

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Evaluación Geomecánica para la Estimación de los Esfuerzos (Dirección - Magnitud) *In-situ*, del Braquianticlinal de Santa Rosa, en las Formaciones San Juan y San Antonio (Cretácico), Merecure (Oligoceno) y Oficina (Mioceno), Área Mayor de Anaco (AMA), Edo. Anzoátegui, En el Desarrollo de la Perforación del Campo.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
De Ingeniero Geólogo
Por el Br. Muñoz C; Manuel A

Caracas, Octubre del 2002

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Evaluación Geomecánica para la Estimación de los Esfuerzos (Dirección - Magnitud) *In-situ*, del Braquianticlinal de Santa Rosa, en las Formaciones San Juan y San Antonio (Cretácico), Merecure (Oligoceno) y Oficina (Mioceno), Área Mayor de Anaco (AMA), Edo. Anzoátegui, En el Desarrollo de la Perforación del Campo.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Rafael Falcón

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Germán Gómez

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
De Ingeniero Geólogo
Por el Br. Muñoz C; Manuel A

Caracas, Octubre del 2002

Muñoz C; Manuel A

Evaluación Geomecánica para la Estimación de los Esfuerzos (Dirección - Magnitud) *In-situ*, del Braquianticlina de Santa Rosa, en las Formaciones San Juan y San Antonio (Cretácico), Merecure (Oligoceno) y Oficina (Mioceno), Área Mayor de Anaco (AMA), Edo. Anzoátegui, En el desarrollo de la perforación del Campo.

Tutor Académico: Prof. Rafael Falcón. Tutor Industrial: Germán Gómez. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Año 2002, 135 p.

Palabras Claves: Geomecánica, *In-Situ*. Campo Santa Rosa, Anaco (AMA), Edo. Anzoátegui.

Resumen: El objetivo de este proyecto es desarrollar un modelo del campo de esfuerzos *In-situ*, que describa las características de magnitud y dirección en relación con el modelo estructural regional del campo Santa Rosa, en las Formaciones San Juan y San Antonio (Cretácico), Merecure (Oligoceno) y Oficina (Mioceno, integrando la Geología Estructural del área, con una evaluación Geomecánica a partir de los pozos pilotos RG-231 y RG-229, a fin de planificar a futuro la actividad exploratoria con el menor riesgo posible en la perforación.

El Campo Santa Rosa abarca un total de 300 kilómetros cuadrados y está ubicado en la Cuenca Oriental de Venezuela, Subcuenca de Maturín. El área de estudio se encuentra en la región centro oriental a unos 10 km al noreste de Anaco, Edo. Anzoátegui.

La dirección de los esfuerzos horizontales mínimos, fueron obtenidos del procesamiento del registro de imágenes acústicas. En este tipo de registro se observa la presencia de ovalizaciones "Breakouts" en el pozo RG-229 con una dirección preferencial entre N65°-70°E, y el pozo RG-231 con una dirección preferencial entre N35°-55°E, a una profundidad desde 8580' (Formación Oficina) hasta 13790' (Formación San Antonio). Posteriormente se observa un cambio notable entre N109°-119°W a una profundidad entre 13840' (Formación San Antonio atravesando el corrimiento) hasta 15040' (Formación Oficina, debajo del corrimiento); dichos cambios de dirección de esfuerzos, estructuralmente se deben a que el pozo RG-231 fue atravesando el corrimiento de Anaco.

Se definió el modelo geomecánico con la Geología estructural del campo Santa Rosa, a partir de la integración de la evaluación y análisis geomecánico de los pozos pilotos RG-231 y RG-229, en las Formaciones San Antonio, San Juan, Merecure y Oficina, teniendo como resultado lo siguiente:

-
- 1.) En la Formación Oficina se observa en el pozo RG-231, ubicado al sur y en la cresta del braquianticlinal, está afectado por el corrimiento de Anaco al Sur y al Norte por dos fallas Subverticales, el cual los esfuerzos mínimos horizontal compresivos presentan una dirección N45°E y una magnitud de 2500 psi, y los esfuerzos máximos horizontales presentan una dirección N45°W y una magnitud desde 2500 psi hasta 7000 psi. En la Formación Oficina, el pozo RG-229, ubicado en el flanco norte del braquianticlinal, dichos esfuerzos mínimos horizontales compresivos presentan una dirección N20°W y una magnitud de 2000 psi hasta 4000 psi, y los esfuerzos máximos horizontales presentan una dirección de N70°E y una magnitud de 1500 psi hasta 5000 psi, observar modelo de la Formación Oficina.

 - 2.) En las Formación Merecure, cada una de ellas presenta una direcciones de esfuerzos mínimos compresivos, según la evaluación de los esfuerzos en el pozo Piloto RG-231, a lo largo del eje axial del braquianticlinal. Por lo tanto la orientación de las ovalizaciones observadas y plasmada en cada uno de los mapas estructurales de cada formación y se observa que la dirección preferencial de los esfuerzos mínimos horizontales en esta zona N45°-60°E y una magnitud que varia desde 5000 psi hasta 14000 psi aproximadamente. Y la dirección de esfuerzos máximos horizontales son N45°-30°W, y una magnitud que varia desde 5800 psi hasta 14000 psi.

 - 3.) En la Formación San Juan, cada una de ellas presenta una direcciones de esfuerzos mínimos compresivos, según la evaluación de los esfuerzos en el pozo Piloto RG-231, a lo largo del eje axial del braquianticlinal. Por lo tanto la orientación de las ovalizaciones observadas y plasmada en cada uno de los mapas estructurales de cada formación y se observa que la dirección preferencial de los esfuerzos mínimos horizontales en esta zona N45°-60°E y una magnitud que varia desde 5000 psi hasta 14000 psi aproximadamente. Y la dirección de esfuerzos máximos horizontales son N45°-30°W, y una magnitud que varia desde 5800 psi hasta 14000 psi.

 - 4.) En la Formación San Antonio, cada una de ellas presenta una direcciones de esfuerzos mínimos compresivos, según la evaluación de los esfuerzos en el pozo Piloto RG-231, a lo largo del eje axial del braquianticlinal. Por lo tanto la orientación de las ovalizaciones observadas y plasmada en cada uno de los mapas estructurales de cada formación y se observa que la dirección preferencial de los esfuerzos mínimos horizontales en esta zona N45°-60°E y una magnitud que varia desde 12400 psi hasta 15700 psi aproximadamente. Y la dirección de esfuerzos

máximos horizontales son N45°-30°W, y una magnitud que varia desde 10000 psi hasta 15800 psi.

Esta importante aplicación de las ovalizaciones en la exploración del campo Santa Rosa, permite obtener una visión segura de información de los esfuerzos de las rocas *In-situ*, sosteniendo y asegurando comercialmente la actividad de perforación exploratoria.

INDICE

	Pág.
1... INTRODUCCIÓN.....	13
1.1... GENERALIDADES.....	14
1.2... OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO.....	14
1.3... UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL AREA	15
1.4... AGRADECIMIENTOS.....	16
1.5... METODOLOGIA.....	17
1.5.1... Recopilación de Información del Pozo RG-229 y RG-231.....	17
1.6... ANTECEDENTES	24
2...GEOLOGÍA REGIONAL.....	25
2.1... Reconstrucción Histórica Geológica de la Cuenca Oriental de Venezuela.....	25
2.2... Estratigrafía Regional	33
2.2.1... FORMACION SAN ANTONIO (CRETACICO TARDIO).....	34
2.2.2... FORMACION SAN JUAN (CRETACICO - Maastrichtiense Tardío).....	36
2.2.3... FORMACION MERECURE (Oligoceno-Mioceno Temprano).....	39
2.2.4... FORMACION OFICINA (Mioceno Temprano-Medio).....	42
2.3...Geología Estructural Regional	44
2.3.1... Evolución Estructural de la subcuenca de Maturin	45
2.3.2... Historia de la evolución tectónica y sedimentaria.....	46
2.2.3... Esquema del proceso evolutivo.....	47
2.2.4... Principales elementos estructurales.....	48
3... GEOLOGÍA LOCAL.....	50
3.1... Estratigrafía Local del pozo RG-229 y RG-231.....	53
3.2... Geología Estructural local del pozo RG-229 y RG-231.....	57
4... ANALISIS GEOMECÁNICO.....	63
4.1... Evaluación Petrofísica	63

4.2... Evaluación de Propiedades Mecánicas.....	77
4.2.1... Estimación de propiedades mecánicas a partir de registros eléctricos ("Login Mechanical Properties").....	77
4.2.1... Calibración de Registros con Datos de Núcleo	78
4.3... Evaluación de Esfuerzos <i>In-Situ</i>	87
4.3.1... Dirección	87
4.3.1.1... Evaluación Estructural a partir de la sísmica 3-D.....	87
4.3.1.2... Evaluación de los Registro de Imágenes, Pozos RG-231 y RG-229.....	89
4.3.2... Magnitud	105
4.3.2.1... Caracterización de los Esfuerzos " <i>In - Situ</i> " del Pozo RG - 231 y RG - 229.....	106
4.2... MODELO DE LOS ESFUERZOS <i>IN-SITU</i> DEL BRAQUIANTICLINAL.....	119
5... RESULTADOS.....	123
6... CONCLUSIONES.....	125
7... RECOMENDACIONES.....	126
8... BIBLIOGRAFÍA.....	127
9... APÉNDICE DE TABLA.	
<u>Tabla (1):</u> Los intervalos de mayor interés en la sección.....	53
<u>Tabla (2):</u> Los intervalos de mayor interés en la sección.....	63
<u>Tabla (3):</u> Los intervalos de mayor interés en la sección.....	75
<u>Tabla (4):</u> Salida del programa BIAS, intervalos en las Formaciones San Juan, San Antonio, Merecure y Oficina del pozo RG-231.....	113
<u>Tabla (5):</u> Salida del programa BIAS, intervalos en las Formaciones San Juan, San Antonio, Merecure y Oficina del pozo RG-229.....	115
<u>Tabla (6):</u> Calibración de Propiedades Mecánicas. Intervalos en las Formaciones San Juan, San Antonio, Merecure y Oficina del pozo RG-231.....	130
<u>Tabla (7):</u> Resultados de los Ensayos de Tensión Indirecta (PDVSA-INTEVEP)	

y su correlación con la de los registros.....	138
<u>Tabla (8):</u> Datos de Laboratorios (PDVSA - INTEVEP). Resultados de los Ensayos de Compresión.....	138
<u>Tabla (9):</u> Calibración de las Propiedades Mecánicas (Corregida) Ensayos de Compresión.....	139

9... INDICE DE FIGURAS.

Fig.1: Ubicación geográfica del campo Santa Rosa.....	19
Fig. 2: Diagrama de flujo del procesamiento del LMP, para predecir propiedades mecánicas estáticas.....	19
Fig. 3: Envolvente de falla de Mohr construida usando las resistencias estimada con LMP.....	19
Fig. 4: Comparación de los resultados del LMP con medidas de laboratorio.....	20
Fig. 5: Salida típica, como resultado del LMP.....	20
Fig. 6: Salida del BIAS, mostrando la distribución de esfuerzos en el hoyo.....	21
Fig. 7: Varios gráficos de contorno generados usando BIAS, Para cualquier desviación y azimut.....	22
Fig. 8: Reconstrucción histórica de la Cuenca Oriental de Venezuela Triasico-Jurasico.....	26
Fig. 9: Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Cretácico Temprano al Norte del Cratón de Guayana.....	27
Fig. 10: Distribución de facies sedimentarias durante el Maastrichtiense (Cretácico-Tardío) al norte del Cratón de Guayana.....	28
Fig. 11: Marco geológico regional para la sedimentación en el flanco norte de la cuenca oriental durante el Paleoceno - Eoceno.....	29
Fig. 12: Marco geológico regional para la sedimentación en el flanco norte de la Cuenca Oriental de Venezuela durante el Oligoceno.....	30

Fig. 13: Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias Sedimentarias.....	32
Fig. 15: Visualización 3D de la interpretación estructural (sísmica) del Campo Santa Rosa.....	62
Fig. 17: Corte Sísmico 2D mostrando la interpretación estructural, atravesándolo el pozo RG-231.....	57
Fig. 18: Mapa estructural de la Formación Oficina.....	59
Fig. 19: Mapa estructural de la Formación Merecure.....	59
Fig. 20: Mapa estructural de la Formación San Juan.....	60
Fig. 21: Mapa estructural de la Formación San Antonio.....	60
Fig. 22: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Escala Grafica de los registros (2.4'/100'). Formación Oficina, en el intervalo (2640'- 2718').....	64
Fig. 23: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación Oficina, en el intervalo (4060'- 4080').....	65
Fig. 24: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación Oficina, en el intervalo (4658'- 4676' y 4720'- 4730').....	66
Fig. 25: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación Oficina, en el intervalo (5820'- 5841').....	67
Fig. 26: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación Oficina, en el intervalo (6838'-6901').....	68
Fig. 27: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación Oficina, en el intervalo (7800'- 7831').....	69
Fig. 28: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación Merecure, en el intervalo (9045'-9189').....	70
Fig. 29: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación Merecure, en el intervalo (9300'-9400').....	71
Fig. 30: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación San Juan, en el intervalo (10370'-10500').....	72

Fig. 31: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación San Antonio, en el intervalo (12878'-13210').....	73
Fig. 32: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231. Formación Oficina bajo corrimiento, en el intervalo (15229'-15252').....	74
Fig. 33: Salida típica del programa Sand, pozo RG-229. Formación Oficina. Escala Grafica de los registros (2.4"/100'), El intervalo (10240' - 10315').....	76
Fig. 34: Salida típica como resultado del LMP, pozo RG-231. Formación Oficina (Escala 24"/100'). En los paquetes arenosos de la Formación Oficina (1737'- 8580').....	81
Fig. 35: Salida típica como resultado del LMP, pozo RG-231. Formación Merecure (8580'-10252').....	82
Fig. 36: Salida típica como resultado del LMP, pozo RG-231. Formación San Juan. (10344'-11253').....	83
Fig. 37: Salida típica como resultado del LMP, pozo RG-231. Formación San Antonio. (11353'-13790').....	84
Fig. 38: Salida típica como resultado del LMP, pozo RG-231 (Escala 1"/1000'). En las Formaciones desde (700'-15778'), Oficina, Merecure, San Juan y San Antonio.....	85
Fig. 39: Salida típica como resultado del LMP, pozo RG-229 (Escala 1"/1000') En el intervalo (7850.5' - 10475') Formación Oficina.....	86
Fig. 40: Aspecto tridimensional del braquianticlinal de Santa Rosa.....	88
Fig. 41: Registro de imágenes acústicas, donde se interpreta las características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISION, Formación Oficina, pozo RG-231.....	90
Fig. 42: Registro de imágenes acústicas, donde se interpreta las características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISION, Formación Merecure, pozo RG-231.....	91
Fig. 43: Registro de imágenes acústicas, donde se interpreta las características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISION, Formación Merecure, pozo RG-231.....	92

Fig. 44: Registro de imágenes acústicas, donde se interpreta las características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISION, Formación San Juan, pozo RG-231.....	93
Fig. 45: Registro de imágenes acústicas, donde se interpreta las características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISION, zona antes del corrimiento Formación San Antonio. pozo RG-231.....	94
Fig. 46: Registro de imágenes acústicas, donde se interpreta las características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISIO Zona de Corrimiento con ovalización a una profundidad de 15026',15029,15031 y 15033' Formación San Antonio, pozo RG-231.....	95
Fig. 47: Registro de imágenes acústicas, donde se interpreta las características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISION, Zona de bajo Corrimiento Formación Oficina, pozo RG-231.....	96
Fig. 48: Registro de imágenes acústicas, donde se interpreta las características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISION, Formación Oficina, pozo RG-231.....	97
Fig. 49: Gráficos de rosetas de las ovalizaciones de la Formación Oficina.....	99
Fig. 50: Gráficos de rosetas de las ovalizaciones de la Formación Merecure.....	100
Fig. 51: Gráficos de rosetas de las ovalizaciones de la Formación San Juan.....	101
Fig. 52: Gráficos de rosetas de las ovalizaciones de la Formación San Antonio antes del corrimiento.....	101
Fig. 53: Gráficos de rosetas de las ovalizaciones de la Formación San Antonio, sobre el corrimiento.....	102
Fig. 54: Gráficos de rosetas de las ovalizaciones de la Formación Oficina, bajo corrimiento.....	103
Fig. 55: Gráficos de rosetas de las ovalizaciones de la Formación Oficina, en el pozo RG-229 al norte del braquianticlinal.....	104
Fig. 56: Gradiente de presión vs. profundidad. Pozo RG-231.....	106
Fig. 57: Gradiente de presión vs. profundidad. Pozo RG-229.....	107
Fig. 58: Gradiente de esfuerzo vs profundidad. Pozo RG-231.....	108

Fig. 59: Gradiente de esfuerzo vs profundidad. Pozo RG-229.....	109
Fig. 60: Geometría de un hoyo con ovalizaciones. Y formulas para calcular el esfuerzo mínimo horizontal.....	111
Fig. 61: Resultados del BIAS. RG-231. En la Formación Oficina (8745').....	113
Fig. 62: Resultados del BIAS. RG-231. Formación Merecure (9701').....	114
Fig. 63: Resultados del BIAS. RG-231. Formación San Juan (10745').....	114
Fig. 64: Resultados del BIAS. RG-231. Formación San Antonio (12794').....	115
Fig. 65: Resultados del BIAS. RG-229. Formación Oficina (7959.5').....	116
Fig. 66: Resultados del BIAS. RG-229. Formación Oficina (7973.5').....	116
Fig. 67: Resultados del BIAS. RG-229. Formación Oficina (8940').....	117
Fig. 68: Resultados del BIAS. RG-229. Formación Oficina (9999.5).....	117
Fig. 69: Resultados del BIAS. RG-229. Formación Oficina (10043').....	117
Fig. 70: Modelo de los esfuerzos in-situ del braquianticlinal en la Formación Oficina.....	118
Fig. 71: Modelo de los esfuerzos in-situ del braquianticlinal en la Formación Merecure.....	119
Fig. 72: Modelo de los esfuerzos in-situ del braquianticlinal en la Formación San Juan.....	120
Fig. 73: Modelo de los esfuerzos in-situ del braquianticlinal en la Formación San Antonio.....	121
Fig. 74 hasta la Fig. 83: Envoltentes de falla de las arenas de las Formaciones Oficina, Merecure, San Juan y San Antonio.....	122
Fig. 84 hasta la Fig. 98: Transformaciones optimas de las variables independientes	

con los polinomios que mejor se ajustan. Calibración de
las Propiedades Mecánicas.....139

1... INTRODUCCIÓN

1.1... GENERALIDADES

La geomecánica es la disciplina que estudia las características mecánicas de los materiales geológicos que conforman las rocas de Formación. Esta disciplina está basada en los conceptos y teorías de mecánica de rocas y mecánica de suelos, que relacionan el comportamiento de la formación bajo los cambios de esfuerzo producto de las operaciones petroleras de perforación, completación y producción de pozos. Etc.

Aunque las bases de la geomecánica fueron realizadas a principios de siglo, las aplicaciones petroleras empiezan a tener mayor divulgación al comienzo de la década de los años 70, y por lo tanto esta es una disciplina novedosa para la ingeniería geológica petrolera. La geomecánica utiliza resultados experimentales de campo y laboratorio conjuntamente con soluciones analíticas para resolver problemas particulares.

Actualmente, de los 421 yacimientos existentes en esta zona, 357 se encuentran inactivos, 57 activos y 7 fueron sometidos a proyectos de inyección de gas. El nivel de producción del campo era muy bajo, alrededor de los 6000 BN/D, a pesar de disponer de unas reservas de 320 MMBN, con un promedio de producción por pozo de 50 a 60 BN/D. Pero El Distrito Anaco de PDVSA Gas alcanzó la cifra récord de 1.200 millones de pies cúbicos de gas por día.

Este hecho es considerado un hito en la trayectoria de esta área operacional desde su establecimiento como distrito gasífero. Esta situación es la que origina un gran interés para la industria petrolera por mejorar la exploración y producción de los yacimientos del área y disminuir los costos operativos mediante esta metodología, como es la Geomecánica.

1.2... OBJETIVOS

1.2.1...OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo del campo de esfuerzos *In-situ*, que describa las características de magnitud y dirección en relación con el modelo estructural Regional del Campo Santa Rosa, en la Formación San Juan y San Antonio (Cretácico), Merecure (Oligoceno) y Oficina (Mioceno). En el desarrollo en la perforación del campo.

1.2.2... OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1- Determinar la dirección y magnitud de los esfuerzos In-situ de la estructura dómica del Campo Santa Rosa a partir de la información de los pozos pilotos RG-231 y RG-229, en las Formaciones San Juan y San Antonio (Cretácico), Merecure (Oligoceno) y Oficina (Mioceno), Área Mayor de Anaco (AMA), Edo. Anzoatégui.

- 2- Culminar este trabajo el cual es el último requisito exigido por el pensum actual de la Escuela de Geología, Geofísica y Minas de la Universidad Central de Venezuela para optar al título de Ingeniero Geólogo.

El alcance del proyecto es integrar la geología estructural del área, con una evaluación Geomecánica a partir de los pozos pilotos RG-231 y RG-229, a fin de planificar a futuro la actividad exploratoria en perforación con el menor riesgo posible. Ya que actualmente en el campo Santa Rosa se están evidenciando grandes volúmenes de hidrocarburos en sedimentos Cretáceos y Terciarios.

1.3...UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL CAMPO SANTA ROSA

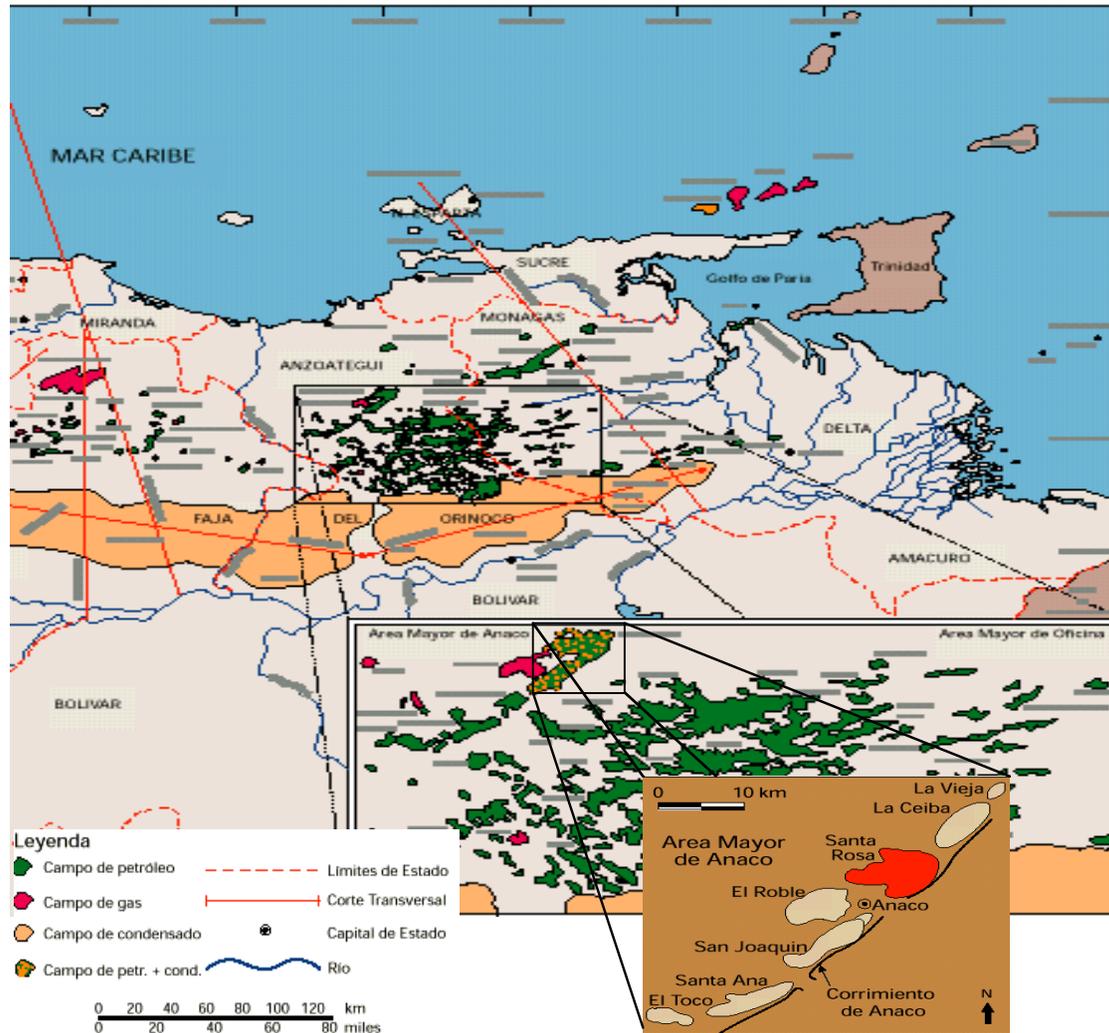


Fig. 1: Tomado del WEC(1997)

El Campo Santa Rosa abarca un total de 300 kilómetros cuadrados y está ubicado en la Cuenca Oriental de Venezuela, Subcuenca de Maturín. El área de estudio se encuentra en la región centro oriental a unos 10 km al noreste de Anaco (Edo. Anzoatégui). Aproximadamente entre los meridianos $64^{\circ}40'00''$, $64^{\circ}25'00''$ y paralelos $9^{\circ}15'00''$ y $9^{\circ}30'00''$. Y forma junto a los campos Guarío, San Joaquín, El Roble, Santa Ana y el Toco (AMA), con un rumbo de aproximadamente $N45^{\circ}E$. (**Fig. 1**)

1.4...AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Departamento de Geología de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela por haberme formado integralmente. A Baker Atlas por haberme brindado la oportunidad de realizar este proyecto, a mis tutores Académicos Profesores Rafael Falcón, Rómulo Carmona y Omar Rojas por su amistad, a mi tutor Industrial Germán Gómez por sus ideas, paciencia y comprensión; a Luis Escandón Aguiar PDVSA (E y P), por su tolerancia y haberme firmado la autorización de la data a utilizar.

A Dios por haberme permitido crecer.

A mis padres Lola y Enrique.

A mi sobrina Alba por ser un gran Aliciente.

A mi hermana Ana Cristina por estar conmigo siempre.

A mi hermano Enrique, Tía Reina, Tío Aquiles y Aquiles.

A Eglee por su Amor.

A mis verdaderos Amigos: Westter, Terry Quinn, Miguel Castillejo, Nelson Mcquae, Luigi, Rómulo Gooddeliet, Siul Díaz.

A Massiel Rangel en su soporte y apoyo técnico, Sra. Margarita (Control de Estudio), María y Eunice (Secretaria del Departamento y Dirección de la Escuela de Geología), Sra. Morella y Eduardo.

1.5... METODOLOGIA

- 1.) Autorización y Recopilación de Información de los Pozos RG-229 y RG-231 e información Bibliográfica. Revisión de Informes Técnicos previos de la Geología Estructural del Campo Santa Rosa a partir de la Sísmica 3D (Pdvs - Intevep), y el trabajos sobre evaluación geomecánica realizada por Baker Atlas.

- 2.) Utilizando la información obtenida de varios registros de pozos de interés (RG-231 y RG-229), con el programa LMP (“Logging Mechanical Properties”) serán estimadas la resistencia de roca y las propiedades mecánicas estáticas en los intervalos de las formaciones de interés. Será determinada la resistencia compresiva a diferentes niveles de presión de confinamiento, la envolvente de falla, la resistencia cohesiva y ángulo de fricción interna de la(s) formación(es). Y las observaciones de fallas en los hoyos (“breakouts” son "ovalizaciones en el hoyo", fracturas inducidas), los registros de imágenes, calibre, información geológica y datos de pruebas de laboratorio, serán usadas para estimar la información de esfuerzos “in-situ”, tanto magnitud como dirección.

El programa LMP utiliza el comportamiento fundamental del contacto grano a grano, deformación de microfracturas (deslizamiento a lo largo de superficies de microfracturas) para construir una relación constitutiva entre esfuerzo y deformación para un material dado. Bajo una condición de esfuerzo dada, la deformación de la roca sólida (incluyendo contacto grano a grano), el deslizamiento de las superficies de microfracturas, y el espacio poroso son consideradas separadamente. La deformación elástica esperada bajo condiciones de carga dinámica (deformación elástica de la matriz y abertura o cierre de fracturas existentes) son consideradas en combinación con las velocidades acústicas medidas.

Otras deformaciones debido a deslizamiento de microfracturas y deformación de poros, así como dilatación, son consideradas como los principales contribuidores para la deformación de roca bajo esfuerzos estáticos. La relación entre las propiedades estáticas y dinámicas pueden ser derivadas, distinguiendo los procesos asociados con la deformación estática de aquellos asociados con las deformación dinámica.

De análisis teóricos y estudio experimental, se ha establecido la relación entre la porosidad de la roca, la densidad total, el contenido mineral, las propiedades dinámicas y los parámetros de contacto grano a grano, los parámetros de deslizamiento de fracturas, y los parámetros de dilatación, documentándose en tablas de calibración. Utilizando la densidad-neutrón y registro acústico, se puede reconstruir una muestra de roca de las tablas de calibración, para una profundidad dada, y el comportamiento constitutivo de la muestra de roca puede examinarse con carga simulada.

La deformación incrementa como resultado del incremento del esfuerzo es calculada y las curvas esfuerzo/deformación bajo carga estática se puede construir. Las propiedades mecánicas estáticas y la resistencia son derivadas de las curvas esfuerzo deformación de la muestra virtual antes de la falla o ruptura. Estas propiedades pueden usarse para predecir la estabilidad del hoyo del campo seguido de los esfuerzos “*in-situ*” de la estructura, análisis de producción de arena, diseño de fracturamiento hidráulico y otras aplicaciones.

La (**Fig. 2**) muestra el diagrama de flujo del procesamiento del LMP. Se observa que la muestra virtual puede ser ensayada bajo cualquier presión de confinamiento, haciendo posible la construcción de la envolvente de falla. La **Figura 3** es un ejemplo de las envolventes de falla construidas usando LMP. La **Figura 4** compara las propiedades mecánicas estimadas por LMP y las de laboratorio. La **Figura 5**, es un resultado típico del LMP.

Logging of Mechanical Properties (LMP)

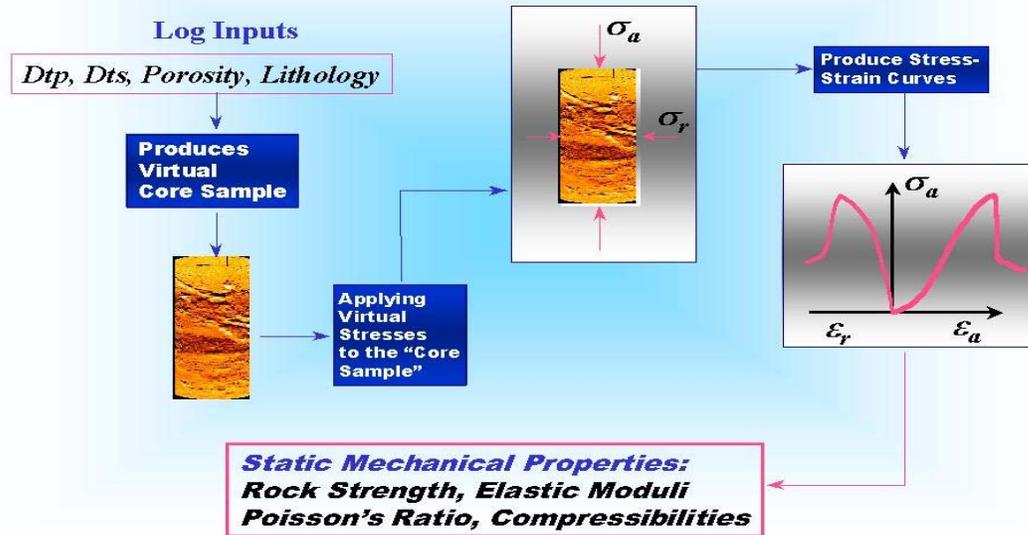


Fig. 2: Diagrama de flujo del procesamiento del LMP, para predecir propiedades mecánicas estáticas.

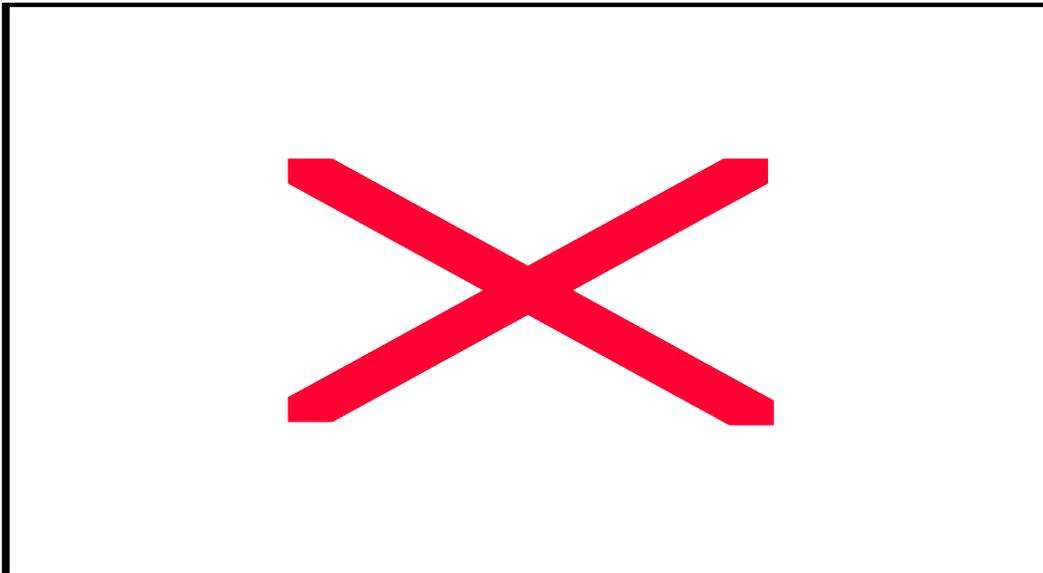


Fig. 3: Envolvente de falla de Mohr construida usando las resistencias estimada con LMP

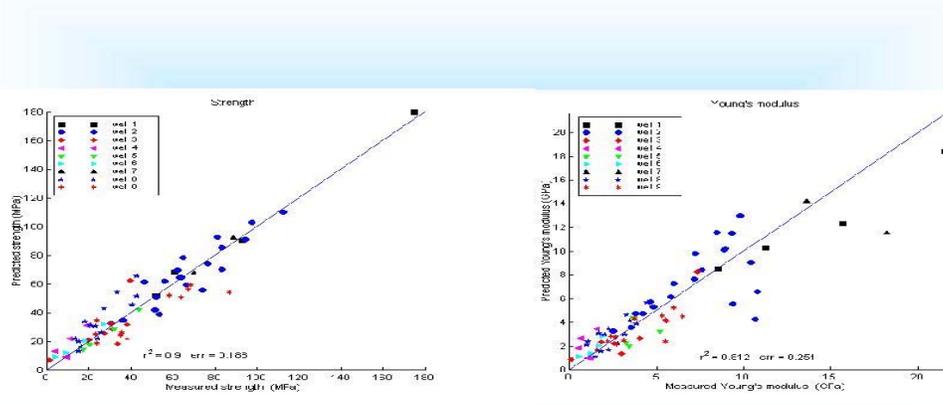


Fig. 4: Comparación de los resultados del LMP con medidas de laboratorio.

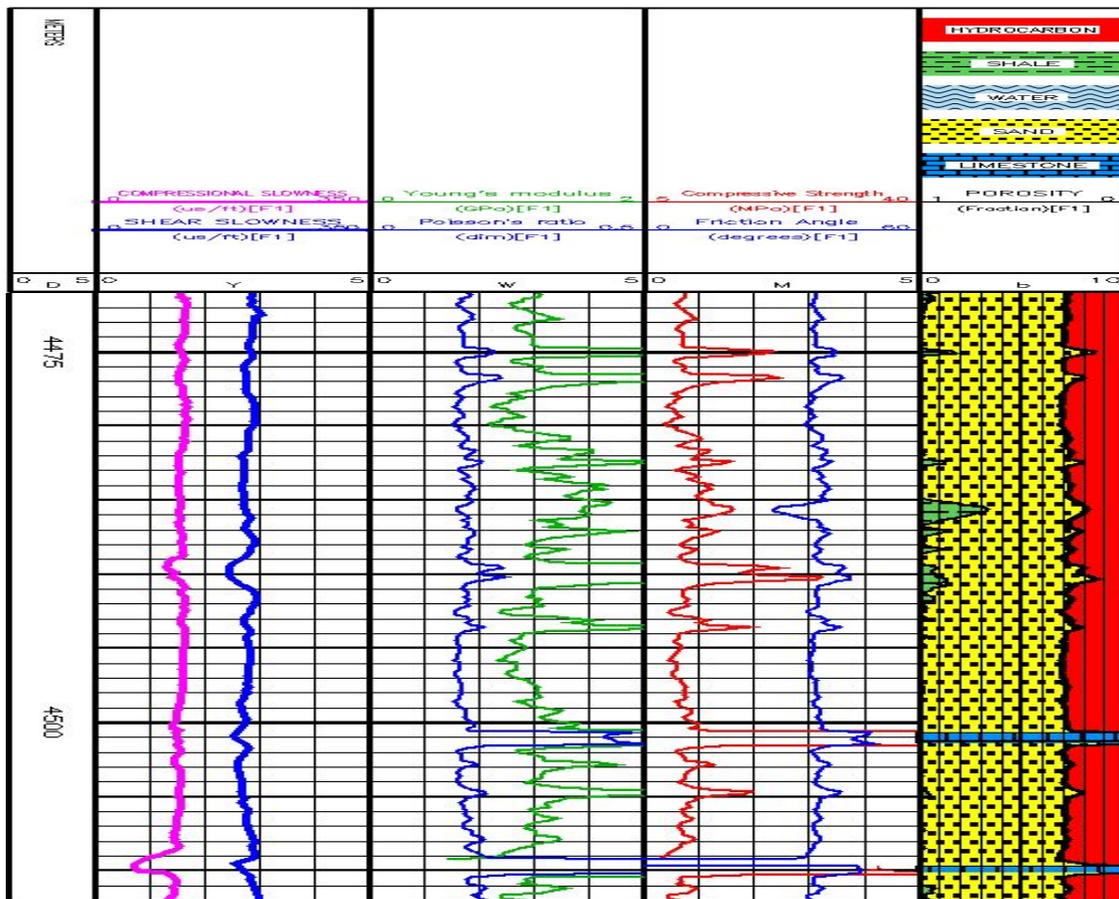


Fig. 5: Salida típica, como resultado del LMP

En caso de que el conjunto completo de la información antes mencionada (registros de pozos y núcleo) no esté disponible, el programa LMP no puede ser utilizado. Bajo tales condiciones, las relaciones empíricas entre la velocidad de onda P y los módulos elásticos, entre módulos elásticos dinámico y estático, así como entre los módulos elásticos y la resistencia compresiva no confinada, pueden ser utilizadas para derivar las propiedades mecánicas requeridas, sólo con los datos acústicos.

Posteriormente el programa BIAS, exclusivo de Baker Atlas es un programa de post procesamiento para estimación de esfuerzos “in-situ” y fallas de rocas a partir de medidas en el hoyo, y usa las soluciones de elasticidad para describir la distribución de esfuerzos alrededor del hoyo perforado en un campo de esfuerzos dados. Estos esfuerzos son comparados con la resistencia de la roca en la cual el hoyo es perforado. BIAS decide el potencial de falla cerca de la pared del hoyo, y por lo tanto predice la estabilidad del hoyo (Fig. 6).

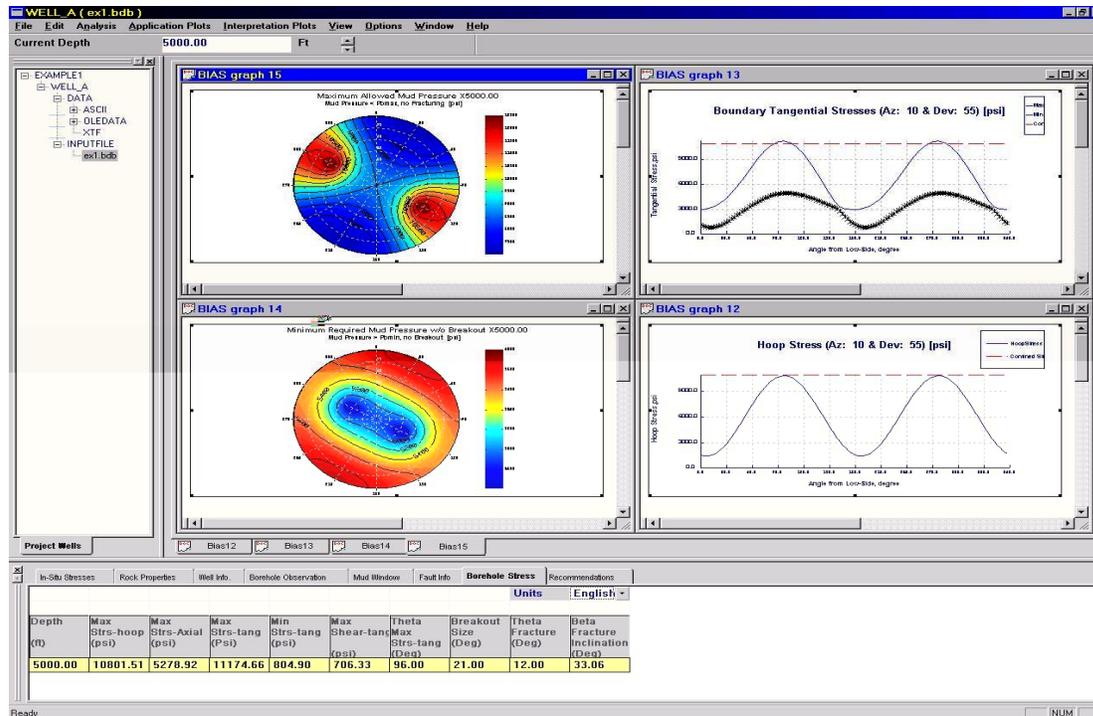


Fig. 6: Salida del BIAS, mostrando la distribución de esfuerzos en el hoyo.

El programa también calcula el potencial de varios modos de falla, y la presión de lodo requerida para prevenir la falla, para todas las posibles trayectorias de pozo (desviación de 0 a 90 grados y azimut de 0 a 360 grados). Asignando la presión de poros el mismo valor que la presión el hoyo, durante la producción, se puede predecir la estabilidad del hoyo para un diferencial de presión respectivo (como potencial para producción de arena) (Fig. 7).

Las salidas del modelo de estabilidad del hoyo pueden usarse directamente para ayudar a evaluar las alternativas de perforación (hoyo vertical y desviado), la alineación del hoyo, el peso del lodo, y el diseño de la tubería. Esta ventana de lodo proporciona información con detenimiento, donde se esperan diferentes tipos de problemas de perforación. Esto también proporciona la opción de permitir la ocurrencia de una pequeña cantidad de “breakouts” disminuyendo el peso del lodo, así como permitir fracturas inducidas cerca del hoyo (pérdidas de pequeñas cantidades de fluidos de perforación).

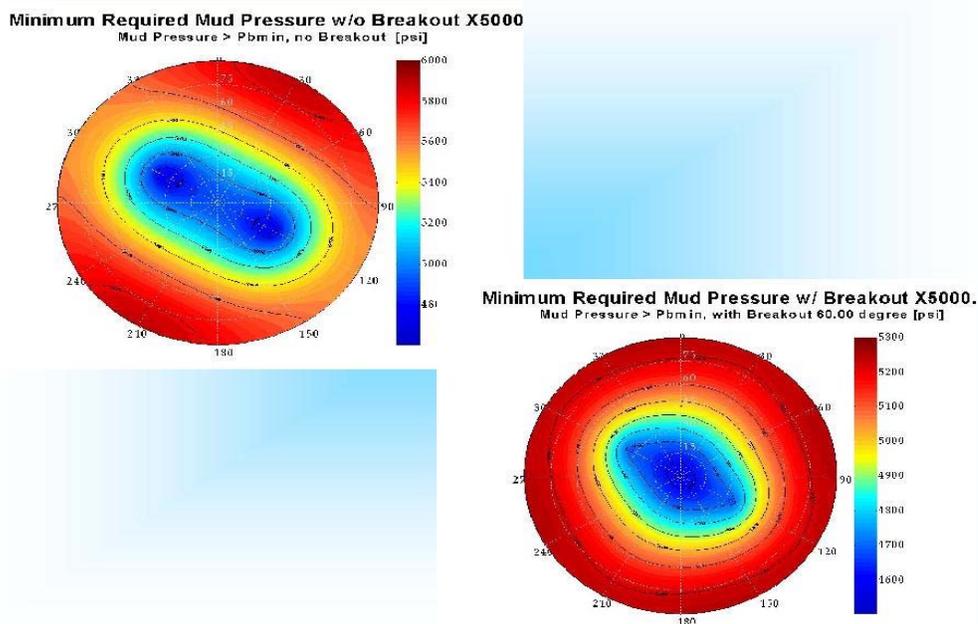


Fig. 7: Varios gráficos de contorno generados usando BIAS, Para cualquier desviación y azimut.

Los gráficos de contorno, particularmente, pueden ser un método rápido para evaluar las alternativas durante el desarrollo de un campo, y puede ser completado dentro de un período de tiempo que permita modificaciones del peso de lodo a ser usado cuando la información específica del sitio llegue a estar disponible. Los perfiles de propiedades mecánicas estáticas y los esfuerzos “*in-situ*” generados de este análisis pueden ser extremadamente valiosos como entrada para la predicción de la producción de arena y el diseño y optimización del fracturamiento hidráulico.

1.6... ANTECEDENTES

- 1- Procesamientos de Registros a Hueco Abierto, pozo RG-229 (sección exploratoria, área Santa Rosa. (Analistas: María Barboza, Germán Gómez, Raj Vij, Massiel Rangel y Franklin Tineo).Julio 7/1998.
- 2- Estudios geomecánico de Estabilidad de Hoyos para Re-entradas en Condiciones Cercanas o por Debajo del balance, Campo Santa Rosa, Distrito Anaco. PDVSA-INTEVEP. 2000.
- 3- Procesamientos de Registros a Hueco Abierto, pozo RG-231 (Sección exploratoria, área Santa Rosa. (Analistas: María Barboza, Germán Gómez, Rosa Pestana, Massiel Rangel y Franklin Tineo).Marzo 06/2001.
- 4- Procesamientos de Registros a Hueco Abierto, pozo RG-IX (sección exploratoria, análisis de estabilidad del hoyo, área Santa Rosa. (Analistas: Massiel Rangel y Adrian Perarnau).Junio 2001.}
- 5- Geomechanical Análisis for Resak's extended-reach drilling-a case example. (Seehonh Ong. Baker Atlas and Ahmad Shah Baim). IADC/SPE 62727. 2002.
- 6- Sand Producción Predicción in high rate, perforated and open-hole Gas Wells. (Seehonh Ong. Baker Atlas and Ziqiong Zheng. Baker Atlas). IADC/SPE 58721. 2002.

2... GEOLOGIA REGIONAL

2.1... RECONSTRUCCION HISTORICA DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA

Según González de Juana et al. (1980), la Cuenca Oriental de Venezuela tiene una extensión de 160.000 kilómetros cuadrados, abarcando los estados Guarico, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro. Esta cuenca se encuentra limitada al norte por la cordillera del Interior, al sur por el río Orinoco, al este por la plataforma del Delta del Orinoco y al oeste por el levantamiento de El Baúl.

La Cuenca Oriental contiene más de 20.000 pies de sedimentación precretácea a terciaria; la cuenca es asimétrica, y su flanco sur buza suavemente hacia el norte hasta que es interceptado por una zona de complejas perturbaciones tectónicas y plegamientos, lo cual constituye el flanco norte. Toda la cuenca se inclina hacia el este, de manera que la parte más profunda está ubicada al noreste, hacia Trinidad, donde se estima que pueden encontrarse más de 400.000 pies de sedimentos. Esta cuenca ha sido subdividida en dos Subcuencas la de Guarico (oeste) y la de Maturín (este).

TRIASICO-JURASICO:

En Venezuela, la ruptura o "rifting" de Pangea (súper-continente que reunía las masas continentales de América, Europa y África actuales) produjo varias estructuraciones importantes, que posteriormente influyeron en la evolución de las cuencas sedimentarias venezolanas. Dentro de Venezuela Continental, la apertura del Proto Caribe indujo el desarrollo de valles de extensión o grábenes con una tendencia noreste, en los que se incluyen los grábenes de Apure-Mantecal y Espino (**Fig. 8**).

Se ha postulado la existencia de rocas jurásicas en las partes más profundas de la Serranía del Interior de Venezuela Oriental, involucradas en la deformación misma, debido a la clara continuación de las tendencias de los grábenes de Apure-Mantecal y Espino; sin embargo, hasta el momento no se ha podido comprobar dicha existencia.

Todos estos grábenes fueron rellenados durante el Jurásico por sedimentos continentales tipo "capas rojas", volcánicas de diversa índole y eventualmente clásticos y calizas de invasiones marinas, existiendo evidencia de ello en las penínsulas de La Guajira (Grupos Cojoro y Cocinas) y Paraguaná (Formación Pueblo Nuevo), en la Formación La Quinta de Venezuela Occidental e incluso en el subsuelo de la Cuenca Oriental de Venezuela (Formación Ipire).

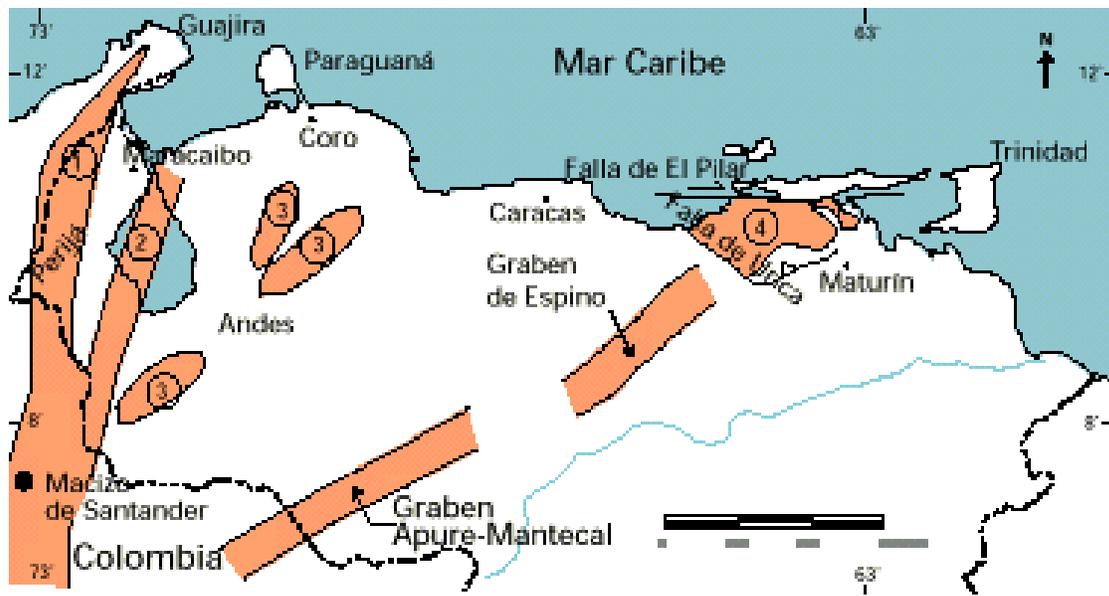


Fig. 8: Tomado de Bartok (1993), Passalacqua *et. al.* (1995) y Lugo y Mann (1995).

CRETACICO TEMPRANO: En Venezuela Oriental la historia de sedimentación del Grupo Sucre es indicativa de un margen pasivo tipo Atlántico. Se inicia con clásticos arenosos y algunas calizas de plataforma (Formación Barranquín) de espesor aparentemente más uniforme que su equivalente en Occidente; siguiendo a la depositación de la anterior, se forma una plataforma bien definida y extensa, carbonática clástica (Formaciones El Cantil y Chimana).

