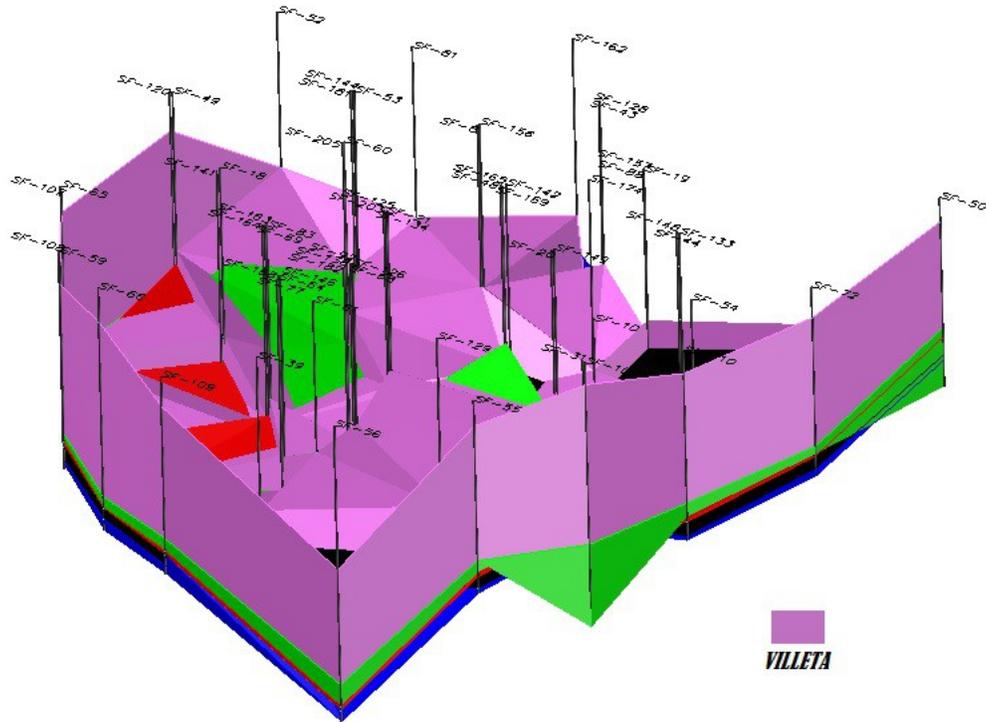


Imagen 6. FORMACION VILLETA GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Villeta, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

Cuadro 8: Profundidad y espesores promedio formación Villeta

FORMACION	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (ft)	ESPEORES PROMEDIO (m)	ESPEORES PROMEDIO (Ft)
AICO	392,52	1287,81	231,05	231,0475619
LA LUNA	476,26	1562,54	83,74	83,73733455
BAMBUCA	464,52	1524,00	11,75	11,74634545
AICO	576,07	1890,00	111,56	111,5568
LA LUNA	600,46	1970,00	24,38	24,384
BAMBUCA	664,42	2179,86	63,97	63,96551273
TETUAN KVT	764,87	2509,41	100,45	100,4479616
TETUAN KVT3	755,09	2477,34	9,78	9,77709289
TETUAN KVT5	764,47	2508,10	9,38	9,377956344
TETUAN KVT7	815,25	2674,71	50,78	50,7800152
TETUAN KVT9	862,34	2829,20	47,09	47,08942606
TETUAN KVT11	846,23	2776,33	16,11	16,11459165
TETUAN KVT13	899,60	2951,44	53,37	53,37403996

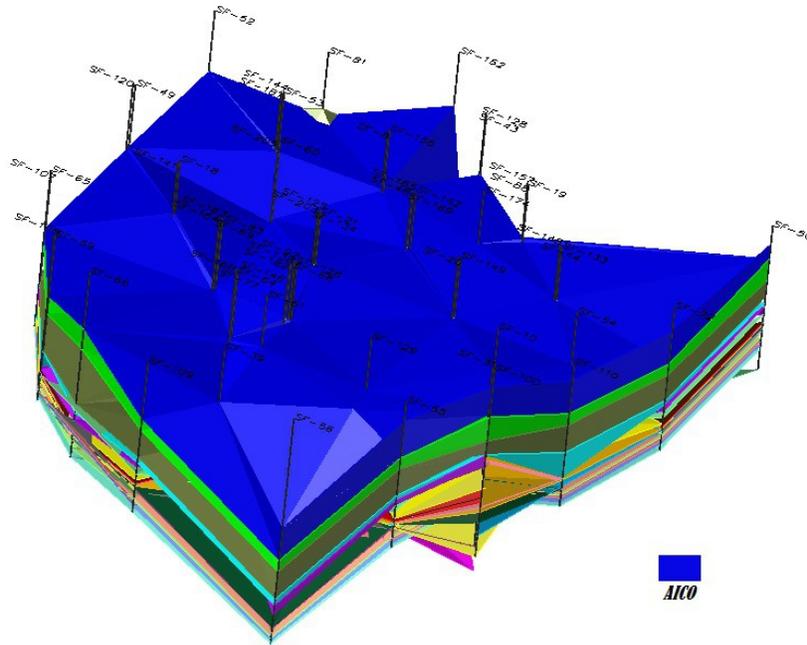


Imagen 8. FORMACION VILLETA (AICO) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Aico, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

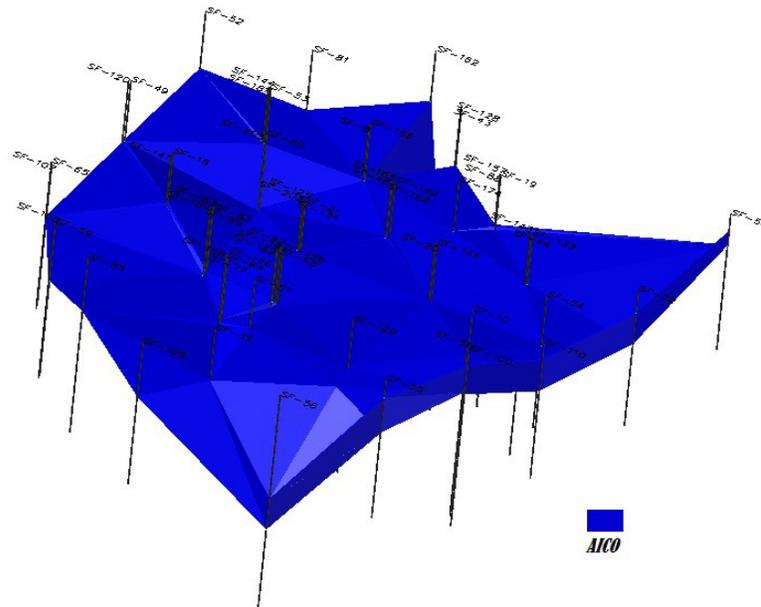


Imagen 9. FORMACION VILLETA (AICO) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Villeta y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio

4.2.2 MIEMBRO LA LUNA (1144' – 1524')

Se encuentra compuesta básicamente por Margas con intercalaciones de Calizas; en la base (1420' – 1524') se registraron Lulutas no calcáreas con un nivel de areniscas e intercalaciones de calizas.

Las Margas son de color gris oscuras a gris parduscas, siendo blocosas a localmente sublaminares y con una superficie rugosa; además, se comporta de manera limosa a terrosa y con sectores que presentan inclusiones de materia orgánica y micropirita. Localmente se encontraron inclusiones de Foraminíferos. La lilita que se encontró de 1420' es de color gris medio clara y localmente gris azulosa, blocosa a sublaminares, no calcárea.

Intercalando las Margas, se encuentran Calizas de color blanco a blanco grisáceo, localmente crema; con una textura terrosa y de apariencia blocosa que tiene una firmeza alta. El contenido de foraminíferos y micropirita es común a lo largo de este miembro; presentando una textura terrosa a granular. En 1200' y 1290' las calizas presentan trazas de manchamiento de aceite oscuro con aspecto residual.

Es típico encontrar en la base del miembro junto a las Calizas y Lulitas, intercalaciones de Arenisca de color pardo a blancas con granos de cuarzo subangulares a subredondeados y bien seleccionados, asociados a Glauconita, que están soportados por una matriz arcillosa y conteniendo un manchamiento de aceite pardo. La fluorescencia es muy débil de color amarilla opaca, siendo estas manifestaciones de aceite consideradas muy pobres.

Las manifestaciones de gas desde el tope hasta 1480' son generalmente de metano, y a partir de 1480' aparece toda la gama de hidrocarburos pesados con un total de 1235ppm.

Las intercalaciones de Calizas son de tonalidades claras como el blanco, crema y pardo claro; es de apariencia blocosa con una textura que varía de terrosa a granular, y presentando micropirita y foraminíferos en algunos sectores. Adicionalmente tanto en el tope como en la parte media se identificaron algunas trazas de manchamiento de aceite con una manifestación de aceite muy pobre. En la base de la sección (2630' – 2660') Se identificó un nivel competente de calizas con un espesor promedio de 30' reconocido como TETUAN MARKER, se tornan blancas moteadas de pardo que contienen Glauconita y micropirita y ocasionalmente microfósiles; también son visibles trazas con manifestaciones muy pobres de manchamiento de aceite residual.

Sección inferior (2660' – 2990'): sección compuesta predominantemente por Lulitas no calcáreas que se tornan ligeramente calcáreas antes del contacto con la formación Caballos, con menores intercalaciones de Caliza.

Las lulitas no calcáreas son de color pardo a gris pardusco y en bloque sublaminares, localmente astillosas, con una firmeza media; mu micromicacea y micropiritica; siendo característico observarse con una superficie suave y con material carbonoso en puntos. En la base se observa con Glauconita y ocasionalmente con fosiles; además, entre 2950' – 2970', presenta un aspecto margoso.

En cuanto a las Calizas, son predominantemente de color crema clara con variaciones a gris clara y blancas, localmente se torna parda clara, su forma es en bloques y una firmeza media, además se torna de tizosa a terrosa desde el tope a la base de la sección. No se observó mancamiento de aceite en la roca.

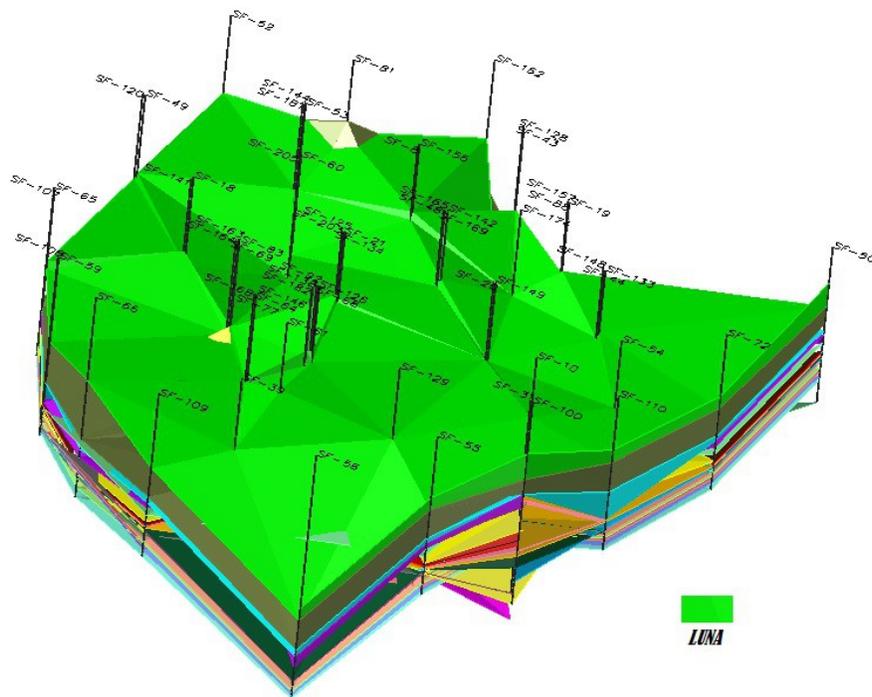


Imagen 10. FORMACION VILLET (LA LUNA) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación La Luna, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

4.2.4. MIEMBRO TETUAN (2128' – 2990')

Este miembro se puede dividir litológicamente en dos secciones: La superior (2128' – 2660') la cual está compuesta por Lulitas Calcáreas que gradan a margas con intercalaciones de Calizas, Y la inferior (2660' – 2990') compuesta por Lulitas no calcáreas con niveles de Calizas. En ambas, las manifestaciones de gas se incrementan con respecto a los anteriores miembros; Registrándose desde metano a pentano (C1 – C5: 2170 – 9753ppm).

Sección Superior (2128' – 2669'): Conformada principalmente por Lulitas Calcáreas que gradan a magras de color gris pardusco a gris bloques a sublaminares, con una firmeza media a alta, que contiene localmente micropirita y materia orgánica; Su textura es limosa y terrosa, localmente con venas de calcita.

Micromicas, no calcáreas a ligeramente calcáreas. En la base, la roca varía a lilita magrosa. En algunos sectores se observaron impresiones fosilíferas.

La Caliza es de color crema y gris cambiando a una tonalidad gris pardusca, localmente es blanca. La firmeza es alta a media y con una apariencia blocosa, además, de presentar foraminíferos y localmente venas de Caliza; siendo clasificada como espartita a micritica. No se observó manchamiento de aceite.

