

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

INTEGRACION DEL YACIMIENTO C-2/VLE-326/455 DENTRO DEL MODELO GEOLOGICO DEL BLOQUE V LAMAR, CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO, EDO.ZULIA.

TUTOR ACADEMICO: Prof. Celia Bejarano.

TUTORES INDUSTRIALES: Ing. Marcos Zavala.

Ing. Tullio Hernández

Trabajo Especial de Grado
presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el **Br. Linares Viloria,**
Richard José para optar por el
título de Ingeniero Geólogo.

Caracas, Febrero 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

INTEGRACION DEL YACIMIENTO C-2/VLE-326/455 DENTRO DEL MODELO GEOLOGICO DEL BLOQUE V LAMAR, CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO, EDO.ZULIA.

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela por el **Br., Linares Viloria, Richard José** para optar por el título de Ingeniero Geólogo.

Caracas, Febrero 2003

DEDICATORIA

A Dios por darme fuerzas para seguir adelante.

A toda mi familia, en especial a mi madre, por todo el cariño y amor que solo ella me ha sabido dar y por darme entusiasmo para lograr el éxito.

A mi hermano Rafael por ser mí ejemplo a seguir.

A todos mis amigos.

A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería de la UCV.

A la corporación PDVSA.

Este trabajo esta dedicado a la memoria del Profesor Omar Rojas (QEPD), quien en vida fue un excelente profesional, persona y amigo.

Richard Linares

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme salud e inteligencia para lograr las metas propuestas.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, por todos los conocimientos que en ella adquirí para mi formación profesional.

A mi Tutora Académica Prof. Celia Bejarano, por transmitirme sus conocimientos y velar con preocupación la realización de este trabajo.

A mi Tutor Industrial y amigo Marcos Zavala por su valiosa y oportuna colaboración en la realización de este trabajo.

A mi familia, Rafael, Eribeth, Arevalo y Noritza por su cariño, constancia y apoyo en todo momento.

A los profesores del departamento de geología de la Universidad Central de Venezuela por transmitirme sus conocimientos y ayudarme a culminar con éxito mi carrera.

A la Corporación PDVSA, por abrirme sus puertas en calidad de tesis y de esta manera cumplir con un requisito para obtener el título de Ing. Geólogo.

A la Gerencia de Estudios Integrados de la Unidad de Explotación Lagocinco y a todos sus miembros: Carmen Boscán, Marcos Zavala, Luis Ramírez, Alba Rivas, Antonio Camargo, José Miguel Orríbo, José Edmundo González, José Morillo, Luis Piña, Rafael Linares, Javier González, Jesús Arrioja, Miguel Flores, Yelitza Rosales y Carmen Valdez por su oportuna y valiosa ayuda.

A mis amigos Francisco, Angel, Endrina, Delmiro y en especial a Omaivi, con quienes compartí los momentos más difíciles de este trabajo.

A todos mis amigos, con quien compartí y me ayudaron de una u otra manera a lo largo de mi carrera, en especial Adrian, Willian, Mariangela, Yulner, Roger, Orlando, Norelis, Pablo, Suzett, Romulo, Joao, Guillermo, Gollo y Kelly.

A mi prima Mariela La Torre por darme el apoyo y servir de guía y amiga durante la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que de otra forma fueron consecuentes conmigo.

A todas aquellas personas que siempre confiaron en mi.

A todos, gracias.

CONTENIDO

	Página
CONSTANCIA DE APROBACION.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xvii
ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
INTRODUCCION.....	23

CAPITULO I GENERALIDADES

1. Generalidades.....	26
1.1 Generalidades del yacimiento.....	26
1.1.1 Bloque V Lamar.....	26
1.1.2 Área VLE-326/455.....	27
1.1.3 Yacimiento C-2 VLE-326/455.....	28
1.2 Planteamiento del Problema.....	29
1.3 Objetivos del Estudio.....	29
1.3.1 Objetivo General.....	29
1.3.2 Objetivos Específicos.....	30
1.3.3 Objetivos Académicos.....	30
1.4 Justificación del Problema.....	30
1.5 Alcance.....	31
1.6 Beneficios esperados.....	32
1.7 Delimitación.....	33
1.8 Ubicación del área de estudio.....	33
1.9 Trabajos Previos.....	34

CAPITULO II MARCO GEOLOGICO REGIONAL

2. Geología Regional.....	35
2.1 Estratigrafía Regional.....	35
2.1.1 Asociación Mucuchachí (Carbonífero Superior).....	38
2.1.2 Formación La Quinta (Jurásico Superior).....	39
2.1.3 Formación Río Negro [Cretácico (Barremiense)].....	40
2.1.4 Formación Apón [Cretácico (Aptiense - Albienense)].....	41
2.1.5 Formación Lisure [Cretácico (Albiense Medio)].....	42
2.1.6 Formación Maraca [Cretácico (Albiense Superior)].....	43

2.1.7 Formación La Luna [Cretácico (Cenomaniense-Campaniense)].....	44
2.1.8 Formación Colón [Cretácico (Campaniense-Maestrichtiense)].....	45
2.1.9 Formación Mito Juan [Cretácico (Maestrichtiense Superior)].....	45
2.1.10 Formación Guasare (Paleoceno).....	46
2.1.11 Formación Misoa (Eoceno).....	47
2.1.12 Formación Paují (Eoceno Medio).....	48
2.1.13 Formación Icotea (Oligoceno).....	49
2.1.14 Formación La Rosa (Mioceno Temprano).....	51
2.1.15 Formación Lagunillas (Mioceno Medio A Tardío).....	52
2.1.16 Formación Isnótú (Mioceno Tardío).....	53
2.1.17 Formación Onía (Plioceno).....	54
2.1.18 Formación El Milagro (Pleistoceno).....	54
2.2 Geología Estructural Regional.....	56
2.2.1 Triásico-Jurásico.....	57
2.2.2 Cretácico.....	59
2.2.3 Paleoceno.....	64
2.2.4 Eoceno.....	65
2.2.5 Oligoceno.....	67
2.2.6 Mioceno.....	69
2.2.7 Plioceno-Pleistoceno.....	71
2.3 Geología Histórica Regional.....	72
2.4 Génesis, Migración y Entrampamiento de Hidrocarburos.....	81

CAPITULO III MARCO GEOLOGICO LOCAL

3. Geología Local.....	84
3.1 Consideraciones Geológicas del Bloque V Lamar.....	84
3.1.1 Aspectos Generales.....	84
3.1.2 Estratigrafía del Bloque V Lamar.....	86
3.1.3 Estructura del Bloque V Lamar.....	87
3.2 Límites del Yacimiento.....	91
3.3 Geología Estructural Local.....	93
3.3.1 INTERA (1994).....	95
3.3.2 INTEVEP (2001).....	98
3.4 Estratigrafía Local.....	100
3.4.1 Generalidades.....	100
3.4.2 Facies Sedimentarias.....	107
3.4.3 Ambiente de Sedimentación.....	108
3.4.4 Características de las Electrofacies Presentes en el yacimiento.....	110
3.4.5 Análisis Secuencial.....	111

CAPITULO IV MARCO METODOLOGICO

4. Metodología.....	114
---------------------	-----

4.1 Recopilación de la data.....	114
4.1.1 Revisión y recopilación bibliográfica.....	114
4.1.2 Herramientas utilizadas y equipos utilizados.....	115
4.2 Marco Estratigráfico.....	116
4.2.1 Introducción.....	116
4.2.2 Marco de Trabajo.....	118
4.2.3 Diseño del Mallado.....	118
4.2.4 Carga de Datos en Openworks.....	120
4.2.5 Diseño del Template.....	121
4.2.6 Desviaciones.....	123
4.2.7 Interpretación Estratigráfica.....	124
4.2.7.1 Secciones Sísmicas-Estratigráficas.....	126
4.2.7.2 Criterios de Correlación.....	127
4.2.7.3 Pozos Correlacionados.....	129
4.2.7.4 Secciones Estratigráficas.....	129
4.2.8 Nomenclatura.....	130
4.2.8.1 Nombres de los Picks.....	130
4.2.8.2 Calificativos de los Picks.....	131
4.2.9 Paneles Estratigráficos.....	133
4.2.10 Mapas de ANT.....	134
4.2.11 Mapas de Electrofacies.....	134
4.2.12 Paneles de Fluidos.....	135
4.3 Marco Estructural.....	136
4.3.1 Introducción.....	136
4.3.2 Marco de Trabajo.....	136
4.3.3 Selección de Secciones Estructurales.....	137
4.3.4 Secciones Estructurales.....	138
4.3.5 Secciones Sísmicas.....	138
4.3.6 Secciones Estructurales Esquemática.....	138
4.3.7 Interpretación Estructural.....	139
4.3.8 Nomenclatura.....	140
4.3.8.1 Nombres de las Fallas.....	140
4.3.9 Mapa en Tiempo.....	141
4.3.10 Conversión de Tiempo a Profundidad.....	142
4.3.11 Mapa Estructural.....	143
4.3.12 Visualización 3D.....	143
4.3.13 Análisis de Atributos Sísmicos.....	146
4.4 Flujograma de Metodología Utilizada.....	148

CAPITULO V RESULTADOS

5. Resultados.....	149
5.1 Marco sismo-estratigráfico.....	149
5.2 Comportamiento de Presiones.....	150

5.3 Marco Estratigráfico.....	154
5.3.1 Secciones Estratigráficas SW-NE.....	155
5.3.2 Secciones Estratigráficas NW-SE.....	166
5.4 Mapas de Arena Neta Total (ANT).....	172
5.5 Mapa de Electrofacies.....	172
5.6 Mapa de Atributos Sísmicos.....	174
5.7 Marco sismo-estructural.....	175
5.7.1 Secciones Sísmicas SW-NE.....	176
5.7.2 Secciones Sísmicas NW-SE.....	180
5.8 Marco Estructural.....	181
5.8.1 Secciones Estructurales.....	182
5.9 Mapa Estructural y Descripción de Corte en Tiempo.....	187
5.10 Modelado 3D.....	187

CAPITULO VI INTEGRACION DE RESULTADOS

6 Integración de Resultados.....	188
6.1 Marco Estratigráfico.....	188
6.2 Marco Estructural.....	195
6.2.1 Descripción del Fallamiento.....	197
6.3 Potencial de Hidrocarburos.....	200
6.3.1 Distribución de los Fluidos.....	202
 CONCLUSIONES.....	204
RECOMENDACIONES.....	206
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	207
ANEXOS (TOMO II)	

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 Secciones estratigráficas realizadas para la descripción de la arquitectura y estratigrafía del yacimiento C-2/VLE-326/455.....	119
TABLA 2 Datos de profundidad (en MD) de los Picks en los 11 pozos usados para el amarre y control estratigráfico de la interpretación (Unidades de C-2).....	125
TABLA 3 Datos de profundidad (en MD) de los Picks en los 11 pozos usados para el amarre y control estratigráfico de la interpretación (Formaciones).....	125
TABLA 4 Nombre de los Picks utilizados en este estudios, y sus equivalentes de IRT/PDVSA en estudios de las áreas adyacentes.....	131
TABLA 5 Tabla de información de identificación y pozos que conforman cada uno de los paneles estratigráficos elaborados para el yacimiento C-2/VLE326/455, en este estudio.....	133
TABLA 6 Tabla de información de identificación y pozos que conforman cada uno de los paneles de fluidos elaborados para el yacimiento C-2/VLE326/455, en este estudio.....	136
TABLA 7 Información correspondiente a las secciones estructurales realizadas en este estudio.....	137
TABLA 8 Información correspondiente a las secciones estructurales esquemáticas realizadas en este estudio.....	139
TABLA 9 Nomenclatura (nombre) asignada a las fallas interpretadas.....	141
TABLA 10 Descripción sistemática de las fallas interpretadas en el yacimiento C-2/VLE326/455.....	198

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Mapa de ubicación del área estudio.....	26
FIGURA 2 Columna de las arenas en estudio y registro tipo.....	33
FIGURA 3 Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca de Maracaibo	35
FIGURA 4 Relación estratigráfica entre las formaciones La Quinta y Asociación Mucuchachi.....	40
FIGURA 5 Relación estratigráfica entre las formaciones Río Negro, Apón, Lisure y Maraca.....	44
FIGURA 6 Relación estratigráfica entre las formaciones La Luna, Colón y Mito Juan.....	46
FIGURA 7 Relación estratigráfica entre las formaciones Mito Juan, Guasare y Paují	49
FIGURA 8 Relación estratigráfica entre las formaciones Paují, Icotea y La Rosa.....	50
FIGURA 9 Relación estratigráfica entre las formaciones La Rosa, Lagunillas, Isnotú, Onía y El Milagro	55
FIGURA 10 Mapa del marco tectónico regional de la Cuenca de Maracaibo	56
FIGURA 11 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Triásico-Jurásico Temprano	58
FIGURA 12 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Jurásico Medio (Bathoniense).....	58
FIGURA 13 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Temprano (Valanginiense).....	59
FIGURA 14 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Temprano (Barremiense).....	60
FIGURA 15 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Temprano (Albiense).....	61

FIGURA 16 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Tardío (Turonense).....	62
FIGURA 17 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Tardío (Campaniense).....	63
FIGURA 18 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Tardío (Maestrítchiense).....	63
FIGURA 19 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Paleoceno.....	65
FIGURA 20 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Eoceno Medio.....	66
FIGURA 21 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Oligoceno Temprano.....	68
FIGURA 22 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Mioceno Temprano.....	69
FIGURA 23 Configuración estructural de la Cuenca de Maracaibo para el Mioceno Tardío	71
FIGURA 24 Paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo para el Triásico- Jurásico	73
FIGURA 25 Paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Temprano (Barremiense).....	74
FIGURA 26 Paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Temprano (Albiense-Aptiense).....	75
FIGURA 27 Paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Tardío (Cenomaníense-Santoníense).....	76
FIGURA 28 Paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo para el Cretácico Tardío (Campaniense-Maestrítchiense).....	77

FIGURA 29 Paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo para el Eoceno Temprano-Medio	78
FIGURA 30 Paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo para el Oligoceno-Mioceno Inferior	80
FIGURA 31 Mapa de ubicación del Bloque V Lamar	84
FIGURA 32 Mapa de las tres principales áreas operacionales del Bloque V Lamar	85
FIGURA 33 Mapa estructural del tope de C-2-3, área VLE-196/460.....	88
FIGURA 34 Mapa estructural del tope C-2-0, área VLE-305.....	89
FIGURA 35 Mapa estructural del tope de C-20, área VLE-326/455.....	90
FIGURA 36 Mapa de los límites del yacimiento en estudio	93
FIGURA 37 Marco tectónico 3D del yacimiento C-2/VLE-326/455.....	94
FIGURA 38 Mapa del marco tectónico del yacimiento C-2/VLE-326/455...	94
FIGURA 39 Sección sísmica, traza 305, zona central del área VLE-326/455 (INTERA).....	96
FIGURA 40 Sección sísmica, traza 175, zona occidental del área VLE-326/455 (INTERA, 1994).....	96
FIGURA 41 Sección sísmica, traza 338, zona oriental del área VLE326/455 (INTERA, 1994).....	97
FIGURA 42 Sección sísmica, traza 581, del área VLE-326/455 (INTEVEP, 2001).....	98
FIGURA 43 Sección sísmica, traza 280, del área VLE-326/455 (INTEVEP, 2001).....	99
FIGURA 44 Columna estratigráfica del área VLE-326/455.....	101
FIGURA 45 Unidades estratigráficas y de flujo que componen al yacimiento C-2 de las arenas C.....	102
FIGURA 46 Comparación entre las sub-unidades definidas por PDVSA y las definidas por IRT, para el Bloque V Lamar.....	106

FIGURA 47 Modelo esquemático de la depositación de la Formación Misoa, especialmente las arenas C-2.....	108
FIGURA 48 Modelo depositacional asociado a las arenas C-2.....	109
FIGURA 49 Delta del Missisipi, análogo moderno del modelo depositacional de las areniscas C-2 de la Formación Misoa.....	110
FIGURA 50 Cuadro de electrofacies presentes en el yacimiento C-2/VLE-326/455.....	111
FIGURA 51 Sección sísmica del área VLE326/455 que muestra los marcadores regionales.....	113
FIGURA 52 Ubicación en espacio y tiempo del estudio integrado realizado en los campos pertenecientes a la U.E Lagocinco.....	117
FIGURA 53 Mapa de ubicación de secciones estratigráficas.....	120
FIGURA 54 “Template” utilizado para la realización de las secciones estratigráficas.....	122
FIGURA 55 Tabla de información de desviación de pozo observada en OpenWorks.....	123
FIGURA 56 Registro tipo propuesto para la Unidad C-2 en el área VLE326/455.....	126
FIGURA 57 Esquema de las cualidades de los Pikcs estratigráficos del yacimiento C-2/VLE326/455.....	132
FIGURA 58 Mapa de ubicación de los paneles estratigráficos.....	133
FIGURA 59 Mapa de ubicación de paneles de fluidos.....	135
FIGURA 60 Mapa de ubicación de las secciones estructurales.....	137
FIGURA 61. Mapa estructural en tiempo utilizado para la construcción del mapa estructural en profundidad.....	142
FIGURA 62. Superficies y Fallas en 3D en Tiempo.....	144
FIGURA 63. Fallas en 3D en Tiempo.....	144
FIGURA 64. Superficie C-2-3 y Fallas en 3D, en Profundidad.....	145

FIGURA 65. Superficie C-2-3, Fallas y Pozos en 3D, en Profundidad.....	146
FIGURA 66. Mapa de Pseudo Arena Neta (atributos sísmicos).....	147
FIGURA 67a,b. Comportamiento de Presión de las Sub-unidades C-2-5 y C-2-4.....	151
FIGURA 68. Comportamiento de Presión de la Unidad C-inferior.....	152
FIGURA 69a,b,c. Comportamiento de Presión de las Sub-unidades C-3-7, C-3-6 y C-3-5.....	153
FIGURA 70. Sub-unidades definidas en este estudio y definidas por PDVSA/IRT.....	154
FIGURA 71a. Mapa de atributos sísmicos interpretado.....	175
FIGURA 71. Configuración Estructural del Yacimiento en la Zona Este.....	177
FIGURA 72. Sección Estructural que pasa por la zona central del yacimiento, donde se destaca la configuración estructural al norte.....	179
FIGURA 73. Configuración Estructural del Yacimiento en la Zona NE.....	181
FIGURA 74. Sub-unidades definidas en este estudio y Oficiales.....	188
FIGURA 75a,b. Arquitectura Interna del Yacimiento.....	190
FIGURA 76. Sección Sísmica que Muestra el Sistema de Fallas Normales...	196
FIGURA 77. Sección Sísmica que Muestra el Sistema de Fallas Normales e Inversas.....	167
FIGURA 78a,b. Mapa Estructural Oficial y Actual.....	199
FIGURA 79. Panel de Fluidos Mostrando el Entrampamiento Estratigráfico en el Yacimiento.....	200
FIGURA 80. Panel de Fluidos Mostrando el Entrampamiento Estructural en el Yacimiento.....	201

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I: Tabla de inventario de curvas GR del yacimiento C-2/VLE326/455.

ANEXO II: Tabla de inventario de desviaciones del yacimiento C2/VLE326/455.

ANEXOS III: Secciones sísmicas.

- **Anexo III_a** Sección sísmica A-A'
- **Anexo III_b** Sección sísmica B-B'
- **Anexo III_c** Sección sísmica C-C'
- **Anexo III_d** Sección sísmica D-D'
- **Anexo III_e** Sección sísmica E-E'
- **Anexo III_f** Sección sísmica F-F'
- **Anexo III_g** Sección sísmica G-G'
- **Anexo III_i** Sección sísmica H-H''
- **Anexo III_j** Sección sísmica H'-H''
- **Anexo III_k** Sección sísmica J-J'
- **Anexo III_l** Sección sísmica B''-B'
- **Anexo III_m** Sección sísmica A''-A'

ANEXO IV: Gráficos de comportamientos de presiones por sub-unidad del yacimiento C-2/VLE326/455.

ANEXOS V: Secciones estratigráficas.

- **Anexo V_a** Sección estratigráfica A-A'
 - **Anexo V_b** Sección estratigráfica A''-A'
 - **Anexo V_c** Sección estratigráfica B-B'
 - **Anexo V_d** Sección estratigráfica B''-B'
-

- **Anexo V_e** Sección estratigráfica C-C'
- **Anexo V_f** Sección estratigráfica D-D'
- **Anexo V_g** Sección estratigráfica E-E'
- **Anexo V_h** Sección estratigráfica F-F'
- **Anexo V_i** Sección estratigráfica G-G'
- **Anexo V_j** Sección estratigráfica G'-G''
- **Anexo V_k** Sección estratigráfica H-H''
- **Anexo V_l** Sección estratigráfica H'-H''
- **Anexo V_m** Sección estratigráfica I-I'
- **Anexo V_n** Sección estratigráfica J-J'

ANEXO VI: Tabla de topes definidos para el yacimiento C-2/VLE326/455.

ANEXOS VII: Paneles estratigráficos.

- **Anexo VII_a** Panel estratigráfico P1
- **Anexo VII_b** Panel estratigráfico P2
- **Anexo VII_c** Panel estratigráfico P3

ANEXOS VIII: Mapas de ANT.

- **Anexo VIII_a** Mapa ANT de la sub-unidad C-2-5
- **Anexo VIII_B** Mapa ANT de la sub-unidad C-2-1c

ANEXOS IX: Mapas de Electrofacies.

- **Anexo IX_a** Mapa de Electrofacies de la sub-unidad C-2-5
- **Anexo IX_b** Mapa de Electrofacies de la sub-unidad C-2-1c

ANEXOS X: Paneles de Fluidos.

- **Anexo X_a** Panel de Fluidos A-A'
- **Anexo X_b** Panel de Fluidos B-B'

- **Anexo X_c** Panel de Fluidos C-C'

ANEXOS XI: Secciones estructurales.

- **Anexo XI_a** Sección estructural A-A'
- **Anexo XI_b** Sección estructural B-B'
- **Anexo XI_b** Sección estructural C-C'

ANEXOS XII: Secciones estructurales esquemáticas.

- **Anexo XII_a** Sección estructural esquemática C-C'
- **Anexo XII_b** Sección estructural esquemática A''-A'
- **Anexo XII_c** Sección estructural esquemática F-F'

ANEXOS XIII: Mapa estructural del tope de la subunidad C-2-3.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

<i>ABREVIATURA</i>	<i>SIGNIFICADO</i>
ANT:	Arena Neta Total
API:	Gravedad del Petróleo
BAD:	Barril de Agua por Día
Bls:	Bariles
BNP:	Barril Normal de Petróleo
BNPD:	Barril Normal
CAPO:	Contacto Agua Petróleo Original
CAPA:	Contacto Agua Petróleo Actual
FR:	Factor de Recobro
IRT:	International Reservoir Technologies CA.
LPC:	Libra por Pie Cubico
MD:	Profundidad Medida
Md:	Mili Darcis
MEM:	Ministerio de Energía y Minas
M:	1000 (Ejemp. 23MM=23.000.000)
PC/BN:	Pie Cubico/Bariles Normales
PCND:	Pie Cubico Normal por Día
POES:	Petróleo Original en Situ
RGP:	Relación Gas-Petróleo
RWP:	Relación Agua-Petróleo
SW:	Saturación de Agua
TVDSS:	Profundidad vertical a nivel del mar
TVD:	Profundidad vertical
VSH:	Volumen de Arcilla

Linares V. Richard J.

**INTEGRACION DEL YACIMIENTO C-2/VLE326/455 DENTRO
DEL MODELO GEOLOGICO DEL BLOQUE V LAMAR.
CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO. EDO ZULIA**

Tutor Académico: Prof. Celia Bejarano. Tutores Industriales: Ing. Marcos Zavala e Ing. Tilio Hernández. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología. 2002. 212p

Palabras Claves: Integración, Estratigrafía, Estructura, Modelo, Sísmica.

RESUMEN. El presente trabajo tiene como objetivo principal, la integración del yacimiento C-2/VLE326/455 al modelo geológico actualizado del Bloque V del Campo Lamar, el cual pertenece a las arenas del miembro informal C-Superior de la Formación Misoa de edad Eoceno Medio-Superior.

El área de estudio esta ubicada en la zona sur central de la Cuenca del Lago de Maracaibo del Edo. Zulia, abarca una superficie de 42 Km², limita al norte y este con el área VLE196/460, al sur con el área VLE305, todas pertenecientes al Bloque V Lamar; y al oeste por el sistema de fallas de Icotea.

Para la realización de este estudio se utilizo la información correspondiente a 101 pozos que atraviesan la secuencia estudiada (C-2), de este total de pozos 82 pertenecen al área VLE326/455, 16 al área VLE305 y 3 al área VLE196/460.

El estudio esta fundamentado principalmente en la extrapolación del modelo estratigráfico y estructural propuesto para las áreas vecinas al norte y este (VLE196/460) por la compañía *International Reservoir Technologies* (IRT) en el año 2002, al yacimiento C-2/VLE326/455 y parte del yacimiento C-2/VLE305.

Para la interpretación estratigráfica se utilizo principalmente la información de perfiles GR, SP y resistividad de los 101 pozos correlacionados, al igual que data sísmica 3D y 10 pozos del área de estudio correlacionados por la compañía IRT en estudios previos, los cuales se utilizaron como amarre y punto de partida para la extrapolación de los topes estratigráficos (picks). Se correlacionaron un total de 14 topes estratigráficos en 101 pozos, estos incluyen los topes estratigráficos de las formaciones La Rosa y Santa Barbara de edad Mioceno, Misoa de edad Eoceno y de sus miembros informales C-1(base B), C-2, C-3 y de la sub-unidad C-4-3, perteneciente a la unidad C-4. Se describe la arquitectura interna del yacimiento y se definen para la unidad C-2, 8 sub-unidades estratigráficas y de flujo denominadas de tope a base: C-2-5, C-2-4, C-2-3, C-2-2, C-2-1, C-2-1a, C-2-1b y C-2-1c.

La interpretación estructural esta basada principalmente en data sísmica 3D e información de perfiles de pozos. Se identificaron un total de 14 fallas que componen tres sistemas que dominan la estructura del yacimiento, así mismo se define el estilo estructural predominante utilizando herramientas de geofísica y modelado 3D.

INTRODUCCION

La Unidad de Explotación, de Estudios Integrados Lagocinco, División Occidente (anteriormente MARAVEN), tiene bajo su responsabilidad tres importantes Campos en la zona sur central del Lago de Maracaibo, tales campos corresponden a los Bloques: V Centro, V Lamar, VI Lamar; y todas sus áreas asociadas.

Desde 1997 PDVSA ha venido realizando el estudio integrado de estos tres importantes campos con el objeto de establecer un análisis interpretativo y multidisciplinario de los yacimientos que lo componen.

En el Bloque V Lamar específicamente, este estudio se ha basado en uno de sus principales yacimientos, el yacimiento C-2 de la Formación Misoa de edad Eoceno, el cual se ha tomado como una unidad geológica e hidráulica integral para las tres grandes áreas que componen este Bloque (área VLE-305, VLE-326/455 y VLE-196/460), a fin de describir su naturaleza y geometría; calificar y cuantificar las propiedades de roca y fluidos; y, establecer tanto su distribución como volúmenes recuperables de hidrocarburos. Todo esto integrando aspectos estructurales, estratigráficos, sedimentológicos, petrofísicos y de fluidos, en un modelo único que permita establecer un plan de explotación que garantice la máxima recuperación económica de sus reservas.

Hasta la fecha (2002) PDVSA cuenta con el estudio integrado de los Bloques V Centro, VI Lamar y las áreas VLE196/460 pertenecientes al Bloque V Lamar. El presente trabajo forma parte de este estudio integrado, y tiene como objetivo general, integrar el yacimiento C-2/VLE-326/455 a estas nuevas interpretaciones, a fin de lograr un modelo geológico consistente de estas áreas.

El estudio se basa en la integración del modelo estratigráfico y estructural del yacimiento C-2/VLE-326/455 con sus áreas vecinas al norte (VLE-196/460), y de esta manera definir la orientación y geometría de los elementos estructurales del yacimiento, así mismo, definir su arquitectura interna, correlacionar y definir unidades de flujo y construir los mapas de distribución de sus arenas.

Para la elaboración de este estudio se toma como base las interpretaciones realizadas por PDVSA e *International Reservoir Technologies* (IRT) en el presente año (2002) en las áreas VLE-196/460, las cuales son extrapoladas al yacimiento en estudio, obteniéndose así, un modelo consistente a las interpretaciones de estas áreas vecinas, y que sirve como base para la construcción del modelo estático y dinámico del yacimiento, lo cual permitirá la revisión y diseño de un plan óptimo de recuperación secundaria que aumente la producción diaria de petróleo en el yacimiento y del bloque en conjunto.

Este estudio se encuentra dividido fundamentalmente en 6 capítulos, bajo los cuales esta soportado y documentado este trabajo especial de grado.

En el Capítulo I, se menciona todo lo relacionado a la metodología científica referente al trabajo, definiéndose de esta manera el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos generales y específicos, el alcance de la investigación, la delimitación, así como la ubicación del área de estudio y algunas generalidades del Yacimiento.

En el Capítulo II, se hace una reseña a la geología regional de la cuenca de Maracaibo, a la cual pertenece el área de estudio. En este capítulo se mencionan la estratigráfia regional de la cuenca, su evolución estructural, geología histórica, así como la historia de la generación, migración y entrampamiento de los hidrocarburos en la cuenca.

El Capítulo III hace referencia a la geología local del Bloque V Lamar, mencionando a manera general la estratigrafía y estructura de las áreas que componen al campo, al cual pertenece el yacimiento C-2/VLE326/455, de igual forma se hace referencia a la estratigrafía y estructura del yacimiento en estudio, basada en estudios previos en el área, esto con el objeto de visualizar esta tendencia y su correspondencia con el marco geológico regional.

El Capítulo IV corresponde a la metodología empleada para el desarrollo de este estudio, en el se explica paso a paso las herramientas, equipos, materiales y procedimientos seguidos para la elaboración del mismo.

En el Capítulo V se muestran los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, estos se basan fundamentalmente en la descripción detallada de las secciones sísmicas, estructurales y estratigráficas obtenidas a partir de las correlaciones realizadas, así como de los mapas de arena neta total (ANT), electrofacies y estructurales realizados.

En el Capítulo VI se presentan los análisis de resultados, producto de la integración de toda la información y resultados obtenidos a partir: secciones sísmicas, secciones estructurales, secciones estratigráficas, topes y fallas, paneles estratigráficos, paneles de fluidos, mapas estructurales, mapas de arena neta total (ANT), mapas de electrofáicies, atributos sísmicos y modelado 3D; estableciéndose una descripción y visión global de la estratigrafía y estructura del yacimiento.

Finalmente se dan conclusiones y se proponen recomendaciones acerca del estudio realizado.

CAPITULO I
GENERALIDADES

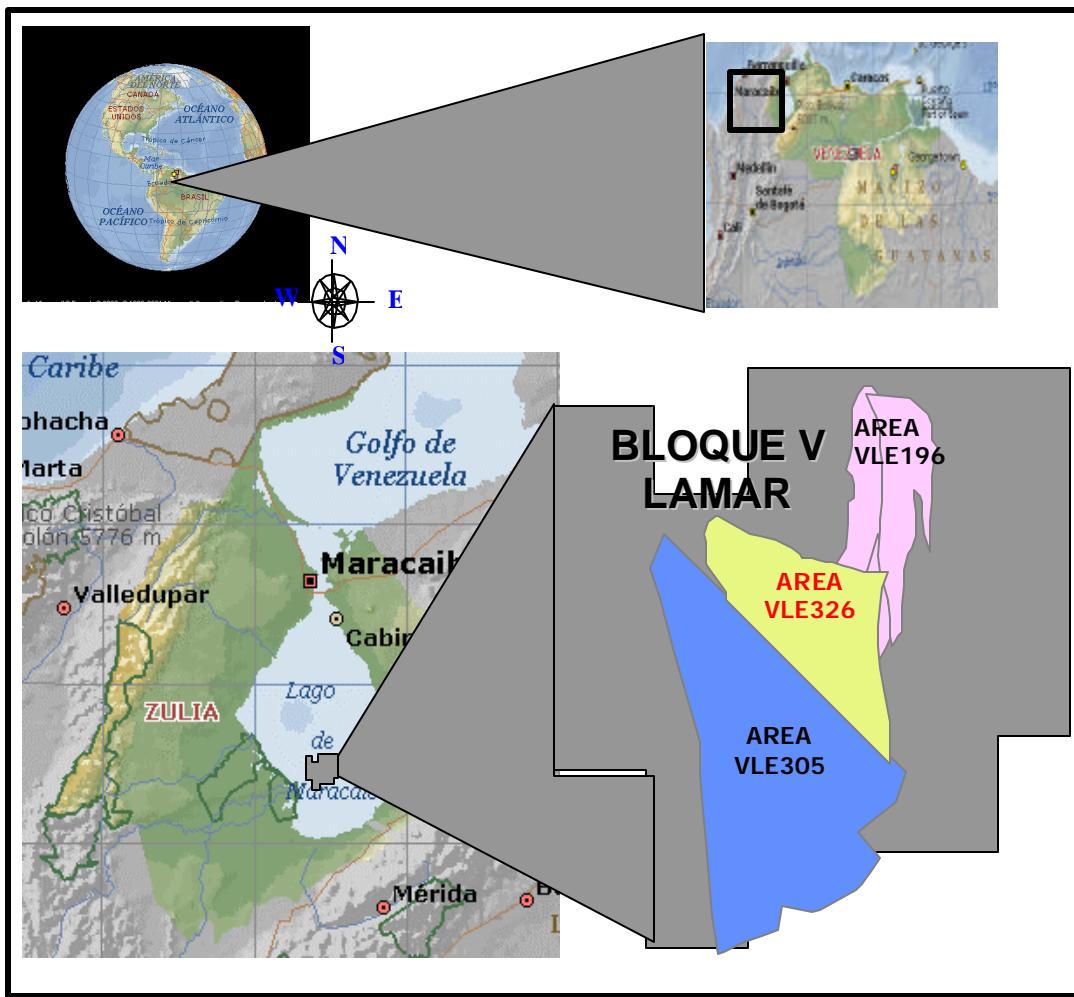
1. GENERALIDADES

1.1 GENERALIDADES DEL YACIMIENTO.

1.1.1 BLOQUE V LAMAR:

La historia de Bloque V Lamar comienza en el año 1958 con la perforación del pozo VLE-0305 dando inicio así de ésta manera a la explotación de este campo que en el futuro se denominaría Bloque V Lamar.

El Bloque V Lamar está ubicado en la zona Sur central del Lago de Maracaibo en la región Occidental de Venezuela (Figura N°1)



Mapa de ubicación del Bloque V Lamar y del yacimiento G2/VLE-326/455
(Tomado y modificado de archivo digital U.E Lagocinco, 2002).

El Bloque ha sido dividido en tres áreas principales, como son: Área VLE-305, VLE-326/455 y VLE-196/460, cuyos yacimientos producen mayormente de las arenas del Miembro Informal C de edad Eoceno.

Este Bloque consta de 28 yacimientos, siendo los de mayor interés los pertenecientes al Miembro Informal C de edad Eoceno. La Formación Misoa es la principal productora del bloque, de donde se obtiene crudo de gravedad API comprendida entre 30.6 y 39 grados API (Guevara *et al.*, 1998)..

Para Junio de 2001 el petróleo originalmente en sitio (POES) en las arenas del Miembro Informal C de edad Eoceno es de 3015 MMBls, con Reservas Recuperables de 1324 MMBls de los cuales 400 MMBls están asociados a los proyectos de recuperación secundaria C-2, VLE-326/455 (Agua) y C-2, VLE-305 (Agua y Gas) y unas reservas remanentes de 253 MMBls. Hasta Junio de 2001 la producción del campo estaba en el orden de 36.3 MBND con una producción promedio por pozo de 395 BND en 92 pozos productores activos. La producción acumulada hasta el presente es de 779 MMBNP.

En los proyectos de recuperación secundaria se inyectan actualmente 136.4 MBAD de los cuales, 49.8 MBAD son para el área VLE-326/455 y 86.5 para el área VLE-305 y 500 MPCND de gas, mientras que el área VLE-196/460 posee producción primaria.

1.1.2 AREA VLE-326/455:

El área VLE-326/455 se ubica al Noroeste del Campo Lamar, Bloque V (Figura N°1). En ella se explotan los yacimientos C-2 y C-3/4/5 con producciones de 3.5 y 3.8 MBPD, respectivamente.

La producción acumulada por yacimiento es: para C-2 de 156.4 MMBN para una reserva remanente de 46,5 MMBls y para C-3/4/5 de 94 MMBN para una reserva remanente 15MMBls (Guevara *et al.*, 1998).

1.1.3 YACIMIENTO C-2 VLE-326/455:

El yacimiento C-2/VLE326/455 del Bloque V Lamar, es una unidad informal perteneciente a la parte superior del miembro informal C de la Formación Misoa de edad Eoceno Inferior-Medio

La explotación de C-2 data de 1960 con el descubrimiento de los pozos VLE-326 y VLE-346. Está sometido a inyección de agua desde 1971, con una inyección actual en el orden de los 49.8 MBAPD (Guevara *et al.*, 1998).

El yacimiento se encuentra ubicado en un anticlinal fallado, limitado al Norte, Este y Sur por una serie de fallas discontinuas y al Oeste por un C.A.P.O a 12870'. Ha sido clasificado en 5 zonas, nombradas comúnmente sub-unidades de flujo: C-20, C-21, C-22, C-23U (Upper) y C-23L (Lower), separadas por cuerpos lutíticos.

La presión inicial del yacimiento @ 12600' fue registrada en 5565 lpc. En la actualidad se ubica en 2400 lpc para la unidad de flujo C-20, 2800 lpc para las unidades de flujo C-21 y C-22; y 150 lpc para la unidad de flujo C-23 (Lower y Upper); es decir una presión entre 1500 y 2800 lpc promedio. La presión de burbujeo fue calculada en 4040 lpc, lo cual significa que el yacimiento originalmente se encontraba en estado subsaturado (Guevara *et al.*, 1998).

El yacimiento produce petróleo liviano de 33° API. El petróleo original en sitio (POES), es de 483,2 MMBN. Presenta reservas recuperables de 209,9 MMBls, y reservas remanentes de 46,5 MMBls, con un factor de recobro (FR) de 42% (Informe de producción, 2001).

Hasta la actualidad (2002), se han perforado 98 pozos, de los cuales 19 son productores activos y 8 son inyectores activos, el resto de los pozos se encuentran inactivos y algunos produciendo de la Formación la Rosa, Miembro Santa Barbara de edad Mioceno Inferior.

La producción acumulada hasta la actualidad es de 156.4 MMBls, con una producción actual de 3.5 MBNPD, un corte de agua de 55% promedio y una RGP de 2000 PC/BN.

En la actualidad la UNIDAD DE EXPLOTACIÓN (U.E) LAGOCINCO, perteneciente a la Gerencia de Estudios Integrados de PDVSA Occidente, están realizando el estudio integrado del Bloque V Lamar con el objetivo de establecer un mejor conocimiento del mismo y de esta manera incrementar la productividad del Bloque y al mismo tiempo mejorar la eficiencia áreal de barrido durante las inyecciones de fluidos en los pozos pertenecientes a las áreas VLE-305, VLE-326/455 y VLE-196/460 del Campo Lamar (Cuenca del Lago de Maracaibo), y en especial los pertenecientes a los yacimientos C-2 de dichas áreas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad el yacimiento G2/VLE-326/455 no se encuentra integrado dentro del reciente contexto geológico del Bloque V Lamar, no contando así con un modelo geológico integrado dentro del marco regional del área, lo cual eleva los niveles de incertidumbre del yacimiento, afectando la elaboración de un plan óptimo de explotación tanto para el yacimiento, como para el bloque en conjunto.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Disponer de un modelo geológico estratigráfico y estructural unificado del Bloque V Lamar integrando el yacimiento C-2/VLE-326/455 a las nuevas interpretaciones en las áreas vecinas (VLE-196/460).

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Extrapolar el marco estratigráfico realizado en las áreas vecinas al norte (VLE-196/460), al yacimiento C-2/VLE-326/455.
- Elaborar el marco estructural del yacimiento C-2/VLE-326/455 acorde con los nuevos modelos geológicos en las áreas vecinas (VLE-196/460), utilizando sísmica 3D.
- Elaborar el mapa estructural para el marcador C-2-3 del yacimiento C-2/VLE-326/455.
- Elaborar mapas de arena neta total (ANT) para el tope y base del yacimiento C-2/VLE-326/455.
- Elaborar mapas de electrofáces para el tope y la base del yacimiento C-2/VLE-326/455.

1.3.3 OBJETIVOS ACADEMICOS:

Cumplir con el requisito de elaboración del Trabajo Especial de Grado, de la Ilustre Universidad Central de Venezuela, para optar al Titulo de Ingeniero Geólogo.

1.4 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.