La diferencia con el Cretácico Inferior de Venezuela Occidental es que en la Serranía del Interior el contacto inferior de la secuencia sedimentaria no se conoce y el espesor de la Formación Barranquín es superior al kilómetro en todas sus localidades, con el desarrollo de una plataforma carbonática importante (Miembro Morro Blanco) hacia el norte durante el Barremiense (114-118 Ma). El espesor de las Formaciones El Cantil y Chimana sumadas, también es varias veces el de su equivalente en tiempo: el Grupo Cogollo en Venezuela Occidental (**Fig. 9**).

CRETACICO TARDIO: A partir de final del Albiense, se inicia desde el este de Venezuela y de manera diacrónica hacia el oeste, la invasión marina que llegó a cubrir extensas zonas hacia el sur del país, las cuales se mantenían como áreas expuestas a la erosión desde finales del Jurásico, o incluso desde finales del Paleozoico.

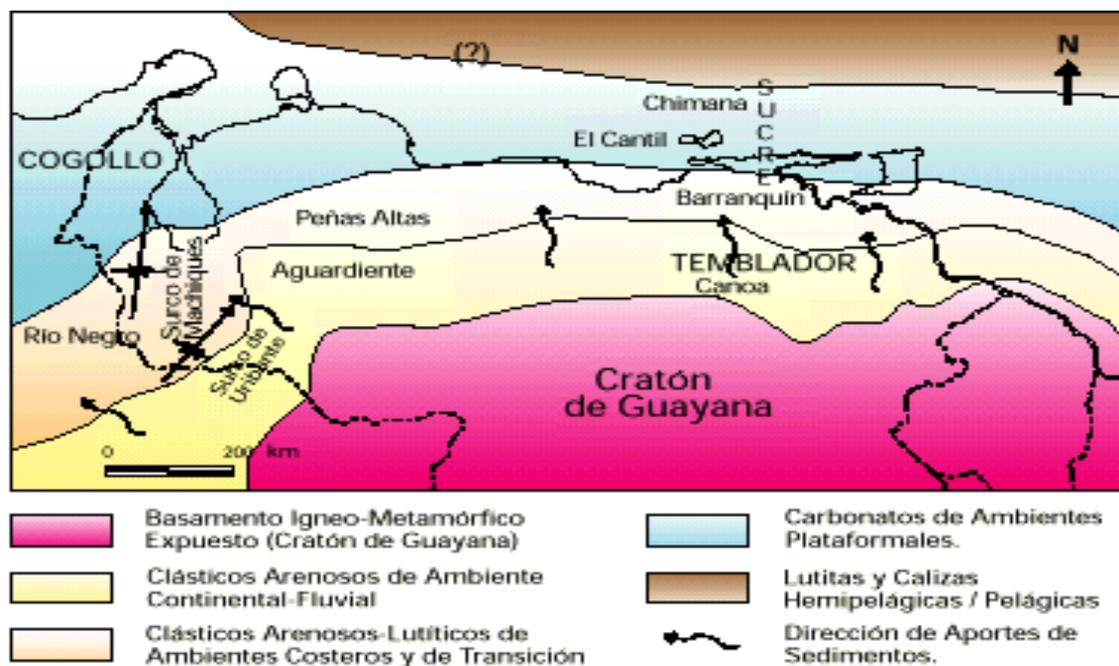


Fig. 9: Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Cretácico Temprano al Norte del Cratón de Guayana. Se indican unidades típicas de dicha asociación de facies. Tomado del WEC (1997)

Esta invasión marina coincide con el pulso mundial transgresivo del Cretácico Tardío, responsable de la sedimentación de calizas, lutitas y fanitas ricas en materia orgánica tanto en América como en Europa. Estas rocas se conocen en Venezuela como las

Formaciones Querecual y San Antonio (Grupo Guayuta). El máximo de transgresión y anoxia se estima que ocurrió entre el Turoniense y el Campaniense (72-91 ma). El Grupo Guayuta alcanza su máximo desarrollo en Venezuela Nororiental, llegando a tener más de 1 kilómetro de espesor en su región tipo en el Estado Anzoátegui.

En la Cuenca Oriental, esta misma unidad cambia lateralmente hacia el sur perdiendo su carácter de roca madre y pasando a las rocas de ambiente plataformal, hasta costero y continental, del Grupo Temblador, definido en el subsuelo como las Formaciones Tigre y Canoa. El Cretácico Tardío en Venezuela finaliza durante el Maastrichtiense con unidades regresivas respecto a los ambientes más profundos de la roca madre (**Fig. 10**).

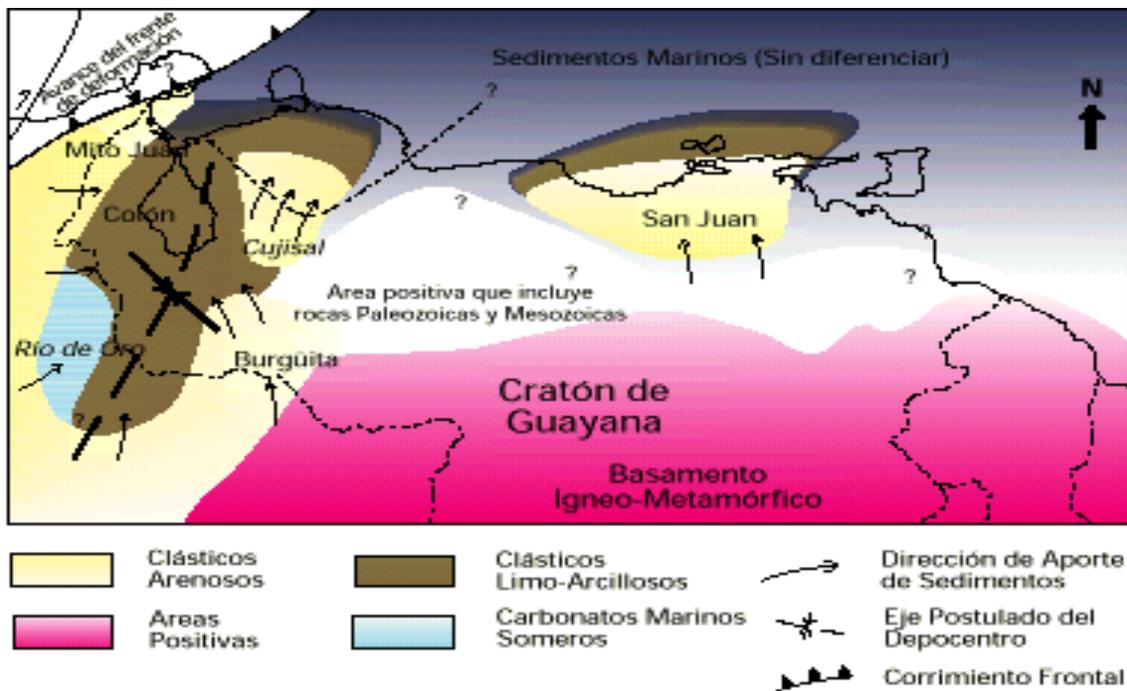


Fig. 10: Distribución de facies sedimentarias durante el Maastrichtiense (Cretácico Tardío) al norte del Cratón de Guayana. Se indican unidades típicas de dichas asociaciones de facies. Tomado del WEC (1997).

Paleoceno-Eoceno : Hacia el este, durante el Paleoceno y el Eoceno Temprano la sedimentación no estuvo influenciada por los frentes de deformación del Caribe (**Fig. 11**), acumulándose los sedimentos finos de talud continental (hemipelágicos) de la Formación

Vidoño y los más arenosos de la Formación Caratas. Es posible que la influencia de la colisión oblicua ya se sintiese hacia el Eoceno medio: los ambientes de carbonatos arenosos, glauconíticos y en parte muy ricos en macroforaminíferos, se desarrollaron en los márgenes de los surcos que se encontraban al norte de Venezuela (Formaciones Peñas Blancas, Punta Carnero y el Miembro Tinajitas al norte de Venezuela (Formaciones Peñas Blancas, Punta Carnero Caratas).

En la Isla de Margarita, la Formación Pampatar (turbiditas arenosas) y su equivalente lateral, la Formación Punta Carnero (turbiditas carbonáticas) constituyen una sedimentación tanto espacial como temporalmente separadas de las Formaciones Guárico y Roblecito, y probablemente pertenecieron al equivalente en ese tiempo del prisma de acreción de Barbados. En la **Figura 11** se esquematiza conceptualmente la relación entre unidades estratigráficas y la evolución de los frentes de deformación.

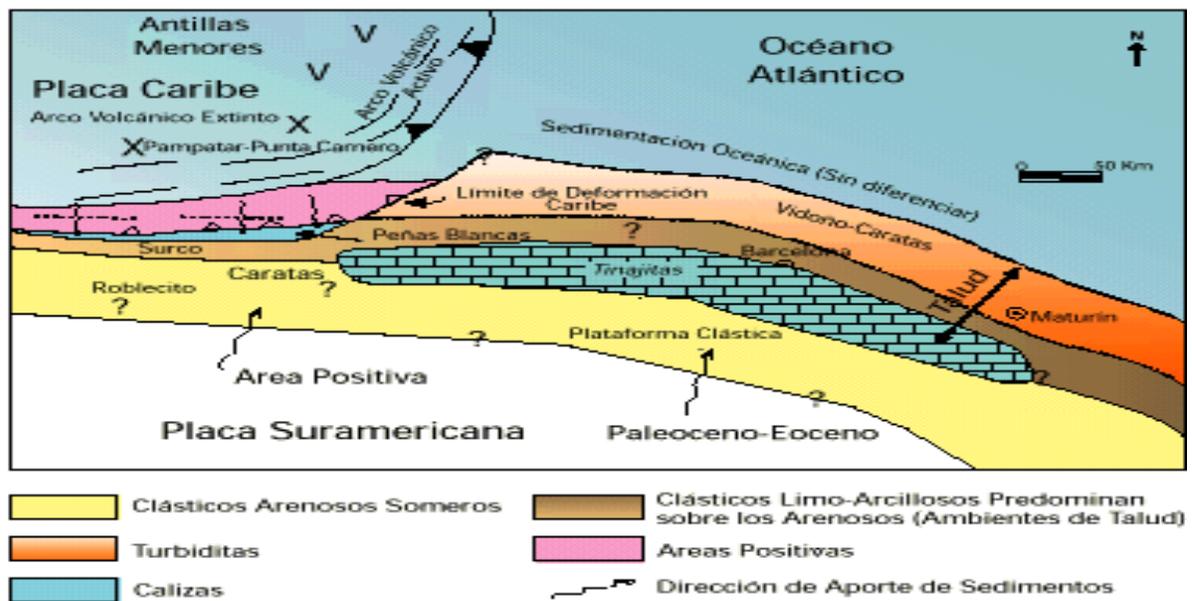


Fig. 11: Marco geológico regional para la sedimentación en el flanco norte de la cuenca oriental durante el Paleoceno - Eoceno. Tomado del WEC (1997).

Oligoceno : La sedimentación durante el final del Eoceno y el Oligoceno en la Serranía del Interior se encuentra representada por las Formaciones Los Jabillos (clásticos arenosos de ambientes diversos), Areo (clásticos finos y glauconíticos marinos) y parte

(?) de Naricual (clásticos arenosos y pelíticos de ambientes fluviocosteros y marinos someros).

La (Fig. 12) muestra esquemáticamente la relación entre unidades estratigráficas y la evolución de los frentes de deformación; en esta (Fig. 12) se plantea la doble fuente de sedimentos para la Formación Naricual y equivalentes (ejem. Formación Quebradón), la cual se ubica en sus facies del norte como bordeando un frente de corrimientos, mientras que al sur tendría una fuente de interior de cratón; algo análogo ocurriría con los equivalentes de las Formaciones la Pascua y Roblecito, los cuales han sido llamados Formación Merecure en el subsuelo del flanco sur de la Subcuenca de Maturín donde, siguiendo el principio del diacronismo, su edad se asigna como más joven (Mioceno).

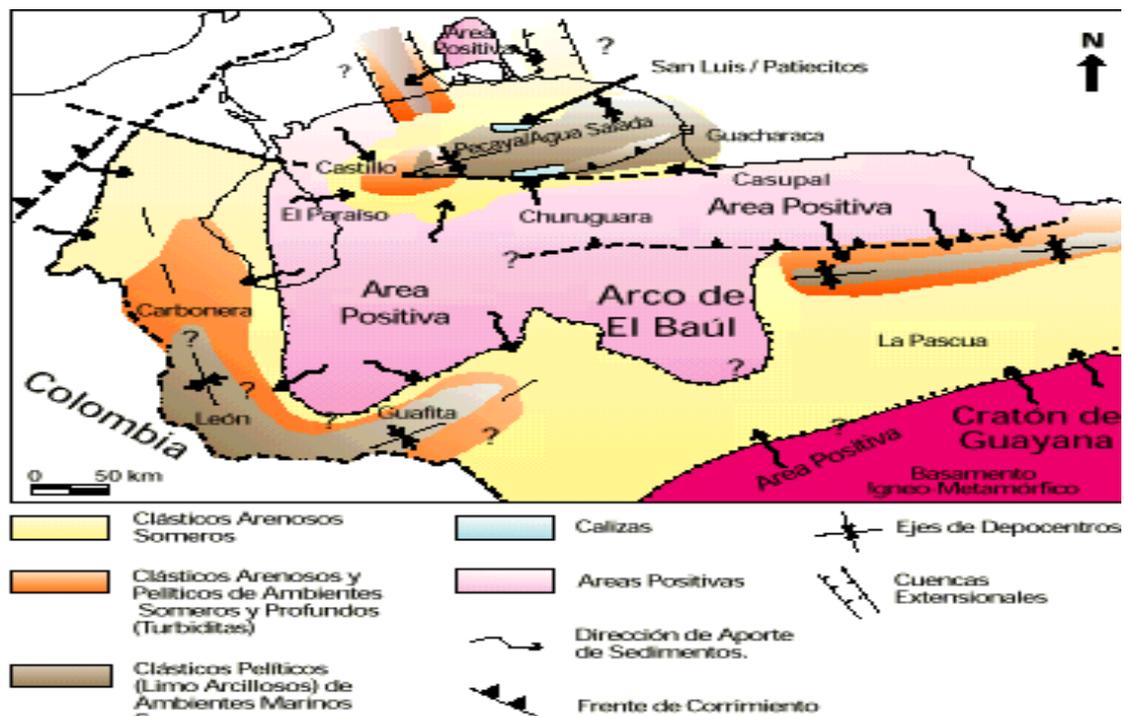


Fig. 12: Marco geológico regional para la sedimentación en el flanco norte de la cuenca oriental de Venezuela durante el Oligoceno. La Formación Naricual en su región tipo es marcadamente diferente a la definida en el subsuelo en lo referente a su marco tectónico de sedimentación; el término "Formación Merecure" ha sido empleado para referirse en el subsuelo a los equivalentes del Grupo Merecure (Formaciones Los Jabillos, Areo y Naricual) de la Serranía del Interior. (Tomado del WEC, 1997).

NEOGENO: En las Subcuencas de Guárico y Maturín, al sur del Frente de Montañas de Guárico y la Serranía del Interior Oriental, los ambientes transicionales deltaicos a

marino someros están representados por las Formaciones Merecure y Oficina (Estados Guárico y Anzoátegui occidental) de gran importancia como yacimientos petrolíferos y de gas, las cuales pasan lateralmente hacia el este a formaciones más profundas como Capiricual y Carapita, esta última de marcado carácter turbidítico y también de importancia de gas y petrolífera.

Hacia el sur, en los campos de Oficina y de la Faja del Orinoco están los equivalentes diacrónicos más jóvenes del ciclo neógeno: la unidad basal, discordante generalmente sobre el Grupo Temblador, es la Formación Merecure, constituida principalmente por areniscas; la suprayacen los sedimentos de sistemas deltaicos de la Formación Oficina. Los equivalentes miocenos de estas unidades en la Subcuenca de Guárico y hasta la Faja del Orinoco han sido denominados Formación Chaguaramas.

Más hacia el noreste, la Subcuenca de Maturín se rellena con facies cada vez más someras, como las Formaciones Uchirito y Quiamare en su flanco norte. La Formación Quiamare abarca una gran cantidad de ambientes que van desde marino restringido somero (tipo albúfera) y canales fluviales, hasta los heterogéneos subambientes de los abanicos aluvionales, con espesores de varios kilómetros en Anzoátegui Oriental.

En el flanco sur, las lutitas de la Formación Freitas suprayacen a la Formación Oficina. Finalmente todo es cubierto por los ciclos deltaicos de la Formación La Pica y los molásicos de edad pliocena, como las Formaciones Las Piedras y Quiriquire. (**Fig. 13**).

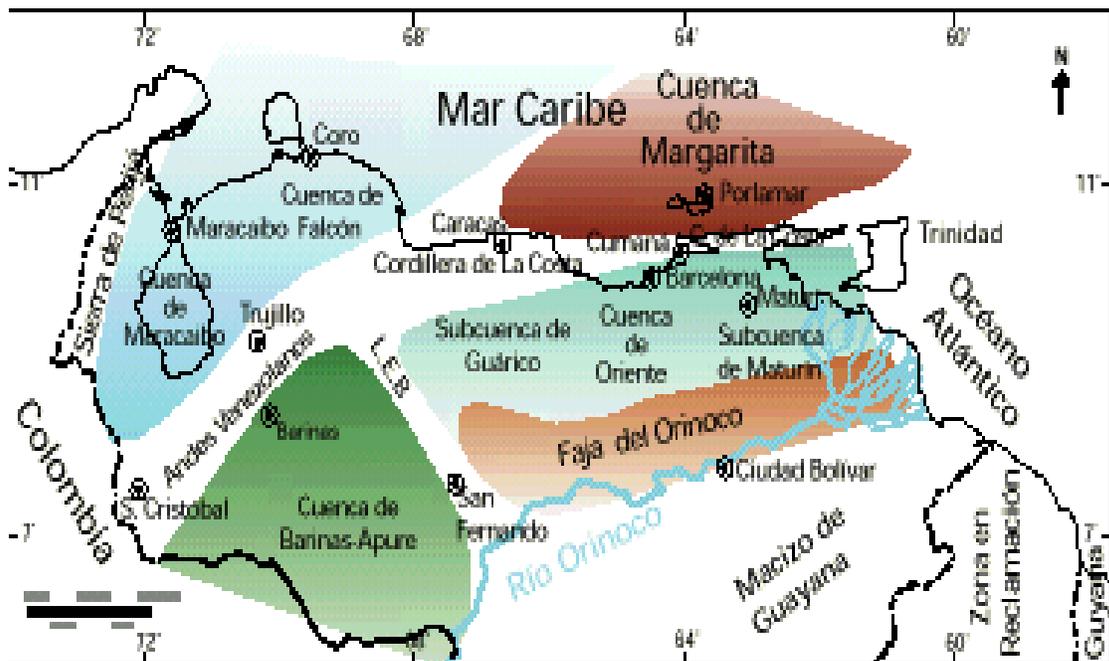


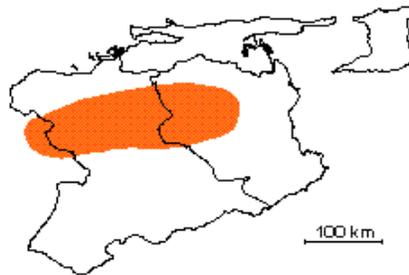
Fig. 13: Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias Sedimentarias (Modificado de Pérez de Mejía et. al., 1980). LEB= Lineamiento de El Baúl, límite entre las cuencas de Oriente y Barinas-Apure. Tomado del WEC(1997)

2.2... ESTRATIGRAFÍA REGIONAL (Léxico Estratigráfico de Venezuela)

La estratigrafía característica del Área Mayor de Anaco, incluye las siguientes secciones:

EDAD	FORMACIÓN	PROFUNDIDAD DEL TOPE (pies)
Pleistoceno	Mesa	150
Plioceno	Las piedras	523 - 2435
Mioceno	Freites	Erosionado en el área del campo
	Oficina	673 - 2585
Oligoceno	Merecure	8532 - 10460
Eoceno	Garatas	Erosionado en el área del campo
Paleoceno	Vidoño	10110- 12120
Cretáceo	San Juan	10208 - 12190
	San Antonio	11250- 11880
	Querecual	No perforada
	Chimana	No perforada
	El Cantil	No perforada
	Barranquín	No perforada

2.2.1... FORMACION SAN ANTONIO (CRETACICO TARDIO):



Localidad tipo: Río Querecual, Anzoátegui Nororiental, entre los puntos situados a 600 metros aguas abajo desde Paso Hediondo, y a 150 metros aguas arriba desde Paso Santa Anita. El nombre se deriva del cerro San Antonio al norte del cercano pueblo de Bergantín.

Extensión geográfica: Parte septentrional de los estados Monagas, Anzoátegui y Guarico.

Descripción litológica: La unidad consiste esencialmente de calizas y lutitas negras, como la Formación Querecual, infrayacente, pero además contiene numerosas capas de areniscas duras de color gris claro y de chert. Una característica típica es la presencia de diques anastomósicos de areniscas, analizados detalladamente por Laubscher (1961).

Contactos: El contacto con la Formación Querecual, infrayacente, es transicional y se coloca en la capa inferior extrema de arenisca. El contacto con la Formación San Juan, suprayacente, es también transicional, basado en el cambio ascendente a areniscas muy resistentes en capas gruesas, con escasos intervalos delgados de lutitas.

Fósiles: Las secciones finas revelan la presencia de foraminíferos planctónicos y también de formas bentónicas, por lo regular ausentes en la Formación Querecual. Se señala la

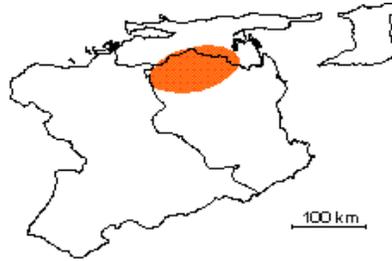
presencia de *Siphogenerinoides ewaldi*. Furrer y Castro (1997, comentarios enviados al CIEN).

Edad: Cretácico; post-Turoniense. Según Furrer y Castro (*op. cit.*) a las diferentes secciones estudiadas de la Formación San Antonio le asignan una edad Cretácico Tardío y en la Quebrada de Agua, en el estado Sucre determinaron una edad Cretácico Tardío, Turoniense temprano a Medio.

Correlación: La Formación San Antonio es equivalente lateral estrecho, y hasta cierto punto sinónimo, de la Formación Mucaria. En Venezuela occidental su principal equivalente cronológico es la Formación Colón, aunque es más semejante a las formaciones Navay y Burgüita, menos extensas.

Paleoambientes: Según la paleobatimetría entre 260-500 m para la Formación Querecual (Furrer y Castro, 1990, p. 18), y un paleoambiente de talud medio a inferior (Furrer y Castro, *op. cit.*, p. 27),

2.2.2... FORMACION SAN JUAN (CRETACICO - Maastrichtiense Tardío):



Localidad tipo: El término proviene de la quebrada San Juan, afluente de la margen derecha del río Querecual y el holoestratotipo se halla en el curso medio del río Querecual, entre un punto situado a 150 metros aguas arriba del paso Santa Anita y la boca de la quebrada San Juan, ubicada a 53 m aguas arriba del mismo paso y al suroeste de la población de Bergantín, estado Anzoátegui (Hedberg, 1937).

Descripción litológica: Alternancia monótona de capas de areniscas de 0,3 a 1 m de espesor, muy duras, gris a gris claro de grano fino, bien escogidas, escasamente glauconíticas y localmente calcáreas. Estas capas de areniscas se intercalan con capas centimétricas de lutitas negras, arenáceas, localmente calcáreas y limolitas negras.

Espesor: En el sector Caripe, río Caripe, quebrada El Dantó, estado Monagas, el espesor disminuye del suroeste al noreste con 200 a 250 metros al norte de la falla de San Francisco Quiriquire, 120 metros en la quebrada Mata de Mango, algunos metros a lenticular en río Chiquito (Furrer y Castro, *op. Cit. Pag 28.*).

Extensión geográfica: La Formación San Juan se extiende desde las cercanías de los caseríos El Rincón-San Diego, al noroeste, hasta las cercanías del río Guayuta, en Monagas, al sureste, donde se halla cubierta por sedimentos cuaternarios, extendiéndose en el subsuelo hasta las cercanías de Guanoco (González de Juana *et al.*, 1980).

Expresión topográfica: Constituye una de las unidades más resistentes de la Serranía del Interior oriental; el tope del pico Turimiquire, esta constituido por la cuesta de buzamiento de las areniscas de esta formación (González de Juana *et al.*, 1980).

Contactos: El contacto inferior es concordante pero abrupto, con las limolitas negras de la Formación San Antonio infrayacente. Su contacto superior es gradacional a las pelitas negras de la Formación Vidoño, suprayacente. La Formación San Juan posee forma prismática, y presenta transición lateral a unidades pelíticas en todas direcciones (Rosales, 1972).

Fósiles: Entre los icnogéneros observados a diferentes niveles dentro de la formación se tiene: *Planolites*, *Cochlichnus*, *Macanospsis*, *Bergaueria*, *Cylindrites*, *Lophoctenium*, *Palaeophycus*, *Kechia* en las areniscas, y *Chondrites* en las lutitas. (Macsoy *et al.*, 1986).

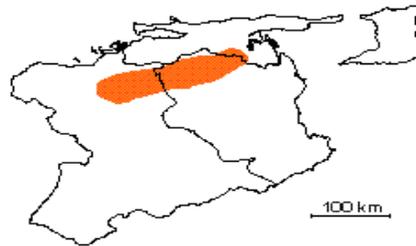
Edad: Por su posición estratigráfica entre formaciones datadas con foraminíferos planctónicos, (San Antonio, infrayacente y Vidoño, suprayacente) su edad se adjudica al Maastrichtense Tardío (Vivas, 1987). El diacronismo atribuido a la Formación San Juan (Rosales, 1960, González de Juana *et al.*, 1980) se debió a la interpretación errónea de la facies limolítica superior de la Formación San Antonio, como Formación Vidoño (Vivas, 1987).

Correlación: Se correlaciona aproximadamente con las Formaciones Mito Juan y Burgüita de Venezuela occidental.

Paleoambientes: Según Vivas en Macsoy *et al.* (1986), las Formaciones San Antonio y Vidoño fueron depositadas en ambiente batial, a paleopropundidad de 2.500 ± 200 m, basado en icnofauna y foraminíferos bentónicos; y la Formación San Juan, constituye

solamente un cuerpo arenoso emplazado en la misma profundidad por procesos no turbidíticos, al pie del talud epicontinental contemporáneo.

2.2.3... FORMACION MERECURE (Oligoceno-Mioceno Temprano)



Localidad tipo: La localidad tipo está en pozos no especificados del campo de Santa Ana, en la región de Anaco, estado Anzoátegui. Una sección columnar fue ilustrada por Funkhouser *et al.* (1948).

Descripción litológica: Para Campos *et al.* (1985), en el pozo La Vieja 1, el intervalo comprendido entre 1.870' y 4.210' de profundidad, representa a la unidad. El intervalo inferior (3.698'-4.210') se caracteriza por el predominio de areniscas masivas, con algunas intercalaciones de capas delgadas de lutitas y una capa de lignito; las areniscas se presentan en paquetes de hasta 90' de espesor.

Espesor: Según Campos *et al.* (*op. cit.*) el espesor de la unidad es de 2.340' en el pozo La Vieja 1 (tope erosionado), 2.162' en el pozo CG-18X y de aproximadamente 2000' en campo Santa Rosa.

Extensión geográfica: La Formación Merecure es reconocida en el subsuelo de la Subcuenca de Maturín, al sur del frente de deformación y en los campos de Anaco.

Expresión sísmica: El tope de Merecure constituye un reflector regional en toda la cuenca, debido al contraste acústico entre las areniscas masivas (Merecure) y la alternancia de arenisca-lutita (Oficina). La expresión de la unidad en los registros

eléctricos, con picos casi continuos, muestra contraste marcado con los picos discontinuos de la Formación Oficina.

Expresión topográfica: La formación es una unidad netamente del subsuelo.

Contactos: Se presume una marcada discordancia basal por encima del Grupo Temblador del Cretácico, que, sin embargo, no está bien documentada. El contacto superior con la Formación Oficina es de aparente concordancia, pese al marcado cambio litológico a ese nivel. Por consideraciones regionales, se presume que tanto el tope como la base de la Formación Merecure.

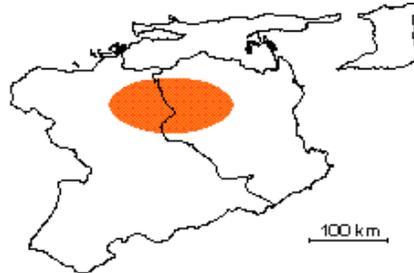
Fósiles: Campos *et al.* (*op. cit.*) mencionan la siguiente fauna en el pozo La Vieja-1X: el intervalo 1.870-2.500' corresponde a la parte inferior de la Zona *Eggerella* 3/7, mientras que el intervalo 2.500-4.210' representa la Zona *Ammobaculites*-Grupo 1. El intervalo 1.870-2.185' representa la Zónula *Ostrácodo*-40-*Trochammina* 5, y entre las especies figuran *Ostrácodo* 40, *Trochammina laevigata* y *Milammmina fusca*.

Edad: Arnstein *et al.* (*op. Cit. Pag 38*). plantean que la Formación Merecure, del flanco sur de la Subcuenca de Maturín, es de edad Mioceno Medio, mientras que en la región noreste, la unidad equivalente es Oligoceno y está representada por las formaciones Los Jabillos, Areo y Naricual.

Correlación: Litológicamente, la Formación Merecure es diacrónicamente correlativa del Grupo Merecure del flanco norte de la cuenca, pero la Formación Areo, integrante de este grupo, desapareció hacia el sur por acuñamiento, al perder las aguas la necesaria profundidad. Cronoestratigráficamente, las formaciones Merecure, Oficina y parte inferior de Freites, son correlativas de la Formación Carapita.

Paleoambientes: El ambiente es típico de clásticos básales transgresivos depositados por corrientes fluviales entrelazadas y, en posición más distal, por condiciones deltaicas. Las areniscas se orientan preferencialmente en sentido aproximadamente norte-sur. En el subsuelo del campo de Onado, el ambiente sedimentario de la Formación Merecure parece ser deltaico, del lado continental del delta (González de Juana *et al.*, *op. cit.*).

2.2.4... FORMACION OFICINA (Mioceno Temprano - Medio)



Localidad tipo: La sección tipo se encuentra en el pozo Oficina N° 1 (OG-1), ubicado en el distrito Freites, estado Anzoátegui.

Descripción litológica: Hedberg *et al.* (*op. Cit pag 36.*) describen la Formación Oficina como "una alternancia de lutitas grises, gris oscuro y gris marrón, intercaladas e interestratificadas con areniscas y limolitas de color claro y grano fino a grueso".

Espesor: Campos *et al.* (1985, *op. cit pag 36.*.) mencionan que el espesor de la Formación Oficina en el área de Anaco, es de unos 6550', el cual disminuye hacia Cerro Pelado, por efectos de la erosión ocurrida antes de la sedimentación de la Formación Las Piedras.

Extensión geográfica: La Formación Oficina ha sido reconocida en el subsuelo de los estados Anzoátegui y Monagas, formando parte de las unidades de la Cuenca Oriental. Aflora en la superficie de los domos de Santa Ana y San Joaquín y en las cercanías del campo Cerro Pelado.

Contactos: El contacto inferior de la formación puede ser discordante sobre unidades cretácicas (Hedberg *et al.*, *op. cit pag 37.*.) o más antiguas (Audemard *et al.*, *op. cit. pag 37*), concordante sobre la Formación Merecure (Funkhouser *et al.*, *op. cit.*).

Edad: Campos *et al.* (1988), concuerdan en que la Formación Oficina pertenece al Mioceno inferior y medio.

Correlación: Arnstein *et al. op. cit. pag 37*, niegan la correlación de lo que se llama Formación Oficina al norte y al sur del corrimiento de Anaco; consideran, además, que la Formación Oficina correlaciona con la parte superior de la Formación Carapita.

Paleoambientes: Para Campos *et al.* (1988), el ambiente sedimentario de la llamada Formación Oficina en el norte del área mayor de Oficina, puede resumirse como repeticiones de ciclos caracterizados por transgresiones marinas, asociadas a caídas del nivel del mar, y progradaciones de la plataforma.

2.3... GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

La Cuenca Oriental de Venezuela es una depresión estructural ubicada en la zona Centro-Este del país, que se extiende de oeste a este por los estados Guárico, Anzoátegui, Monagas, Delta Amacuro y parte del estado Sucre, prolongándose por la plataforma deltaica hasta el sur de Trinidad.

Dicha depresión tiene una longitud aproximada de 800 km, en sentido Este-Oeste y un ancho promedio de 200 Km, de norte a sur. Se caracteriza topográficamente por presentar extensas llanuras y un área de mesetas que comprende los estados Anzoátegui y Monagas, abarcando alrededor de 165000 Km² y estratigráficamente por contener 20000 pies de sedimentos Paleozoicos, Cretácicos, Terciarios y Recientes.

Está limitada al Sur por el río Orinoco siguiendo el borde del Cratón de Guayana, por el Oeste con el levantamiento de El Baúl, al Norte por la línea que demarca el piedemonte meridional de la Serranía del Interior Oriental y al Este abarca la parte sur de la Cordillera Septentrional de la Isla de Trinidad.

Se pueden distinguir ocho áreas principales productoras de petróleo, ellas son: Área de Guárico, Área Mayor de Anaco, Área Mayor de Oficina, Área Mayor de Temblador, Faja Petrolífera del Orinoco, Área Mayor de Jusepín, Área de Quiriquire y Área de Pedernales.

La Cuenca Oriental de Venezuela por sus características tectónicas, estratigráficas y sedimentológicas ha sido dividida en dos subcuencas: Subcuenca de Guárico al Oeste y Subcuenca de Maturín al Este.

Estructuralmente es asimétrica, presenta una inclinación general hacia el este. El flanco sur buza levemente hacia el norte y el flanco norte conectado a la zona plegada y fallada de las cordilleras que sirven de límite para la cuenca. Ambos flancos han sido productores, de

hecho es la segunda cuenca en magnitud de América del Sur por sus recursos de hidrocarburos y probablemente constituye el área petrolífera más importante del país debido a la relevancia de los resultados obtenidos en el desarrollo de los campos El Furrrial, Carito, Mulata, Santa Bárbara en el Norte de Monagas,

2.3.1... EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUBCUENCA DE MATURIN

En la parte septentrional de la Cuenca Oriental de Venezuela, al norte del corrimiento de Anaco y al Oeste de la falla de Úrica, se encuentra un área extensa caracterizada estructuralmente por domos y braquianticlinales fallados, varios de los cuales han demostrado la presencia de acumulación de hidrocarburos. Han sido agrupados como la subregión Norte de Anzoátegui, comprende el Área Guaribe - Chaparro en el extremo Noroccidental, el Área Mayor de Anaco al Sur y 1 Área de Úrica al Este.

La historia tectónica del Norte de Anzoátegui presenta una sucesión de largos lapsos extensivos y de períodos cortos compresivos desde el Oligoceno hasta el Cuaternario. Una primera compresión se observa principalmente en Quimare y Cerro Pelado, entre el Mioceno Inferior y la base del Mioceno Medio, debajo del tope del Miembro Verde de la Formación Oficina.

Una segunda compresión que levantó la Serranía del Interior durante el Mioceno Medio a Superior, originó en el Norte de Anzoátegui la elevación, pliegues y fallamiento de las rocas anteriores. Las antiguas fallas de crecimiento (evidenciadas en Cerro Pelado y Anaco, desde el tope del Cretáceo hasta el tope del Miembro Naranja de la Formación Oficina) evolucionaron a fallas inversas y la falla de Úrica se comporta como una falla transpresiva.

La falla de Úrica, de rumbo Noreste es una amplia zona de dislocación de más de 10 km de ancho que se extiende por 400 Km desde el sur de Barcelona hasta las cercanías de Tucupita. La zona de falla de Úrica actuó en el Norte de Anzoátegui como una fractura

transpresiva dextral, separando dos bloques entre el Mioceno Medio y Superior y el Plioceno con características estructurales diferentes. El sector oriental se caracteriza por pliegues volcados y sobrecorrimientos hacia el sur. La zona occidental no presenta verdaderos corrimientos, sino pliegues amplios afectados por fallas de rumbo, subparalelas a la zona de falla de Úrica y con un movimiento dextral.

2.3.2... HISTORIA DE LA EVOLUCION TECTONICA Y SEDIMENTARIA

Las acumulaciones petrolíferas en la Cuenca Oriental de Venezuela pudieran considerarse como un evento correspondiente al Terciario, sin embargo, resulta interesante conocer los distintos eventos por los cuales han evolucionado. Desde el Paleozoico la Cuenca estuvo apoyada sobre el borde estable del Cratón de Guayana. Suaves movimientos de levantamientos y hundimientos de este borde dieron lugar a las transgresiones y regresiones.

La historia de la Cuenca Oriental de Venezuela, se sitúa en el Devónico-Carbonífero, hace unos 350 millones de años, se reconocen tres grandes ciclos, el primero corresponde al Paleozoico Medio-Superior, el segundo comienza durante el Cretácico Medio y se hace regresivo durante el Terciario Inferior y el tercero se desarrolló durante el Terciario Superior y fue definido para la configuración de la Cuenca petrolífera en el estado actual.

2.2.3... ESQUEMA DEL PROCESO EVOLUTIVO

Devónico-Carbonífero (350-250 m.a). Sedimentación de las formaciones Carrizal y Hato Viejo en una depresión pericratónica situada en el borde septentrional del Cratón de Guayana.

Orogénesis Herciniana o evento Tecto-termal Permo-Triásico (250-200 m.a). Levantamiento vertical del borde cratónico y retirada general de los mares hacia el norte. Comienzo de un largo período de erosión.

Triásico-Jurásico (220-160m.a). Actividad volcánica en el Macizo del Baúl, límite occidental de la cuenca. Período de erosión sobre la mayor parte de la cuenca.

Barremiense-Aptiense (120-115 m.a). Inicio de la transgresión cretácea dirigida de norte a sur y desarrollada sobre la penillanura precretácica.

Cenomaniense-Conianense (100-85 m.a). Máxima cobertura marina y desarrollo de ambientes euxínicos en el norte (Formación Querecual).

Santoniense-Maestrichetense (85-65 m.a). Sedimentación de lutitas marinas algunas arenas finas e intervalos de nanitas silíceas al norte (Formación San Antonio).

Orogénesis del final del Cretáceo (80-65m.a). Fenómenos tecto-termales de importancia, que afectaron las rocas mesozoicas, en algunas parte de Mar Caribe al norte de las costas de Venezuela central y oriental, produciendo metamorfismo regional acompañado de intrusiones ácidas.

Paleoceno-Eoceno Medio (65-45 m.a). El levantamiento de las masas metamórficas delimitó hacia el sur una extensa cuenca donde se depositaron sedimentos del Ciclo Terciario Inferior.

Eoceno Superior -Oligoceno (45-25 m.a). Hiatus Post-Eoceno Medio y levantamiento de la parte norte de la cuenca. Sedimentación transgresiva en Guárico de la Formación La Pascua, de agua someras procedentes de la Cuenca de Barinas, seguida de un cuerpo lutítico de aguas marinas someras y tranquilas (Formación Roblesito).

Mioceno (20 m.a). Se produce cambios en la forma de la cuenca y en la distribución de los sedimentos. Durante este período el tectonismo adquiere especial importancia y se manifiesta con mayor intensidad en el flanco norte de la cuenca.

Plioceno (± 5 m.a). Mientras los ambientes marinos continuaron retrocediendo hacia el este, extensos ambientes fluvio-deltaico se establecieron sobre una gran parte de la cuenca. El episodio final de esta evolución está representado por la Formación Mesa, de ambiente continental.

2.2.4... PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Entre los principales elementos estructurales de la Cuenca que sugieren la compleja evolución de la misma, se puede mencionar: El corrimiento Frontal de Guárico, el corrimiento de Anaco, El Sistema de corrimientos frontales de Anzoátegui y Monagas, El sistema de fallas del flanco Sur de la Cuenca.

Corrimiento Frontal de Guárico: Constituye el límite septentrional del noroeste de la cuenca, al norte del cual no se han encontrado acumulaciones de petróleo. Constituye una faja de anchura que puede alcanzar hasta 7 Km, en la cual se desarrolla una serie de corrimientos segmentados por fallas oblicuas. El buzamiento disminuye progresivamente con la profundidad, hasta muy cerca de la horizontal.

Corrimiento de Anaco: Se encuentra en la parte central del Estado Anzoátegui delimitando el Área Mayor de Oficina y el norte de Anzoátegui. Se extiende por aproximadamente 85 Km. desde el sur del campo El Toco hasta el este del campo La Ceiba y se caracteriza por una línea de corrimiento con rumbo noreste y buzamiento promedio de 45° al noreste, en cuyo lado norte aparece una serie de domos asociados en el bloque levantado que es donde se encuentran las acumulaciones de hidrocarburos en los llamados campos de Anaco.

Sistema de Corrimiento al Sur de la Serranía del Interior Oriental: Este sistema de corrimientos se detecta en el subsuelo de la planicie al sur de la Serranía del Interior, principalmente mediante estudios sismográficos y en algunos lugares por medio de perforaciones. Hacia el este a partir de la Falla de Úrica, el sistema de corrimientos continúa hasta alcanzar la Falla de San Francisco y desde allí hasta la Falla de Los Bajos en el Golfo de Paria, alcanzando aproximadamente 200 Km en extensión

Flanco Meridional de la Cuenca: La característica más destacada del flanco sur de la Cuenca Oriental de Venezuela es un sistema de fallas normales de rumbo este-oeste y buzamiento hacia el sur y a veces hacia el eje de la Cuenca. Prácticamente todas las acumulaciones de petróleo asociadas con estas fallas se encuentran su labio norte. Tales fallas han sido consideradas fracturas de gravedad con crecimiento sinsedimentario, originadas por el propio peso de los sedimentos y sin relación directa con ninguna fuerza orogénica externa.

Acumulaciones de Petróleo en la Cuenca Oriental de Venezuela: Las acumulaciones de petróleo en la Cuenca Oriental de Venezuela se localizan preferentemente en el Área Mayor de las Mercedes en la parte nor-central de Guárico; en unos domos estructurales alargados en sentido nor-este, que forman el alineamiento estructural de Anaco; en el área Mayor de Oficina en Anzoátegui sur-central; en el área de Temblador, en el sur-centro de Monagas y el área mayor de Jusepín en el norte de Monagas. La mayoría de los campos de petróleo de las áreas mayores de Oficina, Temblador y las Mercedes está situada en el flanco sur de la

3... GEOLOGÍA LOCAL

Los campos petrolíferos de la parte central del estado Anzoátegui, en la Cuenca Oriental de Venezuela, se agruparon originalmente bajo la denominación de campos de Anaco y se extiende en dirección Noreste por unos 66 Km., con una anchura máxima de 14 Km. La columna estratigráfica de la zona en estudio, se extiende desde la formación Mesa, hasta la formación San Antonio, esta es la formación más antigua perforada en este campo. A continuación se señalan las características estratigráficas del campo en estudio:

FORMACIÓN MESA: Esta sección descansa en forma transicional sobre la formación Las Piedras y su espesor es hasta un máximo de 180 pies. Esta formación pertenece al ambiente continental y consta básicamente por estratos horizontales, conformado por areniscas y conglomerados ferruginosos de color rojizo y amarillento.

FORMACIÓN LAS PIEDRAS: Su edad data del Plioceno y presenta a lo largo de la Cuenca Oriental de Venezuela, un espesor máximo de 5000 pies. Se caracteriza litológicamente por la presencia de sedimentos mal consolidados que incluyen areniscas, limolitas carbonáceas, arcilitas y lignitos.

FORMACIÓN OFICINA: La Formación Oficina contiene las arenas de mayor producción en el área de Anaco y presenta un notable incremento en su espesor desde el sur hacia el norte y desde el este hacia el oeste, lo que da indicio del aporte desde el noroeste, profundizándose la cuenca al sur-este. Esta formación se caracteriza por la presencia de lechos intercalados de areniscas cuyo color varía de gris a crema claro, con lutitas grises, lignitos, delgadas intercalaciones calcáreas y arcillas verdes en menor cantidad. El ambiente sedimentario es del tipo fluvio deltaico a marino de aguas llanas donde son comunes las arenas lenticulares y los rellenos continentales. La Formación Oficina ha sido subdividida en 7 miembros individuales, en base a sus cualidades litológicas, paleontológicas. Las areniscas comprendidas en este miembro, han sido agrupadas en unidades de arenas, las cuales en orden estratigráfico

descendente son conocidas con los nombres de Blanco, Azul, Moreno, Naranja, Verde, Amarillo y Colorado.

Miembro Blanco: En parte del área se puede observar que está depositado discordantemente encima del Miembro Azul, el Miembro Blanco está compuesto de arenas poco consolidadas, limos y arcillas plásticas. No hay yacimientos en este miembro y por lo tanto, se considera de poco interés económico.

Miembro Azul: Está formado por lutitas limosas, color gris oscuro, con areniscas micáceas de grano fino, color gris claro, entre las cuales se intercalan capas de lutitas gris oscuro y arenisca arcillosas, micáceas, de grano fino y color gris claro. En esta secuencia se encuentran fósiles de aguas marinas y salobres.

Miembro Moreno: Está formado mayormente por lutitas fosilíferas, color gris con intercalaciones de lutitas y areniscas de igual color. La secuencia también incluye capas delgadas de areniscas de grano fino, lignitos, calizas arenosas y argilitas.

Miembro Naranja: Este Miembro está formado por lutitas fosilíferas, color gris, con intercalaciones de lutitas y areniscas de igual color. La secuencia también incluye capas delgadas de areniscas de grano fino, lignitos, calizas arenosas y argilitas.

Miembro Verde: Está formado por lutitas y areniscas interlaminadas, capas delgadas de areniscas de grano fino a medio, lutitas, lignitos y ocasionales capas de caliza arenosa. Paleontológicamente el Miembro Verde está bien definido.

Miembro Amarillo: su litología se compone de lutitas gris oscuro con intercalaciones en capas delgadas de lutitas y areniscas y capas delgadas de arenas de grano fino a medio.

Miembro Colorado: formado predominantemente por lutitas grises con capas de arenisca gris claro, de grano fino y algunas con grano grueso.

FORMACIÓN MEREURE: Esta formación es típica de ambientes fluvio -continental, con intercalaciones de lutitas carbonáceas, limolitas y numerosos niveles de lignitos. Se caracteriza por una secuencia de areniscas gris claro a oscuro, que varían de macizas a mal estratificadas. Esta formación posee un espesor máximo de 1900 pies. Esta sección marca la transgresión del Oligoceno y el desarrollo de la Cuenca durante el Oligoceno medio y el Mioceno inferior.

FORMACIÓN SAN JUAN: Su edad corresponde al Cretáceo, con un espesor de 1800 pies. Esta sección presenta areniscas masivas grises bien escogidas.

FORMACIÓN SAN ANTONIO: Esta sección se caracteriza litológicamente por la presencia de areniscas grises y lutitas oscuras con intercalaciones calcáreas perteneciendo a una edad Cretácea. Representa la formación más antigua perforadas en los campos de Santa Rosa.

3.1... Estratigrafía Local del pozo RG-229 y RG-231:

La Estratigrafía viene dada por la siguiente tabla (Fig. 16):



Fig. 16: Tabla Local Estratigráfica del Campo Santa Rosa.

3.1.1... La Formación San Antonio de edad Cretácico tardío, parte alta del Grupo Guayuta, consiste una alternancia de areniscas calcáreas, lutitas duras carbonáceas o calcáreas, limolitas lutíticas y calcáreas, con calizas duras macizas carbonáceas. Es de ambiente euxínico y el oxigenado.

Según la descripción del pozo RG-231 realizada por OMNI, Laboratories, C.A (2000) para el área de Santa Rosa, el intervalo C (unidades C, D y E), corresponde a un ambiente deltaico influenciado por mareas. Así mismo, según los resultados de los

análisis bioestratigráficos de microfósiles recuperados de intervalos arcillosos, los sedimentos son de edad Cretácico sin diferenciar y de origen no marino a marino marginal, basándose en conjuntos de palinomorfos.

3.1.2... La Formación San Juan de edad Cretácico Superior (Maastrichtiense Tardío, Grupo Santa Anita), consiste de areniscas de grano fino macizas calcáreas y algunas lutitas arenosas, limolitas calcáreas o carbonáceas, y algunas calizas dolomíticas ocasionalmente carbonáceas (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

Según Rosales (1960) y González de Juana et . al, (1980) el ambiente de sedimentación de la Formación de la Formación San Juan es de origen fluvial a marino somero, regresivo con ambientes litorales-costeros. Según OMNI Laboratories (2000) el intervalo corresponde a asociaciones de facies de canales de marea, llanura de marea y algunas en depósitos marinos someros con ambientes costeros. El contacto inferior es concordante y abrupto con las limolitas negras de la Formación San Antonio infrayacente (L.E.V; 1997).

3.1.3... La Formación Vidoño de edad Cretácico (Campaniense a Eoceno temprano), (Léxico Estratigráfico de Venezuela, op.cit) consiste según Hedberg y Pyre (1944) principalmente de lutitas (70%) intercaladas con areniscas y limolitas calcáreas (30%). Según Staley (1960), la Formación Vidoño se sedimentó en ambientes de plataforma marina a talud superior, registrándose la máxima inundación marina en el área para este periodo. Según OMNI Laboratories (2000), la base de la Formación Vidoño está representada desde la base de la unidad por depósitos de ambientes deltáico influenciado por mareas, encontrándose hacia el tope arenisca altamente bioturbada con presencia de glauconita las cuales representan un evento transgresivo y la estabilidad del nivel del Mar (OMNI Laboratories).

3.1.4... La Formación Merecure de edad Oligoceno-Mioceno Temprano, contiene areniscas macizas, cuarcíticas, intercaladas con capas delgadas de lutitas y lignitos, con una secuencia alternada de lutitas limosas y areniscas cuarcíticas con numerosas capas de carbón. Y areniscas arcillosas, duras, de grano fino a medio, con limolitas y lutitas calcáreas. El ambiente de sedimentación de la Formación Merecure está enmarcado dentro de un sistema deltáico modificado por mareas. La Formación Merecure se encuentra en contacto inferior discordante con la Formación Vidoño.

3.1.5... La Formación Oficina (Mioceno inferior y medio) con un espesor aproximadamente 6550' en el Área de Anaco suprayace, concordante, a la Formación Merecure. Consiste en lutitas gruesas con areniscas intercaladas. La superficie erosionada fue cubierta discordantemente por la Formación Las Piedras. Y presenta en el Campo Santa Rosa 7 miembros informales (Funkhouser, 1948) los cuales se le han asignado el color en secuencia vertical desde el tope: Blanco, Azul, Moreno, Naranja, Verde, Amarillo y Colorado.

Blanco - consiste principalmente de lutitas carbonáceas y ligníticas, intercalas con lutitas y areniscas, y en menor espesor calizas. El ambiente sugerido es de condiciones de marisma o de pantanos (Funkouser, et al).

Azul - caracterizado por una intercalación de lutitas; limosas y areniscas micáceas de grano fino a arcillosas. En menor proporción sé Presente calizas, lutitas carbonosas y niveles de lignitos. El ambiente de sedimentación es considerado de aguas salobres (Funkhouser, et al).

Moreno - está constituido por arenisca de grano muy fino a fino no consolidadas, intercaladas con lutitas limosas y carbonosas, así como limolitas y carbones ligníticos. Su ambiente de sedimentación compuesto por un estuario proximal y estuario medio que rellenan un valle excavado sobre una plataforma somera. Naranja - consiste de lutitas

intercaladas con secuencias heterolíticas, arenisca calizas y lignitos. El ambiente de sedimentación propuesto es de aguas salobres (Funkhouser, et al, 1948).