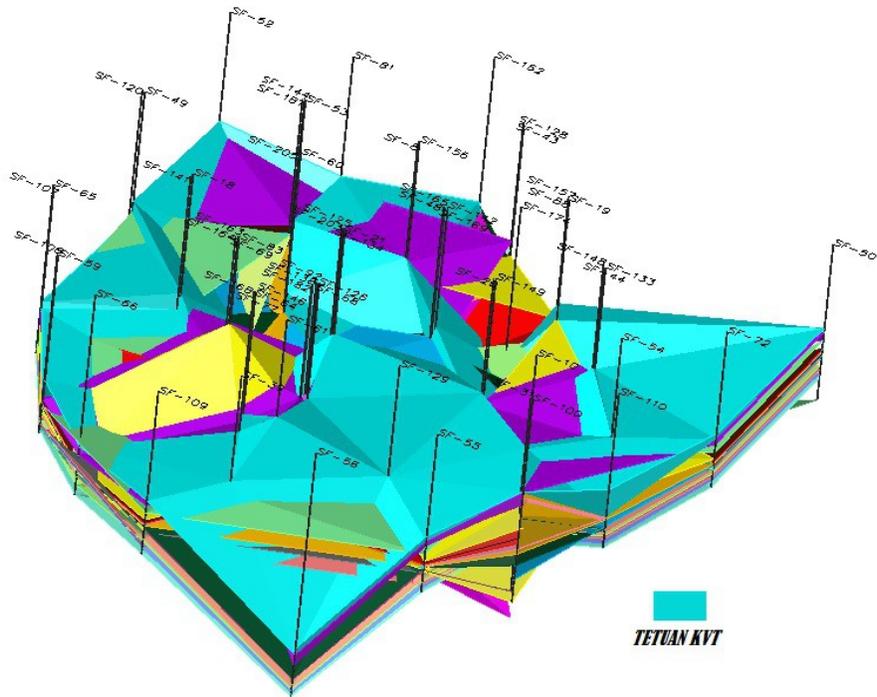


Imagen 14. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Tetuan KVT, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

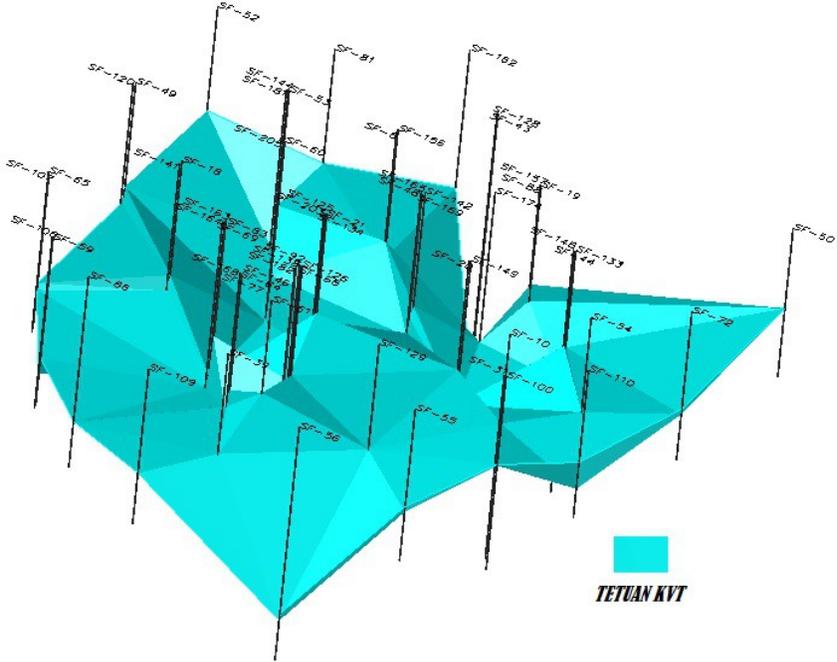


Imagen 15. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Tetuán KVT y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

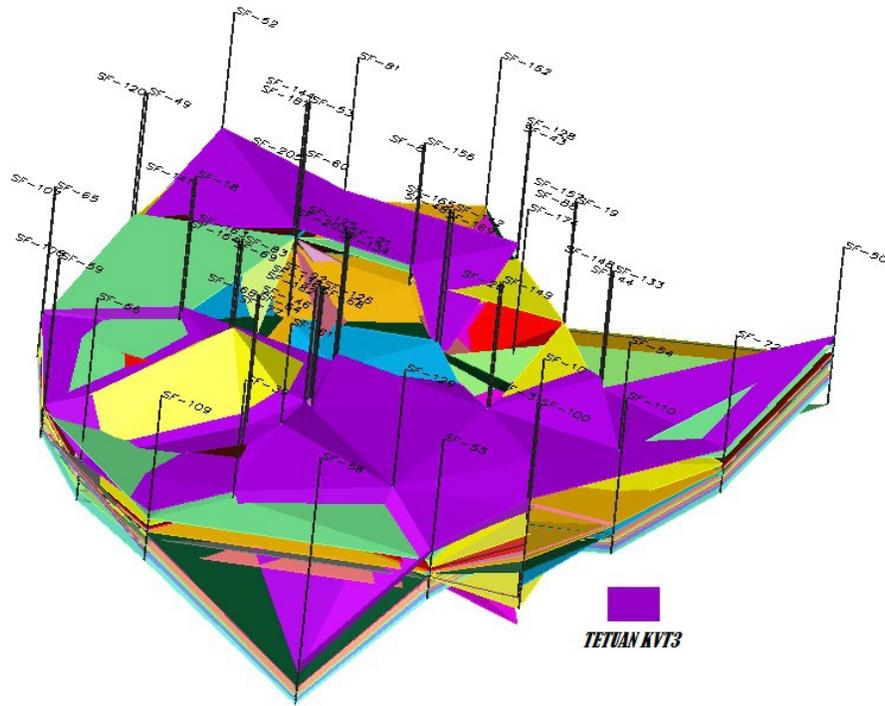


Imagen 16. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT3) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Tetuán KVT3, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

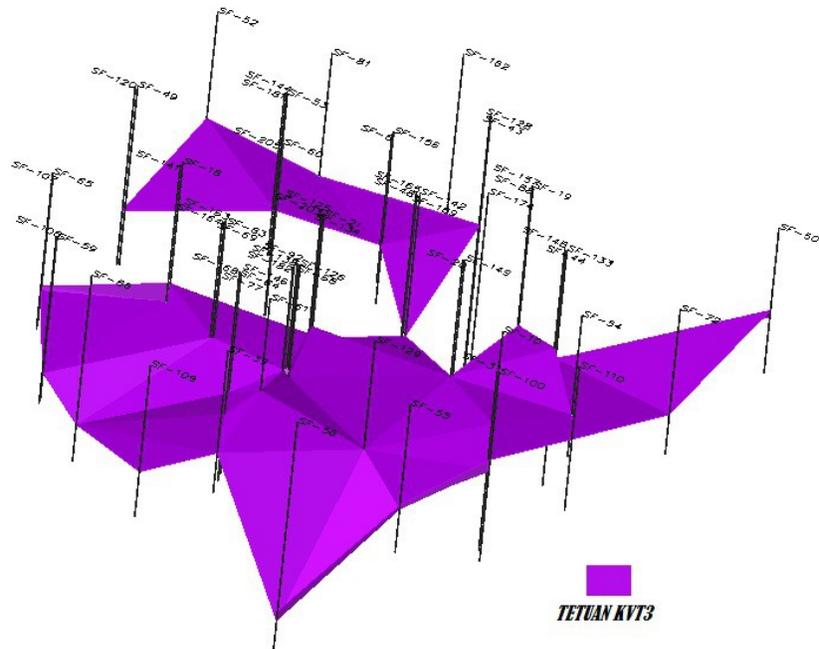


Imagen 17. FORMACION VILLETA (TETUA KVT3) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Tetuán KVT3 y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

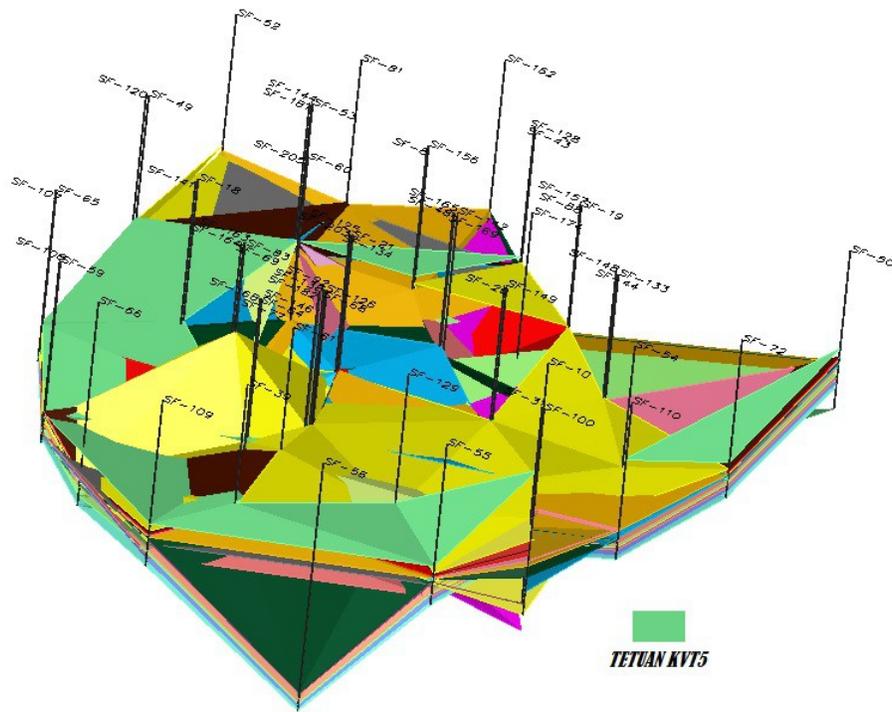


Imagen 18. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT5) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Tetuan KVT5, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

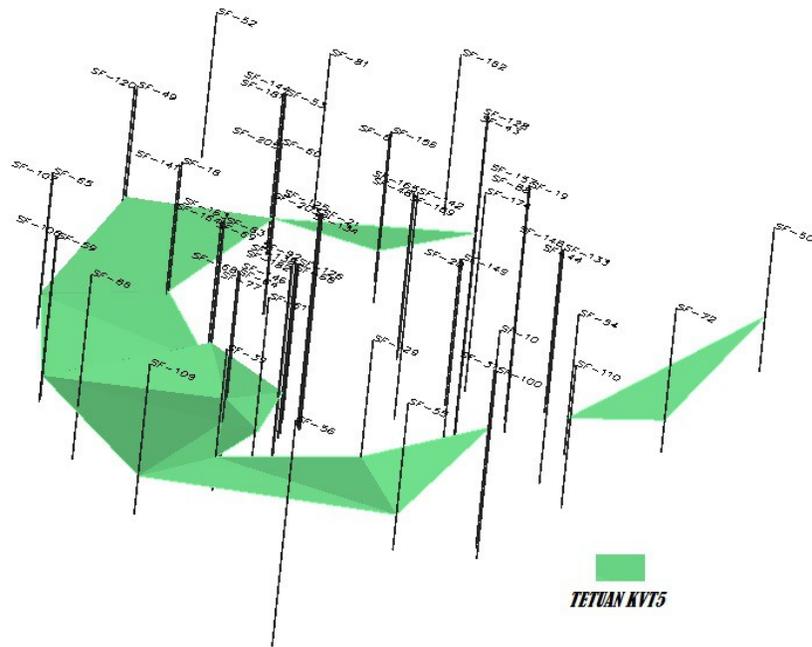


Imagen 19. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT5) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Tetuan KVT5 y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

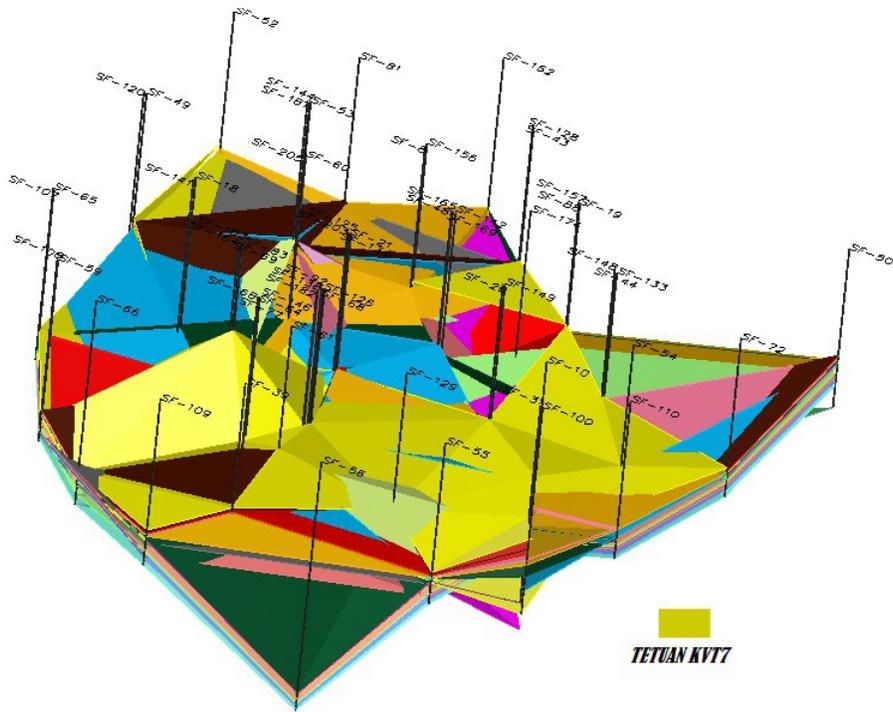


Imagen 20. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT7) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Tetuán KVT7, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

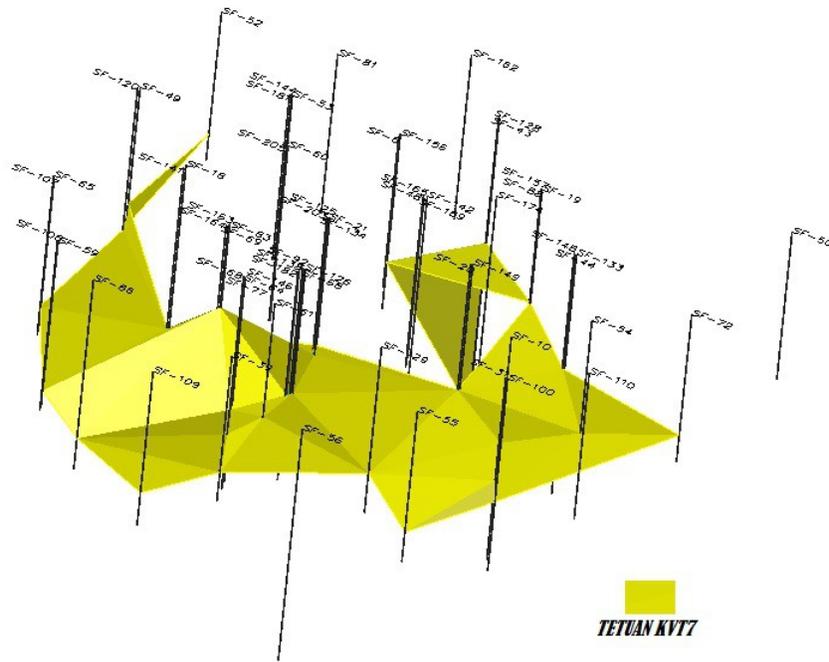


Imagen 21. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT7) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Tetuan KVT7 y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

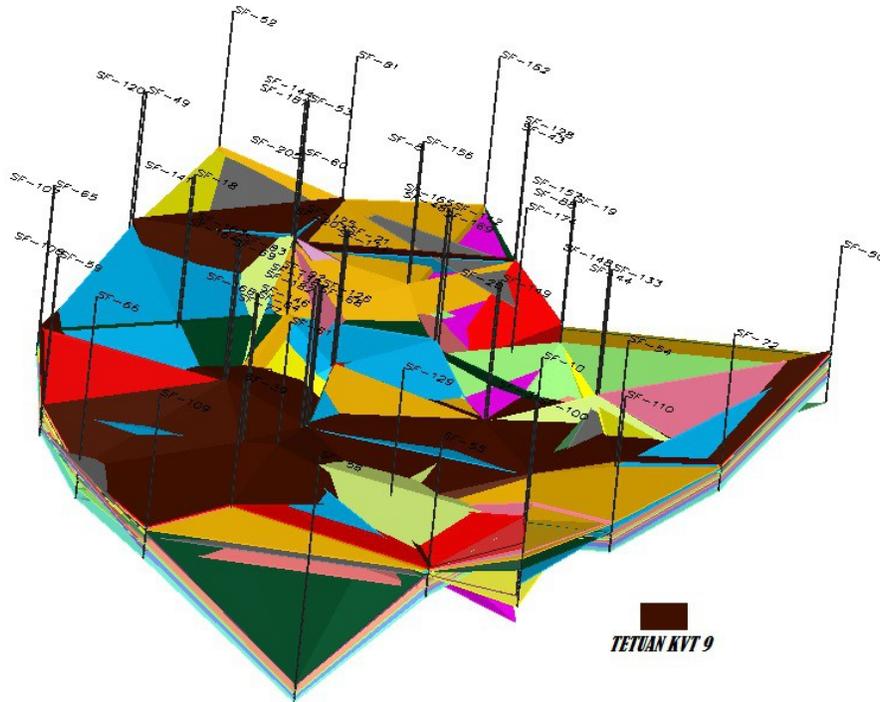


Imagen 22. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT9) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Tetuán KVT9, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