La realización de este estudio surge de la necesidad de unificar los criterios geológicos del yacimiento C-2/VLE-326/455 dentro del contexto del modelo estático del Bloque V Lamar, y de esta manera servir como base para la realización del

modelo estático y dinámico, así como para la revisión y diseño de un plan de recuperación secundaria que optimice la producción del yacimiento.

1.5 ALCANCES.

Los alcances que se establecen en este proyecto se menciona a continuación:

1. Correlación y validación de catorce (14) Picks (topes estratigráficos) en 82 pozos del yacimiento C-2/VLE326/455, estos horizontes estratigráficos incluyen los topes de las formaciones La Rosa, Miembro Santa Barbara de edad Mioceno Inferior, Misoa de edad Eoceno; y de las unidades informales de la Formación Misoa C-1, C-2-5, C-2-4, C-2-3, C-2-2, C-2-1, C-2-1a, C-2-1b, C-2-1c, C-3-4 y C-4-3.
2. Migración de correlación y validación de 14 Picks estratigráficos en dieciséis (16) pozos del yacimiento C-2/VLE-305. Estos horizontes incluyen los mencionados en el ítem anterior.
3. Correlación y actualización estratigráfica de los pozos VLE1434, VLE1413, VLE1428 y VLE1425 perforados en el curso de este estudio.
4. Generación del mapa estructural correspondiente al horizonte C-2-3 del yacimiento C-2/VLE-326/455.
5. Elaboración de mapas de ANT (arena neta total) para el tope y la base (horizontes C-2-5 y C-3-4) del yacimiento C-2/VLE-326/455.
6. Elaboración de mapas de electrofacies para el tope y la base del yacimiento C-2/VLE-326/455.

7. Servir como data base para la construcción del modelo estático y dinámico del yacimiento C-2/VLE-326/455.

8. Servir como base para la integración del yacimiento C-2/VLE-305 ubicado al sur, el actual contexto geológico del Bloque V Lamar.

1.6 BENEFICIOS ESPERADOS.

La elaboración del Trabajo Especial de Grado “**Integración del yacimiento C-2/VLE-326/455 dentro del modelo geológico del Bloque V Lamar. Cuenca del Lago de Maracaibo, Edo. Zulia**”, bajo la supervisión del personal de Geociencias de la Unidad de Explotación Lagocinco (U.E LAGOCINCO) de PDVSA (División Occidente), permitirá la construcción de un modelo geológico actualizado, el cual se utilizará como base para la realización de un estudio integrado del yacimiento, el cual, a partir del modelo estático se realizará el modelo dinámico, logrando de esta manera obtener un mejor conocimiento de las propiedades físicas del Bloque V Lamar y de los fluidos que contiene.

Este modelo tomando como base los estudios de la compañía ***International Reservoir Technologies, Inc*** (I.R.T), 2001, en el área VLE-196/460, se utilizará para la homologación del Bloque V LAMAR ante el Ministerio de Energía y Minas (M.E.M). De igual forma el modelo reducirá la incertidumbre que presenta actualmente esta área sincerando las reservas y permitirá revisar y generar un proyecto de recuperación secundaria (inyección de agua) que aumente la producción diaria del yacimiento y del bloque en conjunto, adicionalmente permitirá la mas acertada ubicación de nuevas localizaciones y el ahorro de 960 horas/hombre de personal propio, las cuales a su vez serán distribuidas en el resto del área del Bloque V Lamar.

1.7 DELIMITACION.

El estudio se realizara específicamente en las arenas del Miembro informal G-2 de la Formación Misoa de edad Eoceno Inferior-Medio (Figura N°2), en las áreas VLE326/455, y parte del área VLE305, perteneciente al Bloque V del Campo Lamar. Lago de Maracaibo, Edo. Zulia; bajo la supervisión del personal de Geociencias de la Unidad de Estudios Integrados, Lagocinco. PDVSA EPYM, División Occidente.

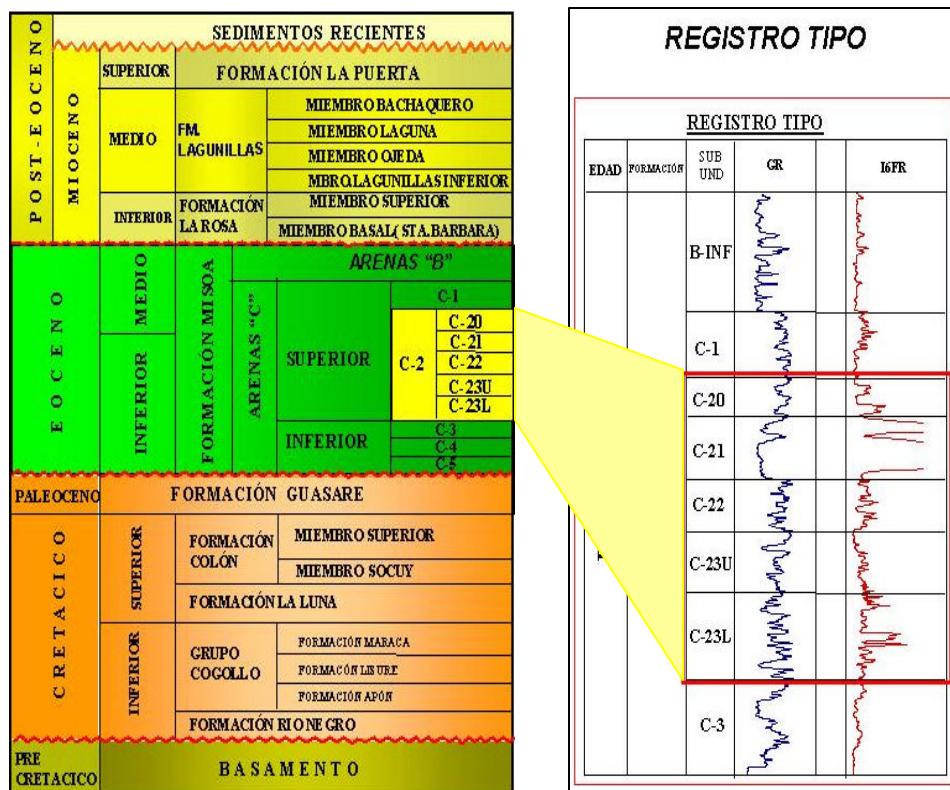


Figura N°2. Se muestran las arenas en estudio del área VLE-326/455.
(Cortesía de la Unidad de Explotación (U.E) Lagocinco, archivo digital, 2002)

1.8 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El yacimiento en estudio corresponde a la unidad C-2, perteneciente al miembro informal C de la Formación Misoa de edad Eoceno Inferior-Medio, el cual está asociado al área C-2/VLE326/455. Este se encuentra ubicado en el Bloque V Lamar, de la U. E. Lagocinco en la zona centro sur de la Cuenca del Lago de Maracaibo

perteneciente al Distrito Lagunillas (Figura. N°1), limita al norte con el área VLE196/460, al este con el área VLE196/460, al sur y oeste con el área VLE-305. Se ubica entre las coordenadas UTM, N 1.069.000-1.074.000 y E 206.000-215.000. Comprende una extensión aproximada de 24 Km² y agrupa un total de 98 pozos perforados.

1.9 TRABAJOS PREVIOS.

- INTERA (1993), realiza un estudio sedimentológico del área VLE-326, el cual se divide en dos fases, en la primera fase hace una recopilación de datos e información de análisis y estudios previos realizados en el área. En la segunda fase INTERA (1994), propone modificaciones en la geología estructural del campo, realizan mapas estructurales, de atributos sísmicos y sedimentológicos, también elabora sismogramas sintéticos.
- AROSTEGUI y MACHILLANDA (1999), realizan un modelo determinístico y estocástico del yacimiento C-2/VLE-326. En este estudio se establece un modelo sedimentológico detallado del yacimiento, basado en el análisis de núcleos y muestras de canal de los pozos VLE-754 y VLE-723. Así mismo se propone un modelo dinámico del yacimiento a partir de simulaciones estocásticas.
- INTEVEP (2001), realizan una caracterización geológica-sedimentaria de una secuencia que incluye la unidad estratigráfica “C-2” en el yacimiento C-2/VLE-326, Formación Misoa-Campo Lamar, Bloque V.
- INTERNATIONAL RESERVOIR TECHNOLOGIES Inc, (IRT) (2002), realiza el estudio integrado del área VLE-196/460 ubicado al nor-este del área VLE-326/455, basados en sus estudios realizados en 2000 de los Bloques V Centro y VI, y proponen para el modelo estático del área, el reciente modelo estratigráfico y estructural del Bloque V, Lamar.

CAPITULO II
MARCO GEOLOGICO REGIONAL

2.GEOLOGIA REGIONAL

2.1 ESTRATIGRAFIA REGIONAL.

La columna estratigráfica de la Cuenca de Maracaibo está integrada desde el Basamento Pérmico ígneo-metamórfico hasta la Formación El Milagro de edad Pleistoceno (Figura N°3).



Figura N°3. Columna estratigráfica regional de la Cuenca de Maracaibo (Cortesía de la Unidad de Explotación (U.E) Lagocinco, archivo digital, 2002)

La Cuenca de Maracaibo se encuentra ubicada al nor-oeste de Venezuela. Su extensión es de aproximadamente 50.000 Km² perteneciendo en su mayor parte al estado Zulia y en extensiones menores a los estados Táchira, Mérida y Trujillo. Sus límites geográficos son al oeste y nor-oeste, la Sierra de Perijá, al sur-este los Andes de Mérida y al este y nor-este, la Serranía de Trujillo (Mencher E, *et al.*, 1953).

Los sedimentos que constituyen la Cuenca de Maracaibo alcanzan un volumen total de aproximadamente 250.000 Km³ (Martínez 1976, en González de Juana *et al.* 1980), estos sedimentos fueron depositados en un rango de edades que van desde el Jurásico hasta el Holoceno. Sin embargo, es durante el Cenozoico es cuando la cuenca recibe el mayor volumen de sedimentos.

El basamento de la Cuenca de Maracaibo está constituido por los metasedimentos de la Formación Mucuchachí y equivalentes de edad Ordovícico y las capas rojas de la Formación La Quinta de edad Jurásico, la cual se encuentra rellenando el sistema de “grabens” asociados a la apertura continental que comenzó en el Triásico.

En el Cretácico los sedimentos fueron depositados sobre una plataforma estable y la sedimentación estuvo controlada por la subsidencia de la cuenca, por la carga sedimentaria y por los cambios eustáticos. Todo esto bajo un largo período transgresivo que comenzó en el Cretácico Temprano y culminó en el Paleoceno.

Se depositaron las formaciones Río Negro, que representa un período de deposición restringida (ambiente continental costero); el Grupo Cogollo, integrado por las formaciones Apón, Lisure y Maraca; La Luna (roca madre de mayor potencialidad en la Cuenca del Lago de Maracaibo), que representa depósitos marinos a lo largo de toda la cuenca de Maracaibo y el máximo avance de los mares cretácicos; Colón, constituida en su base por el Miembro Socuy y, Mito Juan que representa el estado final de la caída relativa del nivel del mar durante el Cretácico Tardío.

Durante el Terciario Temprano se inicia un periodo regresivo. Hay una retirada del mar hacia el noreste, desarrollándose amplias costas deltáicas y cinturones litorales en el oeste y sureste de la Cuenca de Maracaibo. Sin embargo, sobre gran parte de la plataforma de Maracaibo, el surco de Barquisimeto y hacia el borde de la zona este del Escudo de Guayana, las condiciones marinas todavía prevalecían. Durante el Paleoceno se deposita la Formación Guasare.

El origen de los sedimentos del Eoceno se ha establecido al suroeste de la cuenca, transportados por los ríos Magdalena y Orinoco que fluyen desde el sur hacia el norte y noreste. La depositación ocurrió en un ambiente fluvio-deltáico con un depocentro que ahora yace debajo del Lago de Maracaibo.

En el Eoceno la sedimentación está representada por sedimentos de la Formación Mirador (de ambiente fluvial), Formación Misoa (de ambiente deltáico), Formación Paují (de ambiente marino) y Formación Mene Grande. Durante este periodo los sedimentos quedan expuestos a una profunda erosión, casi total de las formaciones Paují-Mene Grande, parcial de la Formación Misoa en los alineamientos hacia el occidente, total de la Formación Misoa y parcial de la Formación Guasare en los bloques del sur del lago.

Durante el Oligoceno y Mioceno Temprano continuó el proceso erosivo en la zona nor-noreste del lago y se depositan los sedimentos de la Formación Icotea. Posteriormente se produce la trasgresión marina de la Formación La Rosa, en su base se reconoce un miembro arenoso de ambiente marino somero conocido como Miembro Santa Bárbara (o Basal La Rosa) (González de Juana *et al.* 1980). En los bordes de la cuenca, los ambientes fueron costeros deltáicos. Sobre ésta formación se depositó la Formación Lagunillas de carácter menos marino. La Formación Isnotú es depositada durante el Mioceno Tardío-Plioceno.

El ciclo sedimentario en la Cuenca de Maracaibo termina con la depositación de los sedimentos de la Formación Betijoque, Formación Onía, Formación El Milagro y los aluviones recientes.

A continuación se presenta un resumen da las características geológicas más importantes de las formaciones que componen la columna sedimentaria de la Cuenca de Maracaibo.

2.1.1 Asociación Mucuchachí (Carbonífero Superior):

Las rocas que constituyen esta asociación, han sido asignadas al Carbonífero Superior (Pennsylvaniense) por Marechal, 1980 (en González de Juana *et al.* 1980), y presentan un metamorfismo regional variable entre las facies de los esquistos verdes y estaurolita-anfibolita. El metamorfismo en general parece aumentar de sur a norte.

Arnold, 1961 (en González de Juana *et al.* 1980), indica que litológicamente está compuesta por pizarras con tendencia lutítica y brillo sericítico, fosilíferas, pizarras de color gris oscuro a verdoso y pizarras similares de tendencia filítica. Se encuentran bandas de metareniscas, finas impuras, en capas generalmente delgadas y con menor frecuencia macizas y gruesas. Excepcionalmente aparecen calizas recristalizadas duras, de color gris azulado a pizarras calcáreas intercaladas en la secuencia filítica; litología que generalmente es la predominante.

Shagam *et al.*, 1984, señala que esta asociación muestra características de un ambiente de sedimentación marina, por debajo del nivel base de las olas; la pirita y el material carbonáceo sugieren condiciones anaeróbicas, ya sea en cuencas aisladas con acceso restringido a los mares abiertos o en aguas muy profundas sin corrientes de fondo.

En el subsuelo del Lago de Maracaibo, en el área central, esta asociación se encuentra en contacto discordante con la Formación Río Negro suprayacente (Figura N°4), formando parte del basamento pre-Cretáceo de esta cuenca.

2.1.2 Formación La Quinta (Jurásico Superior):

La Formación La Quinta, es una unidad sedimentaria de naturaleza continental. Allí se reconocen tres partes dentro de esta formación:

- La parte inferior, de conglomerados de color rojo a veces con material tobáceo interestratificado con areniscas arcillosas.
- La parte media, predominantemente lutítico - limosa.
- La parte superior, de areniscas rojas con estratificación cruzada.

En la base de la sección tipo, se encuentran tobas dacíticas o riolíticas, infrayacentes aparentemente concordantes con los conglomerados rojos de la formación.

Los fósiles de la Formación La Quinta se consideraban escasos, restos de peces del género *Lepidotus*, concostráceos (estéridos) y ostrácodos; lo que evidencia un ambiente de deposición de aguas continentales. Otra determinación de edad jurásica, fue el hallazgo de un dinosaurio pangeano, cf. *Lesothosaurus* sp., el cual corresponde a la parte inferior del Jurásico Medio.

Estas rocas fueron depositadas en una fosa alargada, sobre una estructura de graben distensivo con dirección predominante norte - noreste.

En algunos pozos profundos de la Plataforma de Maracaibo, se han encontrado cuñas de sedimentos rojos litológicamente correlacionables con la Formación La Quinta, que junto con la Asociación Mucuchachí, constituyen el basamento Pre-Cretáceo de toda la cuenca del Lago de Maracaibo, infrayaciendo concordantemente a la Formación Río Negro (Figura N°4).

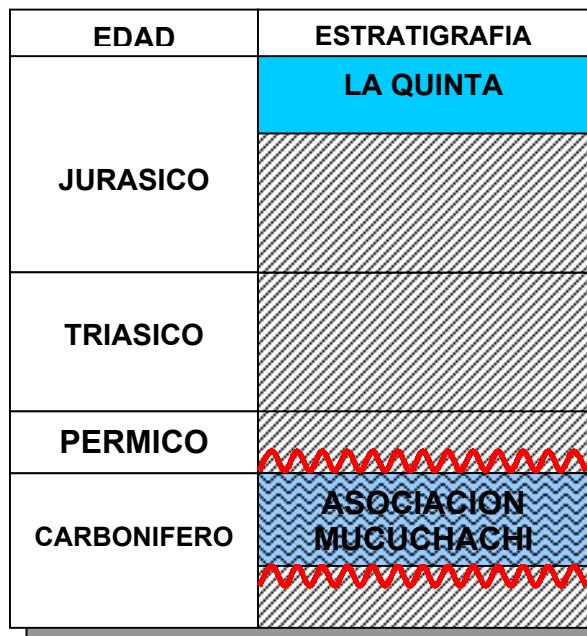


Figura N°4. Relación estratigráfica entre las Formaciones La Quinta y la Asociación Mucuchachi.

2.1.3 Formación Río Negro [Cretácico (Barremiense)]:

Durante el Barremiense, los surcos de Machiques, Uribante y Barquisimeto en Venezuela Occidental, se llenaron con una secuencia sedimentaria de ambiente predominantemente fluvial, conocida como Formación Río Negro.

Su característica litológica más distintiva en el Surco de Machiques, es la presencia de areniscas arcósicas y arcosas, asperones, conglomerados y espesores menores de arcillitas y limolítas de colores brillantes. Esta formación se caracteriza, unas veces por sedimentos de origen fluvial con areniscas conglomeráticas y otras, por arcosas de grano grueso con acanaladuras y lentes de conglomerados, frecuentemente con estratificación cruzada e intercalaciones de lutitas.

La Formación Río Negro, es fundamentalmente una sedimentación de relleno de surcos; sin embargo, al progresar la transgresión sobre áreas positivas como la

Plataforma de Maracaibo y el flanco noroeste del Alto de Mérida, se produce un rápido acuñamiento contra los bordes de las estructuras antes mencionadas. En los pozos perforados en el Lago de Maracaibo, sólo se encuentran escasos metros de un conglomerado basal, que está en contacto discordante sobre rocas pre-Cretáceas.

Con excepción de algunos restos de plantas, no se han encontrado fósiles en el área tipo de esta formación, cuyo contacto es transicional con la Formación Apón suprayacente (Figura N°5).

2.1.4 Formación Apón [Cretácico (Aptiense - Albiense)]:

La Formación Apón, se compone de una caliza gris azulosa, dura, densa, en capas gruesas, generalmente fosilífera, con intervalos menores de lutitas que varían de calcáreas a arenosas. Un intervalo de lutitas calcáreas negras y calizas laminares delgadas sirvió para efectuar la subdivisión de esta formación en tres miembros, designados en forma ascendente como Tibú, Machiques y Piché, concordantes entre sí.

El comienzo de una sedimentación transgresiva, está representado por el **Miembro Tibú**, que se caracteriza por calizas bioclásticas de aguas llanas, cuya edad está comprendida entre el Aptiense Inferior a Medio.

A finales del Aptiense, se produce la sedimentación de extensos y relativamente delgados horizontes de lutitas dolomíticas muy persistentes y de carácter regional, que ha sido denominado **Miembro Guáimaro**s, con localidad tipo en el flanco occidental de Los Andes de Mérida.

Casi simultáneamente, una notable subsidencia en la parte central del Surco de Machiques, produce una sedimentación de tipo peculiar, caracterizada por la

presencia de lutitas calcáreas, calizas laminares oscuras, frecuentemente bituminosas, con concreciones elipsoidales de caliza densa que contienen amonites, pelecípodos y restos de peces; este intervalo se denomina **Miembro Machiques**, el cual está restringido estrictamente al Surco de Machiques y representa un período de sedimentación alterna entre euxínica y de aguas oxigenadas, presentando características de buenas rocas madres de hidrocarburos.

A comienzos del Albiense, la Depresión de Machiques, vuelve nuevamente a la circulación normal; en la Plataforma de Maracaibo y Surco de Machiques, se reanuda la sedimentación de calizas bioclásticas de aguas oxigenadas denominadas **Miembro Piché**, de edad Albiense Inferior.

La edad de la Formación Apón, se ha determinado basándose en la presencia de numerosos fósiles, como amonites, moluscos y foraminíferos característicos del Aptiense – Albiense. Esta formación se presenta en contacto concordante con la Formación Lisure, suprayacente y la Formación Río Negro infrayacente. (Figura N°5).

2.1.5 Formación Lisure [Cretácico(Albiense Medio)]:

En el Surco de Machiques, una ligera subsidencia durante el Albiense Medio produjo una sedimentación característica de areniscas glauconíticas, areniscas laminares, intercalaciones de calizas glauconíticas, arenosas y coquinoides y algunas lutitas correspondientes a la Formación Lisure. Esta formación, ha sido extendida al subsuelo de la Plataforma de Maracaibo, pero más hacia el norte, aumenta su contenido de rocas carbonáticas y se incluye en el **Grupo Cogollo** sin diferenciar; mientras que hacia el sur, Lisure grada a la Formación Aguardiente con la cual es equivalente lateral parcial.

En el subsuelo del Lago de Maracaibo, la Formación Lisure presenta un espesor promedio de 120 metros.

Entre los fósiles de esta formación ubican a la unidad en el Albiense Medio a Superior, suprayacente a la Formación Apón, e infrayacente a la Formación Maraca (Figura N°5).

2.1.6 Formación Maraca [Cretácico (Albiense Superior)]:

Durante el Albiense Superior, las condiciones de sedimentación se igualaron de manera notable y un delgado y extenso intervalo de caliza fosilífera, Formación Maraca, se sedimentó sobre la Plataforma de Maracaibo y Los Andes Venezolanos.

En el subsuelo del Lago de Maracaibo, esta formación promedia 14 metros de espesor y se caracteriza por calcarenitas bioclásticas fosilíferas.

El contacto entre la Formación Maraca y la Formación La Luna suprayacente, sugiere un violento cambio de ambiente, aunque las relaciones de campo entre ambas parecen ser concordantes y hasta transicionales. Este contacto representa un cambio litológico contrastante que coloca a las calizas con ostras, de ambiente nerítico muy cercano a la costa de la Formación Maraca, con calizas negras y densas con faunas de amonites y lutitas negras marinas de ambientes euxínicos de la Formación La Luna; postulándose una profundización de los mares, en un evento contemporáneo con la base transgresiva del Cretáceo Medio - Superior.

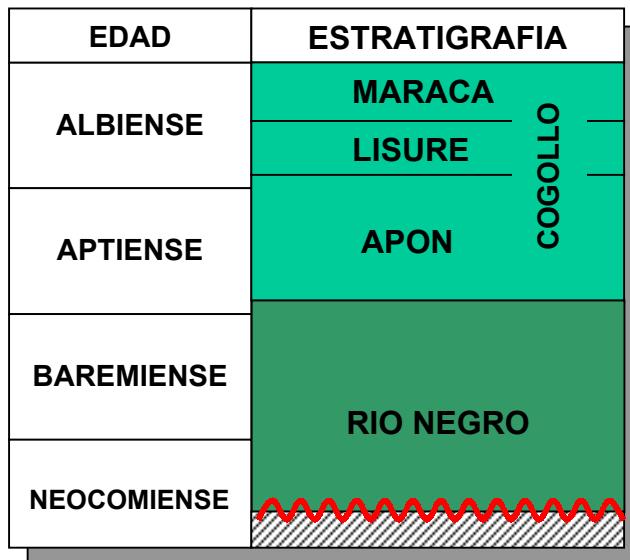


Figura N°5. Relación estratigráfica entre las formaciones Río Negro, Apón, Lisure y Maraca, estas tres ultimas pertenecientes al Grupo Cogollo.

2.1.7 Formación La Luna [Cretácico (Cenomaniense - Campaniense)]:

La Formación La Luna, constituye la unidad litoestratigráfica más característica del Cretáceo de Venezuela Occidental. Consiste típicamente en calizas laminadas densas de color gris oscuro a negro, carbonáceas a bituminosas, arcillas, calcáreas o no, de color negro; como carácter notorio, la formación presenta concreciones elipsoidales y discoidales de caliza negra dura, y es bastante común la presencia de ftanita negra.

La Formación La Luna, se sedimentó en un ambiente marino, bajo condiciones de fondo euxínicas que inhibieron la vida bentónica; en este ambiente reductor, se preservó materia orgánica y se formó pirita durante las fases diagenéticas. Debido a su alto contenido de materia orgánica, la Formación La Luna, fue por excelencia la principal generadora de hidrocarburos en la Cuenca del Lago de Maracaibo, donde se han encontrado espesores de hasta 81 metros.

Dentro de esta formación se reconoce el **Miembro Tres Esquinas** que consiste de areniscas glauconíticas, calcáreas y fosilíferas de color gris verdoso.

2.1.8 Formación Colón [Cretácico (Campaniense-Maestrichtiense)]:

La Formación Colón, se caracteriza por lutitas microfósilíferas gris oscuro a negras, macizas, piríticas y ocasionalmente micáceas o glauconíticas, con margas y capas de caliza subordinada. Las lutitas son más arenosas hacia la parte superior, donde la unidad pasa transicionalmente a la Formación Mito Juan (Figura N°6). El contacto entre estas dos formaciones es difícil de reconocer por ser gradacional con intervalos lutíticos, que poco a poco se hacen más arenosos.

El ambiente de sedimentación de la Formación Colón, se considera como marino abierto con buena circulación de masas de agua y desarrollo favorable de microfaunas bentónicas y planctónicas (Boesi *et al.*, 1992).

Dentro de esta formación se reconoce el **Miembro Socuy** (Figura N°6), que está constituido por calizas que forman la base de la Formación Colón en Perijá y subsuelo de áreas vecinas, constituyendo un horizonte de carácter regional en la parte septentrional de la Cuenca de Maracaibo (Boesi *et al.*, 1992).

2.1.9 Formación Mito Juan [Cretácico (Maestrichtiense Superior)]:

La Formación Mito Juan, se caracteriza litológicamente por las arcillas grises, gris - verdosas y negras, localmente arenosas, en las cuales el contenido de limo y arena aumenta en sentido ascendente y en cuya parte superior se encuentran a veces capas delgadas de calizas y areniscas.

Esta formación, representa una facies de aguas marinas poco profundas con intervalos salobres; que es uno de los criterios de diferenciación con la Formación Colón infrayacente (Figura N°6), además de la presencia de arenas, es el marcado cambio de las faunas de los foraminíferos en comparación con los de Colón (Sutton, 1946).

El espesor de la Formación Mito Juan, varía entre 100 y 150 metros, con un espesor promedio de unos 200 metros; aunque en el Distrito Mara del Estado Zulia, fueron perforados unos 150 metros.

Las formaciones Colón y Mito Juan, se han comportado como roca sello sobre las rocas madres potenciales de la Formación La Luna, impidiendo la migración de petróleo hasta el Mioceno posiblemente.

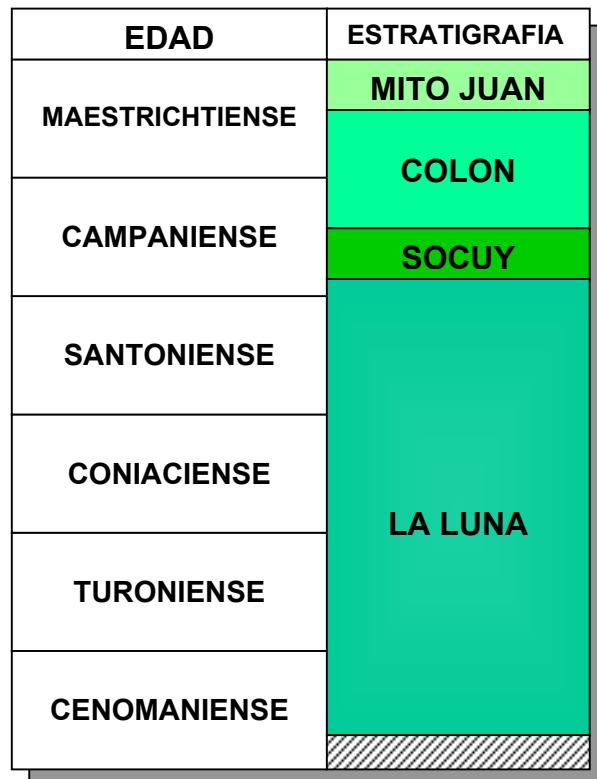


Figura N°6. Relación estratigráfica entre las formaciones La Luna, Colón (Miembro Socuy) y Mito Juan.

2.1.10 Formación Guasare (Paleoceno):

La unidad se caracteriza por algunas capas de calizas fosilíferas intercaladas entre areniscas y lutitas localmente glauconíticas o carbonáceas.

El espesor de la formación varía entre 30 y 400 metros en el Lago de Maracaibo. En la Plataforma de Maracaibo, está truncada por erosión en el tope de algunas estructuras anticlinales, especialmente al sur del Lago de Maracaibo (Boesi. *et al.*, 1992).

La Formación Guasare, es concordante y transicional sobre las lutitas y limolítas de la Formación Mito Juan (Figura N°7).

2.1.11 Formación Misoa (Eoceno):

Litológicamente, se define como una sección de areniscas cuarcíticas de color gris claro en capas compuestas potentes, con intercalaciones de lutitas laminadas, micáceas y carbonosas. Las areniscas de esta formación, constituyen los yacimientos de petróleo más importantes de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Higgs, 1996, en el substituto aplica términos informales, tales como, "Arenas B y C" con base en características de los registros eléctricos.

Van Veen, 1972, al estudiar los ambientes sedimentarios de las formaciones Misoa y Mirador, indica que constituyen de un complejo fluvio – deltáico, y que la Formación Misoa, representa ambientes de un complejo deltáico en los cuales se reconocen llanuras deltáticas y canales distributarios y el frente del delta. El mismo autor, describe tres tipos de areniscas en secciones de la Formación Misoa en el subsuelo del Lago de Maracaibo, que son:

- Areniscas de espolón aluvial.
- Areniscas de canal distributario, y
- Areniscas de barreras litorales.

En el subsuelo del Lago de Maracaibo, la Formación Misoa, representa la alternancia de ambientes de llanura deltática alta con llanuras deltáticas bajas y condiciones de aguas llanas marginales. En la fácie deltática alta, se preservaron grandes mantos de

complejos de areniscas de espolones aluviales, de canales distributarios migratorios, con delgados lentes de lutitas. Las condiciones marinas de aguas llanas, están representadas por fácies lutíticas fosilíferas y areniscas de barreras litorales bioturbadas (Boesi, *et al.*, 1992).

La Formación Misoa se encuentra en contacto discordante con la Formación Guasare, infrayacente y concordante con la Formación Paují suprayacente (Figura N°7).

2.1.12 Formación Paují (Eoceno Medio):

Litológicamente, se compone de una gruesa sección de lutitas macizas a fisiles de color gris a gris oscuro; las lutitas no son arenosas. Localmente las lutitas contienen concreciones ferruginosas, algunas veces calcáreas y otras silíceas, redondeadas a elipsoidales, el centro de las concreciones comúnmente es de pirita y calcita.

La rica y variada fauna de foraminíferos, indica que la formación a través del área de deposición reconocida, fue depositada en aguas limpias y profundas, de talud superior y medio. La sedimentación de Paují, constituye una transgresión marina desde el este - noreste, solapando sobre la Formación Misoa.

El espesor de la Formación Paují, en el Río San Pedro es de unos 1200 metros y se puede considerar como una sección completa; en otras regiones, se ha perdido gran parte de la unidad durante el período de erosión que comenzó en el Eoceno Superior; por ello, en las perforaciones del centro del lago, se encuentra solamente en forma esporádica.

La Formación Paují, suprayace concordantemente sobre las areniscas de la Formación Misoa (Figura N°7). El contacto superior se presenta en relación de discordancia con

la Formación Icotea, o en ocasiones con la Formación La Rosa suprayacente (Figura N°8).

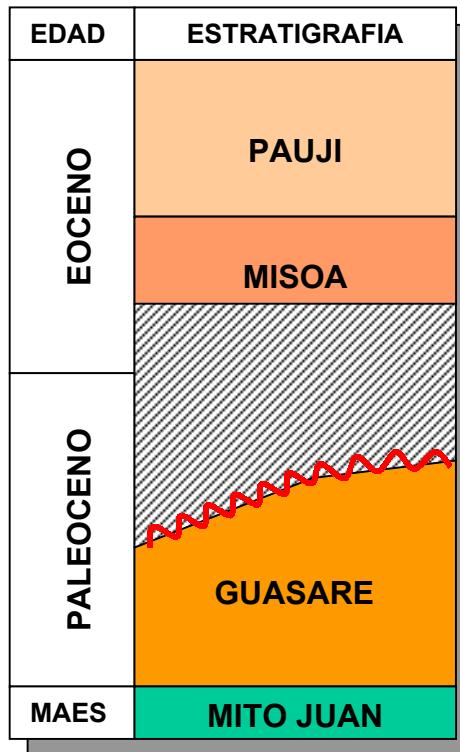


Figura N°7. Relación estratigráfica entre las formaciones Mito Juan, Guasare, Misoa y Pauji.

2.1.13 Formación Icotea (Oligoceno):

La Formación Icotea, es una unidad que se presenta esporádicamente en el subsuelo del Lago de Maracaibo, comprendida entre la discordancia del Eoceno Superior y la del Mioceno. La localidad tipo fue designada por Hass y Hubman, 1937 (en González de Juana *et al.* 1980), en el Sinclinal de Icotea, a lo largo de la costa del Distrito Bolívar en el Estado Zulia.

Litológicamente, consiste de limolitas y arcillitas duras, macizas, típicamente de color blanco a gris claro, pero localmente abigarradas en verde claro, amarillo o rojo

parduzco, ocasionalmente carbonáceas. En el lado oeste del Lago de Maracaibo, contiene además capas de arenisca verde o gris, y pasa gradualmente a la parte basal del Grupo El Fausto.

Debido a que la Formación Icotea, se depositó en las depresiones de la discordancia del Eoceno, sus espesores son sumamente variables a través de la Cuenca de Maracaibo. En el área tipo, el espesor varía de 20 a 180 metros, en el Sinclinal de Icotea. En la costa occidental del lago, el espesor es de alrededor de 15 metros; mientras que en el Campo Boscán, es de 200 metros.

La ausencia de fósiles y la poca información disponible, dificulta la identificación de su ambiente de depositación; sin embargo, algunos autores, postulan la posibilidad de depósitos eólicos en las zonas remanentes de la superficie de la discordancia.

La formación yace en relación de discordancia angular sobre la superficie erosionada del Eoceno (Fm. Paují) (Figura N°8), en toda el área de la Cuenca de Maracaibo. Está cubierta discordantemente por la Formación La Rosa (Miembro Santa Bárbara) (Figura N°8).

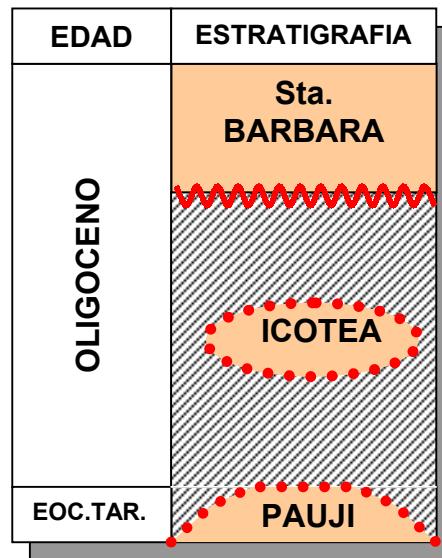


Figura N°8. Relación estratigráfica entre las formaciones Paují, Icotea, y La Rosa (Miembro Santa Bárbara).

2.1.14 Formación La Rosa (Mioceno Temprano):

Esta formación consiste en su mayor parte de lutitas arcillosas, verdes, más o menos fosilíferas, con una cantidad subordinada de capas de areniscas e interlaminaciones de areniscas y lutitas. En el lado oeste del lago, la formación consiste casi completamente de lutitas arcillosas, verdosas y fosilíferas con una pequeña cantidad de areniscas.

El **Miembro Santa Bárbara**, representa la primera etapa de la invasión marina, sobre la superficie erosionada del Eoceno y/o de la Formación Icotea. Los sedimentos, y la escasa fauna de moluscos, son indicativos de aguas poco profundas. La **Lutita de La Rosa**, suprayacente, corresponde a la máxima transgresión de un mar poco profundo, que cubrió la mayor parte de la Cuenca de Maracaibo. La **Arena Intermedia** y la **Arena La Rosa** (nombres informales), representan el proceso regresivo siguiente, y se caracterizan por depósitos de barras de playa. Hacia el tope, los depósitos presentan mayor influencia deltática, haciéndose similares a los del Miembro Lagunillas Inferior, de la Formación Lagunillas suprayacente (Figura N°9).

El espesor de esta formación, en el área tipo, es de 180 a 250 metros, y alcanza su espesor máximo en el Sinclinal de Icotea, situado 4 kilómetros al norte del Campo La Rosa. En el Alto de Pueblo Viejo, está ausente, probablemente por no haberse sedimentado. Los espesores variables de esta formación, reflejan su sedimentación sobre una superficie erosionada irregular.

La Formación La Rosa, yace con fuerte discordancia angular sobre la Formación Misoa, del Eoceno, o sobre la Formación Icotea (Figura N°9), en las áreas donde ésta se depositó, en cuyo caso es paraconcordante. Hacia arriba, la formación pasa transicionalmente a la Formación Lagunillas (Figura N°9). Hacia el oeste del Lago de Maracaibo, la formación pasa lateralmente a la Formación Macoa; hacia el noreste

del lago, La Rosa se correlaciona con la Formación Agua Clara, de la Cuenca de Falcón.

Considerada en conjunto, la Formación La Rosa es de ambiente marino oscilante y de poca profundidad.

2.1.15 Formación Lagunillas (Mioceno Medio a Tardío):

La Formación Lagunillas, es una unidad del subsuelo del Lago de Maracaibo, cuya unidad tipo es el campo petrolífero de Lagunillas en el Distrito Bolívar del Estado Zulia, sin que se haya designado una localidad tipo concreta. Se extiende en el subsuelo del lago y aflora parcialmente al este del mismo.

Szenk, 1959 (en González de Juana *et al.* 1980), propuso una subdivisión de cinco miembros para esta formación: **Marlago, Ojeda, Laguna, Urdaneta y Bachaquero**; modificando así la subdivisión de Sutton, 1946, el cual, proponía tres miembros: **Lagunillas Inferior** o "Arena Inferior de Lagunillas", **Laguna** y **Bachaquero**. Esta nueva subdivisión, apareció, porque con el progreso de la perforación en la parte central del Lago de Maracaibo, se reconocieron cambios laterales de la Formación Lagunillas en los cuales la subdivisión de Sutton no era aplicable.

El espesor de la Formación Lagunillas es variable; en forma general engrosa en dirección oeste y en los campos de Tía Juana y Urdaneta, presenta 450 y 900 metros respectivamente.

En la localidad tipo y en la mayor parte de la Cuenca de Maracaibo, la Formación Lagunillas, suprayace concordantemente a la Formación La Rosa (Figura N°9), excepto en aquellas áreas donde ésta no se depositó como los altos de Pueblo Viejo y Ceuta. En dichas áreas, la formación pasa transicionalmente a la Formación Los Ranchos.

2.1.16 Formación Isnotú (Mioceno Tardío):

La Formación Isnotú, constituye la unidad intermedia del Grupo Guayabo, cuya secuencia es Palmar, Isnotú y Betijoque, que se reconoce en la parte suroccidental y suroriental de la Cuenca de Maracaibo.

La formación se caracteriza, por la intercalación de arcillas y areniscas, con cantidades subordinadas de arcillas laminares, carbón y conglomerados. Las arcillas, que constituyen cerca del 65% de la unidad, son macizas, localmente arenosas y de color gris claro; algunas son carbonosas y contienen restos de plantas. Las areniscas se presentan en capas de 2 a 3 metros, de color gris claro a blanco, de grano fino a finamente conglomeráticas, localmente micáceas y con rizaduras; dentro de las areniscas, es común encontrar pelotillas de arcilla blanca. Dispersas en la sección, aparecen delgadas capas de lignito, así como conglomerados mal escogidos, estos últimos más frecuentes en Mérida y Táchira.

Salvo restos indeterminados de plantas, la formación carece casi totalmente de fósiles. Su edad, se deduce a partir de correlaciones regionales. Salvador, 1961 (en González de Juana *et al.* 1980), indicó que el ambiente de sedimentación es fluvial y Fiorillo, 1976 (en González de Juana *et al.* 1980), opina que la Formación Isnotú, es el resultado de la sedimentación de abanicos aluviales y ríos entrelazados, controlada por variaciones climáticas y por movimientos tectónicos del levantamiento andino.