Verde - la litología del Miembro Verde consiste de arenisca cuya granulometría varía de fino a grueso, intercaladas con lutitas fosilíferas y secuencias heterolíticas intensamente bioturbadas (Pico, 2000). Pico (op.cit.) propone un ambiente de sedimentación de Delta modificado por olas para la parte basal y media del Miembro Verde en el pozo RG-231, mientras que hacia el tope de la secuencia interpretó un sistema costero.

Amarillo - consiste de lutitas oscuras intercaladas con secuencias heterolíticas y en menor proporción arenisca (Funkouser, et al).

Colorado - consiste de secuencias heterolíticas donde predominan las arenas, intercaladas con arenisca calcáreas y lutitas (Funkouser, op. cit.). La Formación Oficina se encuentra en contacto inferior concordante con la Formación Merecure (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

3.2... Geología Estructural Local

La geología estructural local para el pozo RG-231 fue realizada y descrita por mapas estructurales de cada una de las bases de las formaciones y una corte sísmica 2D: (Fig. 17,18,19,20 y 21)

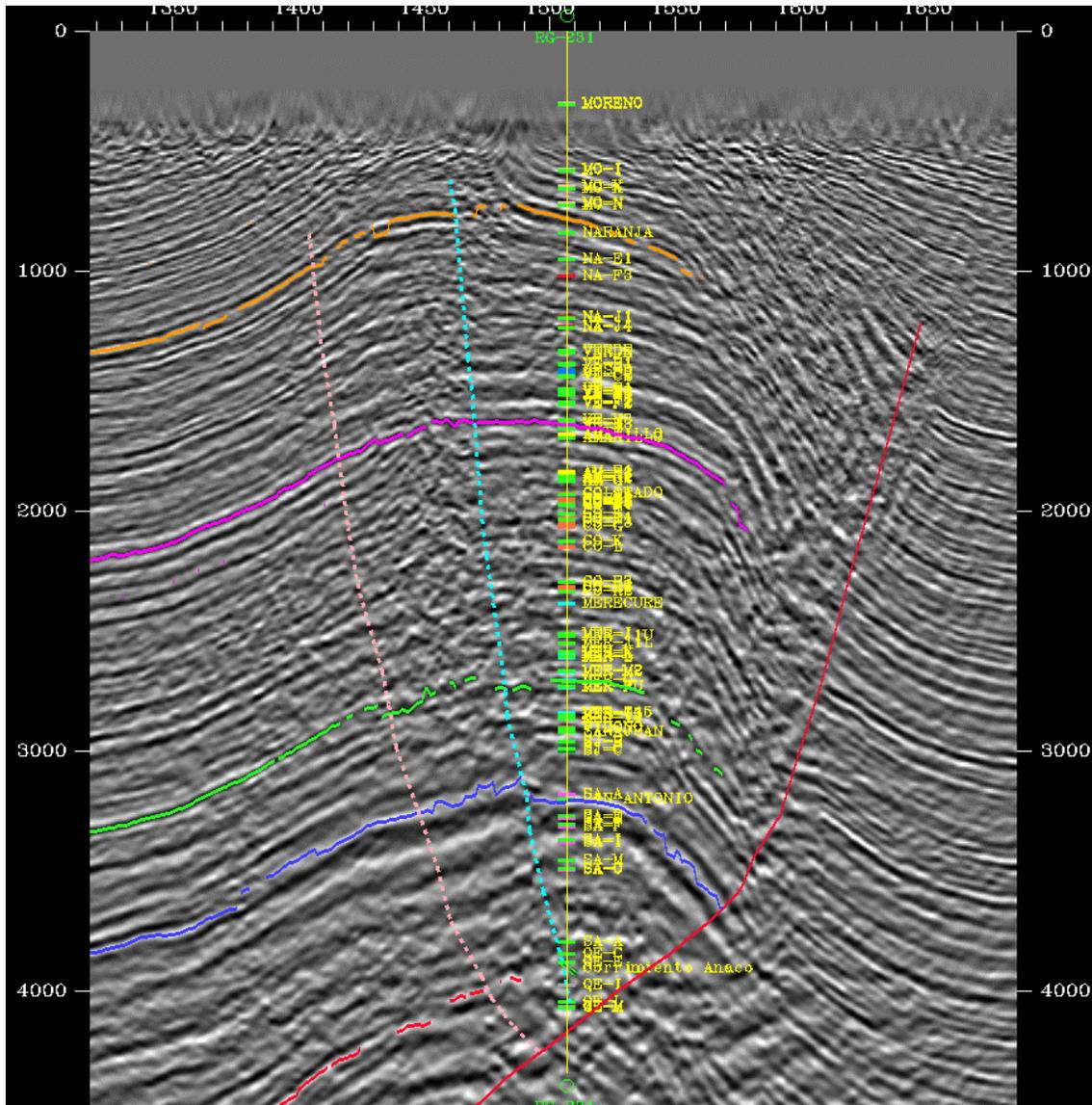


Fig. 17: Corte Sísmico 2D mostrando la interpretación estructural, atravesándolo el pozo RG-231. La sísmica 2-D permitió determinar las velocidades interválicas de los horizontes geológicos: Formación Oficina (anaranjado y morado) y la Formación Mercurio (verde), e imagen de las estructuras Geológicas: corrimiento de Anaco (rojo) y el sistema de fallas (azul claro beige) existentes por debajo de la profundidad máxima del pozo RG-231. El patrón de reflexión sísmica muestra una estructura antiformal asimétrica en dirección noreste-suroeste, que disminuye su inclinación al norte.

Estructuralmente el área de estudio se comporta como un braquianticlinal, produciendo una estructura antiformal resultando de un régimen compresional de tipo "deformación flujo flexural" asociado con fallas inversas. La cual se extiende en dirección N45°E con una disminución en su inclinación hacia el norte, la asimetría del se ve reflejada con un buzamiento suave en la dirección noreste y otro más fuerte en la dirección sureste, hacia la falla inversa con un buzamiento subvertical.

La sísmica 3-D se realizó para observar la presencia de trampas de gas en la zona, así como entender la complejidad litoestratigráfica y estructural que se observa en el campo, permitiendo determinar las velocidades intervállicas de los horizontes geológicos, e imagen de las estructuras geológicas existentes por debajo de la profundidad máxima del pozo RG-231.

La falla inversa constituye el elemento estructural que controló la sedimentación de las formaciones cretácicas, paleocenas , oligocenas y miocenas. Posteriormente la falla inversa con buzamiento subvertical fue desplazada aproximadamente 2 km en dirección Sureste por una falla de ángulo alto, cuyo ángulo de buzamiento es de 60° aproximadamente. **(Ver continuidad de las Figuras 18, 19, 20 y 21)**



Fig. 18: Formación Oficina. El patrón de fallamiento principal que predomina en el área, lo componen dos fallas de dirección SO-NE paralela al eje del anticlinal: Una de carácter antitético ubicada al noroeste y la otra de carácter sintético ubicada al sureste del campo.

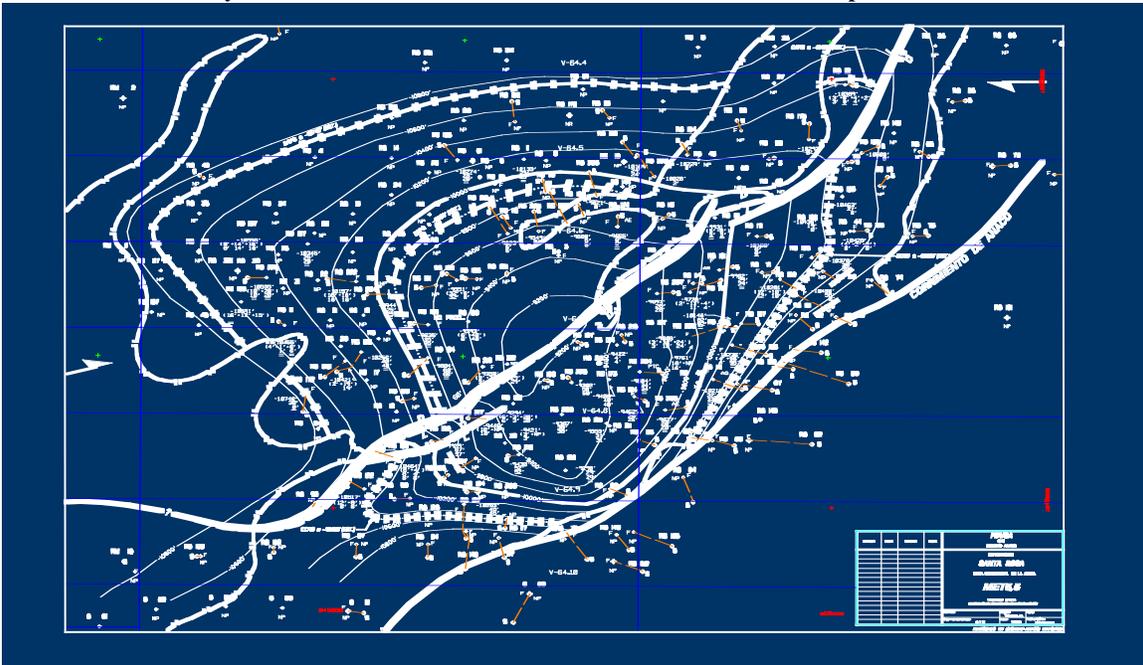


Fig. 19: Formación Merecure. El patrón de falla que predomina en el área es mucho más fuerte, en especial resaltan dos fallas de dirección SO-NE paralela al eje del anticlinal, una de carácter antitético ubicada al noroeste y la otra de carácter sintético ubicada al sureste del campo. Se aprecia la tendencia del antifirme, además claramente el eje axial de la misma en dirección SO-NE.

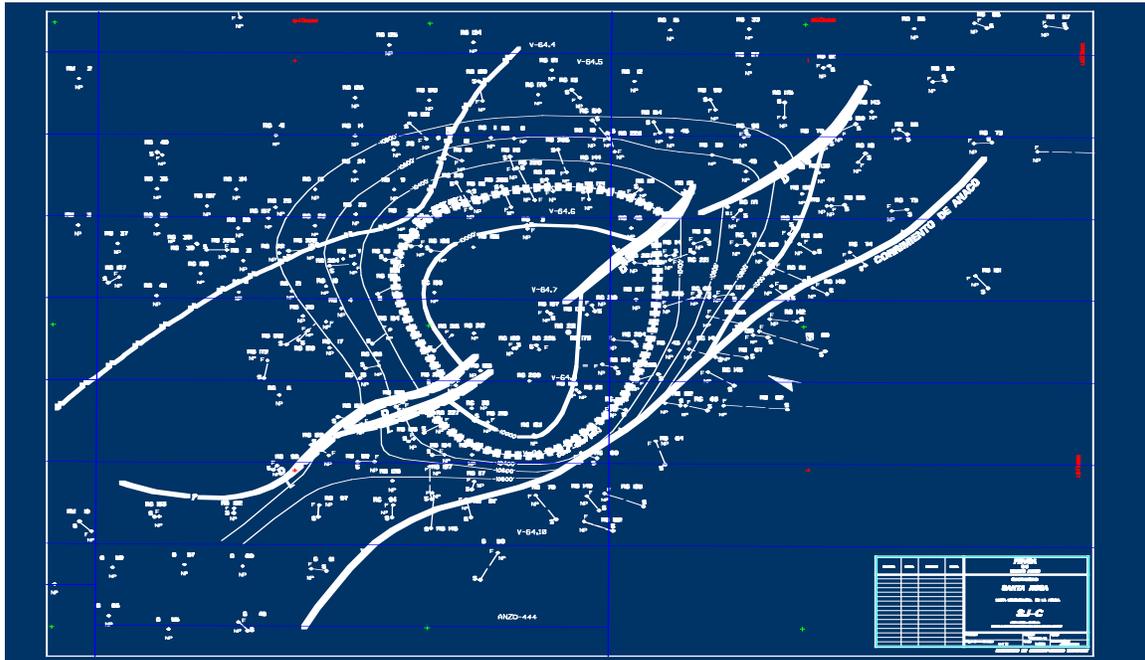


Fig. 20: Formación San Juan. El patrón de falla que predomina en el área resaltan por dos fallas que flanquean el braqueanticlinal y están más cercanas reduciendo el tamaño de la estructura, cuya dirección se mantiene SO-NE paralela al eje del braqueanticlinal, una de carácter antitético ubicada al noroeste y la otra de carácter sintético ubicada al sureste del campo.

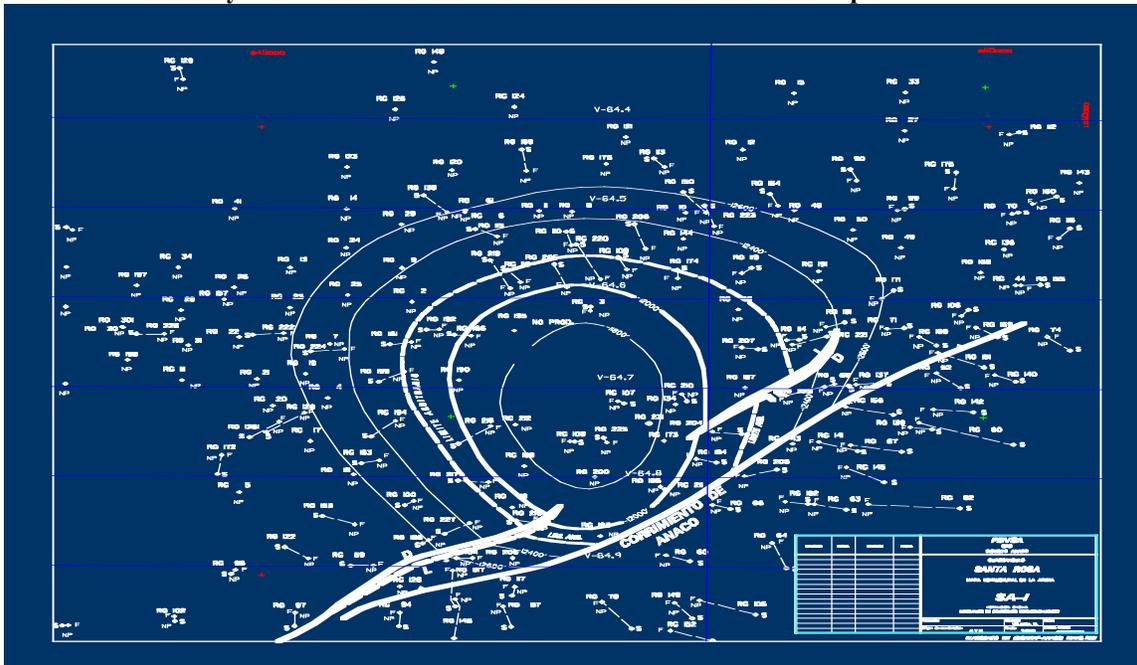


Fig. 20: Formación San Antonio. El patrón de falla que predomina en el área resaltan unas fallas de dirección paralela al eje del antiforme SO-NE, de carácter sintético ubicada al sureste del campo. Además presenta una disminución en su inclinación hacia el norte, la asimetría se ve reflejada con un buzamiento en la dirección noroeste y el otro más fuerte en la dirección sureste hacia la falla inversa al sur.

Estructuras Continuas

La estructura presente en el Campo Santa Rosa es un pliegue de doble inmersión, tiene una forma elongada en dirección N45°E, es asimétrico con un buzamiento suave en su flanco norte de 12 grados, en contraste con una pendiente empinada de 60 grados en el flanco sur, que se sumerge en el Corrimiento de Anaco.

Estructuras Discontinuas

Sistemas de Fallas del corrimiento de Anaco: Está representado por un conjunto de fallas que cruzan el campo en sentido suroeste-noreste, cortando completamente la secuencia estratigráfica del área, con un buzamiento subvertical que decrece en profundidad.

Sistema de Fallas 1(FC): Se encuentra al norte del campo, de rumbo suroeste-noreste, con un buzamiento subvertical hacia el norte que corta la Formación Merecure

Sistema de Falla 2 (FB): Se encuentra entre el sistema de fallas 1 y el corrimiento de Anaco, de rumbo noreste-suroeste, buzando subverticalmente hacia el sur cortando la formación Merecure.

Sistema de Fallas 3 (FA): Se encuentra más hacia el norte, de rumbo sureste-noreste, con un buzamiento de 40 grados hacia el sur y cortando parte de la sección de la Formación Merecure y Cretácico, encontrándose de nuevo la Formación Oficina. (**Fig. 21**).

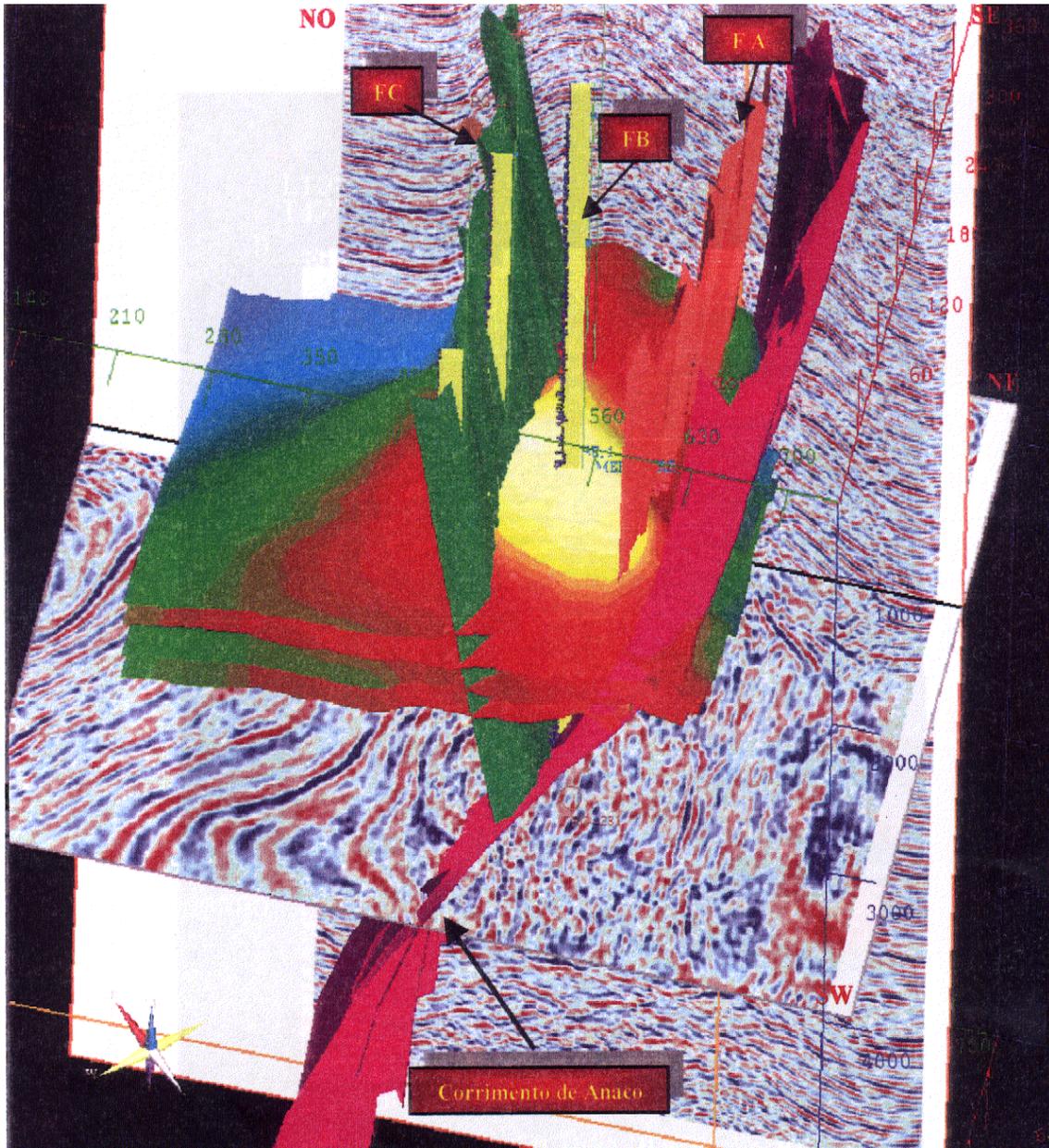


Fig. 21: Visualización 3D de la interpretación estructural (sísmica) del Campo Santa Rosa. Sistemas de Fallas: Está representado por un conjunto de fallas que cruzan el campo en sentido suroeste-noreste, cortando completamente la secuencia estratigráfica del área, con un buzamiento subvertical que decrece con detenimiento. Sistema de Fallas 1(FC): Se encuentra al norte del campo, de rumbo suroeste-noreste, con un buzamiento subvertical hacia el norte que corta la Formación Merecure. Sistema de Falla 2 (FB): Se encuentra entre el sistema de fallas 1 y el corrimiento de Anaco, de rumbo noreste-suroeste, buzando subverticalmente hacia el sur cortando la formación Merecure. Sistema de Fallas 3 (FA): Se encuentra más hacia el norte, de rumbo sureste-noreste, con un buzamiento de 40 grados hacia el sur y cortando parte de la sección de la Formación Merecure y Cretácico, encontrándose de nuevo la Formación Oficina. Tomado de Espeno. 2000.

4... ANÁLISIS GEOMECÁNICO

4.1... Evaluación Petrofísica RG231 y RG-229

Con base en el Programa (SAND), se realizó una evaluación petrofísica básica de la sección perfilada del Pozo Rg-231. La saturación se calculó por medio de la ecuación de Archie, para contenido de < 5% de arcillas. (Para arenas muy limpias).

Formación Oficina(1737'- 8580'): (Fig. 22 hasta la 27).

<i>Intervalos (pies)</i>	<i>Volumen de Lutita (%)</i>	<i>Porosidad (%)</i>	<i>Sw (%)</i>	<i>Resistividades (Ohm.m)</i>
2640'- 2718'	10	30	10	40-90
2900'- 2964'	25	20	30	5-20
3030'- 3054'	25	18	40	7
3200'- 3210'	20	20	35	20
3456'- 3763'	23	22	20	20
4060'- 4080'	30	20	20	20-30
4658'- 4676'	19	21	30	18
4720'- 4730'	10	22	20	20
5480'- 5495'	15	20	20	10-30
5820'- 5841'	10	20	18	30
6838'- 6851'	5	18	18	20
6892'- 6901'	5	18	40	20
7178'- 7190'	10	20	25	20
7200'- 7225'	40	10	20	10
7800'- 7831'	30	10	20	20

Tabla(1): Los intervalos de mayor interés en la sección en el pozo RG-231. (Solo Arenas).

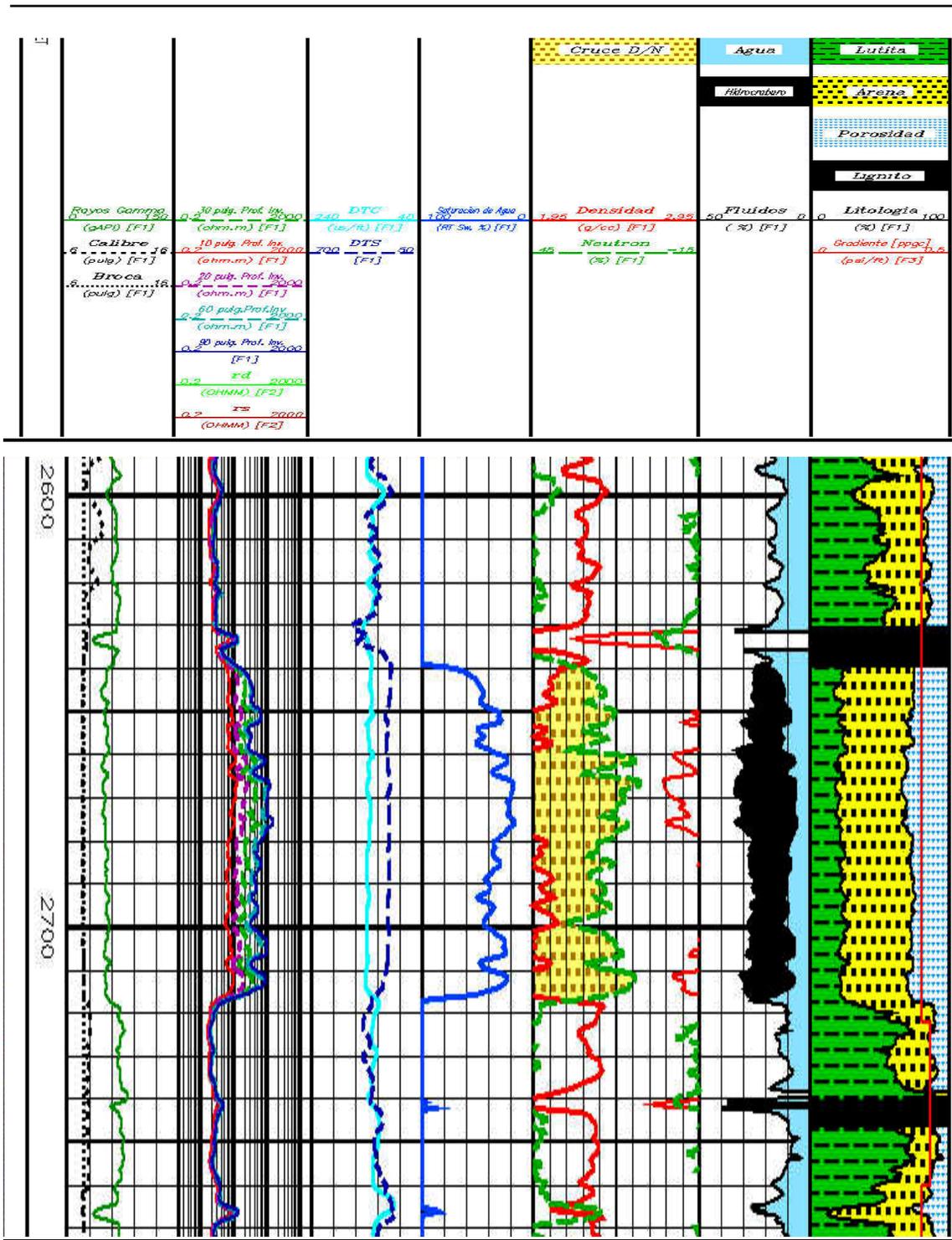


Fig. 22: Salida típica del programa Sand, pozo RG-231, para un intervalo (2640'- 2718') de la Formación Oficina en el pozo RG-231, Escala Grafica de los registros (2.4'/100'). El cuerpo arenoso presenta Resistividades (Track 2) en un rango entre 40 a 90 Ohm-m, con bajas densidades 1.95 a 2.28 gm-cc3 y altas saturaciones, los valores hasta un 30%, indicándose el cruce de los registros densidad - neutrón (Track 5).

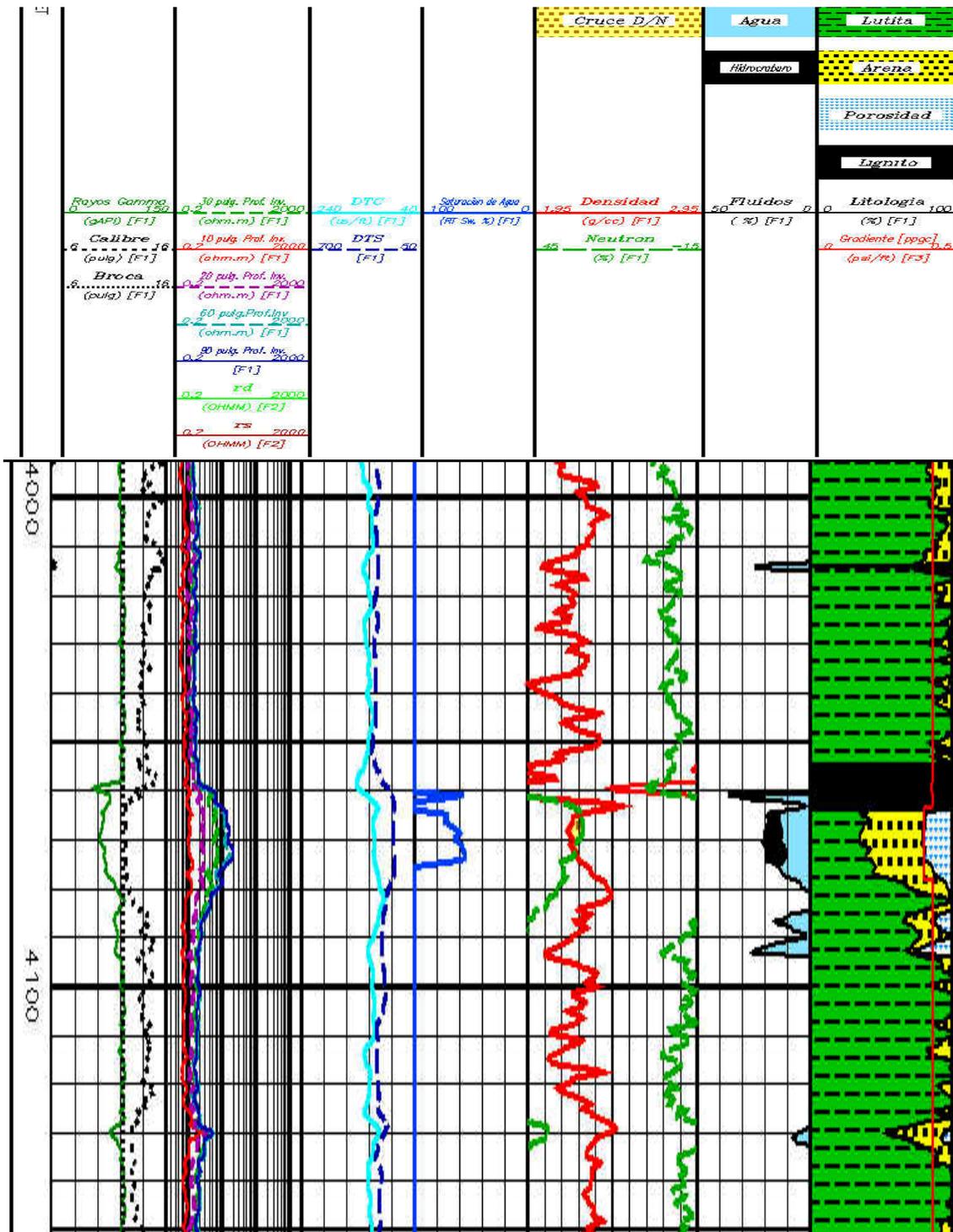


Fig. 23: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (4060' - 4080') de la Formación Oficina en el pozo RG-231, el cuerpo arenoso presenta Resistividades (Track 2) en un rango entre 20 a 30 Ohm-m, con bajas densidades 1.95 a 2.30 gm-cc3 y altas saturaciones, los valores hasta un 18 y 40%, indicándose el cruce de los registro densidad - neutrón (Track 5).

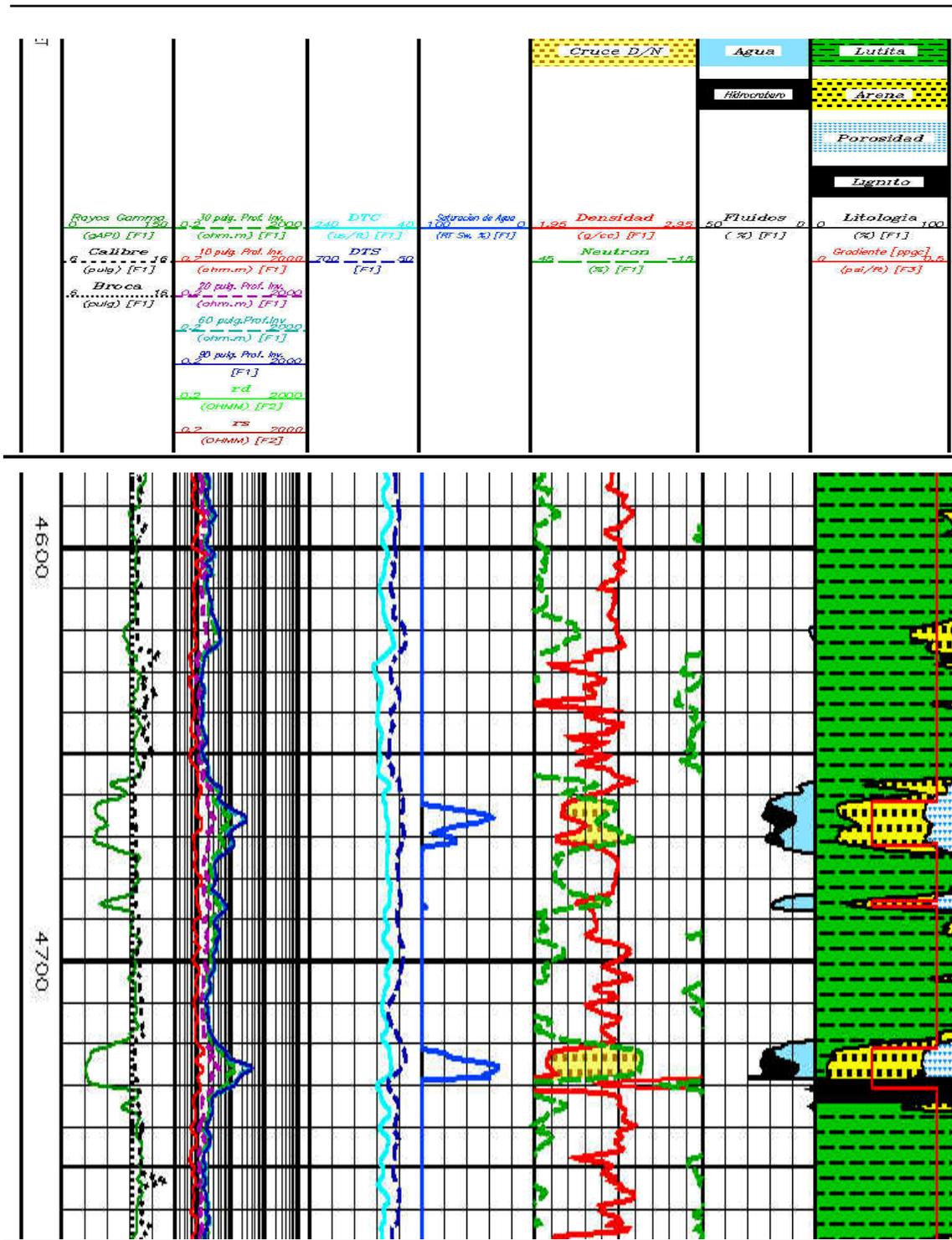


Fig. 24: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (4658'- 4676' y 4720'- 4730') de la Formación Oficina en el pozo RG-231, Escala Grafica de los registros (2.4'/100'), el cuerpo arenoso presenta resistividades (Track 2) en un rango entre 20 a 30 Ohm-m, con bajas densidades 1.95 a 2.30 gm-cc³ y altas saturaciones, los valores hasta un 18 y 40%, indicándose el cruce de los registro densidad - neutrón (Track 5).

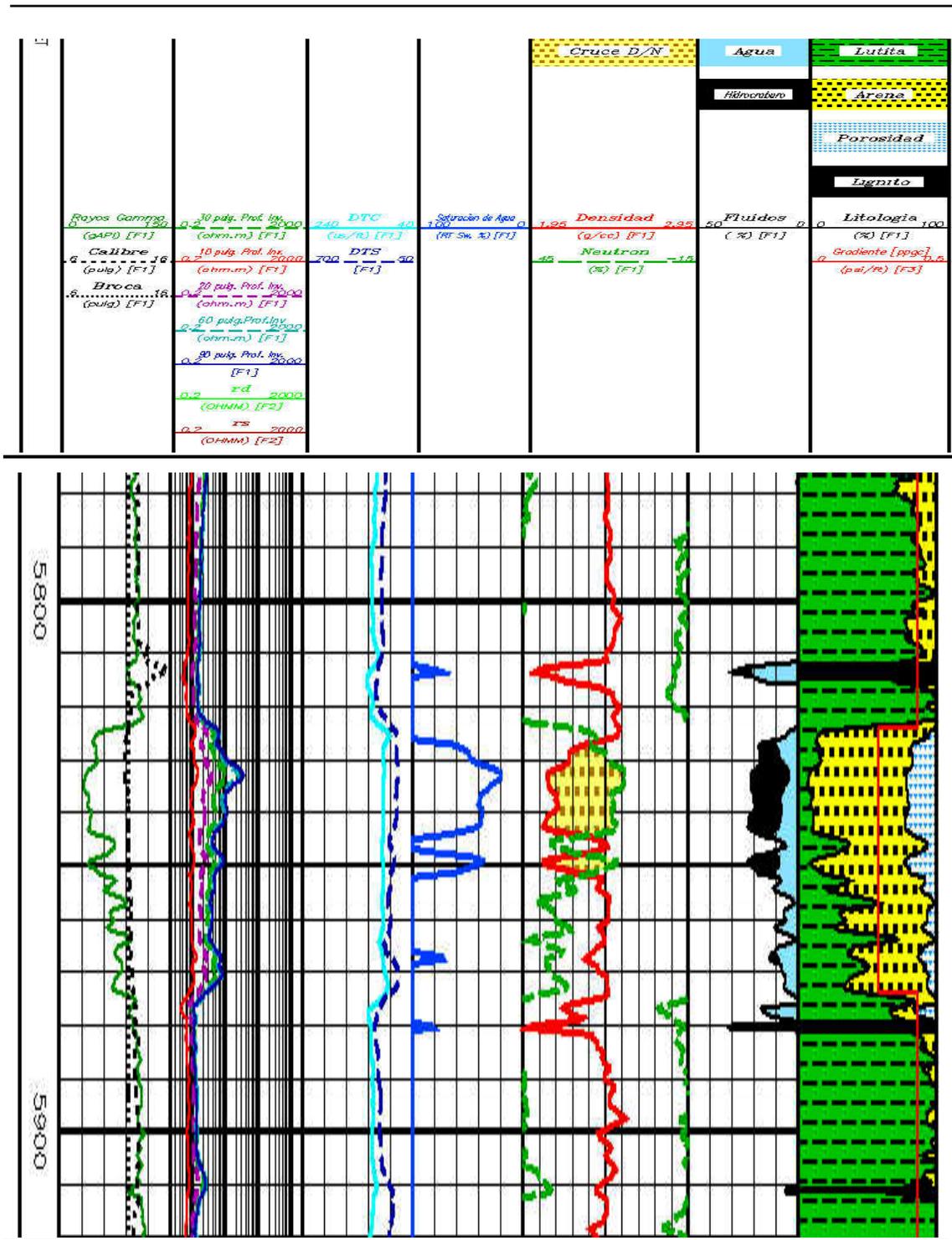


Fig. 25: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (5820'- 5841') de la Formación Oficina en el pozo RG-231, Escala Grafica de los registros (2.4'/100'), el cuerpo arenoso presenta Resistividades (Track 2) en un rango entre 10 a 30 Ohm-m, con bajas densidades 1.98 a 2.30 gm-cc3 y altas saturaciones, los valores hasta un 18 y 40%, indicándose el cruce de los registros densidad - neutrón (Track 5).

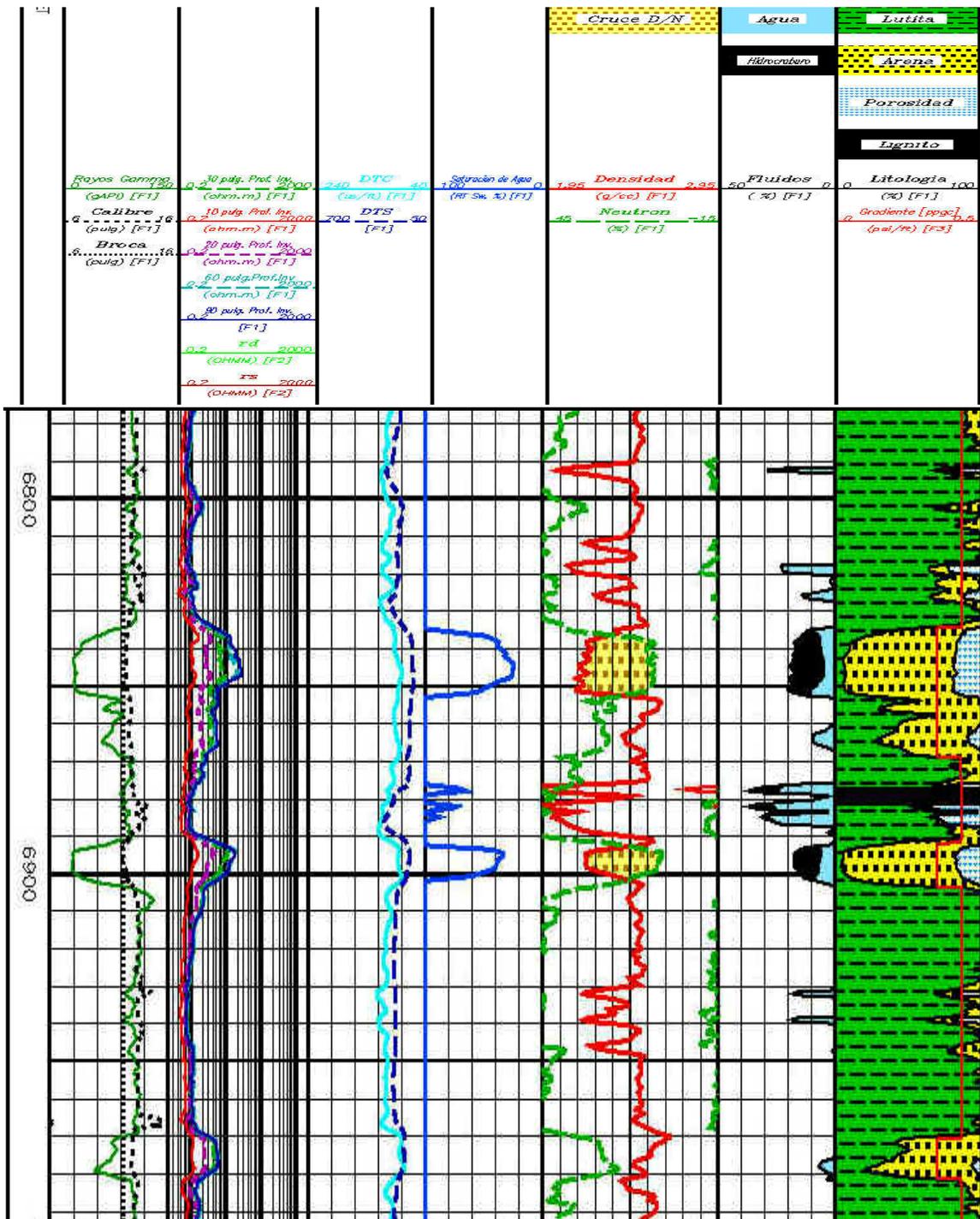


Fig. 26: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (6838'-6901') en la Formación Oficina en el pozo RG-231, Escala Grafica de los registros (2.4'/100'), el cuerpo arenoso presenta Resistividades (Track 2) en un rango entre 10 a 30 Ohm-m, con bajas densidades 2 a 2.30 gm-cc3 y altas saturaciones, los valores hasta un 18%, indicándose el cruce de los registros densidad - neutrón (Track 5).

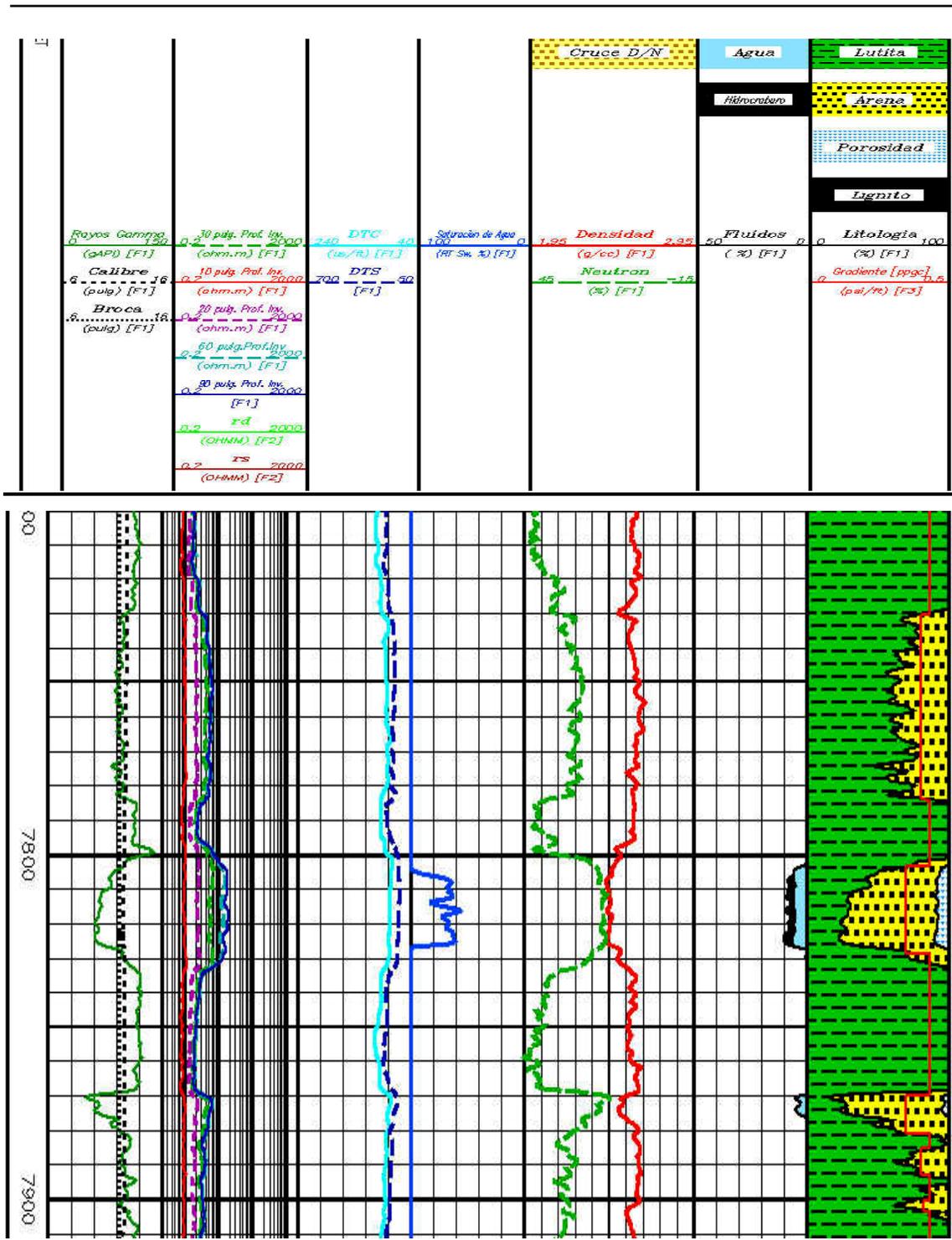


Fig. 27: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (7800'- 7831') en la Formación Oficina en el pozo RG-231. Escala Grafica de los registros (2.4'/100'), el cuerpo arenoso presenta Resistividades (Track 2) en un rango entre 20 Ohm-m, con altas densidades 2.18 a 2.35 gm-cc3 y altas saturaciones, los valores hasta un 20%, indicándose el contacto tipo espejo de los registros densidad - neutrón (Track 5).

Formacion Merecure (8580' - 10252') : Fig 28 y 29

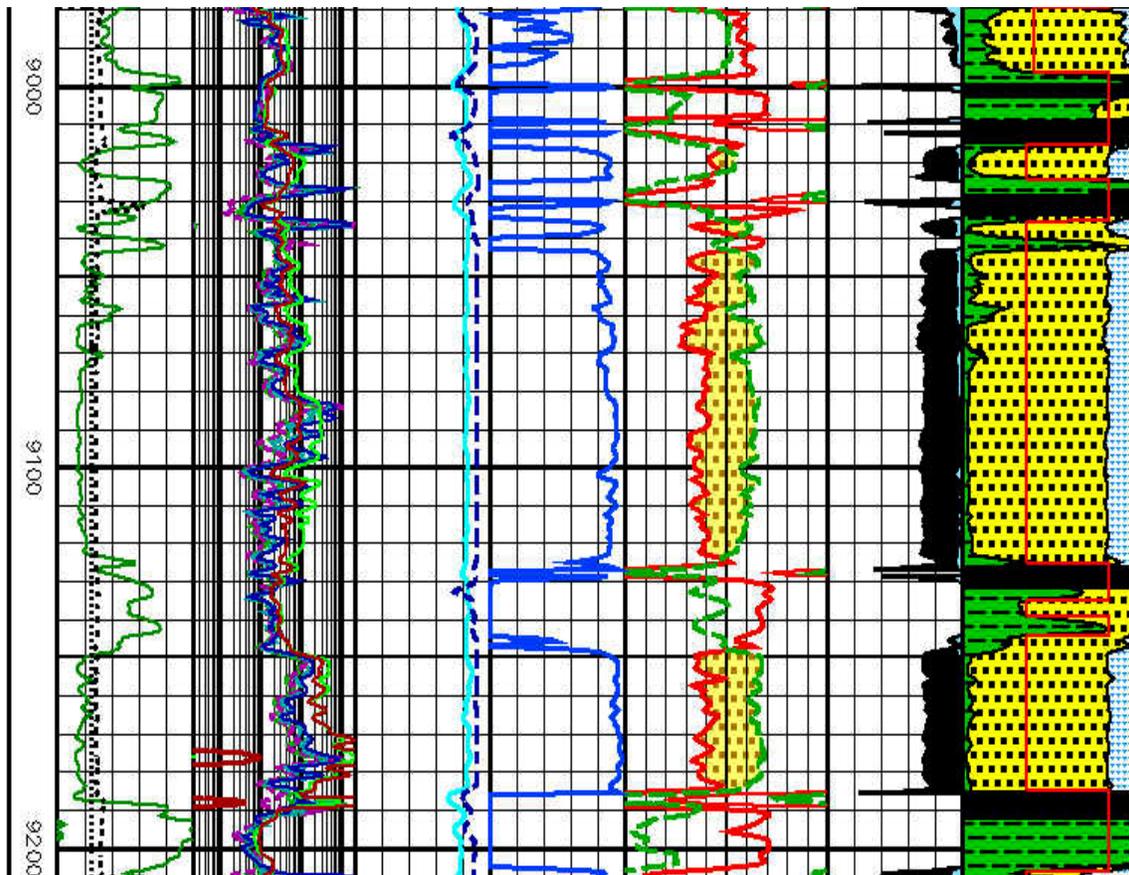
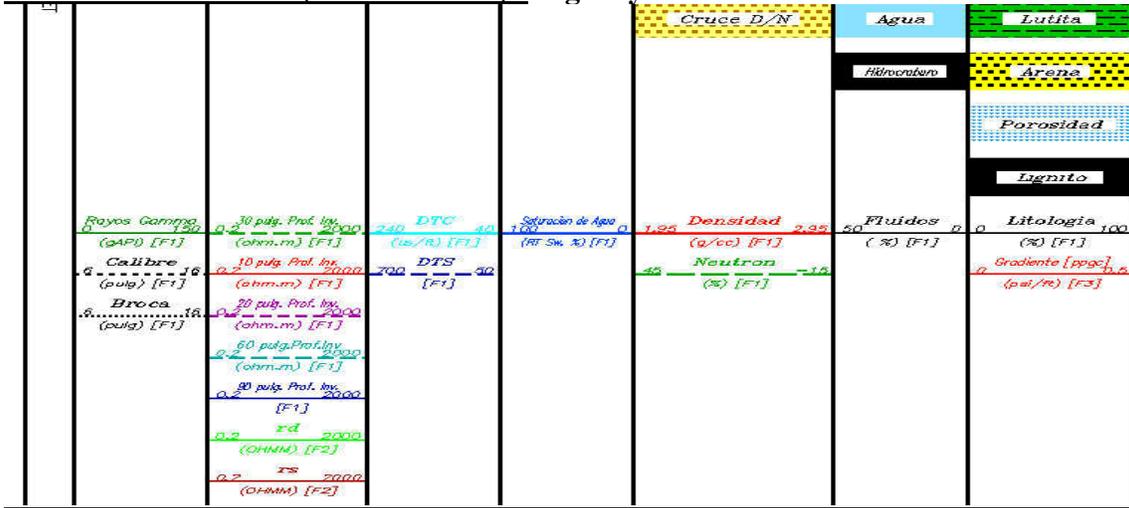


Fig. 28: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (9045'-9189') en la Formación Merecure en el pozo RG-231. Escala Grafica de los registros (2.4'/100"), el cuerpo arenoso presenta Resistividades (Track 2) en un rango entre 20 - 2000 Ohm-m, con altas densidades 2.18 a 2.35 gm-cc³ y altas saturaciones, los valores hasta un 20%, indicándose el contacto espejo de los registros densidad - neutrón (Track 5).