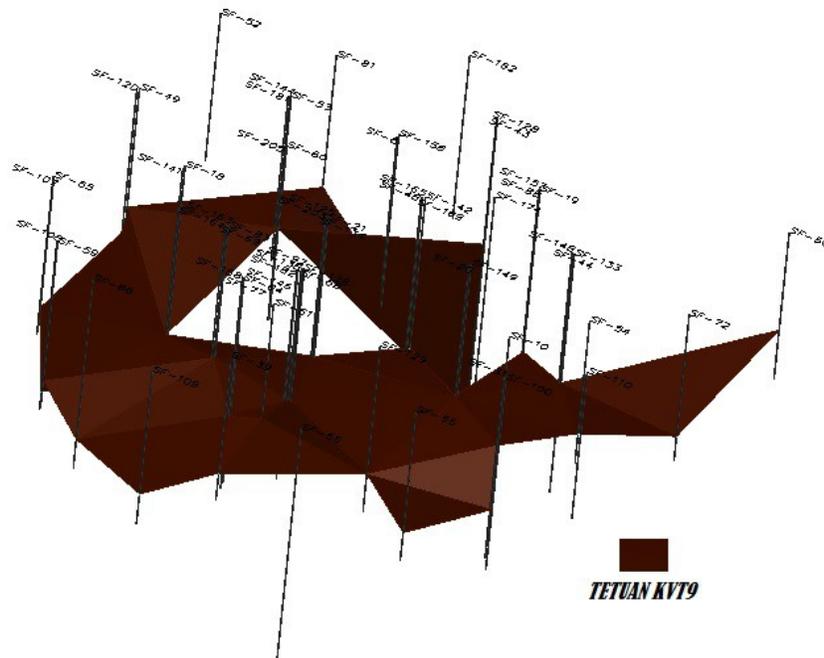


Imagen 23. FORMACION VILLETA (TETUAN KVT9) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Tetuán KVT9 y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

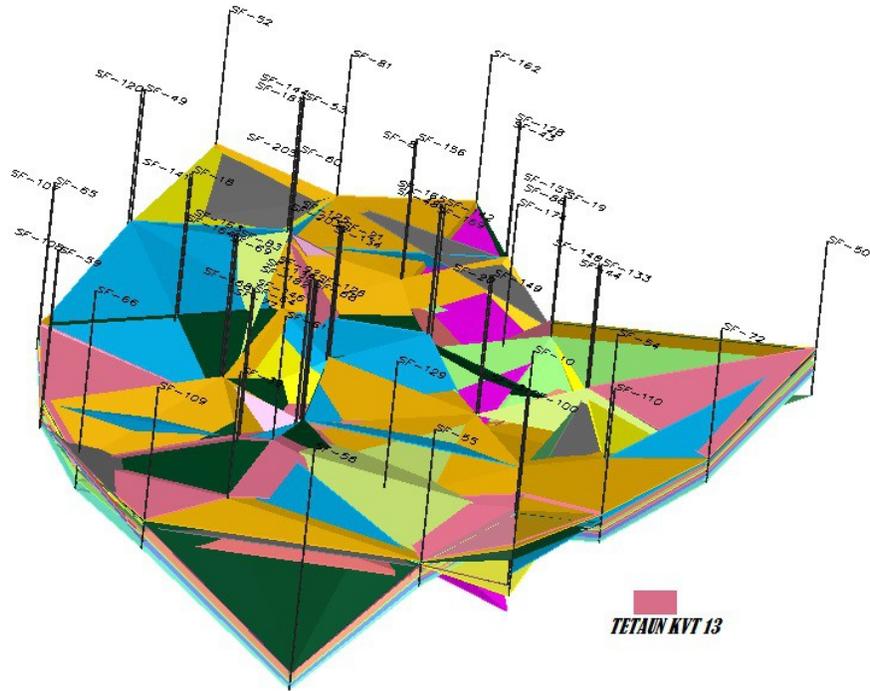


Imagen 26. FORMACION VILLETA (TETAUN KVT13) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Tetuan KVT13, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

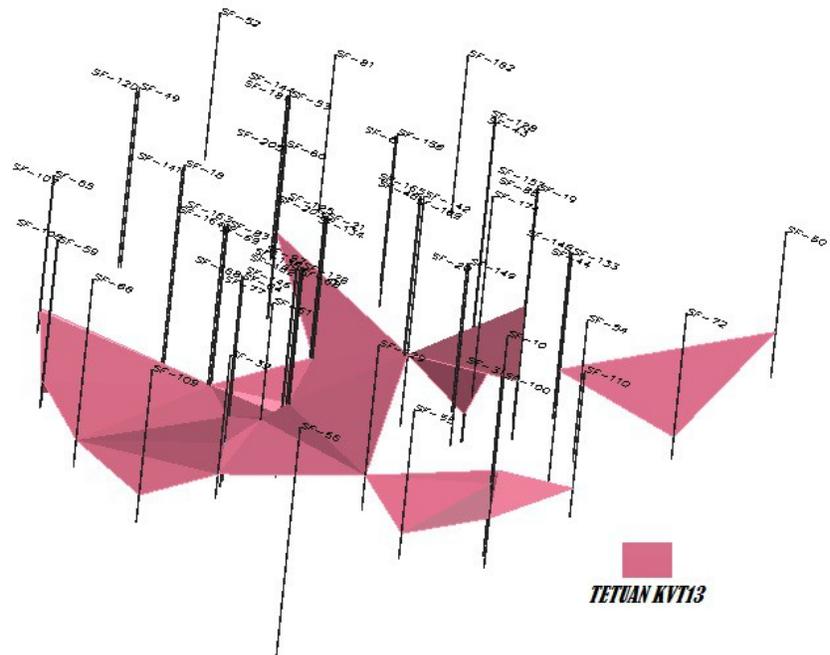


Imagen 27. FORMACION VILLETA (TETAUN KVT13) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Tetuán KVT13 y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

4.3. FORMACION CABALLOS (2990' – 4450')

Corresponde a la formación objetivo y está conformada por una secuencia predominantemente arenosa con intercalaciones menores de Arcillolitas, Limolitas, Lulitas y Calizas, Las cuales comúnmente se le ha dividido denominándolas UKb, MKb y LKb, Durante la perforación de este pozo se atravesó los tres niveles mencionados.

4.3.1. CABALLOS SUPERIOR UKb (2990' – 3402')

El tope de esta formación está marcando por una baja drastica en la tasa de penetración que coincide con la aparición de una arenisca con abundante cemento dolomítico.

La formación Caballos Superior – Ukb en este pozo esta compuesta por paquetes arenosos separados entre por niveles de Lulitas.

Litológicamente, se pudo diferenciar dos secciones:

SECCION I (2990' – 3150'): Esta sección está compuesta predominantemente por lulita con intercalaciones menores de Areniscas y localmente hacia el tope Dolomita y Carbón.

La Arenisca del tope es de color crema clara a medio, blocosa, muy dura, apretada, pobre porosidad visual; grano medio a grueso, subangular, con abundante cemento dolomítico y localmente calcáreo, cuarzosa, localmente con pirita y glauconita. No presenta manchamiento visible de aceite. El paquete de arenisca del intervalo 3060' – 3110' es de color gris clara, blanca, translúcida; grano fino a localmente grano medio, subangular a subredondead, buena selección con abundante matriz arcillosa; pobre porosidad visual, Cuarzosa. Localmente presenta manchamiento de aceite pardo medio con trazas de fluorescencia. En general las manifestaciones de aceite son consideradas muy pobre.

La Lulita es gris pardusca, gris clara a oscura, blocosa a sublamina, fisil a subfisil, moderadamente firme a firme, ligeramente limosa, muy micropiritica, con locales inclusiones de láminas carbonatadas, no calcárea a muy ligeramente calcárea.

La dolomita es crema a habana, blocosa, moderadamente dura a dura, fractura angular, con inclusiones de Glauconita.

El Carbon se presenta como trazas y es negro a negro pardusco, blando, blanco, astilloso, arcilloso y terroso, localmente piritico.

Hacia el tope se encontró trazas de "Ironstone" gris pardusca, muy dura, limosa, con inclusiones de cuarzo y abundante pirita.

Las manifestaciones de gas están compuestas por metano hasta pentano (C1 – C5) dando un Wh mayor 17.5 iniciando una zona soportada por aceite.

Sección II (3150' – 3402'): Compuesta por tres paquetes de arenas (3150' – 3210; 3255' – 3290' y 3340' – 3402') separados entre sí por niveles de Lulitas.

Las Arenas del primer paquete son predominantemente gris claras, translucidas; grano medio a grueso, subangular a sobrerredondeado, buena selección, cuarzosa, con trazas de manchamiento de aceite pardo medio y 70% de fluorescencia amarilla muy pálida. Estas manifestaciones de aceite son consideradas como pobres a muy pobres.

Las areniscas que comprenden el segundo y tercer paquete son de color pardo claras debido al manchamiento de aceite pardo medio. Las manifestaciones de aceite en estas Areniscas son consideradas como regulares.

En general, estas areniscas las manifestaciones de gas están compuesta por metano hasta pentano (C1 – C5), dando un Wh mayor 17.5, iniciando una zona soportada por aceite.

La lulita es de color pardo medio clara, gris pardusca; sublaminar, subfisil, menor blocosa, medio firme a mirme, micromicacea, muy carbonosa, con delgadas láminas de carbón, no clacarea, localmente limosa. Localmente grada a Carbón pardo oscuro, arcilloso; sublaminar.

A la profundidad de 3290' se presenta un nivel de Arcillolita crema clara, blanca; sublaminar, menor blocosa; medio blanda a firme, con abundantes inclusiones carbonosas y granos de cuarzo muy fino, localmente grada a Limolita, no calcárea.

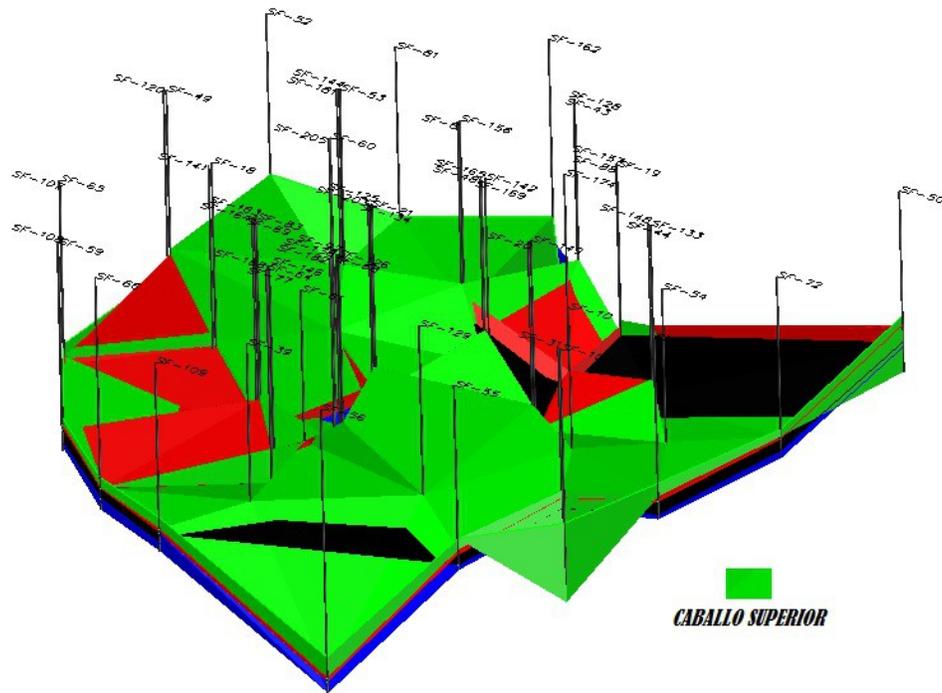


Imagen 28. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

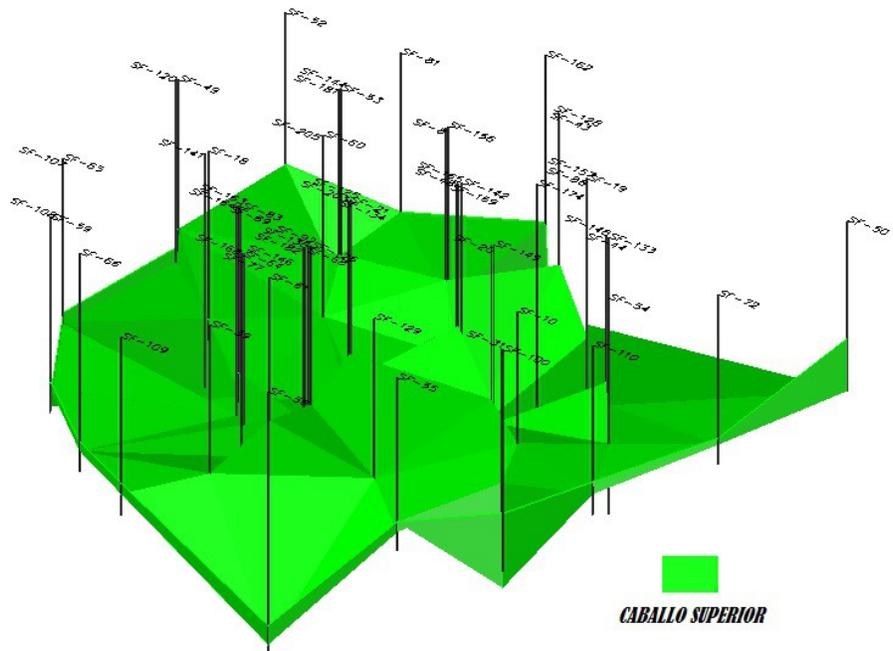


Imagen 29. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos Superior y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