En la región tipo, la unidad es discordante sobre la Formación Paují y unidades más antiguas. Mas al sur, es concordante y transicional sobre la Formación Palmar. Infrayace concordante y transicionalmente a la Formación Betijoque.

El espesor de la Formación Isnotú, es de unos 1100 metros en el área tipo; según Sutton, permanece constante a lo largo de la faja de afloramientos en el frente de montañas de Los Andes; Ramírez y Campos, 1972 (en González de Juana *et al.* 1980), señalan unos 300 metros de espesor.

2.1.17 Formación Onía (Plioceno):

Esta constituida por areniscas y limolitas gris verdoso de grano grueso a fino, micáceas y friables, con un conjunto detrítico de minerales pesados metamórficos característicos de las "Capas de Onía". Las limolítas, contienen localmente capas calcáreas delgadas de color amarillo.

El espesor de la formación, varía notablemente de oeste a este, entre 1220 y 95 metros. La Formación Onía, carece de fósiles y su edad se considera Plioceno sin mayor definición.

En la zona de Maracaibo, se encuentra en discordancia sobre las formaciones La Villa, Lagunillas y otras más antiguas. El contacto superior, es transicional con la Formación El Milagro (Figura N°9).

2.1.18 Formación El Milagro (Pleistoceno):

Esta formación consiste de arenas friables, finas y gruesas, muy micáceas, de color crema a pardo rojizo, limos micáceos de color gris claro, interestratificados con arcillas arenosas, rojas y pardo amarillentas y lentes lateríticos bien cementados. Hay dos capas de arcillas arenosas y limosas, con abundantes fragmentos y troncos de madera silicificada. Estas capas cubren horizontes caracterizados por abundantes nódulos de hierro y formación laterítica, que fueron interpretados como paleosuelos, según Graf, 1969 (en González de Juana *et al.* 1980). El paleosuelo superior, separa la gruesa unidad inferior de la sección arenosa, característica de la Formación El Milagro. El paleosuelo inferior está desarrollado sobre el centro del arco, y separa la Formación El Milagro de una unidad verdosa, posiblemente equivalente a la Formación Onia. El espesor de esta unidad, varía de 0 a 33 metros en el Arco de Maracaibo, y aumenta rápidamente hacia el sur, alcanzando unos 150 metros en el

Pozo Regional - 1, a unos 10 kilómetros al suroeste de Maracaibo. En el subsuelo, se desconoce su espesor.

Según Sutton, 1946, estos sedimentos son de aguas dulces y llanas, depositadas a una distancia considerable del área fuente. Kerez y San Juan, 1964 (en González de Juana *et al.* 1980), consideran que el ambiente de sedimentación de la formación, es fluvio - deltáico y lacustrino marginal. Según Graf, 1969 (en González de Juana *et al.* 1980), los sedimentos son de carácter fluvial y paludal, que se depositaron sobre un amplio plano costanero y de poco relieve, y estuvieron expuestos a la meteorización y anegamiento por lo menos tres veces durante el Cuaternario.

No se menciona la presencia de fósiles en la formación, excepto abundantes fragmentos de madera silicificada, incluyen troncos enteros de árboles. Su posición estratigráfica y el grado de litificación, sugieren una edad Pleistoceno para estos sedimentos con posible extensión al Plioceno.

EDAD	ESTRATIGRAFIA
PLEISTOCENO	EL MILAGRO
PLIOCENO	ONIA
MIOCENO TARDIO	ISNOTU
MIOCENO MEDIO	LAGUNILLAS
MIOCENO TEMPRANO	LA ROSA

Figura N°9. Relación estratigráfica entre las formaciones La Rosa, Lagunillas, Isnotú, Onía y El Milagro.

2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

La Cuenca del Lago de Maracaibo, está enmarcada por tres alineamientos orogénicos mayores: La Sierra de Perijá al oeste, Los Andes de Mérida al sureste y la Serranía de Trujillo al este. Estos elementos tectónicos mayores fueron clasificados por Miller *et al.* 1958 (en González de Juana *et al.* 1980) como "cinturones móviles"; dentro de los cuales, se desarrolla un amplio sinclinorio que integra estructuralmente a la Cuenca Petrolífera del Lago de Maracaibo. Además de estos elementos, dicha cuenca se encuentra limitada por tres sistemas de fallas que se ubican de manera aproximadamente triangular, integrada por el sistema de la Falla de Boconó al este y sureste, el sistema de la Falla de Santa Marta al oeste y suroeste y el sistema de la Falla de Oca hacia el norte, conformando así el denominado Bloque de Maracaibo (Figura N°10). Otros elementos de importancia, son los anticlinorios de Falcón hacia el noreste, la Falla de Valera al este, la Falla del Tigre al noroeste y las fallas que se ubican dentro de la cuenca del lago, siendo las más importantes la Falla Lama - Icotea, las fallas de Urdaneta, Pueblo Viejo y VLE-400 (Figura N° 10), (Janssen, 1979).

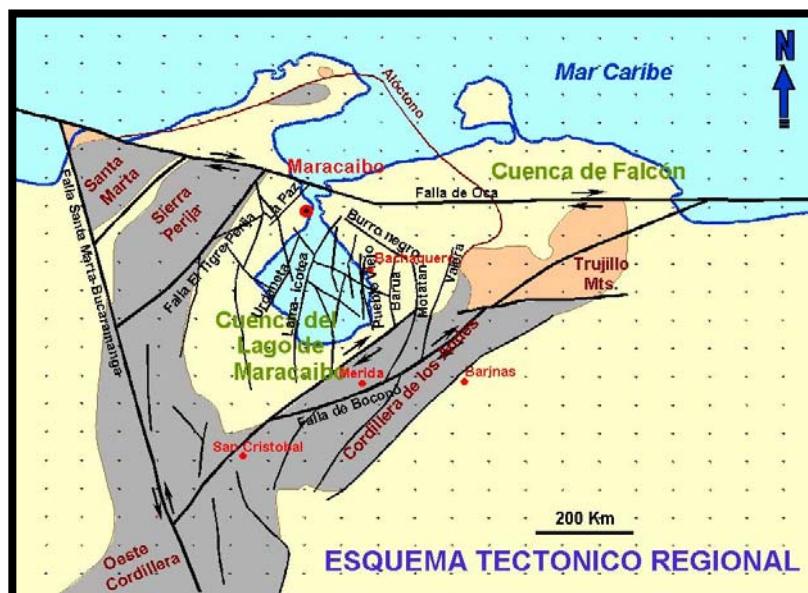


Figura N°10. Esquema tectónico regional que muestra los elementos estructurales mas importantes dentro de la Cuenca del Lago de Maracaibo (Cortesía de la Unidad de Explotación (U.E) Lagocinco, archivo digital, 2002)

La Cuenca del Lago de Maracaibo, corresponde a un dominio intracratónico relativamente estable rodeado por límites de placas activas. Debido a su particular posición, la cuenca grabó las interacciones sucesivas entre la placa continental Suramericana y las placas oceánicas del Caribe al norte y del Pacífico al oeste, sufriendo regímenes superimpuestos de extensión y compresión (Dengo & Covey, 1993).

La evolución tectónica de la Cuenca de Maracaibo puede resumirse de la siguiente manera:

2.2.1 TRIASICO-JURASICO:

Durante este periodo el este de Venezuela esta marcado por la ruptura de Pangea, que separa a Suramérica de África. En esta etapa Norteamérica comienza a separarse de Suramérica y se estima que el Bloque Yucatán es emplazado en el área de la cuenca de Maracaibo (Figuras N°11 y 12). Las placas de Suramérica y Norteamérica se mueven al norte y oeste desde su posición inicial con respecto al esferoide de la tierra y la placa del Caribe adquiere su posición presente (Lugo & Mann, 1995).

Este período, se caracteriza por la formación de grábenes orientados en dirección noreste - suroeste, y por la presencia de un fallamiento normal típico de las fases de extensión cortical.

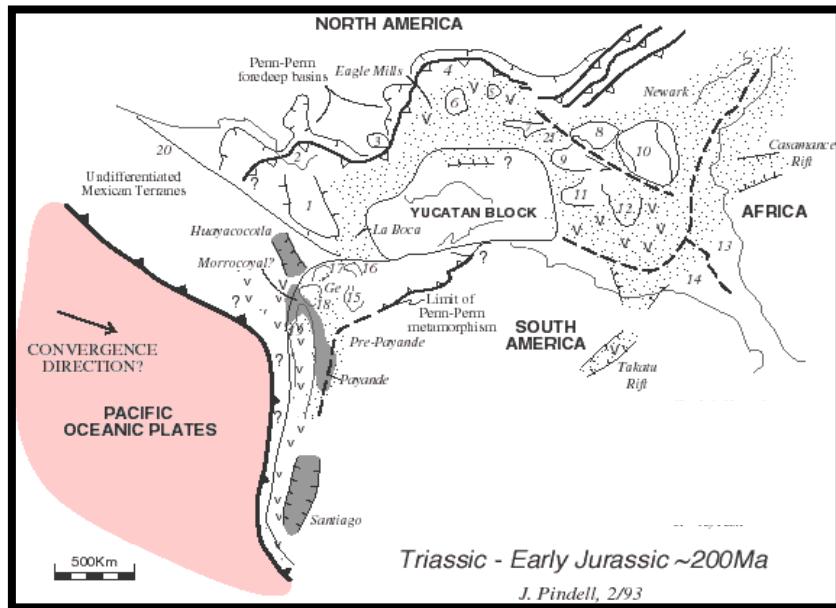


Figura N°11. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Triásico-Jurásico Temprano, donde se observa el supercontinente Pangea conformada por África, Norteamérica y Suramérica. En la Cuenca de Maracaibo hay metamorfismo como efecto de la orogénesis Herciniana en el Permo-Triásico (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

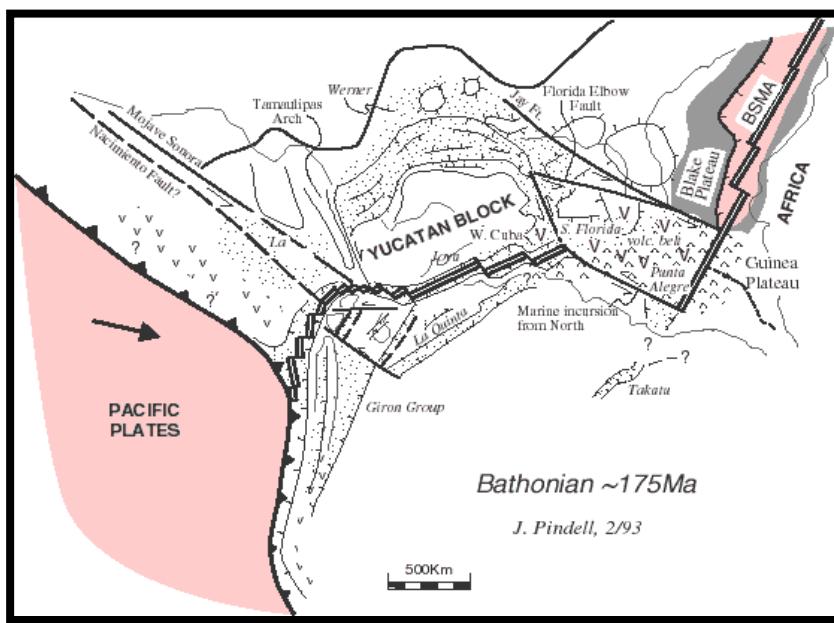


Figura N°12. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Jurásico Medio (Bathoniano). Comienza el proceso de la apertura de Pangea por un proceso de rifting. En la Cuenca de Maracaibo se producen grandes surcos (grabens) donde es sedimentada la Formación La Quinta (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

2.2.2 CRETACICO:

Durante el Cretácico, la Cuenca de Maracaibo se comporta como un margen pasivo y cuya sedimentación depositada provenía de Colombia hacia el proto- Caribe. Esto incluye los carbonatos poco profundos de la Formación Apón y los sedimentos profundos de la Formación La Luna, principal recurso de la Cuenca de Maracaibo. Estos depósitos fueron seguidos por el Miembro Socuy de la Formación Colón (calcáreo), y finalmente por una secuencia clástica que comprende las Formaciones Colón y Mito Juan (Lugo & Mann, P, 1995).

Durante el Cretácico Temprano (Neocomiense) la separación de Suramérica y Norteamérica había creado grandes surcos, los cuales poseían sedimentos Triásicos- Jurásicos, estos surcos finalmente fueron rellenados por sedimentación cretácica correspondiente a la Formación Río Negro (Figura N° 13).

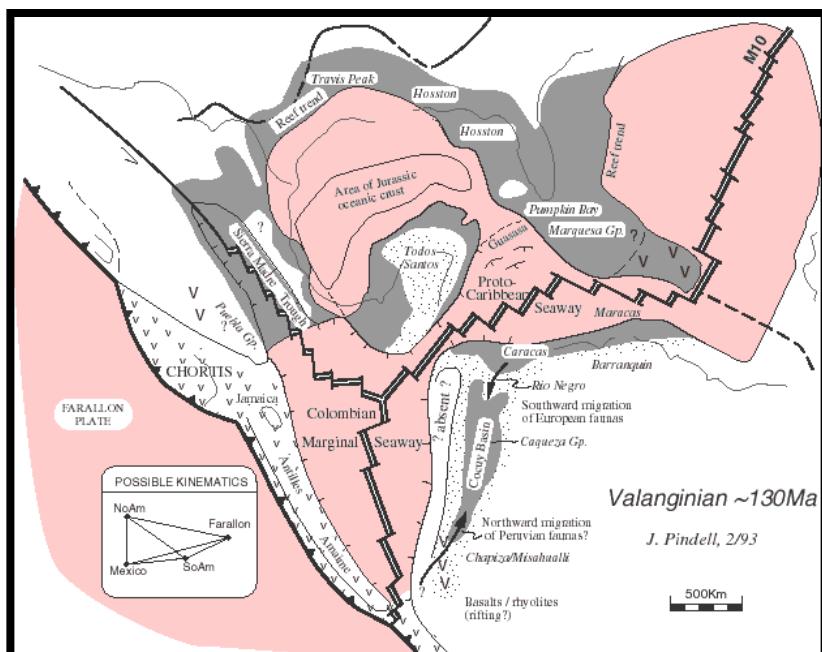


Figura N°13. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Cretácico Temprano (Valanginiense), Continúa la apertura continental y Norteamérica es separada de suramérica. La placa de Farallón desarrolla un extenso arco volcánico al oeste, y en la cuenca de Maracaibo es depositada la Formación Río Negro (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

Para finales del Cretácico Temprano, la Cuenca de Maracaibo comienza a comportarse como una cuenca de margen pasivo, desarrollándose una extensa plataforma carbonática donde se depositaron las formaciones correspondientes al Grupo Cogollo (Formaciones Apón, Lisure y Maraca), (Figuras N°14 y 15).

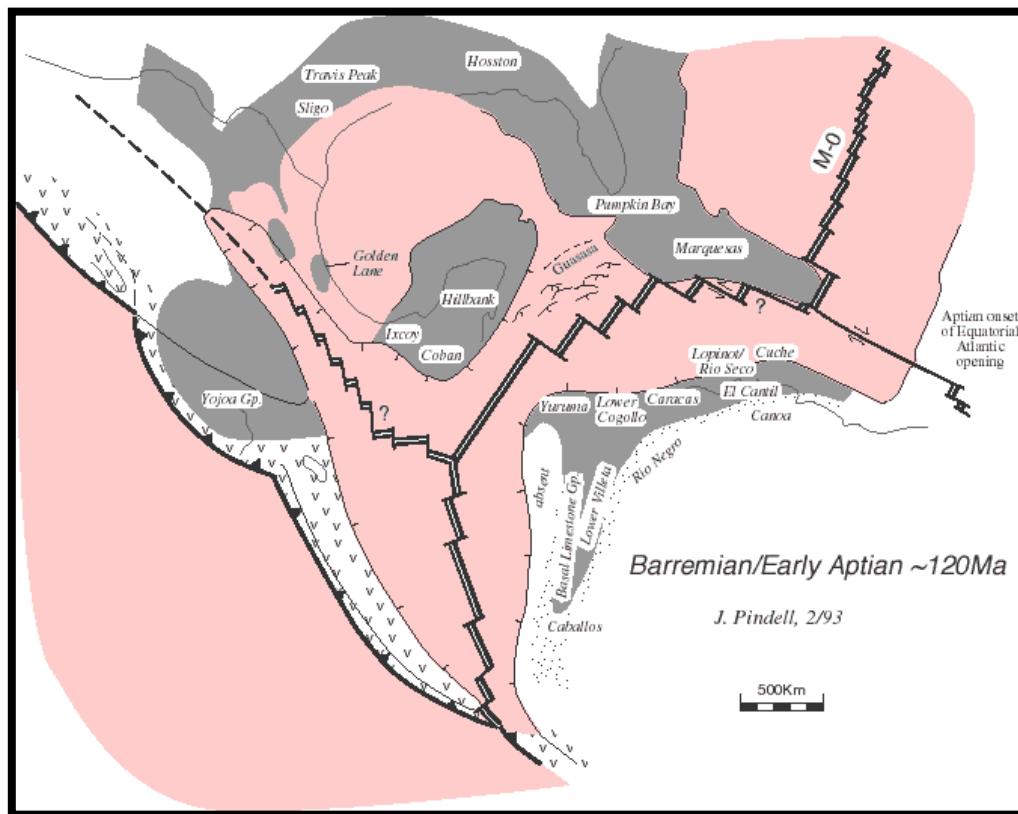


Figura N°14. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Cretácico Temprano (Barremiense). Continúa la apertura continental y el desarrollo del arco de islas firmándose una gran cuña de sedimentos entre sur-América y la placa de Farallón. En la cuenca de Maracaibo comienza la sedimentación del Grupo Cogollo (Tomado de PDVSA/International Reservoir Technologies, IRT 2002).

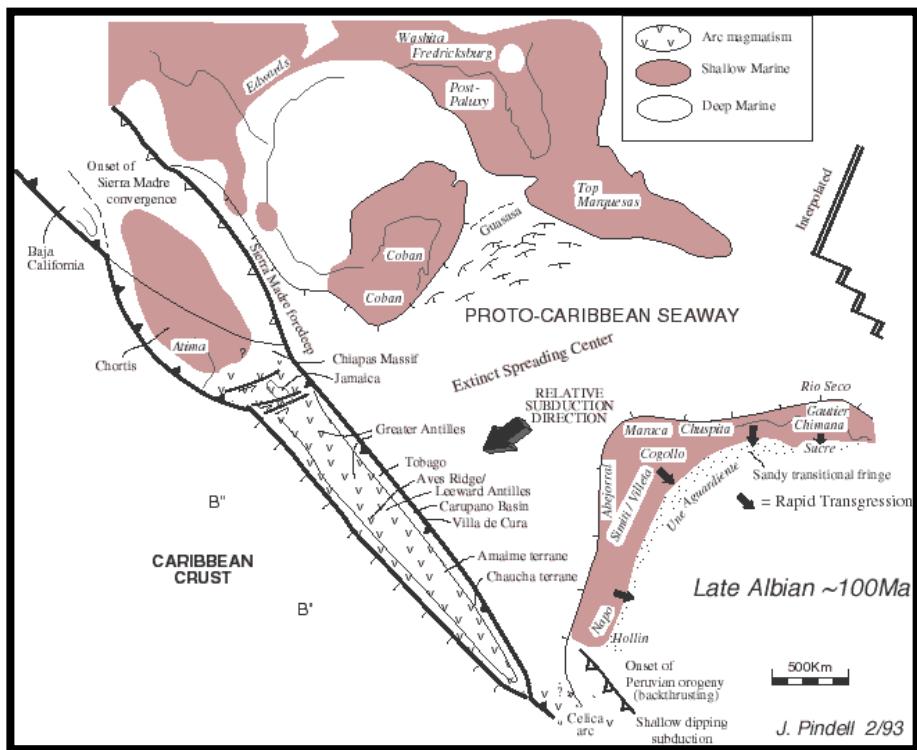


Figura N°15. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Cretácico Temprano (Albiense). Se extingue la expansión del piso oceánico y adquiere su configuración el proto-Caribe. La placa de Farallón comienza a desplazarse hacia el oeste y se produce una relativa subducción hacia el oeste. Hay un avance rápido del mar sobre la cuenca de Maracaibo y es sedimentada la Formación Maraca. (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

El Cretácico Tardío (Cenomanense-Turoniano), se observa un desarrollo aún más marcado de la trasgresión marina y es depositada una espesa secuencia clástica-carbonática correspondiente a la Formación La Luna (Figura N°16).

Este periodo marca la transición a un régimen compresivo en el Cretáceo Tardío y Paleoceno Temprano. La compresión es el resultado de la colisión y abducción del Arco Volcánico Pacífico al oeste con la Placa Suramericana. El ciclo marino Cretáceo, sufre un cambio gradual a consecuencia de la Orogénesis del Cretáceo Superior, evidenciada por la sedimentación clástica de las formaciones Colón y Mito Juan. Este ciclo culminó con un levantamiento general de tierras en el Cretáceo Superior.

Durante el Campaniense-Maestrichtiense la cuenca de Maracaibo es sometida a una serie de compresiones producidas por la placa del Caribe con la de Suramérica en el oeste de Colombia. Al mismo tiempo, una convergencia norte-sur entre las placas de Norteamérica y Suramérica producen deflexiones al oeste de Venezuela (Figuras N°17 y 18).

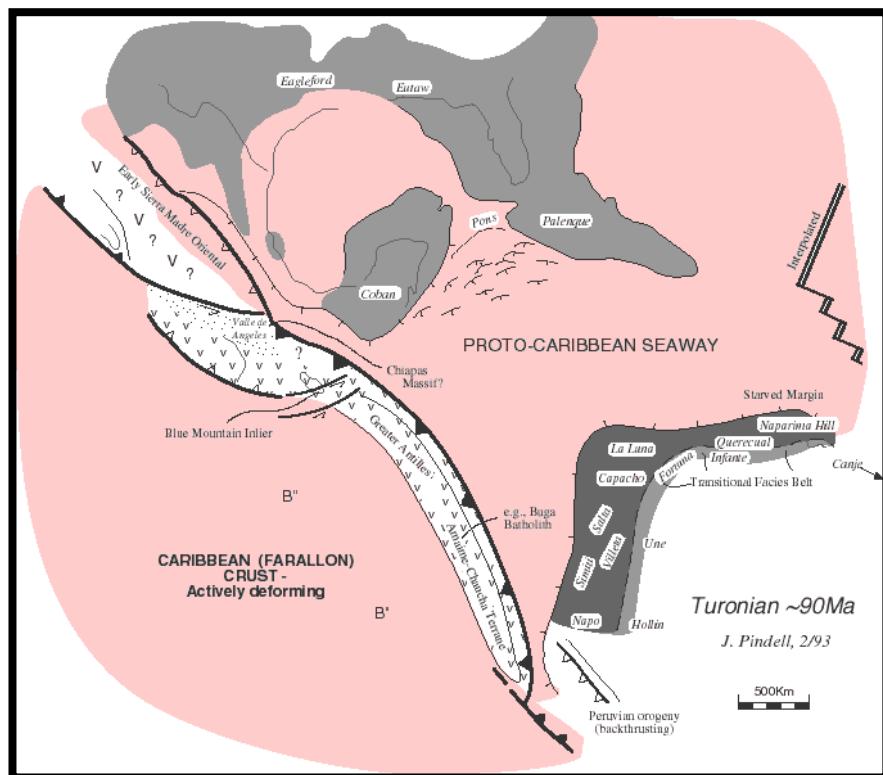


Figura N°16. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Cretácico Tardío (Turonense), Terminó con la colisión del Arco del Pacífico y la Placa Suramericana y la subsidencia flexural de la cuenca de antepaís. Se comienza la sedimentación de la Formación La Luna (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

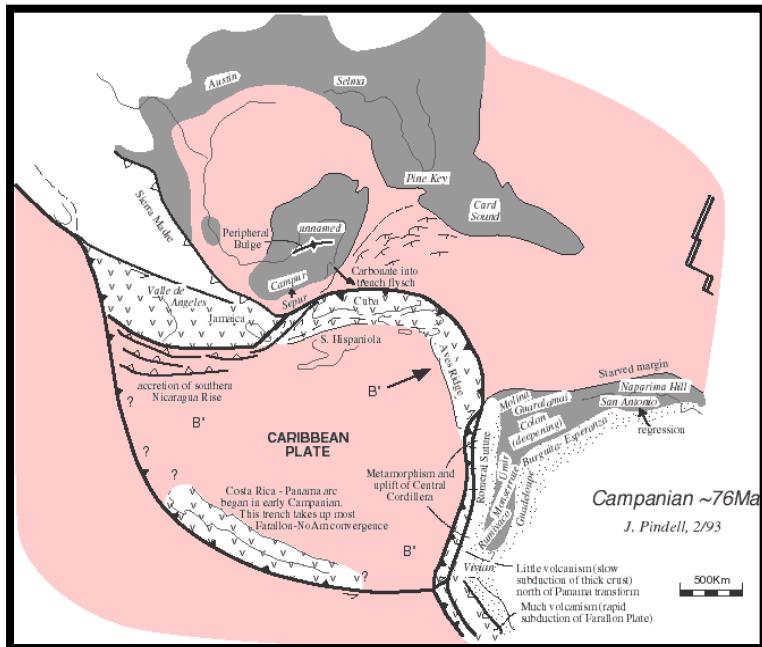


Figura N°17. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Cretácico Tardío (Campaniense). Comienza el desplazamiento hacia el oeste de la placa de Farallón ahora llamada del Caribe produciendo un sistema compresivo en la cuenca de Maracaibo y al oeste de Colombia. En esta etapa son depositadas las formaciones Colón y Mito Juan (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

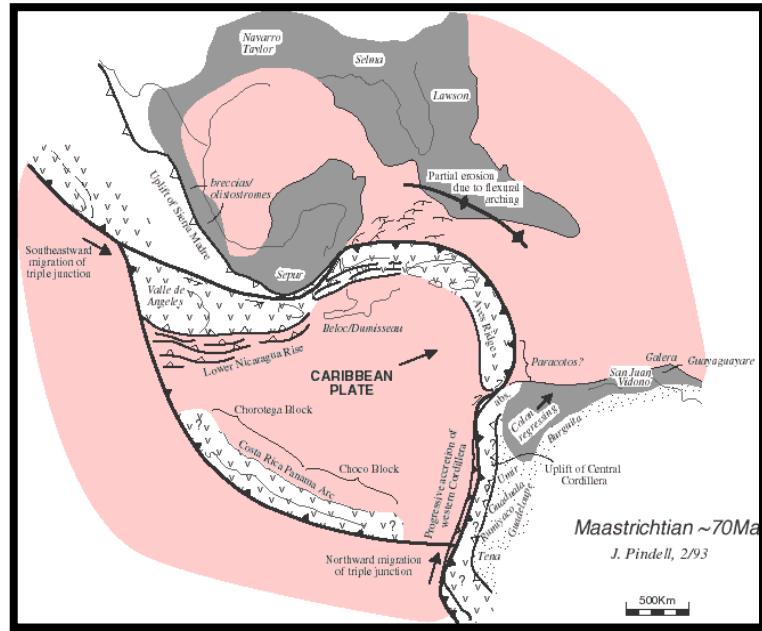


Figura N°18. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Cretácico Tardío (Maestrichtiense). Continúa el avance de la placa del Caribe hacia el oeste produciendo deformación en toda la cuenca, en la zona occidental de Colombia hay una progresiva acreción y se produce una marcada retirada del mar, evidenciada en la sedimentación de la Formación Colón (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

2.2.3 PALEOCENO:

Durante el Paleoceno Temprano-Medio, continúa la deflexión, creando una cuenca *Foredeep* en el Proto-Caribe, y son depositadas las arenas y calizas de la Formación Guasare. El choque oblicuo de la placa del Caribe y Suramérica crea un levantamiento en la periferia este del Cratón de Guayana al sur y sur-oeste de la cuenca de Maracaibo, creando la fuente de sedimentos de la Formación Guasare (Figura N°19).

Próximo a este levantamiento en el sur de la Cuenca de Maracaibo son depositadas las arenas, lutitas y carbones de la Formación Catatumbo como depósitos aluviales y de plano deltáico.

Para el Paleoceno Tardío, la curvatura flexural del levantamiento del caribe sugiere la creación de una rampa lateral-frontal originando el levantamiento del arco la Avispa-Palmar, separando la Cuenca de Maracaibo (Pindell *et al.*, 1998). En el SW, sedimentos fluvio-lacustrinos de la Formación Los Cuervos son depositadas, mientras que lutitas marinas son depositadas al NE en el tope de la Formación Guasare.

Al oeste la subducción de la placa del Caribe debajo de Colombia produce el levantamiento de la Cordillera Central. Esta orogénesis de Cretácico Tardío-Paleoceno producen la exposición de la Formación Guasare produciendo la erosión de todas las secuencias depositadas, generando la discordancia Paleoceno-Eoceno Temprano.

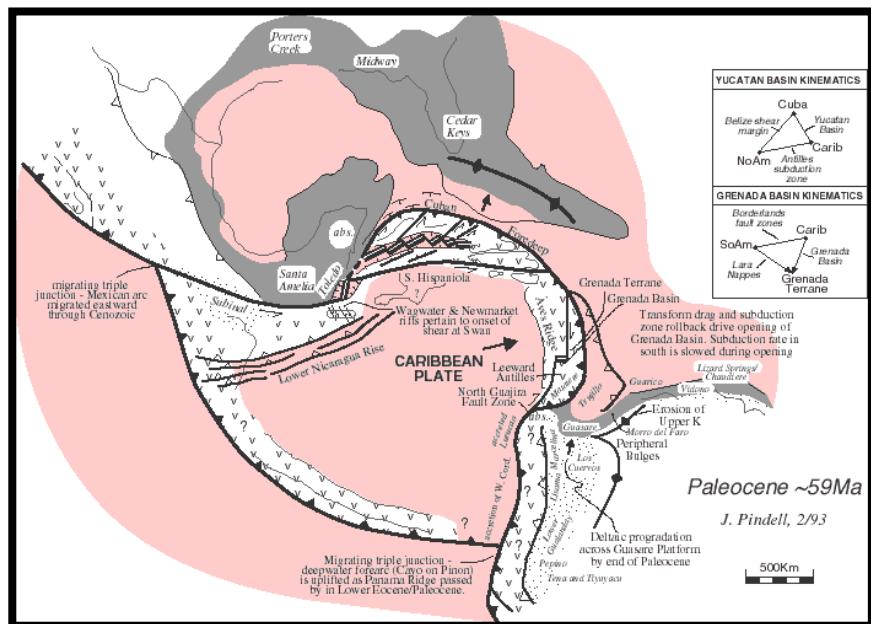


Figura N°19. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Paleoceno, Continúa el avance de la placa del Caribe hacia el oeste produciendo deformación y flexuramiento en toda la cuenca, Se produce el levantamiento de la Cordillera Central Colombiana y hay una marcada progradación deltática en la cuenca de Maracaibo producto de estos levantamientos, sedimentándose la Formación Guasare (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

2.2.4 EOCENO:

Durante el Eoceno Temprano-Medio, el alto del Palmar-Avispa toma una tendencia NW-SE como el frente de la placa del Caribe que rota en sentido horario. Continúa la rápida subsidencia creada por la tectónica Caribe y es depositada la secuencia de las arenas C y B de la Formación Misoa (Figura N°20) (Lugo, J. & Mann, P, 1995).

Para el Eoceno Medio, las Napas del Caribe, son adosadas al margen continental bajo una etapa transpresiva producto del movimiento de la placa de Suramérica que se mueve al Oeste con respecto a la placa del Caribe (Figura N°20).

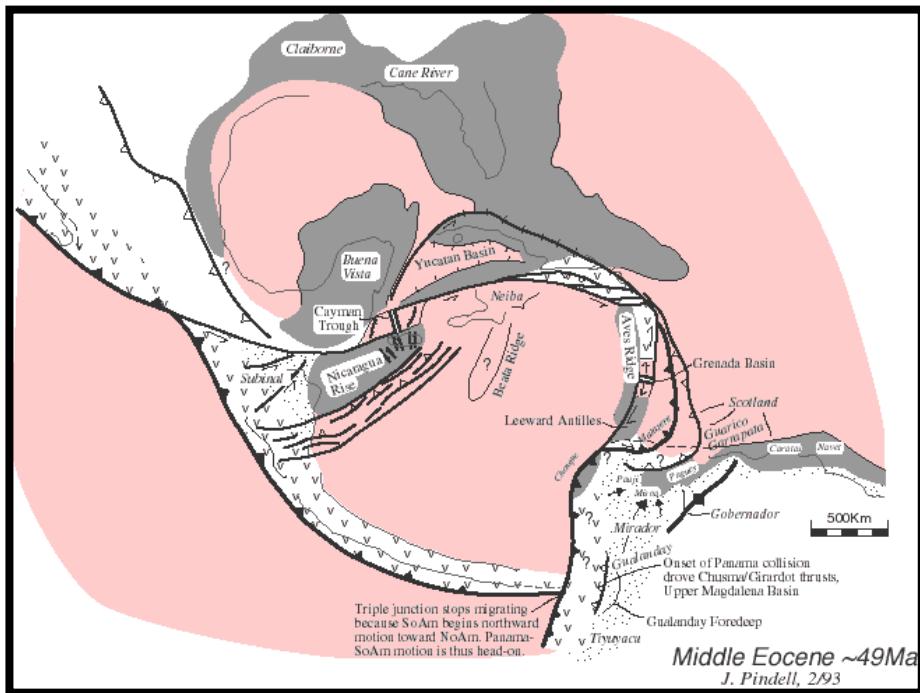


Figura N°20. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Eoceno Medio. El avance del frente de la placa del Caribe sobre la cuenca de Maracaibo produce el adosamiento de las Napas de Lara bajo un sistema transpresivo, son sedimentadas las Formaciones Misoa y Paují (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

Durante el Eoceno Tardío, el macizo de Avispa-Palmar se desplaza hacia el SW y emerge junto con el levantamiento andino, formando una estructura “forebulge”. En la zona frontal de este levantamiento continua desarrollándose el “foredeep” y aumenta la carga litoestática producto del frente de deformación (Lugo, J. & Mann, P, 1995).

Como las Napas del Caribe son expuestas, se incrementa la carga de sedimentos causada por un marcado sistema compresivo que produce una trasgresión a través de la Cuenca de Maracaibo evidenciado en lutitas fluvio-datáicas, areniscas y capas de carbón de la Formación Carbonera depositados en la zona del macizo Avispa-Palmar.

La espesa sección de sedimentos de la Formación Misoa y el emplazamiento de las Napas de Lara al NE del Lago de Maracaibo constituyen la primera y significativa fase de generación y migración de los hidrocarburos. La migración del petróleo proviene de la cuenca “foredeep” al sur y este a lo largo de las capas poco consolidadas de arenas de Misoa.

Cercano al final del Eoceno, continua la migración al norte y oeste de la placa de Suramérica resultando la aparición del sistema de fallas El Tigre producto del sistema transpresivo. Una serie de fallas con orientación norte-sur son originadas en la cuenca. Este conjunto de fallas normales originadas durante la fase extensional en el Jurásico fueron reactivadas periódicamente hasta el Eoceno Temprano. Las mayores fallas son de oeste a este, Tigre, Icotea, Pueblo Viejo y Valera. Algunos desplazamientos a lo largo de estas fallas mayores, incluyendo la falla de Icotea que pasa justo al oeste del Bloque V Centro y Bloque VI Lamar, cambiaron su carácter extensional a fallas transcurrentes con componente sinestral durante el Eoceno Medio-Inferior, periodo en el cual se origina una compresión oblicua producida entre las placas del Caribe y Suramérica.

2.2.5 OLIGOCENO:

Durante el Oligoceno la Napas de Lara adquieren su posición actual y el mar Proto-Caribe se retira creando una mayor discordancia. Esta retirada esta marcada por el comienzo de la orogénesis Andina. En el Oligoceno Superior como la placa de Suramérica continua su migración hacia el oeste, y fallas transcurrentes se desarrollan a lo largo del alóctono obducido (Napas de Lara) (Figura N°21).

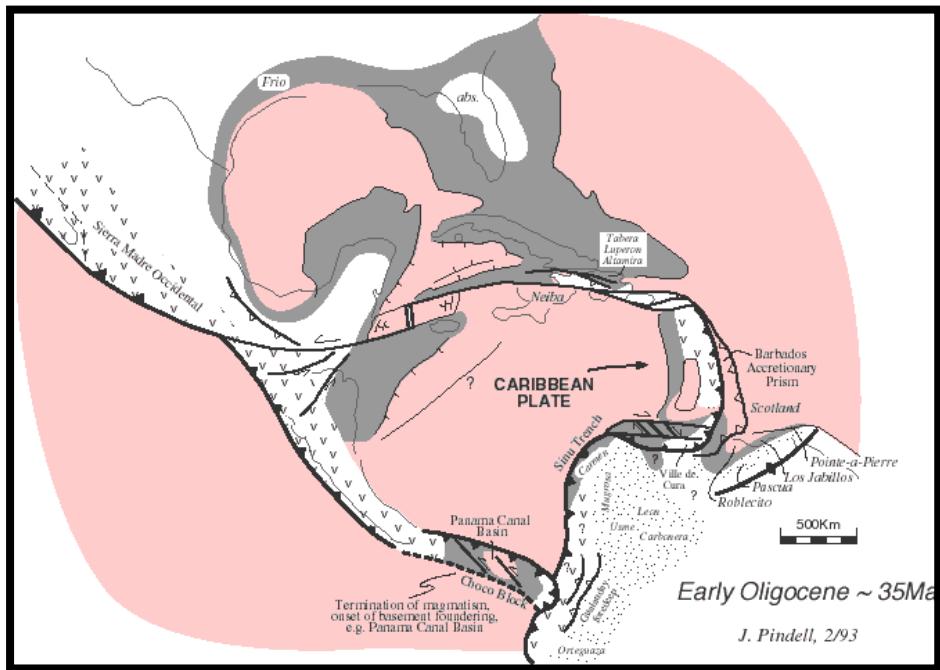


Figura N°21. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Oligoceno Temprano, El avance de las Napas del Caribe (Napas de Lara) producen un sistema transpresivo con fallas transcurrentes en la cuenca de Maracaibo produciendo una inversión de la cuenca. (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

La discordancia del Eoceno (Formación Misoa) continua durante el Oligoceno removiendo toda la sedimentación previa del Miembro Santa Bárbara de la Formación La Rosa del Eoceno Superior. Varias hipótesis plantean que la falta de sedimentos del Oligoceno en la Cuenca de Maracaibo. Una de estas hipótesis, propuesta por Pindell *et al.*, (1998) plantea que la erosión es el resultado de los cambios isostáticos alrededor del flanco sur de la Cuenca de Flacón (nor-este de la Cuenca de Maracaibo), producto del comienzo de fallamiento transcurrente. Esta tendencia es el resultado de fallamiento normal acompañado de orogénesis y contemporáneamente fallamiento sinestral, como son las fallas de Icotea y la falla VLE-400.

Durante Oligoceno Tardío, la orogénesis andina es producida por la Placa del Caribe al subducir por debajo de la Placa suramericana aproximadamente a través de la Cuenca de Maracaibo. El nor-este de la Cuenca de Maracaibo, y la isostacia de la

Cuenca de Falcón producen fallamiento normal. En el oeste, la Proto-Sierra de Perijá aporta sedimentos a la Cuenca de Maracaibo evidenciado por los depósitos continentales de la Formación Peroc. El levantamiento de la Sierra de Perijá y los Andes comienza y son depositadas espesas secuencias continentales de abanicos aluviales. El Lago de Maracaibo es expuesto y continua la erosión hasta el final del Oligoceno. Se estima que 3 Km de sedimentos fueron erosionados en el nor-este de la Cuenca de Maracaibo.

2.2.6 MIOCENO:

Durante el Mioceno inferior, el equilibrio isostático se produce y la erosión de la topografía originada por la orogénesis andina producen una marcada subcidenencia en la Cuenca de Maracaibo, depositándose la Formación La Rosa (Figura N°22).