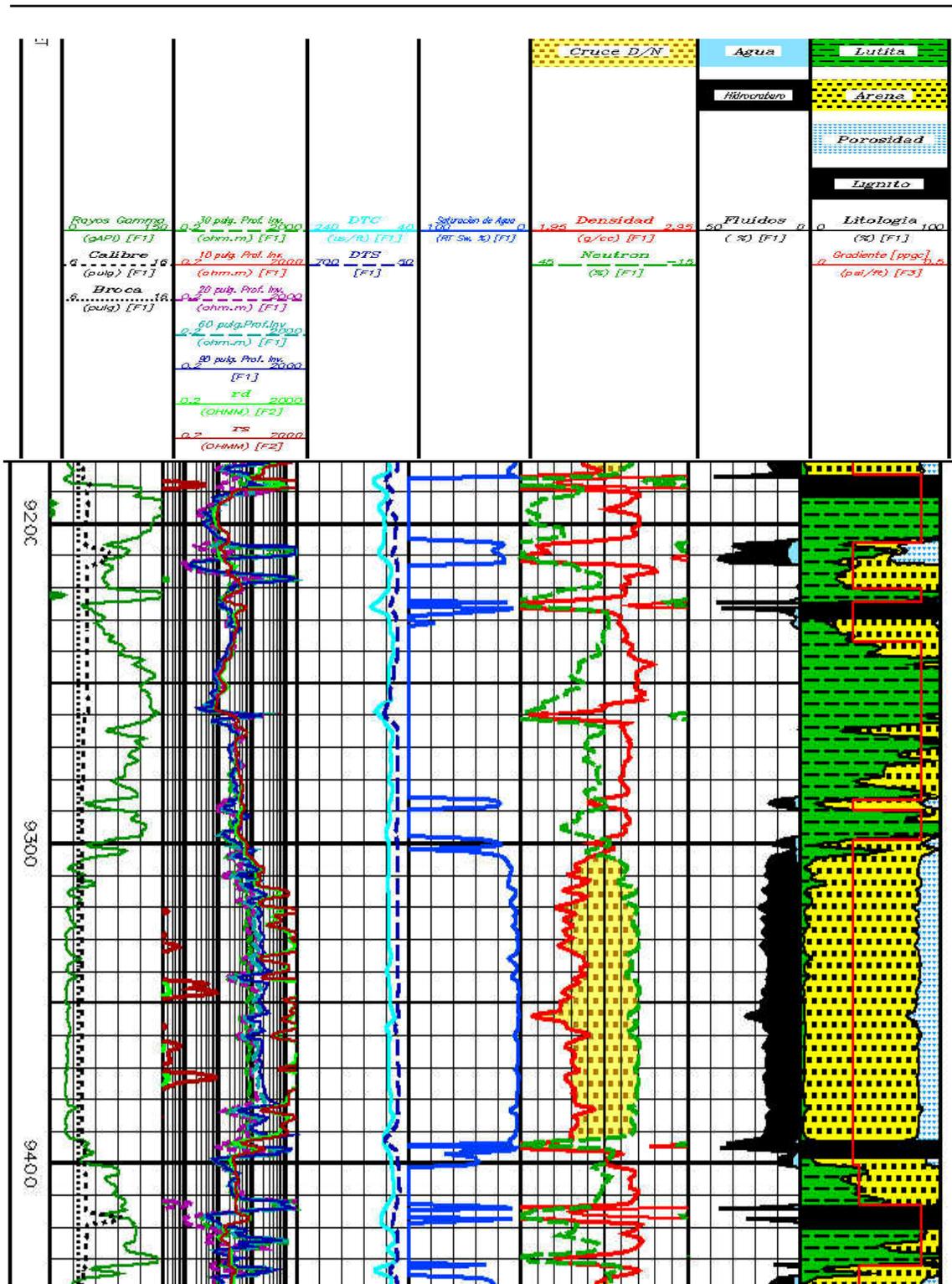


Fig. 29: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (9300'-9400') en la Formación Mercure en el pozo RG-231. Escala Grafica de los registros (2.4'/100'), el cuerpo arenoso con Resistividades (Track 2) > 2000 Ohm-m, con altas densidades 2.18 a 2.35 gm-cc3 y altas saturaciones, los valores hasta un 20%, indicándose el cruce del registro densidad - neutrón (Track 5).

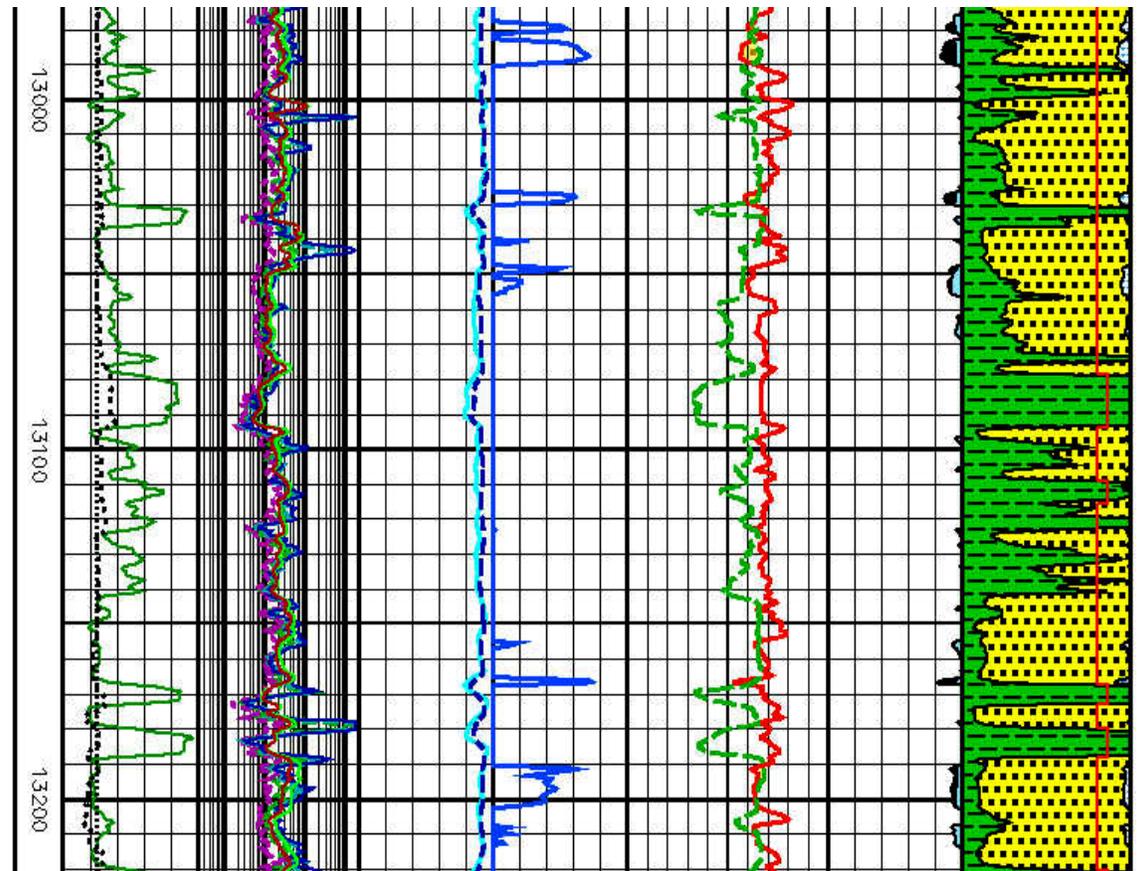
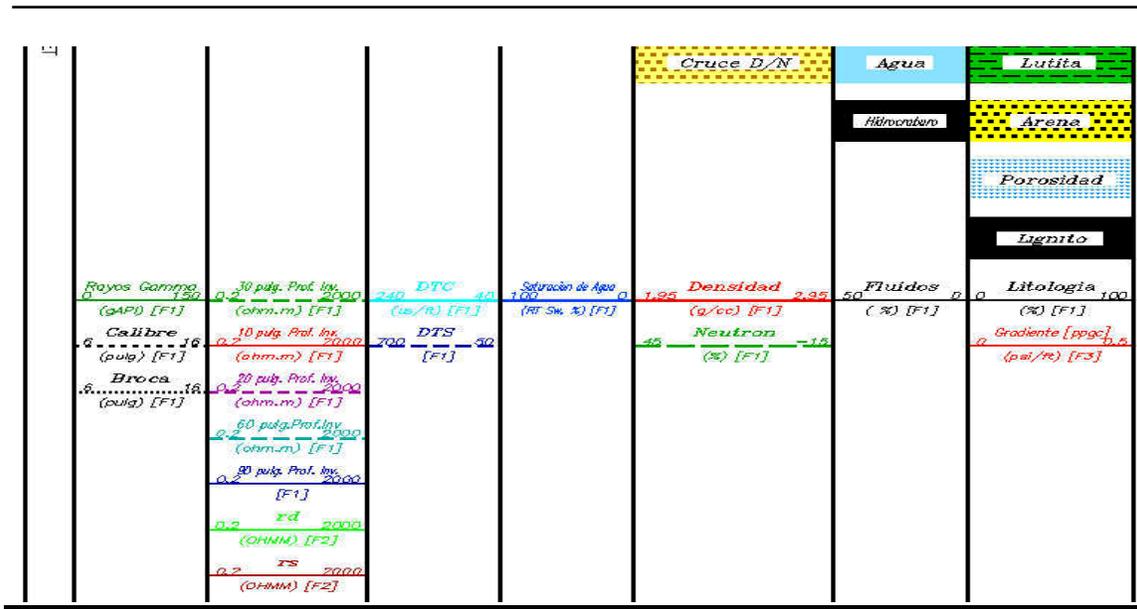


Fig. 31: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (12878'-13210') en la Formación San Antonio en el pozo RG-231. Escala Grafica de los registros (2.4'/100'), el cuerpo arenoso compactado, con Resistividades (Track 2) >2000 Ohm-m, con altas densidades 2.30 a 2.50 gm-cc3 y altas saturaciones, los valores hasta un 5%, indicándose el cruce y contacto "espejo" del registro densidad - neutrón (Track 5).

Formación Oficina, Bajo corrimiento (14000' - 15256'): Fig 32

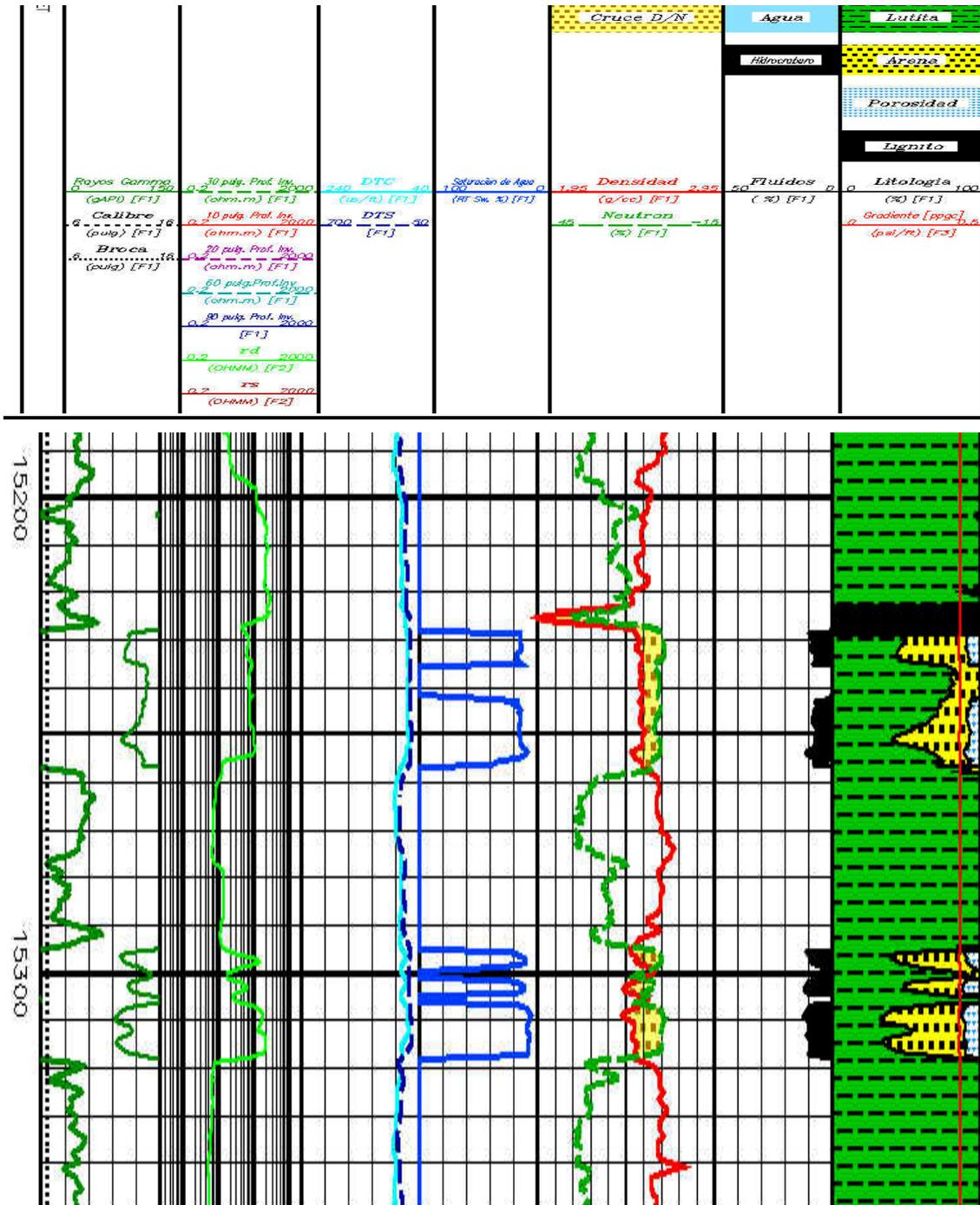


Fig. 32: Salida típica del programa Sand, para un intervalo (15229'-15252') en la Formación Oficina en el pozo RG-231, bajo corrimiento. Escala Grafica de los registros (2.4'/100'), el cuerpo arenoso compactado, con Resistividades (Track 2) de 80 Ohm-m, con altas densidades 2.30 a 2.50 gm-cc3 y saturaciones, con valores hasta un 20%, indicándose el cruce del registro densidad - neutrón (Track 5).

Intervalo (pies)	Volumen de Lutitas(%)	Porosidad (%)	Sw (%)	Resistividades (%)
9045'- 9122'	4	18	15-20	90-2000
9150'- 9189'	4	15	10	100-1000
9300'- 9400'	2	19	5	> 2000
13970'-13981'	8	7	38	300
14910' -14938'	12	8	30	100
15012' -15051'	6	7	20	1000
15229' -15252'	10	7	25	80
15500' -15515'	4	7	22	80
15670' -15725'	20	5	30	40

Tabla(2): Los intervalos de mayor interés en la sección. Pozo RG-231. (Solo Arena).

Con base en el Programa (SAND), se realizó una evaluación petrofísica básica de la sección perfilada del Pozo RG-229. La saturación de agua se calculó por medio de la ecuación de Archie, contenido < 5% de arcillas, para arenas muy limpias.

Formación Oficina (7850'- 8960'): Fig. 33

Intervalo (pies)	Rw	Rayos Gamma/Arena Limpia	Rayos Gamma /Lutita	Densidad/ Matriz	a	m	n
7850' - 10500'	0.15	5	105	2.65	1	1.90	1.90

Tabla (3): Los intervalos de mayor interés en la sección. Pozo RG-229, solo arena

Este intervalo se caracteriza por cuerpos lutíticos de gran espesor con la presencia de algunos cuerpos arenosos e intercalaciones ligníticas de 2 a 6 pies de espesor. Las arenas de este intervalo poseen porosidades promedio de 13%, con saturaciones de agua promedio de 80%, mientras que las resistividades son bajas (10-30 ohm/m). Debido a estas características petrofísicas las arenas de estos intervalos son consideradas de bajo interés.

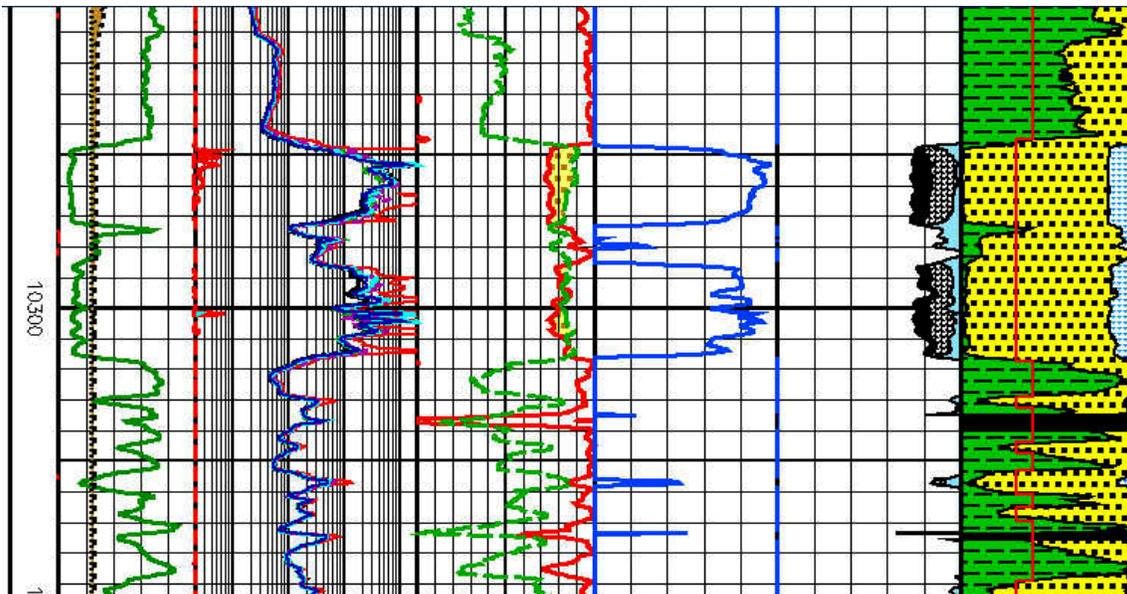
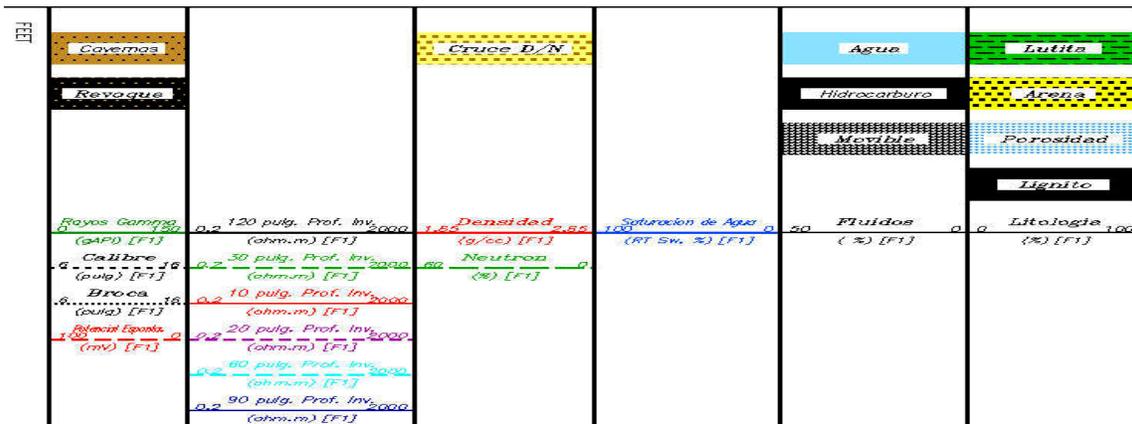


Fig. 33: Salida típica del programa Sand, para el pozo RG-229 en la Formación Oficina. Escala Grafica de los registros (2.4'/100'). En los siguientes intervalo, (10240' - 10315') cuenta con dos arenas de alto interes petrolífero localizadas entre las profundidades (10248' - 10272'), (10286'-10315'). La arena localizada entre (10248' - 10272') cuenta con porosidades promedios de 13%, saturación de agua promedio de 16% en la parte basal, resistividades sobrepasando los 200 ohm/m, y un bajo volumen de arcillosidad. Y la arena de interes localizada entre las profundidades (10286'-10315') posee porosidades promedio de 11%, saturación de agua promedio de 24%, altas resistividades y un porcentaje de arcillosidad de 3.2%.

El intervalo (10320'-10500') contiene un alto contenido lutitico, particularmente a partir de la profundidad de 10420'. Existen dos arenas localizadas entre las profundidades (10354' - 10360'), (10390' - 10420'), sin embargo estas arenas son de un bajo interes petrolífero, ya que poseen porosidades promedios menores de 5% y saturaciones de agua que exceden 75%.

4.2... Evaluación de Propiedades Mecánicas

4.2.1... Estimación de propiedades mecánicas a partir de registros eléctricos ("Login Mechanical Properties-LMP").

Por otra parte, PDVSA-INTEVEP, realizó pruebas mecánicas sobre muestras del pozo RG-231, obteniendo unas medidas de ensayos no confinadas y confinadas, **Ver Apéndice**. Estos valores fueron utilizados para ajustar los obtenidos a partir de registros.

Resultados de los Ensayos

En las Tablas 6, 7, 8 y 9 se presentan las graficas de la resistencia y las propiedades mecánicas obtenidas en el laboratorio vs. La resistencia y las propiedades mecánicas obtenidas a partir de los registros, antes y después de ajustar. También se presentan las diferentes ecuaciones utilizadas para el ajuste (**Ver Apéndice**).

En los intervalos caracterizados se obtuvieron las envolventes de falla de la roca según el criterio Mohr-Coulomb, como se muestra en las Figuras 74 hasta la 83, observándose una variación de los valores de Cohesión de la roca (**C_o**) y ángulo de fricción (**ϕ**) si se consideran todos los ensayos. No obstante, para el caso de las arenas los intervalos de menor valor de cohesión y ángulo de fricción son las figuras **74, 75, 77, 78, 79 y 81**. Y los intervalos que presentan mayores valores de cohesión y ángulo de fricción son las figuras **76, 80, 82 y 83**.

En cada uno de las graficas de resistencia máxima vs presión de confinamiento, para los intervalos de arenas de las distintas Formaciones se aprecia que el comportamiento mecánico se ajusta perfectamente al criterio de Falla Mohr-Coulomb, sobre todo si se toman los resultados obtenidos a una presión de confinamiento efectiva entre 3000 lpc y 5000 lpc.(**Tabla 6, Ver Apéndice**)

Los resultados de los ensayos de tensión indirecta se observan en la **Tabla 7, Ver apéndice**, en la cual se puede apreciar que el miembro Verde de la Formación Oficina posee menor resistencia a la tensión de la roca (126.93 lpc), mientras que San Antonio D tiene la segunda mayor resistencia a la tensión (770 lpc). Siendo la Formación Merecure I la Primera con 883.02 lpc.

4.2.2... Calibración de Propiedades Mecánicas

En las **Fig. 74 hasta la 83** del Apéndice, se puede apreciar que la diferencia entre los valores de laboratorios y registro no es igual, ni exagerada, como son las encontradas entre las propiedades dinámicas, calculadas a partir de ecuaciones empíricas y los valores de laboratorio (**Fig. 84 a 93**). De esta forma fue posible obtener un registro continuo de Resistencia Uniaxial Compresiva (**UCS**), el Módulo de Young, la Relación de Poisson, la Cohesión y la Resistencia a la Tensión, ajustada con los valores de laboratorio. En el caso del **UCS** fueron utilizados los valores de resistencia confinada, para estimar otros puntos de resistencias sin confinar, a partir de la gráfica σ_1 vs σ_2 .

Extrapolando el conocimiento y los resultados de las propiedades mecánicas calibradas y los esfuerzos “*In-situ*” del pozo RG-231 al flanco norte para el pozo RG-229 en la estructura antiforme del Campo Santa Rosa es importante para planificar las estrategias de perforación. Cuando un hoyo es perforado, los esfuerzos alrededor de este aumentan debido a la extracción de material en ésta localización. Antes de la eliminación del material, la roca en esta localización está en un estado pseudo estático/estable ya que no se esperan grandes movimientos ni alteración de la micro estructura en un período corto de tiempo, excepto en áreas de alta actividad tectónica. Después que se crea un hoyo, este estado estático/estable se rompe y el esfuerzo alrededor del hoyo es redistribuido.

Cuando el esfuerzo redistribuido (concentración de esfuerzos) excede la resistencia de la roca, ocurrirá la falla y la geometría del hoyo será alterada. Si el esfuerzo compresivo

alrededor del hoyo excede la resistencia compresiva, ocurrirá la elongación del hoyo (“breakout”) y si el esfuerzo de tensión excede la existencia a la tensión, ocurrirá la fractura inducida. El tamaño del área de falla alrededor del hoyo es de importancia crítica en términos de estabilidad así como para potenciales de producción de arena. Cuando el área de falla es pequeña, el hoyo puede ser reforzado por el cambio en su geometría.

Por otro lado, cuando la falla cerca del hoyo es grande, puede tomar lugar la falla catastrófica del hoyo completo, resultando en la inestabilidad (demasiado material para ser transportado por el lodo (“packing off”), pega de las barras de perforación, colapso, producción masiva de arena, etc). El flujo de fluido desde la formación al hoyo durante la producción genera un cambio adicional de fuerza/esfuerzo alrededor del hoyo.

Los ensayos para calibrar la resistencia estimada y otras propiedades mecánicas estáticas son los ensayos de compresión confinado y no confinado también llamados ensayos de compresión uniaxial y triaxial, respectivamente. Idealmente, estos ensayos deben ser conducidos en muestras en las distintas formaciones donde existe disponibilidad de núcleo.

Los ensayos mecánicos de rocas proveerán información para la calibración de los resultados del LMP (Para establecer tablas de calibración a condiciones locales, sí es necesario). Por medio de las medidas de densidad y velocidades acústicas es posible estimar los módulos elásticos que caracterizan a las formaciones San Juan, San Antonio, Merecure y Oficina. Para obtener estas propiedades de las formaciones registradas en los pozos RG-231 y RG-229, fue utilizada el programa LMP; un programa para predecir propiedades mecánicas estáticas a partir de registros (“Logging Mechanical Properties-LMP”).

El Procesamiento del programa LMP deriva las propiedades mecánicas estáticas y la resistencia de las rocas, utilizando como entrada: velocidades acústicas (compresional y corte), densidad total de la formación, litología (tipo y volumen de lutita), saturaciones

(tipo, volumen y densidad), y los esfuerzos en la formación (sobrecarga, mínimo horizontal y presión de poros). Serán usadas presiones de confinamiento apropiadas para generar resistencia compresiva confinada y generar la envolvente de falla para la formación de interés.

En el Análisis provenientes del pozo Rg-231 se obtuvo lo siguiente:

En las Formaciones desde 700' hasta 15778' (Oficina, Merecure, San Juan y San Antonio), el Módulo de Young sin calibrar varía entre 0,075 y 0.632 Mpsi, corregido con los datos de laboratorios, el Módulo de Young varía entre 0.133 y 0.792 Mpsi y la relación de Poisson ν sin calibrar varía entre 0.468 y 0.413; el cual de ser corregido con los datos de laboratorios varía entre 0.456 y 0.416. Para estas Formaciones los valores de la roca sin confinar (UCS) sin calibrar varían entre 1.243 y 4.928 Kpsi, corregido con los datos de laboratorios varía entre 0.335 y 1.692 Kpsi. (**Fig. 38**).

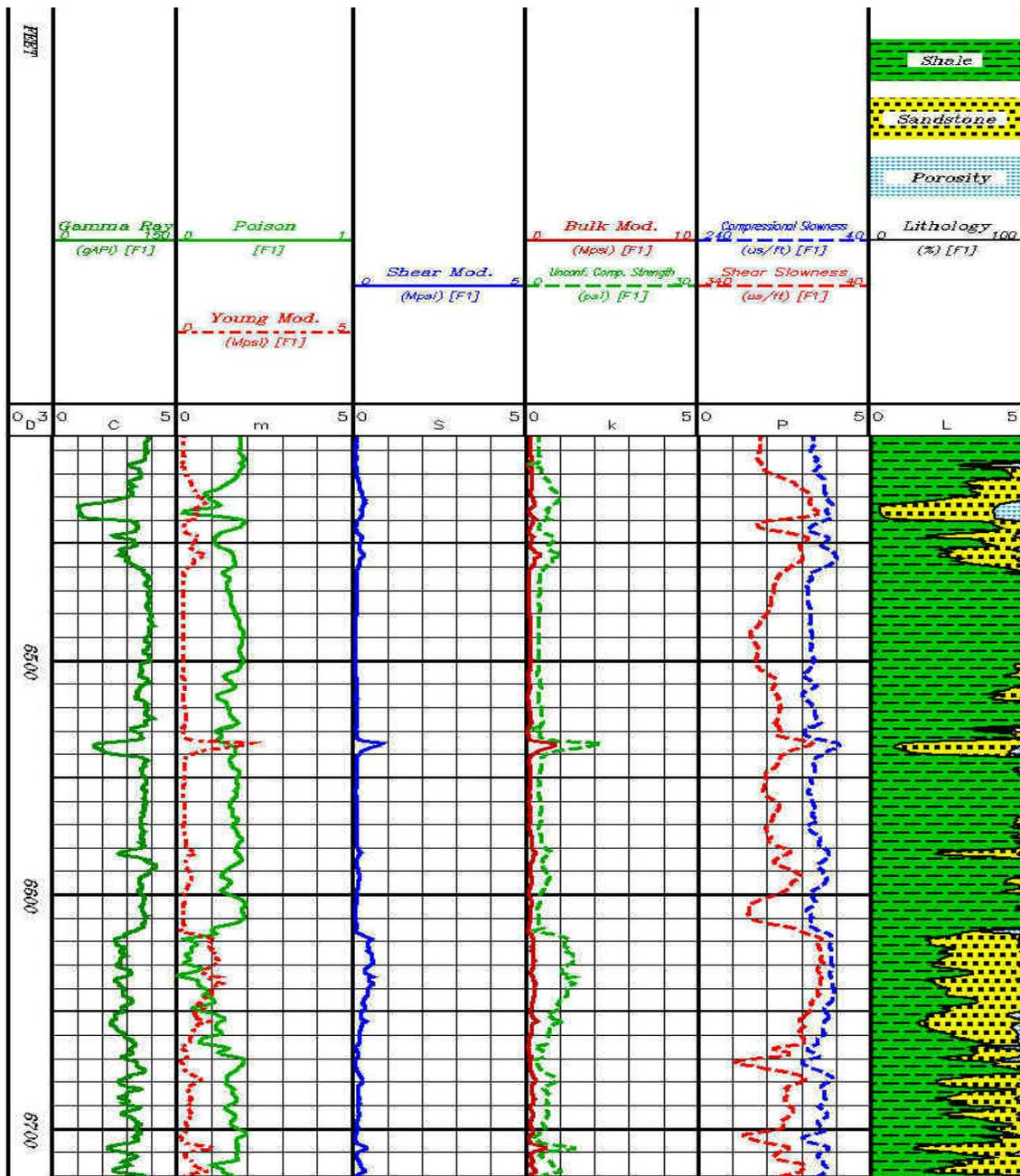


Fig. 34: Salida típica como resultado del LMP, En los intervalos de los paquetes arenosos de la Formación Oficina (1737'- 8580') en el pozo RG-231. Escala 24"/100', el Módulo de Young sin calibrar varían 0.067 y 1.411 Mpsi, y corregido con los datos de laboratorios el Módulo de Young (Track "m") varía entre 0.121 y 1.552 Mpsi, el Módulo de Young en dichos paquetes arenosos muestran variaciones entre 4 y 6 Mpsi tanto los resultados sin calibrar, como el corregido y en las lutitas se encuentra en 2 Mpsi y la relación de Poisson sin calibrar varían entre 0.473 y 0.256 Mpsi, corregido (Track "m") con los datos de laboratorios varían entre 0.459 y 0.302 Mpsi. Para esta Formación los valores de la roca sin confinar (UCS) no calibrado varían entre 1.183 y 8.678 Kpsi, corregido (Track "k") con los datos de laboratorios varían entre 0.316 y 3.293 Kpsi.

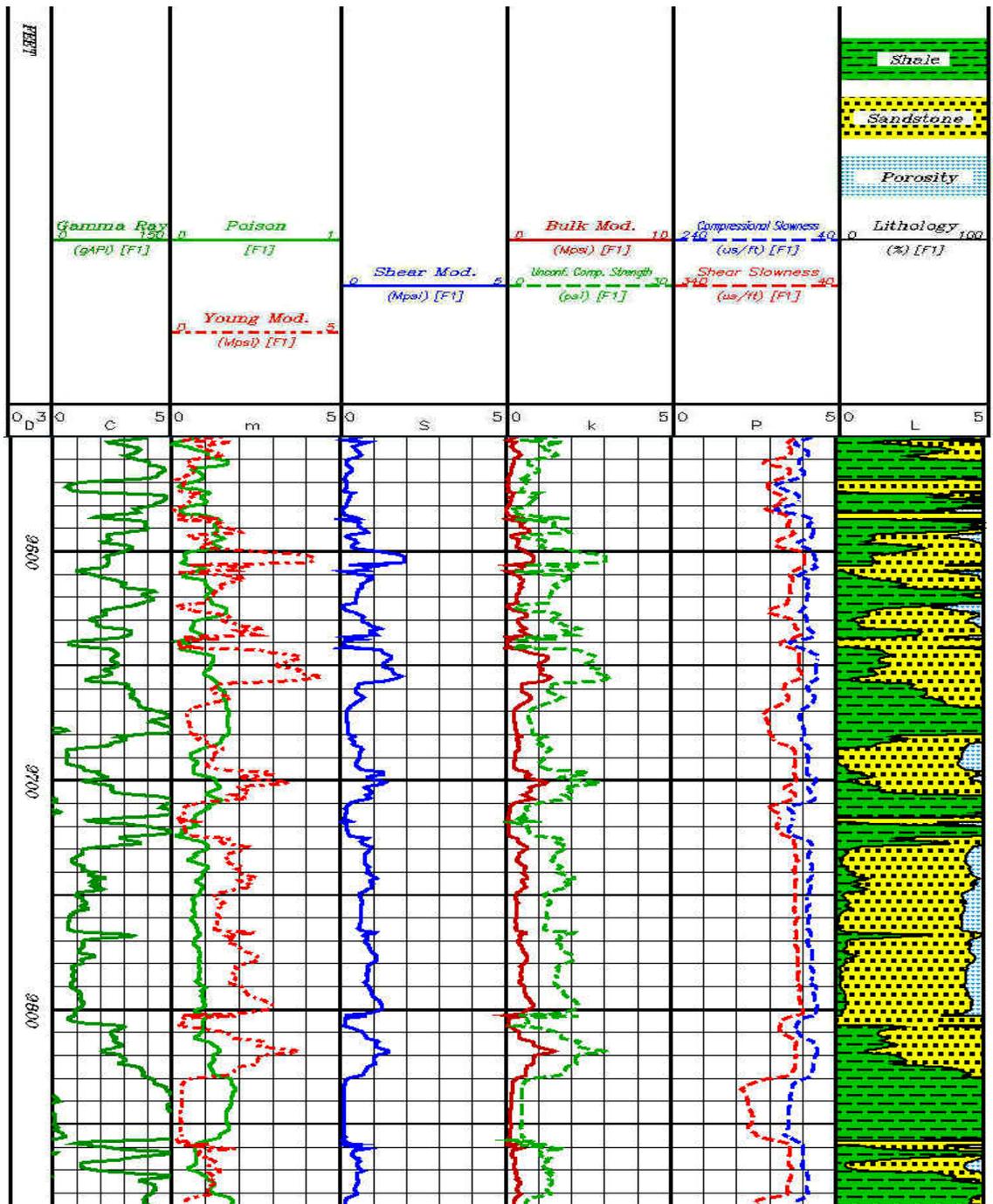


Fig. 35: Salida típica como resultado del LMP, en los intervalos de la Formación Merecure (8580'-10252') en el pozo RG-231, se observa que el módulo de Young sin calibrar varían entre 1.411 y 1.371, corregido con los datos de laboratorios el Módulo de Young varían entre 1,552 y 1.515 Mpsi, y la relación de Poisson sin calibrar varían entre 0.256 y 0.249, corregido con los datos de laboratorios varían entre 0.302 y 0.297. Para esta Formación los valores de la roca sin confinar (UCS) no calibrado varían entre 8.678 y 8.682 Kpsi, corregido con los datos de laboratorios varían entre 3.293 y 3.295 Kpsi.

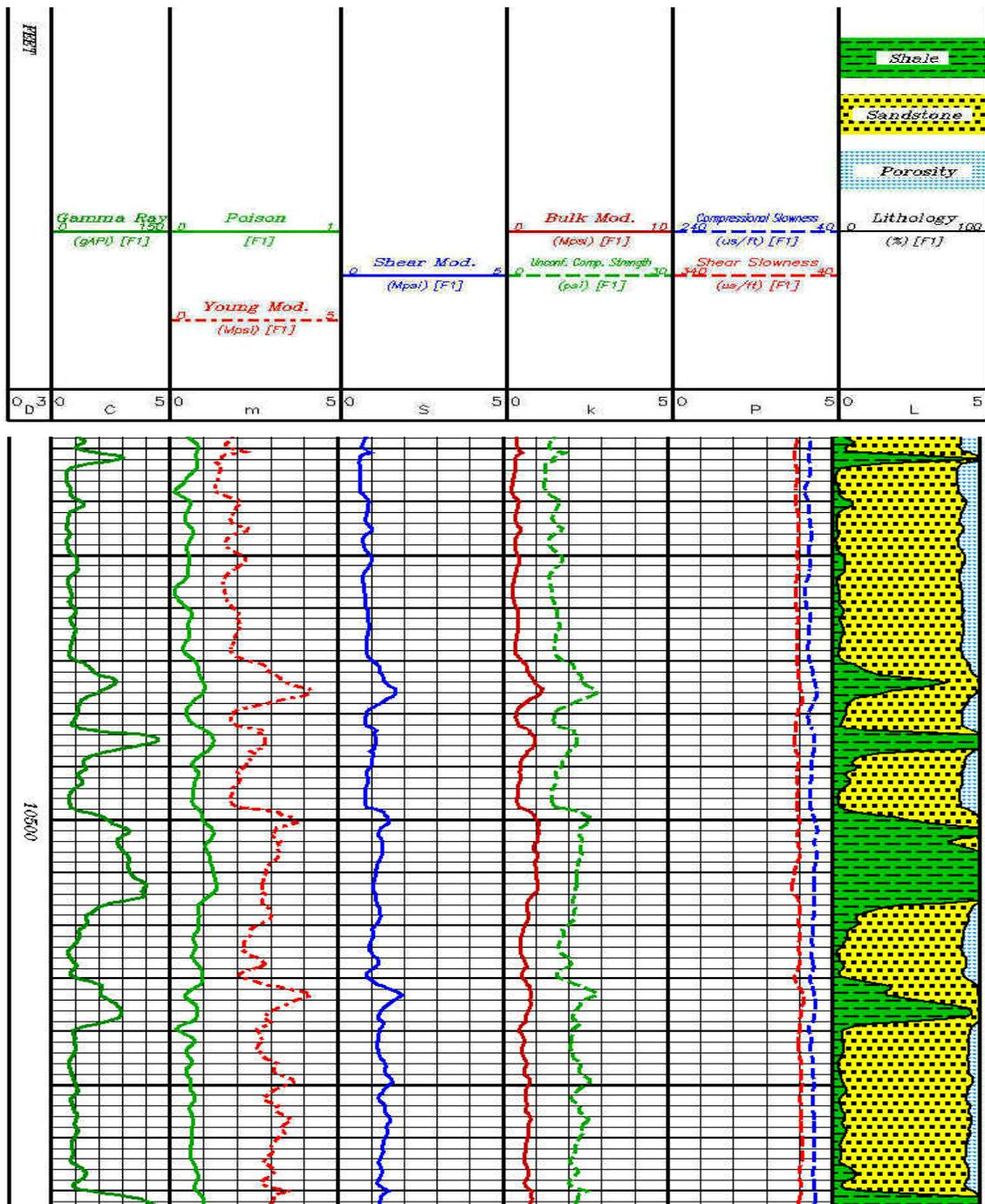


Fig. 36: Salida típica como resultado del LMP, en los intervalos de la Formación San Juan. (10344'-11253') en el pozo RG-231, se observa que el módulo de Young sin calibrar varían entre 2.918 y 1,193, corregido con los datos de laboratorios el Módulo de Young varían entre 2.852 y 1.348 Mpsi, y la relación de Poisson sin calibrar varían entre 0.232 y 0.031, corregido con los datos de laboratorios varían entre 0.284 y 0.139. Para esta Formación los valores de la roca sin confinar (UCS) no calibrado varían entre 13.416 y 7.830 Kpsi, corregido con los datos de laboratorios varían entre 5.498 y 2.918 Kpsi.

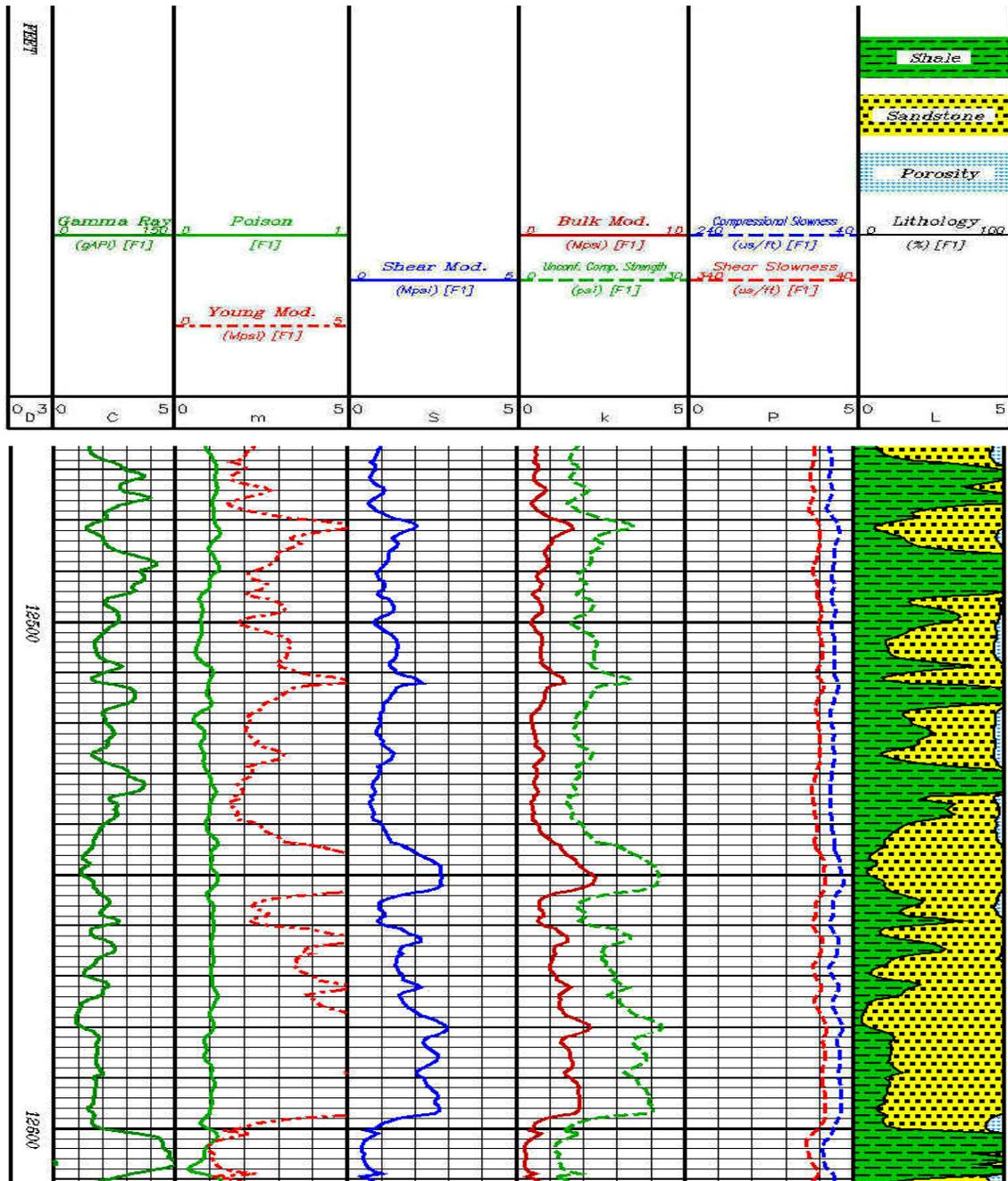


Fig. 37: Salida típica como resultado del LMP, en los intervalos de la Formación San Antonio. (11353'-13790') en el pozo RG-231. se observa un alto grado de compactación de las rocas. Y los paquetes arenosos muestran variaciones en el módulo de Young sin calibrar varían 1.193 y 0.501 Mpsi, corregido con los datos de laboratorios el Módulo de Young varían entre 1.348 y 0.652 Mpsi con variaciones ambos entre 5 y 8 Mpsi y la relación de Poisson sin calibrar varían entre 0.031 y 0.377, corregido con los datos de laboratorios varían entre 0.139 y 0.389. Para esta Formación los valores de la roca sin confinar (UCS) sin calibrar varían entre 7.83 y 4.145 Kpsi, corregido con los datos de laboratorios varían entre 2.918 y 1.381 Kpsi.

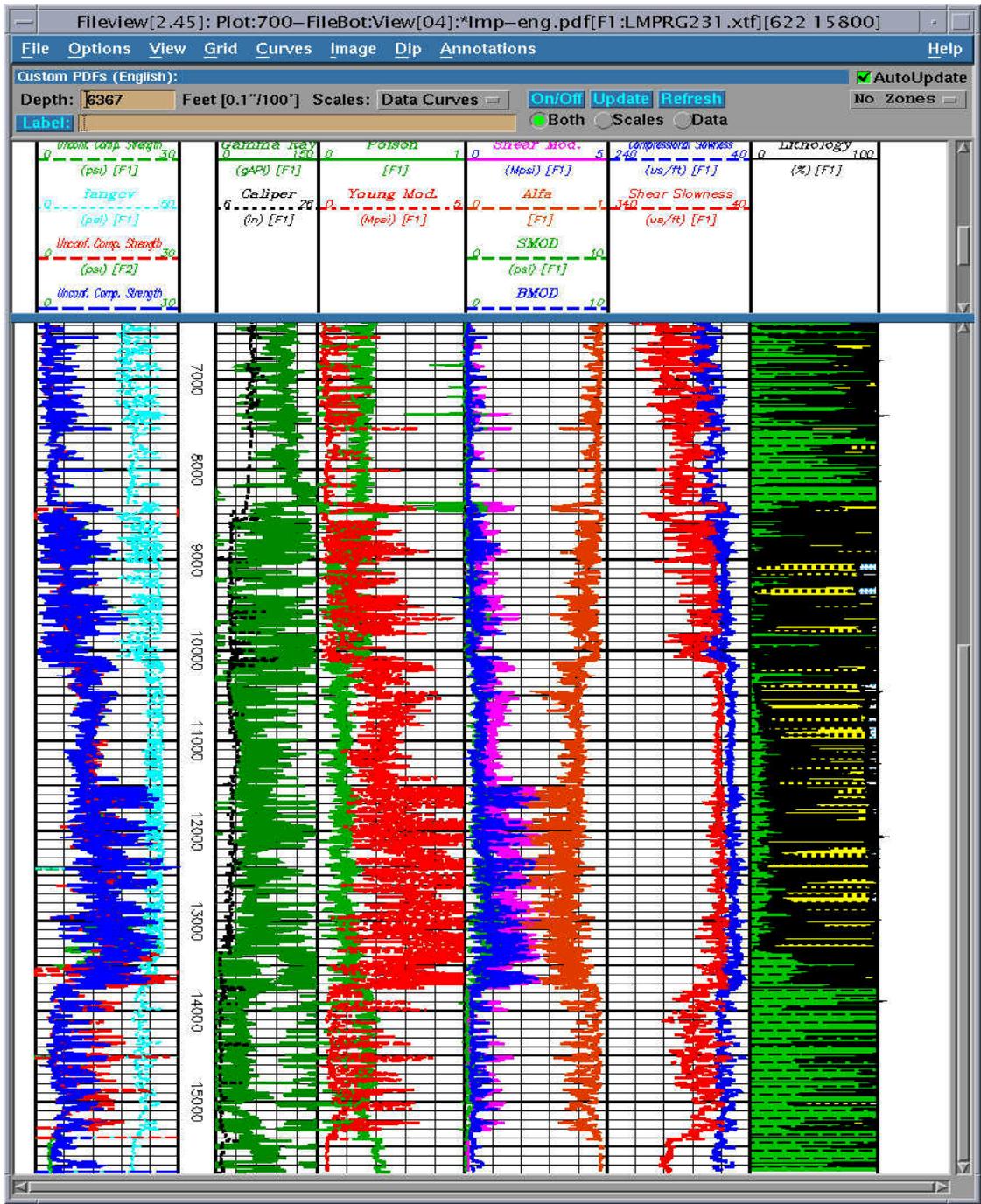


Fig. 38: Salida típica como resultado del LMP, desde (700'-15778'), en las Formaciones Oficina, Mercure, San Juan y San Antonio pozo RG-231. Escala 1"/1000'. El Módulo de Young sin calibrar varían entre 0,075 y 0.632 Mpsi, corregido con los datos de laboratorios el Módulo de Young varían entre 0.133 y 0.792 y la relación de Poisson sin calibrar varían entre 0.468 y 0.413, corregido con los datos de laboratorios varían entre 0.456 y 0.416. Para estas Formaciones los valores de la roca sin confinar (UCS) sin calibrar varían entre 1.243 y 4.928 Kpsi, corregido con los datos de laboratorios varían entre 0.335 y 1.692 Kpsi.