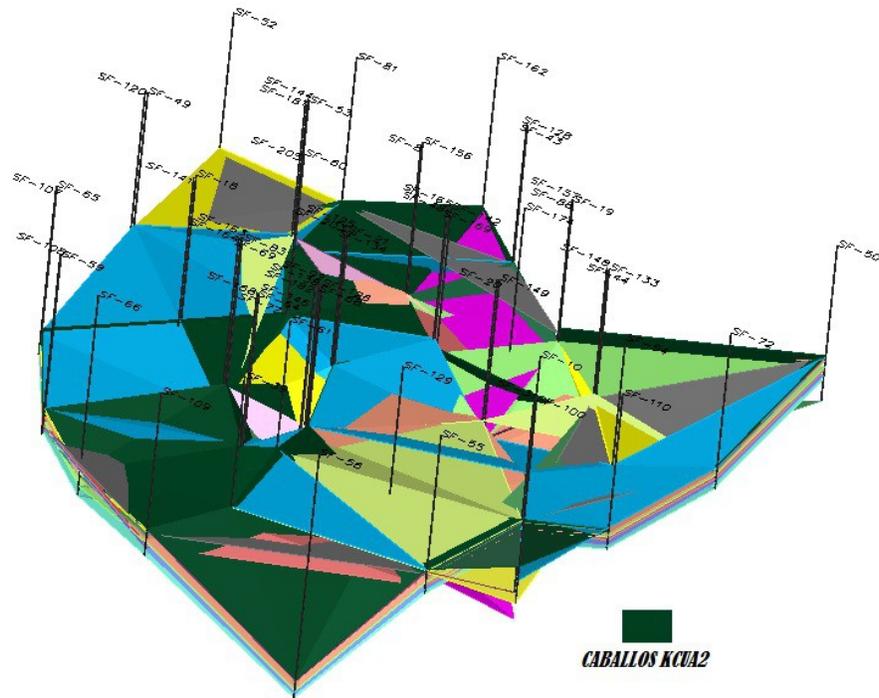


Imagen 32. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUA2) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUA2, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

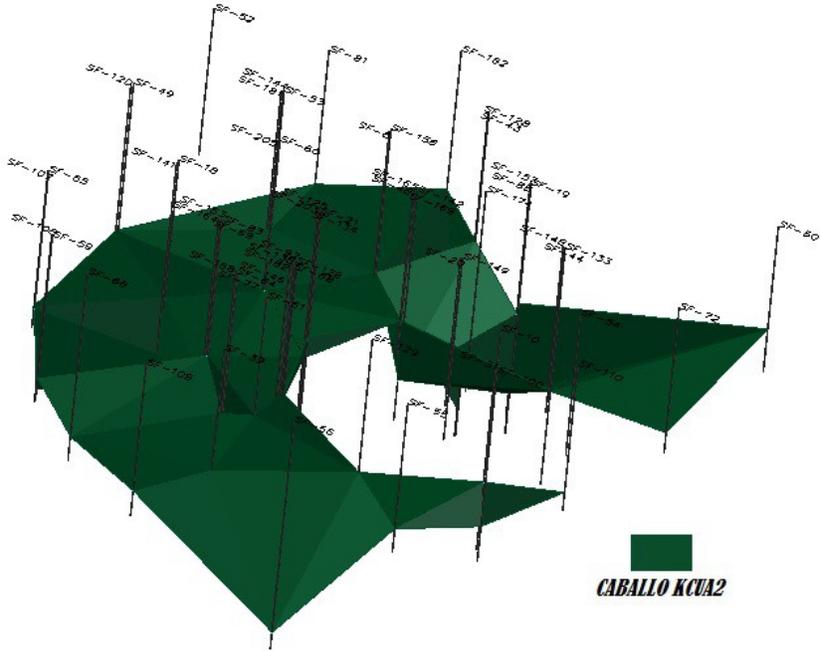


Imagen 33. CABALLOS SUPERIOR (KCUA2) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUA2 y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

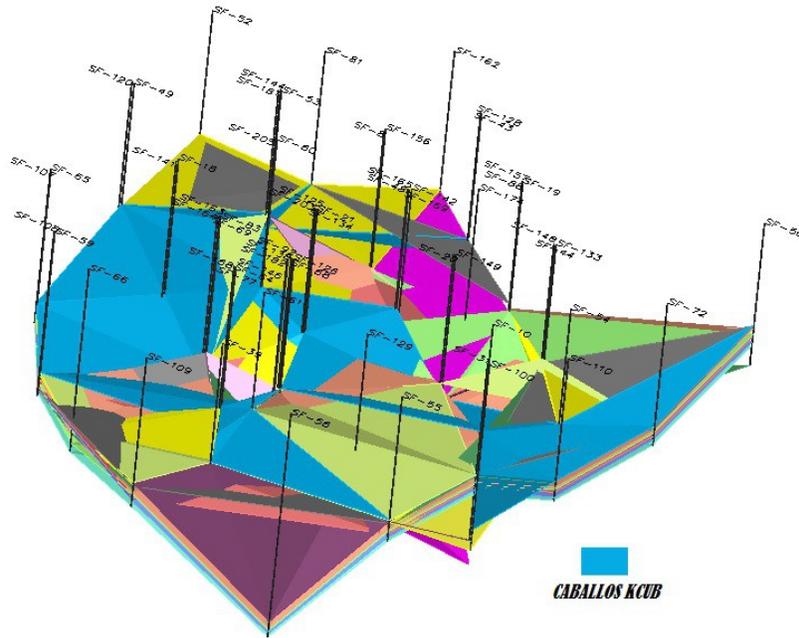


Imagen 34. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUB) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUB, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

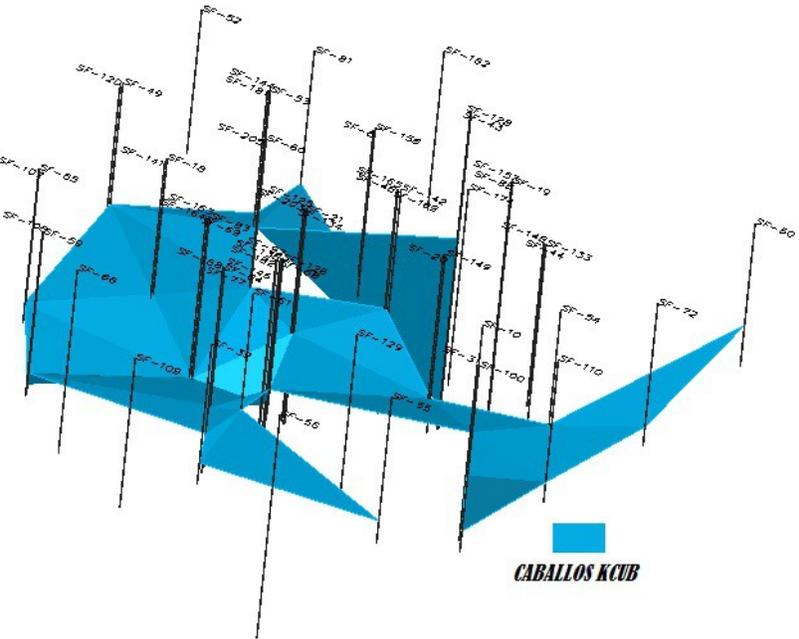


Imagen 35. CABALLOS SUPERIOR (KCUB) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUB y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

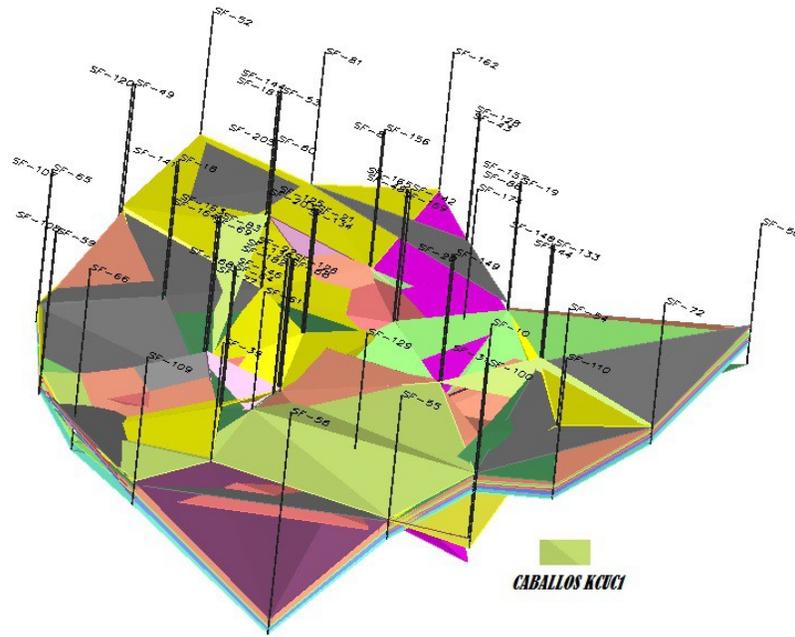


Imagen 36. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUC1) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUC1, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

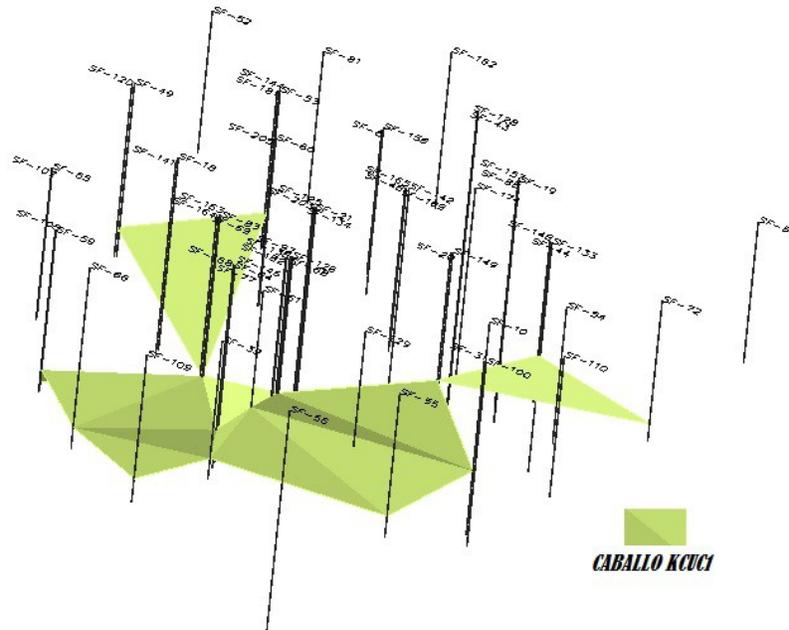


Imagen 37. CABALLOS SUPERIOR (KCUC1) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUC1 y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

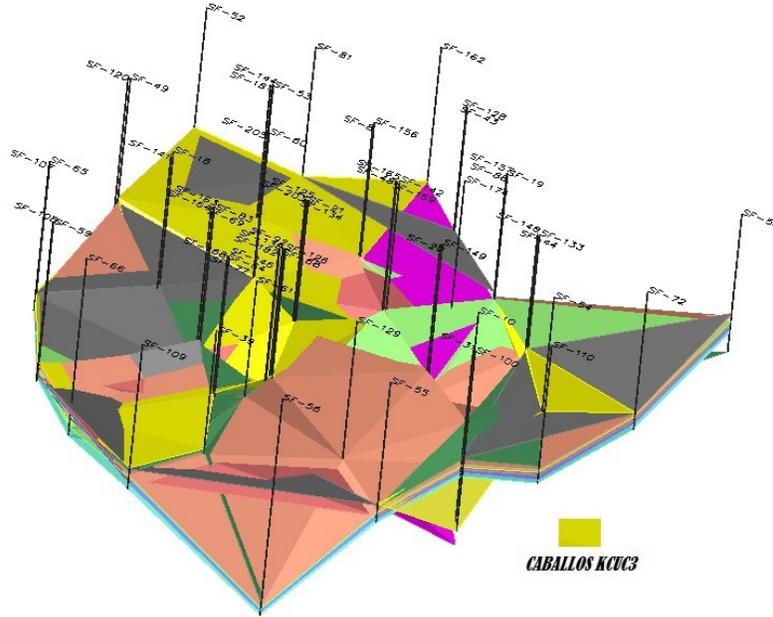


Imagen 40. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUC3) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUC3, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

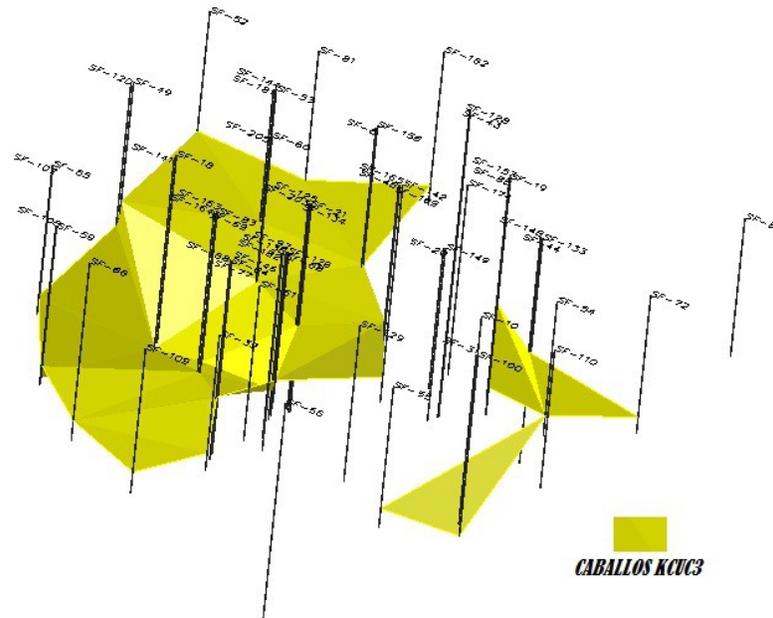


Imagen 41. CABALLOS SUPERIOR (KCUC3) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUC3 y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

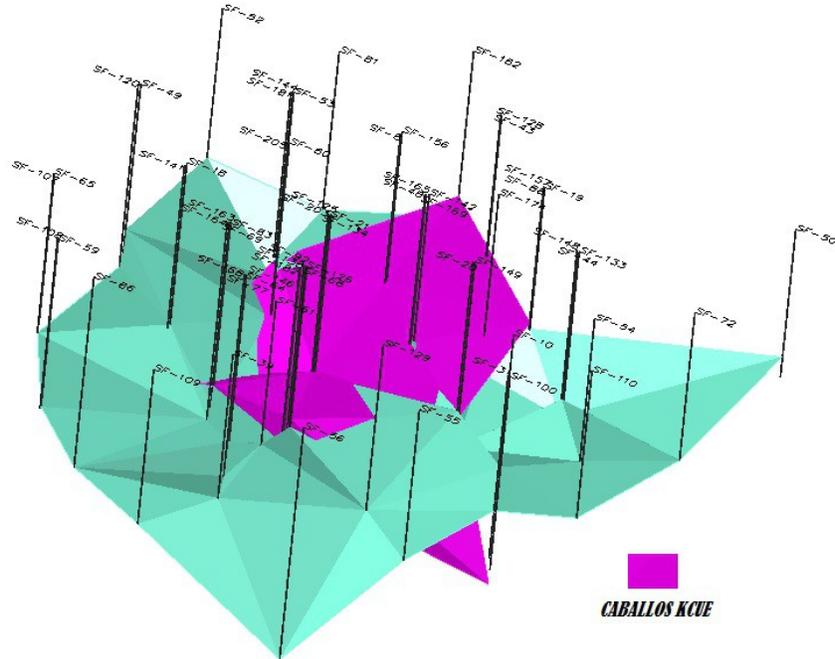


Imagen 44. FORMACIÓN CABALLOS SUPERIOR (KCUE) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUE, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

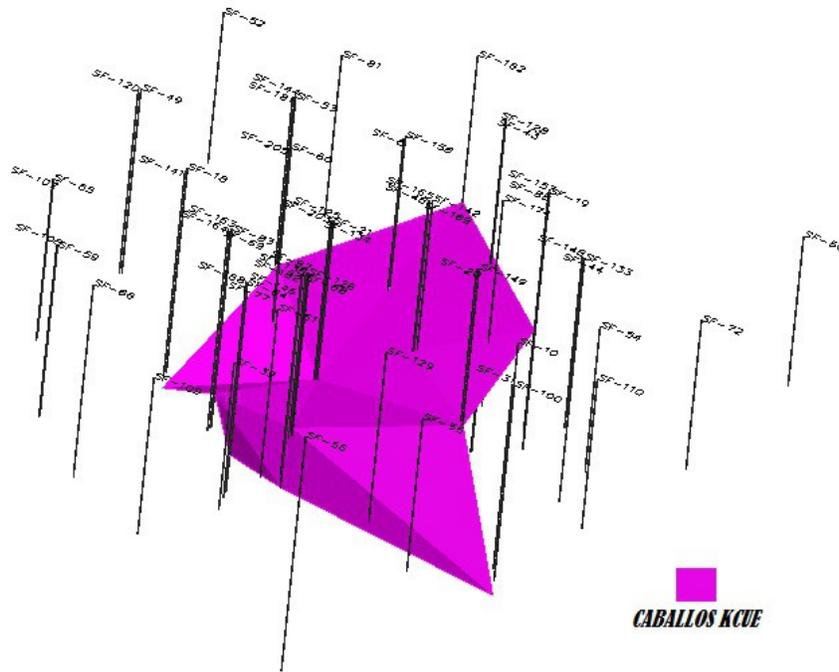


Imagen 45. CABALLOS SUPERIOR (KCUE) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCUE y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

4.3.2. CABALLOS MEDIO MKb (3402' – 3836')

Compuesto predominantemente por Lulitas con menores intercalaciones de caliza, localmente Limolita hacia el tope y algunos niveles de Dolomita.