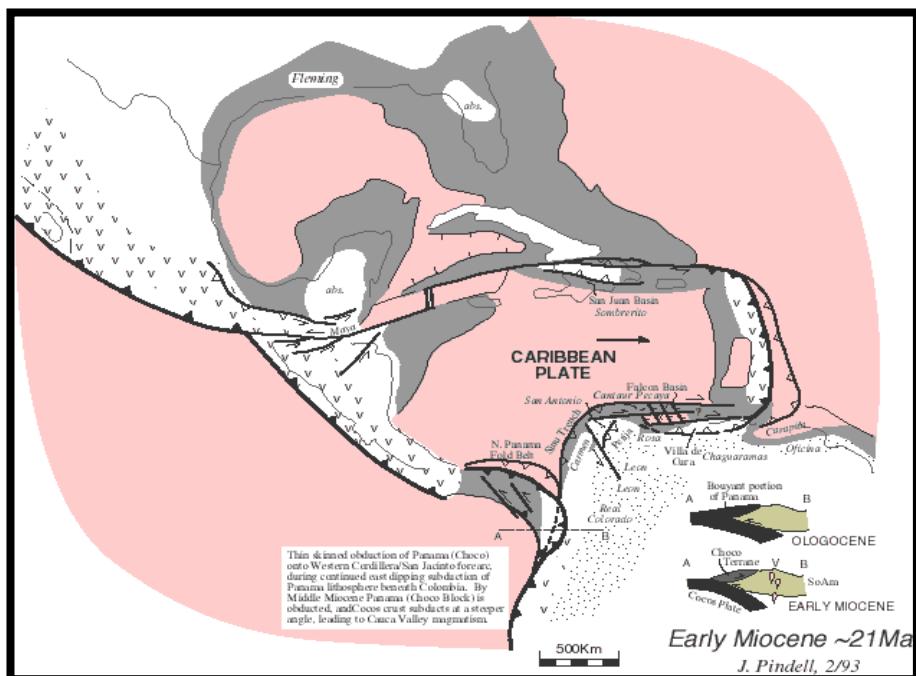


Figura N°22. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Mioceno Temprano. El avance del arco de Panamá sobre el borde nor-occidental de Colombia genera otro sistema transpresivo en la cuenca de Maracaibo, comienza a levantarse la Sierra de Perijá y se generan numerosos sistemas de fallas en la cuenca. Se sedimenta la Formación La Rosa (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

Para el Mioceno Medio se deposita sobre la Formación La Rosa sedimentos fluviales correspondientes a la Formación Lagunillas. La espesa secuencia sedimentaria de la Formación Lagunillas es contemporánea al levantamiento y erosión de la Sierra de Perijá al oeste del Lago de Maracaibo, y aproximadamente 3 o 4 Km de sedimentos son depositados (Dengo & Covey, 1993).

La Figura N°23 muestra la posición relativa de las placas durante el Mioceno Tardío. El sistema compresivo generado al sur-este y el sistema de fallas destrales de los Andes evidencian el movimiento relativo al sur-este del la Placa del Caribe. La plataforma de Maracaibo migra al norte y este hasta su posición actual causado por la colisión del Arco de Panamá con el oeste de la Cordillera central de Colombia, continuando la compresión de las placas del Caribe y Suramérica. Como resultado de este levantamiento se produce un influjo adicional de sedimentos en la Cuenca de Maracaibo produciendo su vasculamiento.

Para finales del Mioceno, el movimiento relativo entre las placas de Suramérica y del Caribe este-oeste, originan una gran falla de componente destral conocida como falla de Oca. La falla de Oca separa la Cuenca de Maracaibo del arco de sedimentos alóctonos derivados por el frente de deformación al pasar la Placa del Caribe al norte de la Cuenca de Maracaibo durante el Paleoceno -Eoceno Medio (Dengo & Covey, 1993).

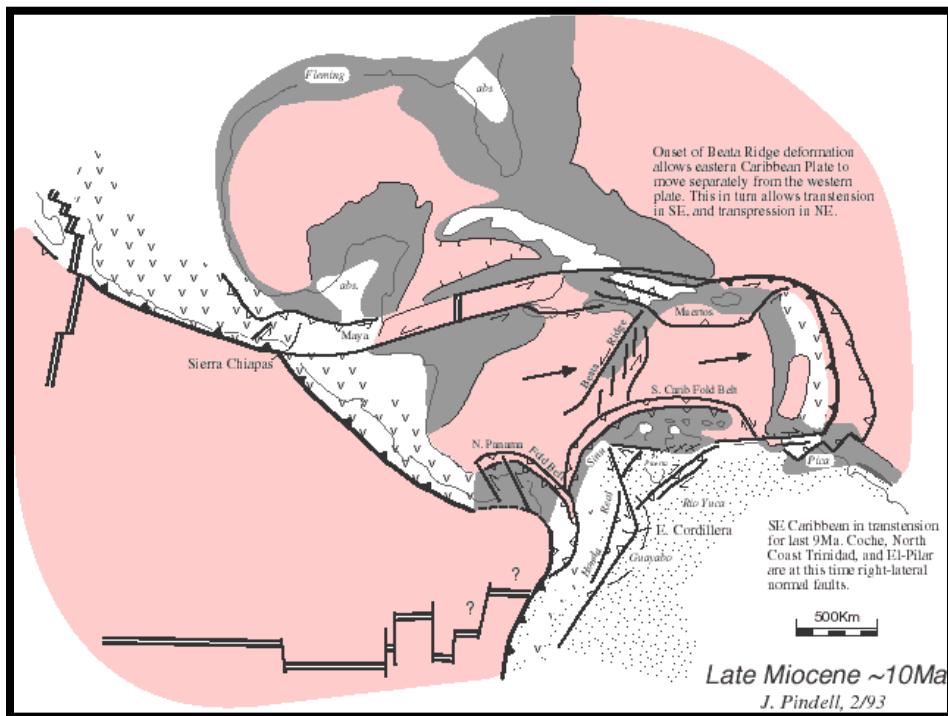


Figura N°23. Configuración estructural de la cuenca de Maracaibo durante el Miocene Tardío, El progresivo avance del frente de deformación de la placa del Caribe representado por las Napas del Caribe en la cuenca de Maracaibo y el avance del Arco de Panamá sobre Colombia producen el levantamiento andino aumentando en el espesor de sedimentos en la cuenca produciendo vasculamiento hacia el sur, se generan los tres importantes sistemas de fallas que conforman la cuenca de Maracaibo. (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT 2002).

2.2.7 PLIOCENO-PLEISTOCENO:

Durante el Plio-Pleistoceno, una compresión este - oeste, crea la estructuración más reciente de las fallas de dirección norte - sur. Esta compresión es atribuida a la colisión final del Arco de Panamá.

2.3 GEOLOGIA HISTORICA REGIONAL

La evolución de la cuenca del Lago de Maracaibo, ha sido bastante compleja a lo largo del tiempo geológico debido a una serie de transgresiones y regresiones marinas que determinaron la sedimentación, tanto de rocas generadoras de hidrocarburos, como reservorios adecuados para acumularlos, y como resultado de los procesos tectónicos a que ha estado sometida esta cuenca, se produjeron las trampas adecuadas para retenerlos hasta el presente. La Cuenca del Lago de Maracaibo, no llegó a presentar una configuración semejante a la actual hasta el Mioceno Medio; mientras que su prehistoria se debe situar en el Permo-Triásico. El conocimiento de esta cuenca, se ha desarrollado gracias a la información proporcionada por la gran cantidad de perforaciones petrolíferas realizadas en el Lago de Maracaibo, la data sísmica que en la actualidad cubre aproximadamente el 95% de la extensión total del lago, todo esto aunado con los estudios de geología de superficie que se han hecho en tierra firme en las zonas periféricas (Mencher *et al.*, 1953).

La evolución geológica de esta cuenca, tiene su inicio durante el **Permo-Triásico** (250 m.a.), cuando se registra un evento tecto-termal, correlacionable a escala mundial con la Orogenésis Herciniana, la cual produce metamorfismo y plegamiento en Los Andes, emplazamiento de cuerpos ígneos, formación de Alto de Mérida, levantamiento de la región central del Lago de Maracaibo, precursora de la subsiguiente Plataforma de Maracaibo. El levantamiento del borde continental, causa la retirada general de los mares de Venezuela Occidental (Mencher *et al.*, 1953).

En el **Triásico - Jurásico** (220 m.a.), la sedimentación continental se concentra al noreste y sureste del Alto de Mérida y en la Sierra de Perijá, con eventos volcánicos situados en esta última. Se deposita la **Formación La Quinta**, que conforma gran parte del substratum de la Cuenca del Lago de Maracaibo (Figura N°24).

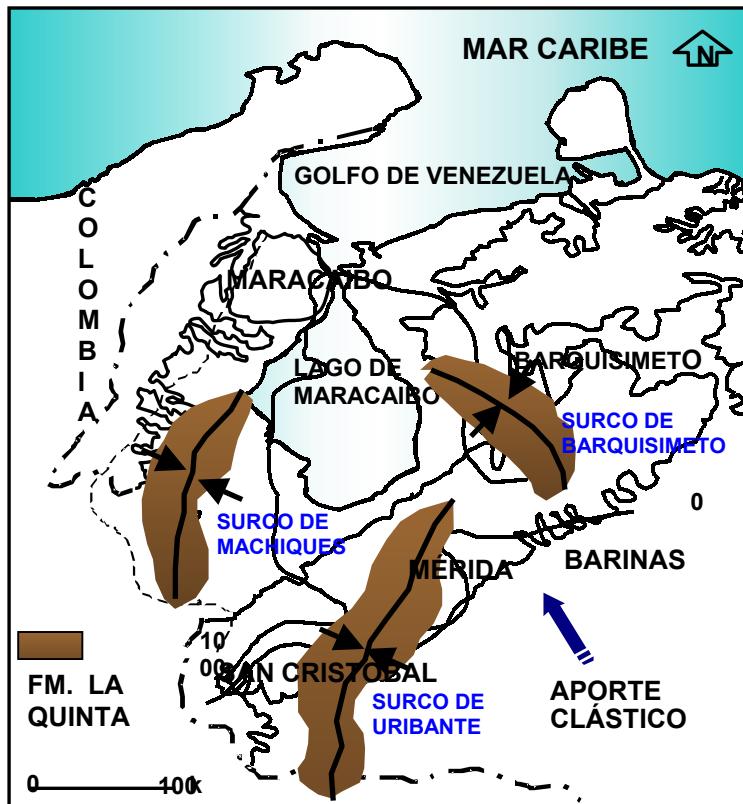


Figura N°24. Paleogeografía de la cuenca de Maracaibo para el Triásico-jurásico (Tomado y modificado de Schlumberger 1997).

En el **Barremiense** (120 m.a), se inicia la transgresión cretácica sobre tres surcos marginales al levantamiento de la región central del lago, que reciben los nombres de Machiques, Uribante y Barquisimeto. Como efecto del inicio de la transgresión, se deposita la **Formación Río Negro** (Figura N° 25).

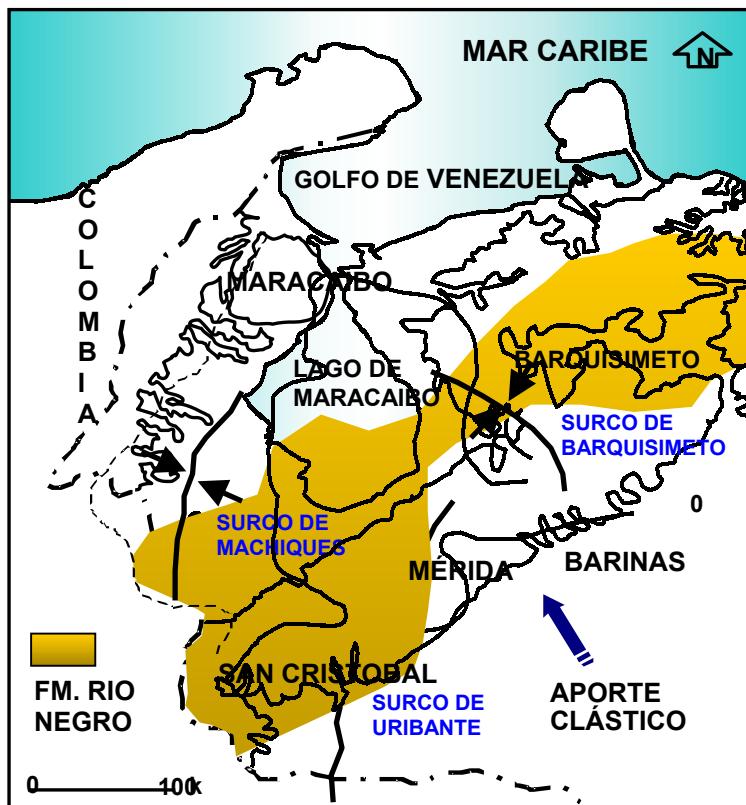


Figura N°25. Paleogeografía de la cuenca de Maracaibo para el Cretácico Temprano, Barremiense (Tomado y modificado de Schlumberger 1997).

Durante el **Aptiense - Albiense** (115 m.a), continua la transgresión cretácea; ocurre una amplia cobertura de la Plataforma de Maracaibo ya bien delimitada y sedimentación de calizas bioclásticas espesas sobre la mayor parte de la cuenca, se depositan las formaciones **Apón** y **Lisure** (Figura N°26). En el **Albiense Tardío**, el núcleo andino es rebasado por la transgresión, ocurre una cobertura extensa de calizas bioclásticas correspondientes a la **Formación Maraca**. Varias de las calizas depositadas durante este período forman importantes reservorios de hidrocarburos en campos situados en la mitad septentrional de la Plataforma de Maracaibo, (Lugo, 1991)

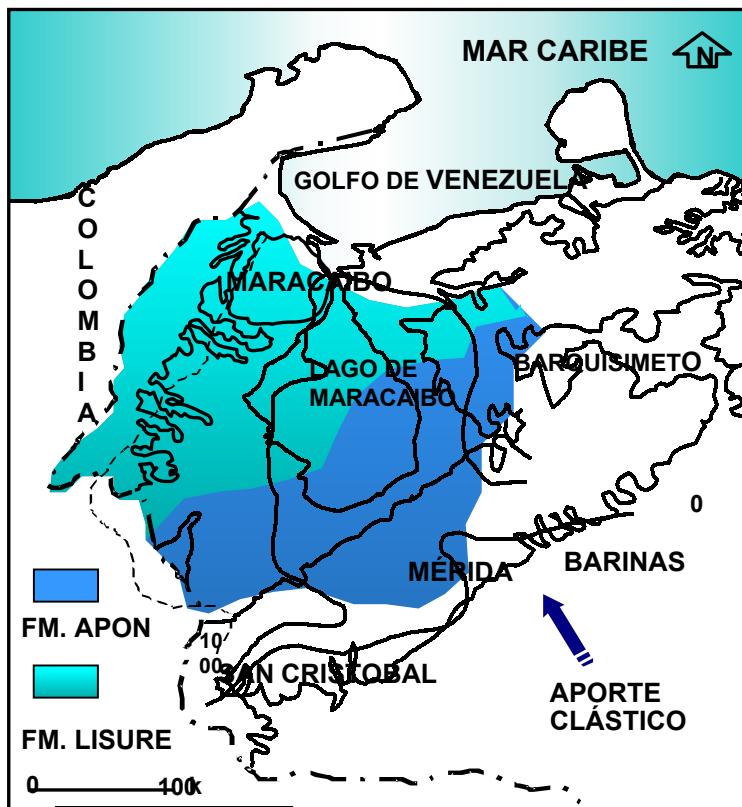


Figura N°26. Paleogeografía de la cuenca de Maracaibo para el Cretácico Temprano, Aptiense-Albiense (Tomado y modificado de Schlumberger 1997).

En el **Cenomaniense - Santoniense** (100 m.a.), ocurre un período de máxima cobertura marina, debido a la intensificación de la transgresión cretácea, que se extendió hacia el sur, cubriendo la Cuenca de Barinas. El tope de la Formación Maraca, marca el comienzo de una extensa subsidencia regional, lo cual se traduce en cambios litológicos importantes, pasando de las calizas con ostras de Maraca de ambiente nerítico - costero a calizas negras y densas con ammonites, intercaladas con lutitas marinas con escasa fauna bentónica, representativas de condiciones euxínicas de fondo, verdaderas trampas de materia orgánica que originaron buenas rocas madres de petróleo, como lo es la **Formación La Luna**; la cual, fracturada, constituye muy buenos reservorios en algunos campos productores (Figura N°27).

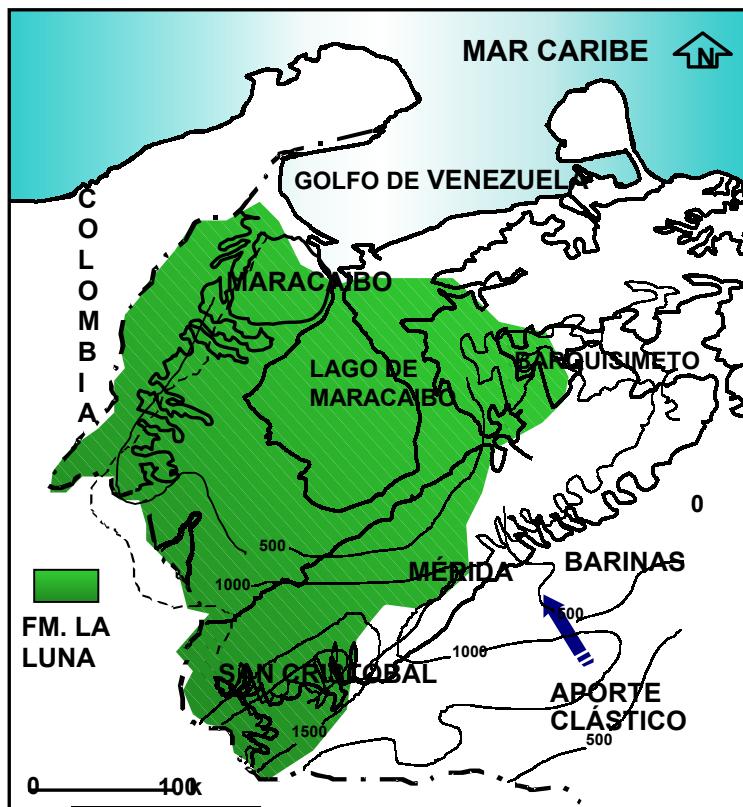


Figura N°27. Paleogeografía de la cuenca de Maracaibo para el Cretácico Tardío, Cenomanense-Santonense (Tomado y modificado de Schlumberger 1997).

(Lugo, 1991) En el **Campaniense - Maestrichtiense** (80 m.a.), se depositan capas glauconíticas y fosfáticas indicativas de un período de sedimentación reducida, representada por los miembros **Tres Esquinas** (tope de la **Formación La Luna**) y **Socuy** (base de la **Formación Colón**), González de Juana *et al.*, 1980. Pasado este intervalo de tiempo, se sedimentan lutitas marinas de cuenca de la Formación Colón sobre gran parte de Venezuela Occidental. La sedimentación de Colón fue rellenando la cuenca hasta el **Maestrichtiense Tardío**, momento en que aparecen intervalos arenosos que en algunas partes de la cuenca, se conoce como **Formación Mito Juan**. El ciclo Colón - Mito Juan, representa el relleno de una gran cuenca cuya subsidencia había terminado (Figura N°28).

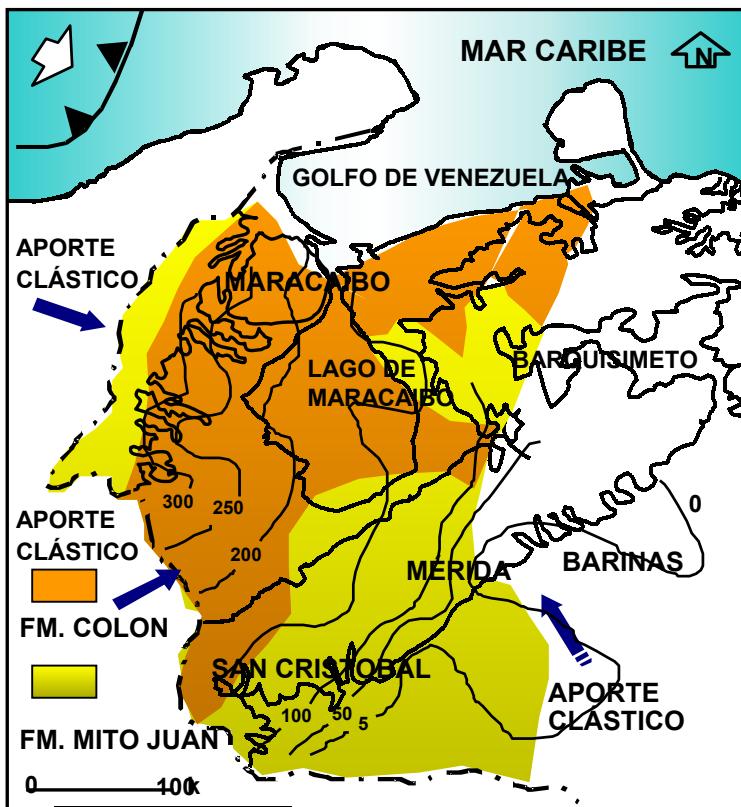


Figura N°28. Paleogeografía de la cuenca de Maracaibo para el Cretácico Tardío, Campaniense-Maestrichtiense (Tomado y modificado de Schlumberger 1997).

El **final del Cretácico** (65 m.a.), está caracterizado, en grandes extensiones de Venezuela, por un período de orogénesis que puede correlacionarse con la Orogénesis Laramidiana de Norteamérica y constituye el último evento tecto - termal importante conocido en Venezuela, Sutton, 1946. Se manifiesta en forma más violenta en los cinturones móviles hacia el norte, donde produce metamorfismo, y con menor intensidad en la Cuenca del Lago de Maracaibo, donde no se conocen eventos termales. Partes de las regiones andina y perijanera, se convierten en áreas positivas. Con este evento, probablemente se inicia el fallamiento gravitacional de los alineamientos norte - sur de la parte central de la cuenca, se producen cambios en el patrón de isofacies entre la sedimentación del **Cretáceo** y la sedimentación del **Paleoceno** que se desarrolla en tres provincias distintas: Provincia Parálica, al

sureste; Provincia de Plataforma Marina Somera, ocupando prácticamente toda la extensión del actual lago y la región noroeste de la cuenca, representada por la **Formación Guasare**; y, la Provincia Geosinclinal, situada al este noreste de la Provincia de Plataforma, limitadas por una faja o zona de bisagra .

Durante el **Eoceno Temprano y Medio** (54 m.a.), se forma un extenso sistema deltáico, con vértice al suroeste y extenso abanico hacia el noreste. Esta sedimentación es extremadamente compleja, con sedimentación fluvial al suroeste, fluvio - deltáica sobre la plataforma y delta bajo hacia la línea de bisagra, correspondientes a las formaciones **Mirador** y **Misoa**. Al este - noreste de la zona de bisagra, se depositan turbidíticas y "flysch" característico del surco de Barquisimeto: Formaciones **Trujillo** y **Matatere**. Posteriormente, se depositaron lutitas profundas de la **Formación Paují** y lutitas turbidíticas de la **Formación Mene Grande**, durante la parte superior del **Eoceno Medio** (Figura N° 29) Sutton, 1946.

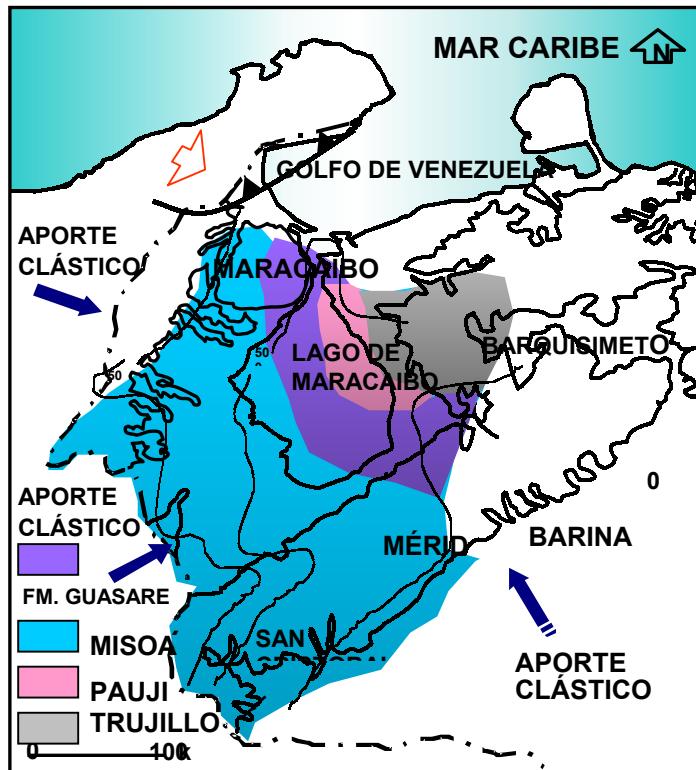


Figura N°29. Paleogeografía de la cuenca de Maracaibo para el Eoceno Temprano-Medio (Tomado y modificado de Schlumberger 1997).

Hacia el **Eoceno Tardío** (44 m.a.), ocurre un levantamiento generalizado de la Cuenca de Maracaibo, y un período de fallamiento importante, particularmente en los alineamientos longitudinales del lago, con ejes de plegamiento orientados de sur a norte, desconociéndose efectos termales. La subsiguiente erosión profunda de las formaciones del Eoceno Medio, produce la remoción casi total de Paují - Mene Grande y la remoción parcial de Misoa en los alineamientos occidentales del lago; en los bloques situados hacia el sur del lago, la erosión de Misoa es total y localmente la de Guasare. Hay un fracturamiento de la sección de calizas cretáceas y migración del petróleo ya formado hacia los alineamientos levantados y fallados. Ocurre una inversión del gradiente de la cuenca eocena, de noreste a sur - suroeste, característica del post-Eoceno. Es un proceso de gran importancia en la evolución de la cuenca petrolífera (Pestman *et al.*, 1996).

Durante el **Oligoceno y Mioceno Inferior**, la erosión que caracterizó el Eoceno Superior, continúa sobre grandes extensiones en la parte norte - noreste del lago y comienza la sedimentación no marina hacia el oeste - suroeste, la cual, se preserva sólo en los sinclinales y es conocida como **Formación Icotea**, que se encuentra en forma esporádica llenando depresiones de la superficie eocena erosionada.

El comienzo de la sedimentación del **Mioceno** en el Lago de Maracaibo, se caracteriza por una transgresión marina de considerable extensión territorial dentro de los límites del Lago de Maracaibo, pero de duración relativamente corta, representada por la **Formación La Rosa**. Esta transgresión penetró profundamente hacia el sur, depositando las arenas básales del **Miembro Santa Bárbara** de la **Formación La Rosa** en la parte central de la cuenca, sobre la superficie erosionada del Eoceno Medio. Sobre estas arenas básales, se depositaron las **lutitas marinas de La Rosa**, sobre las que a su vez, se depositó la **Formación Lagunillas**, menos marina, que llegó a excavar fondos de canales fluviales en lutitas de La Rosa, y produjo excelentes yacimientos petrolíferos en la Costa Bolívar (Figura N°30). La sedimentación del Mioceno, constituyó la cobertura impermeable necesaria para

preservar los hidrocarburos en las arenas truncadas del Eoceno. Al final del Mioceno, se produjo el levantamiento definitivo de la Cordillera Andina en forma predominantemente vertical; hacia el norte se depositan gruesas formaciones continentales características de la anterior antefosa andina subsidente. Durante este período, se deposita la **Formación Isnótú** (Pestman *et al.*, 1996).

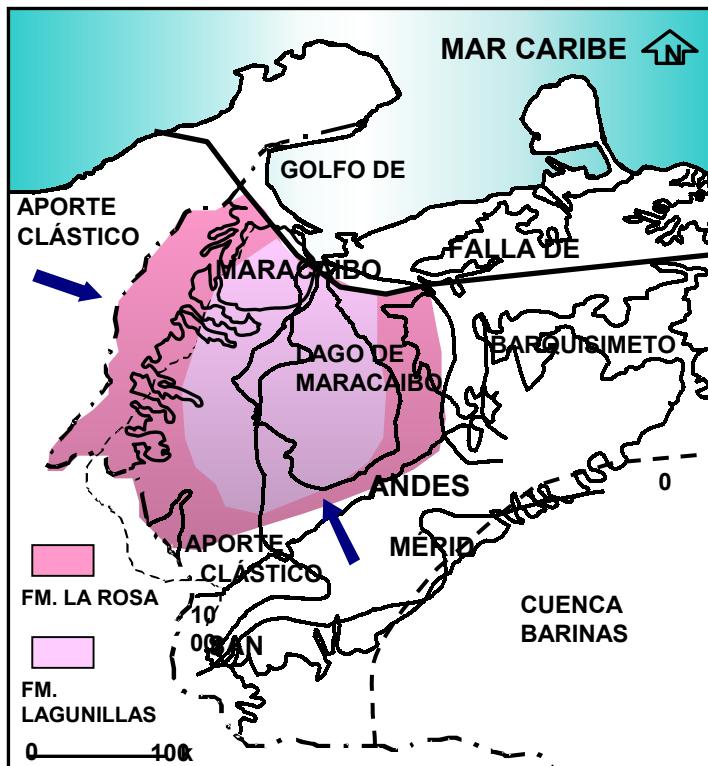


Figura N°30. Paleogeografía de la cuenca de Maracaibo para el Oligoceno-Mioceno inferior (Tomado y modificado de Schlumberger 1997).

En el **Plioceno**, las cuencas de Maracaibo y Falcón, se van rellenando con sedimentos de mayor influencia continental; ocurre un levantamiento importante de las cordilleras de Los Andes y del Caribe y de la Sierra de Perijá. En la Cuenca de Maracaibo, se deposita la **Formación Onia**. Durante el **Pleistoceno**, el Lago de Maracaibo, probablemente estuvo sometido a oscilaciones en su nivel de agua, como consecuencia de las glaciaciones que influenciaron las condiciones climáticas; hay una retirada de los mares y la sedimentación en su mayoría continental, queda expuesta a la meteorización, representada por los depósitos de la **Formación El Milagro** (Macellari, 1995).

2.4 GENESIS, MIGRACION Y ENTRAMPAMIENTO DE HIDROCARBUROS

Zambrano *et al.*, 1971 (en González de Juana *et al.* 1980), al estudiar los problemas de la génesis del petróleo en la Cuenca del Lago de Maracaibo, mencionan a la **Formación La Luna** como la roca madre más favorable de la serie cretácica y de toda la columna sedimentaria del Occidente de Venezuela. Al mismo tiempo, consideran poco probable una generación notable de petróleo durante el Cretácico Tardío y el Paleoceno, por las deficiencias de la columna de soterramiento sobre la mayor parte de la cuenca, excepto en alguna región de los surcos de Machiques y Táchira al final del Cretácico, y en la fosa geosinclinal de la Serranía de Trujillo y Surco de Barquisimeto durante el Eoceno. Postulan que durante el Eoceno Inferior y Medio, se produjo una subsidencia importante, suficiente para generar petróleo en las calizas y lutitas cretáceas y en las lutitas inferiores del Eoceno.

Desde el descubrimiento del petróleo cretáceo, la **Formación La Luna** ha sido considerada como la roca madre por excelencia de dicho petróleo, en la Cuenca del Lago de Maracaibo. Posiblemente las lutitas del **Grupo Cogollo** y las lutitas dístales de la **Formación Misoa**, podrían ser también generadoras de hidrocarburos, aunque estudios geoquímicos han demostrado que un porcentaje muy alto de petróleo de la Cuenca de Maracaibo, tiene su origen en la **Formación La Luna** Gallango *et al.*, 1984., Blazer y White, 1984, (en Schlumberger 1997).

Se considera que durante el Eoceno Medio, se produjo una considerable migración de petróleo, tanto cretáceo como eoceno, hacia el Alto de Mérida, favorecida por el gradiente regional de la cuenca, y un movimiento por ascenso desde las rocas cretáceas hasta los reservorios eocenos "gracias a la permeabilidad asociada a las fracturas" (Peterson, 1993).

El petróleo generado por la **Formación La Luna**, se ha acumulado desde el Paleoceno hasta el Reciente, en una gran variedad de yacimientos con producción

proveniente de varias capas; siendo las **Arenas "B"** de la **Formación Misoa** el principal productor (Peterson, 1993).

La porosidad de los recipientes eocenos, es inferior a la de los intervalos miocenos, manteniéndose un promedio entre 20 y 30%. En los yacimientos cretáceos, se han encontrado dos tipos de porosidad: intergranular (intercristalina), intragranular (disolución) y transgranular (fractura); las cuales, se suman entre sí para constituir un sistema circulatorio y de almacenamiento con muy buenas características. La permeabilidad de los intervalos productores del **Terciario**, es generalmente alta y uniformemente distribuida; mientras que en las calizas cretáceas, por el contrario, se presenta en forma irregular y extremadamente variable.

Debido a la diversidad de los procesos sedimentarios y tectónicos ocurridos en la cuenca, determinantes de los movimientos de las masas de petróleo que se desplazaron desde las rocas madres hasta las trampas localizadas en regiones distintas, situadas a niveles estratigráficos superiores diferentes y en diversas clases de rocas, es indudable que el proceso migratorio de los hidrocarburos en la cuenca es un fenómeno complejo, Gallango *et al.*, 1984., Blazer y White, 1984 (en Schlumberger 1997).

Considerando que la **Formación La Luna**, ha constituido la principal fuente de hidrocarburos almacenados en el post - Cretáceo del lago, se postula una migración transversal ascendente desde esta roca madre hasta las arenas eocenas a través de la **Formación Colón**, por vía de las numerosas fallas que la atraviesan, (Scherer, 1995). También se sugiere que durante la sedimentación de la **Formación Misoa**, se desarrollaron fallas de crecimiento cuyo patrón fue determinante en la distribución de los sub-ambientes deltáicos de Misoa, contribuyendo al desarrollo de distintas zonas de arena de buena o mala calidad, en parte relacionadas con movimientos tectónicos (Talukdar & Marcano, 1994).

La migración primaria generada en rocas eocenas, se explica por el paso directo de los fluidos desde las rocas madres a las areniscas adyacentes, seguido por un movimiento lateral ascendente desde la parte más profunda de la cuenca en el noreste de la Plataforma de Maracaibo hacia el suroeste, facilitado por los espesores, la continuidad y la permeabilidad de algunas de las arenas de la Formación Misoa. Localmente, puede ser necesario admitir la migración primaria de petróleo eoceno a recipientes confinados de la misma edad (Talukdar & Marcano, 1994).

La admitida mezcla de petróleos cretáceos y eocenos en arenas de la **Formación Misoa**, requiere postular una migración secundaria transversal desde los reservorios de las calizas cretáceas hasta las arenas eocenas, más plausible a través de fracturas. Por ello la migración, sólo pudo tener lugar después de un fracturamiento capaz de destruir la barrera impermeable de las lutitas de la formaciones **Colón y Mito Juan**.

Se puede resumir el movimiento de los fluidos en dos fases principales: por descenso de acuerdo al gradiente de la cuenca, y en forma longitudinal y ascendente a través de las fallas (Peterson, 1993)..

El entrampamiento de hidrocarburos en los sedimentos del Cretáceo, Paleoceno-Eoceno y Oligo-Mioceno en la Cuenca de Maracaibo, está controlado por trampas estructurales, estratigráficas y mixtas. En términos generales, puede decirse que los accidentes estructurales, son más frecuentes en los yacimientos del Cretáceo, que en los entrampamientos en rocas del Paleoceno-Eoceno, donde se combinan los factores estructurales y sedimentológicos, y, que en las acumulaciones del Mioceno, predominan los factores sedimentológicos sobre los estructurales, aunque esta regla general presenta numerosas excepciones (Peterson, 1993).

CAPITULO III
MARCO GEOLOGICO LOCAL

3. GEOLOGIA LOCAL

3.1 CONSIDERACIONES GEOLOGICAS DEL BLOQUE V LAMAR.

3.1.1 ASPECTOS GENERALES:

La historia de Bloque V Lamar comienza en el año 1958 con la perforación del pozo VLE-0305, dando inicio de ésta manera a la explotación de este campo que en el futuro se denominaría Bloque V Lamar.

El Bloque V Lamar está ubicado en la zona Sur central del Lago de Maracaibo en la región Occidental de Venezuela y limitado al Norte con el Bloque VI, al Sur con una Zona Libre y el Bloque XIII, al Este con Zona Libre y al Oeste con Bloque XV (Fig. N°31).

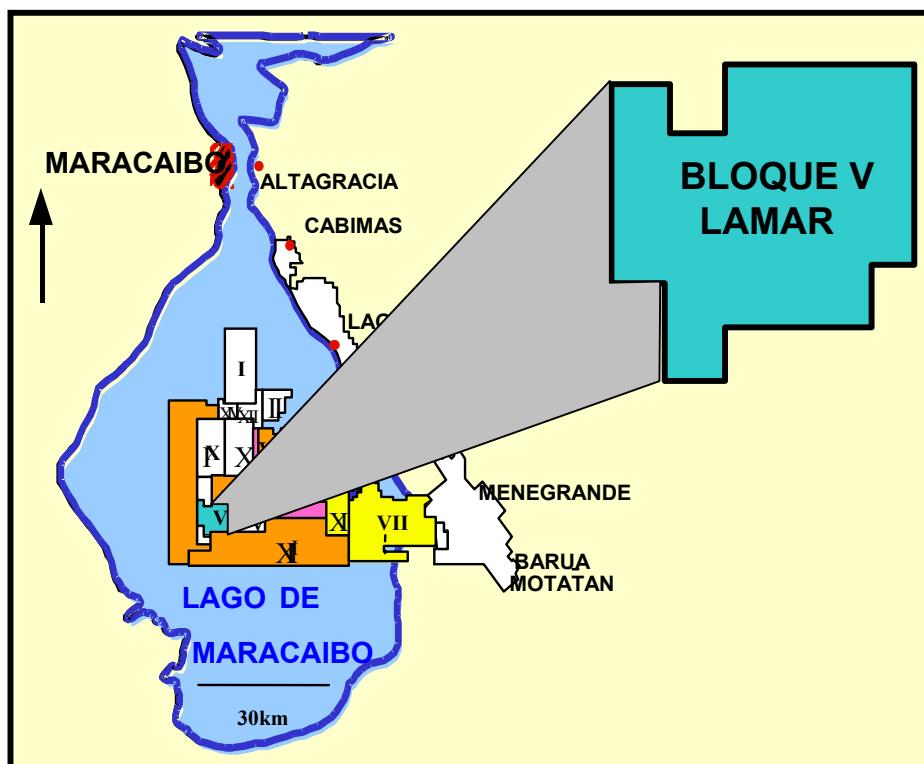


Figura N°31. Mapa de ubicación de Bloque V Lamar (Cortesía de la Unidad de Explotación U.E Lagocinco, archivo digital 2002).

El Bloque ha sido dividido en tres áreas principales, como son: área VLE-305, VLE-326/455 y VLE-196/460 (Figura N°32) cuyos yacimientos producen mayormente de las arenas del Eoceno C.

El Bloque V Lamar consta de 28 yacimientos, siendo los de mayor interés los pertenecientes al Eoceno C. La Formación Misoa del Eoceno C es la principal productora del bloque, de donde se obtiene crudo de gravedad API comprendida entre 30.6 y 39 grados. En este bloque las permeabilidades varían de 30 a 500 md, con arenas que presentan porosidades entre 20 a 22% (Guevara, *et al.*, 1998).

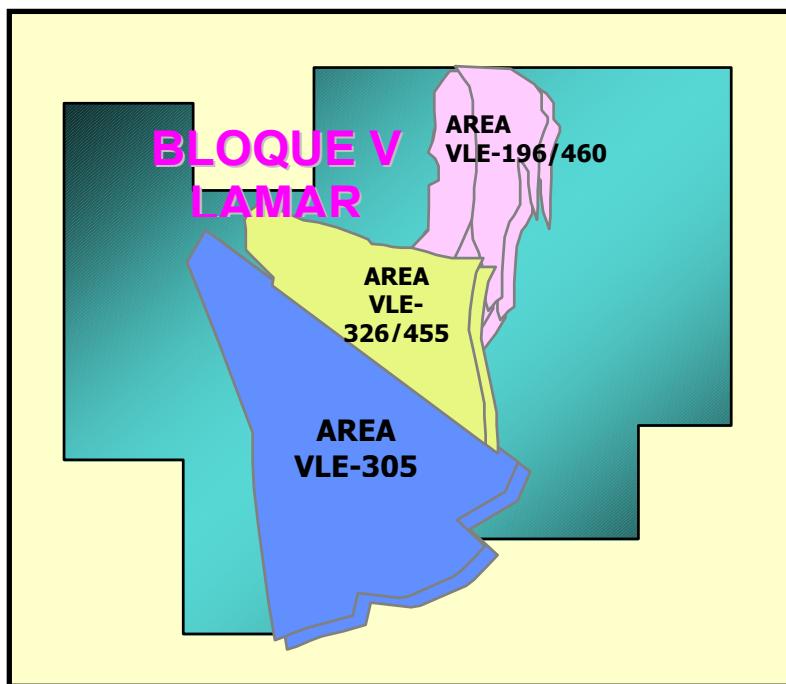


Figura N°32. Se ilustran las tres principales áreas operacionales en las que se ha dividido el Bloque V, Lamar (Cortesía de la Unidad de Explotación U.E Lagocinco, archivo digital 2002).

Para Junio de 1999 el petróleo originalmente en sitio (POES) en las arenas del Eoceno C es de 3015 MMBls, con Reservas Recuperables de 1324 MMBls de los cuales 400 MMBls están asociados a los proyectos de recuperación secundaria C-2, VLE-326/455 (Agua) y C-2, VLE-305 (Agua y Gas) y unas Reservas Remanentes de 253 MMBls. Hasta la fecha (Junio, 1999) la producción del campo estaba en el orden de 36.3 MBND con una producción promedio por pozo de 395 BNPD en 92 pozos productores activos. La producción acumulada hasta el presente es de 779 MMBNP.