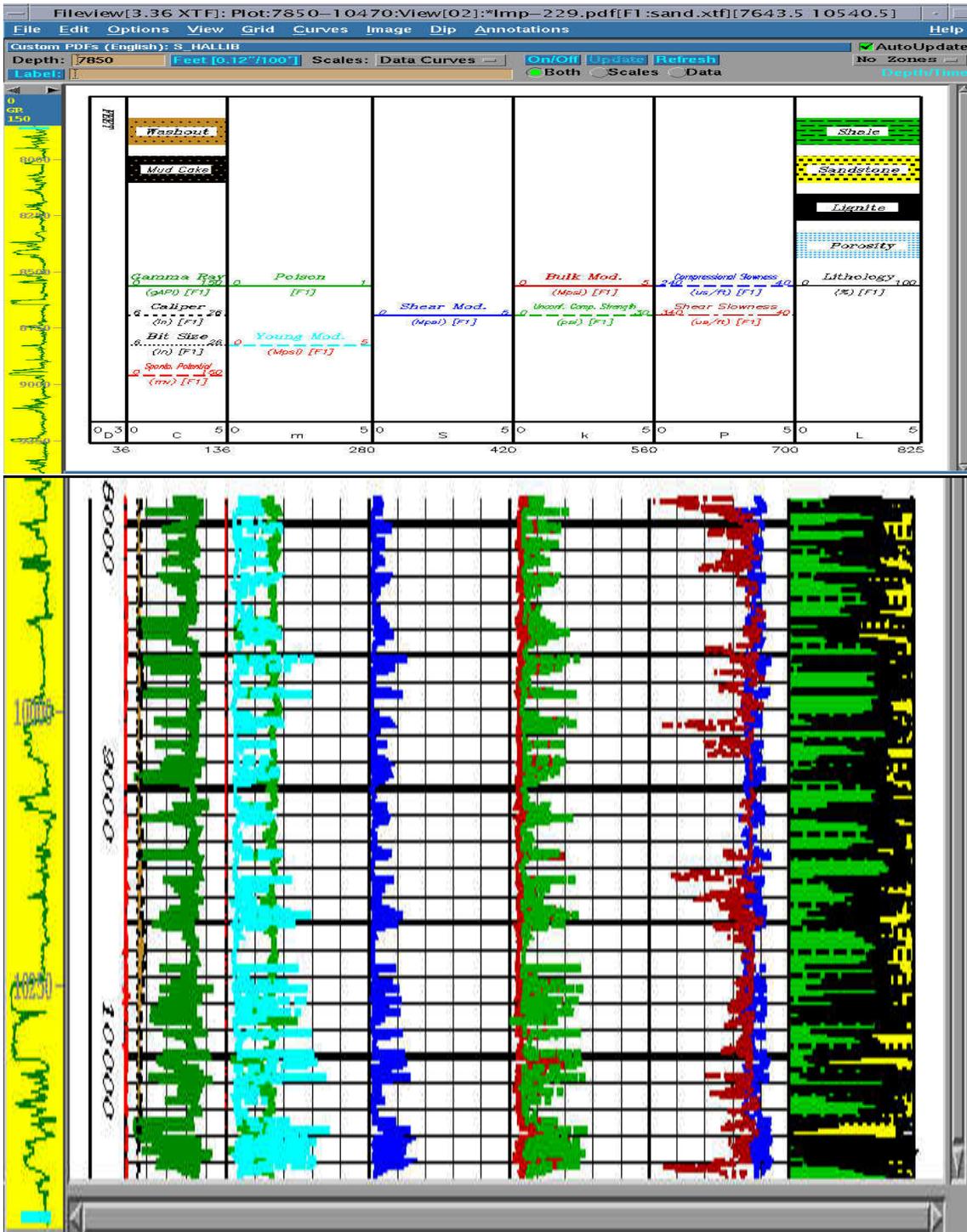


Fig. 39: Salida típica como resultado del LMP, en el intervalo (7850.5' - 10475'), en la Formación Oficina el pozo RG-229. Escala 1"/1000', el Modulo de Young varían entre 1.097 y 0.476 Mpsi, y la relación de Poisson varían entre 0.354 y 0.323. Para esta Formación los valores de la roca sin confinar (UCS) varían entre 10.686 y 4.109 Kpsi

4.3... Evaluación de Esfuerzos In-Situ:

4.3.1... Dirección

4.3.1.1... Evaluación estructural a partir de la Sísmica 3-D

El campo Santa Rosa se comporta como un braquianticlinal, generando una estructura antiforme resultado de un régimen compresivo "deformación flujo flexural" asociado con unas fallas inversas. Esta estructura extiende en dirección N45°E, con una disminución en su inclinación hacia el norte, la asimetría del antiforme se observa reflejada con un buzamiento suave en la dirección noreste y otro más fuerte en la dirección sur-este, hacia la falla inversa con un buzamiento subvertical.

La Falla Inversa que presenta ésta estructura, la cual produce un sistema de fallas con componente extensivo en el Cretácico (falla normal) y seguida de una reactivación en el Mioceno Temprano hasta el Mioceno Medio produciendo la deformación de toda la columna sedimentaria.

Las **Figura 40** muestra una visualización 3D, donde se observan las fallas 3 fallas principales, con una orientación SO-NE, dos de carácter antitético y la otra de carácter sintético al Sur-este del área, distinguiéndose claramente la geometría del antiforme. El producto de interpretación del volumen sísmico migrado en profundidad se estimó que el pozo RG-231 estaría atravesando el corrimiento a una profundidad comprendida entre los 13800' los 14200', encontrándose por los resultados de la perforación y análisis geológicos pertinentes en el pozo RG-231 que la profundidad del corrimiento de Anaco para este pozo esta ubicado a 13880'.

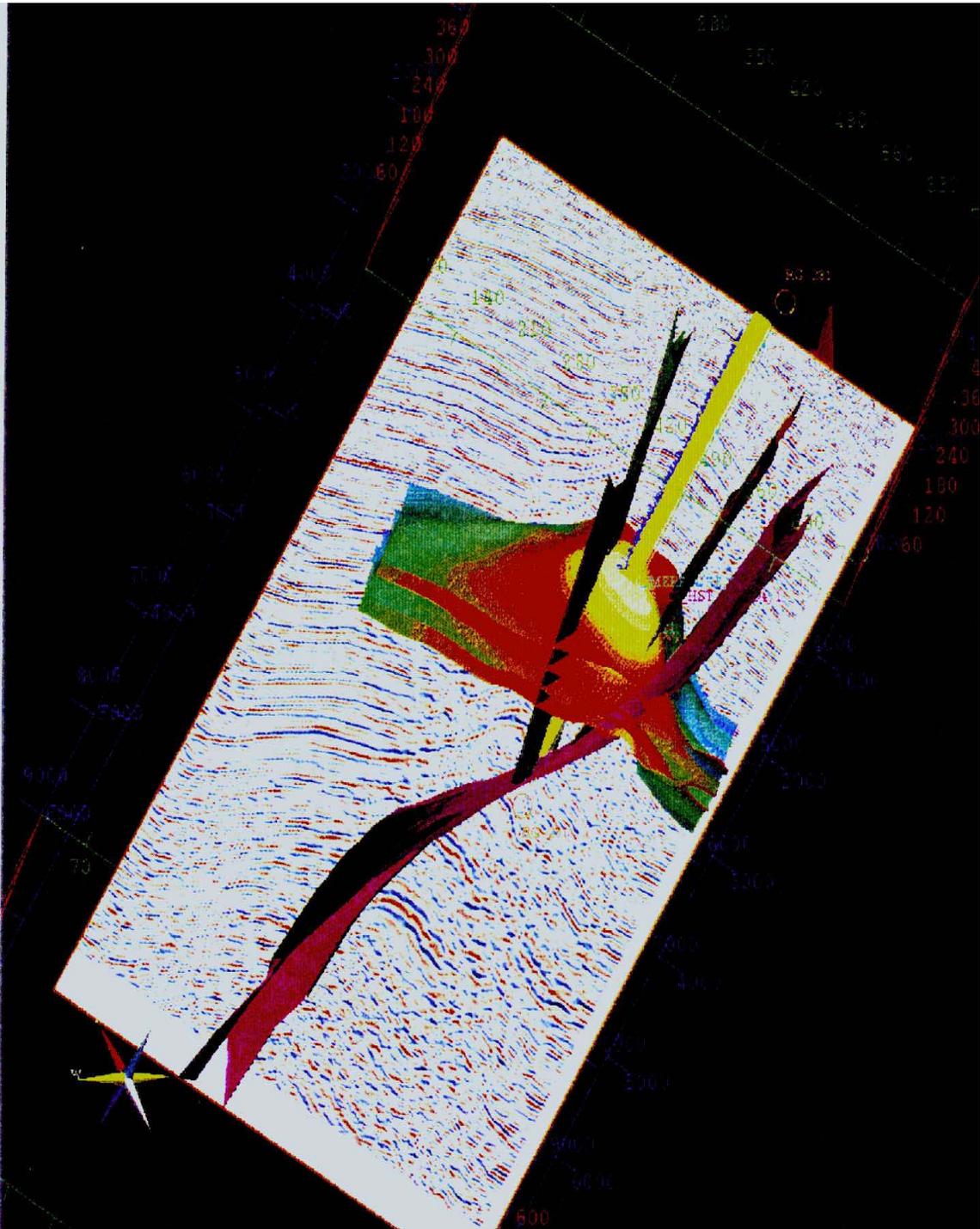


Fig. 40: Aspecto tridimensional del braquianticlinal de Santa Rosa, el cual se comporta como un antiforme asimétrico, resultado de un régimen compresivo "deformación flujo flexural" asociado con fallas inversas. Esta estructura cómica se extiende en dirección N45°E, con una disminución en su inclinación hacia el norte, la asimetría del domo se observa reflejada con un buzamiento suave en la dirección noreste y otro más fuerte en la dirección sur-este.

4.3.1.2... Evaluación de los Registro (Acústico) de Imágenes

Los pozos RG-231 y RG-229 fueron perfilados con el registro de imágenes acústicas respectivamente, en el intervalo desde-8000' (Formación Oficina) hasta-15256' (Formación Oficina, por debajo de la falla inversa que corta la secuencia y decrece en profundidad) desde 7756' hasta 10504'. Este registro presenta una buena calidad de la data, a pesar de que en algunas profundidades puede observarse tensionamientos locales de la herramienta, pero la calidad y cantidad de información suministrada por dicho registro es muy buena.

La interpretación de las características geológicas de la imagen es lograda usando el programa VISION, el cual tiene una gran cantidad de filtros especializados para ayudar al geólogo en la interpretación. Un gráfico de representación final para el registro de imágenes se compone de las siguientes pistas:

Pista # 1: Registro de Rayos Gamma, orientación de estratificación (rojos), orientación fracturas abiertas (verdes), orientación de fracturas cerradas (amarillo) y orientación de fracturas hidráulicas (azules).

Pista # 2: Orientación de Ovalizaciones

Pista # 3: Orientación del Pozo

Pista # 4: Profundidad del Pozo

Pista # 5: Imagen Acústica

Pista # 6: Imagen Acústica Mejorada (Filtro Centralizado)

Formación Oficina: (Pozo RG-231)

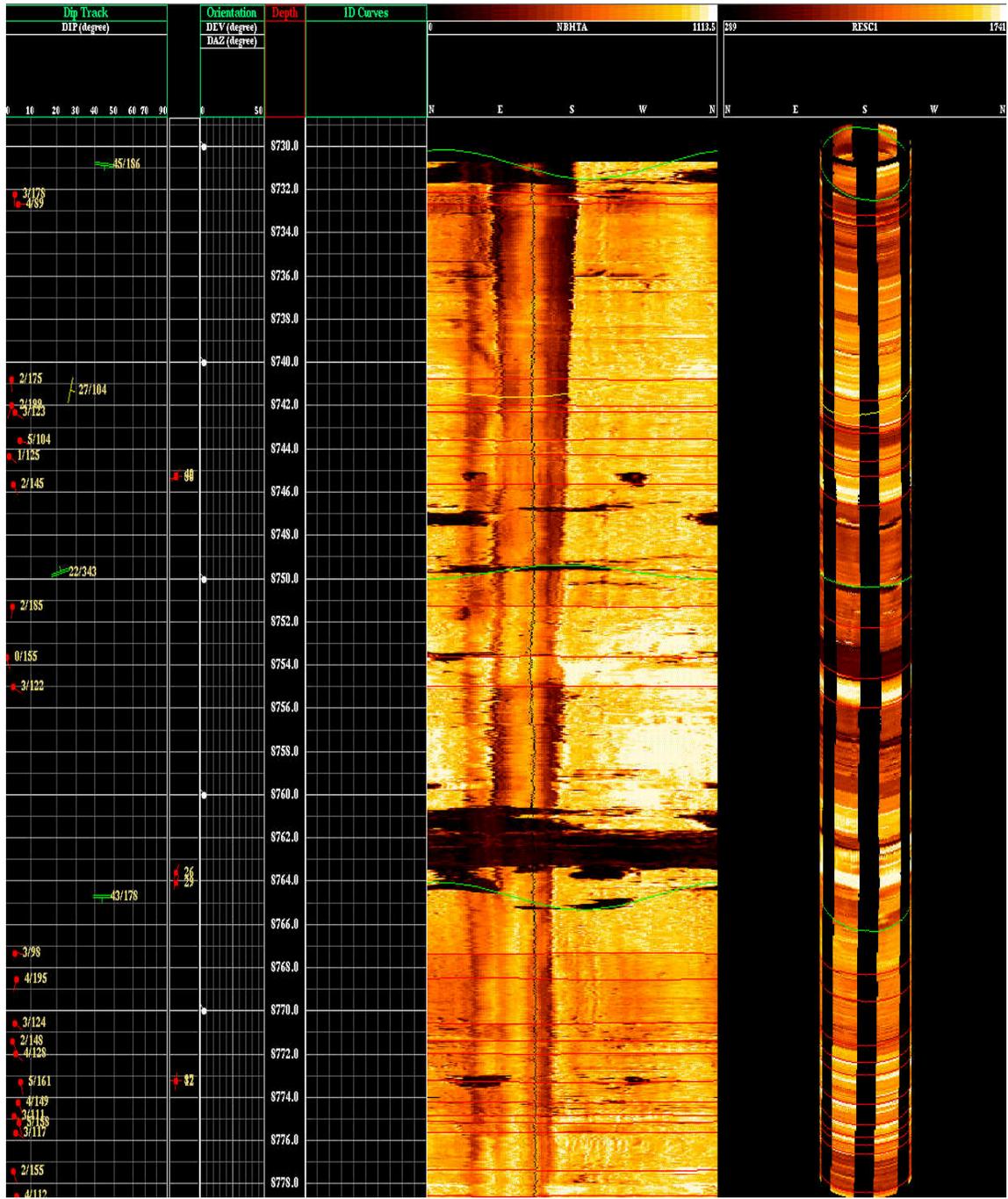


Fig. 41: Registro de imágenes acústicas, en una sección del pozo RG-231, a nivel de la Formación Oficina, cuya interpretación de características geológicas de la imagen lograda usando el programa VISION. Análisis de esfuerzos mínimos. Nótese un comienzo de ovalización a las profundidades de 8745' y 8773', se puede observar e interpretar zonas con inicio la presencia de una intercalación lignítica en la profundidad de 8760'

Formación Mercurio: (Pozo RG-231)

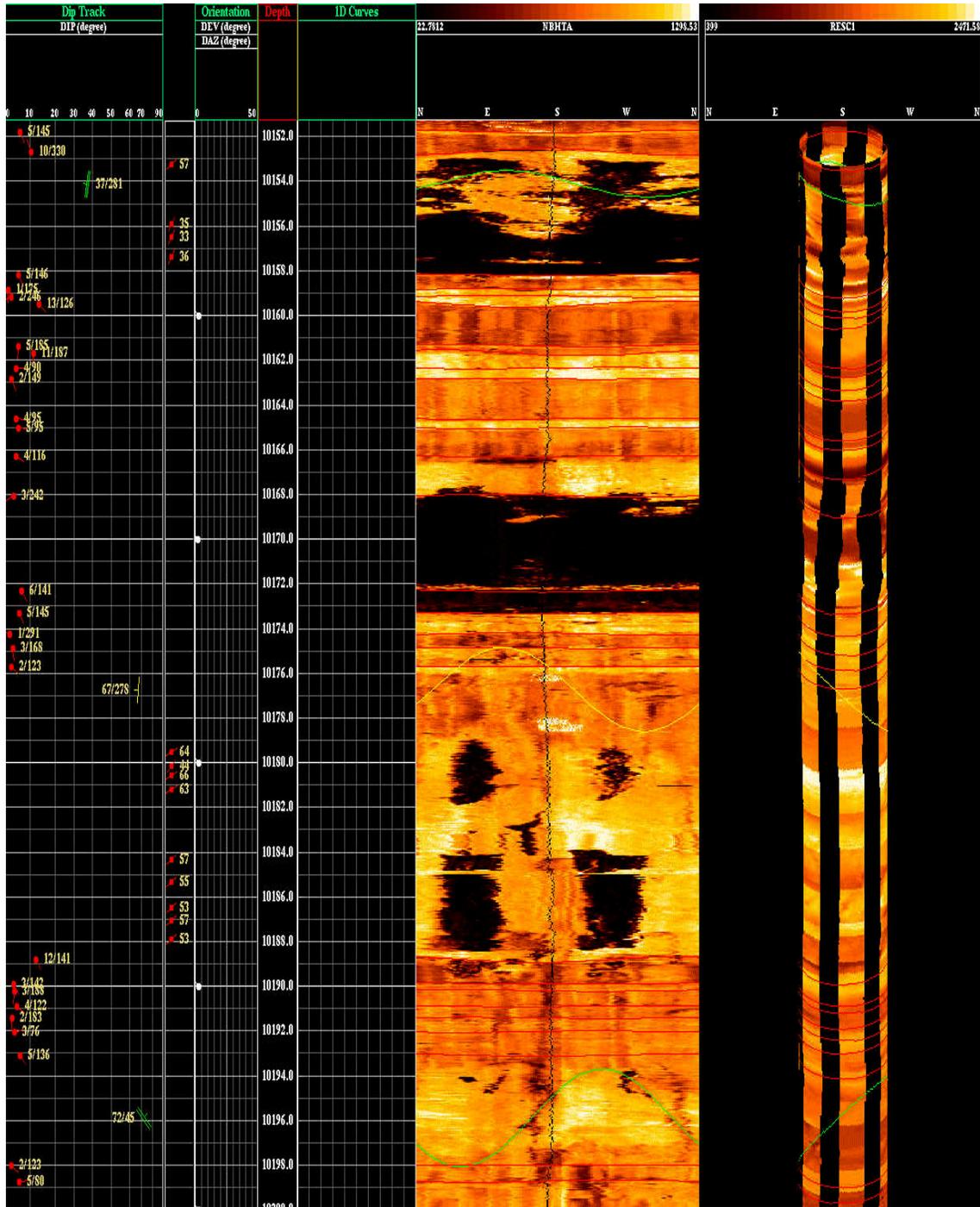


Fig. 42: Registro de imágenes acústicas, en una sección del pozo RG-231, a nivel de la Formación Mercurio, cuya interpretación de características geológicas se logra a través del programa VISION. Análisis de esfuerzos mínimos, Nótese una zona con ovalización a una profundidad de 10180' y 10186' y capas lignitas 10170 y 10156',

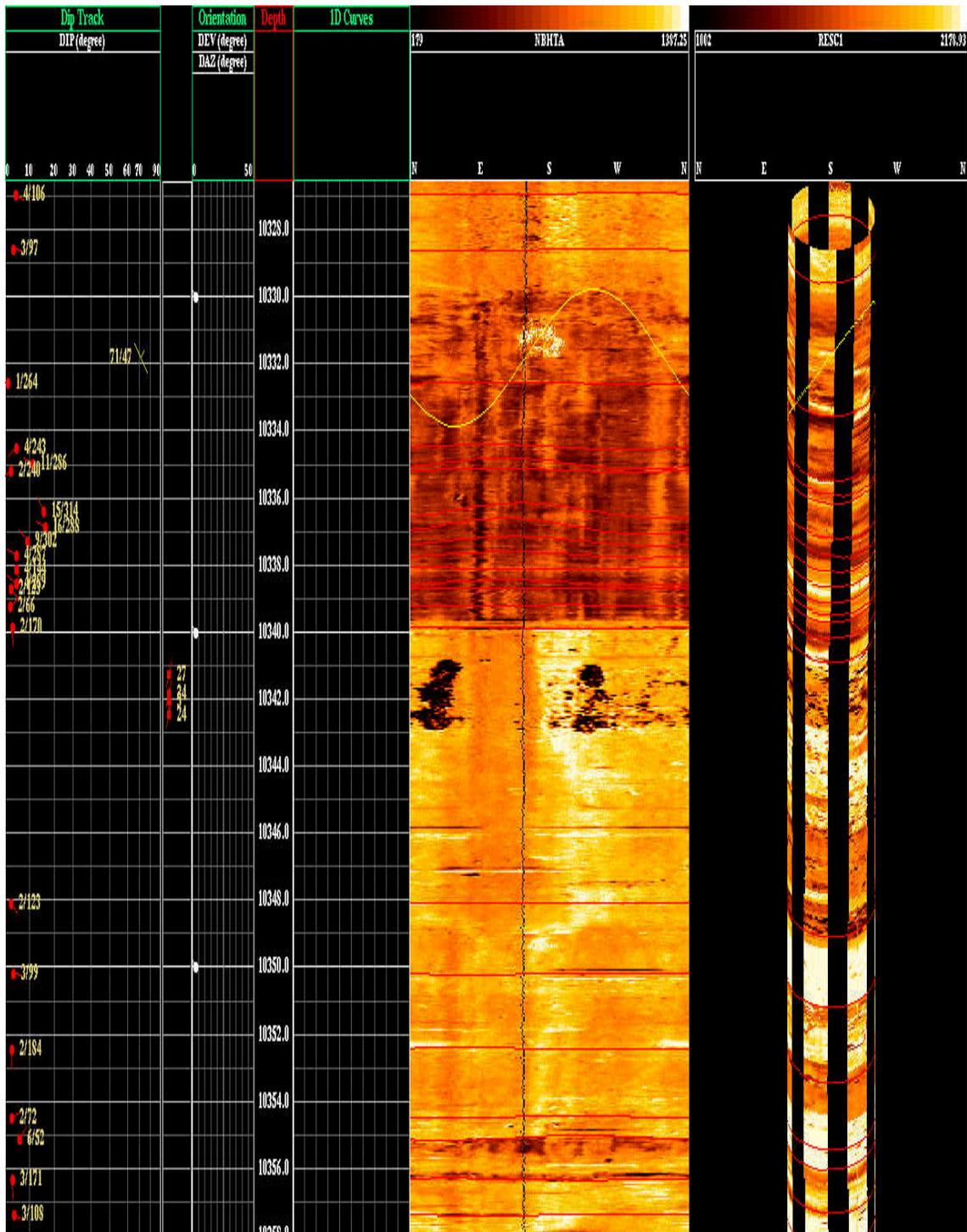


Fig. 43: Registro de imágenes acústicas, en una sección del pozo RG-231, a nivel de la Formación Merecure, cuya interpretación de características geológicas se logra a través del programa VISION. Análisis de esfuerzos mínimos, Nótese una zona con ovalización a una profundidad de 10342y 10345' y capas lignitos 10340 10345'.

Formación San Juan: (Pozo RG-231)

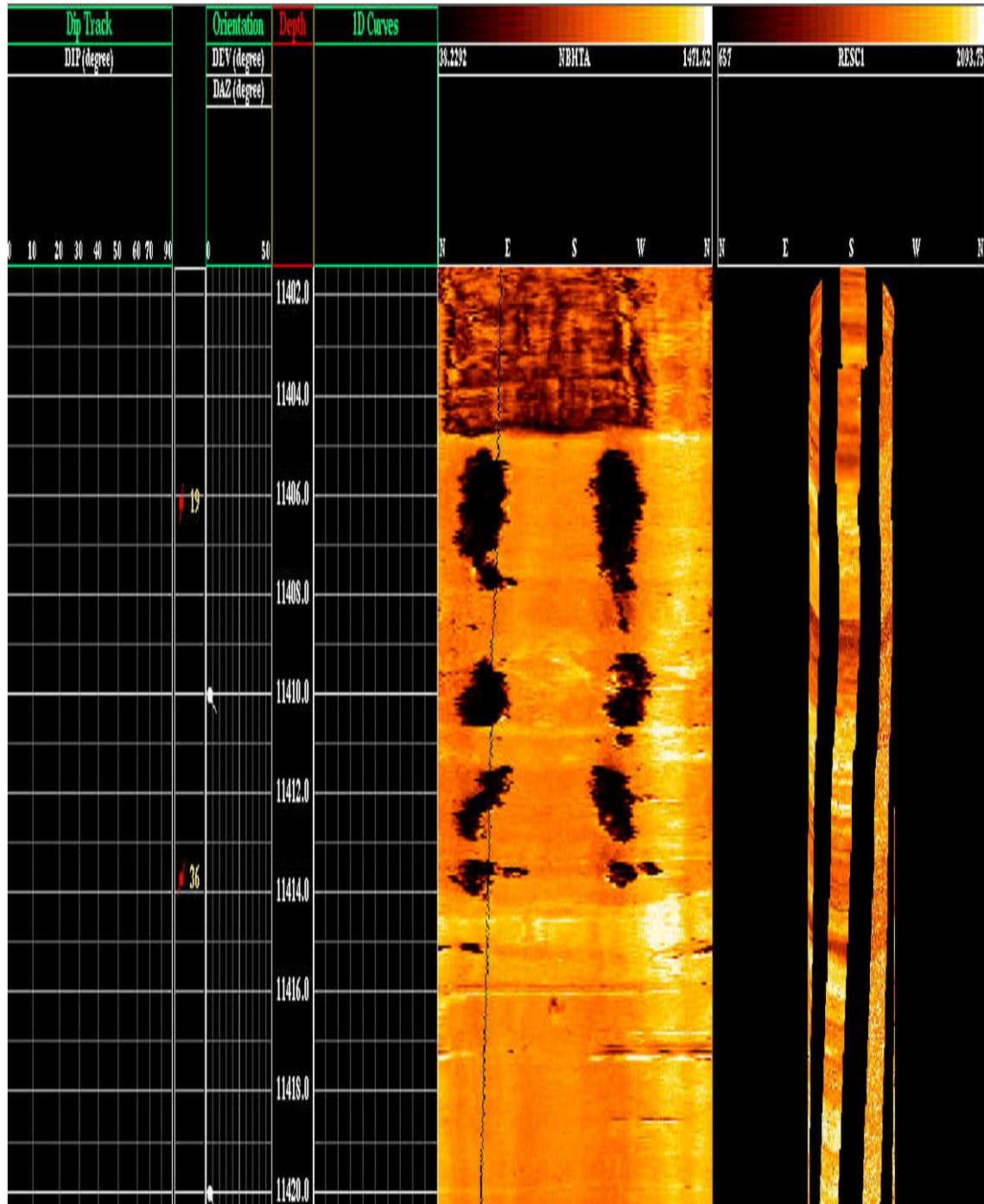


Fig. 44: Registro de imágenes acústicas, en una sección del pozo RG-231, a nivel de la Formación San Juan, cuya interpretación de características geológicas se logra a través del programa VISION. Análisis de esfuerzos mínimos, Nótese una zona con ovalización a una profundidad de 11406', 11410', 11412' y 11414'.

Formación San Antonio: (RG-231)

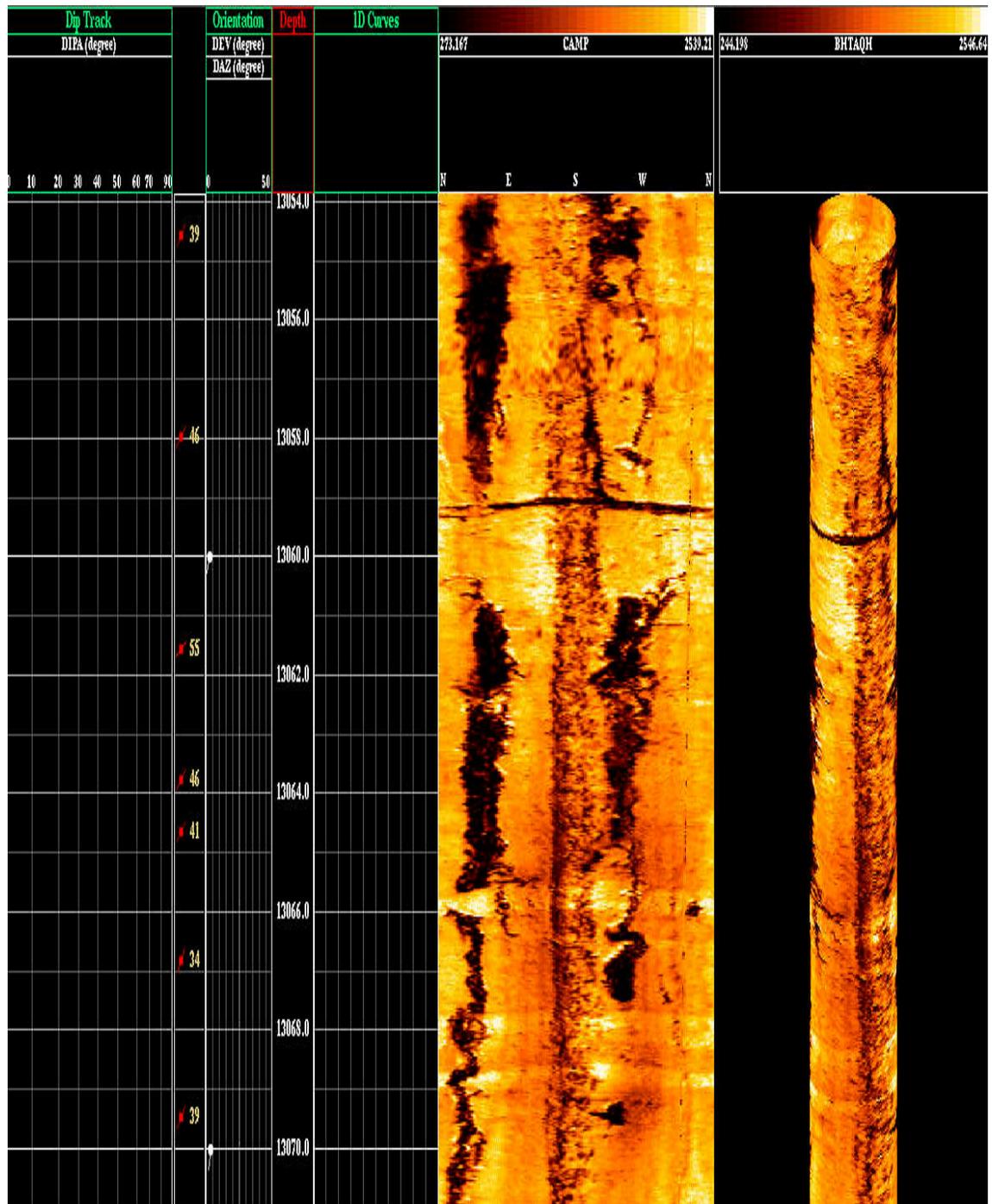


Fig. 45: Registro de imágenes acústicas, en una sección del pozo RG-231, a nivel de la Formación San Antonio antes del antes la falla inversa, cuya interpretación de características geológicas se logra a través del programa VISION. Análisis de esfuerzos mínimos, Nótese una zona con ovalización a una profundidad en casi todo el intervalo desde 13054' hasta 13070',

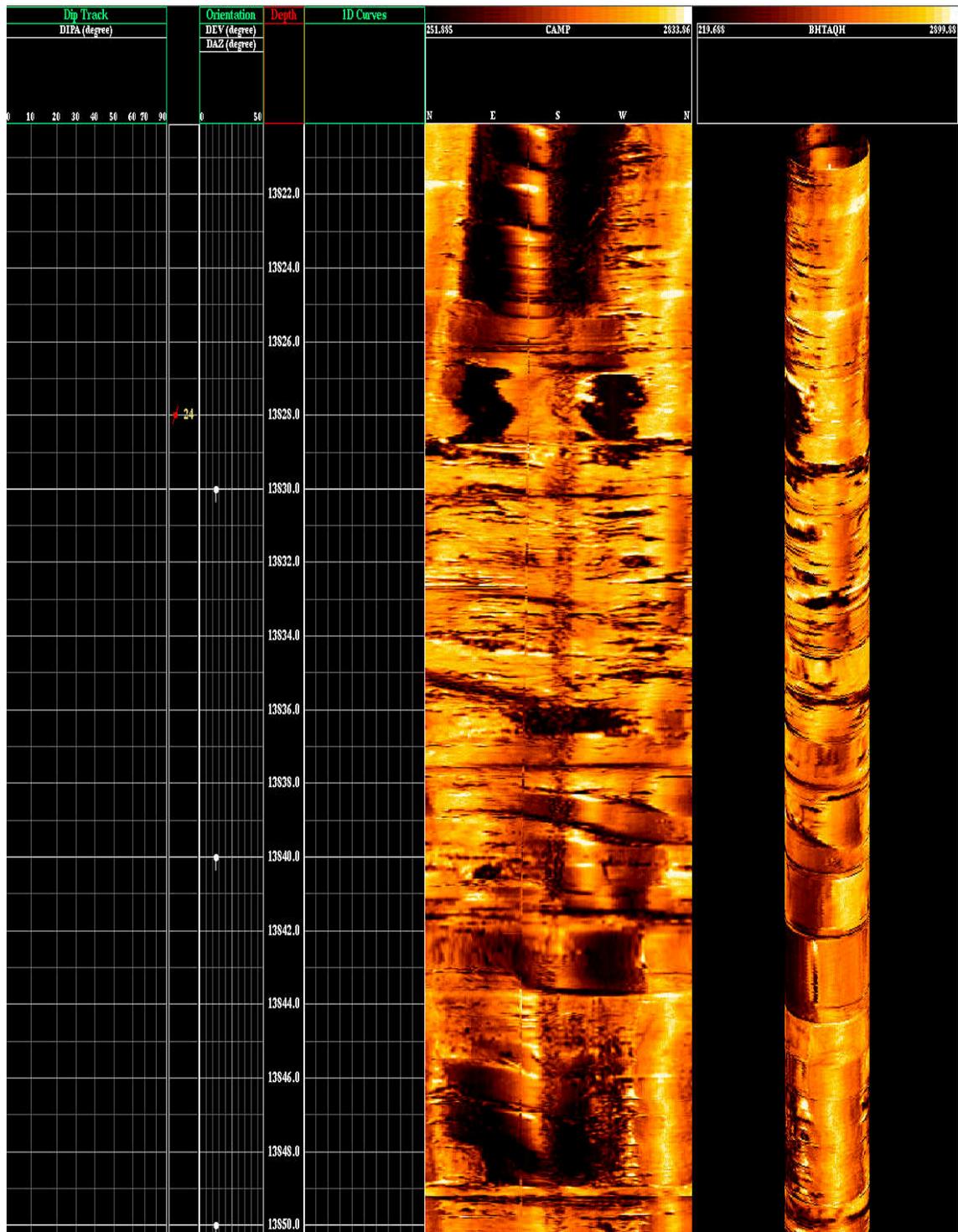


Fig. 46: Registro de imágenes acústicas, en una sección del pozo RG-231, a nivel de la Formación San Antonio sobre la falla inversa, cuya interpretación de características geológicas se logra a través del programa VISION. Análisis de esfuerzos mínimos, Nótese una zona con ovalización a una profundidad en casi todo el intervalo de 13828'.

Formación Oficina (Bajo la falla inversa): (Pozo RG-231)

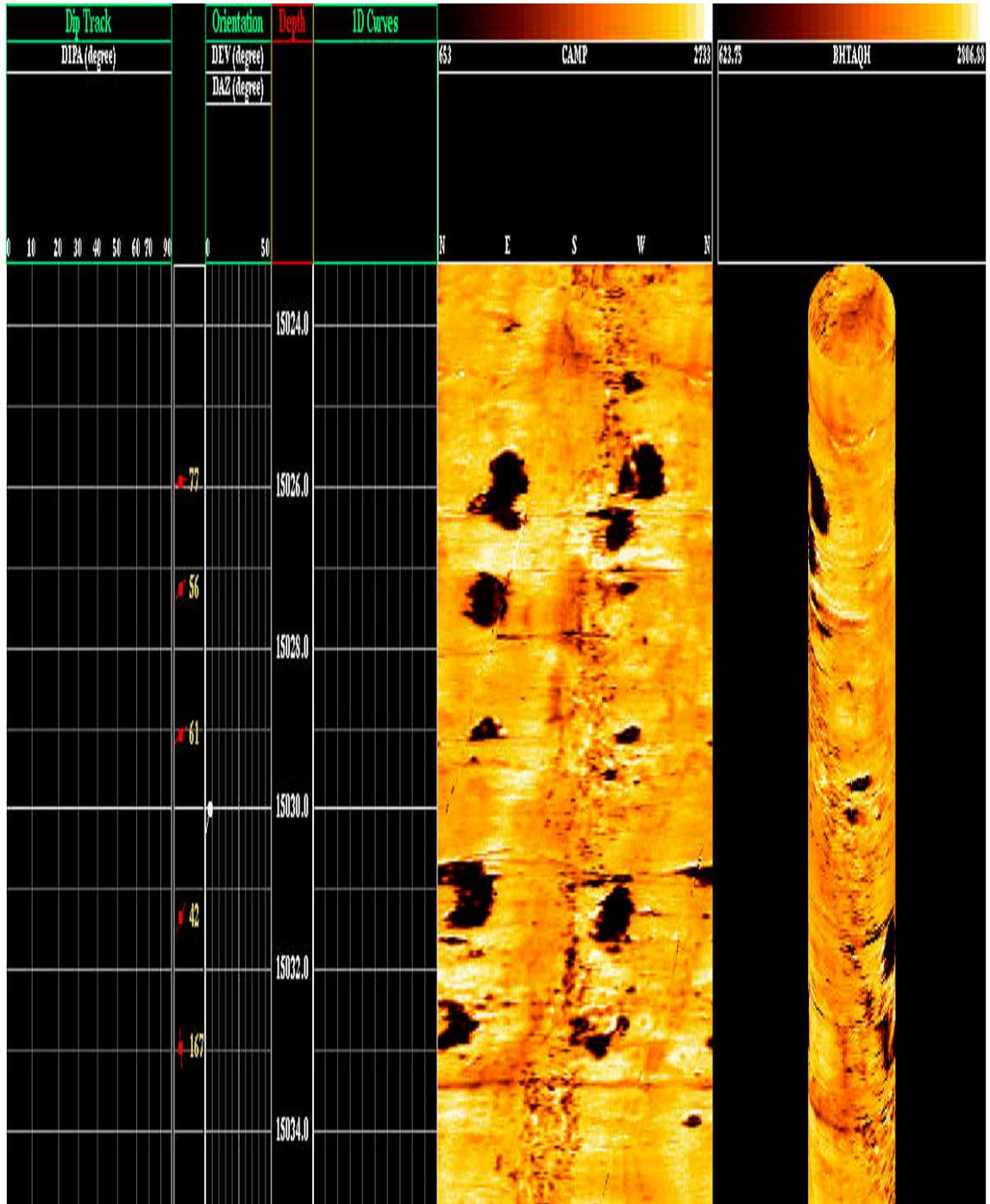


Fig. 47: Registro de imágenes acústicas, en una sección del pozo RG-231, a nivel de la Formación Oficina bajo la falla inversa, cuya interpretación de características geológicas se logra a través del programa VISION. Análisis de esfuerzos mínimos, Nótese una zona con ovalización a una profundidad en casi todo el intervalo desde 15026',15029,15031' y 15033'.

Formación Oficina: (RG-229)

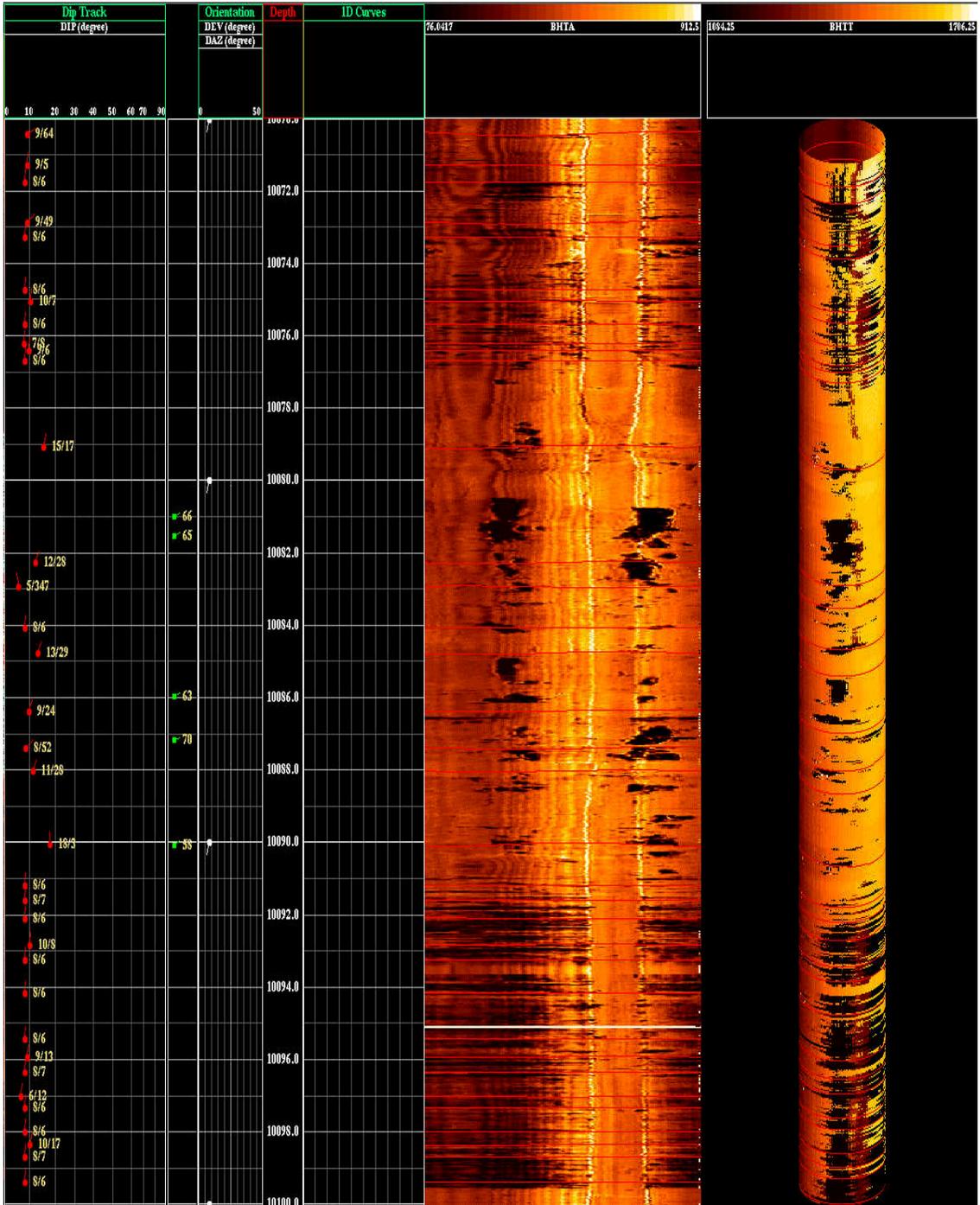


Fig. 48: : Registro de imágenes acústicas, en una sección del pozo RG-229, a nivel de la Formación San Oficina, cuya interpretación de características geológicas se logra a través del programa VISION. Análisis de esfuerzos mínimos, Nótese una zona con ovalización a una profundidad en casi todo el intervalo de 10081' hasta 10090'

La dirección de los esfuerzos horizontales mínimos, fueron obtenidos del procesamiento del registro de imágenes. En este tipo de registro se observa la presencia de ovalizaciones "Breakouts" en el pozo RG-229 con una dirección preferencial entre $N65^{\circ}-70^{\circ}E$, y el pozo RG-231 con una dirección preferencial entre $N35^{\circ}-55^{\circ}E$, a una profundidad desde 8580' (Formación Oficina) hasta 13790' (Formación San Antonio).

Posteriormente se observa un cambio notable entre $N109^{\circ}-119^{\circ}W$ a una profundidad entre 13840' (Formación San Antonio atravesando el corrimiento) hasta 15040' (Formación Oficina, debajo del corrimiento); dichos cambios de dirección (esfuerzos), estructuralmente se deben a que el pozo RG-231 atravesó el corrimiento de Anaco.

Los vectores de las ovalizaciones (Breakouts) para ambos pozos RG-229 y RG-231 interpretados son analizados usando **DIPINT**, este es un paquete estadístico de vectores tridimensionales que incorpora Gráficos de Rosetas (Roseplots), proyecciones de "Schmidt", Cluster Estadístico, Gráficos de densidad de Contornos y capacidad de análisis interactivos.

TRACK 1: Corresponde al gráfico de vectores el cual está representando el análisis estadístico (Breakouts, Fracturas Inducidas, etc).

TRACK 2: Corresponde al gráfico de vectores el cual está representando el análisis estadístico "Breakouts", y la curva de rayos gamma.

ARRIBA A LA DERECHA: El Schmidt Plot de Densidad señala los grupos calculados de la distribución estáticas de las ovalizaciones.

ABAJO A LA DERECHA: El Rose Plot señala el azimut del esfuerzo-máximo responsable de las ovalizaciones, dando un valor máximo a la circunferencia en % del numero total de los datos.

Las ovalizaciones "breakouts" presentes en el pozo RG-231, tienen una dirección N50°-60°E según las rosetas de esfuerzo, utilizando el programa **DIPINT** (Fig. 49 hasta el 55), y las fracturas hidráulicas se propagaron en una dirección perpendicular, es decir N60°-50°W, lo cual nos dio información de la dirección de los esfuerzos horizontales mínimos en las formaciones siguientes:

Formación Oficina(1737'- 8580'): Pozo RG-231

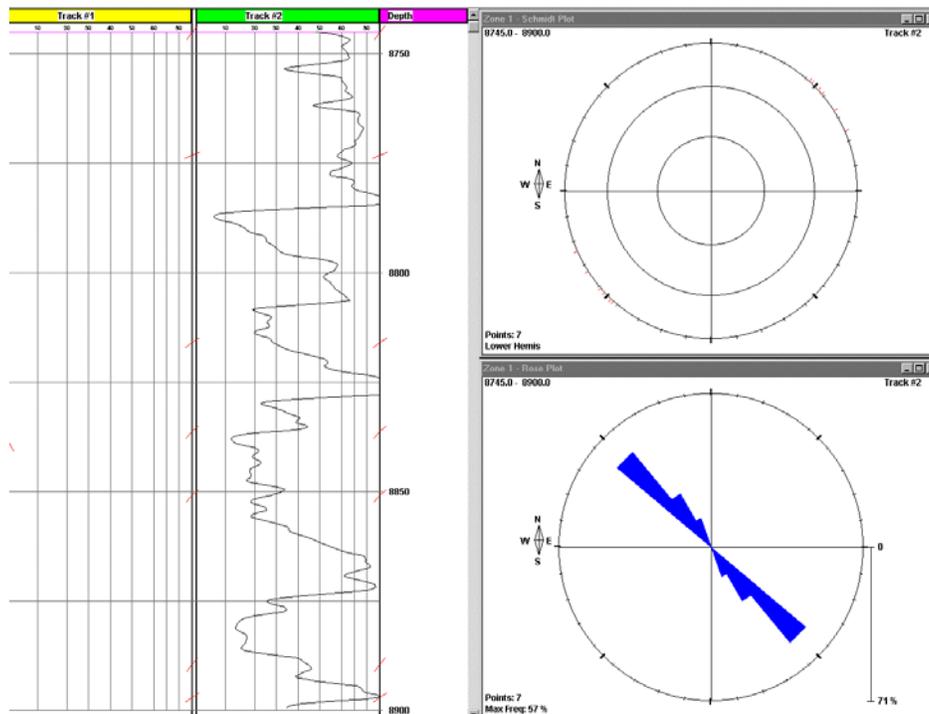


Fig. 49: Gráficos de Rosetas de las ovalizaciones de la Formación Oficina, con una dirección de N45°E de esfuerzos mínimos, y los esfuerzos máximos N45°W, se observa en la roseta de esfuerzos.

Formacion Merecure (8580' - 10252'): Pozo RG-231

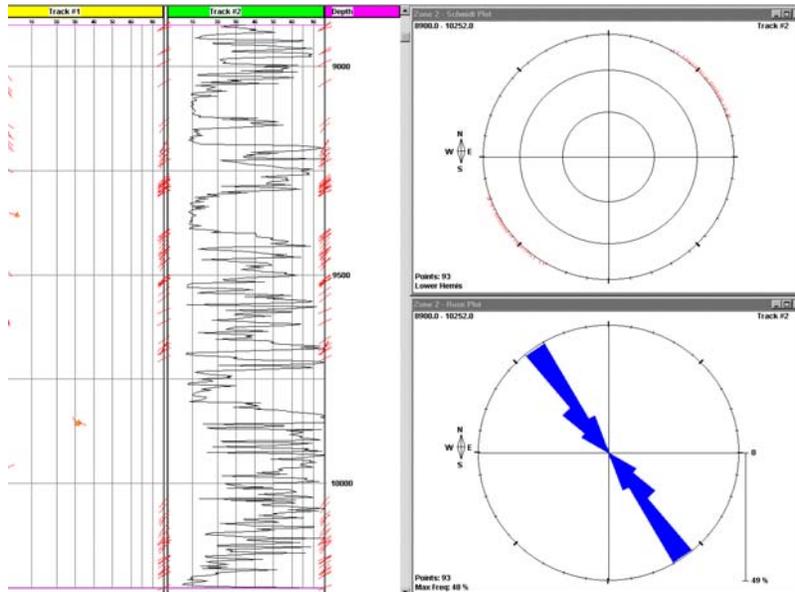


Fig. 50: Gráficos de Rosetas de las ovalizaciones de la Formación Merecure, con una dirección de $N50^{\circ}-60^{\circ}E$ de esfuerzos mínimos y los esfuerzos máximos $N40^{\circ}-30^{\circ}W$, se observa en la roseta de esfuerzos.

Formación San Juan (10344' - 11253'): Pozo RG-231

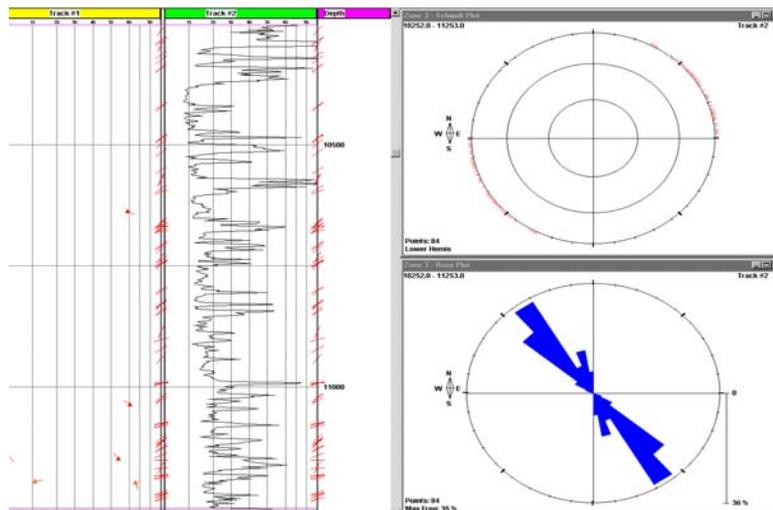


Fig. 51: Gráficos de Rosetas de las ovalizaciones de la Formación San Juan, con una dirección de $N40^{\circ}-60^{\circ}E$ y $N80^{\circ}E$ de esfuerzos mínimo y los esfuerzos máximos $N60^{\circ}-30^{\circ}-20^{\circ}W$ y se observan en la roseta de esfuerzos.

Formación San Antonio, antes del corrimiento(11253' - 13790'):Pozo RG-231

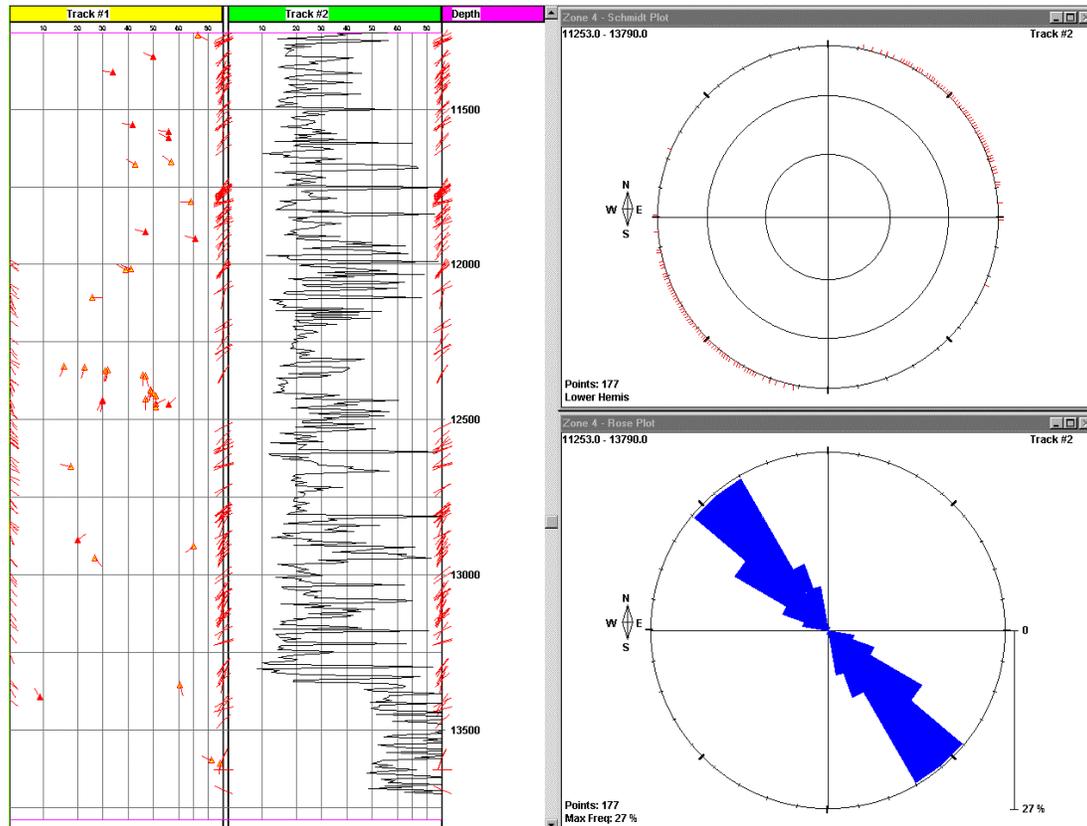


Fig. 52: Gráficos de Rosetas de las ovalizaciones de la Formación San Antonio, Antes del corrimiento con una dirección de $N55^{\circ}-70^{\circ}E$ esfuerzos mínimos y los esfuerzos máximos $N60^{\circ}-30^{\circ}-20^{\circ}W$ y se observa en la roseta de esfuerzos. Las ovalizaciones observadas en el intervalo de 11253' hasta 13790' no presenta en las rosetas de esfuerzos cambio de dirección, y se mantiene casi constante debido a que en dicho intervalo el pozo RG-231 no esta influenciado por el corrimiento de Anaco.