La Lulita es de color pardo clara, gris pardusca, menor gris media a medio clara; sublaminaar, menor blocosa; medio firme a firme, micromicacea y micropiritica, localmente con inclusiones carbonosas en puntos, textura suave hacia la base, no calcárea.

La limolita se presentó hacia el tope y es de color clara, gris medio; blancosa, medio firme a blanda, sílicea; localmente grada a arenisca de grano muy fino.

La caliza es de color crema clara, pardo clara, gris pardusca, blocosa, textura granular, localmente microcristalina; firme a muy firme, localmente blanda y tizosa, con fósiles y con alto contenido de dolomita.

Hacia la base se observa un nivel de Arcillolita de color pardo muy clara, crema muy clara, blanca, gris pardusca, blocosa, menor sublaminaar que le da un aspecto lilitico.

Las manifestaciones de gas disminuyen con relación a las presentadas en Caballos superior, sin embargo la composición va de C1 hasta C5, dando un Wh menor a 14, lo cual indica una zona de gas.

El revestimiento de 7" que tenía estimado una profundidad de 3881', se pegó a 3530' donde se encuentra un nivel de caliza. Esta pega se debe posiblemente a la reducción en el calibre del hueco obstruyendo el paso del revestimiento. Asociado a lo anterior, los centralizadores en el revestimiento arrastraron abundantes cortes, provocando derrumbes que llevan a atascarlo en los puntos donde el hueco presenta menor calibre y una tangente prolongada (como son los niveles de caliza encontrados sobre la zona problema). De allí, con llevo a la restricción del fluido de perforación ocasionando un aumento en la presión. Debido a que no se recuperó circulación, el revestimiento no se cemento.

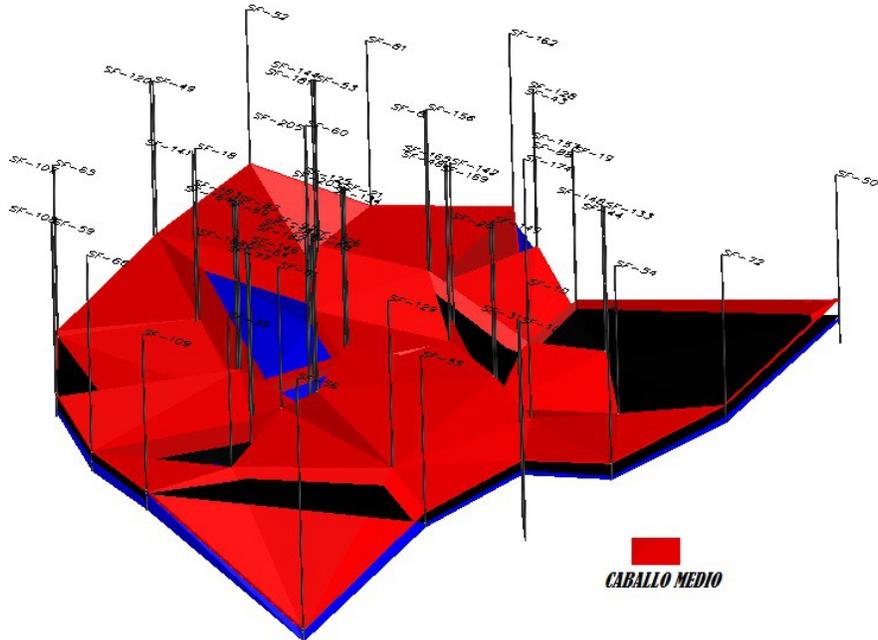


Imagen 48. FORMACIÓN CABALLOS MEDIO (KCM) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCM, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

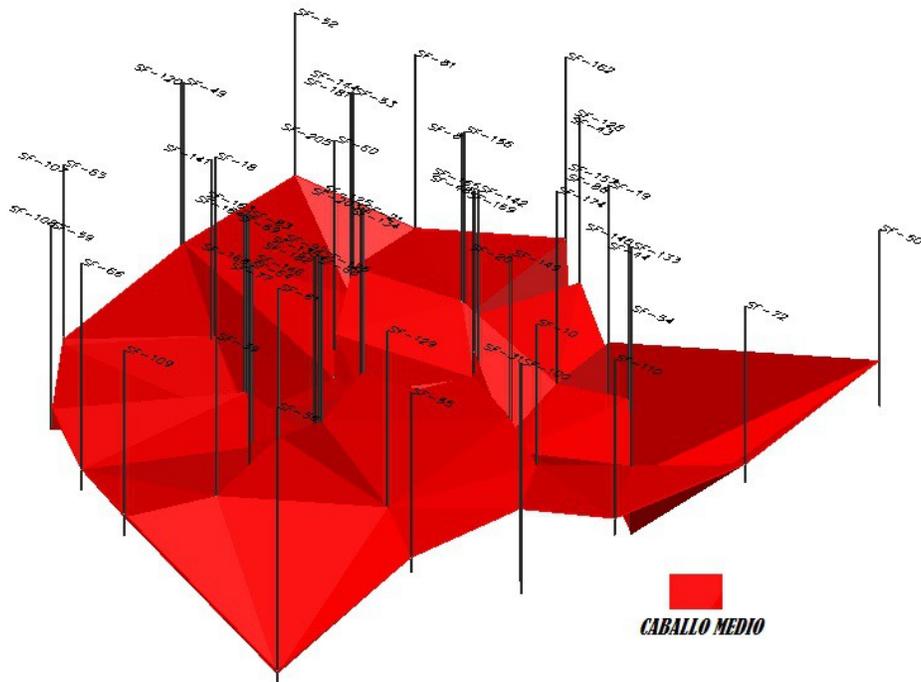


Imagen 49. CABALLOS MEDIO (KCM) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCM y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

4.3.3 CABALLOS INFERIOR LKb (3836' – 4450')

El miembro inferior de la formación Caballos está separado por tres secciones diferenciadas, así. Limolitas no calcáreas intercaladas con Arcillolitas de color crema (LKBa), Arenas – Areniscas friables con intercalaciones de Arcillolitas blancas (LKBb); Arenas con niveles de Arcillolita localmente limosa (LKBc).

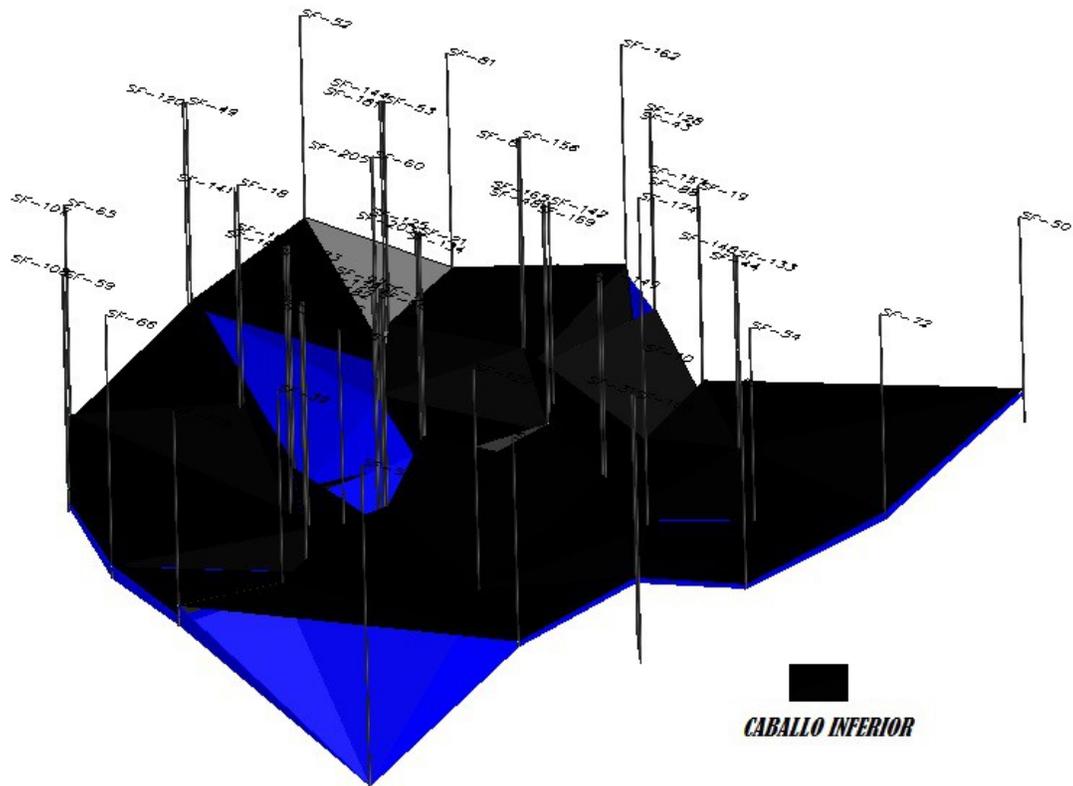
Las manifestaciones de gas registradas durante todo el miembro inferior, están enmascaradas por el Lodo Base Aceite usado durante la perforación a partir de 3881'. En general, en este miembro se identificó desde metano a propano (C1 – C3).

INTERVALO LKBa (3836' – 4063'):

Constituido básicamente por Limolitas de color pardo claro variado a gris pardusco en formas de bloques con una dureza media baja y localmente silícea. El tamaño de grano se incrementa hacia la base de este intercalo logrando gradar a Arenisca de grano muy fino; localmente presenta láminas de Carbón.

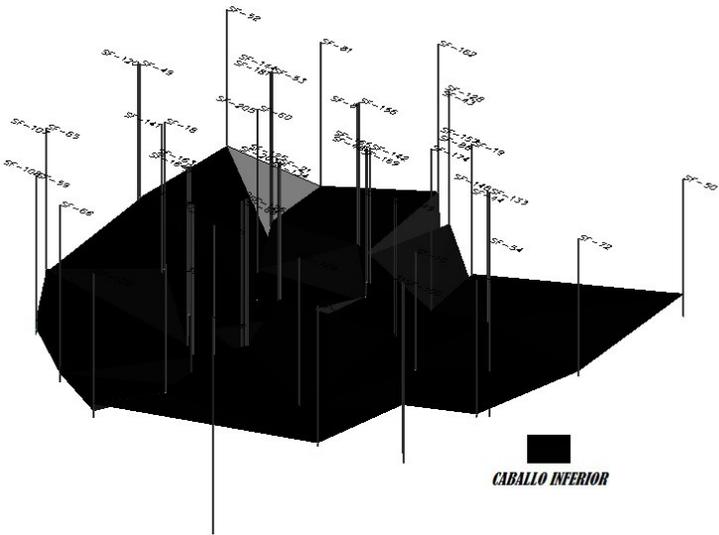
Asociado a las limolitas, se encuentran Arcillolitas firmes de color crema clara a blancas, presentando un duraza media – alta; además, la solubilidad de esta es moderada u su contenido de material calcáreo es nulo.

Ocasionalmente se diferencian láminas de Carbón negro en bloques, comportándose localmente subfisil y con contenido de micropirita.