3.1.2 ESTRATIGRAFIA DEL BLOQUE V LAMAR:

La secuencia estratigráfica del área (ver figura N°3, Capítulo II. Marco Geológico Regional) está conformada de tope a base por los sedimentos poco consolidados de la Formación El Milagro de edad Pleistoceno y de las Formaciones Onia y La Puerta, de edades Plioceno y Mioceno Superior, continuando con la Formación Lagunillas y La Rosa de ambiente Fluvio-deltáico y marino, respectivamente, discordante a la Formación Misoa del Eoceno, la cual está subdividida en las arenas “B” y “C” (Miembros Informales). Esta Formación suprayase discordantemente la Formación Guasare del Paleoceno, continuando de manera concordante las Formaciones Colón, La Luna, Grupo Cogollo y Río Negro, del Cretácico.

La secuencia de edad Eoceno en el Bloque V Lamar, está ubicada estratigráficamente entre dos discordancias importantes, la discordancia del Eoceno Superior y la discordancia del Paleoceno.

En el Eoceno “C” se reconocen dos miembros informales: el miembro inferior constituido por las arenas “C” y el miembro superior constituido por las arenas “B”. Las arenas “C” se subdividen a su vez en cinco (5) sub-unidades que de base a tope son: C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5. El sub-miembro superior C-1 es lutítico, bien desarrollado, lateralmente continuo y separa a los sub-miembros C-2 a C-5 de las arenas “B” (Zavala, 2002).

De acuerdo con los estudios sedimentológicos y estratigráficos, se considera que las arenas “C” fueron depositadas en ambientes de planos deltáicos de dominio fluvial y nerítico somero, con influencia marina acentuada en el tope (Cant, 1992).

3.1.3 ESTRUCTURA DEL BLOQUE V LAMAR:

Debido a la gran complejidad estructural que posee el Bloque V LAMAR en general, no se puede realizar un resumen estructural de toda la zona, ya que su estructura no es homogénea, por lo que esta se definirá por área.

AREA VLE-196/460:

La estructura del área VLE-196/460 consiste en un anticlinal con rumbo NE-SW, segmentado por numerosas fallas, destacándose un sistema de fallas con rumbo Norte-Sur y otro con rumbo NW-SE (Figura N°33) (Holtdich, 1997).

De todas estas fallas se destaca la falla VLE-400, transcurrente sinestral y normal con rumbo NW-SE, la cual presenta un buzamiento aproximado de 65° al Oeste y un salto vertical que llega a alcanzar los 2000 pies en las inmediaciones de los pozos VLE-400, VLE-100, VLE-635 y VLE-655 disminuyendo gradualmente hacia el Sur y Norte. Esta falla constituye una ramificación de la falla Lama-Icotea, dividiendo la región en dos bloques separados denominados área VLE-460 hacia el Oeste de la falla VLE-400 y área VLE-196 hacia el Este de la misma, los cuales constituyen acumulaciones petrolíferas diferentes y poniendo en contacto las areniscas de la Formación Misoa de Edad Eoceno con las calizas del Cretácico. El buzamiento promedio de las capas en ambas áreas (VLE-460 y VLE-196) es de aproximadamente 20° en las inmediaciones de la falla VLE-400. Las fallas de rumbo NW-SE son normales y tienen buzamiento aproximado de 65-75° hacia el Noreste, con un salto vertical que no excede los 400 pies (Holtdich, 1997).

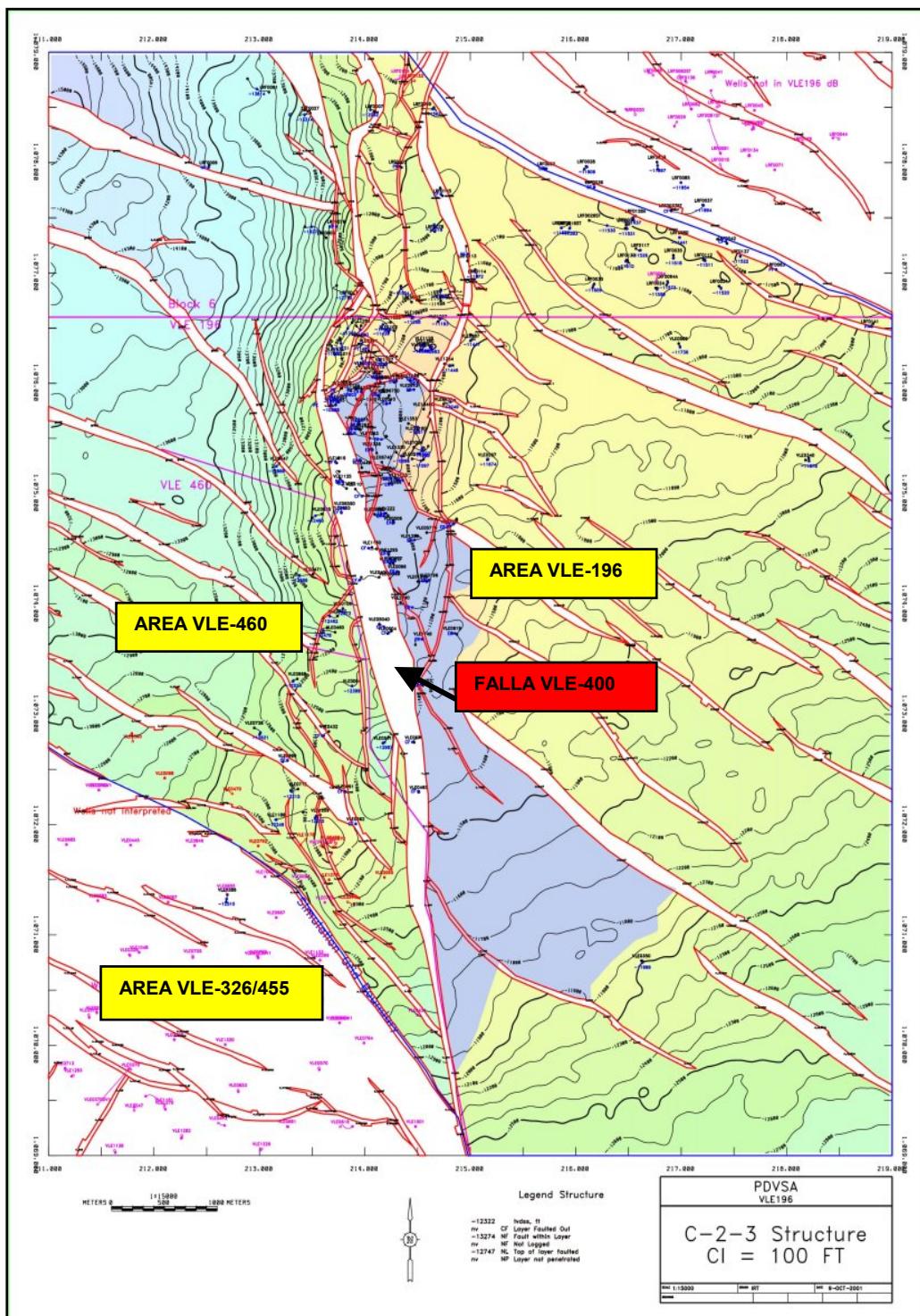
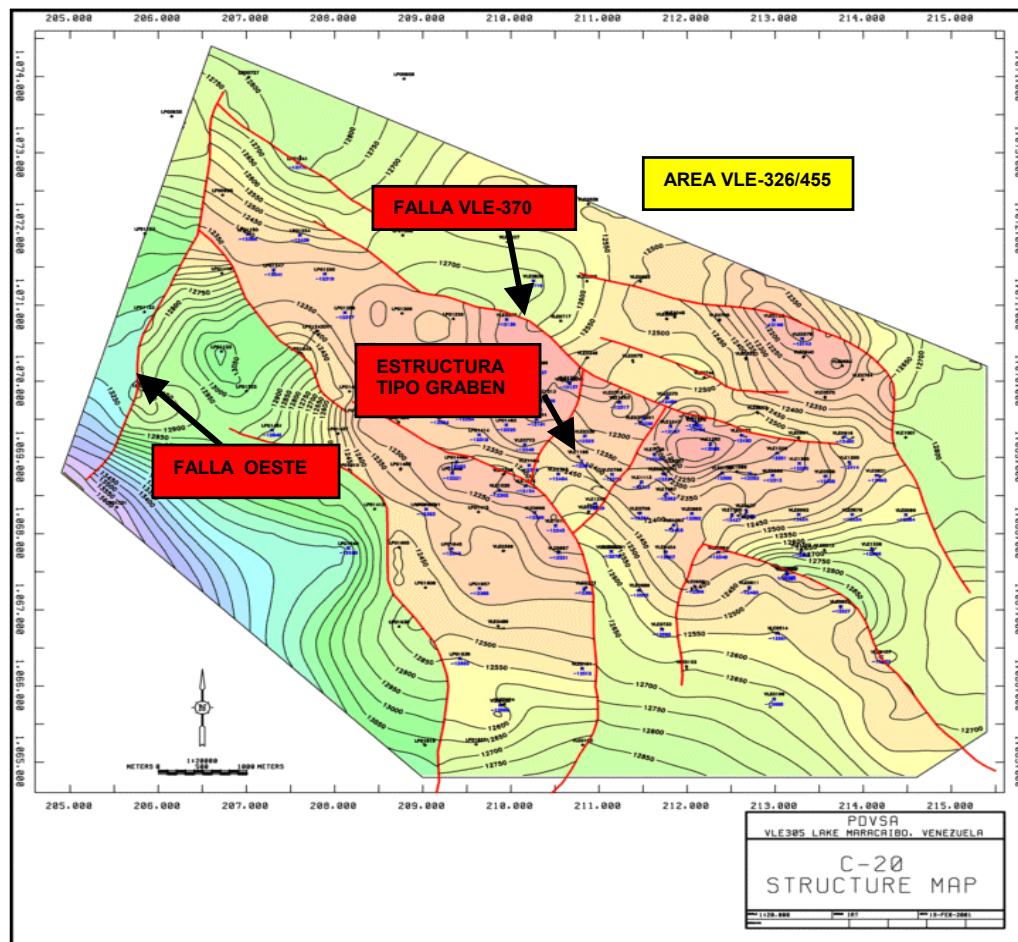


Figura N°33. Mapa estructural del Área VLE-196/460, en el tope C-2-3, en el cual se observan los principales sistemas de fallas que influencian el área (Tomado de PDVSA/ International Reservoir Technologies, IRT (2002).

AREA VLE-305

La estructura en el área VLE-305 de acuerdo a la interpretación oficial está constituida por tres sistemas de fallas Lama-Icotea, La Oeste y VLE-400, y otro de dirección NW-SE.

El área está dividida en Bloques (Figura N°34) cuyas fallas cortan anticlinales y sinclinales con buzamientos máximos de 8° grados hacia el Sur. En el área central esta constituido por un graben en el cual se encuentran ubicados los pozos VLE-305, VLE-339, VLE-713 y VLE-768. Al Norte del graben se encuentra la falla normal VLE-370, con buzamiento al Norte y dirección NW, la cual separa los yacimientos C-2/VLE-305 y C-2/VLE-326/455, el resto de la estructura lo forman fallas de dirección NW-SE y con buzamiento al Norte (PDVSA/IRT 2001).



AREA VLE-326/455:

El área VLE-326/455 se encuentra sobre el flanco Sur-oeste de un amplio anticlinal con buzamiento hacia el Sur. Dicho anticlinal es cortado por dos sistemas de fallas de tijera con rumbo preferencial Norte-Sur: El de Icotea a lo largo del Flanco Oeste y el VLE-400 (más axial), ambos con desplazamientos vertical variable.

La estructura principal al este del área, es la falla VLE-400, la cual se ramifica al Este de la falla Icotea a unos 15 Km. al Norte, orientándose hacia el Sur siguiendo un rumbo paralelo a esta.

Pueden identificarse dos tendencias estructurales (Figura N°35):

1. A lo largo del margen Este del área, asociada a la principal tendencia de inclinación hacia el Oeste de la Falla VLE-400 y consiste en una serie de fallas con rumbo N-S, pobemente definida.
 2. En la mayor parte del área VLE-326/455, la estructura principal está definida por la superficie erosionada del Eoceno y consiste en una serie de fallas transcurrentes, sub-paralelas, discontinuas con rumbo NW-SE.

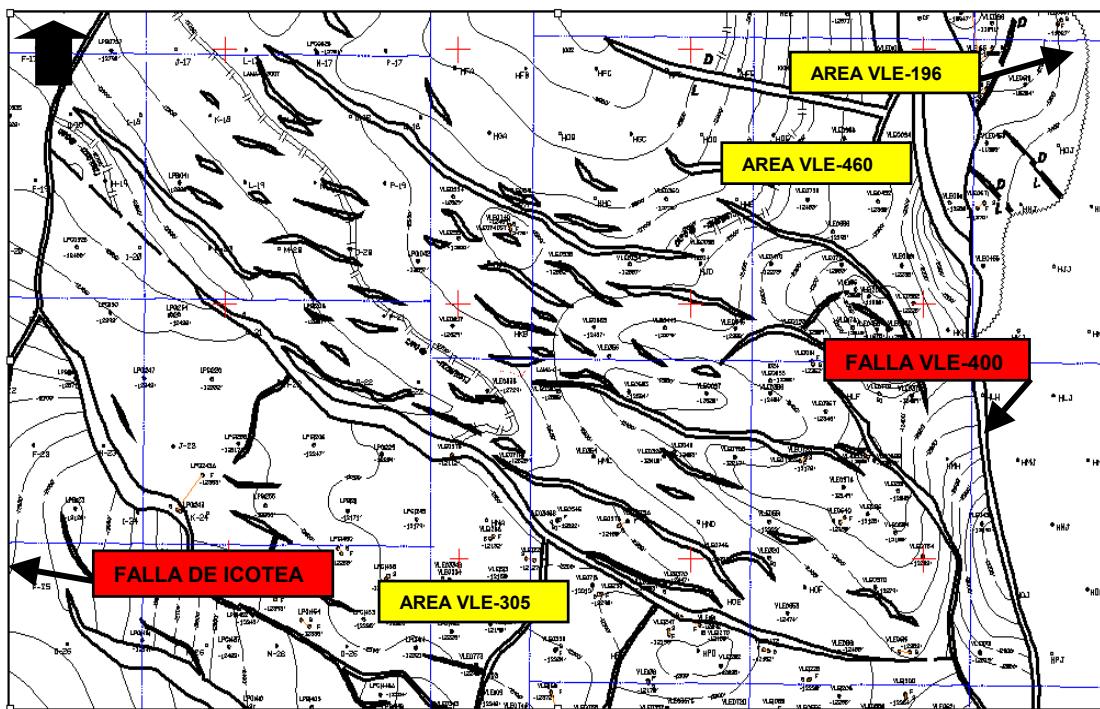


Figura N°35. Mapa estructural oficial del Área VLE-326/455, en el tope C-20, en el cual se observan los principales sistemas de fallas que influencian el área (Cortesía de la Unidad de Explotación U.E Lagocinco, archivo digital 2002).

3.2 LIMITES DEL YACIMIENTO.

INTEVEP: LINARES *et al.*(2001) define los límites del yacimiento C-2/VLE-326/455, considerando sólo criterios estructurales y de comportamiento de los fluidos (Figura N°36). Hacia el Oeste, y en algunas regiones del Norte, establece un límite por el contacto de los fluidos (agua-petróleo); mientras que hacia el Sur-Noreste los límites establecidos en el yacimiento se deben a un sistema de fallas de tipo normales (actualmente), que tienen un carácter sellante.

La heterogeneidad de las litofacies en ciertos sectores del yacimiento producen diferentes comportamientos tanto del avance del fluido de inyección como del fluido de producción.

Aunque la anisotropía sedimentaria es un factor importante en el comportamiento de los fluidos, este criterio estratigráfico no fue utilizado para definir límites laterales del yacimiento por no encontrarse ceros isópacos o límites de rocas en los intervalos de mayor potencialidad (C-20, C-21, C-22 y C-23). Los únicos límites estratigráficos establecidos son los definidos en el tope y la base de la secuencia estudiada (Unidades C-1 y C-24) por estar asociados a los eventos de inundaciones de mayor extensión y a las litofacies con mayores porcentajes de arcillosidades.

LIMITE SUR: Definido por la falla normal VLE-370 de rumbo S65°E (Cercano a los pozos LPG-1041, VLE346, VLE-370 y que corta al pozo VLE-472). Esta falla buza hacia el Noreste con un alto ángulo (70 a 80°), con un salto vertical que varía en un rango entre 200 a 500 pies.

LIMITE NORTE-NORESTE: Este fue establecido de manera arbitraria cercano al pozo VLE-738 (Noreste del área) debido a un comportamiento diferente a nivel de producción entre éste pozo y los pozos pertenecientes al yacimiento “C2/VLE-326/455”.

LIMITE OESTE-NORTE: Hacia esta parte del área de estudio el límite del yacimiento fue establecido por un contacto entre los fluidos (agua-petróleo), el cual fue determinado por el estudio petrofísico a una profundidad promedio (sub sea) de 12850 pies.

El pozo VLE-836 (Oeste) registró un contacto (CAP) a la profundidad de 12850 pies en la unidad C-21. Mientras que en el pozo VLE-754 el contacto se encontró a una profundidad de 12760 pies posiblemente debido al avance del frente del agua por efecto de la explotación del yacimiento.

En la unidad infrayacente C-23 se registró el contacto agua-petróleo (CAP) a las profundidades (sub sea) 12840 pies y 12820 pies, en los pozos VLE-705 y VLE-820, respectivamente.

LIMITE ESTE: este límite fue definido por el sistema de falla normal buzante hacia el Oeste VLE-400, que corta el pozo VLE-1061 y que pasa cercano al pozo VLE-470, y por el sistema de falla normal buzante hacia el Este y que pasa cercano a los pozos VLE-970 y VLE684.

Aunque cada una de las unidades estratigráficas, de importancia desde el punto de vista de reservorio, “C-20, C-21, C-22U, C-22Ly C-23” están separadas por superficies de inundación (FS) de amplia extensión lateral, se consideró que todas pertenecen a una misma unidad hidráulica “C2” debido al comportamiento de sus fluidos (contactos y avances de los frentes) durante los programas de inyección y explotación: Además, los datos de presiones corroboran que cada una de esas unidades sedimentarias conforma una misma unidad hidráulica.

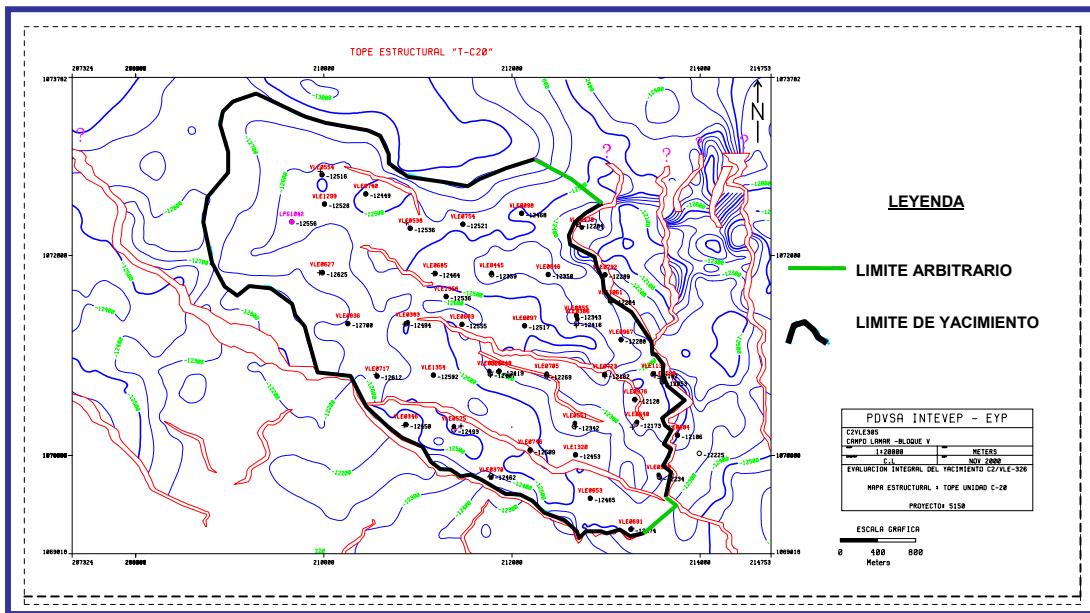


Figura N°36. Mapa estructural de yacimiento C-2/VLE-326/455 a nivel de la Unidad C-20 que muestra los límites del yacimiento (Tomado de INTEVEP 2001: LINARES *et al.* 2001).

3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL:

Como se mencionó en las consideraciones geológicas del Bloque V Lamar, las áreas que componen este bloque presentan una complejidad estructural que no ha permitido definir un modelo estructural unificado del todo el bloque en conjunto.

En el caso del yacimiento C-2/VLE-326/455 el Marco Tectónico se define de la siguiente manera: El yacimiento se encuentra ubicado en graben Lama, en la zona sur-este próximo a la falla VLE-400 en el Bloque V Lamar (Figura 37).

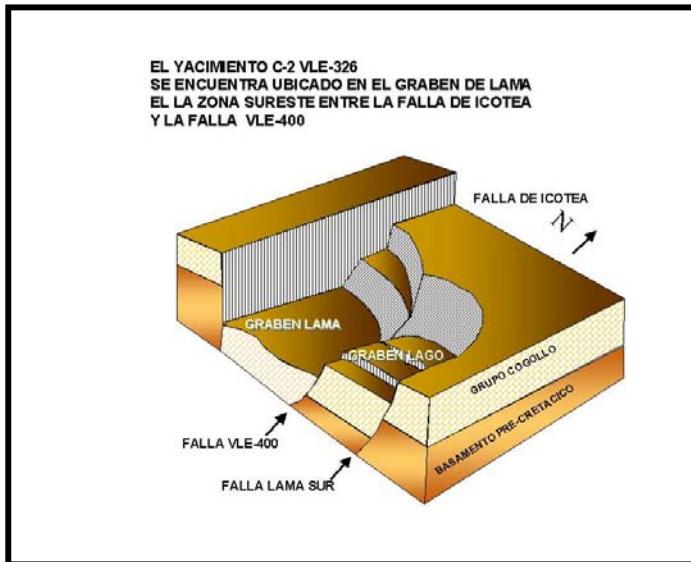


Figura N°37. Marco tectónico 3D del yacimiento C-2/VLE-326/455 (Tomado de PDVSA, PIA 2002).

Los semigrábens, denominados Lama y Lago, son depresiones asimétricas, profundas (hasta 1.200 m) alineadas en sentido paralelo a la falla de Icotea y limitadas por esta al Oeste y por una envolvente de fallas normales (fallas VLE-400 y Lama Sur) al Norte y Este (Figura N°37). Hacia el Sur, las envolventes se prolongan hacia Bloque V hasta perder expresión (Figura N°38) y hacia el Este se conectan con la estructura de Centro Lago en Bloque V Centro.

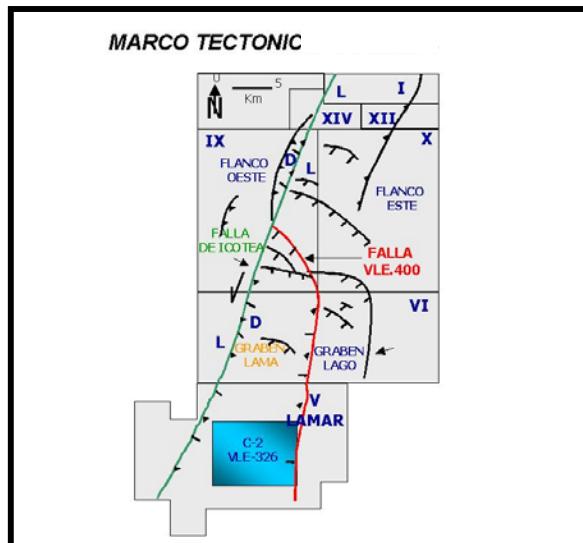


Figura N°38. Mapa del marco tectónico del yacimiento C-2 VLE-326/455, donde se observan los principales rasgos estructurales de la zona (Tomado de PDVSA, PIA 2002).

Los estudios previos realizados en el yacimiento que han elaborado modelos estructurales del área VLE-326/455, han sido el de INTERA en 1994 y el de INTEVEP en el 2001. A continuación se presentan estos dos modelos estructurales.

3.3.1 INTERA (1994):

En su estudio INTERA destaca, que el área VLE-326/455 se encuentra ubicada en el flanco SW de un amplio anticlinal, el cual se encuentra truncado por dos sistemas de fallas de desgarre (rumbo deslizantes) con orientación N-S, este sistema de fallas lo constituyen la falla de Icotea ubicada en el flanco oeste y el sistema de fallas VLE-400, localizado hacia el este del área; ambos sistemas de fallas poseen saltos verticales considerables.

Estas estructuras son claramente variables para el tope del Eoceno, generando los límites este y oeste de las áreas VLE-305, VLE-326/455, VLE-196/460. Dentro del área VLE-326/455 también puede distinguirse otro sistema de fallas que corta el tope del Eoceno con una dirección aproximada NW-SE.

La estructura principal de esta área la constituye el sistema de fallas VLE-400, la cual es fácilmente identificable a lo largo del margen este del área. Este sistema provoca desplazamientos del basamento, generando desplazamientos verticales de alta magnitud, lo que afecta la secuencia sedimentaria suprayacente; el patrón de fallamiento es normal, con ángulo de buzamiento alto y una dirección de inclinación al oeste (Figuras N°39 y 40), y en algunos casos puede producir movimientos inversos (Figura N°40).

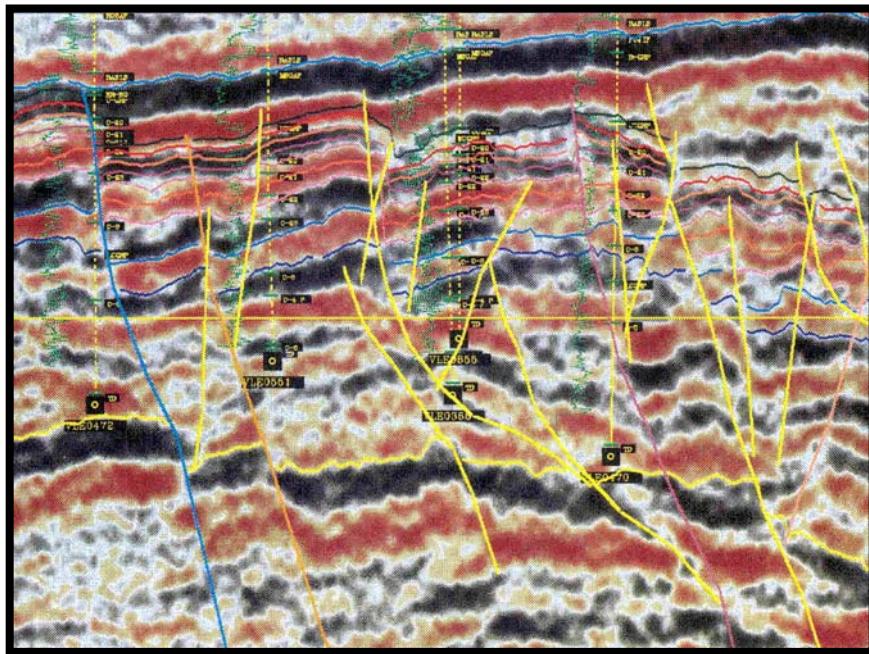


Figura N°39. Sección sísmica N-S, In-line 305 realizada por INTERA (1994) en la zona central del área, donde se observa el patrón de fallamiento normal, con ángulo de buzamiento alto y una dirección de inclinación al este. Esta sección pasa por los pozos VLE-0472, VLE-0551, VLE-0386 y VLE-470 (Tomado de INTERA 1994).

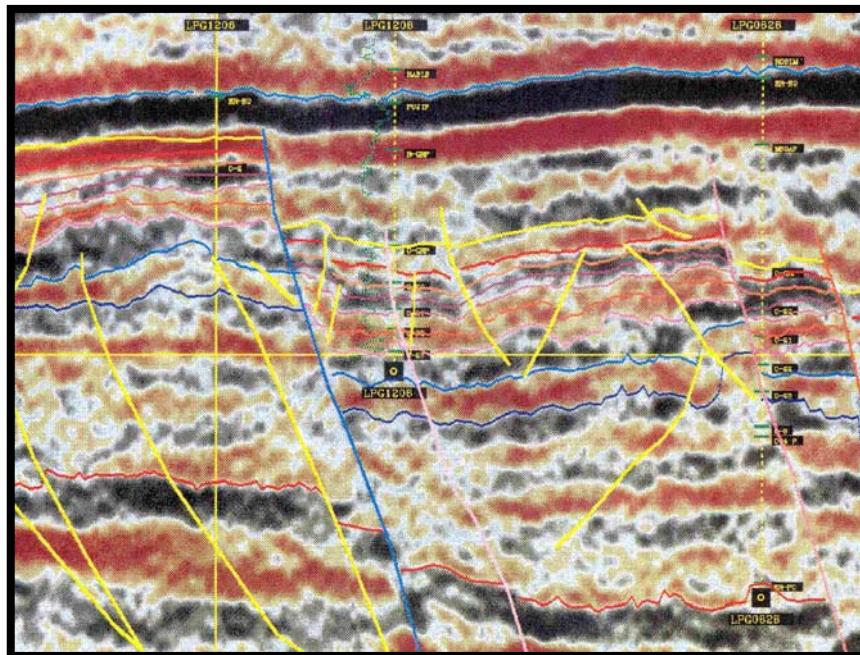


Figura N°40. Sección sísmica N-S, In-line 175 realizada por INTERA (1994) en la zona occidental del área, donde se observa el patrón predominante de fallamiento normal, con ángulo de buzamiento alto y una dirección de inclinación al este, de igual forma se observa un patrón secundario de fallamiento con ángulo de buzamiento alto y una dirección de inclinación al oeste. Al este de la sección se observan una falla de componente inversa. Esta sección pasa por los pozos LPG-1206, LPG-1208 y LPG-0828 (Tomado de INTERA 1994).

Dentro del área VLE-326/455 pueden ser identificadas dos tendencias estructurales importantes:

1. Una tendencia de fallas pobemente definidas de rumbo N-S ubicadas a lo largo del margen este del área, asociado con el fallamiento mayor VLE-400 con inclinación al oeste, en este lugar se esperaría hallar, por la forma sinuosa de la traza, zonas de compresión y extensión. Consecuentemente estas fallas con orientación N-S en la vecindad de VLE-400 mostrarían una mezcla tanto de fallas normales con fallas inversas, esto genera una zona compleja, la cual consiste de porciones levantadas y deprimidas representadas en el alto estructural del área VLE-455 (Figura N°41) y en el bajo elongado de direcciones N-S adyacentes a la falla VLE-400.
 2. Dentro del cuerpo principal del VLE-326/455, la tendencia estructural principal consiste de una serie de fallas de rumbo aproximado NW-SE, paralelas y discontinuas. La mayoría de las fallas mas significativas parecen ser normales con inclinación al noreste. Muchas de estas poseen ángulos altos con desplazamientos variables a lo largo de su longitud, sugiriendo un estilo relacionado con fallas transcurrentes y la generación de cuencas *pull-apart*.

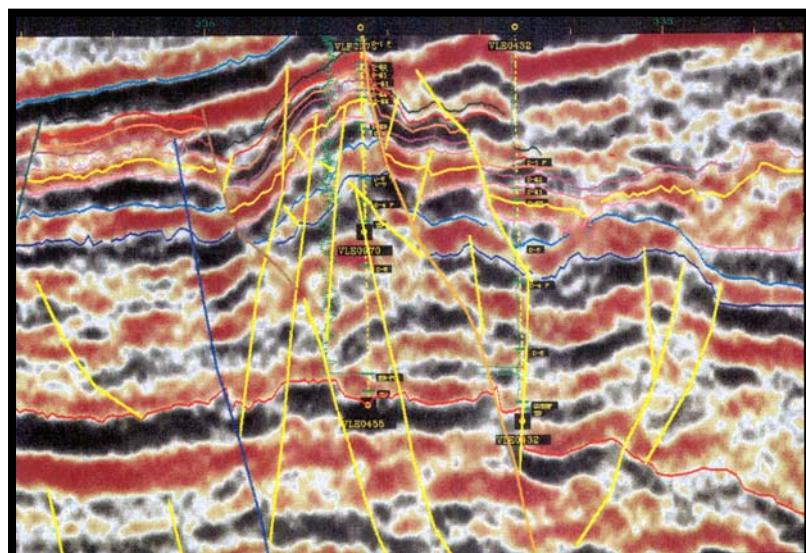


Figura N°41. Sección sísmica N-S, traza 338 realizada por INTERA (1994), en la zona oriental del área, donde se observa el alto estructural que define el área este del yacimiento (Tomado de INTERA 1994).

3.3.2 INTEVEP (2001): LINARES *et al.*, 2001

Construyen un modelo estructural del yacimiento C2/VLE-326/455 a partir de la interpretación sísmica de un levantamiento 3D, del Bloque V, con una área aproximada de 15 Km (E-W) y 12 Km (N-S).

La interpretación arroja como resultado que el yacimiento C2/VLE-326/455 está contenido dentro de un antiforme fallado por dos sistemas sinuosos de rumbo N-NW/S-SE. La falla de Icotea al este y otro sistema de fallas asociado a éste. Concretamente, el área VLE-326/455 se encuentra limitada al suroeste por una falla principal con orientación NW-SE y al este por el sistema de fallas de características similares a la falla de Icotea, mientras que sus límites norte no se encuentran bien definidos.

El sistema de fallas que definen el límite este del campo es la estructura principal, la cual parece haber controlado la deposición de los sedimentos durante el Eoceno. Esta estructura involucra desplazamientos a nivel del basamento que a su vez genera desplazamientos aparente de los intervalos sedimentarios suprayacentes a esta, con una componente normal de alto ángulo hacia el oeste (Figura N°42), esta aparente componente normal se encuentra asociada a una mayor preservación de sedimento en la secuencia de la Formación Misoa en el lado oeste de la falla de Icotea (Figura N°43). Al norte del área esta relación se hace más dramática, con inversión del buzamiento principal de Icotea hacia el este y con relación inversa aparente.

Esta complejidad del sistema de fallas de Icotea se debe a sus reactivaciones durante el emplazamiento de las “Napas” Caribe en el Eoceno y posteriormente durante el levantamiento andino.

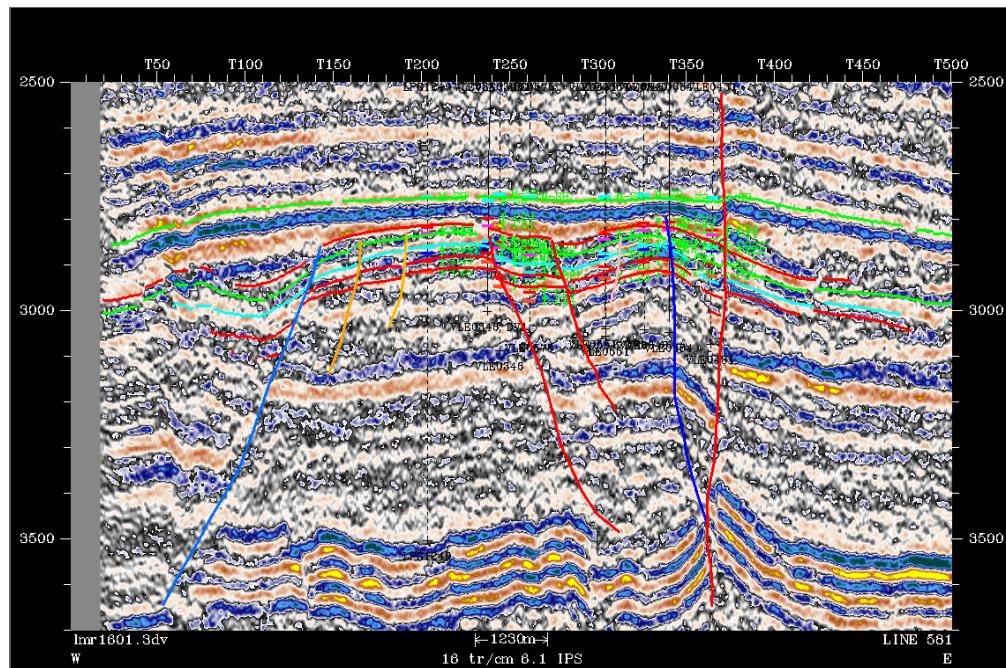


Figura N°42. Sección sísmica W-E, traza 581 realizada por INTEVEP (2001), se observa el patrón de fallamiento, con fallas en su mayoría normales y algunas inversas, que muestran ángulos de buzamiento alto e incluso vertical. Los planos de falla buzan en sentido este y oeste mostrando dos tendencias estructurales o patrones de falla (Tomado de INTEVEP: LINARES *et al.* 2001).

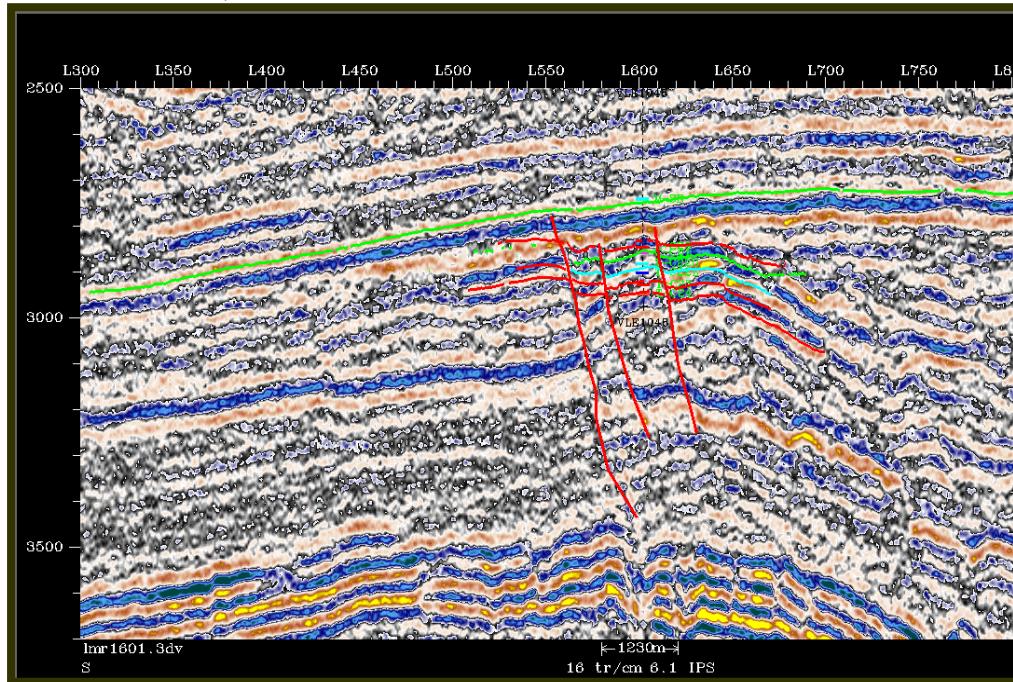


Figura N°43. Sección sísmica N-S, traza 280 realizada por INTEVEP (2001), mostrando el patrón de fallamiento y el incremento del espesor del Eoceno al norte de las fallas que constituyen el límite sur de la zona de estudio (Tomado de INTEVEP LINARES *et al.* 2001).

El mecanismo actual aceptado para esta área (Lugo y Mann. 1992), es el de cizalla sinestral, por lo que las componentes “normales” o “inversas” consisten en desplazamientos relativos y locales de los bloques involucrados, especialmente heredados por las sucesivas reactivaciones a lo largo de una historia y sus dependientes de la orientación del campo de esfuerzo en cada caso. Lo que si parece definitivo es el control que este sistema de fallas ejerció durante la sedimentación de la Formación Misoa en el área. Por otra parte una serie de fallas menores de cizalla de orientación NW-SE que pudieran ser catalogadas como parte del sistema de fallas conjugadas de cizalla y de extensión ubicado al oeste. Finalmente, se puede observar la presencia de una serie de pequeñas fallas de extensión de orientación NE-SW que puede ser consecuencia de reacomodos generados por los desplazamientos de las fallas principales.

3.4 ESTRATIGRAFIA LOCAL.

3.4.1 GENERALIDADES

INTEVEP: Linares *et al* (2001). En el yacimiento C2/VLE-326/455 del campo Lamar la mayoría de los pozos perforados atraviesan, siguiendo un orden de sedimentación, desde los intervalos “C” de la Formación Misoa de edad Eoceno hasta los sedimentos mas recientes de la Formación El Milagro.

INTEVEP: Linares *et al* (2001). Existen algunos pozos en el área que perforaron hasta la Formación Guasare de edad Paleoceno. Sobre esta se sedimentaron en forma discordante las unidades estratigráficas del Miembro “C” y “B” de la Formación Misoa, Luego le sigue en forma discordante los sedimentos de las Formaciones La Rosa, Lagunillas y La Puerta durante el Mioceno. Por último y también en forma discordante la cuenca se termino de llenar de sedimentos de la Formación El Milagro de edad reciente (Figura N°44).