Formación San Antonio, sobre el corrimiento (13790' - 14000)': Pozo Rg-231

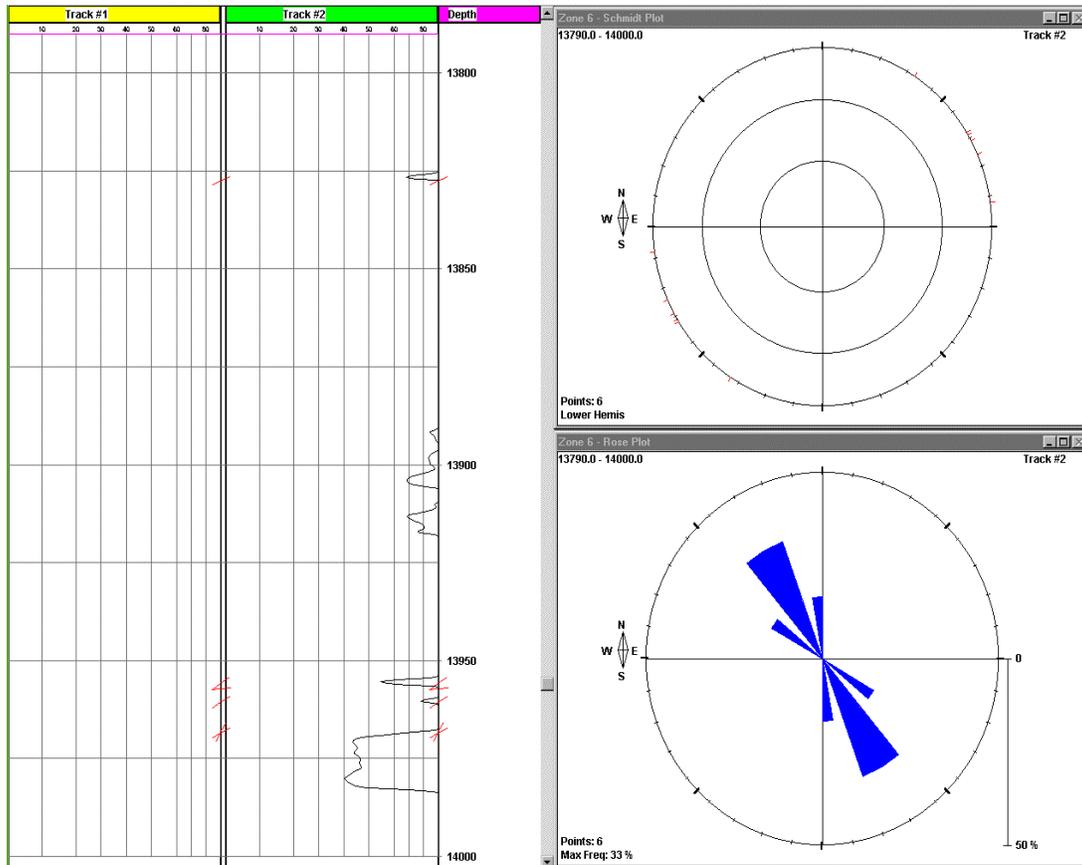


Fig. 53: Gráficos de Rosetas de las ovalizaciones de la Formación San Antonio, sobre el corrimiento con una dirección de $N55^{\circ}-70^{\circ}E$ esfuerzos mínimos y los esfuerzos máximos $N60^{\circ}-30^{\circ}-20^{\circ}W$ y sé Observa en la roseta de esfuerzos. Las ovalizaciones observadas en el intervalo de 13500' hasta 14200' presenta en las rosetas de esfuerzos un notable cambio de dirección $N30^{\circ}E$, $N55^{\circ}-70^{\circ}W$ y $N98^{\circ}E$, debido a que en dicho intervalo el pozo RG-231 atraviesa esta Megafalla

Formación Oficina, Bajo corrimiento (14000' - 15256'): Pozo RG-231

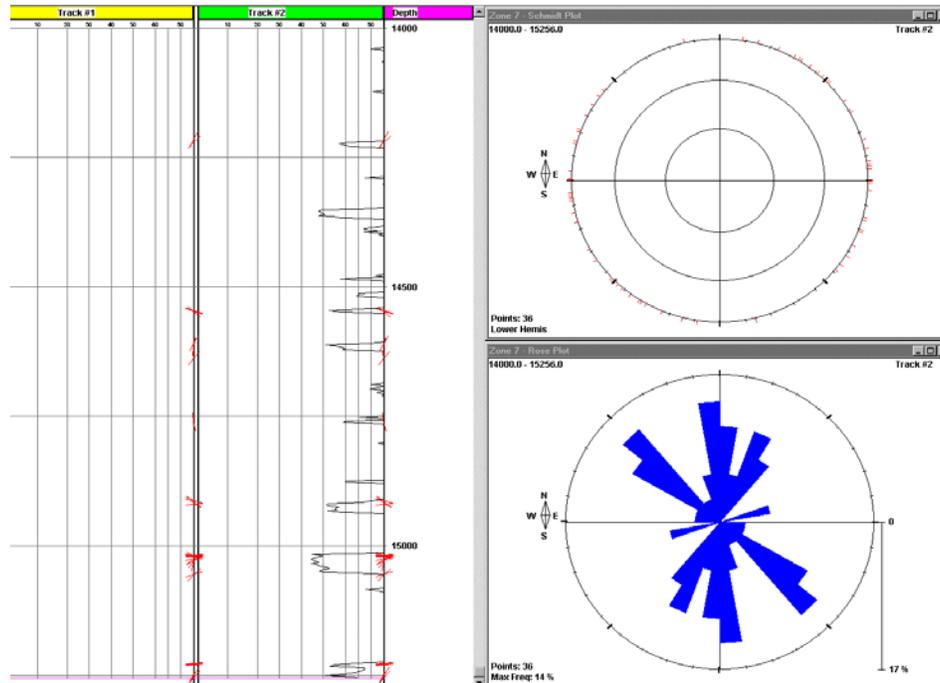


Fig. 54: Gráficos de Rosetas de las ovalizaciones de la Formación Oficina, Baja corrimiento con una dirección de N50°-60°E esfuerzos mínimos y los esfuerzos máximos N40°-30°W .

El pozo piloto RG-231 presenta en su totalidad las siguiente direcciones de esfuerzos:

Esfuerzo Horizontal Máxima, σ_{Hmax} : N60°-50°W. (Fracturas Hidraulicas).

Esfuerzo Horizontal Mínimo, σ_{Hmin} : N50°-60°E. (Ovalizaciones).

Las ovalizaciones "breakouts" presentes en el pozo RG-229, tienen una dirección N10°-20°W , según las rosetas de esfuerzos utilizando el programa **DIPINT (Fig. 55)**, y las fracturas hidráulicas se propagaron en una dirección perpendicular, es decir N70°-80°E, lo cual nos dio información de la dirección de los esfuerzos horizontales en las formaciones siguientes:

Formación Oficina(9860'- 10460'): Pozo RG-229

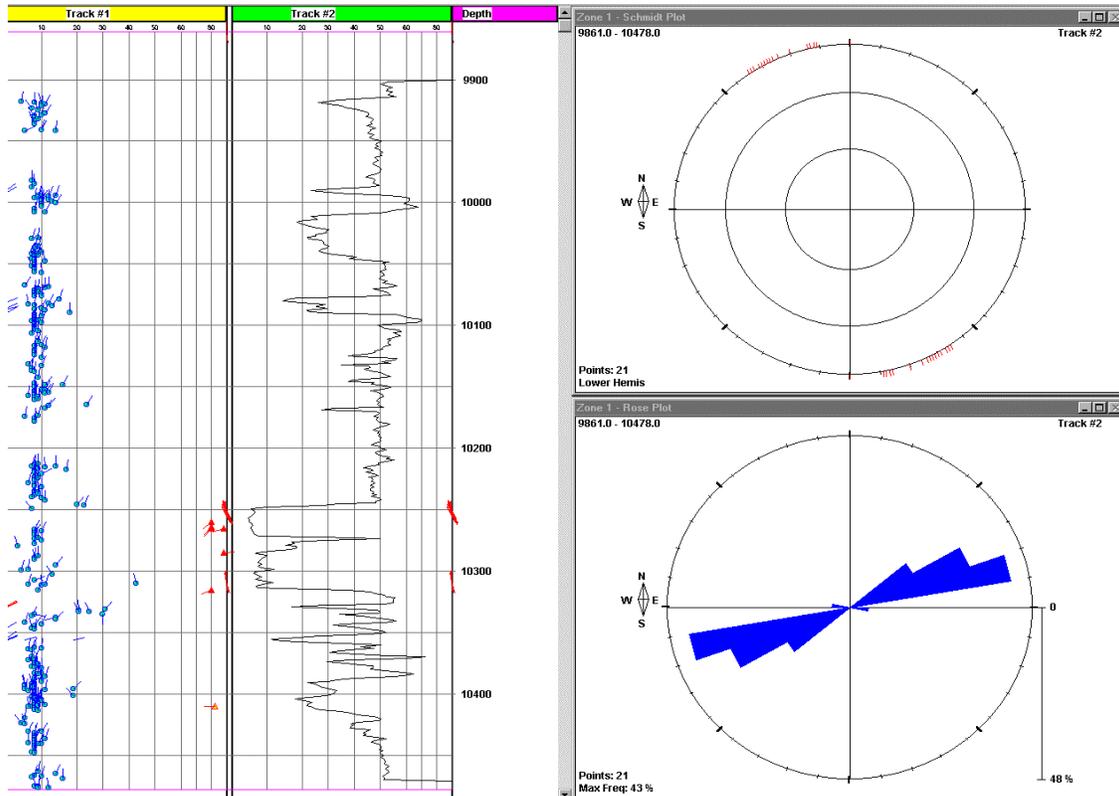


Fig. 55: Gráficos de Rosetas de las ovalizaciones de la Formación Oficina, en el pozo RG-229 al norte de la estructura antiformal, presenta una Dirección de N10°-20°W esfuerzos mínimos y los máximos N80°-70°E . Las ovalizaciones observadas en el intervalo de 9861' hasta 10468' presenta en las rosetas de esfuerzos un notable cambio de dirección N10°- 20°W, debido a que en pozo RG-229 se encuentra ubicado en el flanco norte del domo.

El pozo piloto RG-229 presenta lo siguiente:

Esfuerzo Horizontal Máximo, σ_{Hmax} : N80°-70°E. (Fracturas Hidráulicas).

Esfuerzo Horizontal Mínimo, σ_{Hmin} : N10°-20°W. (Ovalizaciones).

4.3.2... Magnitud

Caracterización de los Esfuerzos "In - Situ" del Pozo RG - 231 y RG - 229

Los esfuerzos “in-situ” y la estimación de la presión de poros del pozo RG-229 y RG-231, en el área de Santa Rosa. Se dispuso de las pruebas de presión de formación "FMT" tomadas en ambos pozos, calculando el gradiente de formación para cada uno de los pozos (Presión Restaurada (psi) / Profundidad TVD (pie)). Una vez obtenida la data se procesó la data mediante el software denominado "Express" desarrollado por Baker Atlas. Posteriormente se crea la curva llamada "ppgc", luego se realizó dicha curva en Excel (**Fig. 56 y 57**). Y son claves determinantes para cualquier análisis geomecánico.

Los tres principales esfuerzos que son requeridos para cualquier cálculo y diseño de ingeniería de subsuelo son: esfuerzo de sobrecarga, máximo horizontal, y mínimo horizontal. El **esfuerzo vertical** para los Pozo RG-229 y RG-231 (**Fig. 58 y 59**) o de sobrecarga es estimado integrando el registro de densidad de la formación, contando con la información desde muy cerca de la superficie.

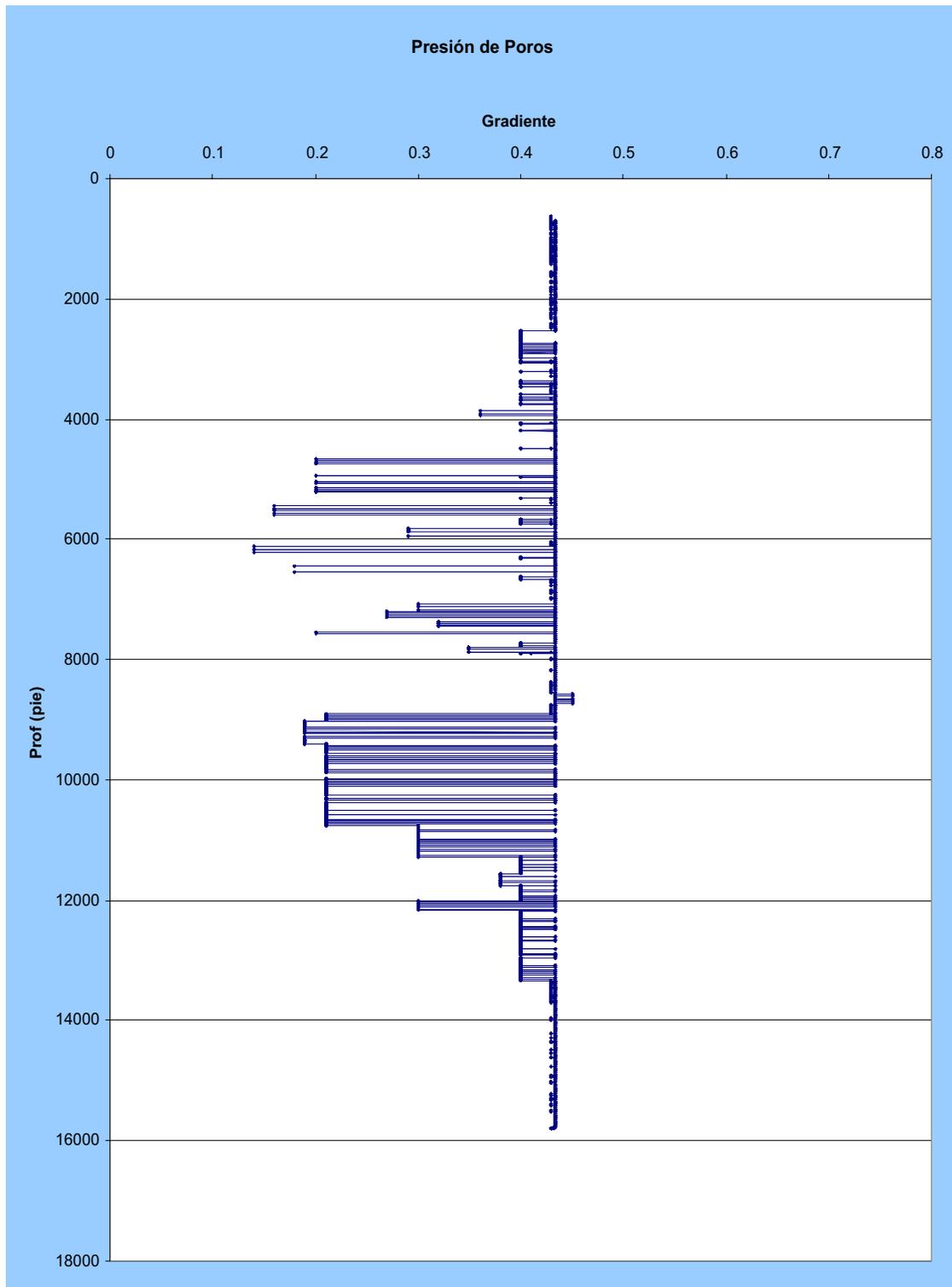


Fig. 56: Diferencial de Presión vs. Profundidad. Pozo RG-231. Cambios litológicos, Arena-Lutita.

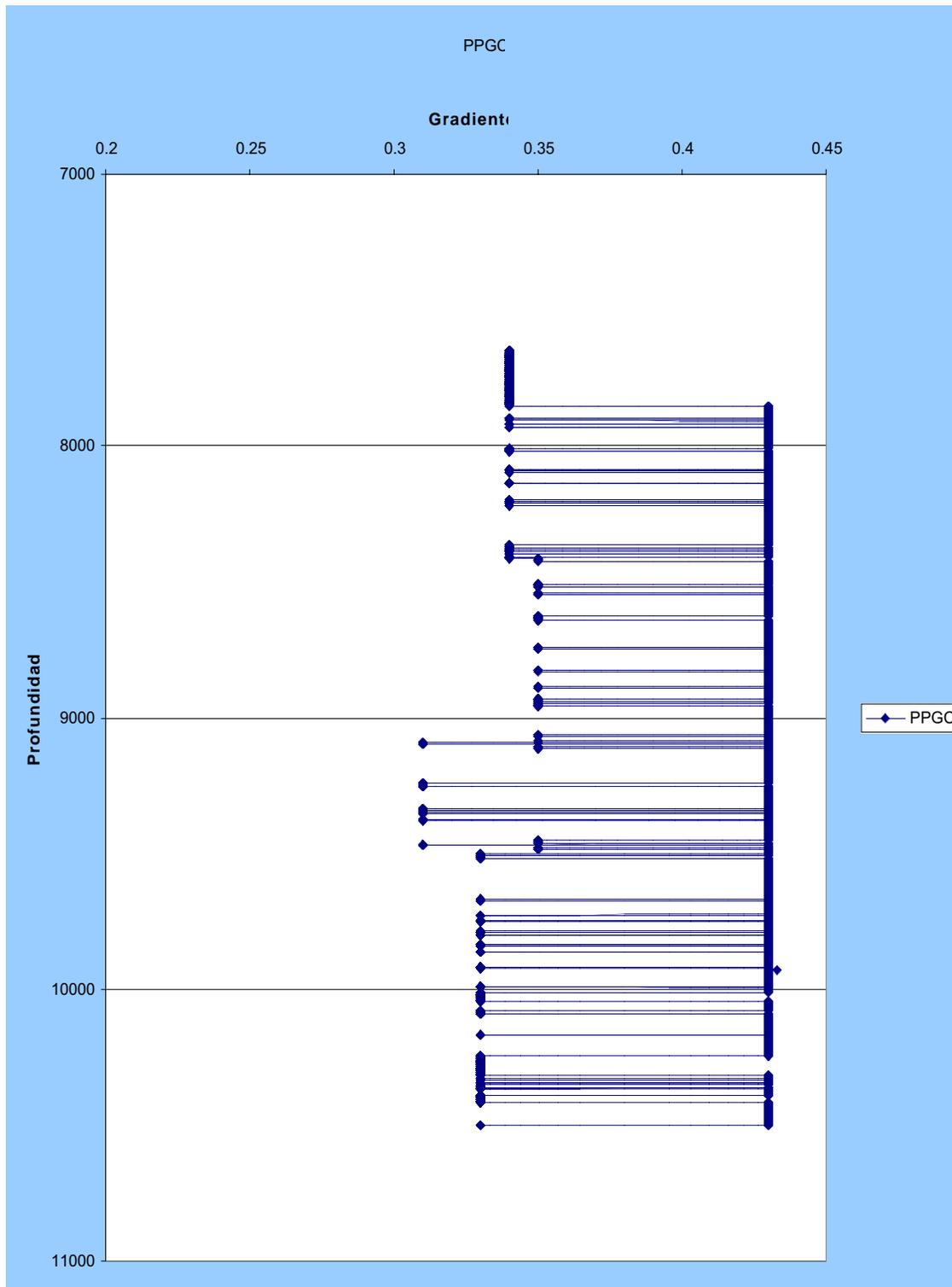


Fig. 57: Diferencial de Presión vs. Profundidad. Pozo RG-229. Cambios Litológico de Arena – Lutita.

El esfuerzo mínimo horizontal es estimado de la sobrecarga usando el efecto de la relación de Poisson y calibrado para incluir el efecto de compresión tectónico lateral. Esto normalmente se hace tomando la diferencia entre el esfuerzo observado y el esfuerzo teórico y desplazando el teórico por la diferencia.

El esfuerzo observado es determinado de un ensayo de "leak-off" durante la perforación y/o una prueba de "minifrac" durante la estimulación por fracturamiento hidráulico. La prueba de microfracturamiento debe ser conducida para medir los valores y direcciones de ambos esfuerzos horizontales, máximo y mínimo. Se recomienda que el LOT sea realizado al menos en cada zapata de tubería para cada pozo perforado. El presupuesto debe permitir pruebas de mini o micro fracturamiento.

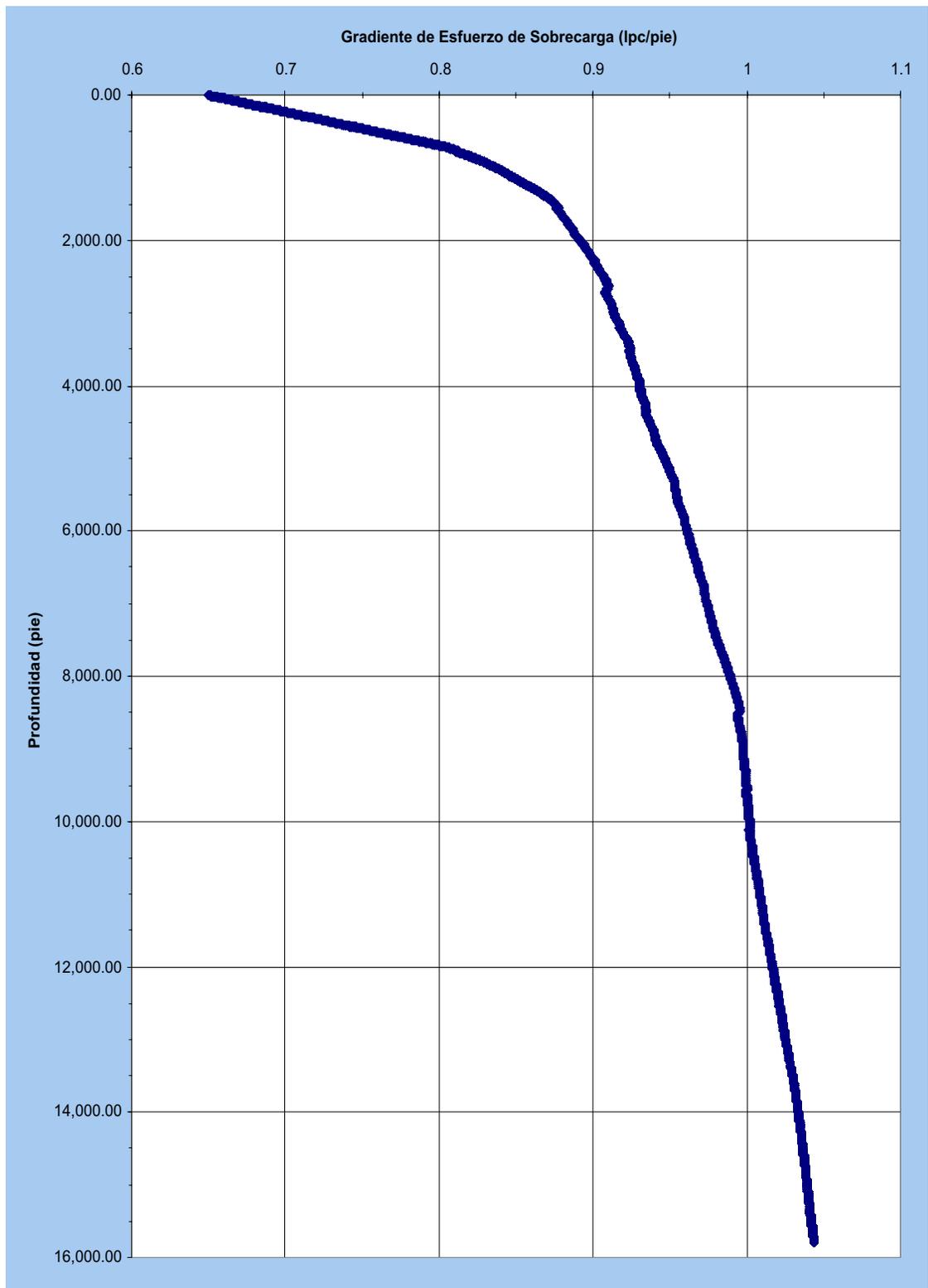


Fig. 58: Gradiente de Esfuerzo vs Profundidad. Pozo RG-231.

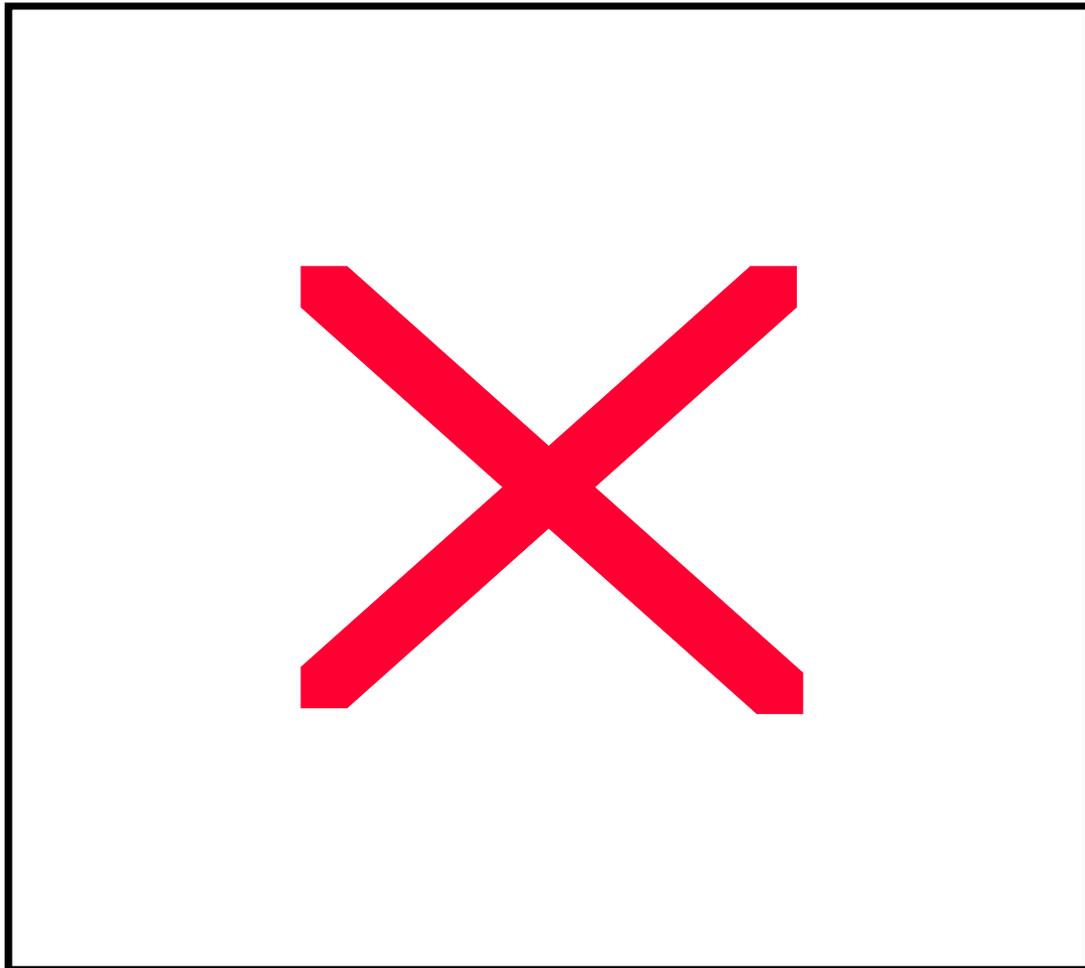


Fig. 59: Gradiente de Esfuerzo vs Profundidad. Pozo RG-229

Para estimar de la magnitud de los esfuerzos horizontales máximos y mínimos (**Figura 60**), se emplea el programa BIAS (Sistema de Análisis para la estabilización del hoyo), el cual utiliza las medidas en el hoyo para estimar la falla de la formación y los esfuerzos "*in-situ*". El programa se basa en soluciones de elasticidad (Morh-Coulomb), para describir la distribución de esfuerzos alrededor del hoyo perforado en un campo de esfuerzo dado. Es un modelo elástico lineal basado en la suposición de que el hoyo sea circular.

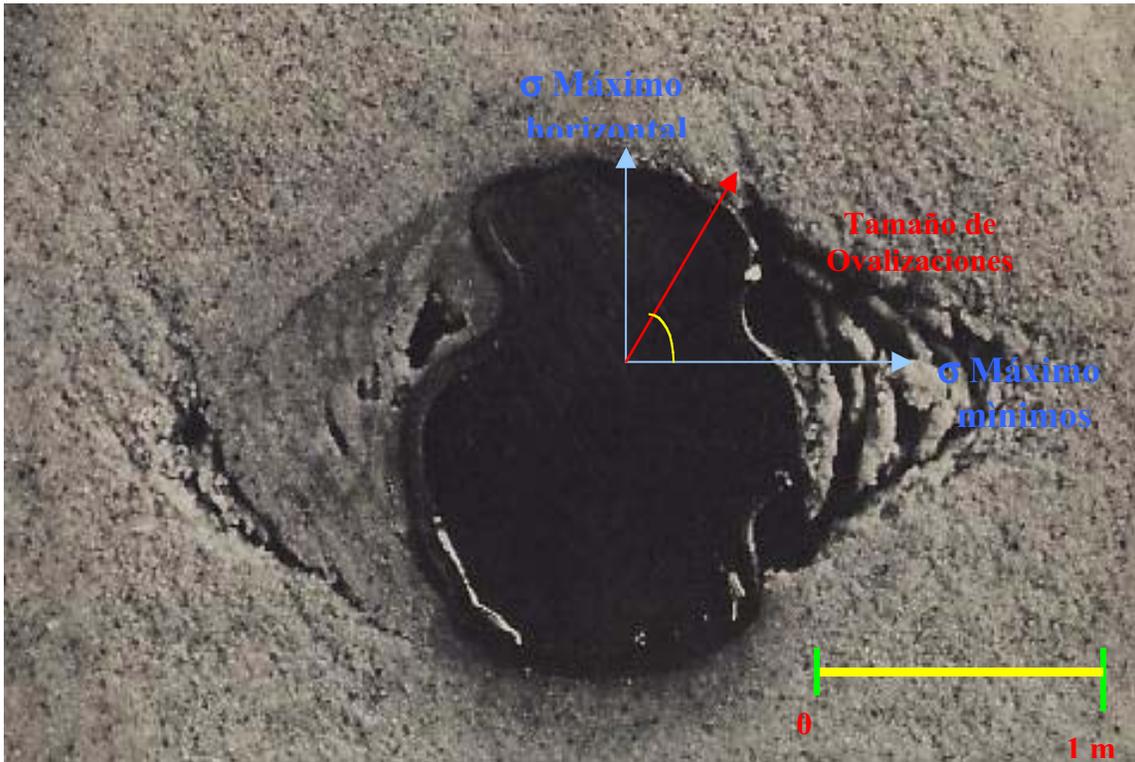


Fig. 60: Geometría de un hoyo ovalizado. Y formulas para calcular el esfuerzo mínimo horizontal para la estimación de esfuerzos “in-situ” y fallas de rocas a partir de medidas en el hoyo, estas soluciones de elasticidad describe la distribución de esfuerzos alrededor del hoyo perforado en un campo de esfuerzos dados. Estos esfuerzos son comparados con la resistencia de la roca en la cual el hoyo es perforado. BIAS decide el potencial de falla cerca de la pared del hoyo, y por lo tanto predice la estabilidad del hoyo.

Formulas para calcular el esfuerzo mínimo horizontal para la estimación de esfuerzos “in-situ”(Seehong Hong, Baker Atlas)

El reporte diario de perforación de ambos pozos RG-229 y RG-231 incluye incidencias de pérdidas de circulación o cantidad excesiva de material que no puede ser transportado por el lodo o pega de las barras de perforación, los cuales son excelentes para refinar la información de esfuerzos "in-situ". Las ovalizaciones "breakouts" del pozo RG-229 y RG-231, el diámetro de elongación del hoyo en una dirección preferencial, frecuentemente fueron observados en los registros de imágenes.

La orientación de las ovalizaciones coincide con la dirección del esfuerzo mínimo horizontal, y son causados por fallas compresivas y para un hoyo vertical, el tamaño de los ovalizaciones "breakouts" está relacionado con la magnitud y dirección del esfuerzo mínimo horizontal; utilizando el análisis de esfuerzos elásticos el esfuerzo horizontal mínimo puede ser estimado conociendo el tamaño y la localización de las ovalizaciones "breakouts".

El caso en estudio no contaba con la información de esfuerzos, por el cual el programa fue alimentado con los datos disponibles como, resistencia máxima, propiedades mecánicas, dirección de esfuerzos, peso del lodo utilizado para perforar y presión de poros. Fueron considerados los puntos de fallas de cada una de las formaciones de estudio (Oficina, Merecure, San Juan y San Antonio), donde se observó ocurrencia de ovalizaciones "breakouts", y con la ayuda del BIAS fue realizado el análisis de falla, para determinar los esfuerzos horizontales máximos y mínimos necesarios para la ocurrencia de fallas compresivas de esos puntos.

Las profundidades analizadas en ambos pozos RG-231 y RG229 en cada una de los intervalos en cada una de las formaciones fueron:

Stress Form		General Tensor						Units	English	
Depth (ft)	S1 Magnitude (psi)	Azimuth S1 (deg)	Deviation S1 (deg)	S2 Magnitude (psi)	Azimuth S2 (deg)	Deviation S2 (deg)	S3 Magnitude (psi)	Azimuth S3	Deviation S3	Ppore
								The magnitude of the minimum principal in-situ		
8745.00	8711	0	0	5510	133	90	5000	43	90	3787
8836.50	8807	0	0	20000	145	90	5500	55	90	3826
8966.50	8946	0	0	8300	131	90	5800	41	90	3882
9701.00	9705	0	0	14630	153	90	6000	63	90	2037
10286.00	10317	0	0	10000	137	90	6200	47	90	4454
10420.00	10463	0	0	14400	145	90	6300	55	90	2188
10745.00	10817	0	0	12450	143	90	6500	53	90	2256
11142.00	11251	0	0	11500	146	90	6700	56	90	3343
11749.00	11922	0	0	10800	132	90	7100	42	90	5087
12794.00	13095	0	0	15700	143	90	7300	53	90	5118
12987.00	13314	0	0	13000	141	90	7400	51	90	5195
14216.00	14712	0	0	15300	123	90	7500	33	90	6156
15021.00	15612	0	0	33000	180	90	7800	90	90	6504
15256.00	15876	0	0	15500	132	90	7900	42	90	6686

Tabla(4): Salida del programa BIAS, intervalos de mayor interés en la Formaciones San Juan, San Antonio, Merecure y Oficina del pozo RG-231.

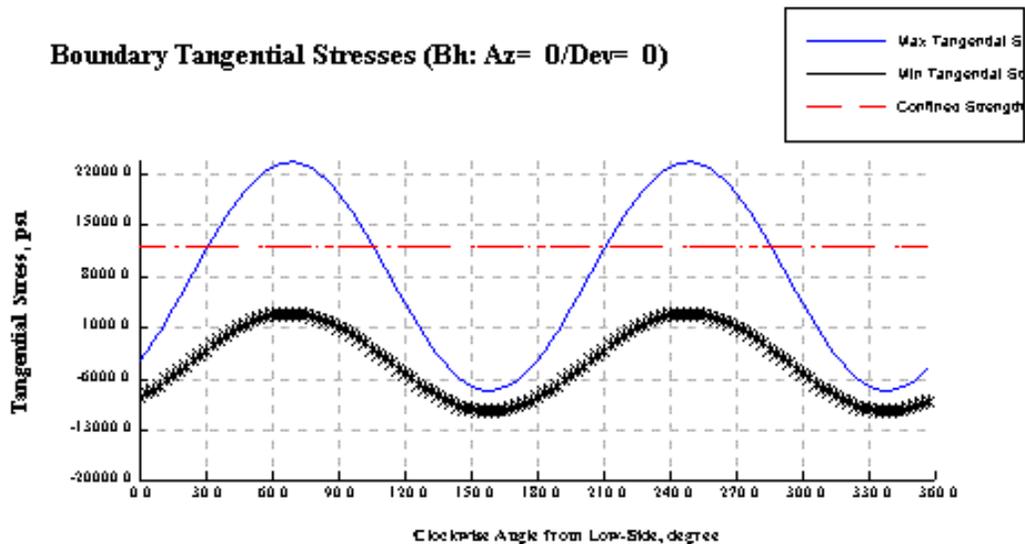


Fig. 61: En la Formación Oficina (8745'), en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es estable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 1500 psi, ocurrirá el colapso del hoyo.

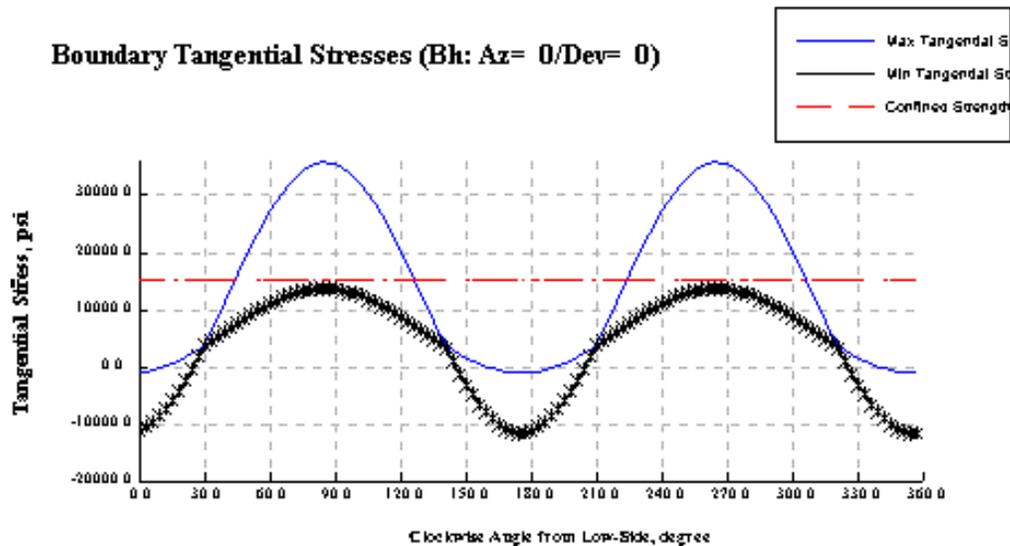


Fig. 62: Formación Merecure (9701'), en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es inestable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 15.000 psi, ocurrirá el colapso del hoyo.

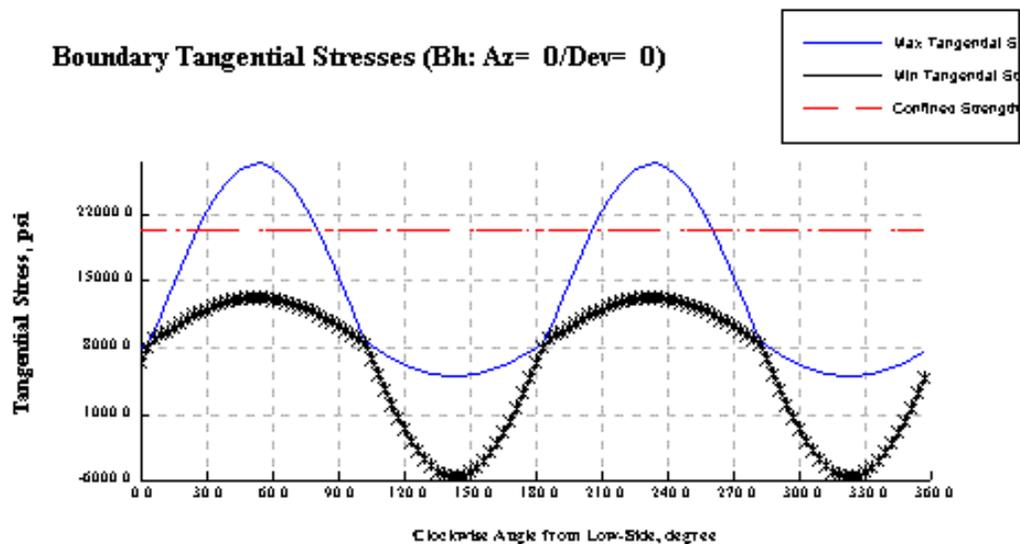


Fig. 63: Formación San Juan (10745'), en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es estable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 14.000 psi, ocurrirá el colapso del hoyo.

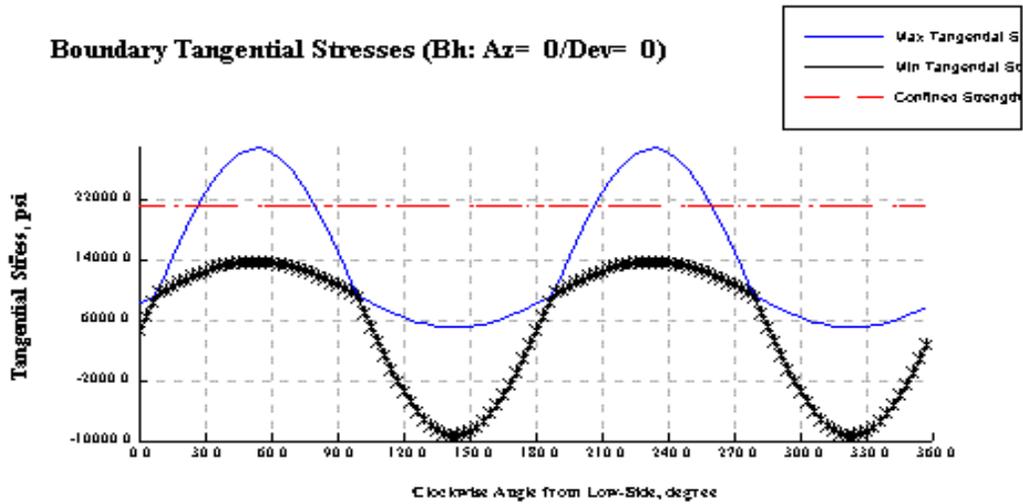


Fig. 64: Formación San Antonio (12794') en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es inestable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 14.000 psi, no ocurrirá el colapso del hoyo.

	Stress Form		General Tensor					Units		English	
	Depth (ft)	S1 Magnitude (psi)	Azimuth S1 (deg)	Deviation S1 (deg)	S2 Magnitude (psi)	Azimuth S2 (deg)	Deviation S2 (deg)	S3 Magnitude (psi)	Azimuth S3 (deg)	Deviation S3 (deg)	Ppore (psi)
<input checked="" type="checkbox"/>	10346.00	0.8088	0.00	0.00	12250	167	90	5360.92	77	90	4448.78
<input type="checkbox"/>	10043.00	0.8001	0.00	0.00	23000	168	90	4103.61	78	90	4318.5
<input type="checkbox"/>	9999.50	0.7986	0.00	0.00	8250	163	90	3099.19	73	90	4299.78
<input type="checkbox"/>	8940.00	0.7623	0.00	0.00	13000	150	90	4835.85	60	90	3844.2
<input type="checkbox"/>	8827.00	0.7579	0.00	0.00	14875	145	90	5928.88	55	90	3795.61
<input type="checkbox"/>	8517.00	0.7454	0.00	0.00	11700	158	90	4062.35	68	90	3662.31
<input type="checkbox"/>	7973.50	0.7208	0.00	0.00	10150	167	90	2396.42	76	90	3428.60
<input type="checkbox"/>	7959.50	0.7201	0.00	0.00	9100	160	90	2830.28	70	90	3422.58

Tabla(5): Salida del programa BIAS, intervalos de mayor interés en la Formaciones San Juan, San Antonio, Mercure y Oficina del pozo RG-229.

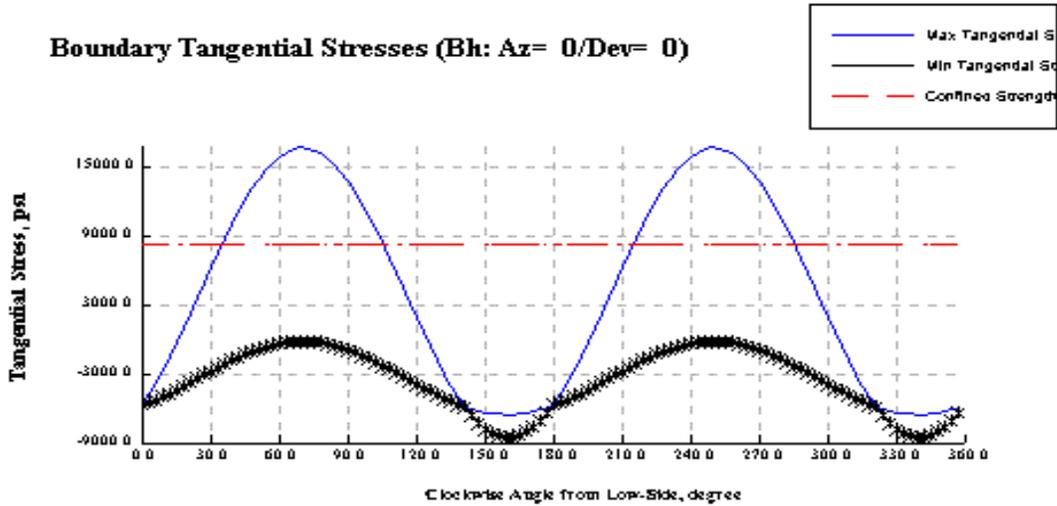


Fig. 65: Formación Oficina (7959.5'), en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es estable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 1.500 psi, ocurrirá el colapso del hoyo.

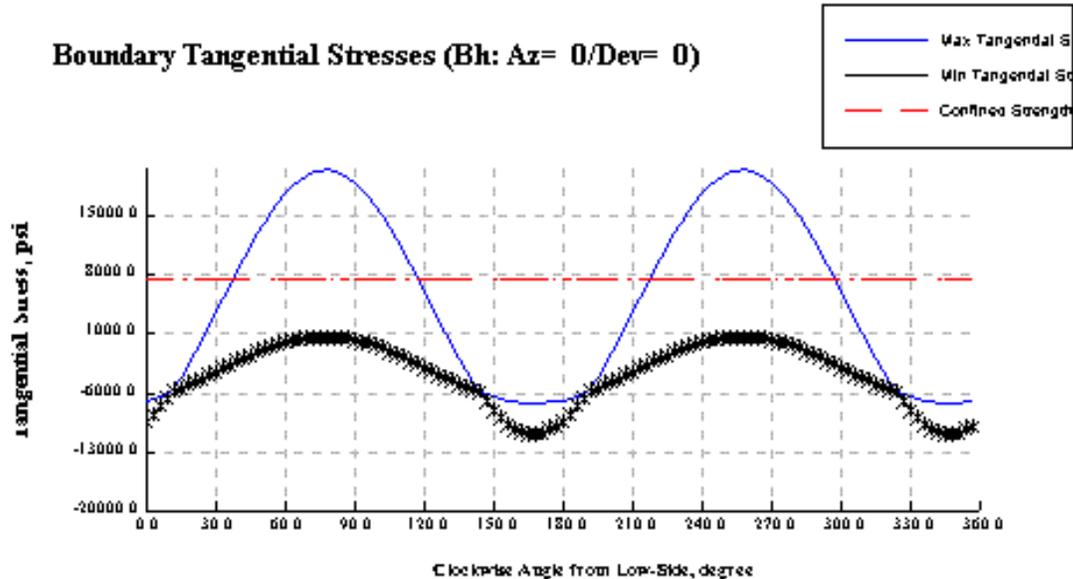


Fig. 66: Formación Oficina (7973.5'), en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es estable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 1.000 psi, ocurrirá el colapso del hoyo.

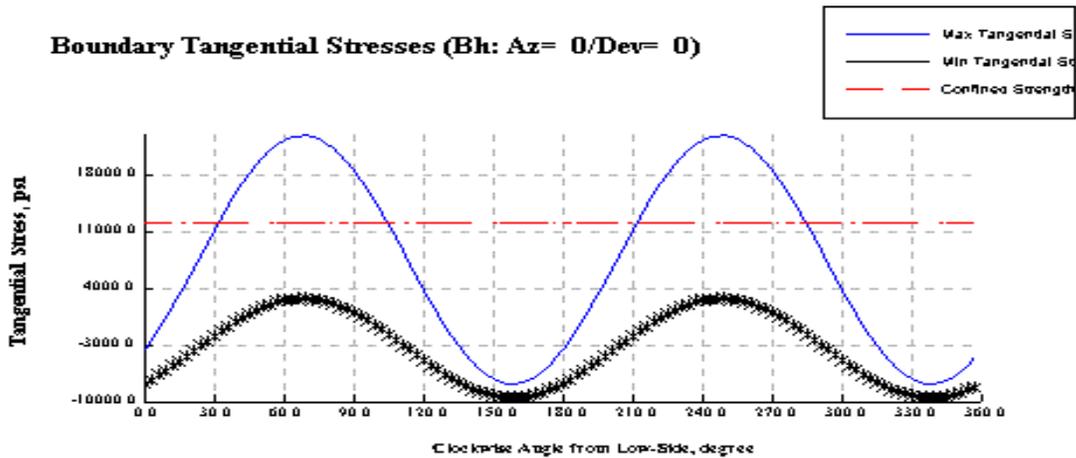


Fig. 67: Formación Oficina (8940'), en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es estable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 4.000 psi, ocurrirá el colapso del hoyo.

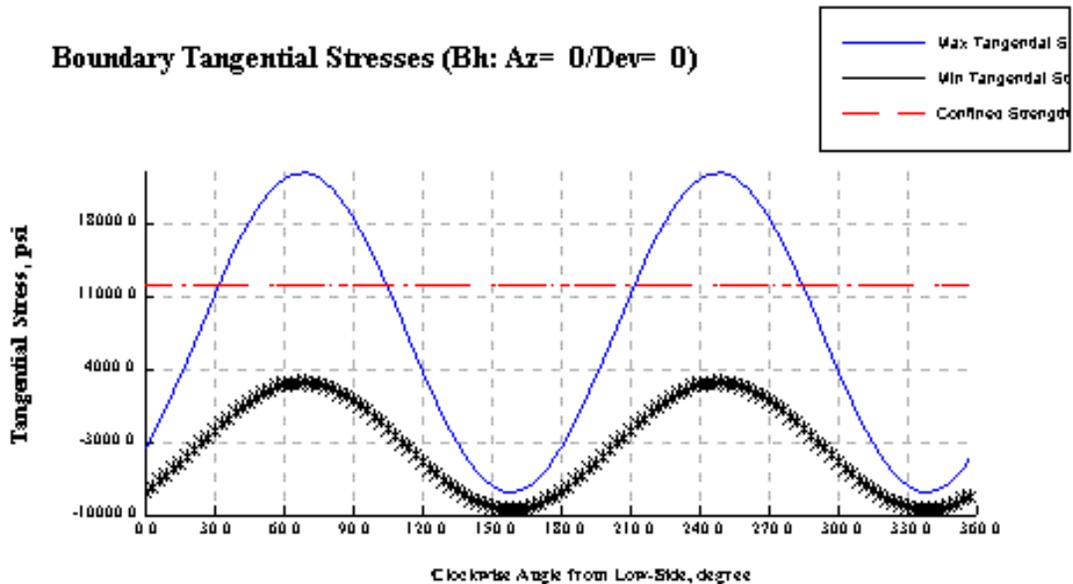


Fig. 68: Formación Oficina (9999.5), en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es estable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 4.000 psi, ocurrirá el colapso del hoyo.