CABALLO INFERIOR

Imagen 50. FORMACION CABALLOS INFERIOR GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos Inferior, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones



CABALLO INFERIOR

Imagen 51. FORMACION CABALLOS INFERIOR INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos Inferior y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

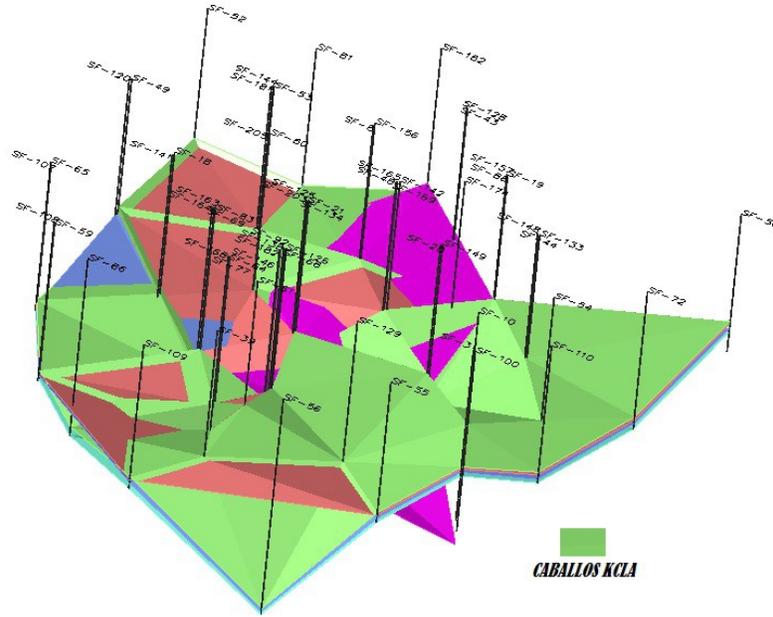


Imagen 52. FORMACIÓN CABALLOS INFERIOR (KCLA) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCLA, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás

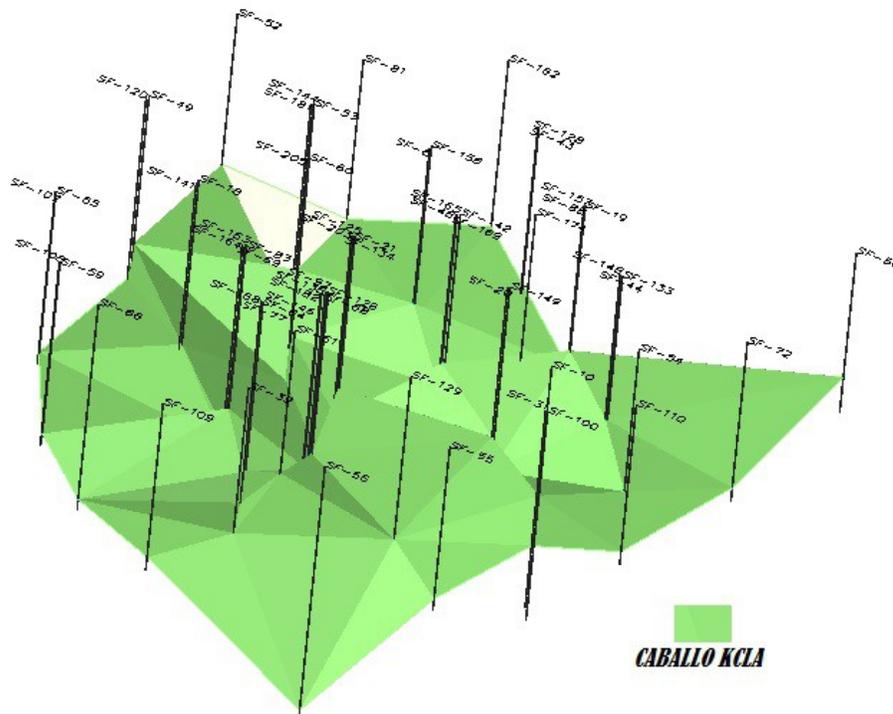


Imagen 53. FORMACION CABALLOS INFERIOR (KCLA) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCLA y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

INTERVALO LKBb (4063´ - 4340´):

Compuesto por Arena cuarzosa de color gris claro y translúcida, con un tamaño de grano medio a fino y subredondeados a subangulares. Localmente se observan Areniscas con matriz arcillosa, regularmente sorteadas y friables, localmente consolidadas.

El manchamiento de aceite de estas arenas es muy pobre, observándose en la mayoría de los caos lavadas, especialmente hacia la base (posiblemente se ven lavadas debido a que estas Arenas en este pozo se ven muy friable y sueltas). La evaluación de las manifestaciones de aceite al igual que las de gas no son representativas ya que estas están enmascaradas por el lodo base aceite utilizado durante la perforación de esta fase. La fluorescencia natural observada en este intervalo es amarilla muy clara y el corte es rápido producido por el crudo que contiene lodo.

Otra roca registrada en este intervalo es Arcillolita blanca a crema, en bloques y localmente sublaminar, con una firmeza muy baja; otras características importantes son la nula presencia de material calcáreo y y solubilidad alta.

Existen hacia el tope del intervalo, niveles con una firmeza media – alta de Limolitas grises cuarzosas con matris arcillosa y no calcárea. También, se encuentran niveles de Carbon negro con inclusiones de microporita y en bloques, localmente sublaminar.

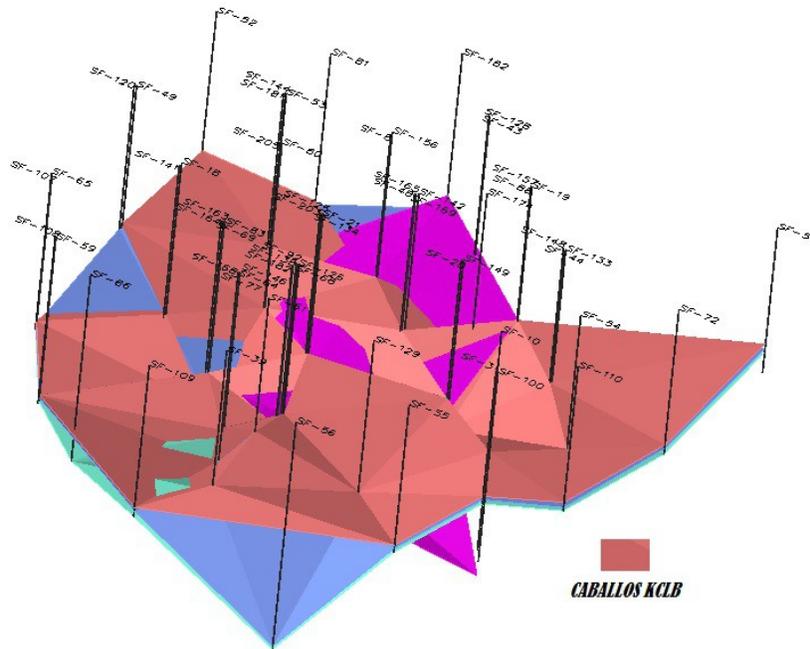


Imagen 54. FORMACIÓN CABALLOS INFERIOR (KCLB) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCLA, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

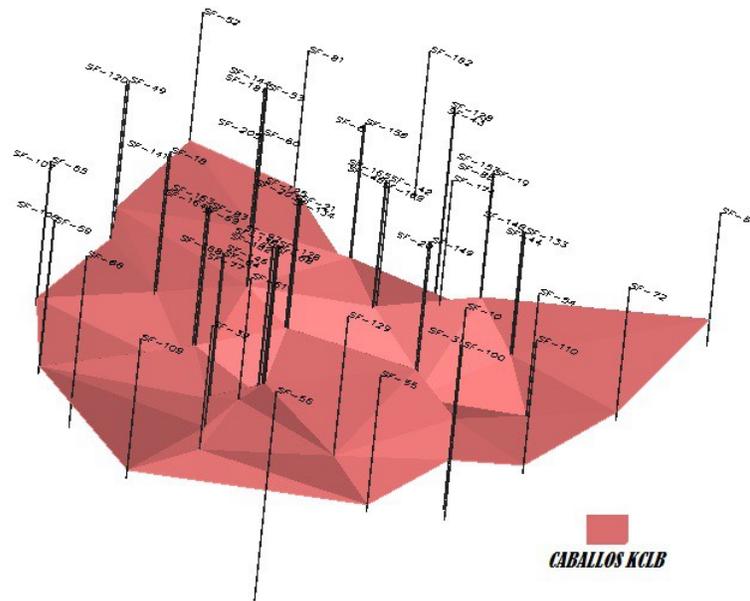


Imagen 55. FORMACIÓN CABALLOS INFERIOR (KCLB) INDIVIDUAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCLB y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

INTERVALO LKBc (4340' – 4450):

Diferenciado por Arcillolitas de color blanco a crema clara, en bloques y con una firmeza baja a media; además, son muy solubles y localmente con inclusión de cuarzo, localmente limosa y no calcárea.

Dicha roca, esta intercalada hacia la base (4390 – 4430) con arenas de color gris claro ; traslucidas y con un tamaño de grano medio a fino, ocasionalmente muy grueso. La selección del grano es rectangular variado, desde subangular a subredondeado y sin presencia de manchamiento de aceite a ocasionalmente con trazas de aceite pardo oscuro.

El manchamiento de aceite de estas arenas es casi nula, observándose en la mayoría de los casos lavadas (posiblemente se ven lavadas debido a que las arenas en este pozo se ven muy friable, sueltas, lo cual hace llegar a superficie el hidrocarburo que contiene estas, se lave). La evaluación de las manifestaciones de aceite al igual que las de gas no son representativas ya que estas están enmascaradas por el lodo base aceite utilizado durante la perforación de esta fase. La fluorescencia natural observada en este intervalo es amarilla muy clara y el corte es rápido producido por el crudo que contiene el lodo.

A partir de 4430' se observa fragmentos pardos rojizos, limosos, blanco y medio firme.

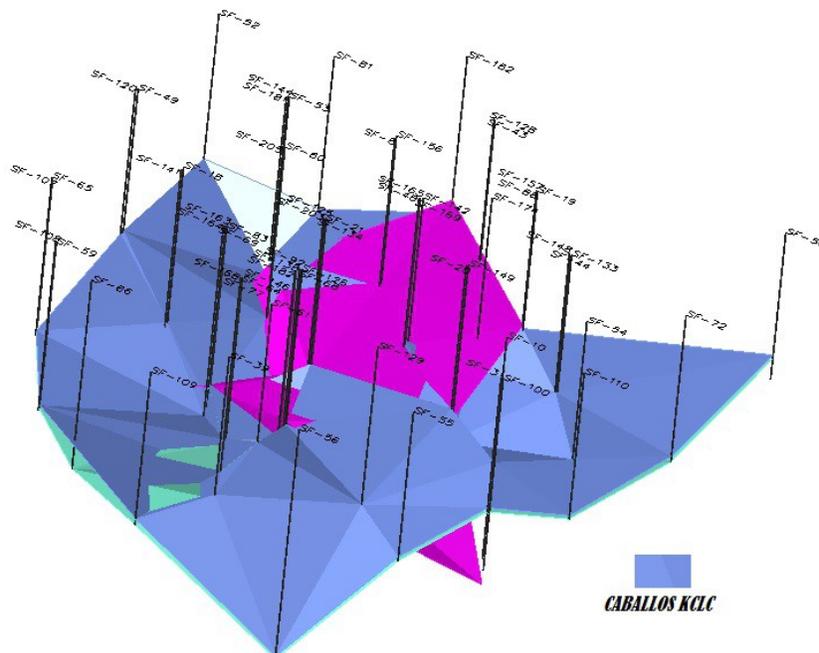


Imagen 56. FORMACIÓN CABALLOS INFERIOR (KCLC) GRUPAL: Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCLC, y de perfil el espesor de la Formación en conjunto con las demás formaciones

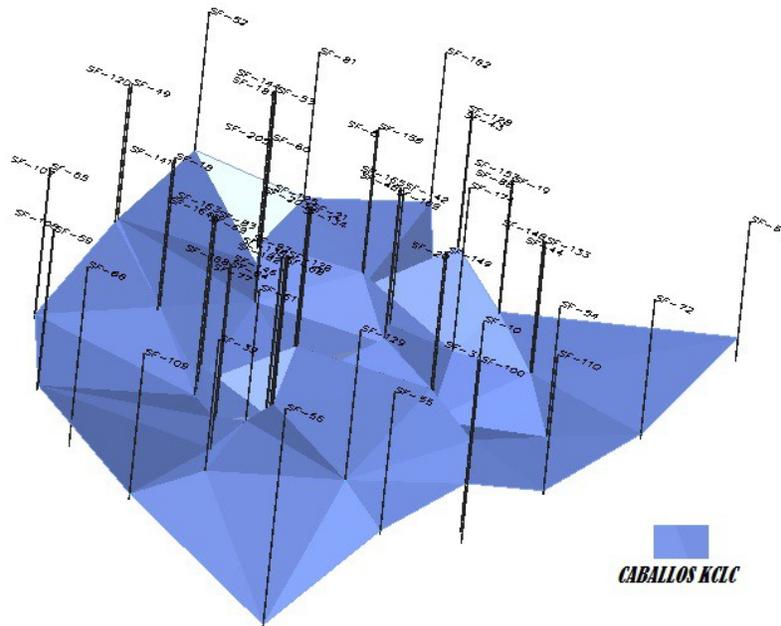


Imagen 57. CABALLOS INFERIOR (KCLC): INDIVIDUAL Vista espacial de la base de la Formación Caballos KCLC y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

4.4. FORMACION SALDAÑA (BASAMENTO) 4450' – 4550' (TD)

Reconocido como material volcánico (Tobas) de color crema claro (40%), blanco (30%), gris claro (10%), verde oscuro (10%), rojo claro (10%), rosa (trazas), verde claro (Trazas), pardo rojizo (trazas), ocasionalmente amarillo (trazas). Los fragmentos son blancos, firmes a mederadamente firmes. Angulares a subangulares. Se caracteriza por presentar cuarzos y feldespatos cristalinos, los cuales localmente están alterando a Arcillolitas. Algunos fragmentos están Epidotizados.

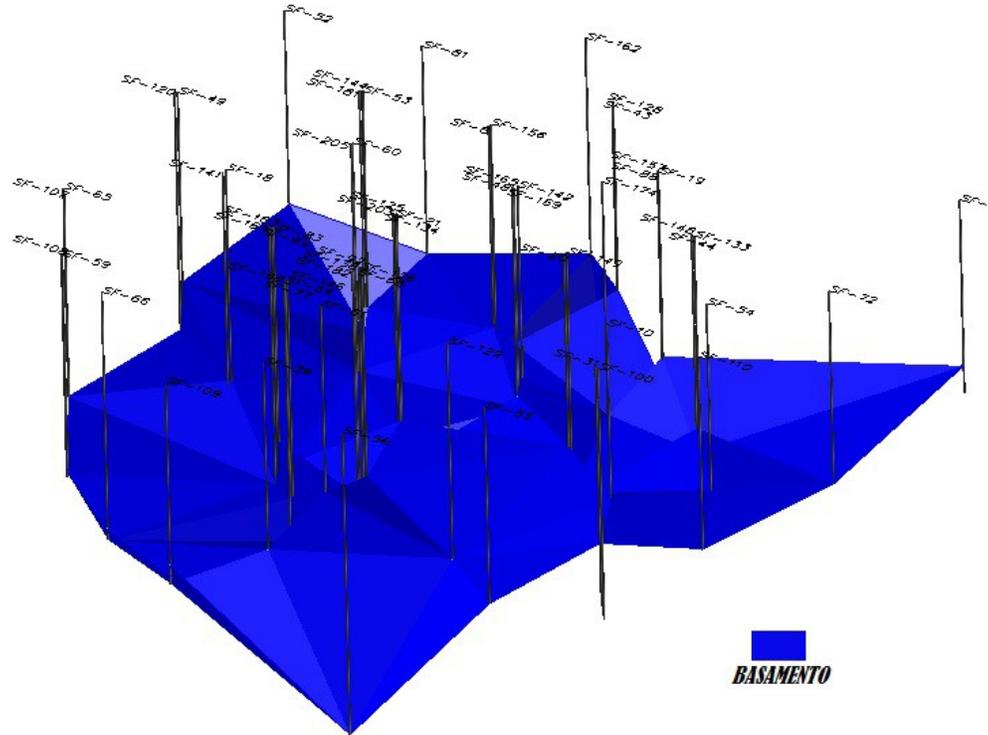
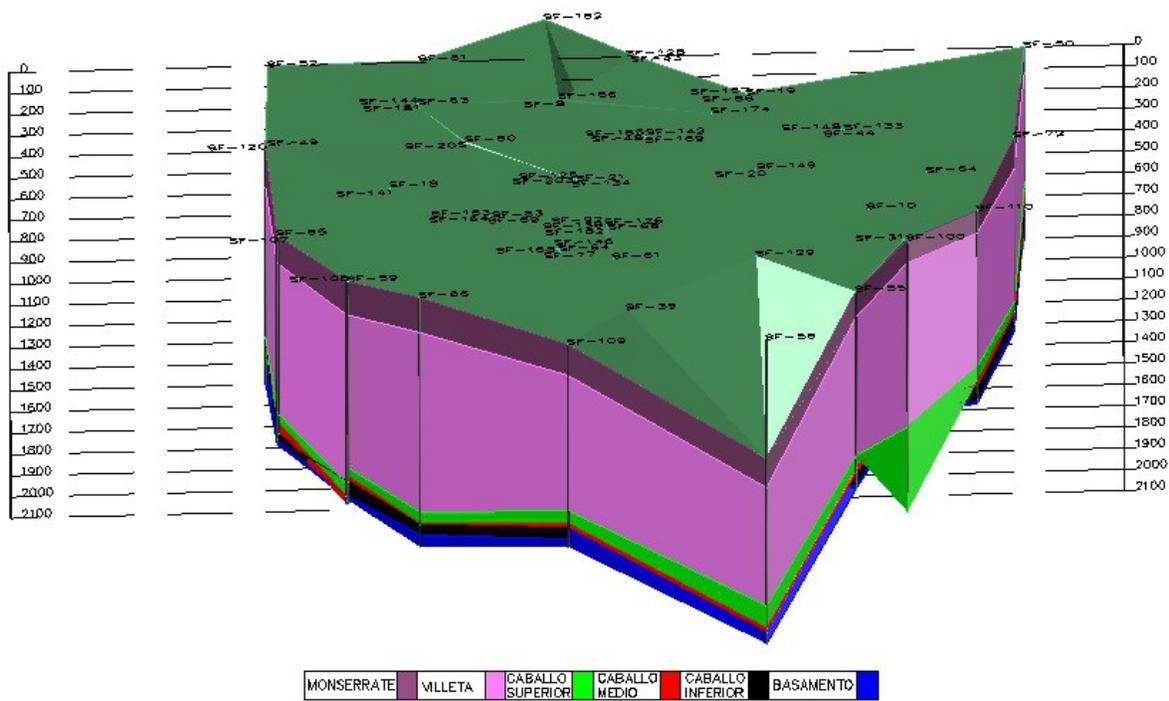


Imagen 58. BASAMENTO: Vista espacial de la base de BASAMENTO y sarta de pozos petroleros perforados Sobre el área de estudio.