Figura N°44. Columna estratigráfica del área de VLE-326/455 (Tomado y modificado de INTEVEP LINARES *et al.* 2001).

De esta serie de formaciones atravesadas por los pozos del área VLE326/455, la de mayor interés corresponde a la Formación Misoa, por poseer esta los intervalos de arenas más prospectivos en toda la secuencia sedimentaria.

Operacionalmente la formación se encuentra actualmente dividida en dos miembros informales, las arenas "C" y las arenas "B" de más antiguo a más joven respectivamente. El miembro informal "C", se encuentra dividido actualmente en cinco unidades conocidas como C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5 (Figura N°45); a su vez la unidad C-2 se subdivide oficialmente en cuatro unidades de flujo denominadas C-20, C-21, C-22, C-23 (C-23U y C-23L) (Figura N°45) (Pinto, 1991).

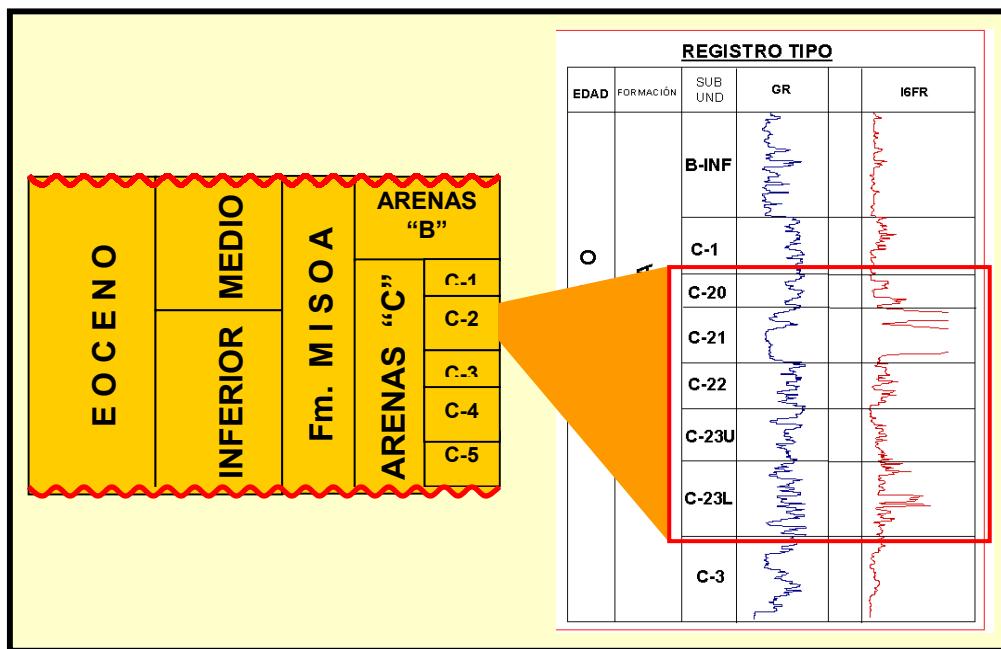


Figura N°45. Unidades de flujo que componen a la sub-unidad C-2, de las arenas C.

Zavala 2002, en base a estudios sedimentológicos y descripción de núcleos, describe los miembros en el área de estudio de tope a base es la siguiente:

UNIDAD B-6/9: En forma general esta unidad tiene un espesor promedio de 200', constituida por desarrollos de areniscas apilados con delgadas intercalaciones de lutitas (fácies H y L) (heterolítica y lutítica) de 5 pies de espesor, que sirven de restricción vertical, pero no en sentido horizontal. Estos compartimientos naturales, permiten la existencia de pequeñas acumulaciones de petróleo al tope que contrastan con el drenaje marcado en la casi totalidad de la unidad.

UNIDAD C-1: En forma general esta unidad tiene un espesor promedio de 120', constituida por fácies H y L (heterolítica y lutítica), pero en algunos pozos se ha observado un desarrollo de areniscas intercaladas hacia la base o parte media de la unidad con buena extensión lateral, que presentan prospectividad. Este desarrollo se presenta en intervalos (10 a 50 pies) de espesor, de grano fino a medio (fácies S1 y S11) (areniscas de grano medio a fino) sobre todo hacia el Noreste. Esta unidad corresponde a depósitos de bahía interdistributaria, con pequeños aportes de arenas

provenientes de desbordamiento de canales y la formación de abanicos de rotura, con influencia marina. Esta influencia marina se observa en el depósito de facies lutíticas hacia la base, la cual sirve como sello vertical a la acumulación en C-2.

UNIDAD C-2: Esta unidad en el área VLE-326/455, ha sido dividida en cuatro subunidades de flujo las cuales son:

UNIDAD C-20: Representa una sección de unos 100' pies de espesor promedio observándose un espesor de 164 pies hacia el pozo VLE0684ST (Sureste de la localización); presenta paquetes de areniscas limpias y prospectivas entre los 10 y 70 pies de espesor (facies S1 y S11) (areniscas de grano medio a fino), granodecreciente hacia el tope. Estas areniscas se encuentran separadas por lutitas (facies L) (facies arcillosa o lutítica). La subunidad C-20 se interpreta como depósitos de relleno de canales distributarios superpuestos, separados por delgadas capas de lutitas que se hacen mayor en dirección del pozo VLE-0967.

Unidad C-21: Presenta un espesor promedio de 120 pies con buen desarrollo de areniscas hacia la base, observándose mayor espesor (170 pies) hacia el Sureste y está compuesta por secuencias de areniscas (fácies S3 y S11 principalmente)(areniscas de grano medio a grueso y de medio a fino respectivamente), granodecreciente hacia el tope, que se repiten verticalmente, y solo presenta fácies arcillosa hacia la parte media-base de la subunidad en el pozo VLE-0976, al Sur y en los pozos VLE-967 y VLE-1133. De acuerdo con las características de esta subunidad, se interpreta como depósitos de relleno de canales distributarios principales con tendencia generalizada de sedimentación Noreste-Suroeste. Se puede apreciar cierto drenaje a la base de esta unidad en el pozo VLE-0976 (Noviembre-1989), por lo cual se ha interpretado, que este pozo se encuentra en otro canal distributivo a los pozos VLE-1281 (Enero-1998) y VLE-1296 (Abril-1998), que no observan agua intercalada en ninguna de sus areniscas.

UNIDAD C-22: En esta unidad se encuentran espesores entre los 80 y 140 pies representada por una asociación de fácies lutíticas, heterolíticas (fácies H y L) hacia el tope y base, en toda el área, también presenta areniscas de grano medio a fino en menor porcentaje, y desarrollos locales muy delgados (5 pies) de areniscas de grano medio a grueso, que en algunos casos presentan afinamiento hacia el tope. Hacia las inmediaciones del pozo VLE-0559, se destaca un desarrollo de areniscas de 189 pies de espesor, prospectivas con mejores características petrofísicas, asociadas a un canal distributario que corta el sistema de depósitos de bahía interdistributaria a la cual se le asocia las fácies heterolíticas y arcillosas, es decir áreas de baja energía.

UNIDAD C-23: En esta unidad, se presentan espesores de 300 pies, en promedio. En esta unidad se observan espesores de areniscas en el orden de los 60 pies, con intercalaciones de lutitas entre estos cuerpos. Los mejores desarrollos de areniscas se observan en la parte media a la base de la unidad, a excepción del pozo VLE-0684ST, el cual muestra mejor desarrollo hacia el tope. Hacia el área del pozo VLE-1133 los espesores en las areniscas disminuyen, haciéndose más lenticular la unidad y observándose mayor desarrollo lutítico, pero sólo al tope. Por lo observado en el pozo VLE-1133, se encuentra un cierto drenaje preferencial en la base y parte media de C-23, atribuible al cañoneo del pozo VLE-0599. Esta unidad, en general, es interpretada como fácies de canales distributarios, especialmente los cuerpos de areniscas de mayor espesor hacia el Sureste, área del pozo VLE-0684ST.

UNIDAD C-3: Presenta un espesor promedio de 134 pies de Norte a Sur, donde se observa alternancia de cuerpos de areniscas de espesores entre 30 y 60 pies, asociados a canales distributario, junto a lutitas y limolítas bastante delgadas pertenecientes a fácies de llanuras de inundación, bordes de canal, abanicos de rotura y canales abandonados.

Las areniscas asociadas a canales, poseen buena continuidad lateral observada en todos los pozos de la sección estructural en dirección Noroeste-Sureste, con llenado

de petróleo, tanto buzamiento abajo como arriba en la estructura, pero que también presentan los efectos del drenaje diferencial de los pozos vecinos. Según el pozo VLE-1133, pozo de referencia para esta localización, tiene buena prospectividad de la base a la parte media, pero que presenta un drenaje preferencial al tope de la unidad, producto del cañoneo del VLE-0599.

UNIDAD C-4: Es una sección básicamente arenosa, con numerosas intercalaciones de lutitas delgadas (área del VLE-1133) y que tienden a hacerse menores a la base de la unidad, (área del VLE1281) en donde las areniscas son de mayor calidad. La continuidad lateral de las areniscas es errática, pero que pueden tener cierta conexión hidráulica entre ellas, (factor estratigráfico-sedimentológico) previsto por la distribución de los fluidos de los pozos vecinos y que también pueden estar influenciada por la posición estructural en la que se encuentra cada uno de los pozos. En cuanto a espesores la unidad presenta en promedio 240 pies. En general la relación areniscas vs. lutitas es de 70/30, con espesores de areniscas de 10 a 40 pies, las cuales tienen prospectividad en el pozo VLE-1133, no drenadas efectivamente por la mala cementación primaria.

UNIDAD C-5: Este yacimiento se caracteriza por presentar paquetes de areniscas hacia el tope en el orden de los 20 a los 80 pies de espesor junto a delgadas intercalaciones de lutitas. Los cuerpos de areniscas muestran buena continuidad lateral, entre los pozos VLE-0599, VLE-1133 y VLE-976. En el pozo VLE-1133, pozo referencial, esta arenisca fue cañoneada al tope, donde se observa buena resistividad lo cual indica presencia de petróleo. En cuanto al drenaje se evidencia que este ha sido homogéneo, el contacto agua-petróleo actual, según el pozo VLE-1133 (Octubre-1994) se encuentra a la profundidad de 13212 pies TVDSS, a 84 pies por encima del observado en el pozo VLE-599 (Abril-1971) (13296 pies TVDSS). Esta unidad se penetrará solo 100 pies de manera de asegurar registrar toda la unidad de C-4.

Actualmente, en el reciente modelo geológico del Bloque V Lamar, y siendo consistentes con la estratigrafía de los Bloques V Centro y VI Lamar, la Formación Misoa sigue estando dividida en dos miembros informales, las arenas “C” y las arenas “B” de más antiguo a más joven respectivamente. El miembro “C”, ha sido dividido en siete unidades conocidas como C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6/7 (Figura N°46) a su vez estas han sido divididas en unidades de flujo de la siguiente manera: C-2-5 ha sido dividida en 10 unidades de flujo, C-2 y C-2-4 en cinco unidades de flujo cada una, C-3 en 7 unidades de flujo, y C-6/7 en 4 unidades de flujo. En la figura N°46 se muestra esta subdivisión propuesta por IRT para el miembro informal “C” y se compara con la división oficial realizada por PDVSA.

IRT	PDVSA (OFM)
C-1	C-1
C-2-5 (TOP C-2)	TOP C-2
C-2-4	
C-2-3	
C-2-2	
C-2-1	
C-3-7 (TOPE C-3)	
C-3-6	
C-3-5	
C-3-4	TOP C-3
C-3-3	
C-3-2	
C-3-1	
C-4-4 (TOP C-4)	TOP C-4
C-4-3	
C-4-2	
C-4-1	
C-5-10 (TOP C-5)	TOP C-5
C-5-9	
C-5-8	
C-5-7	
C-5-6	
C-5-5	
C-5-4	
C-5-3	
C-5-2	
C-5-1	
C-6/7-4 (TOP C-6/7)	
C-6/7-3	
C-6/7-2	
C-6/7-1	

Figura N°46. Comparación entre las sub-unidades definidas por PDVSA y las definidas por IRT, para el Bloque V Lamar, Miembro Informal C. (Tomado de PDVSA/IRT 2002).

3.4.2 FACIES SEDIMENTARIAS:

El área VLE-326/455 esta definida por nueve (9) facies clasticas descritas por Arostegui y Machillanda (1999) en su modelo sedimentològico basadas en la descripción de nùcleos de los pozos VLE-0754 y VLE-0723 correspondientes al área VLE-326 y los pozos VLE-0720 y VLE-0339 correspondientes al área VLE-305, así como de numerosas muestras de canal, tales facies son designadas como:

- **S3:** areniscas de grano medio a grueso
- **S1:** areniscas de grano medio a fino laminadas
- **S11:** areniscas de grano medio a fino
- **S2:** areniscas de grano fino a muy fino intercaladas con laminas de arcilla
- **S2B:** areniscas de grano fino a muy fino intercaladas con laminas de arcilla, bioturbadas
- **ST :** limosa
- **H:** heterolítica (intercalación de areniscas de grano fino a muy fino con limolita o lutitas)
- **HB:** heterolítica bioturbada, y
- **L:** arcillosa o lutítica.

De igual forma en base a estudios petrográficos, diagenéticos, difracción de rayos X y microscopía electrónica Arostegui y Machillanda (1999) clasifican las arenas de del yacimiento C-2/VLE-326/455 como sublitenitas (facies S11, S2, S3), subarcosas (S3, S11) y limolita (facies H) para el pozo VLE-754; y como sublitenita (facies S2, S11, S3), subarcosa (facies S3) y cuarzo arenita (facies H), para el pozo VLE-723; e infieren un complejo de fuentes de proveniencias: sedimentarias, metamórficas de bajo grado, volcánicas, ígneas (granitos), y metamórficas (gneiss).

Arostegui y Machillanda (1999) proponen que la secuencia de rocas que componen a la unidad C-2 pertenece a las etapas someras e intermedia de diagénesis. La diagénesis comprende los procesos de compactación, cementación, disolución, reemplazo, alteración, recristalización y presión-solución.

3.4.3 AMBIENTES DE SEDIMENTACION:

La unidad C-2 fue depositada durante un importante ciclo transgresivo que se acentúa hacia el tope de la secuencia con el depósito de las lutitas de C-1, dentro de este gran ciclo transgresivo se presentaron diferentes pulsos progradantes, uno de estos pulsos está asociado con el depósito de las areniscas de C-2. Estas arenas fueron depositadas en un ambiente de sedimentación fluvio-deltílico (complejo de canales), con tendencia transgresiva donde tuvo lugar algunos pulsos progradantes que presentan mejores desarrollos de arenas hacia las unidades estratigráficas C-21 y C-20. Aunque la unidad estratigráfica C-21 representaría el máximo de este pulso progradante (Flores *et al.*, 1991).

En la figura N°47 se muestra de manera esquemática el modelo que predominó en el depósito de la Formación Misoa, y de las arenas C-2 durante el Eoceno Inferior a Medio.

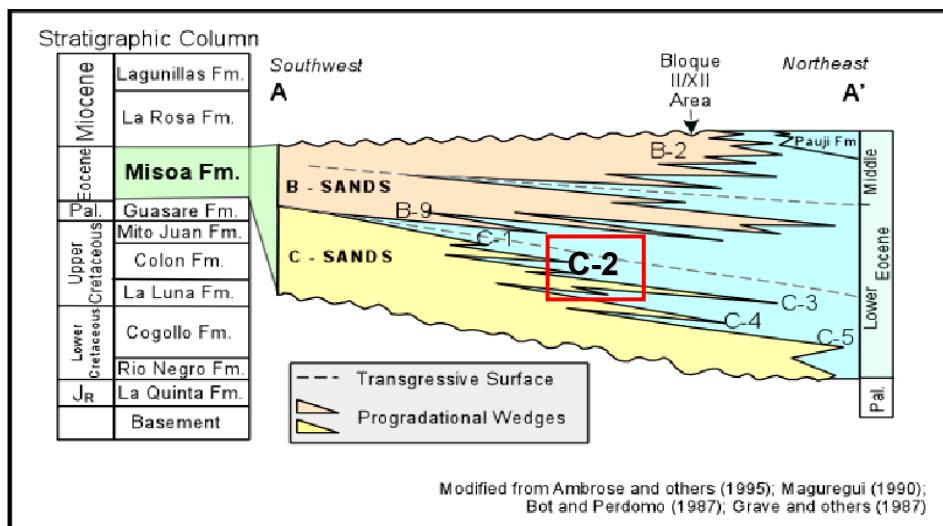


Figura N°47. Modelo esquemático de la deposición de la Formación Misoa, especialmente las arenas C-2 (Tomado de PDVSA, PIA 2002).

Mientras que en la figura N°48, se muestra de manera mas específica el ambiente bajo el cual sedimentaron las areniscas del yacimiento C-2, un gran delta con dirección de sedimentación SW-NE.

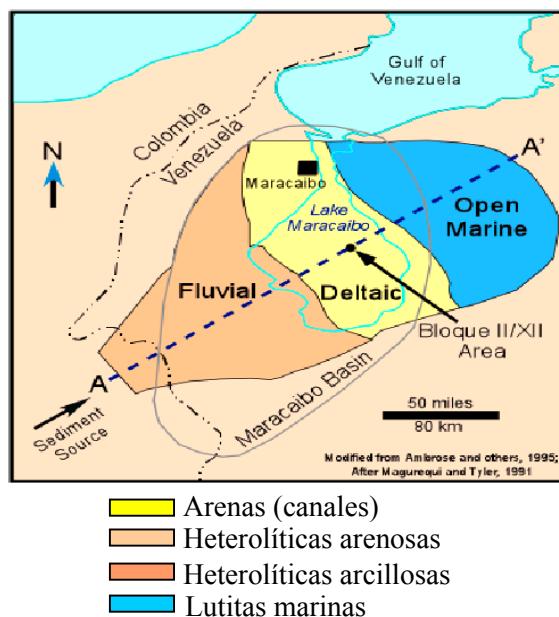


Figura 48. Modelo depositacional asociado a C-2 (Tomado de PDVSA, PIA 2002).

En la actualidad este ambiente es comparable al modelo de deposición del Delta del Mississippi como se muestra en la figura N°49. Siendo las facies mas características, los canales distributarios, barras de meandros, barras de desembocadura, abanicos de rotura y llanura deltática (Rull, V, 1992).

PDVSA/PIA (2002) Las arenas C-23U y C23L representan la base de esa transgresión que se caracterizan por ser muy lutíticas a pesar de mostrar desarrollos de areniscas, estas dos unidades en general son las mas heterogéneas estratigráficamente, de igual manera se observa mayor presencia de barras de desembocadura, (fácie lutíticas y en menor presencia fácie arenosas).



Figura N°49. Delta del Mississippi, análogo moderno al modelo depositacional de las areniscas C-2 (Tomado de (Rull, 1992)).

3.4.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROFACIES PRESENTES EN EL YACIMIENTO.

PDVSA/PIA (2002): Define en base al estudio y descripción de los núcleos en los pozos VLE0326 y VLE0754 las electrofácties presentes en el yacimiento C-2/VLE326/455, calibrando la granulometría en función de la respuesta de las curvas básicas de gamma ray (GR) y resistividad, de la siguiente manera:

Canales distributarios: Se caracterizan por una respuesta tipo cilindro en los perfiles de los pozos como lo son GR y SP, respecto a su granulometría se caracterizan por presentar granos de arena de tamaño fino a medio masivas muy limpias a lo largo del espesor interpretado, buen escogimiento, buenas propiedades petrofísicas, con algunas laminaciones de arcilla hacia la base y tope del estrato, excelente roca yacimiento (ver figura N°50).

Barras de Desembocadura: Están caracterizadas por una respuesta en el perfil eléctrico tipo campana invertida, presenta tamaño de grano fino a muy fino, buen escogimiento, granocreciente hacia el tope, encontrándose las mejores propiedades petrofísicas hacia el tope del estrato, friable, heterolítica hacia la base, con presencia de bioturbaciones (ver figura N°50).

Llanura deltaica: Se caracteriza principalmente por la presencia de lutitas y arcilla, muy heterolítica, con alta presencia de bioturbaciones, mal escogimiento, en los perfiles eléctricos se observa una respuesta muy irregular, con muy pobres propiedades petrofísicas (ver figura N°50).

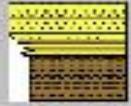
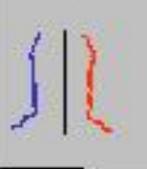
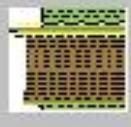
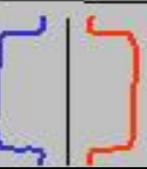
UNIDADES STRATIGRÁFICAS	PERFILES DE RESIST. GR. REET	LITOLOGIA
BARRAS DE DESEMBOCADURA		
LLANURAS DELTAICA		
CANALES DISTRIBUTARIOS		

Figura N°50. Fácies presentes en el yacimiento C-2/VLE-326/455 (Tomado de archivo de PDVSA 2002).

3.4.5 ANALISIS SECUENCIAL:

El marco estratigráfico establecido por PDVSA/IRT en el 2002 para el Bloque V Lamar, esta basado en los principios de la estratigrafía secuencial. Esta involucra el

reconocimiento y correlación de cinco secuencias estratigráficas, temporalmente relacionadas y definidas por seis límites de secuencias de extensión regional. Estas secuencias están definidas por secuencias de segundo y tercer orden. Los nombres estratigráficos, edades absolutas y ordenes de los límites de secuencias, se listan a continuación:

- Tope de la Formación Misoa (SB 25; límite de secuencia de segundo orden)
- Base B (SB 44; límite de secuencia de segundo orden)
- C-2-3 (SB 47,5; límite de secuencia de tercer orden)
- C-4-3 (SB 49,5; límite de secuencia de tercer orden)
- C-5-5 (SB 51,5 límite de secuencia de tercer orden)
- Tope de la Formación Guasare (SB 54; límite de secuencia de segundo orden).

Estas superficies son reconocibles en sísmica y correlacionables en todos los pozos del Bloque V Lamar (Figura N°51). El tope de la Formación Misoa, Base B y Guasare son límites de secuencia de segundo orden, mientras que C-2-3, C-4-3 y C-5-5 se definen como límites de secuencia de tercer orden. Teóricamente cada una de estas secuencias están definidas por dos límites de secuencia y una superficie de inundación, las cuales constituyen superficies estratigráficas claves en el análisis secuencial de la zona.

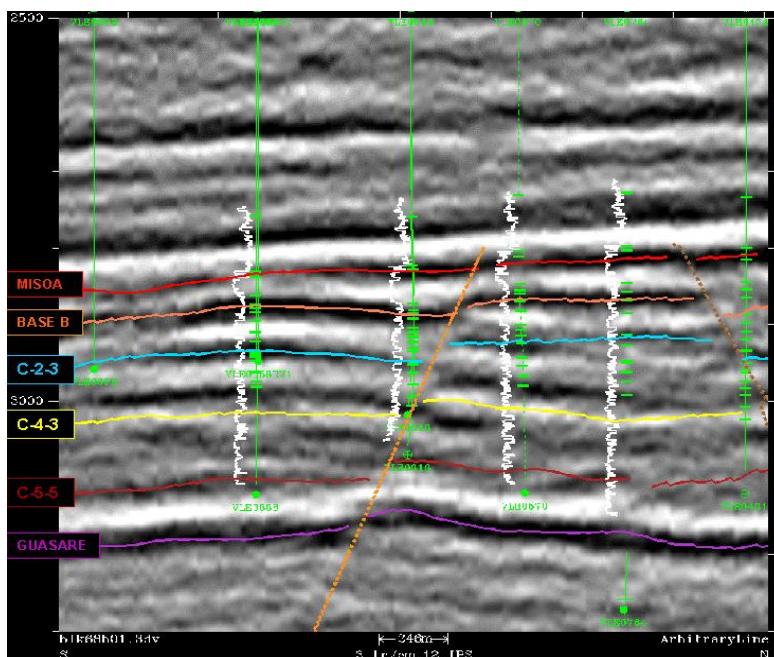


Figura N°51. Limites de secuencias (marcadores regionales) establecidos por PDVSA/IRT para el Bloque V Lamar, Bloque V Centro, CSLA y Bloque V Lamar.

Edades absolutas han sido asignadas a estas superficies; sin embargo no se han establecido con precisión. En el estudio regional realizado por el grupo Estéx (1997), evaluaron la estratigrafía secuencial de la Formación Misoa en la Cuenca de Maracaibo, determinando las edades para cuatro de estas superficies (Tope de Misoa, Base B, C-5-5 y Guasare). Las edades asignadas a las superficies C2-3 y C-4-3, son arbitrarias. Estas no se basaron en análisis paleontológicos ni radimétricos.

Estos seis (6) límites de secuencia interpretados para la Formación Misoa son aceptados por PDVSA, para el Bloque V Lamar, Bloque V Centro, CSLA y Bloque V Lamar.

CAPITULO IV
MARCO METODOLOGICO

4. METODOLOGIA

Para el desarrollo de este estudio se tomo como referencia algunos aspectos utilizados por PDVSA EPYM en los procedimientos operativos para la elaboración de modelos estratigráficos y estructurales. La metodología empleada para la elaboración de este estudio esta estructurada de la siguiente manera:

4.1 RECOPILACION DE LA DATA:

Esta primera fase corresponde a la recopilación, inventario y delimitación de información existente y disponible del yacimiento, necesaria para la elaboración del estudio, herramientas, y equipos a utilizar durante el desarrollo del mismo.

4.1.1 REVISION Y RECOPILACION BIBLIOGRAFICA:

Esta se realiza con el objeto de tener un conocimiento previo de las características del yacimiento tanto geológicamente como de sus fluidos, así como de clasificar la información a utilizar durante el desarrollo del proyecto. La búsqueda de la información bibliográfica referente al yacimiento en estudio (C-2/VLE-326/455) se realiza a través de RIPPET, el cual es un sistema automatizado de búsqueda de información de PDVSA. El resto de la información (data geológica y sísmica) se encontró en la base de datos de OPENWORKS, en los proyectos llamados BLQVGEO y BLOQUE_V_IV, disponibles en la Unidad de trabajo (Lagocinco). La información recolectada se resume en tres tipos:

1. **Estudios existentes:** Se refiere a toda la información bibliográfica disponible en la unidad, tal como: evaluaciones geológicas, informes técnicos, estudios integrados del yacimiento, tesis e informes geológicos de localizaciones, esta se recopiló a través de RIPPET.
2. **Arquitectura del yacimiento:** Es toda la data dura (ASCCI, LASS o cgm) geológica y sísmica, tal como: Topes interpretados, secciones estructurales y estratigráficas existentes, pozos correlacionados, mapas estructurales, mapas de facies, mapas de propiedades petrofísicas (ANP, NET TO GROSS, ANT, etc), e información sísmica. Estas data se recolecto a través de OPENWORKS*.
3. **Petrofísica:** Constituye toda la información referente a los perfiles y registros eléctricos de los pozos a utilizar en el estudio. En esta etapa se realizo un inventario de la data referente a los tipos de curvas que poseen cada pozos, en especial curvas GR y SP, así como el intervalo de profundidad a la cual corresponden (ver Tabla inventario de curvas, Anexo I).

4.1.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS Y EQUIPOS UTILIZADOS:

Las herramientas utilizadas para la elaboración del estudio son:

- **PLATAFORMAS:** Landmark
- **SOFTWARES DE APLICACIÓN:** OpenWorks*, StratWorks*, SeisWorks*, Zmap*.
- **SOFTWARES ESPECIALIZADOS:** Microsoft Word, Excel, Power Point, FotoShop, y Canvas. Todos bajo ambiente UNIX y Windows NT.

En cuanto al equipo utilizado, básicamente consta de computadoras personales (PC) y estaciones de trabajo.

* Marcas Registradas de LandMark

4.2 MARCO ESTRATIGRAFICO

4.2.1 INTRODUCCION:

El estudio del marco estratigráfico del yacimiento C-2/VLE-326/455 es una extensión directa de análisis estratigráficos anteriores realizados por PDVSA/IRT (2002) en las áreas VLE196/460 del Bloque V Lamar. Estos estudios han incluido, reconocimiento y correlación de 5 secuencias estratigráficas temporal y genéticamente relacionadas, y limitadas por 6 límites de secuencias de extensión regional. Estas secuencias están definidas por límite de secuencia de segundo y tercer orden. Los nombres estratigráficos, edades absolutas y ordenes de límites de secuencia se listan a continuación:

- Tope de la Formación Misoa (SB25; límite de secuencia de segundo orden)
- Base B (SB44; límite de secuencia de segundo orden).
- C-2-3 (SB47.5 ; límite de secuencia de tercer orden)
- C-4-3 (SB49.5; límite de secuencia de tercer orden).
- C-5-5 (SB51.5: límite de secuencia de tercer orden).
- Tope de la Formación Guasare (SB54; límite de secuencia de segundo orden).

De estos seis límites de secuencia, solo se utilizan para este estudio el límite C-2-3 correspondiente a uno de los marcadores estratigráficos regionales establecidos para el yacimiento C-2/VLE-326/455, y los marcadores de la Formación Misoa, Base de B, y tope C-4-3 como controles estratigráficos para la extrapolación de los topes estratigráficos (Picks). Estas superficies son reconocibles con sísmica y correlacionables en todos los pozos del Bloque V Lamar.

Estos seis límites de secuencia regionales interpretados, son aceptados por PDVSA y han sido extendido por IRT, primero al Bloque VI Lamar, Bloque V Centro y ahora al Bloque V Lamar, en las áreas VLE196/460, y actualmente al yacimiento C-2/VLE-326/455 con este estudio (Figura N°52).

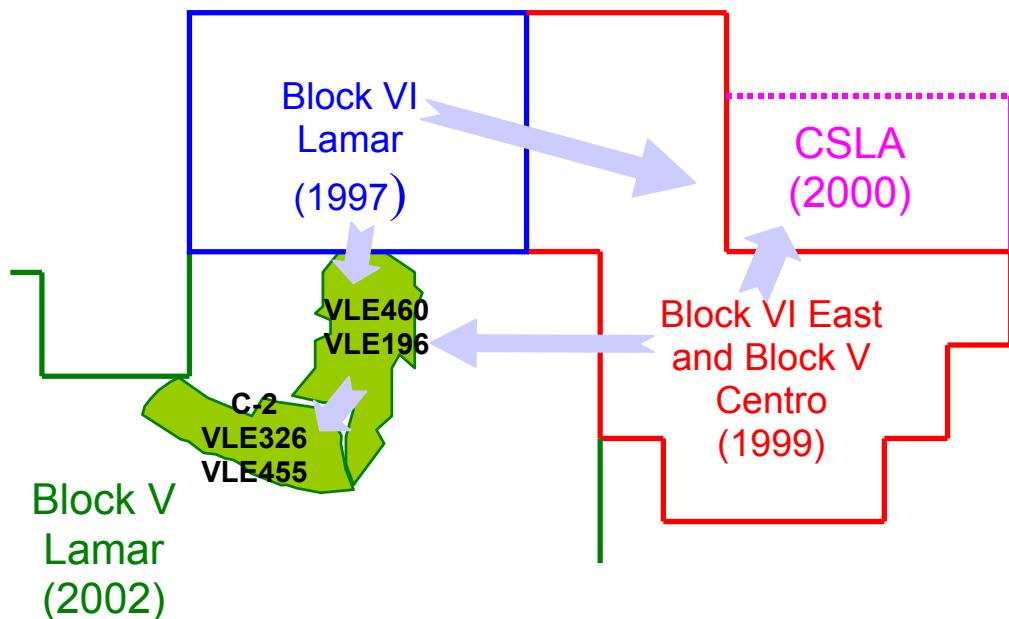


Figura N°52. Ubicación en espacio y tiempo del estudio integrado realizado en los campos pertenecientes a la U.E Lagocinco. Este estudio incluye la interpretación del marco estructural y estratigráfico a nivel de C-2. (Tomado y actualizado de archivo de PDVSA/IRT 2002).

En esta fase se realiza la interpretación, descripción y documentación de la arquitectura interna del yacimiento, se correlacionan y definen los topes estratigráficos (Picks), y unidades de flujo del yacimiento (C-2/VLE-326/455), tomando como base la interpretación estratigráfica de *International Reservoir Technologies* (IRT) en el año 2002 para las áreas vecinas al norte VLE196/460.

4.2.2 MARCO DE TRABAJO:

El estudio estratigráfico del yacimiento C2/VLE326/455, ha sido el resultado de la integración de la data geológica disponible para el yacimiento. Esta data consiste de sísmica 3D, data de presión, perfiles de pozos y estudios previos.

4.2.3 DISEÑO DEL MALLADO:

Tomando como base el mapa estructural oficial del tope C-20 del yacimiento C-2/VLE326/455 a escala 1:20.000, y la dirección y sentido de la sedimentación (obtenida en estudios previos locales y literatura de la geología regional), se diseño un mallado para las secciones estratigráficas (Figura N°53), elaborando un total de catorce secciones estratigráficas que incluyen 101 pozos, de los cuales 82 corresponden al yacimiento en estudio (C-2/VLE326/455), 16 al yacimiento C-2/VLE305 ubicado al sur de este y 3 al yacimiento C2/VLE196/460. La información de estas secciones se presenta en la Tabla N°1.

SECCION	DIRECCION	POZOS QUE LA CONFORMAN
A-A'	SW-NE	VLE0092, VLE0558, VLE0616, VLE0570, VLE0764, VLE0431
A"-A'	NW-SE	VLE0738, VLE0999, VLE0715, VLE1186, VLE1209, VLE0970, VLE1273, VLE0371, VLE0431, VLE1001
B-B'	SW-NE	VLE0720, VLE0472, VLE0653, VLE0640, VLE1281, VLE1133, VLE0599, VLE0779, VLE0371, VLE0095
B"-B'	NW-SE	VLE0968, VLE0432, VLE0091, VLE1425, VLE0962, VLE0095
C-C'	SW-NE	VLE1138, VLE1161, VLE1320, VLE0551, VLE723S, VLE0723, VLE0967, VLE0093, VLE1178, VLE0455, VLE1209, VLE0091
D-D'	SW-NE	VLE0370A, VLE0370, VLE0746, VLE0705, VLE0386, VLE0855, VLE1061, VLE0792, VLE0715, VLE0432, VLE1413, VLE0094
E-E'	SW-NE	VLE0339, VLE0713, VLE0575, VLE0575A, VLE1048, VLE0097, VLE0846, VLE0470, VLE0738, VLE0968, VLE0460, VLE0092
F-F'	SW-NE	VLE1221, VLE0346S, VLE0346, VLE1354, VLE0683, VLE0683ST, VLE0445, VLE0098
G-G'	SW-NE	VLE0334, VLE1286, VLE0717, VLE0383, VLE0685, VLE0754, VLE0360
G"-G"	NW-SE	VLE0360, VL0098, VLE0846, VLE0386, VLE0723, VLE1408, VLE0976, VLE1296, VLE0684, VLE0764, VLE1001
H-H"	SW-NE	LP1211, LPG1229, VLE0836, VLE0740ST, VLE0740, VLE0641
H"-H"	SW-NE	LPG1220, LPG1208, LPG1042, VLE1299, VLE0554, VLE0641
I-I'	NW-SE	LPG0727, LPG1041, LPG1208
J-J'	NW-SE	LPG0828, VLE0641, VLE0538, VLE0685, VLE1356, VLE0683, VLE0326, VLE0746, VLE0653, VLE0691

Tabla N°1. Secciones estratigráficas realizadas para la descripción de la arquitectura y estratigrafía del yacimiento C-2/VLE-326/455. Se muestran el numero de secciones, con su respectiva nomenclatura, la dirección y los pozos que la conforman.

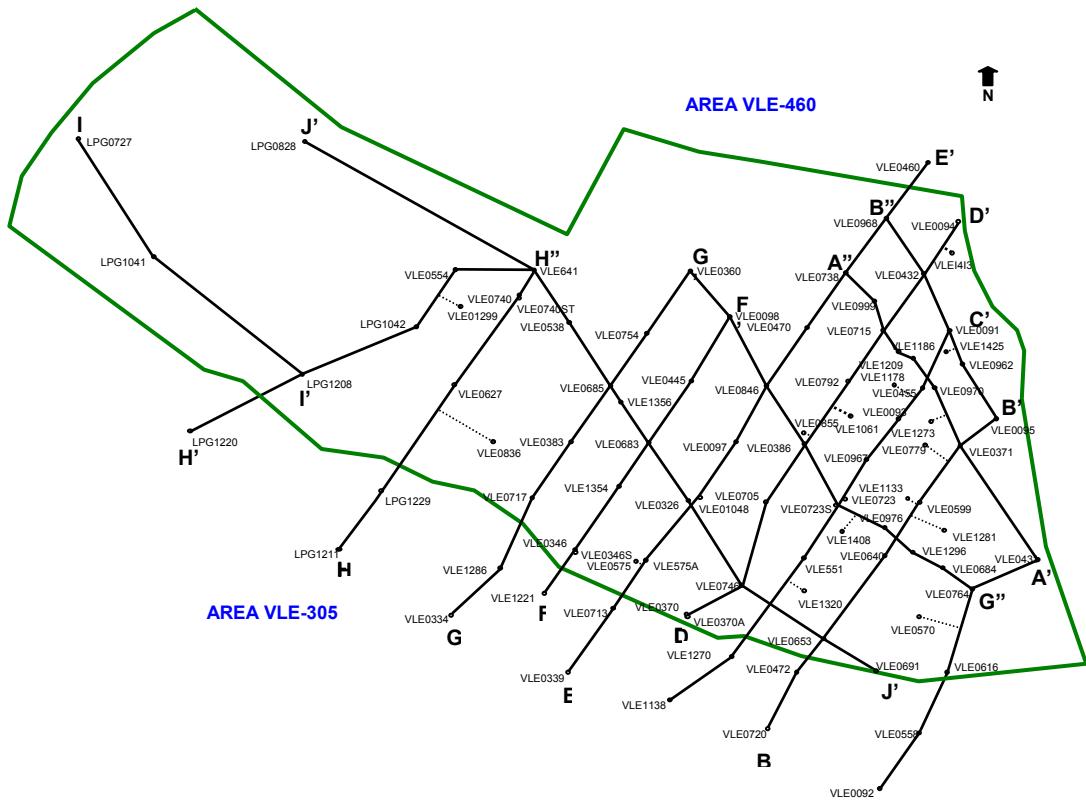


Figura N°53. Mapa base donde se muestran las secciones estratigráficas realizadas para la extrapolación e interpretación de los topes estratigráficos (Picks) en este estudio.

4.2.4 CARGA DE DATOS EN OPENWORKS*:

Establecido el mallado de cada unas de las secciones estratigráficas a realizar, se procedió a crear listas para cada una de las secciones en la base de datos OpenWorks, de la plataforma Landmark, las cuales fueron creadas en el proyecto BLOQUE_V_VI. Estas listas contienen cada uno de los pozos que conforman cada sección estratigráfica, la información de los perfiles de pozos que contienen cada uno de estos, y las curvas utilizadas para la correlación.

* Marcas Registradas de LandMark

4.2.5 DISEÑO DEL “*TEMPLATE*”:

Cargada cada una de las listas en la base de datos del proyecto, se procedió al diseño del “*Template*”, el cual consta de 3 (tres) carriles (“*Tracks*”). El primer carril, ubicado a la izquierda, contiene las curvas correspondientes a Gamma Ray (GR) y/o Potencial Espontaneo (SP) (Figura N°54), un segundo carril ubicado en la zona central contiene las escalas en profundidad, una escala a la izquierda denominada TVDSS (true vertical depth subsea) y una a la derecha denominada MD (measured depth) (Figura N°54), es importante resaltar que cada escala mencionada viene dada en unidades de pies (feet, Ft); y un último carril ubicado a la derecha que corresponde a las curvas de resistividad (LLD: Deep Laterolog, LLS: Shallow Laterolog, RD: Deep Resistivity y RS: Shallow Resistivity), según sea el caso (Figura N°54).

Este “*Template*” fue diseñado bajo el nombre Multipozos1. También fueron usados en algunos casos con el objeto de mejorar la resolución de las curvas, otros “*templates*” previamente diseñados, como lo son el Multipozos2, Multipozos3, MultipozosSP, MultipozosSP2 y Multiwell.

Las curvas se muestran en el intervalo de profundidad entre 11.000’ y 14.000’, a manera de visualizar solo la unidad de interés (C-2) y se representan a escala 83.33, estas escala viene dada en pies. (el diseño del “*template*” y la escala, se realizó siguiendo el mismo esquema de trabajo de los geólogos y petrofísicos de la unidad).