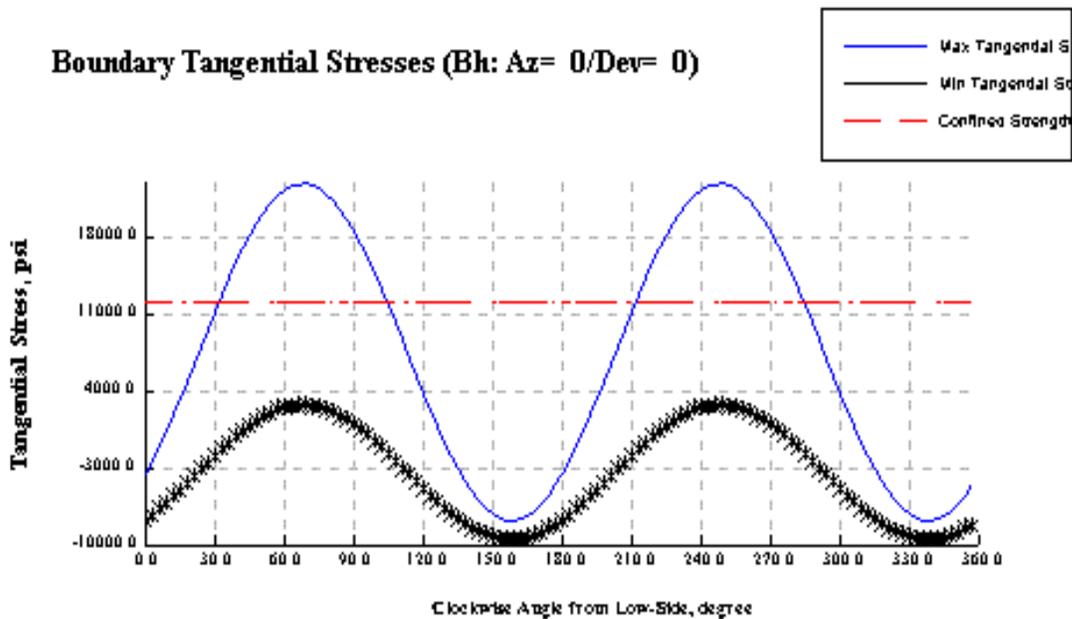


Fig. 69: Formación Oficina (10043'), en esta profundidad se comparan los esfuerzos máximos (curva azul) y esfuerzos mínimos (curva negra) con el UCS (curva roja), obteniendo que el potencial de falla o ruptura del hoyo es estable, a estas condiciones. No obstante si el UCS estuviera por el orden de los 4.000 psi, ocurrirá el colapso del hoyo.

MODELO DE LOS ESFUERZOS IN-SITU DE LA ESTRUCTURA DOMICA

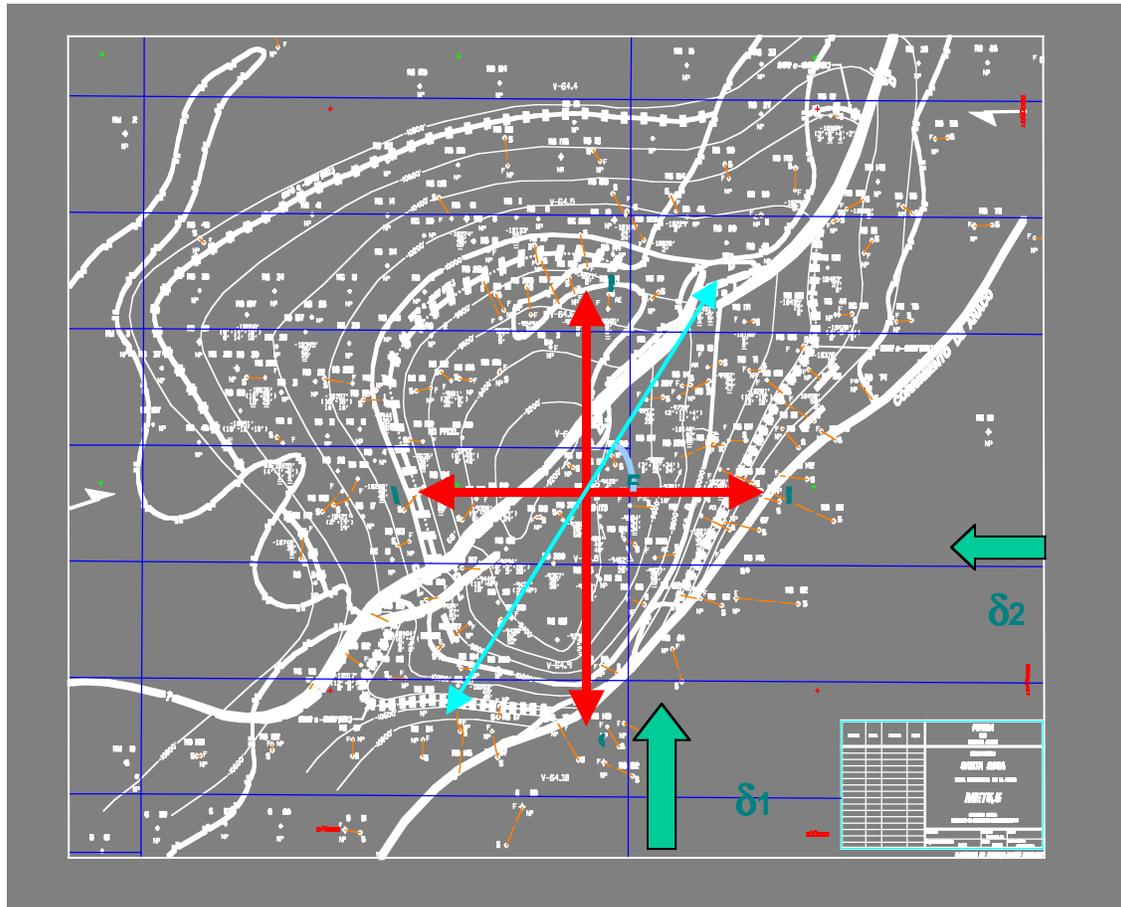


Fig. 71: Modelo de los esfuerzos in-situ de la estructura dònica en la Formación Mercure . Ella presenta una dirección de esfuerzos mínimos compresivos, según la evaluación de los esfuerzos en el pozo Piloto RG-231, a lo largo del eje axial del antifforme. Por lo tanto la orientación de las ovalizaciones observadas, y se observan que las direcciones preferenciales de los esfuerzos mínimos horizontales en estas zonas N45°-60°E y una magnitud que varía desde 5000 psi hasta 14000 psi aproximadamente. Y la dirección de esfuerzos máximos horizontales son N45°-30°W, y una magnitud que varía desde 5800 psi hasta 14000 psi.

MODELO DE LOS ESFUERZOS IN-SITU DE LA ESTRUCTURA DOMICA

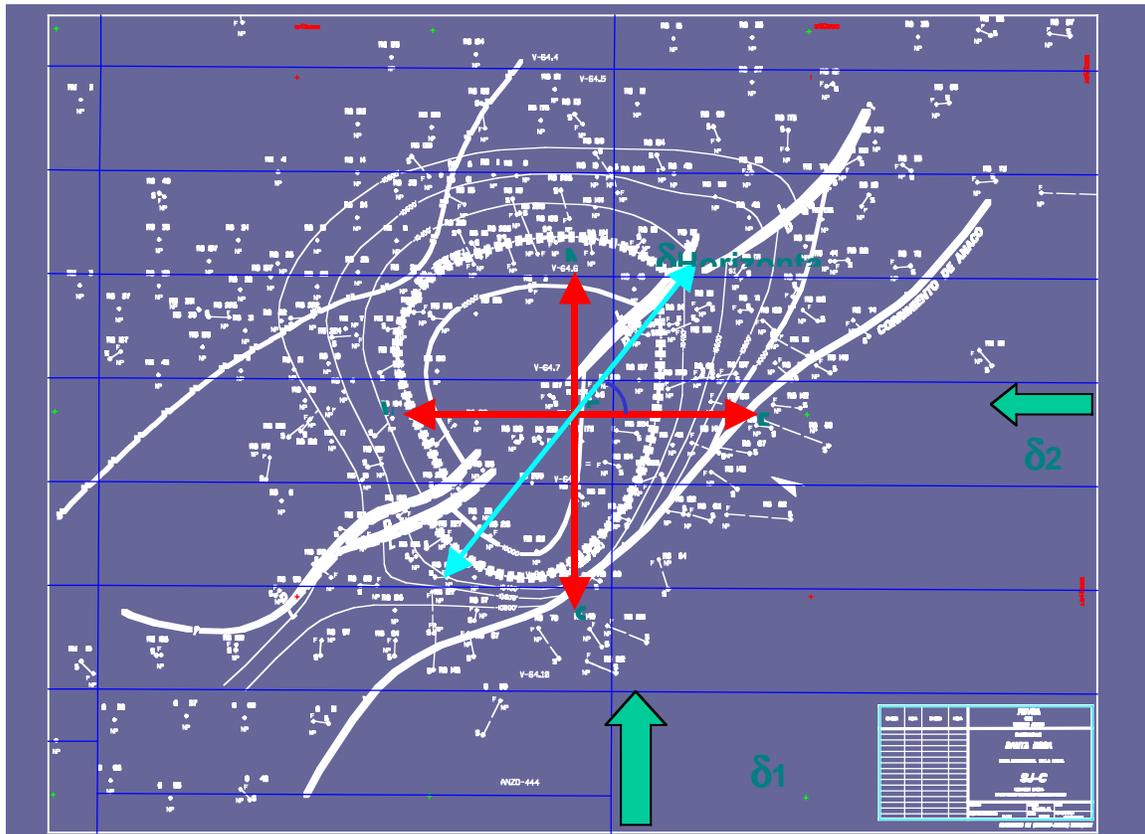


Fig. 72: Modelo de los esfuerzos in-situ de la estructura dònica en la Formación San Juan. Presenta una dirección de esfuerzos mínimos compresivos, según la evaluación de los esfuerzos en el pozo Piloto RG-231, a lo largo del eje axial del antifirme. Por lo tanto la orientación de las ovalizaciones observadas y plasmada en cada uno de los mapas estructurales de cada formación con lo cual coteja lo del pasado es igual al presente, y se observan que las direcciones preferenciales de los esfuerzos mínimos horizontales en estas zonas $N45^{\circ}-60^{\circ}E$ y una magnitud que varia desde 5000 psi hasta 14000 psi aproximadamente. Y la dirección de esfuerzos máximos horizontales son $N45^{\circ}-30^{\circ}W$, y una magnitud que varia desde 5800 psi hasta 14800 psi.

MODELO DE LOS ESFUERZOS IN-SITU DE LA ESTRUCTURA DOMICA

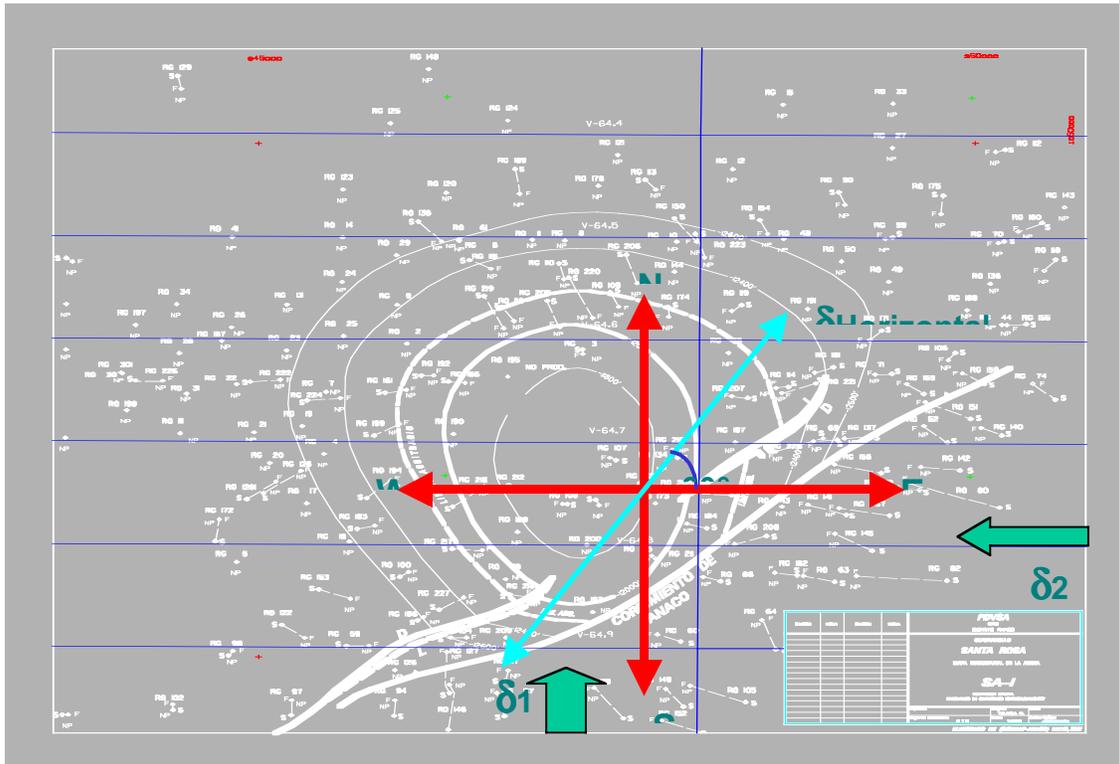


Fig. 73: Modelo de los esfuerzos in-situ de la estructura dómica en la Formación San Antonio. Presenta una dirección de esfuerzos mínimos compresivos, según la evaluación de los esfuerzos en el pozo Piloto RG-231, a lo largo del eje axial del antifirme. Por lo tanto la orientación de las ovalizaciones observadas y plasmada en cada uno de los mapas estructurales de cada formación con lo cual coteja lo del pasado es igual al presente, y se observan que las direcciones preferenciales de los esfuerzos mínimos horizontales en estas zonas N45°-60°E y una magnitud que varia desde 12400 psi hasta 14000 psi aproximadamente. Y la dirección de esfuerzos máximos horizontales son N45° - 30°W, y una magnitud que varia desde 10000 psi hasta 14000 psi.

5... RESULTADOS

Se definió el modelo geomecánico con la Geología estructural del campo Santa Rosa, a partir de la integración de la evaluación y análisis geomecánico de los pozos pilotos RG-231 y RG-229, en las Formaciones San Antonio, San Juan, Merecure y Oficina, teniendo como resultado lo siguiente:

1 -) En la Formación Oficina se observa en el pozo RG-231, ubicado al sur y en la cresta del braquianticlinal, está afectado por la Gran falla inversa al Sur y al Norte por dos fallas Subverticales; los esfuerzos mínimos horizontal compresivos presentan una dirección N45°E y una magnitud de 5000 psi, y los esfuerzos máximos horizontales presentan una dirección N45°W y una magnitud desde 5000 psi hasta 20000 psi.

2 -) En la Formación Oficina el pozo RG-229, ubicado en el flanco norte del braquianticlinal, dichos esfuerzos mínimos horizontal compresivos presentan una dirección N20°W y una magnitud de 2300 psi hasta 5900 psi, y los esfuerzos máximos horizontales presentan una dirección de N70°E y una magnitud de 9000 psi hasta 14800 psi, plasmando dicha información en el mapa estructural Base de Oficina.

3 -) En las Formaciones Merecure, San Juan y San Antonio; cada una de ellas presenta una dirección de esfuerzos mínimos compresivos, según la evaluación de los esfuerzos en el pozo piloto RG-231, a lo largo del eje axial del braquianticlinal. Por lo tanto la orientación de las ovalizaciones observadas y plasmada en cada uno de los mapas estructurales determina que la dirección preferencial de los esfuerzos mínimos horizontales en esta zona es N45°-60°E y una magnitud que varía desde 12400 psi hasta 15700 psi aproximadamente. Y la dirección de esfuerzos máximos horizontales es N45 - 30°W, con una magnitud que varía desde 10000 psi hasta 15800 psi.

4 -) Por condiciones de geometría y asimetría del braquianticlinal está influido actualmente por una actividad un régimen de esfuerzos mínimos y máximos en sentido antihorario (dirección y magnitud), en toda la estructura del antifforme tectónicamente activo, esta interacción en el tiempo geológico produce movimientos verticales y horizontales que traen como consecuencia la acumulación y destrucción de grandes espesores de sedimentos y con ello la conjunción de factores y ambientes propicios para la generación, migración y acumulación de los hidrocarburos. Evidencia en la cual se observa por la rotación de esfuerzos mínimos horizontal compresivos generando a futuro a escala de tiempo geológico un pliegue en deformación continua.

5 -) De acuerdo al modelo de los esfuerzos “ *in-situ*” de la estructura antifforme proporcionara un mejoramiento continuo de los procesos asociados a la perforación de pozos de alto ángulo y horizontales, además del alto impacto económico esta técnica radica en que mediante este conocimiento se puede obtener un pozo estable, sin esta información en el área, el riesgo económico se puede producir la pérdida total del pozo.

6... CONCLUSIONES

1- Esta importante aplicación de las ovalizaciones en la exploración del campo Santa Rosa, permite obtener una visión segura de información de los esfuerzos de las rocas In-situ, sosteniendo y asegurando comercialmente la actividad exploratoria en perforación. La evaluación y el análisis detallado de los pozos pilotos RG-229 (vertical) y RG-231 (vertical) y esta enfocado básicamente a preparar una propuesta tomando en cuenta las Prognosis Geológicas de las localizaciones de los pozos RG-JD, RG-JE y RG-JF.

2- Basándonos en el entendimiento del ambiente de perforación mediante la identificación de los problemas característicos del campo, sus orígenes, y las oportunidades para mejorar el rendimiento estándar del área. Se plantean reducir los tiempos de perforación de los pozos sin impactar negativamente el presupuesto que se tenga para los mismos, estudiando la viabilidad para la aplicación de nuevas tecnologías y evaluar la posibilidad de reducir el diseño de revestidores actualmente planificado de los pozos a horizontalizar.

3- El impacto positivo que tiene este tipo de trabajo es para obtener la eficacia de perforación, logrando a través un estudio de optimización detallado previo a la perforación basado en datos de pozo de referencia (pozos vecinos), con una implementación del plan de acción en el equipo (taladro), con captura, documentación y distribución de conocimiento posterior a la perforación (lecciones aprendidas).

4- La metodología expuesta en este trabajo, permite establecer un manejo de riesgos solucionando problemas relacionados con la perforación por medio de una planificación y análisis de riesgo detallados, y contribuir a salvaguardar el medio ambiente, reduciendo el tiempo de labores de perforación y mejorando la eficiencia de la misma.

7... RECOMENDACIONES

1- En la eficiencia en la perforación se debe optimizar la velocidad de penetración en el fondo, maximizar la tasa diaria efectiva de construcción de pozo, reducir los viajes, aumentar la vida útil de la herramienta en el fondo del pozo y especificación de la tecnología. Las condiciones del pozo a futuro con integridad y reducción de la tortuosidad del pozo.

2- Mantener una comunicación efectiva con visión de equipo, preparación y ejecución de un plan detallado, comunicación y directivas en el equipo.

3- Se recomienda proseguir el proyecto, con una evaluación y predicción de arenamiento de ambos pozos RG-229 y RG-231.

8... BIBLIOGRAFÍA

- 1- **BENGARAY. MANUEL**, (1999). Manual Para la Ejecución del Trabajo Especial de Grado, UCV.
- 2- **BELON. ESPESO**, (2000). Interpretación estructural de Sísmica 3D del área del Lic "Santa Rosa". PDVSA-INTEVEP.
- 3- **MEDINETS, DAVID**. Herramienta de Programación para el Shell de Unix. 569 Pág.
- 4- **COATES, D. F.** (1970). Fundamentos de Mecánica de Rocas, Ministerio de Energía, Minas y Recursos Naturales(Canadá). Pág. 579 .
- 5- **DE SISTO, J.** (1960). Revised type section of the Oficina Formation. Asociación Venezolana de Geología, Minas y Petróleo.
- 6- **DE SISTO, J.** (1961). Stratigraphic relationships a long the southern shelf area of eastern Venezuela basin, east of the geater Oficina fields. Asociación Venezolana de Geología, Minas y Petróleo.
- 7- **DI CROCE, J;** (1989). Análisis Sedimento lógico de la Formación San Juan, en la Cuenca Oriental de Venezuela. Trabajo de Ascenso UCV.
- 8- **FELDR. B.** (1980). Schlumberger, Evaluación de Formaciones en Venezuela.
- 9- **ARIAS, FIDIAS.** (1999). El Proyecto de Investigación, Guía para su Elaboración

10- FUNKOUSER, L. C; L. C. SASS, AND H. D. HEDBERG, (1948), Santa Ana, San Joaquín, Guario, and Santa rosa oil fields (Anaco fields), Central Anzoátegui, Venezuela: AAPG Bulletin, V.32 p.1851-1908.

11- FURRER, M. Y M. CASTRO, (1997). Notas geológicas sobre datos inéditos de LAGOVEN, en la Cuenca Oriental de Venezuela. En prensa, Pág. 27.

12- GONZALEZ DE JUANA, ITURAL DE AROZENA PICARD, X.(1980) . Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas. II Tomos 1033 Pág.

13- Goodman Richard; Introduccion to Rock Mechanics; edit Wiley, Pag 562.

14- Hudson, John y Harrison John; Engineering Rock Mechanical An Introduccition to the Principles, Editorial Pergamon.

15- Informe Técnico, Lecciones Aprendidas y nuevas tecnologías aplicadas durante las operaciones de perforación del pozo Rg-231, Campo Santa Rosa. PDVSA(intevp).(Autorización Proveniente de la Gerencia de Yacimiento: Ing. Carlos Gonzalez y Ing. Irán Serrano. PDVSA - Anaco. Edo Anzoátegui.

16- Mc Clay. K. R, Glossary of thurst tectonicens terms.

17- Léxico Estratigráfico de Venezuela <http://www.pdv.com.lexico/htm> . 2001

18- MUÑOZ. N. G.(1985). Estudio Geológico Integrado de la Cuenca Oriental de Venezuela. Meneven.

19- Rima Chatterjee and Manoj Mukhopadhyay. In Situ Stress Determination using Well Log Data for the Oil Fields of the Krishna-Godavari Basin,India. Petrophysics, Vol. 43, No.1(January -February 2002); pag 26-37.

20- PDVSA (GAS - ANACO), Análisis sedimento lógico y bioestratigráfico de los núcleos del Miembro Verde intervalos VE-E1, VE-2, VE-E3,VE-F2, VE-F3, VE-F4 de la Formación Oficina, pozo RG-231, Campo Santa Rosa, Área Mayor de Anaco.

21- ROBERTS. W. H, LANDE RANDER. D. (1985), Comportamiento de Fluido en el Área Mayor de Oficina de la Cuenca Oriental de Venezuela. VI Congreso Geológico Venezolano.

22- VILLEGAS. L. F(1985), Geología Regional en la Cuenca Orienta. VI Congreso Geológico Venezolano.

23- ZEUSS. HILLARIO(1985). Exploración sistemática de trampas estratigráficas en las formaciones Petrolíferas de las Áreas Mayores de Oficina y Anaco. VI Congreso Geológico Venezolano.

24- RAMSAY, JOHN. Plegamiento y Facturación de Rocas.

25-Tearpock. Daniel y Bischke. Richard. Applied Subsurface Geological Mapping.

26- WESTER ATLAS.(1992). Introduction to Wireline Log Analysis.Pag 312.

27- WEC. (1997). Evaluación de pozos, Caracas,Schlumberger.

9... APÉNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Prof. Núcleo	Prof. Reg.	Resistencia. Máx. (S1)	Presión. Conf (S2)	PP OR O	Pendiente del ajuste S1 vs S2	Ang. Fric.	S1 efect.	S2 efect.	UCS (form)	UCS-log
	5828.5	4432					4432	0	4432	3821
5808	5826.5	9371	3494	2500	3.3743	32.873359	6871	994	3516.9458	6172
5808	5826.5	11838	4489	2500	3.3743	32.873359	9338	1989	2626.5173	6172
5810	5828.5	18739	5989	2500	3.3743	32.873359	16239	3489	4466.0673	3821
5812	5830.5	19118	6998	2500	3.3743	32.873359	16618	4498	1440.3986	3978
5826.5	5845	24977	6689	1200	3.3743	32.873359	23777	5489	5255.4673	3890
	7184.5						3792	0	3792	4044
7171.83	7182	17432	3950	2450	5.1068	42.260019	14982	1500	7321.8	3993
7171.83	7182	22460	4950	2450	5.1068	42.260019	20010	2500	7243	3993
7172.42	7182.5	23499	5950	2450	5.1068	42.260019	21049	3500	3175.2	3973
7172.42	7182.5	30732	6950	2450	5.1068	42.260019	28282	4500	5301.4	3973
7176.5	7186.5	36279	8450	2450	5.1068	42.260019	33829	6000	3188.2	5573
	8992						12230	0	12230	10861
8976.5	8992	25834	1485	0	4.7481	40.697018	25834	1485	18783.072	10861
8978	8993.5	50524	7991	0	4.7481	40.697018	50524	7991	12581.933	11109
8978	8993.5	30447	3004	0	4.7481	40.697018	30447	3004	16183.708	11109
8978	8993.5	44965	4994	0	4.7481	40.697018	44965	4994	21252.989	11109
	9077						6282	0	6282	7119
9061	9076.5	20799	3200	1700	4.3059	38.54002	19099	1500	12640.15	7080
9062.25	9078	27484	4700	1700	4.3059	38.54002	25784	3000	12866.3	7127
9063.75	9079.5	34527	6700	1700	4.3059	38.54002	32827	5000	11297.5	7308
9063.75	9079.5	44315	9700	1700	4.3059	38.54002	42615	8000	8167.8	7308
	9088						6498	0	6498	7368
9072	9087.5	19219	3200	1700	3.782	35.574776	17519	1500	11846	7377
9072.33	9088	26783	4700	1700	3.782	35.574776	25083	3000	13737	7368
9072.33	9088	33685	6700	1700	3.782	35.574776	31985	5000	13075	7368
9073.25	9089	39443	9700	1700	3.782	35.574776	37743	8000	7487	7368
	9154						4686	0	4686	7808
9135.33	9151	18203	3200	1700	3.6192	34.543001	16503	1500	11074.2	7018
9135.33	9151	36113	9700	1700	3.6192	34.543001	34413	8000	5459.4	7018
9135.58	9151	33206	6700	1700	3.6192	34.543001	31506	5000	13410	7018
9138.67	9154	24823	4700	1700	3.6192	34.543001	23123	3000	12265.4	7808
	9234.5						10771	0	10771	12571
9212.83	9228.5	23266	1500	0	6.2213	46.306171	23266	1500	13934.05	8243

9212.83	9228.5	38029	3000	0	6.2213	46.306171	38029	3000	19365.1	8243
9216.5	9232	50294	5000	0	6.2213	46.306171	50294	5000	19187.5	11179
9216.5	9232	60097	8000	0	6.2213	46.306171	60097	8000	10326.6	11179
	9370						5112	0	5112	6974
9353	9368.5	17367	3200	1700	4.4066	39.056154	15667	1500	9057.1	6650
9353.42	9369	24879	4700	1700	4.4066	39.056154	23179	3000	9959.2	6779
9353.42	9369	31659	6700	1700	4.4066	39.056154	29959	5000	7926	6779
9356.17	9371.5	43419	9700	1700	4.4066	39.056154	41719	8000	6466.2	7003
	10119						13833	0	13833	10299
10094.42	10118	25129	3500	2000	3.6697	34.869343	23129	1500	17624.45	7411
10094.42	10118	27418	5000	2000	3.6697	34.869343	25418	3000	14408.9	7411
10094.83	10118.5	41404	7000	2000	3.6697	34.869343	39404	5000	21055.5	9331
10094.83	10118.5	44532	10000	2000	3.6697	34.869343	42532	8000	13174.4	9331
	10377						7198	0	7198	10197
10352.5	10376.5	21600	3500	2000	4.8461	41.139271	19600	1500	12330.85	10364
10352.5	10376.5	31414	5000	2000	4.8461	41.139271	29414	3000	14875.7	10364
10352.92	10377	40552	7000	2000	4.8461	41.139271	38552	5000	14321.5	10197
10352.92	10377	48727	10000	2000	4.8461	41.139271	46727	8000	7958.2	10197
	11852.5						20325	0	20325	11045
11828.5	11852	36544	5700	4200	5.2315	42.76945	32344	1500	24496.75	11517
11829	11852.5	60169	9200	4200	5.2315	42.76945	55969	5000	29811.5	11045
11829.33	11853	48634	7200	4200	5.2315	42.76945	44434	3000	28739.5	10679
11829.33	11853	59499	11200	4200	5.2315	42.76945	55299	7000	18678.5	10679

Tabla(6): Calibración de Propiedades Mecánicas. Intervalos de mayor interés en la Formaciones San Juan, San Antonio, Merecure y Oficina del pozo RG-231

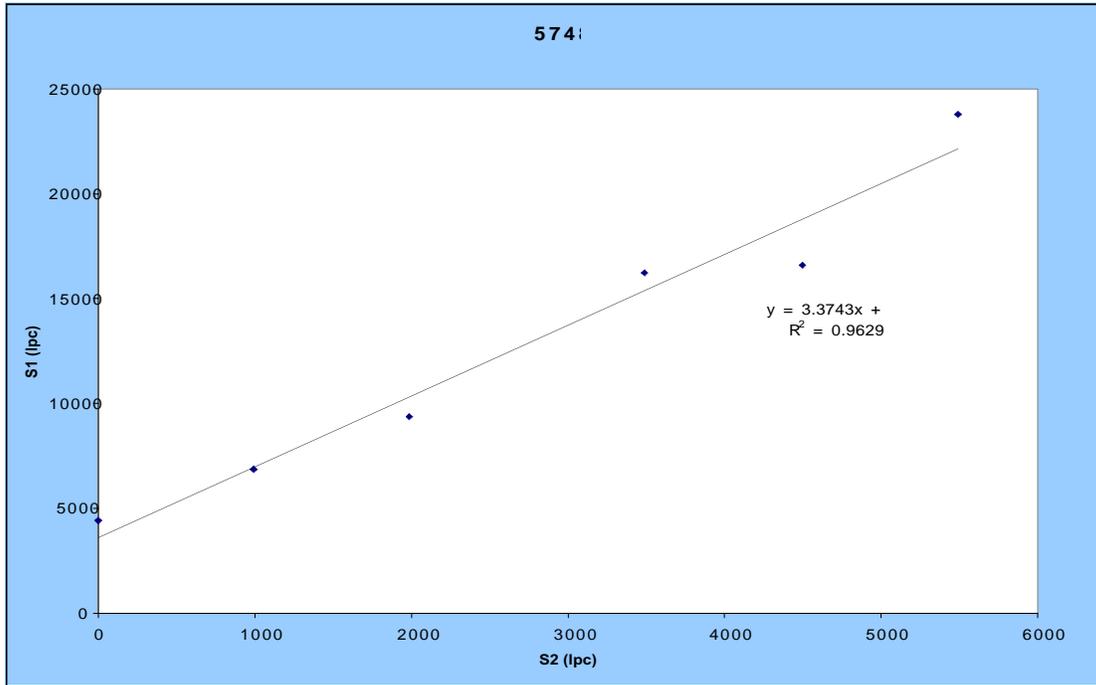


Fig. 74: Envoltente de falla arena Verde VE-E3 a 5748', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio de Mohr Coulomb. Cohesión 1167.9 lpc y ángulo de Fricción 32.87°. (S1 vs S2)

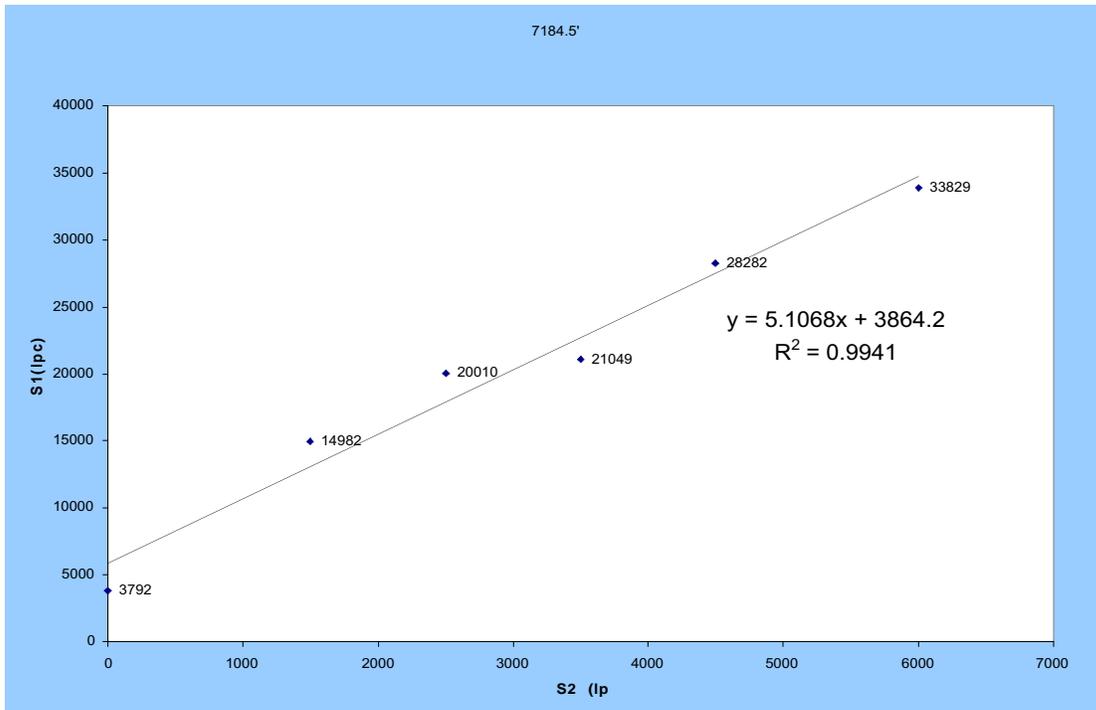


Fig. 75: Envoltente de falla arena Colorado CO-B2 a 7184.5', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio Mohr Coulomb. Cohesión 1154.8 lpc y ángulo de Fricción 42.26°. (S1 vs S2)

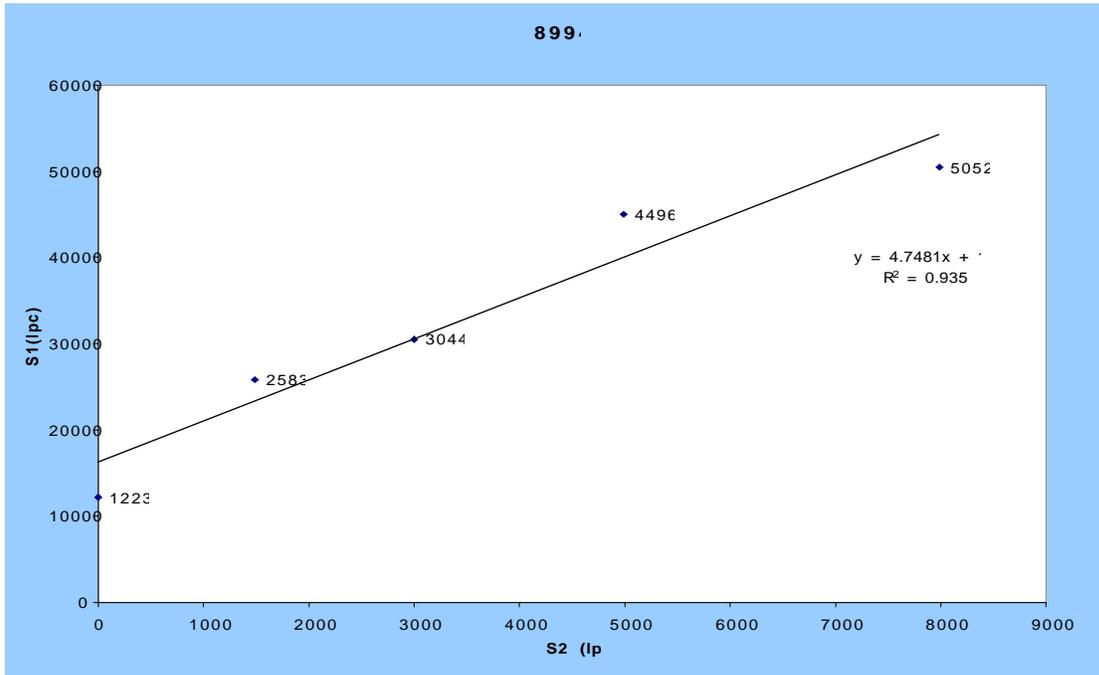


Fig. 76: Envolvente de falla arena Mercure I a 8994', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el Criterio de Mohr Coulomb. Cohesión 4144.7 lpc y ángulo de Fricción 40.69°. (S1 vs S2).

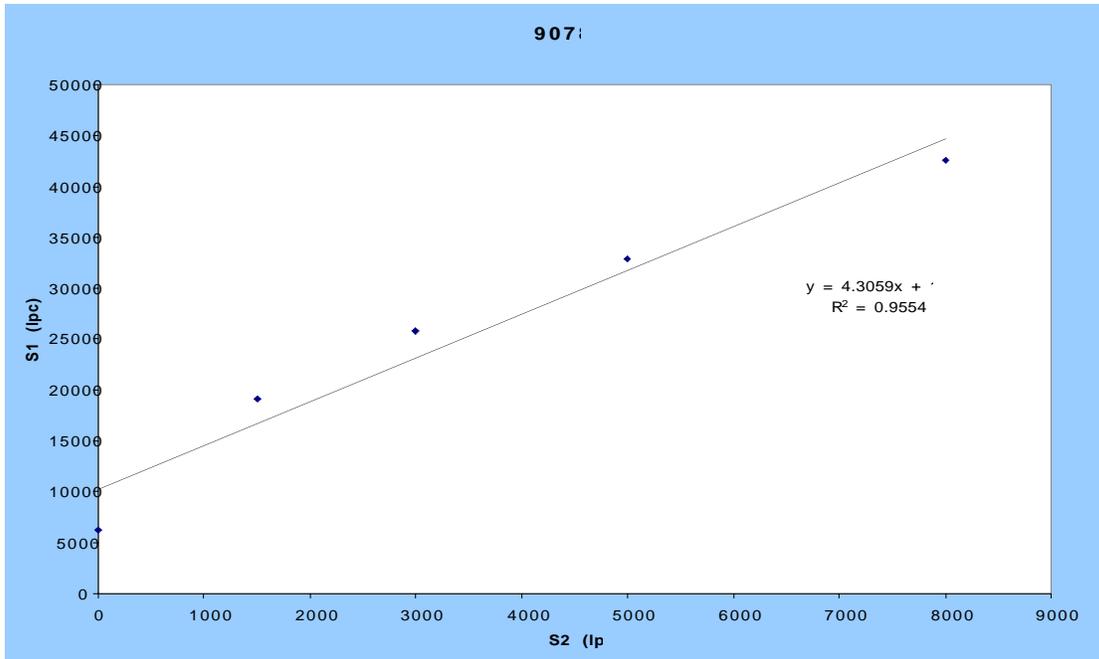


Fig. 77: Envolvente de falla arena Mercure J1U a 9078', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio Mohr Coulomb. Cohesión 1150.4 lpc y ángulo de Fricción 38.54°. (S1 vs S2)

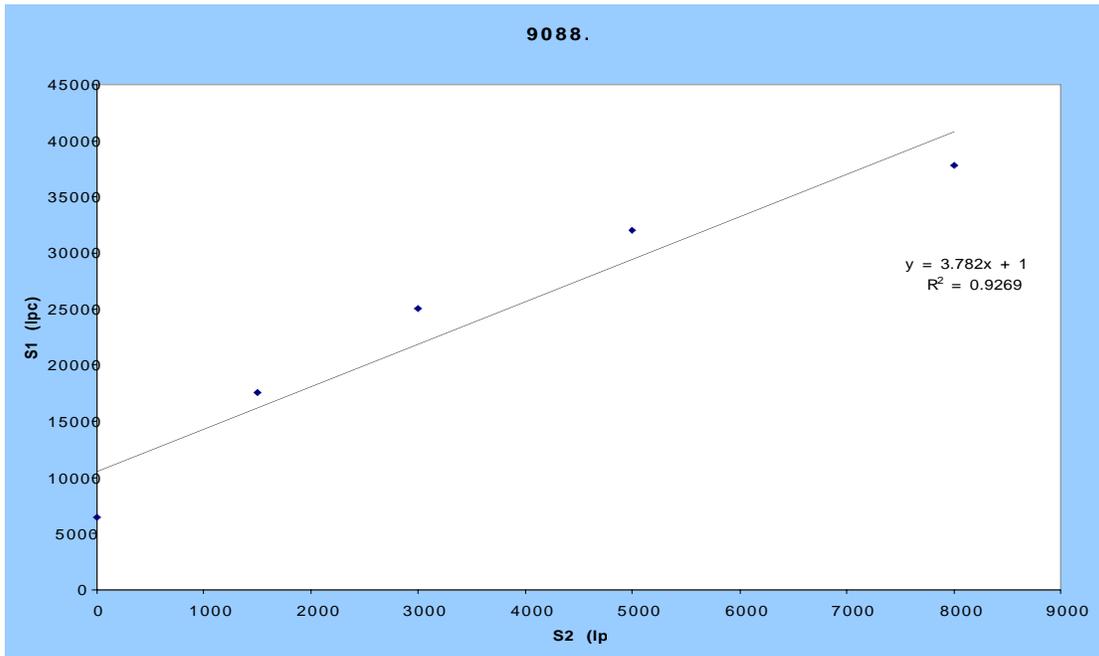


Fig. 78: Envoltente de falla arena Merecure J1U a 9088.5', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio Mohr Coulomb. Cohesión 1144.3' lpc y Ángulo de Fricción 35.57°. (S1 vs S2)

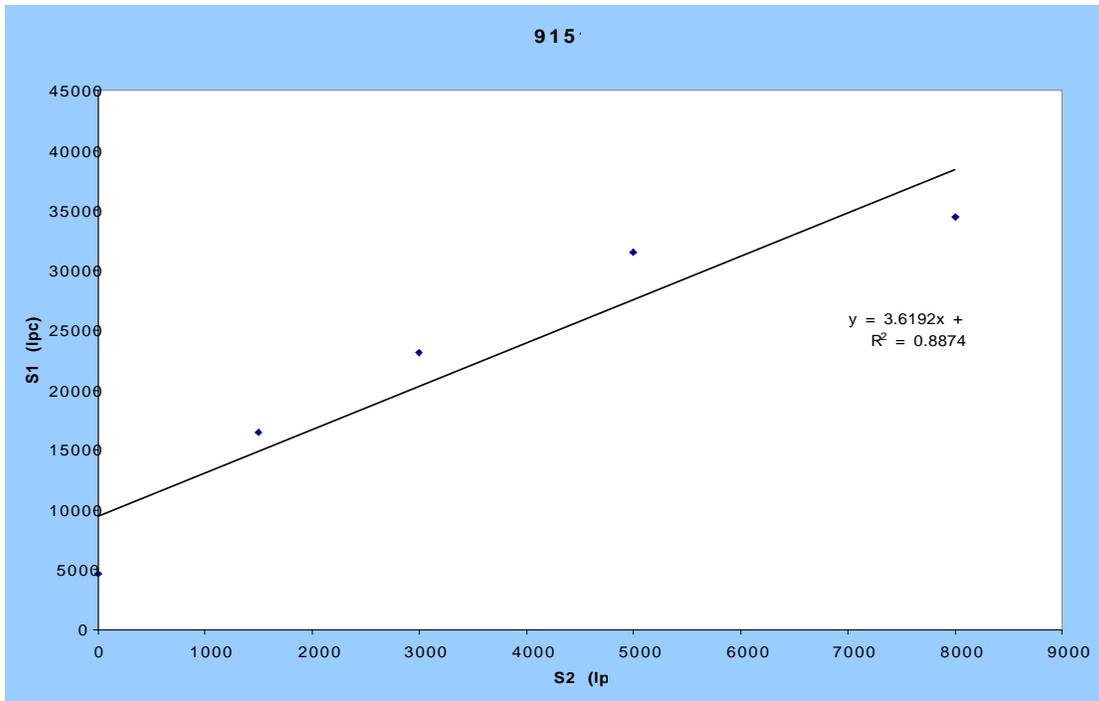


Fig. 78: Envoltente de falla arena Mereceré J1L a 9151', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio Mohr Coulomb. Cohesión= 1220.1' lpc y ángulo de Fricción 34.54°. (S1 vs S2)

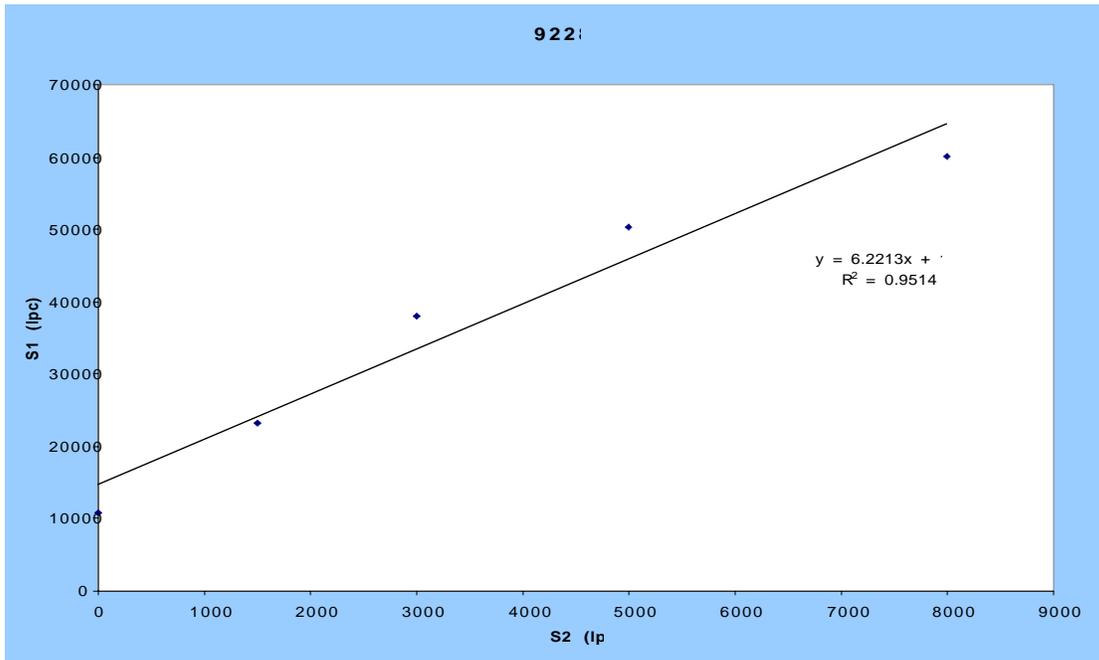


Fig. 79: Envoltente de falla arena Meregure J2 a 9228', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio Mohr Coulomb Cohesión 2221.2' lpc y ángulo de Fricción 46.30°. (S1 vs S2)

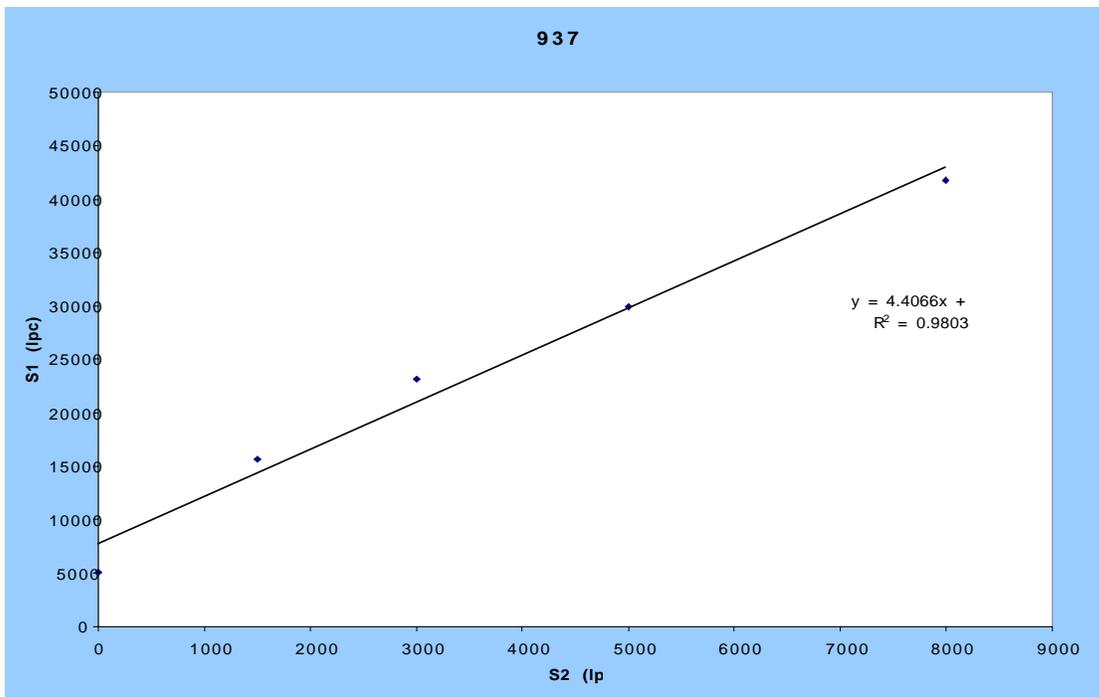


Fig. 80: Envoltente de falla arena Meregure L a 9370', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio Mohr Coulomb. Cohesión 1159.2' lpc y ángulo de Fricción 39.05°. (S1 vs S2)

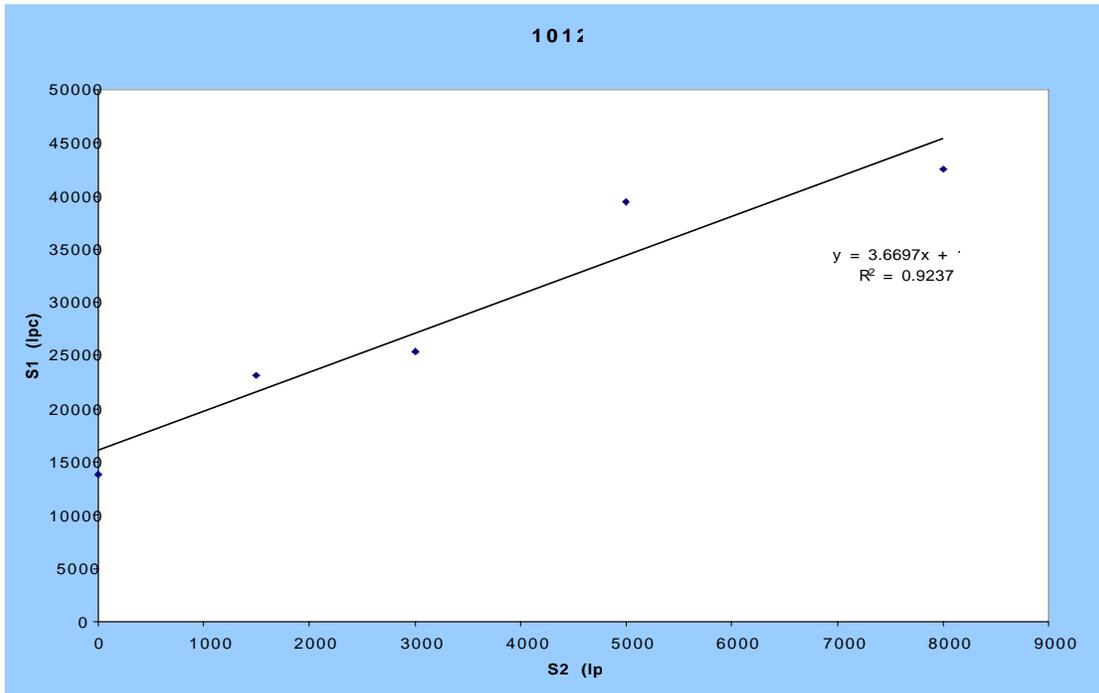


Fig. 81: Envoltente de falla arena Mereceré T2 a 10120', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio MOR Coulomb Cohesión 7753.4' lpc y ángulo de Fricción 34.86°. (S1 vs S2).