Imagen 59. CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS Y MODELO DIGITAL DE LOS POZOS PETROLEROS DEL AREA DE SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO.

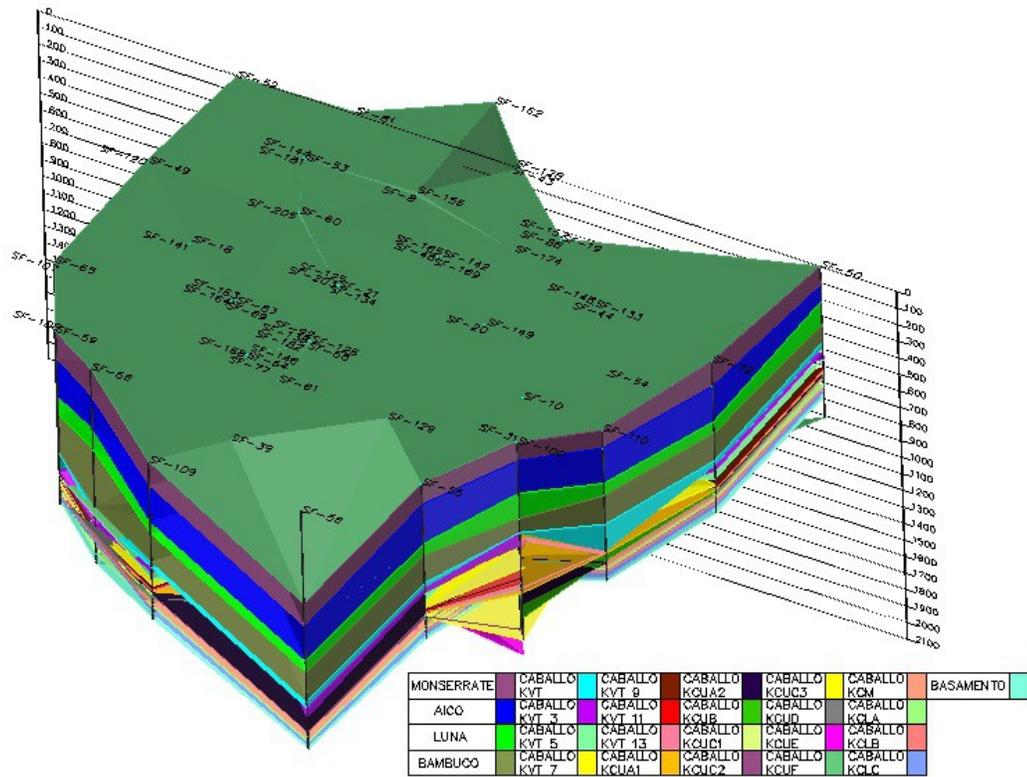


De arriba hacia abajo en vista de perfil observamos: Formación Monserrate, Formación Villeta, Formación caballos superior, Formación Caballos Medio, Formación Caballos Inferior.

En la superficie observamos el punto y el nombre del pozo perforado.

En los laterales de la imagen observamos una escala numérica en metros.

Imagen 60. CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS Y MODELO DIGITAL DE LOS POZOS PETROLEROS DEL AREA DE SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO POR SUB DIVISIONES.



De arriba hacia abajo en vista de perfil observamos: Formacion Monserrate, Formacion Villeta(Aico, La Luna, Bambuca, Tetuan KVT, Tetuan KVT3, Tetuan KVT5, Tetuan KVT7, Tetuan KVT9, Tetuan KVT11, Tetuan KVT13) Formacion caballos superior(KCUA1, KCUA2, KCUB, KCUC1, KCUC2, KCUC3, KCUD, KCUE, KCUF) Formacion Caballos Medio, Formacion Caballos Inferior(KCLA, KCLB, KCLC).

VISTA POLILINEA

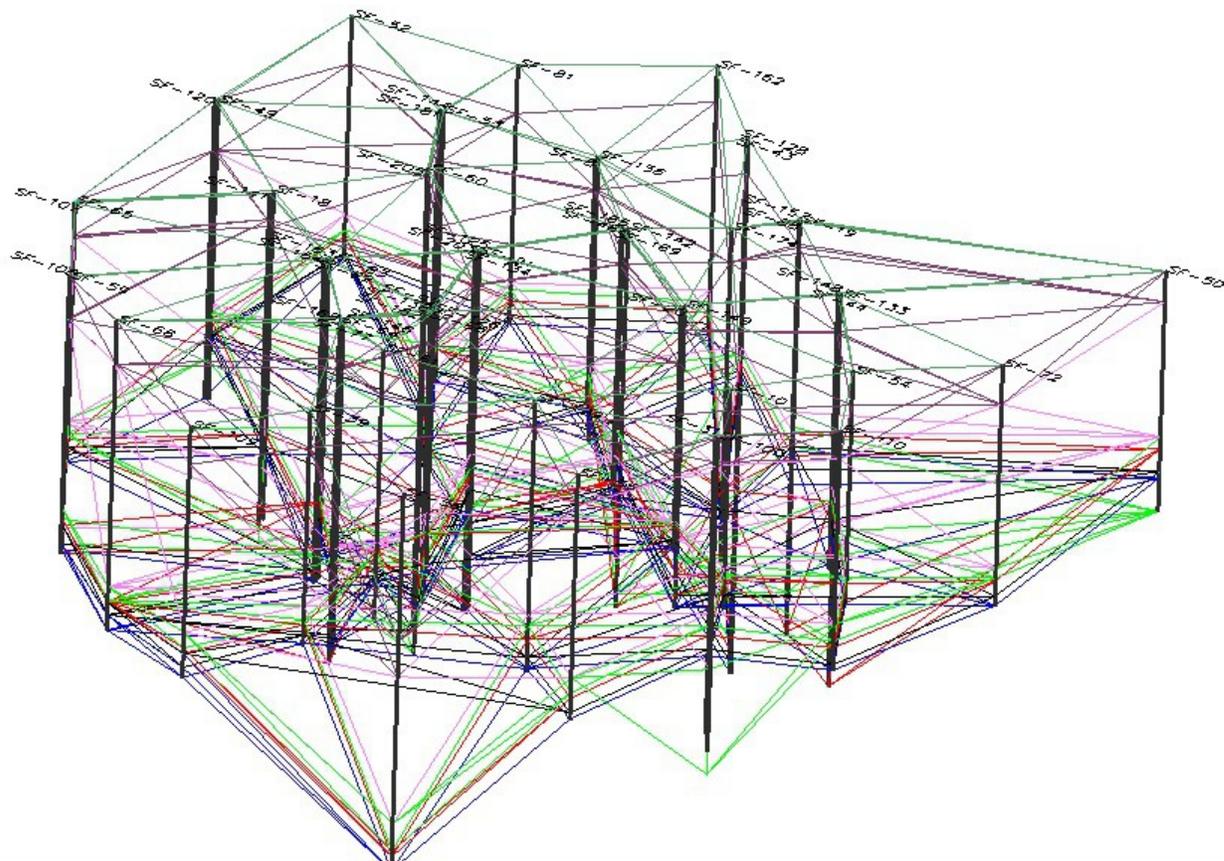


Imagen 61. VISTA POLILINEA POZOS SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO POR GRUPOS: De arriba hacia abajo en vista de perfil observamos: Formacion Monserrate, Formacion Villeta, Formacion caballos superior, Formacion Caballos Medio, Formacion Caballos Inferior.

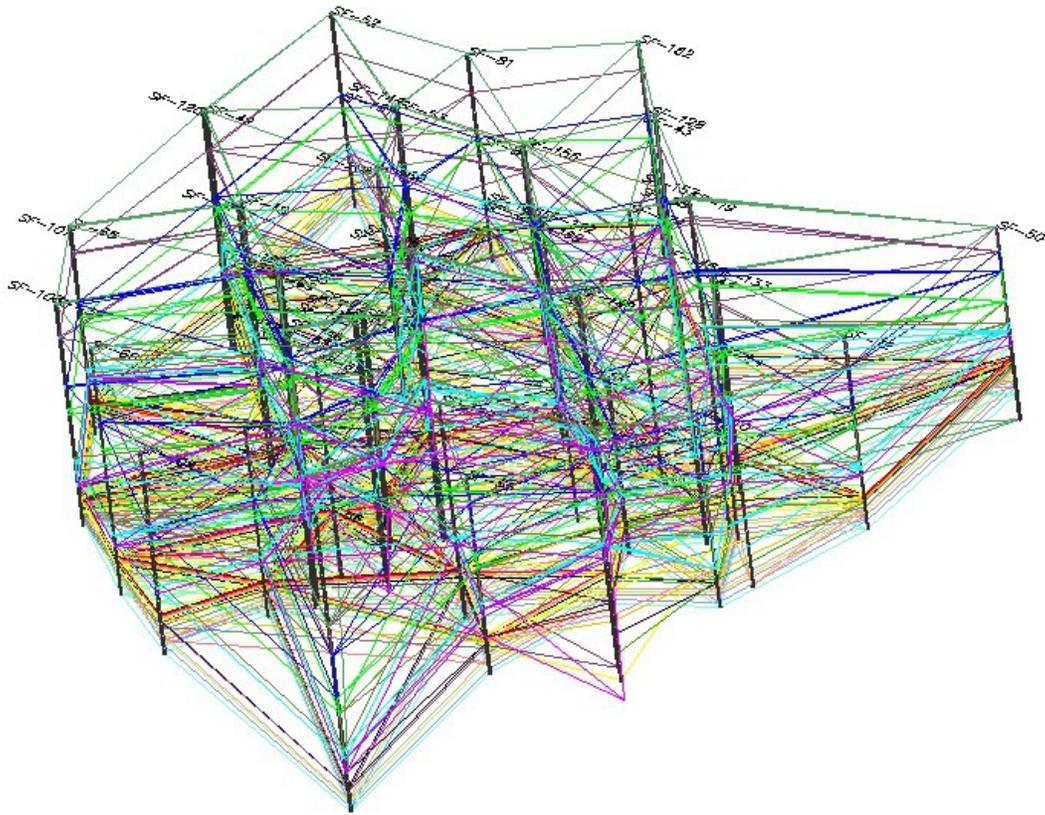


Imagen 62. VISTA POLILINEA POZOS SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO POR SUB DIVISIONES : De arriba hacia abajo en vista de perfil observamos: Formacion Monserrate, Formacion Villeta(Aico, La Luna, Bambuca, Tetuan KVT, Tetuan KVT3, Tetuan KVT5, Tetuan KVT7, Tetuan KVT9, Tetuan KVT11, Tetuan KVT13) Formacion caballos superior(KCUA1, KCUA2, KCUB, KCUC1, KCUC2, KCUC3, KCUD, KCUE, KCUF) Formacion Caballos Medio, Formacion Caballos Inferior(KCLA, KCLB, KCLC).

4.5. ANALISIS DE RESULTADOS

Este software nos permite hacer tanto una representación espacial real como una visualización del área geográfica y geológica del lugar, lo que permite tomar decisiones debido a que nos presenta el ambiente en forma detallada.

En las figuras se puede apreciar el gran espesor de la Formación villeta, postulándose como una formación atractiva para su estudio.

El software nos permite hacer una visualización de un sólido en 3D apreciando a gran escala las consecuencias de los diferentes fenómenos geológicos.

El software nos permite tener una vista de rayos x, para apreciar completamente las herramientas utilizadas, para llevar a cabo la Correlación Litoestratigráfica de las formaciones geológicas.