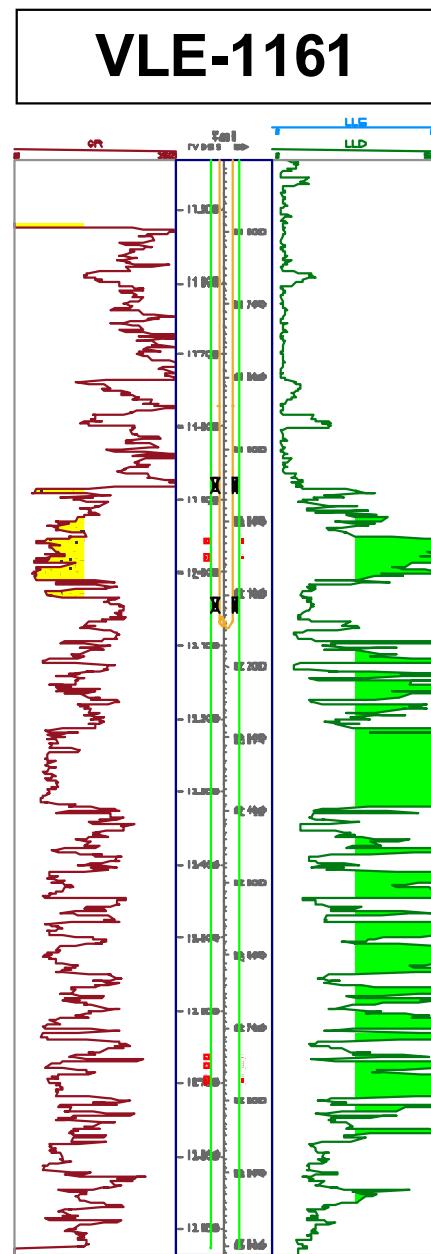


Figura N°54. “Template” utilizado para la realización de las secciones estratigráficas, denominado Multipozos1. Se muestran los tres carriles que lo componen con sus respectivas curvas.

4.2.6 DESVIACIONES:

Otro elemento de importancia para la correlación, es la información referente a la desviación que presentan los pozos en su trayectoria, ya que esta refleja los cambios de dirección y buzamiento que tiene el pozo en el subsuelo, afectando la ubicación en profundidad verdadera de los topes estratigráficos (picks) a correlacionar en el yacimiento. Para esto se realizó el inventario de los pozos que presentan desviación, el cual se muestra en la tabla de inventario de desviaciones del Anexo II. Estas desviaciones se obtuvieron de los proyectos BLOQ_VGEO y BLOQUE_V_VI, y fueron transferidas en su totalidad al proyecto BLOQUE_V_VI. La figura N°55 muestra el esquema de desviación que presenta cada pozo. Esta información se encuentra cargada en la base de datos *OpenWorks* bajo el modulo *Desviation Data Manager*.

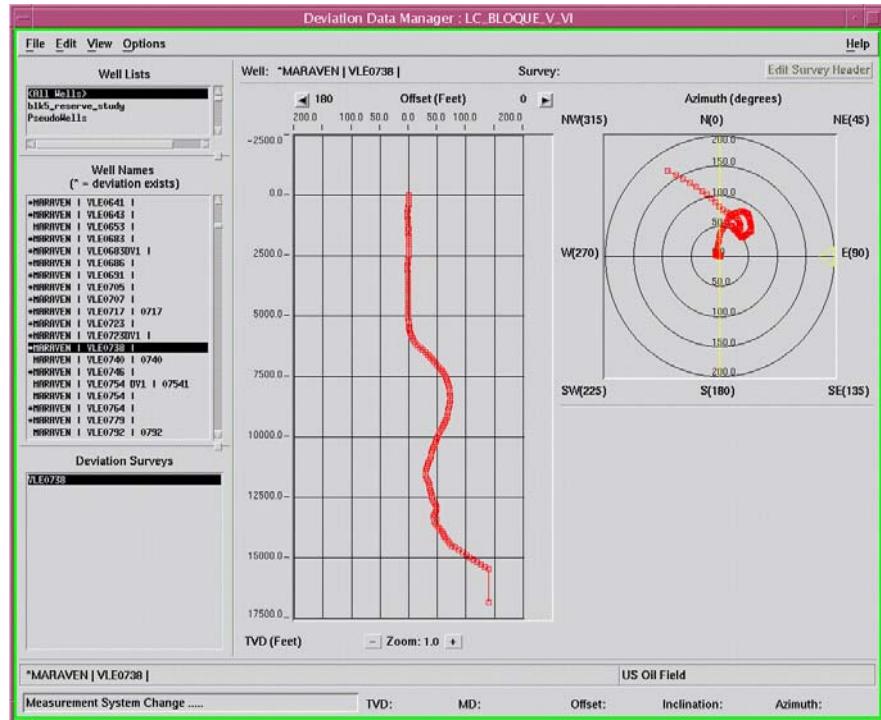


Figura N°55. La información de desviación de pozo se obtuvo de la base de datos OpenWorks, esta la refleja en una ventana como la que se observa, donde se representa la trayectoria del pozo, con sus respectivos datos angulares y coordenadas.(Tomado de Base de datos PDVSA, 2002).

4.2.7 INTERPRETACION ESTRATIGRAFICA:

La interpretación del marco estratigráfico del yacimiento C-2/VLE326/455 esta basada principalmente en extrapolación al yacimiento, de los topes estratigráficos (Picks) definidos para el área VLE196/460 por PDVSA/IRT en el año 2002.

Se tomo como punto de partida para la correlación, 10 pozos en el área VLE-326/455 que incluyen la Unidad “C2”, los cuales fueron correlacionados por IRT siguiendo la línea de interpretación realizada en las áreas VLE196/460. Tales pozos constituyen el amarre para la extrapolación del modelo estratigráfico al resto del yacimiento C-2/VLE-326/455 y parte del yacimiento C-2/VLE305. Estos pozos son el VLE0091, VLE0094, VLE0432, VLE0715, VLE0738, VLE0962, VLE0968, VLE0999, VLE1186 y VLE1209. La Tabla N°2 muestra los datos de los topes para los 10 pozos de amarre con sus respectivas profundidades medidas (MD). Adicionalmente para el control estratigráfico de la interpretación se tomó 1 pozo perteneciente al área vecina VLE460, (pozo VLE-0460).

Los topes estratigráficos (Picks) correlacionados corresponden a los de la Unidad informal C2 de la Formación Misoa de edad Eoceno, estos incluyen los topes de las subunidades: C-2-5, C-2-4, C-2-3, C-2-2, C-2-1, C-2-1a, C-2-1b, C-2-1c y C-3-4 (base de C2). Ver registro tipo propuesto para el yacimiento C-2/VLE-326/455 (Figura N°56).

TOPE/ POZO	C-2-5	C-2-4	C-2-3	C-2-2	C-2-1	C-3-7
VLE0091	12143	12256	FALLADO	FALLADO	FALLADO	12227
VLE0094	12226	12285	12439	12500	12571	12660
VLE0432	12349	12405	FALLADO	FALLADO	12509	12524
VLE0715	12012	12138	12265	12339	12400	12495
VLE0738	12460	12579	12669	12739	12809	12891
VLE0962	12221	FALLADO	FALLADO	FALLADO	FALLADO	FALLADO
VLE0968	12358	12435	12571	12629	12700	12781
VLE0999	12420	12522	FALLADO	FALLADO	FALLADO	FALLADO
VLE1186	12268	12369	12475	12559	12610	12691
VLE1209	11879	11990	12066	12145	12200	12269
VLE0460	12287	12352	12529	12581	12641	12722

Tabla N°2. Datos de profundidad (en MD) de los picks en los 11 pozos usados para el amarre y control estratigráfico de la interpretación. La tabla contiene los datos de las unidades establecidas para C-2.

Para el control estratigráfico se correlacionaron los topes pertenecientes a la Formación La Rosa (ROSAF), el Miembro Santa Bárbara de la Formación La Rosa (SB), Misoa (MISOA SB), la base de la Unidad “B” (BASE B) y el marcador estratigráfico C-4-3, por ser estos excelentes marcadores estratigráficos regionales. La tabla N°3 muestra los datos de los topes para los 10 pozos de amarre y el pozo de control, con sus respectivas profundidades medidas en MD.

TOPE/ POZO	ROSAF	STA. BAR- BARA	MISOA SB	BASE DE B	C-4-3
VLE0091	11090	11415	11450	12065	12620
VLE0094	SIN TOPE	11350	11393	12178	13188
VLE0432	11075	11428	11491	12300	13028
VLE0715	11240	11585	11645	11955	12990
VLE0738	11165	11519	11608	12375	13122
VLE0962	11230	11550	11571	12162	12640
VLE0968	11089	11435	11492	12300	13163
VLE0999	11210	11568	11642	12383	12918
VLE1186	11448	11809	SIN TOPE	12200	SIN TOPE
VLE1209	11198	11534	11600	11842	SIN TOPE
VLE0460	10958	11320	11362	12225	13239

Tabla N°3. Datos de profundidad (en MD) de los picks para los 11 pozos usados para el amarre y control estratigráfico de la interpretación. La tabla contiene los datos de las Formaciones utilizadas.

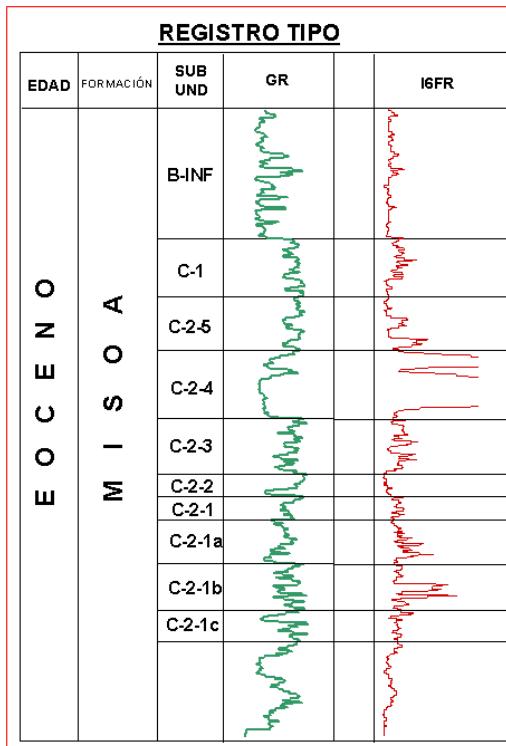


Figura N°56. Registro tipo propuesto para la Unidad C-2 en el área VLE326/455, en el cual se observan las distintas sub-unidades correlacionadas.

4.2.7.1 SECCIONES SISMICAS-ESTRATIGRAFICAS:

Adicionalmente a los 10 pozos de amarre para la correlación, se construyeron 13 secciones sísmicas-estratigráficas (Anexo III). Estas secciones constan de líneas sísmica arbitrarias cuya trayectoria es igual a la de las secciones estratigráficas establecidas en el mallado, en las cuales se encuentran los marcadores regionales a utilizar en la correlación, y los pozos correspondientes a cada sección con sus respectiva curva GR, la cual se encuentra superpuesta en la sísmica a profundidad (recuérdese que la sísmica esta dada en tiempo).

El objetivo de estas secciones sísmicas-estratigráficas es de definir la intersección entre el marcador estratigráfico interpretado en la sísmica y la curva GR del pozo, a fin de obtener la ubicación en profundidad de estos marcadores en el perfil del pozo y

su posición con respecto a las fallas presentes en la zona. Para la elaboración de estas secciones sísmicas-estratigráficas se utilizó la aplicación *SeisWorks* de la plataforma *Landmark*.

4.2.7.2 CRITERIOS DE CORRELACION:

Los criterios generales usados en este estudio para establecer el marco estratigráfico del yacimiento C-2/VLE326/455 y parte del yacimiento C-2/VLE305, son los usados por IRT en estudios previos. Se aplicaron 3 tipos de criterios dependiendo de la complejidad de la correlación, tales criterios son:

CRITERIOS DE PERFILES DE POZOS: Estos criterios son usados con la finalidad de crear consistencias entre las interpretaciones. Muchas superficies muestran características uniformes a lo largo de un área, sin embargo la Unidad C2 de la Formación Misoa es altamente heterogénea y muchas superficies muestran cambios laterales abruptos y/o graduales de sus características. Los criterios de perfiles de pozos utilizados para la correlación son:

- *Contactos abruptos en la base de bloques y/o cuerpos de arena grano decrecientes (fining up)*. Estos son comúnmente considerados en la base de los canales o límites de secuencia.
- *Contactos abruptos en el tope de cuerpos de arena, o topes de areniscas proyectivas con intervalos grano decrecientes (fining up)*. Estos son comúnmente considerados como depósitos de canales. Aquellos con contactos abruptos en la parte superior, pueden haber sido rápidamente abandonados, mientras que aquellos con perfiles grano decreciente (fining up) se presentan migrando lateralmente, gradualmente transgresivos, o depositados bajo condiciones de baja energía.

- *Contactos abruptos en el tope de intervalos arenosos grano crecientes (coarsening up).* Estos son comúnmente considerados en el tope de los eventos progradacionales o parasecuencias, y son comúnmente referidos a superficies de inundación marina.
- *Capas arcillosas “shale beds” caracterizadas por alto gamma ray y baja resistividad.* Estas son comúnmente superficies de máxima inundación o lateralmente capas de arcilla continuas. Las superficies de máxima inundación generalmente ocurren como convergencia de un intervalo caracterizado un incremento hacia el tope del gamma ray y un intervalo superpuesto con decrecimiento hacia el tope del gamma ray. Una superficie de máxima inundación generalmente separa intervalos de sistemas transgresivos de intervalos de sistemas alto nivel “highstand”.
- *Capas arcillosas “shale beds”.* Estas constituyen generalmente extensas y/o locales marcadores entre las capas de areniscas reservorio.

DISTRIBUCION DE LOS FLUIDOS: Debido a la complejidad estructural y estratigráfica del yacimiento de estudio, otro importante criterio utilizado para la correlación de las unidades estratigráfica es la distribución de los fluidos. Esta se basa principalmente en los cuerpos de arenas saturados de petróleo, los drenados parcialmente y lo saturados de agua, así como los contactos agua-petróleo y su distribución en todos los pozos pertenecientes al yacimiento.

PRESIONES ESTATICAS: Otro método utilizado en este estudio para la correlación, fue el de las presiones estáticas. Con cada uno de estos valores, se procedió a verificar los niveles de presión de las sub-unidades C-3-7, C-3-6 y C-3-5, renombradas ahora respectivamente como C-2-1a, C-2-1b y C-2-1c, notándose que presentan los mismos niveles de presión (± 2300 lpc), presenten en el resto de las sub-unidades pertenecientes a C-2 (C-2-5, C-2-4, C-2-3, C-2-2 y C-2-1), cabe destacar

que cada valor de presión esta referida a un nivel vertical de referencia, el cual esta a 12600'. (Anexo N°IV)

4.2.7.3 POZOS CORRELACIONADOS:

Se correlacionaron un total de 83 pozos en el yacimiento C-2/VLE326/455, adicionalmente se correlacionaron un total de 16 pozos correspondientes al yacimiento C-2/VLE305, con el objeto de amarrar la interpretación a este yacimiento. Estos 16 pozos interpretados son respectivamente, LPG1220, LPG1465, LPG1211, LPG1229, VLE1221, VLE0334, VLE1286, VLE0339, VLE0713, VLE1138, VLE1161, VLE0720, VLE0472, VLE0092, VLE0558 y VLE1001. De igual forma se correlacionaron los pozos VLE1434 y VLE1413 pertenecientes al área VLE196/460.

4.2.7.4 SECCIONES ESTRATIGRAFICAS:

Para la interpretación estratigráfica del yacimiento C-2/VLE326/455 se construyeron catorce (14) secciones estratigráficas (Anexo N°V). La construcción e interpretación de estas secciones estratigráficas se realizó bajo el modulo *StratWork**, el cual es un Software modular de *OpenWork**, que trabaja bajo plataforma *LandMark* y ambiente *Unix*, el cual esta diseñado para este tipo de aplicaciones geológicas. Todas las secciones estratigráficas construidas e interpretadas están realizadas a escala 1:1000 y se guindaron tomando como Datúm la Base de B (marcador sísmico que constituye un límite de secuencia y es el utilizado y recomendado por los geólogos de la U.E Lagocinco).

* Marcas Registradas de LandMark

4.2.8 NOMENCLATURA:

La nomenclatura utilizada en este estudio, tanto para los topes estratigráficos (Picks) como para las fallas ha sido igual a la establecida por PDVSA/IRT (2000 y 2002) en el Bloque VI Lamar, Bloque V Centro y las áreas VLE196/460 del Bloque V Lamar, con el fin de mantener consistencia en la interpretación estratigráfica del yacimiento.

4.2.8.1 NOMBRES DE LOS TOPES ESTRATIGRAFICOS (PICKS):

Los topes estratigráficos (Picks) interpretados en este estudio, correspondiente al yacimiento C2/VLE326/455 del Bloque V Lamar, han sido nombrados de acuerdo a la nomenclatura utilizada por PDVSA/IRT (2002) en las áreas vecinas al norte (VLE196/460), solo tres de estos topes (correspondientes a la unidad C-3) han sido renombrados, debido a que se comprobó con data de presión estática y Built up, que estas sub-unidades pertenecen a la unidad C-2.

Un total de 9 topes estratigráficos con el interprete RLV, han sido correlacionados en este estudio, estos incluyen los topes de las Formaciones La Rosa, Santa Barbara y Misoa; y de las unidades informales C-1, C-2, tope de C-3-4 y tope de C-4-3. En la Tabla N°4 a continuación, se muestran estos topes con sus nombres y sus equivalentes establecidos por PDVSA/IRT (2002 y 2002) en estudios previos, y en la Figura N°56 se muestra el registro tipo propuesto para el yacimiento en estudio.

TOPES RLV	TOPES PDVSA/IRT
ROSAF	ROSAF
Santa Bárbara	Santa Bárbara
Misoa SB45	Misoa SB45
BaseB	BaseB
C-2-5	C-2-5
C-2-4	C-2-4
C-2-3	C-2-3
C-2-2	C-2-2
C-2-1	C-2-1
C-2-1a	C-3-7
C-2-1b	C-3-6
C-2-1c	C-3-5
C-3-4	C-3-4
C-4-3	C-4-3

Tabla N°4. Nombre de los Picks utilizados en este estudios, y sus equivalentes de PDVSA/IRT (2000, 2002) en estudios de las áreas adyacentes.

4.2.8.2 CALIFICATIVOS DE LOS PICKS:

Dentro del análisis estratigráfico realizado al yacimiento C2/VLE326/455, existen ciertos calificativos que presentan algunos Picks dependiendo de su configuración estratigráfica dentro de la secuencia estudiada. Estas cualidades se identifican siguiendo la nomenclatura establecida para cada uno de los casos en los estudios anteriores realizados por PDVSA/IRT (2000, 2002). A continuación se muestra y se describe la nomenclatura utilizada estos calificativos, y en la Figura N°57 se da el ejemplo de ellos.

- **PFB:** Parcialmente fallada en la base. La sub-unidad fue penetrada por el pozo, pero se encuentra parcialmente ausente hacia la base.

- **PFT:** Parcialmente fallada en el tope. La sub-unidad fue penetrada por el pozo, pero se encuentra parcialmente ausente hacia el tope, El Pick corresponde a la parte de la sección presente.
- **CF:** completamente fallada: la sub-unidad se encuentra totalmente ausente en el pozo.
- **NP:** No penetrada. La sub-unidad no fue penetrada por el pozo.

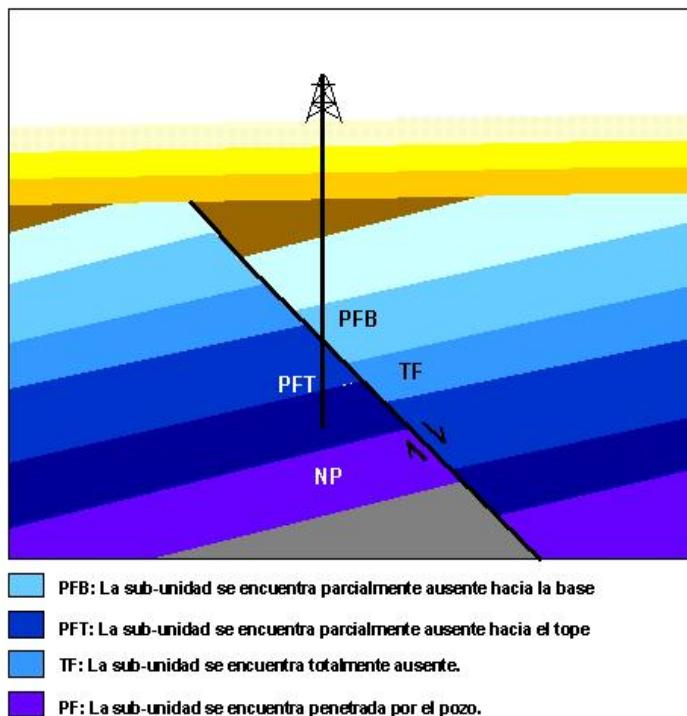


Figura N°57. Esquema que muestra gráficamente las cualidades que presentan algunos Picks dentro de la secuencia estratigráfica estudiada.

Finalmente, después de haber concluido con la extrapolación e interpretación de la estratigrafía del yacimiento, se construye la tabla con los topes estratigráficos generados en la correlación (ver Tabla de topes, Anexo N°VI). Estos se presentan en profundidad MD y TVDSS; así mismo se documenta esta interpretación (ver capítulos N°5 y N°6, Marco Estratigráfico) y se presentan las secciones realizadas (ver Anexo N°V).

4.2.9 PANELES ESTRATIGRAFICOS:

Con el objeto de visualizar la continuidad y distribución de las sub-unidades correlacionadas en el yacimiento C-2VLE325/455 en 3D, así como el espesor promedio que representan cada una de ellas en el yacimiento, se construyeron tres (3) paneles estratigráficos (ver Anexo VII), ubicados en el área VLE455 y zona central del área VLE326 (Ver mapa de ubicación Figura N°58). Estos se utilizan como herramientas adicionales para definir y visualizar de manera rápida la distribución de las arenas y su continuidad lateral entre los pozos y de esta manera tener una visión general de la estratigrafía en el yacimiento. La información referente a estos paneles estratigráficos se muestra en la Tabla N°5.

PANEL	POZOS
PE_1	VLE0685, VLE0683, VLE1354, VLE0383
PE_2	VLE0846, VLE0386, VLE0705, VLE0097
PE_3	VLE0715, VLE0432, VLE0091, VLE1209, VLE1186

Tabla N°5. Se muestra la información de identificación y pozos que conforman cada uno de los paneles estratigráficos construidos para el yacimiento C-2/VLE326/455, en este estudio.

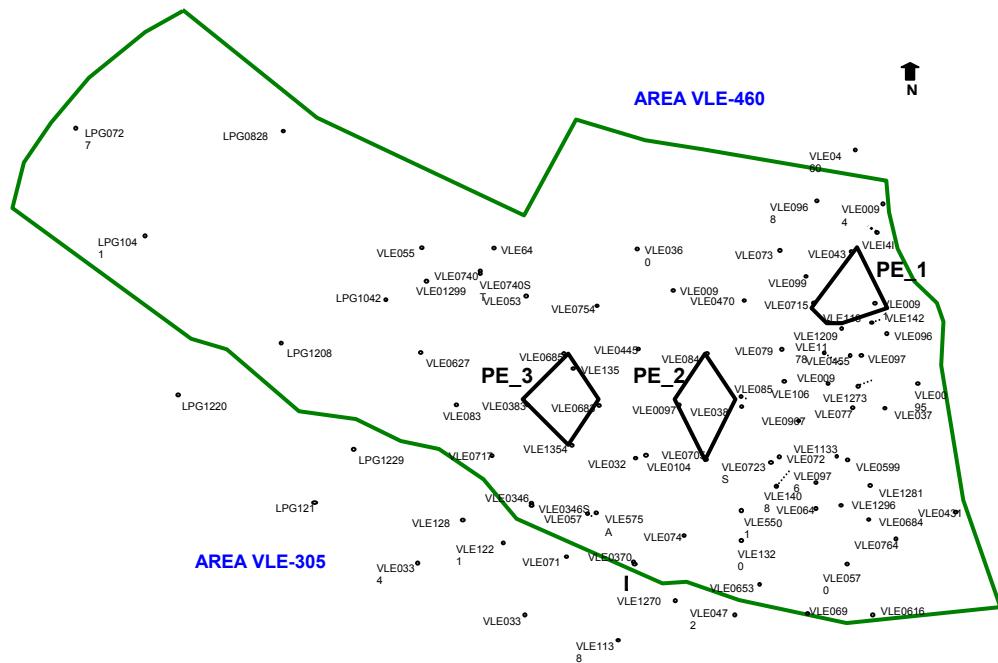


Figura N°58. Mapa de ubicación de los paneles estratigráficos construidos para el yacimiento C-2/VLE326/455 en este estudio.

4.2.10 MAPAS DE ARENA NETA TOTAL:

Para definir las tendencias de los desarrollos de cuerpos de arenas en un yacimiento es necesaria la elaboración de mapas de arena neta total (ANT), los cuales son de gran ayuda para definir estas tendencias, es por ello que se construyeron 2 mapas de ANT para el tope y la base del yacimiento y de esta manera obtener las zonas con mayores desarrollos de arenas y establecer la geometría de los cuerpos sedimentarios que la constituyen. Estos mapas se realizaron a partir de la data generada del sumario petrofísico realizado por el petrofísico de la unidad. Los mapas de ANT están a escala 1:20000 (Anexo VIII), y se elaboraron utilizando el modulo *MapView* de *StratWork* y la aplicación *Z-Map*, ambos de la plataforma *LandMark*.

Los valores petrofísicos utilizados para la construcción de estos mapas, son: a) Porosidad entre 10-30%, b) Saturación de agua (SW) 50% y Volumen de arcilla (VSH) 50%.

4.2.11 MAPAS DE ELECTROFACIES:

Con el objeto de visualizar las tendencias de las electrofácies en el yacimiento C-2/VLE326/455 se construyeron 2 mapas de electrofacies, correspondientes a las sub-unidades C-2-5, C-2-1c (Ver Anexo IX), estos mapas muestran los diferentes cuerpos sedimentarios que componen al yacimiento, su distribución y la posible configuración paleoambiental de cada uno de ellos, basados en la respuesta y tendencia de las curvas GR y SP en cada uno de los pozos pertenecientes al yacimiento. Estos mapas se elaboraron utilizando las aplicaciones *MapView* y *Z-Map* de la plataforma *LandMark*, y se encuentran en escala 1:20000

4.2.12 PANELES DE FLUIDOS:

Una herramienta muy utilizada para la visualización gráfica de la distribución de los fluidos dentro de cada una de las sub-unidades que conforman al yacimiento fue la construcción de 3 paneles de fluidos (Anexo X), a partir de los cuales se puede describir la distribución de los fluidos a lo largo del yacimiento, el entrampamiento de los mismos, y la relación estructura-fluido. Estos paneles de fluidos se encuentran ubicados al este y oeste del yacimiento (ver mapa de ubicación Figura N°59), cada uno de ellos muestra la fecha de su perforación con el objeto de observar en los pozos nuevos, el movimiento de los fluidos dentro del yacimiento con respecto a los pozos antiguos. La información de cada uno de ellos se muestra en la Tabla N°6 a continuación.

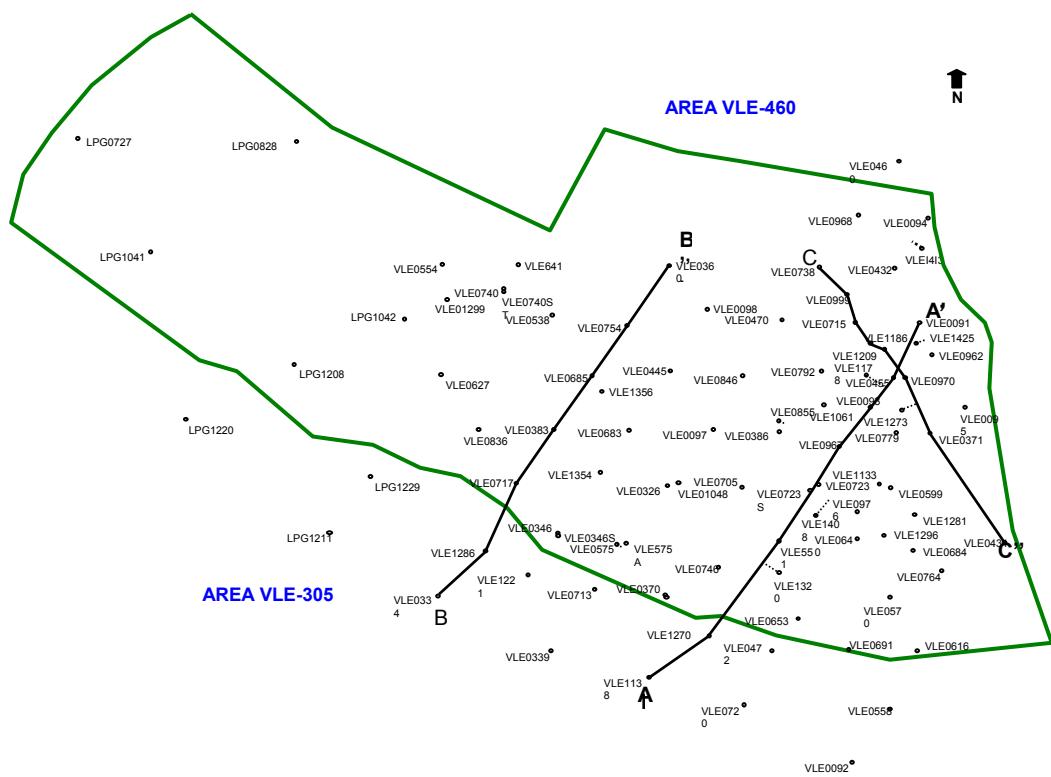


Figura N°59. Mapa base donde se muestran los paneles de fluidos realizados para la establecer el movimiento de los fluidos en el yacimiento C-2/VLE326/455.

PANEL	DIRECCION	POZOS QUE LA CONFORMAN
A-A'	SW-NE	VLE1138, VLE1161, VLE1320, VLE0551ST, VLE723ST, VLE0093, VLE1178, VLE0091
B-B'	SW-NE	VLE0334, VLE1286, VLE0717, VLE0383, VLE0685, VLE0754, VLE0360
C-C'	NW-SE	VLE0738, VLE0999, VLE0715, VLE1209, VLE0970, VLE0371, VLE0431

Tabla N°6. Información correspondiente a los paneles de fluidos realizados en este estudio. Se muestra el nombre del panel, la dirección y el numero de pozos que la conforman.

4.3 MARCO ESTRUCTURAL.

4.3.1 INTRODUCCION:

Una detallada interpretación de la geología estructural del yacimiento C-2/VLE326/VLE455 se realiza en este estudio. La interpretación esta basada en los estudios realizadas por IRT en el área VLE326/455 y los datos de la geología estructural regional.

Un mapa estructural correspondiente al marcador sísmico C-2-3, tres (3) secciones estructurales, doce (12) secciones sísmicas y tres (3) secciones estructurales esquemáticas documentan la interpretación estructural.

4.3.2 MARCO DE TRABAJO:

La geología estructural del yacimiento C-2/VLE326/455 a sido definida integrando diferentes procesos tales como: interpretación de la data sísmica 3D, estratigrafía y secciones estructurales, topes y fallas en pozos, y mapas estructurales en tiempo y profundidad.

4.3.3 SELECCIÓN DE SECCIONES ESTRUCTURALES:

Tomando como base el mapa estructural oficial del tope C-20 del yacimiento C-2/VLE326/455 a escala 1:20.000, y la dirección y sentido de las principales estructuras (obtenida en estudios previos locales y literatura de la geología estructural regional), se eligieron cuatro direcciones preferentes a lo largo del área de estudio, las cuales son las más representativas para definir el marco estructural del área. En la tabla N°7 se muestra la información de cada sección estructural, y en la Figura N°60 se presenta su ubicación espacial en el área.

SECCION	DIRECCION	POZOS QUE LA CONFORMAN
A-A'	NW-SE	VLE0738, VLE0999, VLE0715, VLE1209, VLE0970, VLE0371, VLE0431
B-B'	SW-NE	VLE1138, VLE1161, VLE1320, VLE0551ST, VLE723ST, VLE0093, VLE1178, VLE0091
C-C'	SW-NE	VLE0334, VLE1286, VLE0717, VLE0383, VLE0685, VLE0754, VLE0360

Tabla N°7. Información correspondiente a las secciones estructurales realizadas en este estudio. Se muestra el nombre de la sección, la dirección y el numero de pozos que la conforman.

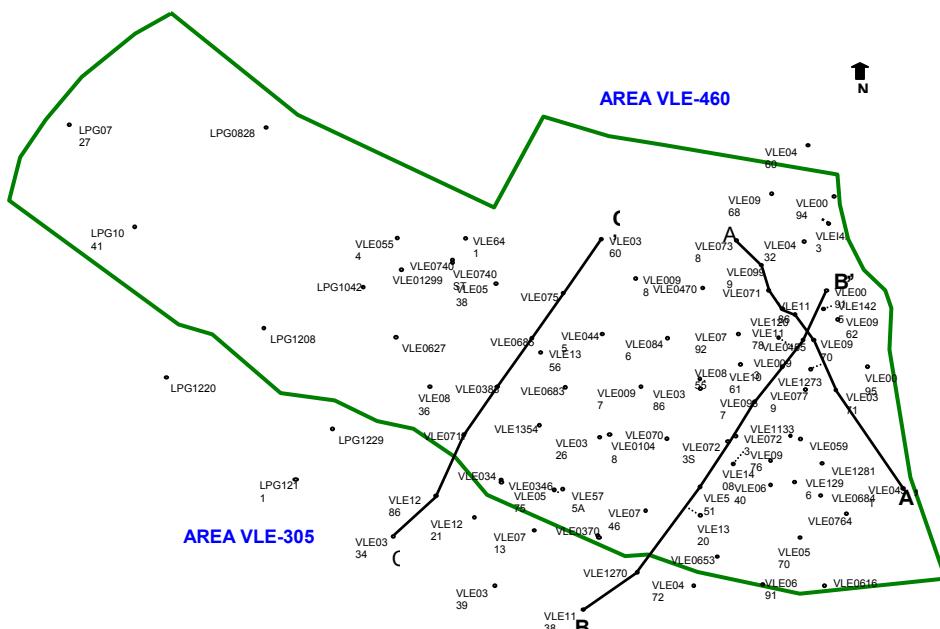


Figura N°60. Mapa base donde se muestran las secciones estructurales realizadas para la definición e interpretación del marco estructural del yacimiento C-2/VLE326/455.

4.3.4 SECCIONES ESTRUCTURALES:

Un total de tres (3) secciones estructurales documentan el marco estructural del yacimiento C-2/VLE326/455 en este estudio (ver Anexo XI). Las secciones estructurales han sido construidas bajo los módulos *MapView* y *CrossSection* de la aplicación *StratWorks*. Cada sección, esta construida a escala vertical 1:1000, y escala horizontal 1:5000.

4.3.5 SECCIONES SISMICAS:

Un total de 12 secciones sísmicas son construidas en este estudio (ver anexo N°III) con la finalidad de ubicar en los pozos las fallas interpretadas, así como de determinar la tendencia de las estructuras y de los diferentes estratos que conforman la secuencia estudiada (Unidad C-2).

Para la elaboración de estas secciones sísmicas se utilizo la aplicación *SeisWorks* de la plataforma *Landmark*. Cada una de ellas cuenta con una resolución vertical entre 120-150'.

4.3.6 SECCIONES ESTRUCTURALES ESQUEMATICAS:

Otra herramienta utilizada en este estudio para visualizar gráficamente las tendencias de las diferentes estructuras que conforman al yacimiento C-2/VLE326/455, son las secciones estructurales esquemáticas (ver Anexo XII), las cuales han sido realizadas tomando como base las secciones sísmicas, las cuales muestran la información de: a) fallas interpretadas, b) tendencia de las capas y c) marcadores regionales. Estas secciones esquemáticas tratan de mostrar cualitativamente la información observada en la sísmica y de esta manera servir como base para establecer de manera rápida el marco estructural del yacimiento. Un total de tres (3) secciones esquemáticas se

construyen para el yacimiento C-2/VLE326/455, la información de las secciones se muestra en la tabla N°8 a continuación.

SECCION	LINEA	SISMICA	POZOS
A''-A'		A'-A'	VLE0738, VLE0999, VLE0715, VLE1186, VLE1209, VLE0970, VLE1273, VLE0371, VLE0431
C-C'		C-C'	VLE1138, VLE1161, VLE0746, VLE0551, VLE0723, VLE0697, VLE0093, VLE0455, VLE0091
F-F'		F-F'	VLE1221, VLE0346, VLE0683, VLE0445, VLE0098

Tabla N°8. Muestra la información referente al nombre de la sección, línea sísmica base y pozos que conforman cada una de las secciones estructurales esquemáticas construidas en este estudio, para el yacimiento C-2/VLE326/455.

4.3.7 INTERPRETACION ESTRUCTURAL:

La interpretación esta basada principalmente en data sísmica y perfiles de pozos. Esta se realizo a partir de las secciones sísmicas construidas (ver Anexo N°III), en las cuales se ubico el intervalo fallado interceptando la curva GR del pozo y la falla interpretada en la sísmica, este intervalo representa un rango de $\pm 120'$ el cual corresponde a la resolución de la sísmica. Para ajustar la ubicación de las fallas interpretadas dentro de cada uno de los intervalos, se utilizaron los perfiles de pozos y la correlación estratigráfica realizada, ubicando de esta manera los intervalos ausentes, parcialmente ausentes y/o los que se repiten en la estratigrafía y de esta manera obtener la ubicación en profundidad de las fallas.

Un total de trece (13) fallas incluyendo la falla VLE0370 (límite sur del yacimiento) se interpretan en 42 pozos en este estudio, estas fallas incluyen las fayas normales

principales que dominan al yacimiento y las fallas inversa secundarias ubicadas en el área VLE455, ubicada al NE del yacimiento.

4.3.8 NOMENCLATURA:

La nomenclatura utilizada en este estudio para las fallas ha sido igual a la establecida por PDVSA/ IRT (2000, 2002) en el Bloque VI Lamar, Bloque V Centro y las áreas VLE196/460 del Bloque V Lamar, con el fin de mantener consistencia en la interpretación estructural del yacimiento.

4.3.8.1 NOMBRES DE LAS FALLAS:

Un total de trece (13) fallas, incluyendo la falla VLE0370 son interpretadas en este estudio siguiendo la línea de interpretación previa, seguida por IRT en el área VLE326/455. Los nombres establecidos para cada una de las fallas interpretadas siguen la nomenclatura utilizada en trabajos previos en los Bloques V Centro, VI Lamar y en las áreas VLE196/460 del Bloque V Lamar, con la finalidad de crear consistencia en la interpretación. El nombre de cada una de las fallas esta determinado de la siguiente manera:

<i>Tipo de falla (normal o inversa)_Color de la falla en sísmica_Area a la que pertenece</i>

Los nombre de las trece (13) fallas interpretadas en este estudio se muestra a continuación en la Tabla N°9.

NOMBRE DE LA FALLA	DIRECCION
FN_ORANGE_VLE326 (VLE370)	NW-SE
FN_PURPURE_VLE326	NW-SE
FN_ORANGE_VLE326	NW-SE
FN_BROWN_VLE326	NW-SE
FR_GREEN_VLE326	NW-SE
FN_PINK1_VLE326	NW-SE
FN_BLUENAVY_VLE326	NW-SE
FR_GREY_VLE326	N-S
FN_PINK2_VLE326	NW-SE
FN_YELLOW_VLE326	NW-SE
FN_YELLOW1_VLE326	NW-SE
FN_PINK3_VLE326	N-S
FR_BLUESKY_VLE326	NW-SE

Tabla N°9. Nombres utilizados, y sentido de las fallas interpretadas en este estudios.

4.3.9 MAPA EN TIEMPO:

Para la construcción del mapa estructural del yacimiento C-2/VLE326/455, se utilizó el mapa en tiempo correspondiente al marcador sísmico C-2-3 (Figura N°61), con el objeto de ajustar la data de pozo (topes estratigráficos) al mapa en tiempo y de esta manera construir un mapa estructural en profundidad (calibrado con los datos sísmicos), que muestre información mas detallada y precisa de la estructura del yacimiento.