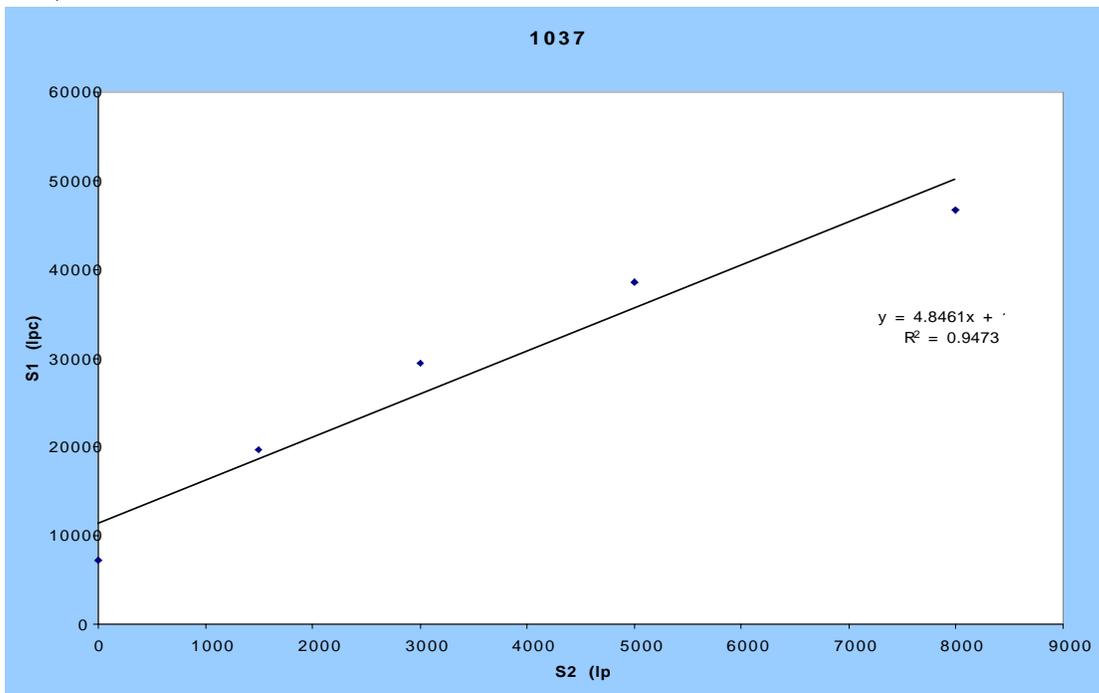


Fig. 82: Envoltente de falla arena San Juan A 10378', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio Mohr Coulomb Cohesión 1777.8' lpc y ángulo de Fricción 41.13°. (S1 vs S2)

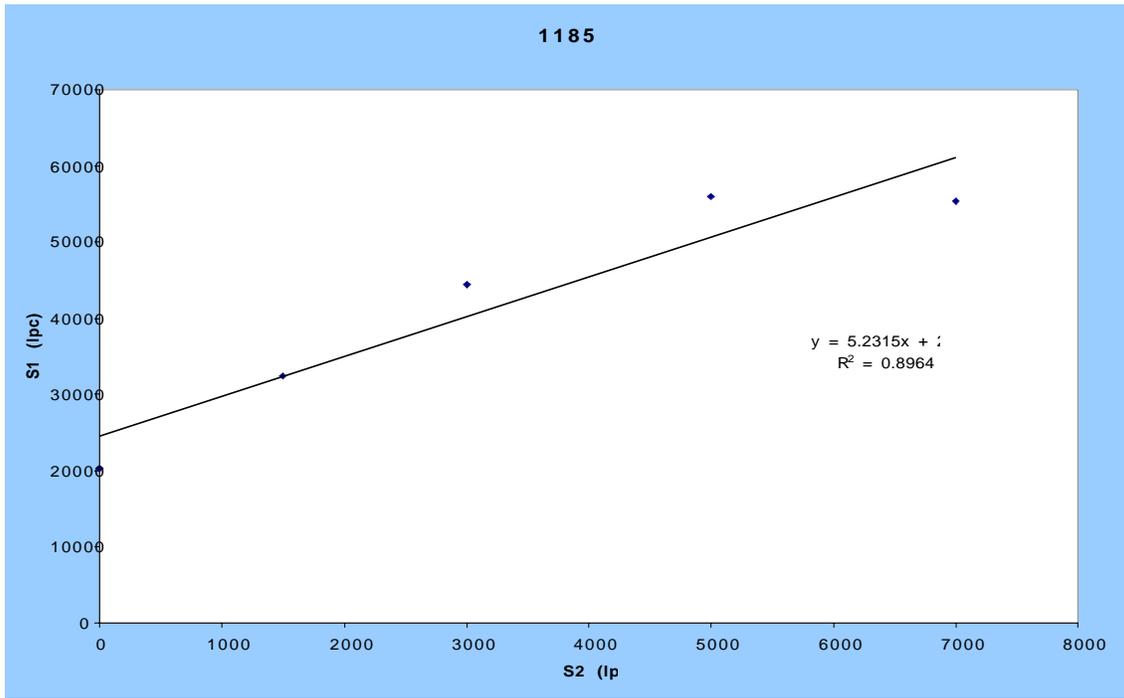


Fig. 83: Envolverte de falla arena San Antonio A 11853', se aprecia el comportamiento mecánico que se ajusta según el criterio MOR Coulomb Cohesión 16070.4 ' lek y ángulo de Fricción 42.76°. (S1 vs S2).

Prof. Nucleos.	Prof. Registro.	To_LAB	To_UCS	UCS	To_UCS_cor r.
5812'	5831.0	135	401.6	4016	126.93
7174'5"	7194.5	556	416.2	4162	135.53
8977'5"	8993.0	849	1154.9	11549	883.02
9062'3"	9078.0	438	712.7	7127	363.93
9136'	9151.5	255	705.4	7054	357.11
9213'3"	9229.0	619	916.8	9168	577.89
9354'1"	9369.5	337	689.8	6898	342.74
10095'5"	10119.0	599	1029.9	10299	715.51
10353'5"	10377.0	676	1019.7	10197	702.55
11829'8"	11853.5	1004	1071.9	10719	770.00

Tabla (7): Resultados de los Ensayos de Tensión Indirecta (PDVSA-INTEVEP) y correlacionado con la de los registros.

Calibración de Propiedades Mecánicas

Prof. Núcleo	UCS-lab (psi)	POIS-lab	YMOD-lab *10 ⁶ psi	FANG-lab (grad.)	T0-lab (psi)	Cohes-lab (psi)	UCS-log (psi)	POISDIN-log	YMOD-log *10 ⁶ psi	FANG-log (grad.)
5810'	4432	0.32	1.76	35.25	-140	1191	3821	0.127	0.530	41.765
7174'5"	3792		0.7	43.24	-540	1227	4044	0.242	0.641	42.231
8976'6"	12230	0.23	1.85	46.99	-800	2525	10861	0.205	2.083	44.246
9061'5"	6282	0.22	2.08	49.67	-500	1244	7119	0.159	1.301	43.609
9072'1"	6498	0.21	1.9	48.58	-500	1290	7368	0.100	1.304	43.559
9138'8"	4686	0.3	1.47	43.79	-220	1495	7808	0.229	1.546	44.008
9219'	10771	0.27	1.906	51.12	-600	2034	12571	0.200	2.492	43.041
9354'1"	5112	0.26	1.42	43.61	-340	1387	6974	0.076	1.226	43.425
10095'3"	13833	0.27	2.86	42.92	-600	3118	10299	0.171	1.923	44.201
10353'5"	7198	0.2	1.78	47.41	-700	1863	10197	0.145	2.129	44.302
11828'9"	20325	0.21	2.98	50.82	-1000	4032	11045	0.111	2.292	43.380

Tabla 8: Datos de Laboratorios (PDVSA - INTEVEP). Resultados de los Ensayos de Compresión

Prof. Registro	YMOD	POISDIN	UCS prom	UCS	COHESION	COHESIÓN
(pies)	corr	corr		corr_1	SINTÉTICA (psi)	CORREGIDA (psi)
5828.5	0.6835539	0.2086099	3622.8994	4248.7083	855.3083	1167.9665
7184.5	0.8015587	0.2918354	5003.6	4541.94016	895.3727	1154.8445
8992	2.1507701	0.2650585	16206.34	14523.5183	2291.365	4144.7875
9077	1.4501034	0.2317683	10250.75	8835.34678	1525.273	1150.45
9088	1.4529033	0.18907	10528.6	9200.06663	1580.525	1144.355
9154	1.6755395	0.2824273	9379	9849.85296	1656.828	1220.1025
9234.5	2.4991983	0.26144	14716.85	17249.8749		2221.295
9370	1.3797567	0.1717012	7704.1	8623.99045	1500.838	1159.2445
10119	2.0115201	0.2404527	16019.25	13643.3832	2175.181	7753.489
10377	2.1904777	0.2216365	11336.85	13484.5377	2148.345	1777.8065
11852.5	2.3300834	0.1970307	24410.25	14813.4494	2379.507	16070.432

Tabla 9: Calibración de las Propiedades Mecánicas (Corregida). Ensayos de Compresión

Transformaciones óptimas de las variables independientes con los polinomios que mejor se ajustan:

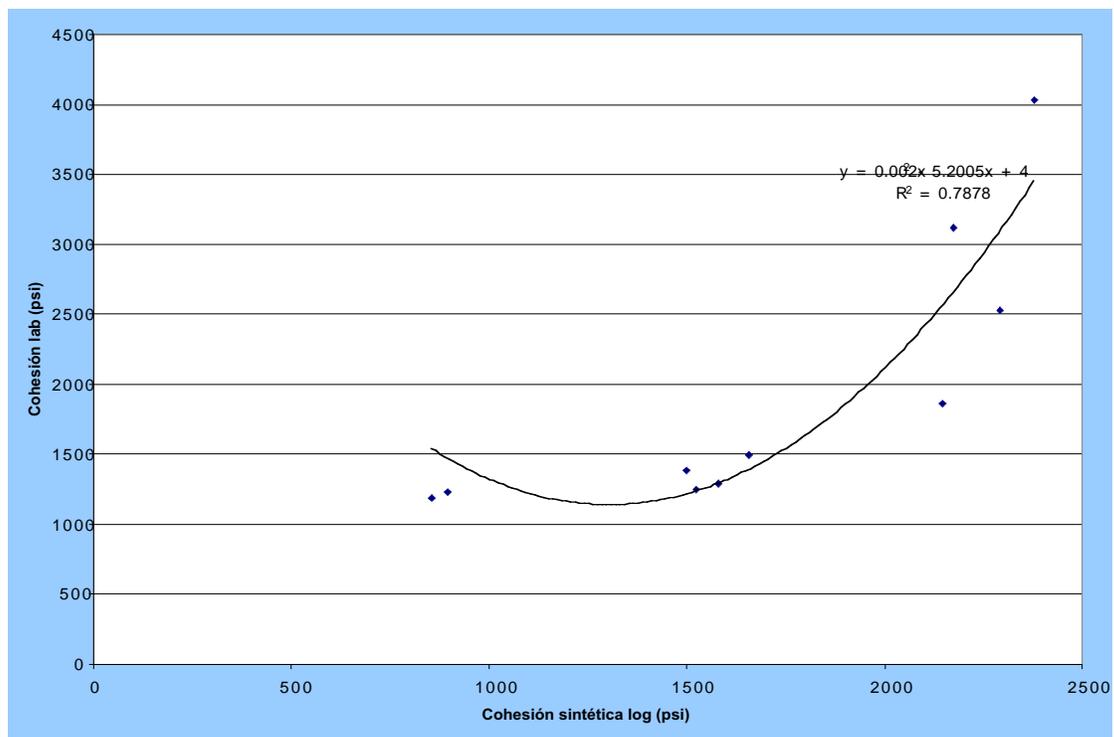


Fig. 84: Cohesión sintética (psi) vs Cohesión Laboratorio (psi)

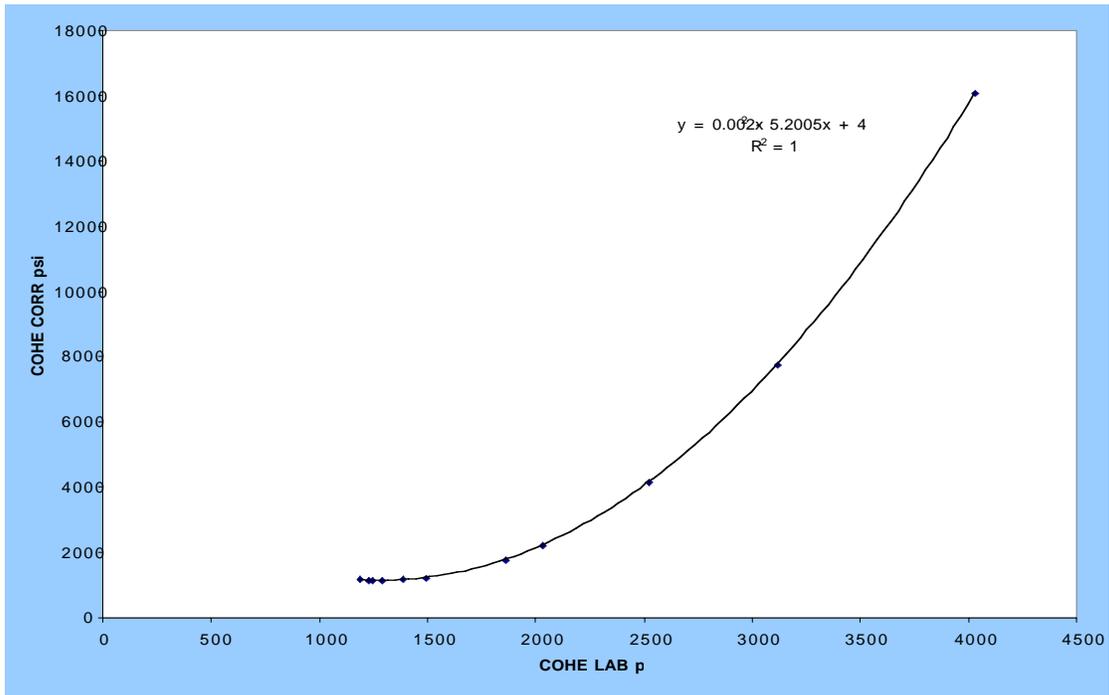


Fig. 85: Cohesión Laboratorio(psi) vs Cohesión Corregida (psi)

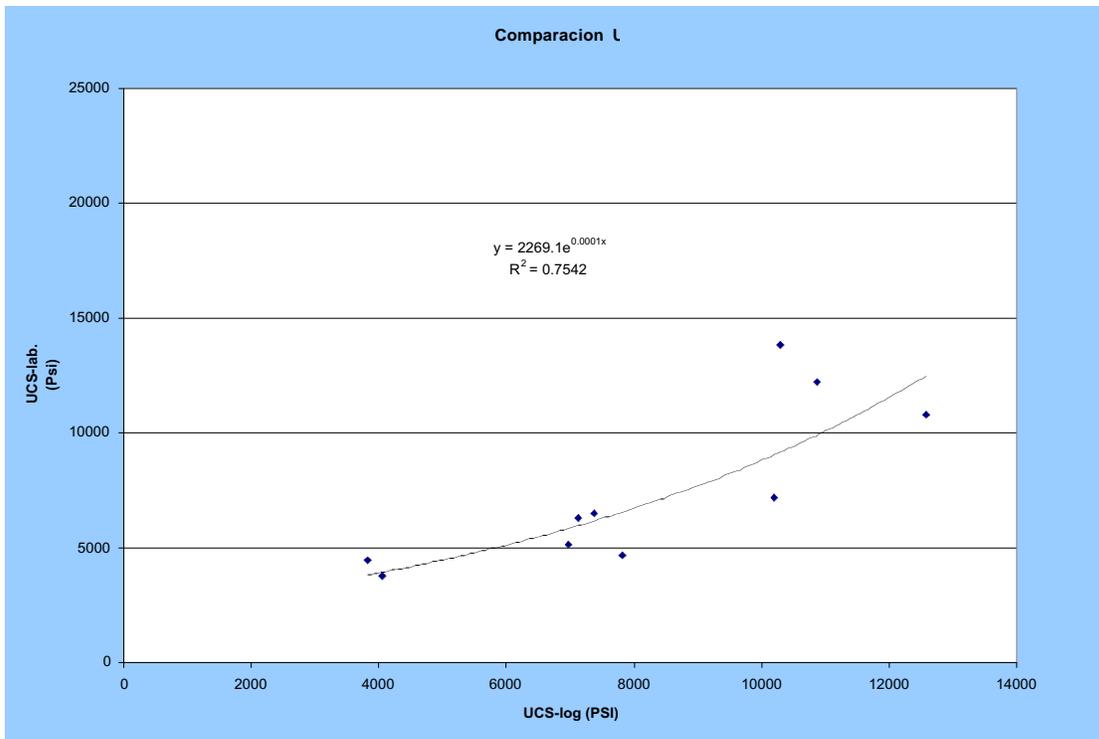


Fig. 86: Comparación resistencia máxima UCS- Registros (psi) vs resistencia máxima UCS-Laboratorio(psi)

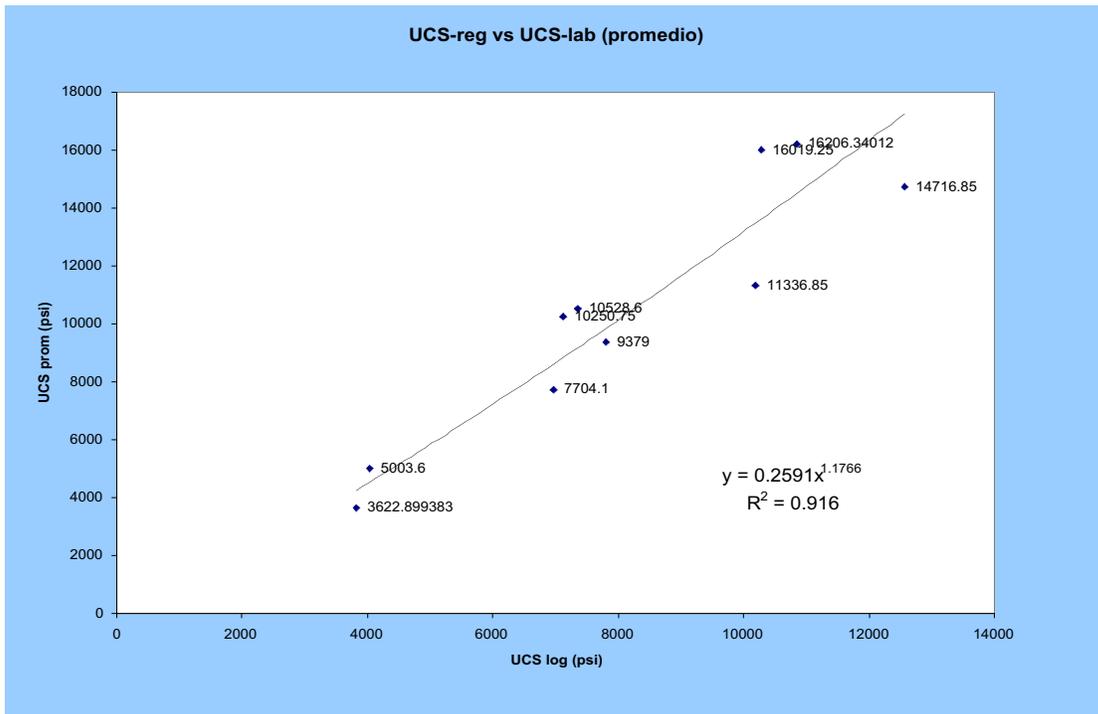


Fig. 86: Resistencia máxima UCS- Registros (psi) vs resistencia máxima UCS- Laboratorio Promedio(psi)

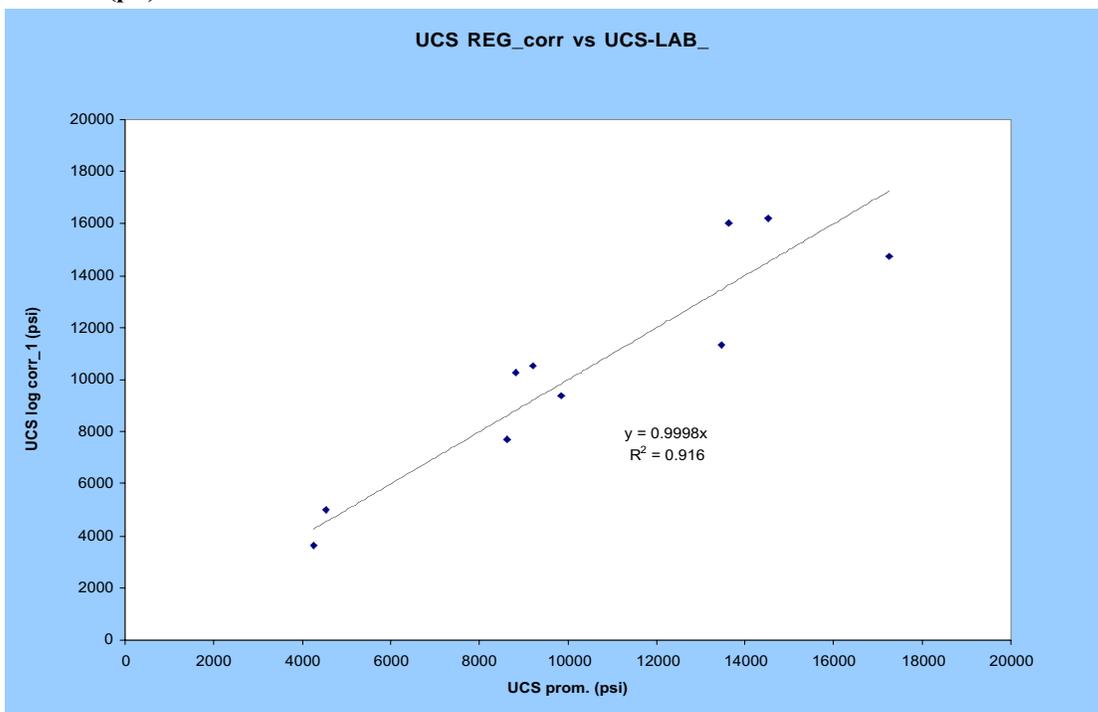


Fig. 87: Resistencia máxima UCS- Laboratorio Promedio(psi) vs Resistencia máxima UCS- Registros corregido (psi)

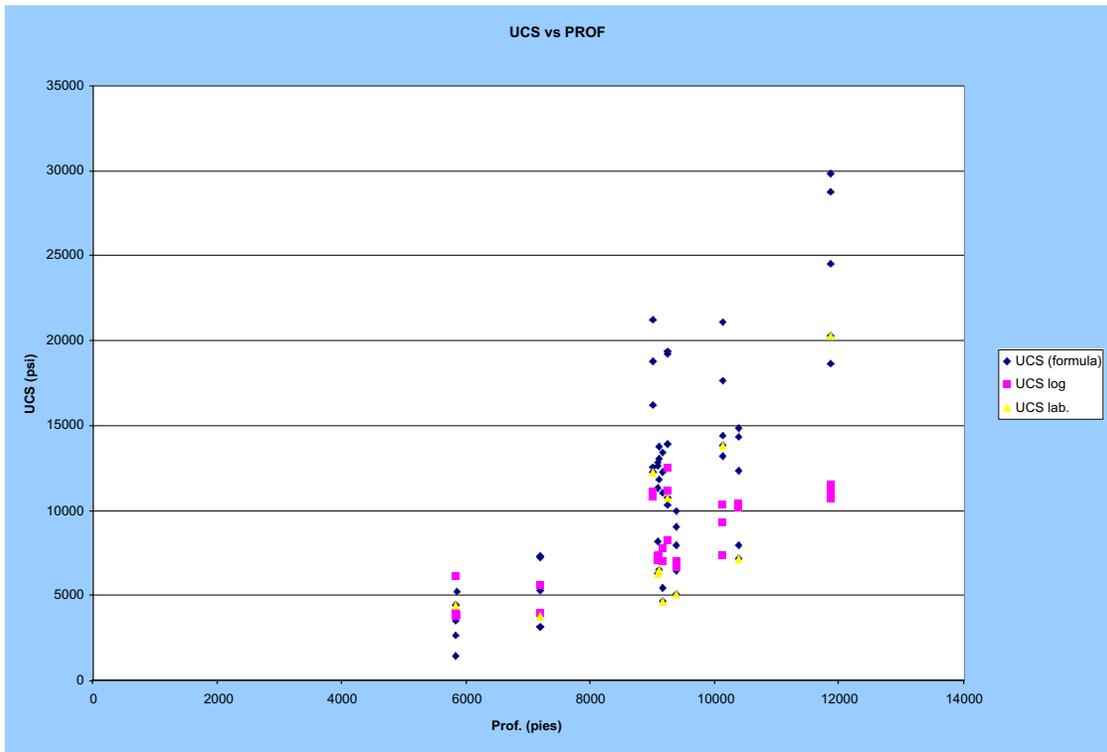


Fig. 88: Resistencia máxima UCS(psi) vs Profundidad (Pies)

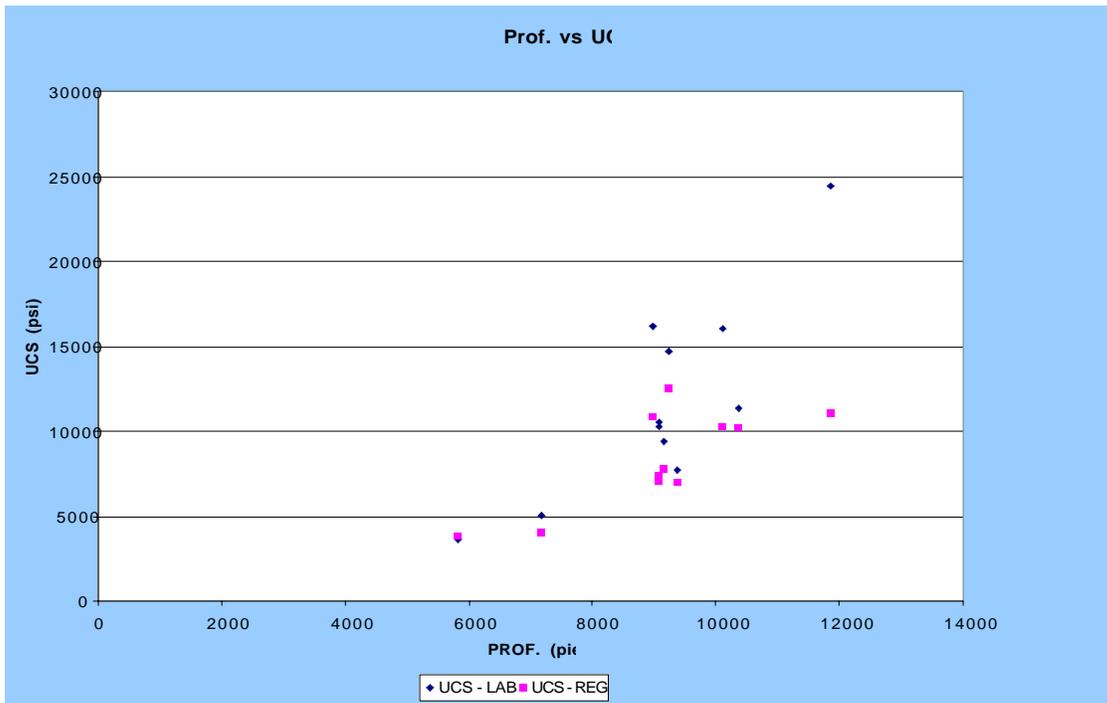


Fig. 89: Profundidad (pies) vs resistencia máxima UCS(psi)

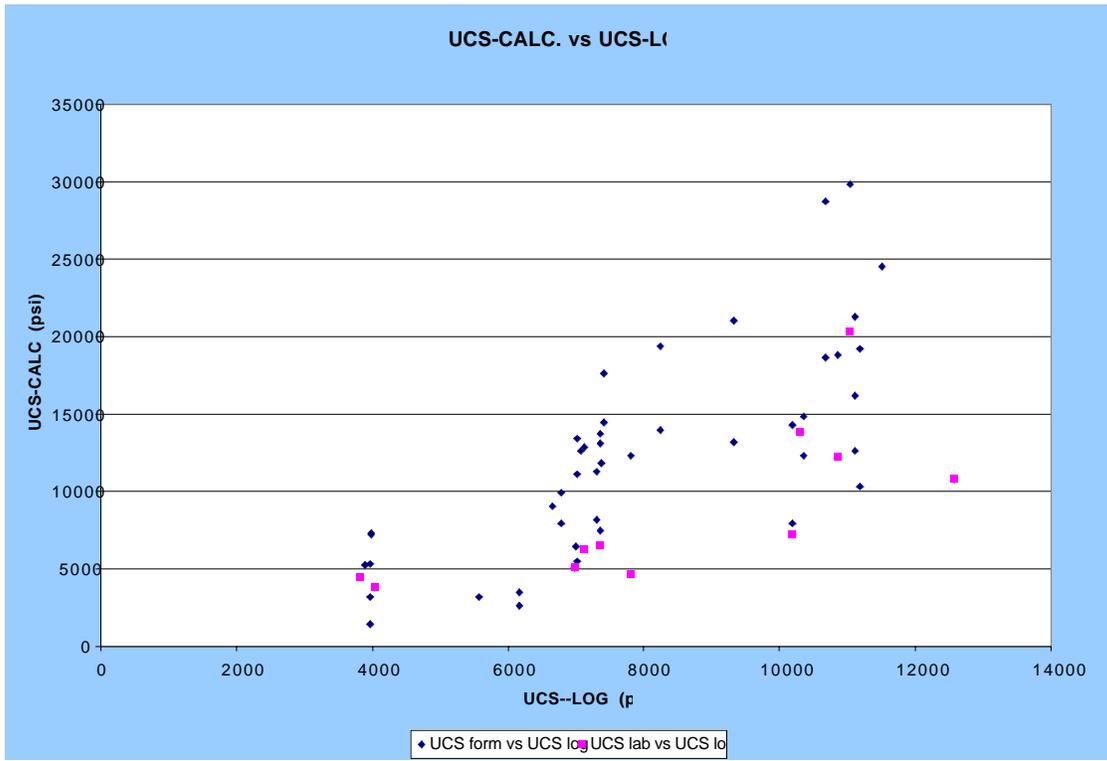


Fig. 90: Resistencia máxima UCS Calculado(psi) vs resistencia máxima UCS - Registros

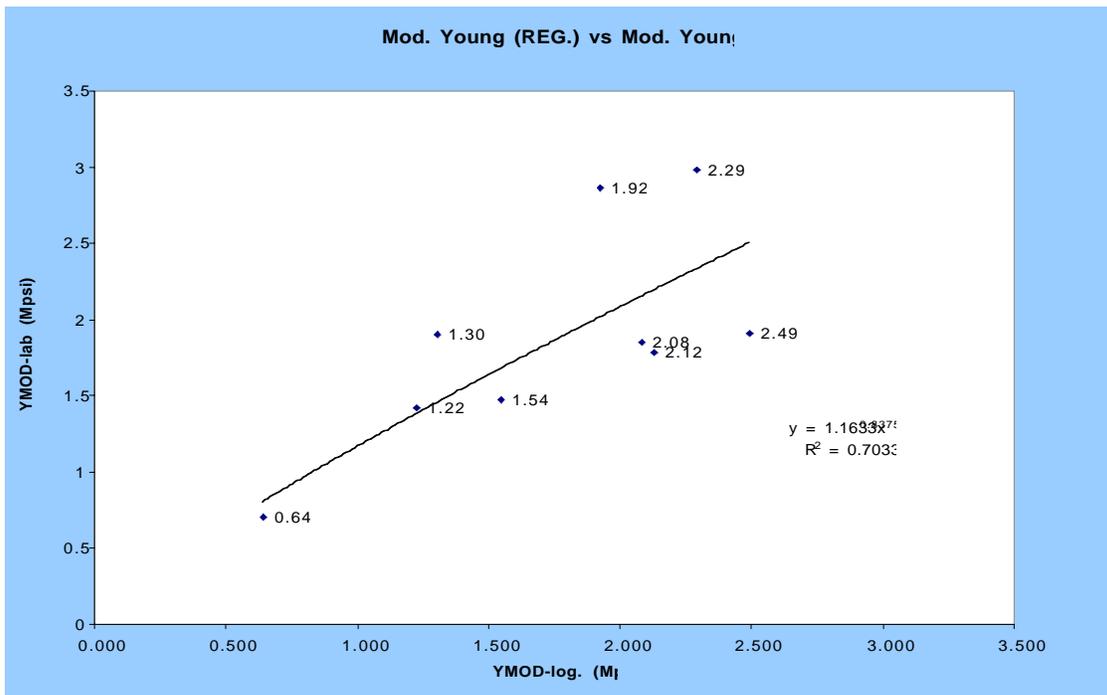


Fig. 91: Modulo de Young(registro) vs Modulo de Young (laboratorio)

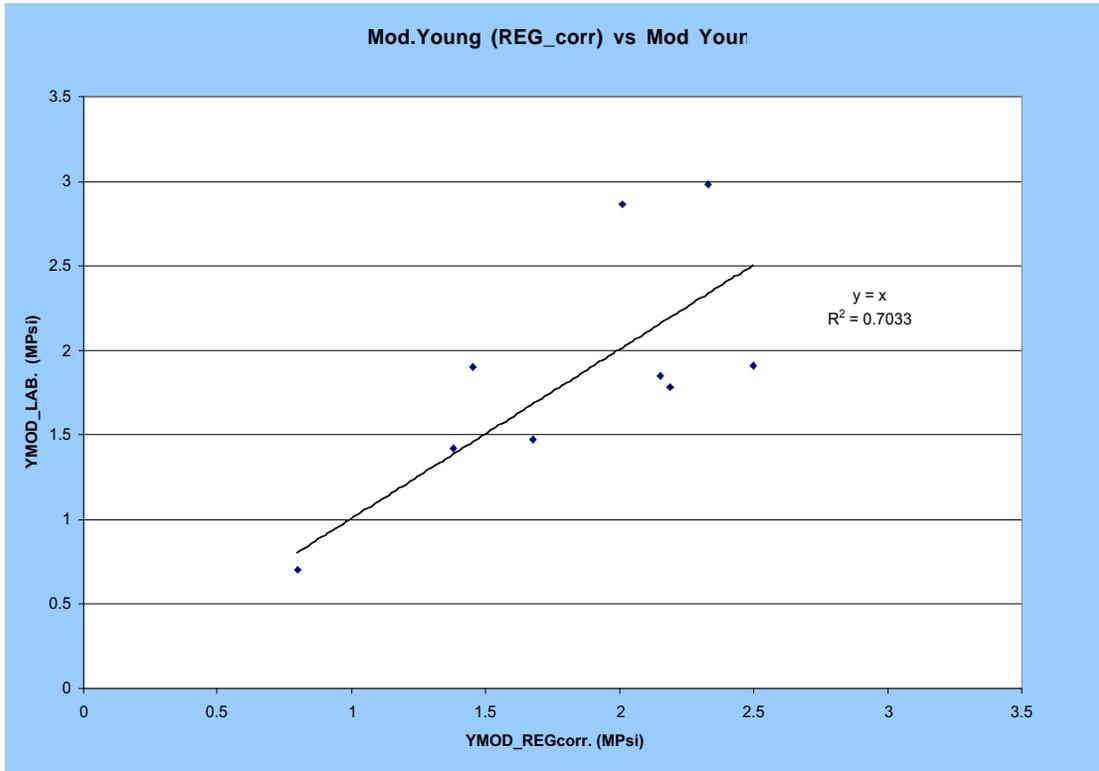


Fig. 92: Modulo de Young(registro corregido) vs Modulo de Young(Laboratorio)

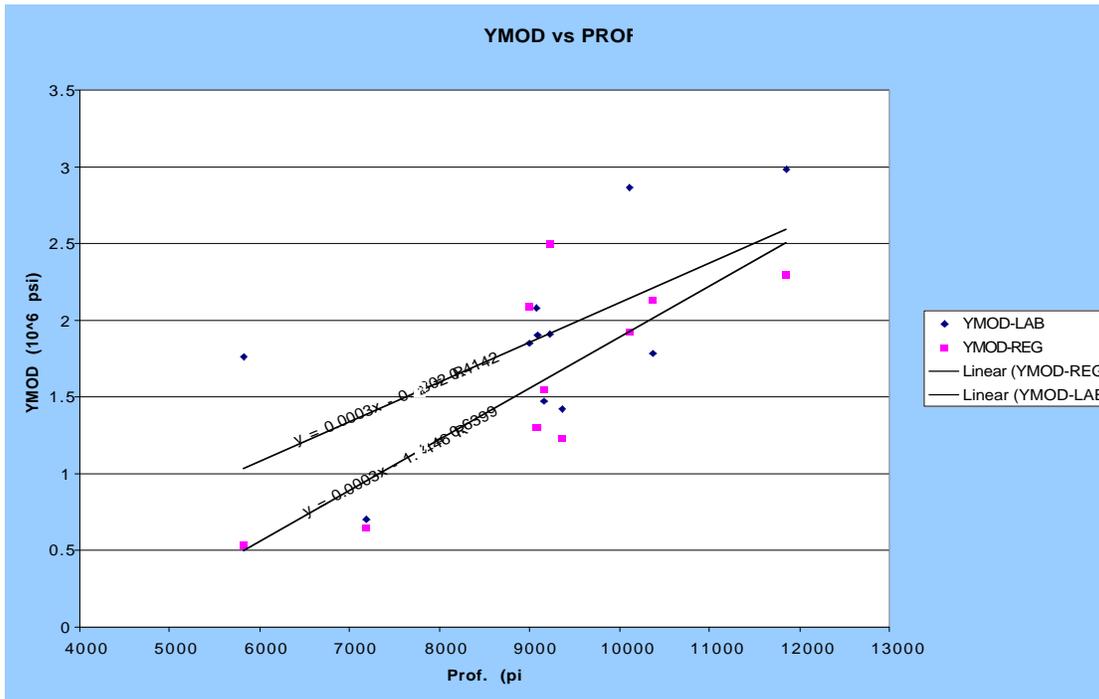


Fig. 93: Modulo de Young vs Profundidad

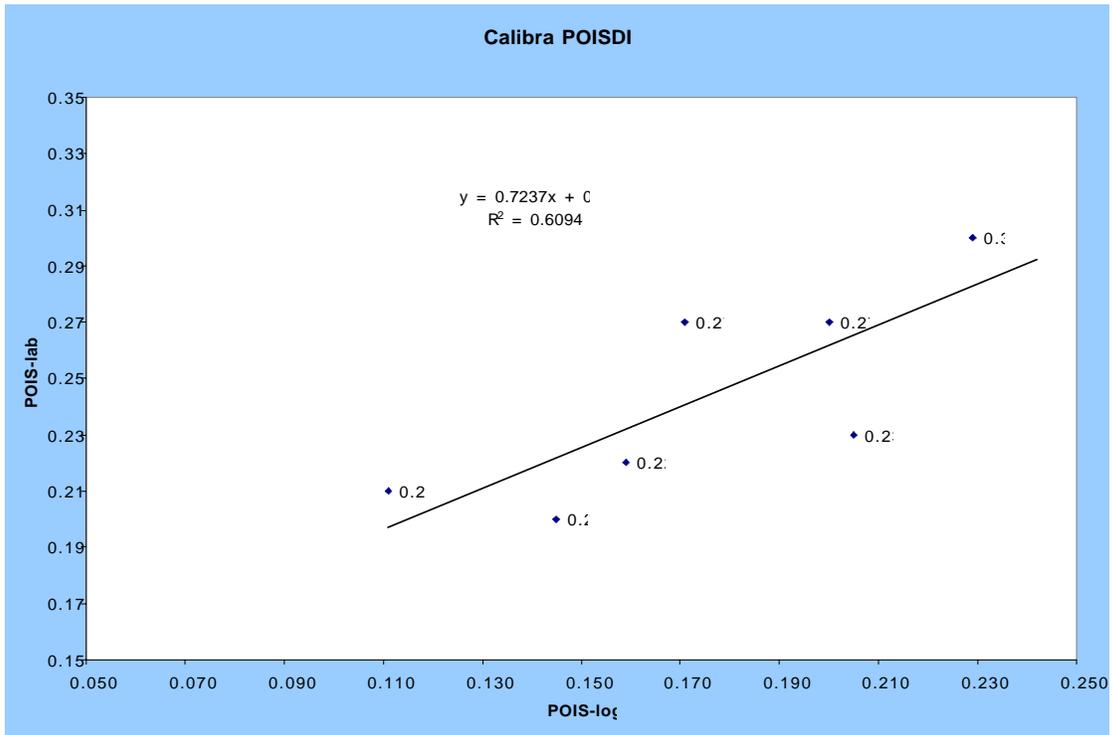


Fig 94: Poisson-registro vs Poisson-laboratorio

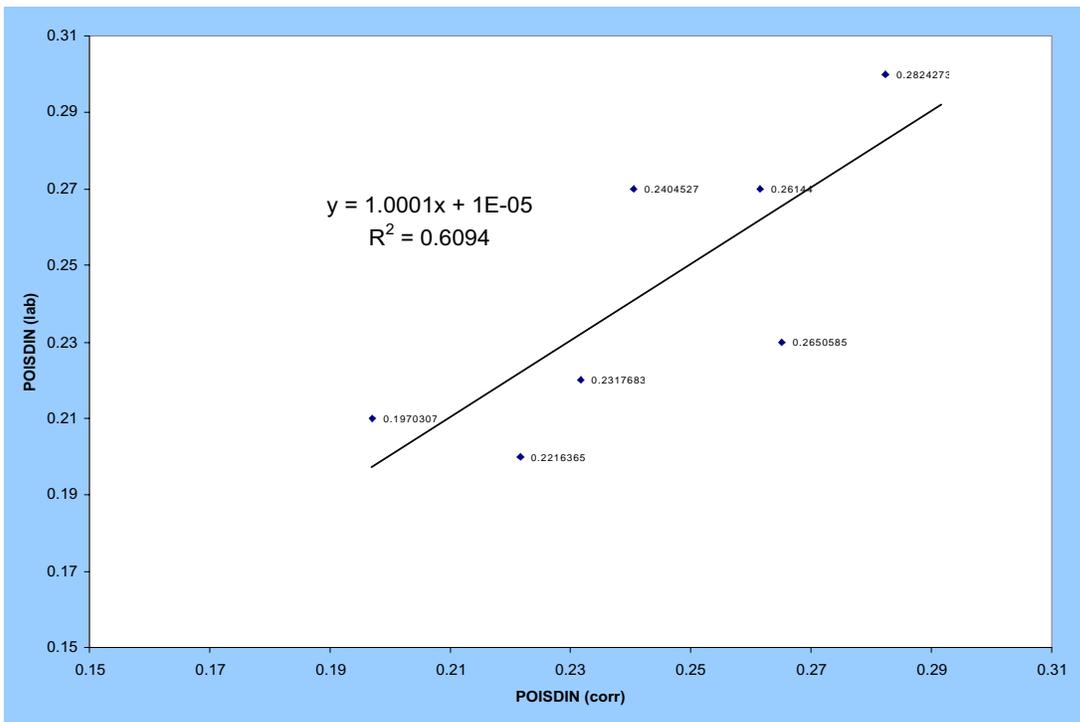


Fig. 95: Poisdin corregido vs Poisdin laboratorio

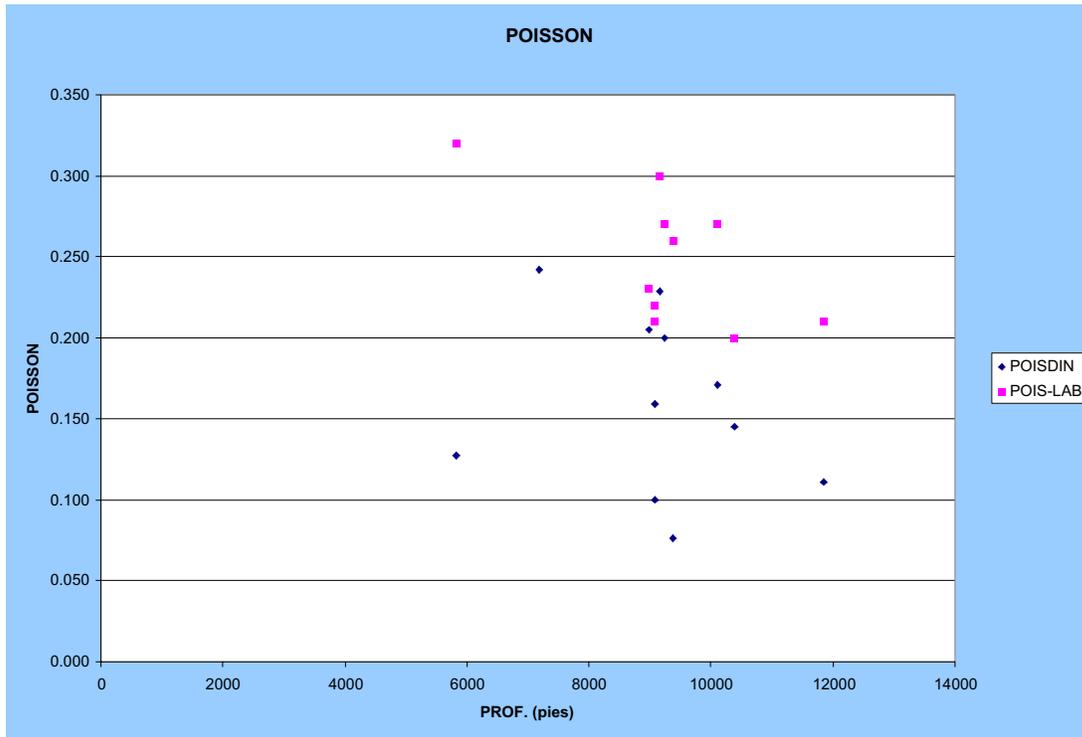


Fig. 96: Profundidad vs Poisson

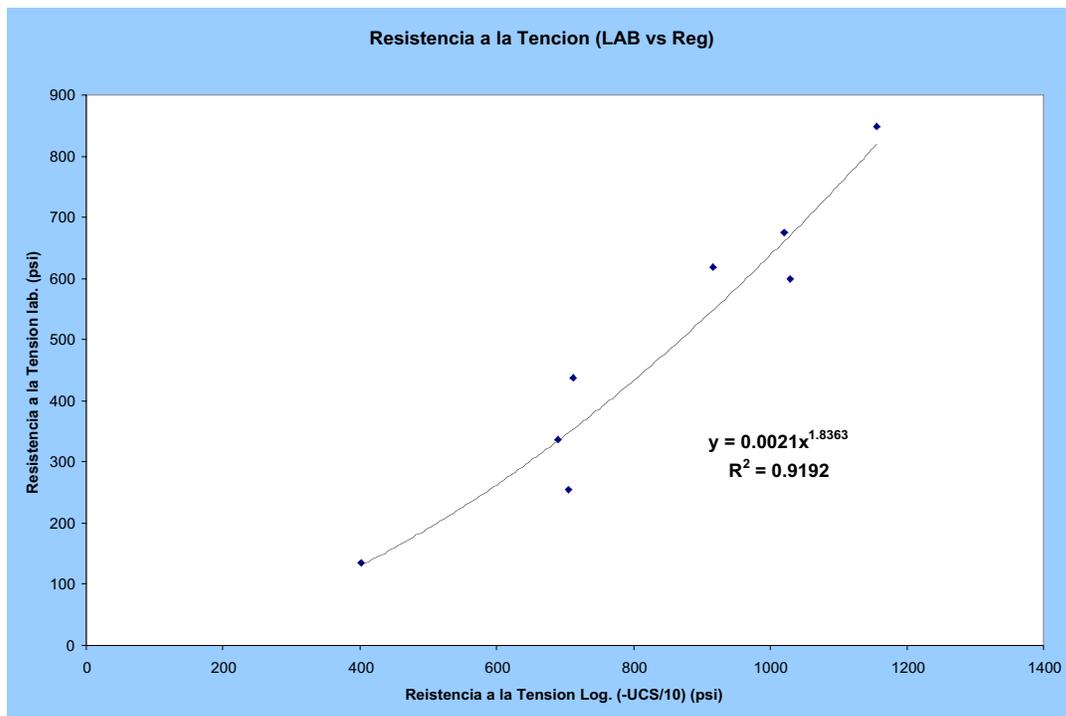


Fig. 97: Resistencia a la Tensión (Laboratorio vs Registro)

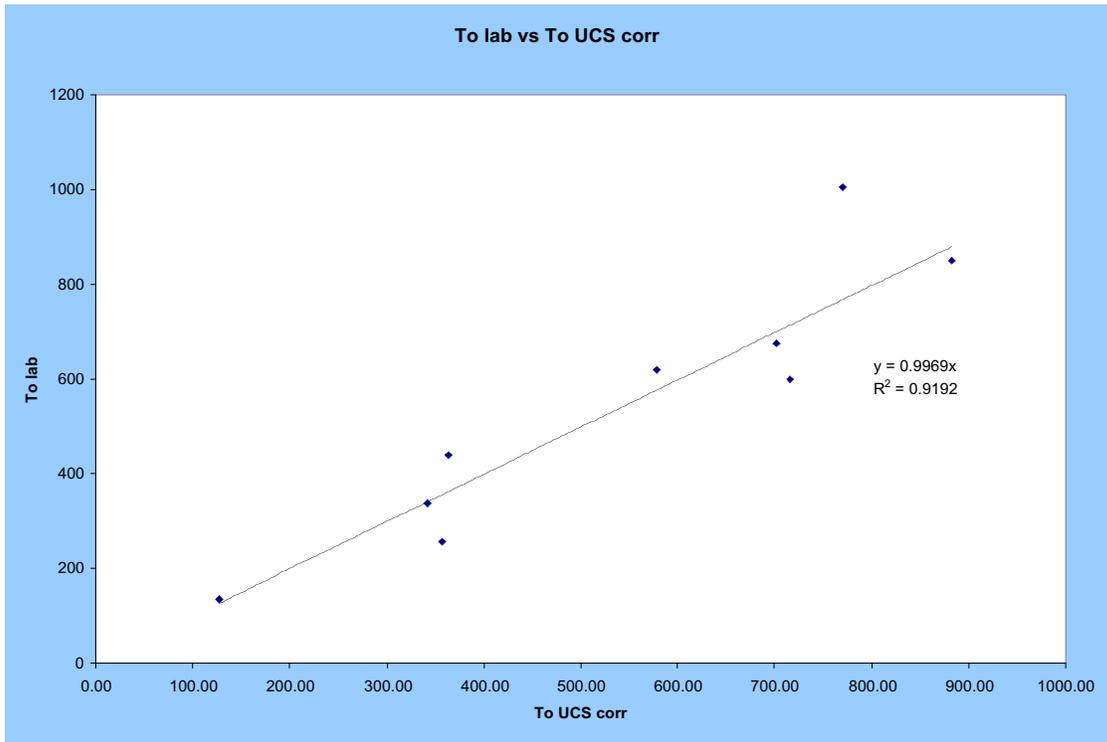


Fig. 98: Resistencia a la Tensión (Resistencia máxima UCS Corregido vs Laboratorio)