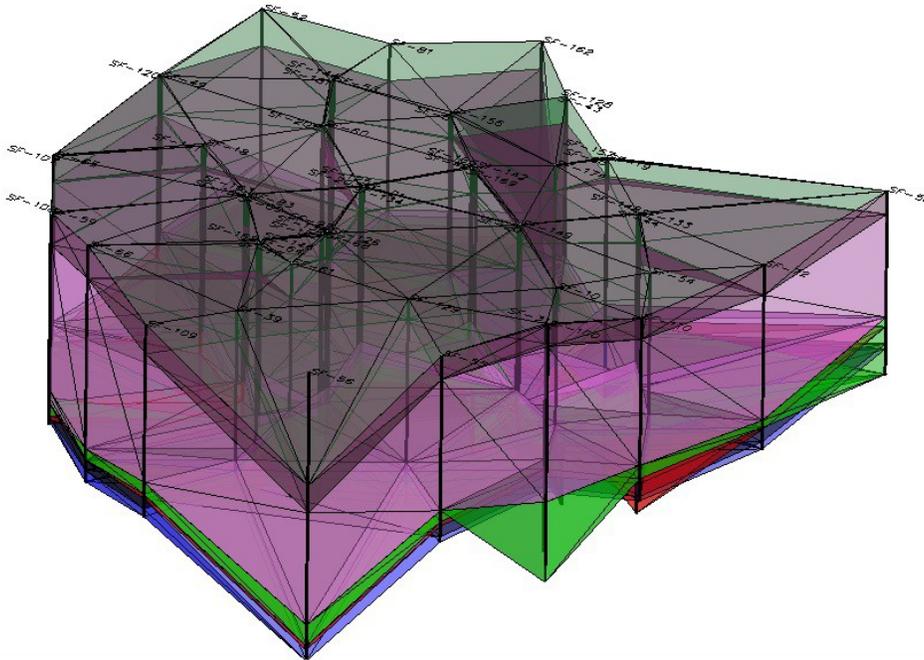


Imagen 63. VISTA RAYOS X GRUPO

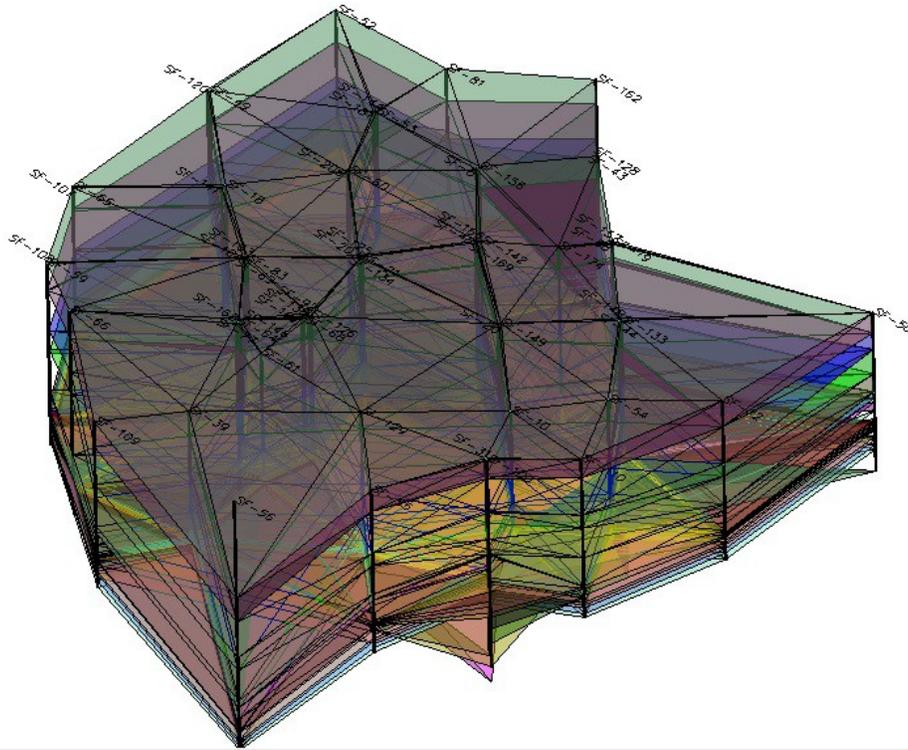


Imagen 64.RAYOS X VISTA SUB GRUPOS

Ademas el Software nos permite determinar las profundades promedio a las que podemos encontrar las diferentes Formaciones Geológicas

De esta forma se da por terminada la **CORRELACION LITOSTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS Y CONSTRUCCION DEL MODELO DIGITAL DE LOS POZOS PETROLEROS DEL AREA DE SAN FRANCISCO SECTOR PALERMO.**

5. CONCLUSIONES

- Se desarrolló el proyecto de Correlación Litoestratigráfica de las Formaciones Geológicas y Construcción del modelo digital de los pozos petroleros del área de San Francisco Sector Palermo, el cual incluye información como, coordenadas, descripción geológica, Profundidad de los pozos, Formaciones Geológicas que comprenden el área trabajada, espesores de cada formación, para conocer los espesores promedio de cada formación.
- A pesar de no tener información detallada de todo el campo, se logró interpolar y crear una vista sólida en 3D de las formaciones que intervinieron en este estudio.
- Se realizó la georeferenciación por coordenadas, mediante el software ArcGIS 10 de todos los pozos productores (activos) pertenecientes al Campo San Francisco, Sector Palermo.
- El uso de software ArcGIS 10 y como complemento el AUTOCAD CIVIL 3D 2014 en este proyecto, permitió una mejor interpretación de la información geológica y un mejor resultado en la visualización de los datos.
- Se logró el modelamiento 3D de cada una de las formaciones geológicas a partir de la información extraída de los estados mecánicos de cada pozo y de informes geológicos de la zona, se obtuvo la localización de los pozos petroleros a partir de imágenes de Google Earth coincidiendo acertadamente la zona con los pozos georeferenciados.
- Se logra hacer un modelamiento de la Formación Caballos, que en la mayoría de los pozos es la formación objetivo, y donde se espera encontrar Hidrocarburos.
- Se realizó la descripción geológica a con datos del pozo San Francisco 140.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda actualizar y ampliar la información de perforación de los distintos campos.
- Revisar y corregir las coordenadas de algunos pozos encontradas en el Software utilizado por Ecopetrol S.A para asegurar la información (Open Wells) ya que algunas están mal, por si se necesitan más adelante.
- La información suministrada en este trabajo puede servir para crear o reforzar nuevos proyectos.
- Se recomienda realizar el modelamiento a una menor escala, para que se puedan detallar los espesores más pequeños, no reconocidos por el programa.
- Se recomienda utilizar un equipo que tenga como mínimo 1G de RAM de memoria y por lo menos Pentium 4 de 3.8, para poder que funcione el software correctamente.

BIBLIOGRAFIA

1. Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2012. Mapa de Tierras 9 de abril de 2012. [http: www.anh.gov.co](http://www.anh.gov.co).
2. Caballero, C, 2012. Clase Sedimentología y Estratigrafía, 2012.
3. Código de Nomenclatura estratigráfica, traducción al español del Code of Stratigraphic Nomenclature of the American Commission on Stratigraphic Nomenclature, preparada por D.A. Cordoba y Z de Cserna, 28 p., Mexico D.F
4. Fierro, M, 2012. Cuestiones de Estratigrafía Arqueología.
5. Hollis D. Hedberg F, 1980. Guía Para La Clasificación, Terminología y Procedimientos Estratigráficos. Subcomisión Internacional de la clasificación estratigráfica de la comisión de estratigrafía, de la UICG.
6. Instituto Colombiana de Normas Técnicas, 2002. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Segunda actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: ICONTEC. P. 24. NTC 1486.
7. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1998. Principios Básicos de Cartografía Temática. IGAC, Santa Fe de Bogotá. <http://www.igac.gov.co/igac>
8. Ministerio de Minas y Energía, Dirección General de Hidrocarburos. Subdirección de Hidrocarburos, Informe mensual de Producción de pozos de petróleo, condensado y gas. Gerencia Alto Magdalena-Huila. P. 23. Junio 2012.
9. Pérez, U, 2005. La Percepción remota. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica-labsig , Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. Ibagué. Febrero de 2005. 34 p.
10. Vera, A, 1994. Estratigrafía. Principios y métodos. Ed Rueda. Madrid.
11. T.G.T. GAMAS LTDA, Informe Geológico De perforación Campo San francisco. 2002.

Anexos

FORMACION	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	PROFUNDIDAD PROMEDIO (ft)	ESPEORES PROMEDIO (m)	ESPEORES PROMEDIO (Ft)
-----------	-----------------------------	------------------------------	--------------------------	---------------------------

MONSERRATE	161,48	529,78	161,48	529,78
AICO	392,52	1287,81	231,05	231,0475619
LA LUNA	476,26	1562,54	83,74	83,73733455
BAMBUCA	464,52	1524,00	11,75	11,74634545
AICO	576,07	1890,00	111,56	111,5568
LA LUNA	600,46	1970,00	24,38	24,384
BAMBUCA	664,42	2179,86	63,97	63,96551273
TETUAN KVT	764,87	2509,41	100,45	100,4479616
TETUAN KVT3	755,09	2477,34	9,78	9,77709289
TETUAN KVT5	764,47	2508,10	9,38	9,377956344
TETUAN KVT7	815,25	2674,71	50,78	50,7800152
TETUAN KVT9	862,34	2829,20	47,09	47,08942606
TETUAN KVT11	846,23	2776,33	16,11	16,11459165
TETUAN KVT13	899,60	2951,44	53,37	53,37403996
CABALLOS KCUA1	896,54	2941,40	3,06	3,06050731
CABALLOS KCUA2	938,10	3077,75	41,56	41,55864873
CABALLOS KCUB	876,13	2874,45	61,97	61,96540202
CABALLOS KCUC1	863,67	2833,58	12,46	12,45811621
CABALLOS KCUC2	942,51	3092,23	78,84	78,83849518
CABALLOS KCUC3	926,32	3039,11	16,19	16,19050932
CABALLOS KCUD	860,16	2822,03	66,17	66,16602556
CABALLOS KCUE	1043,20	3422,56	183,04	183,0404772
CABALLOS KCUF	972,01	3189,00	71,19	71,18892324

CABALLOS KCM	986,02	3234,97	18,30	18,2972456
CABALLOS KCLA	959,83	3149,05	26,19	26,1887589
CABALLOS KCLB	957,43	3141,16	2,40	2,4032083
CABALLOS KCLC	1009,31	3311,37	51,88	51,87849572
BASAMENTO	1042,01	3418,67	32,71	32,70522019

Tabla de atributos

NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	ESTADO ACTUAL	FUENTE PRIMARIA	TOP_X (LONGITUD)	TOP_Y (LATITUD)
SAN FRANCISCO-8	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75390275	3046367
SAN FRANCISCO-10	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75379028	3036001
SAN FRANCISCO-18	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75397149	3038989
SAN FRANCISCO-19	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75383078	3046508
SAN FRANCISCO-20	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75383094	3,03973E+14
SAN FRANCISCO-21	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75389989	3039162
SAN FRANCISCO-31	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME FINAL DE GEOLOGIA	-75377802	3033151
SAN FRANCISCO-39	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ABANDONADO	REGISTRO DE POZO	-75388696	3027495
SAN FRANCISCO-43	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75387186	3050163
SAN	VALLE	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75379589	3043071

FRANCISCO-44	SUPERIOR					
SAN FRANCISCO-48	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75387167	3042951
SAN FRANCISCO-49	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75401595	3042973
SAN FRANCISCO-50	VALLE SUPERIOR	PALERMO	SUSPENDED	EPIS	-75372302	3,05014E+14
SAN FRANCISCO-52	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75401231	3050051
SAN FRANCISCO-53	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75395664	3,04635E+14
SAN FRANCISCO-54	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75376598	3,03911E+14
SAN FRANCISCO-55	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME DE PERFORACION	-75379876	3028623
SAN FRANCISCO-56	VALLE SUPERIOR	PALERMO	SUSPENDED	REPORTE FINAL	-7538352	3,0245E+14
SAN FRANCISCO-59	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME FINAL DE GEOLOGIA	-75399192	3030629
SAN FRANCISCO-60	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75394048	3,0429E+14
SAN FRANCISCO-61	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTROS ELECTRICOS	-75388972	3,0321E+14
SAN FRANCISCO-64	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTROS ELECTRICOS	-75390982	3032915
SAN FRANCISCO-65	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTROS ELECTRICOS	-75401689	3034909
SAN FRANCISCO-66	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	FORMA 7CR	-75396548	3029039
SAN FRANCISCO-68	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	FORMA 7CR	-75389027	3,03513E+14

SAN FRANCISCO-69	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	FORMA 7CR	-75393427	3036058
SAN FRANCISCO-72	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75373111	3042084
SAN FRANCISCO-77	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTROS ELECTRICOS	-75390962	3,03282E+14
SAN FRANCISCO-81	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75395431	3050237
SAN FRANCISCO-83	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTRO GEOLOGICO DE PERFORACION	-75393474	3036143
SAN FRANCISCO-88	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75383033	3,04645E+14
SAN FRANCISCO-92	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTRO DE POZO	-7538921	3035201
SAN FRANCISCO-100	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTROS ELECTRICOS	-7537768	3033103
SAN FRANCISCO-107	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME DE MUDLOGGING	-75401617	3034818
SAN FRANCISCO-108	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME DE MUDLOGGING	-75399247	3,03067E+14
SAN FRANCISCO-109	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME GEOLOGICO DE PERFORACION	-75391102	3,0245E+14
SAN FRANCISCO-110	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ABANDONED	EPIS	-75374866	3035606
SAN FRANCISCO-120	VALLE SUPERIOR	PALERMO	SUSPENDED	EPIS	-75401712	3042956
SAN FRANCISCO-125	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME DE TERMINACION OFICIAL FORMA 6CR	-75389977	3039254

SAN FRANCISCO-126	VALLE SUPERIOR	PALERMO	PRODUCTOR	FORMA 6CR	-75389106	3035189
SAN FRANCISCO-128	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME DE TERMINACION OFICIAL FORMA 6CR	-75387227	3050175
SAN FRANCISCO-129	VALLE SUPERIOR	PALERMO	PRODUCTOR	FORMA 6CR	-75383493	3032005
SAN FRANCISCO-133	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTROS ELECTRICOS	-75379524	3043139
SAN FRANCISCO-134	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTROS ELECTRICOS	-75390008	3,03916E+14
SAN FRANCISCO-138	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75389232	3034924
SAN FRANCISCO-141	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTRO GRAFICO COMPUESTO	-75397141	3038758
SAN FRANCISCO-142	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTRO DE INGENIERIA	-75387101	3043127
SAN FRANCISCO-144	VALLE SUPERIOR	PALERMO	PRODUCTOR	FORMA 6CR	-75395729	3,0464E+14
SAN FRANCISCO-146	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME DE TERMINACION OFICIAL FORMA 6CR	-75391003	3,03311E+14
SAN FRANCISCO-148	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	INFORME GEOLOGICO DE PERFORACION	-75379663	3043188
SAN FRANCISCO-149	VALLE SUPERIOR	PALERMO	PRODUCTOR	FORMA 6CR	-75383025	3,03982E+14
SAN FRANCISCO-156	VALLE SUPERIOR	PALERMO	COMPLETE	REGISTRO DE POZO GEOLOGICO	-75390292	3046558
SAN FRANCISCO-157	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTRO DE POZO	-75383152	3,0466E+14
SAN	VALLE	PALERMO	COMPLETE	REGISTRO	-75390462	3053667

FRANCISCO-162	SUPERIOR			DE POZO		
SAN FRANCISCO-163	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTRO GRAFICO COMPUESTO	-75393457	3,03622E+14
SAN FRANCISCO-164	VALLE SUPERIOR	PALERMO	COMPLETE	EPIS	-75393566	3036092
SAN FRANCISCO-165	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTRO GRAFICO COMPUESTO	-7538724	3043026
SAN FRANCISCO-168	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	REGISTRO DE POZO	-75391085	3,0331E+14
SAN FRANCISCO-169	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75387199	3042894
SAN FRANCISCO-174	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-7538453	3044905
SAN FRANCISCO-181	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75395796	3,04632E+14
SAN FRANCISCO-182	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	FORMA 7CR	-75389243	3,03483E+14
SAN FRANCISCO-203	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75390122	3039236
SAN FRANCISCO-205	VALLE SUPERIOR	PALERMO	ACTIVE	EPIS	-75394078	3042851