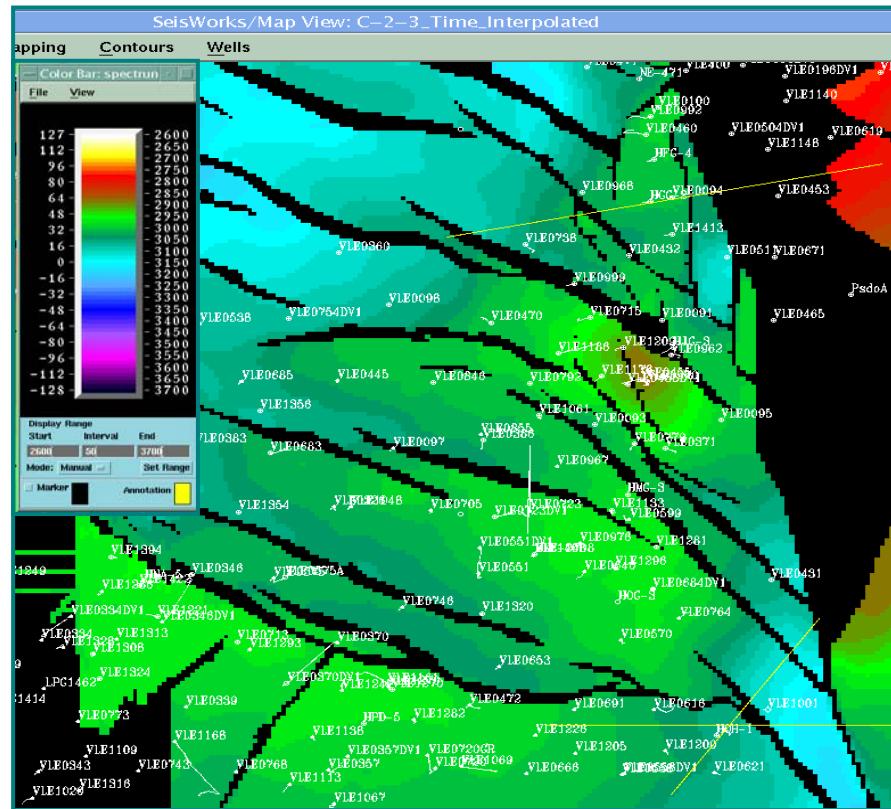


Figura N°61. Mapa estructural en tiempo utilizado para la construcción del mapa estructural en profundidad del yacimiento. El mapa en tiempo corresponde al marcador sísmico C-2-3.

4.310 CONVERSIÓN DE TIEMPO A PROFUNDIDAD:

El volumen de datos sísmicos representa reflectores ubicados en tiempo que corresponde a eventos geológicos ubicados en profundidad. La conversión de los tiempos sísmicos en profundidad se realiza utilizando velocidades sísmicas medidas en pozos y las derivadas de los propios datos sísmicos durante el procesamiento. Para obtener el modelo geológico estructural se utilizó la aplicación *SeisWorks* conocida como *Indepth* donde la data de los horizontes y fallas en tiempo la convierte a profundidad. Para realizar este proceso se utilizó los datos de la interpretación sísmica y los topes correlacionados.

4.3.11 MAPA ESTRUCTURAL:

A partir de la data sísmica correspondientes a fallas, marcador sísmico C-2-3 y mapa en tiempo, en conjunto a la data de pozos (pozos fallados y topes estratigráficos), se genero el mapa estructural en profundidad correspondiente al tope de la sub-unidad C-2-3 (Anexo XIII), el cual se presenta a escala 1:20000.

Este mapa muestra claramente la tendencia estructural del yacimiento C-2/VLE326/455, tanto su estilo morfoestructural, como de los distintos sistemas de fallas que lo dominan. El mapa se construyo utilizando atributos de color con la finalidad de poder visualizar rápidamente y con mayor claridad las distintas profundidades que allí se encuentra, dependiendo de la gama de color que muestre cada región.

4.3.12 VISUALIZACION 3D:

Una de las virtudes de la interpretación sísmica es la capacidad de resolución lateral, lo que permite tener la posibilidad de visualizar el comportamiento de la estructura del yacimiento en 3 dimensiones. Para lograr la visualización 3D del yacimiento, se utilizó la aplicación *GeoViz** de la plataforma *GeoFrame**, donde se ve en tres dimensiones el modelo generado (Figuras N°62 y 63).

* Marcas Registradas de Schlumberger

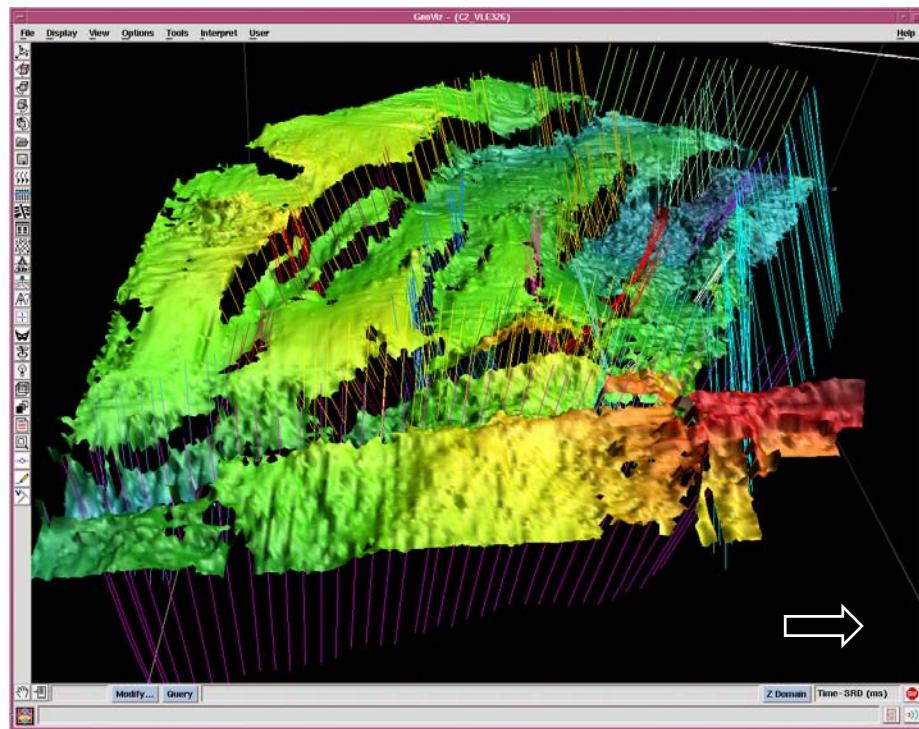


Figura N°62. Superficie y Fallas en 3D en tiempo.

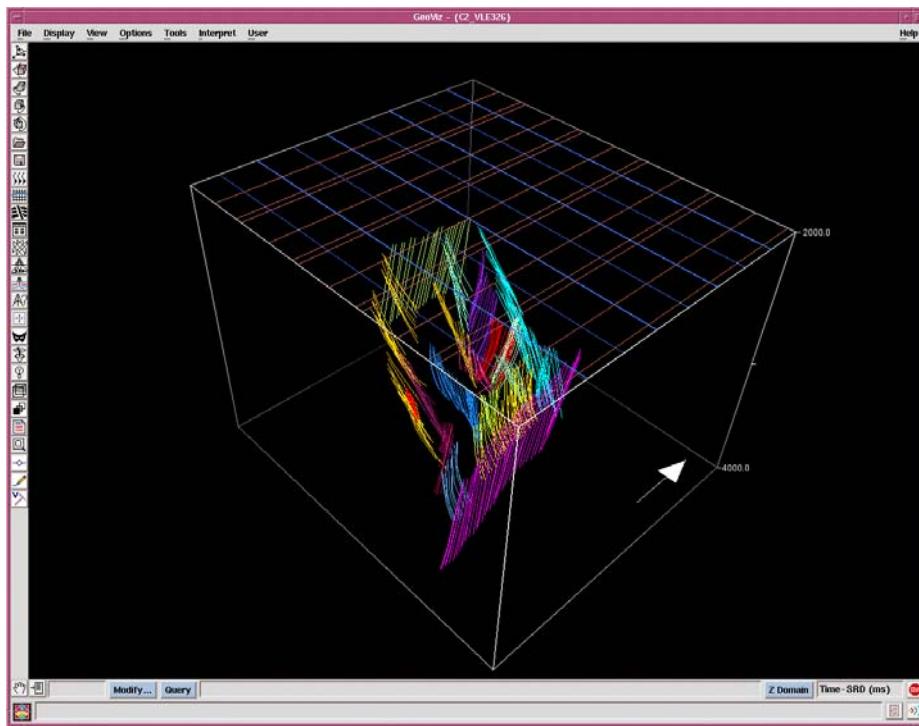


Figura N°63. Fallas en 3D en tiempo.

Con los datos del mapa estructural en profundidad, se procedió a generar la superficie interpretadas en tres dimensiones con el módulo de visualización *Framework 3D*, de *GeoFrame*, igualmente los planos de fallas asociados a la interpretación estructural realizada, de esta manera se puede observar como el sistema de fallas cortan la superficie correspondiente al marcador sísmico C-2-3 (Figura N°64).

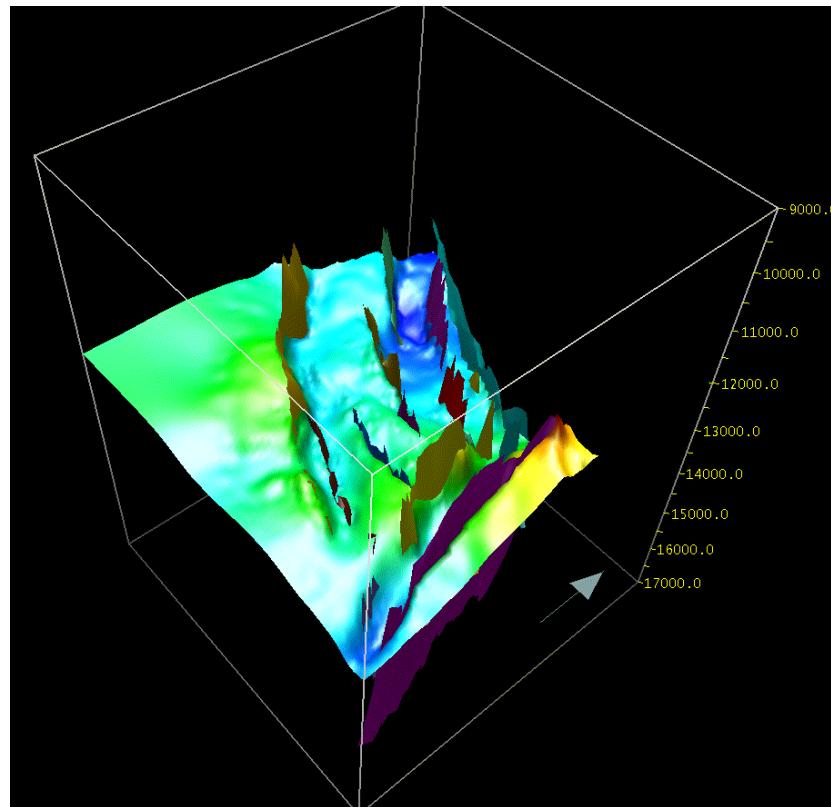


Figura N°64.-Sistema de falla interceptando a la superficie de C-2-3.

Al visualizar el yacimiento en tres dimensiones se puede corroborar el ajuste de esta con los topes geológicos de los pozos y además se puede observar la trayectoria de los pozos (si estos están fallados) (Figura N°65).

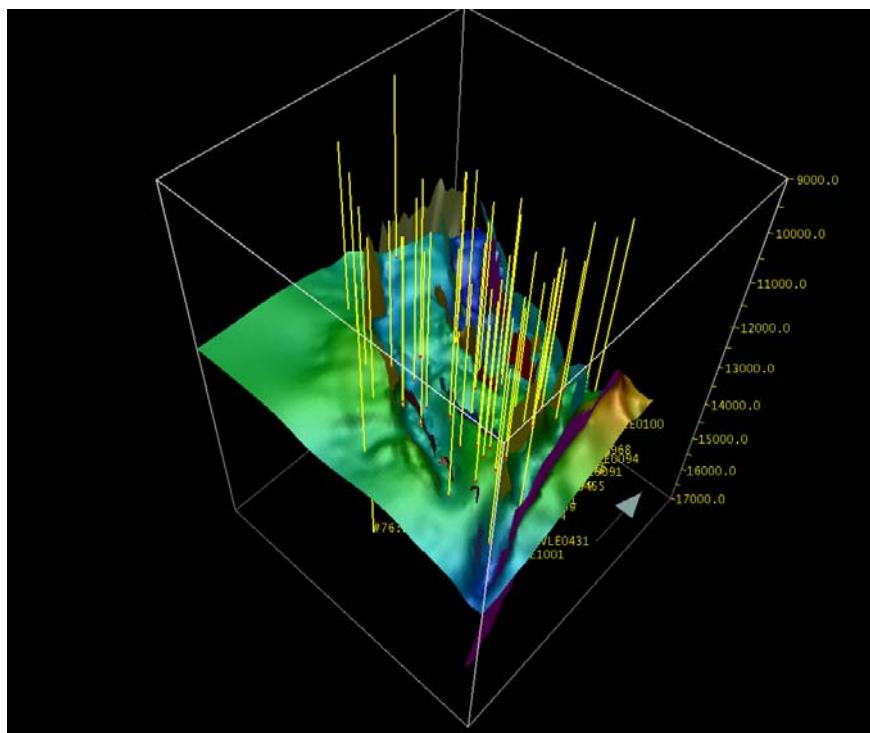


Figura N°65. Visualización 3D de la intersección de la superficie de C-2-3 con la trayectoria de los pozos y sus topes geológicos.

4.3.13 ANALISIS DE ATRIBUTOS SISMICOS:

La interpretación sísmica también permite inferir información útil para detectar y describir cualitativamente los fluidos contenidos en la roca, así como predecir propiedades petrofísicas. Se pueden obtener los parámetros petrofísicos tales como porosidad, arcillosidad, saturación de agua, arena neta petrolífera, entre otros con el análisis de uno o varios atributos de las trazas sísmicas.

Los atributos sísmicos utilizados comúnmente son amplitud, fase instantánea, similitud de atributos, entre otros. Esto se realiza estableciendo una representación por medio de gráficas de correlación (tipo crossplots), en un eje se representa el atributo y en el otro se representa el parámetro petrofísico utilizado, de tal manera de establecer una relación matemática que permita calcular el parámetro de la roca en

función del atributo sísmico para luego generar su representación gráfica en forma de mapas.

Particularmente en este trabajo se llevó a cabo el análisis de los atributos sísmicos del tipo Amplitud y se correlacionó este con los parámetros petrofísicos arena neta.

Se realizó un mapa de Pseudo-Arena neta que fue utilizado de forma cualitativa (Figura N°66), observando que posee una tendencia similar a las de los mapas de electrofacies generados en este trabajo y por lo tanto similar a la dirección de deposición de los sedimentos.

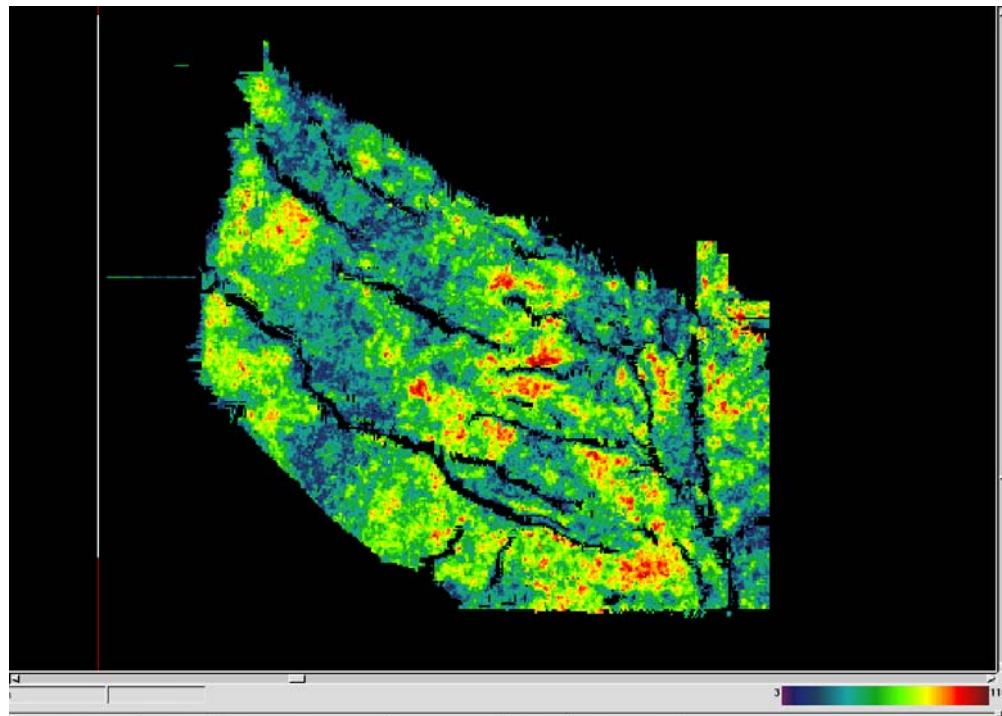
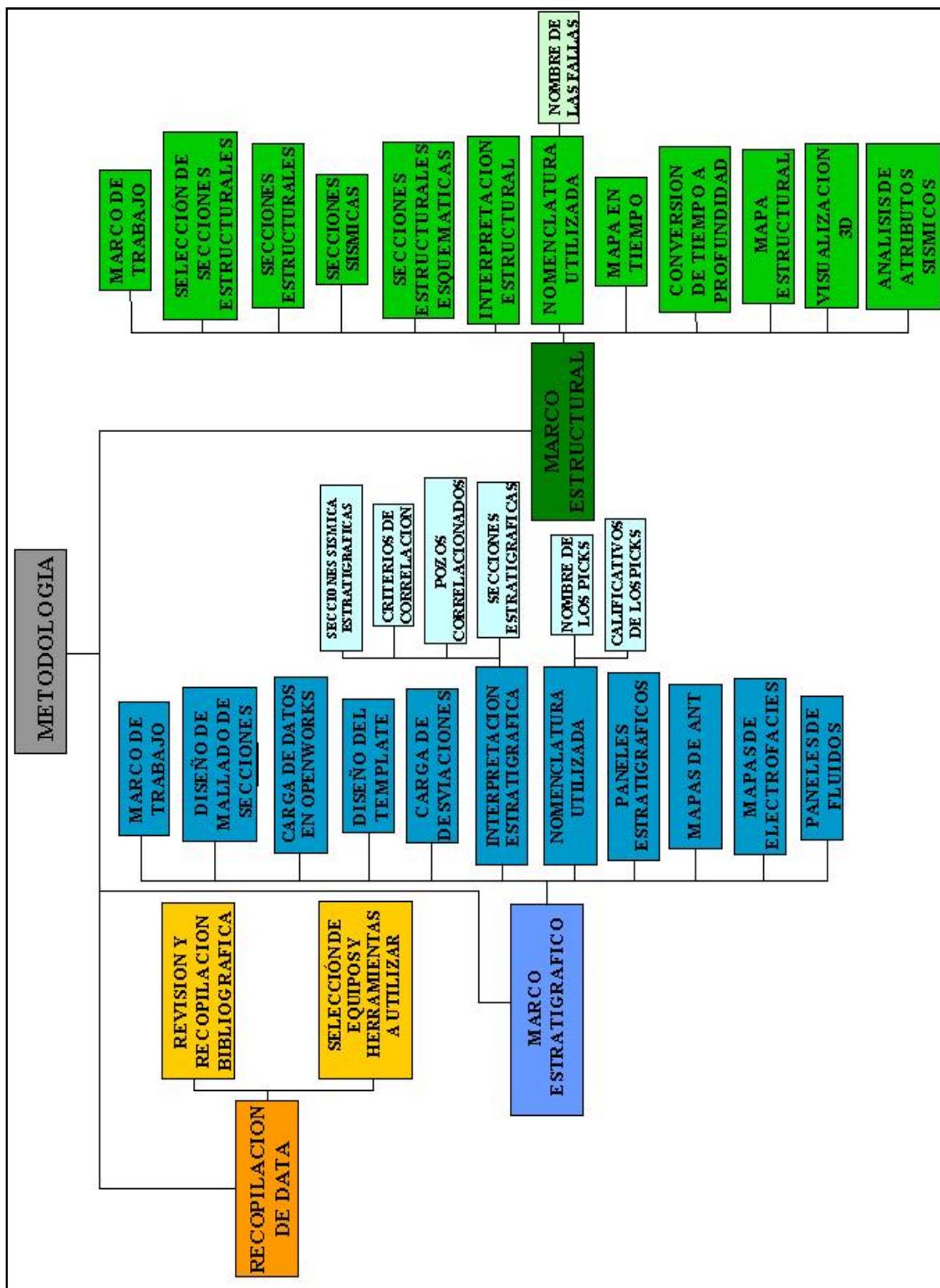


Figura N°66. Mapa de Pseudo-Arena neta, donde se observa las tendencias
De los cuerpos sedimentarios en colores, amarillo, naranja, rojo.

A continuación se presenta el flujograma de la metodología anteriormente descrita:

4.4 FLUJOGRAMA DE METODOLOGIA UTILIZADA:



CAPITULO V
RESULTADOS

5.RESULTADOS

5.1 MARCO SISMO-ESTRATIGRAFICO.

Con el objeto de identificar los diferentes marcadores sismo-estratigráficos de extensión regional en el área de estudio, y principalmente el marcador asociado al yacimiento C-2/VLE326/455 correspondiente a C-2-3, se construyeron 12 secciones sísmicas estratigráficas (Anexo III).

Estas superficies son reconocibles en sísmica y correlacionables en todos los pozos del Bloque V Lamar, tales superficies corresponden al tope de la Formación Misoa de edad Eoceno, base del Miembro Informal B de edad Eoceno y tope de la Formación Guasare de edad Paleoceno, las cuales constituyen límites de secuencias de segundo orden; así como los topes de las sub-unidades informales de edad Eoceno C-2-3, C-4-3 y C-5-5, las cuales constituyen límites de secuencias de tercer orden.

Teóricamente cada una de estas secuencias están definidas por límites de secuencias y superficies de máxima inundación, estas superficies estratigráficas claves, han sido datadas por el grupo ESTEX (2002) y PDVSA/IRT (2002), donde se interpreta el carácter cronoestratigráfico de las mismas.

De estos marcadores anteriormente mencionados, el de interés para este estudio corresponde al marcador de la sub-unidad informal C-2-3 por pertenecer a la secuencia estudiada C-2. Este marcador se observa en las secciones sísmicas-estratigráficas del Anexo III representada en color azul.

Las secciones sísmo-estratigráficas se encuentran, así construidas cronoestratigráficamente y en ellas se observan la distribución y homogeneidad en el área de estos marcadores estratigráficos y su intersección con los registros GR de los pozos correspondientes al yacimiento, esto con el objeto de calibrar en profundidad la data sísmica y de pozos de estos marcadores. Cabe destacar que en algunos de los pozos observados en las secciones sísmicas-estratigráficas, algunos de estos marcadores, principalmente los correspondientes a la Formación Misoa (representado en color rojo) y la base de la unidad informal B (representada en color naranja) se encuentran desfasados entre 10 y 30 μ seg entre el marcador sísmico y su respuesta en el GR de los pozos, esto debido a que el modelo de velocidad se ajustó principalmente al marcador de interés C-2-3.

5.2 COMPORTAMIENTO DE PRESIONES.

Uno de los criterios utilizados en este estudio para definir con mayor precisión las sub-unidades estratigráficas y de flujo correlacionadas fueron los datos de presiones estáticas y pruebas de “*BuildUp*”. Estos datos corresponden a las diferentes tomas de presión realizadas en cada pozo a nivel del yacimiento durante toda la vida operativa de cada uno. Estos datos se agruparon por sub-unidad de acuerdo al intervalo de profundidad y se graficaron (Anexo IV), con el objeto de visualizar las tendencias de las presiones y de esta manera agrupar las sub-unidades. Estos gráficos se encuentran dispuestos en presión (lpc) vs fecha de la toma de presión, y dan como resultado una serie de puntos los cuales toman una tendencia logarítmica. Del análisis de estos gráficos se presentan los siguientes resultados:

Las sub-unidades correspondientes a C-2-5, C-2-4, C-2-3, C-2-2 y C-2-1 presentan una tendencia que se ubica hacia los 2300 lpc como se muestra en los gráficos de la figura N°67.

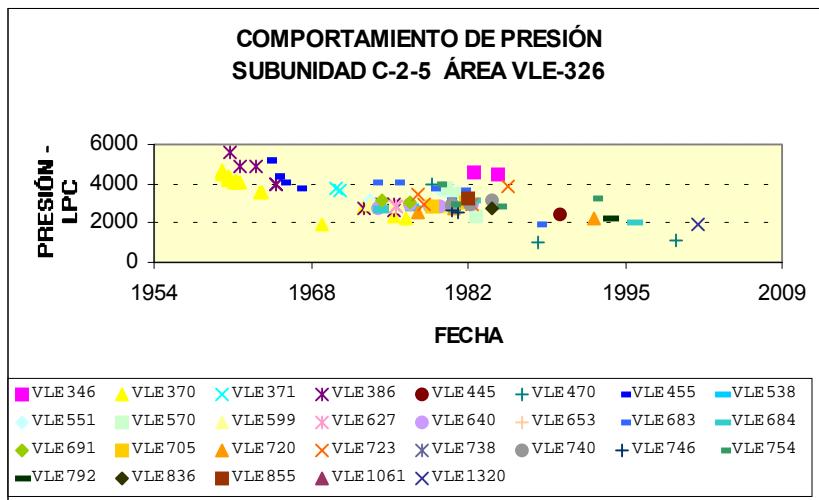


Figura N°67a

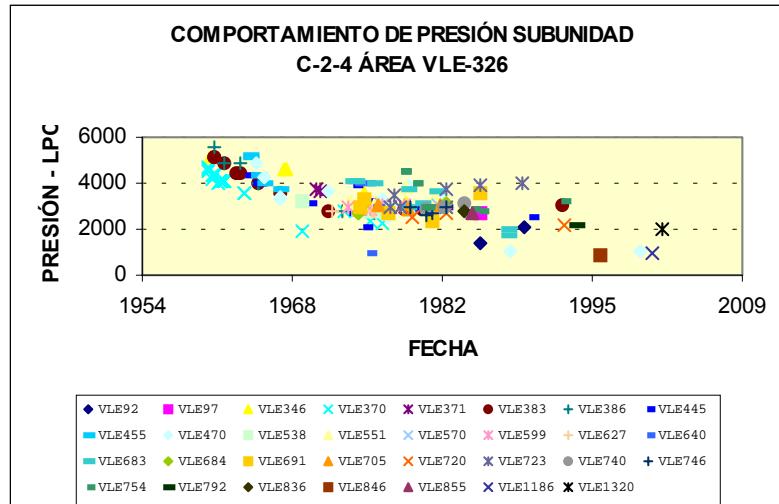


Figura N°67a

Figura N°67. Gráficos de presión Vs fecha, que muestran el comportamiento de presiones de las sub-unidades C-2-5 (Figura N°67a) y C-2-4 (Figura N°67b) pertenecientes a C-2, en los cuales se observa la tendencia hacia los 2300 lpc.

Por otro parte, al graficar las presiones correspondientes a C-inferior, se puede observar en el gráfico de la figura N°68 que los valores de presión poseen dos tendencias, una primera tendencia hacia valores de 4000 lpc y otra tendencia de valores dispersos que se ubican en el orden de los 2000 lpc.

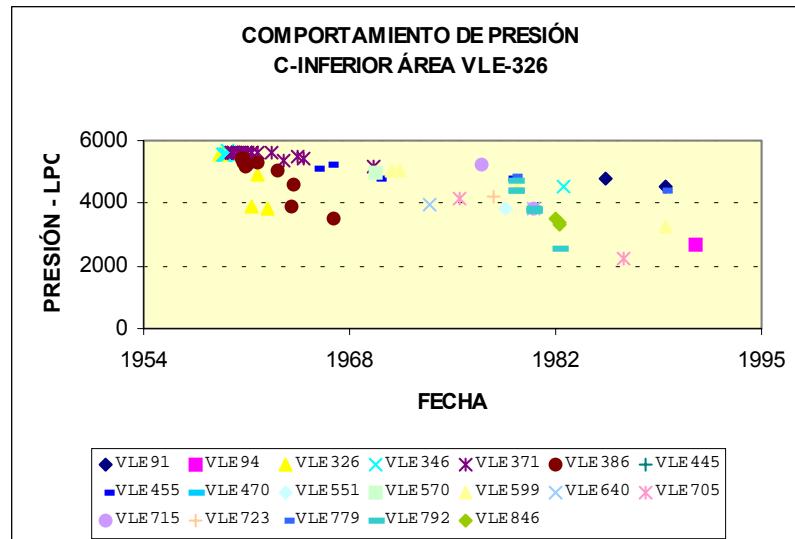


Figura N°68. Gráfico de presión Vs fecha, que muestran el comportamiento de presión de C-inferior en el cual se observan dos principales tendencia de los valores, ubicados hacia los 4000 y 2000 lpc respectivamente.

Sin embargo, al graficar los valores de presiones correspondientes a las sub-unidades C-3-7, C-3-6 y C-3-5 pertenecientes a C-inferior se pudo constatar que estas presentan tendencia de presiones similares a las observadas en C-2, los cuales se ubican en el orden de los 2300 lpc, lo que indica que dichas sub-unidades pertenecen de acuerdo a criterios de yacimiento, a la unidad C-2 y no a la unidad C-3. Este comportamiento de presiones se muestran en los gráficos a,b y c de la figura N°69.

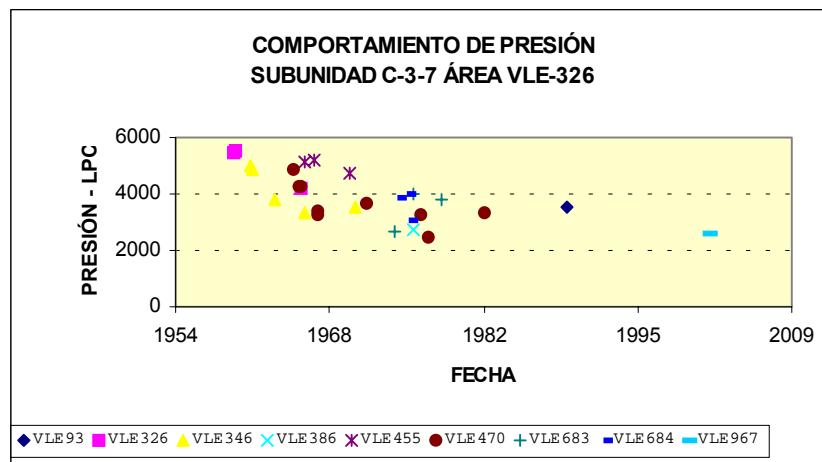


Figura N°69a

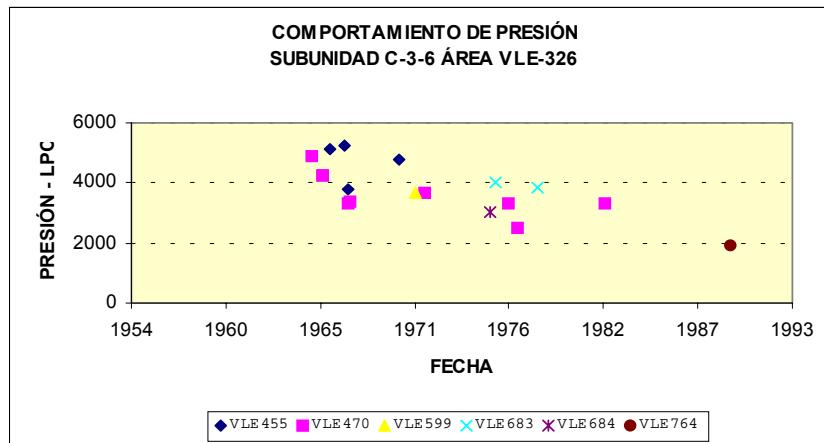


Figura N°69b

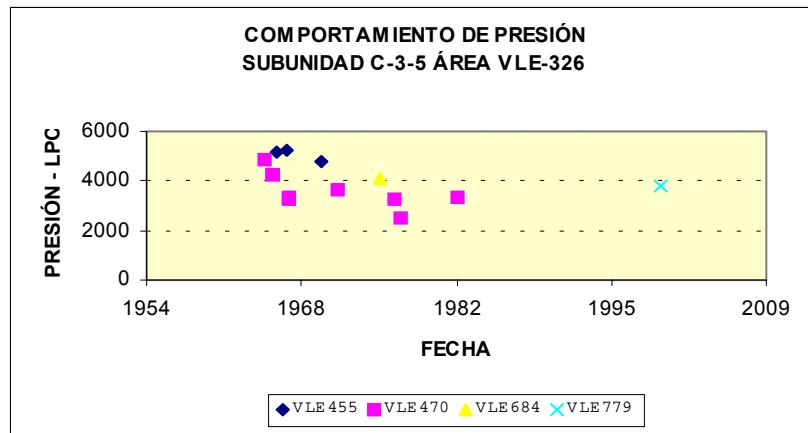


Figura N°69c

Figura N°69. Gráficos de presión Vs fecha, que muestran el comportamiento de presiones de las sub-unidades C-3-7 (Figura N°69a) , C-3-6 (Figura N°69b) y C-3-5 (Figura N°69c) pertenecientes a la unidad C-3, en los cuales se observa la tendencia hacia los 2300 lpc. Que se corresponde con las presiones observadas en C-2 y no con la observadas en C-inferior.

De acuerdo a estos comportamientos de presión observados en los gráficos mostrados anteriormente, mas el resto de los gráficos de presiones mostrados en el Anexo N° IV, se asume que las sub-unidades correspondientes a C-3-7, C-3-6 y C-3-5 pertenecen a la unidad C-2 y no a la Unidad C-3, por lo cual son renombradas como C-2-1a, C-2-1b y C-2-1c respectivamente, variando la base de C-2 y el tope de C-3 con respecto a los topes definidos por PDVSA/IRT (2002) en las áreas vecinas VLE196/460 como se observa en la figura N°70.

VLE326	IRT
C-2-5 (TOP C-2)	C-2-5 (TOP C-2)
C-2-4	C-2-4
C-2-3	C-2-3
C-2-2	C-2-2
C-2-1	C-2-1
C-2-1a	C-3-7 (TOPE C-3)
C-2-1b	C-3-6
C-2-1c	C-3-5
C-3-4	C-3-4
C-3-3	C-3-3
C-3-2	C-3-2
C-3-1	C-3-1

Figura N°70. Comparación entre las sub-unidades definidas para C-2 por PDVSA/IRT (2002) en las áreas VLE196/460 y las sub-unidades definidas en este estudio para C-2 en el área VLE326/455

5.3 MARCO ESTRATIGRAFICO:

Una detallada descripción estratigráfica de la Unidad C-2 perteneciente a la Formación Misoa de edad Eoceno, es realizada en el yacimiento C-2/VLE326/455 del Bloque V Lamar en este estudio.

Esta descripción esta basada en la extrapolación al yacimiento C-2/VLE326/455, de la interpretación estratigráfica realizada por *International Reservoir Technologies* (IRT) en febrero del 2002, en el área VLE196/460 ubicada al norte del área VLE-326/455, pertenecientes al Bloque V Lamar, y forma parte del estudio integrado puesto en marcha por PDVSA bajo la dirección de la Unidad de Estudio Integrados, Segregación Lagocinco, División Occidente para los Bloques V Lamar, V Centro y VI Lamar.

La Unidad C-2 ha sido dividida en 8 sub-unidades estratigráficas limitadas por superficies de inundación, tales sub-unidades son nombradas siguiendo la misma nomenclatura establecida por PDVSA/IRT (2002) para las áreas vecinas VLE196/460. Esta sub-unidades son: C-2-5, C-2-4, C-2-3, C-2-2, C-2-1, C-2-1a, C-2-1b y C-2-1c.

Igualmente, durante el estudio se actualiza la interpretación estratigráfica de cuatro(4) nuevos pozos perforados durante el curso de este estudio. Tales pozos son el VLE1413 y VLE1434 en el área VLE196/460 y los pozos VLE1425 y VLE1438 en el área VLE-326/455

Un total de 13 topes estratigráficos se correlacionan en 82 pozos pertenecientes al yacimiento C-2/VLE326/455. Este numero incluye, hasta agosto del 2002, 17 pozos productores activos, 7 inyectores de agua activos, 58 pozos abandonados, 15 pozos al sur en una porción del área VLE-305 y 3 pozos pertenecientes al área VLE196/460.

Esta interpretación estratigráfica se realiza mediante la elaboración de 14 secciones estratigráficas, usando principalmente información disponible a partir de perfiles de pozos, datos de producción y data sísmica 3D. A continuación se detalla la descripción de cada una de las secciones estratigráficas realizadas en el yacimiento.

5.3.1 SECCIONES ESTRATIGRAFICAS CON DIRECCION SW-NE:

SECCION A-A':

Ubicada en la parte sur-este del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende los pozos VLE0092 y VLE0058 pertenecientes al área VLE-305 y los pozos VLE0616, VLE0570, VLE0764 y VLE0431 pertenecientes al área VLE-326/455 (Anexo V_a).

En esta sección se puede observar la heterogeneidad vertical y lateral del yacimiento, compuesta por la presencia de desarrollos de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios, barras de desembocadura, abanicos de rotura y planicies de inundación.

Los mayores desarrollos de cuerpos de areniscas se observan hacia la parte superior del yacimiento, principalmente en la sub-unidad C-2-4, la cual está dominada por

desarrollos de cuerpos que se interpretan como canales distributarios. Mientras que hacia las unidades inferiores se observa el predominio de barras de desembocadura, principalmente hacia los pozos ubicados al NE.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección se distribuyen de la siguiente manera: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 117', C-2-4 presenta un espesor promedio de 121', C-2-3 presenta un espesor de 114', C-2-2 se extiende con espesor de 82', C-2-1 presenta un espesor de 108', C-2-1a un espesor de 67', C-2-1b un espesor de 77' y C-2-1c un espesor de 80'.

En cuanto a la distribución de los fluidos, las mayores acumulaciones de petróleo se encuentran hacia la parte superior del yacimiento, encontrándose las sub-unidades C-2-4 y C-2-3 saturadas en petróleo, mientras que el resto de las sub-unidades se encuentran en estado subsaturado, es decir parcialmente drenadas. En los pozos ubicados hacia el sur, las sub-unidades inferiores se encuentran invadidas por el agua.

SECCION B-B':

Ubicada en la parte sur-este del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende los pozos VLE0720 y VLE0472 pertenecientes al área VLE-305 y los pozos VLE0653, VLE0640, VLE1281, VLE1133, VLE0599, VLE0779, VLE0371 y VLE0095 pertenecientes al área VLE326/455 (Anexo V_c).

Esta sección sigue mostrando la heterogeneidad estratigráfica del yacimiento, conformada por numerosos desarrollos de cuerpos de areniscas que no presentan continuidad lateral ni vertical a lo largo de la sección. De esta manera se puede observar hacia las unidades superiores el predominio de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios, así como depósitos de abanicos de rotura y llanuras de inundación, mientras que hacia las sub-unidades inferiores predominan los desarrollos de cuerpos de areniscas, los cuales

corresponden a barras de desembocadura. Estas sub-unidades se presentan principalmente arcillosas dándole una apariencia aserrada a la curva GR. Hacia el tope del yacimiento se observa el carácter predominantemente lutítico de la sub-unidad C-2-5.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 103', C-2-4 presenta un espesor promedio de 92' aumentando a 147' en el pozo VLE0653, C-2-3 presenta un espesor de 88', C-2-2 se extiende con espesor de 80', aumentando a 143' en los pozos VLE0720, VLE0472 y VLE0371, y disminuyendo en el pozo VLE0095 a 44', C-2-1 presenta un espesor de 108', C-2-1a un espesor de 67', C-2-1b un espesor de 77' y C-2-1c un espesor de 80'.

En cuanto a la distribución de los fluidos, estos se distribuyen de manera homogénea a lo largo de la sección, presentándose las sub-unidades saturadas en petróleo en los desarrollos de areniscas que las conforman. Solo en los pozos VLE0653, VLE675, VLE371 y VLE0095 el yacimiento se presenta parcialmente drenado en algunas sub-unidades, mientras que en otras se presenta totalmente invadido por el agua.

SECCION C-C':

Ubicada en la parte sur-este del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende los pozos VLE1138 y VLE1161 pertenecientes al área VLE-305 y los pozos VLE1320, VLE0551, VLE551ST, VLE0723ST, VLE0723, VLE0967, VLE0093, VLE1178, VLE0455 y VLE0091 pertenecientes al área VLE-326/455 (Anexo V_e).

En esta sección se observan claramente dos tendencias dominantes en el yacimiento, una tendencia de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies corresponden a canales distributarios, los cuales se distribuyen en todo el yacimiento, principalmente hacia el

SW, y otra tendencia de cuerpos grano crecientes hacia el tope cuya respuesta del GR indica depósitos de barras de desembocadura, las cuales predominan principalmente hacia el NE de la sección.

Algunos de estos desarrollos de cuerpos de areniscas que predominan en el yacimiento se presentan con facies arcillosas dándole una geometría aserrada a la respuesta del GR.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 100', C-2-4 presenta un espesor promedio de 115' presentándose ausente en el pozo VLE0091 debido a la falla normal FN_PINK1_VLE326, C-2-3 presenta un espesor de 103' presentándose ausente en el pozo VLE0091 debido a la falla normal FN_PINK1_VLE326, C-2-2 se extiende con espesor de 62' presentándose ausente en el pozo VLE0091 debido a la falla normal FN_PINK1_VLE326, C-2-1 presenta un espesor de 77' presentándose ausente en el pozo VLE0091 debido a la falla normal FN_PINK1_VLE326, C-2-1a posee un espesor de 101' presentándose parcialmente ausente en el pozo VLE0091 debido a la falla normal FN_PINK1_VLE326, C-2-1b posee un espesor de 98' disminuyendo en los pozos VLE0723, VLE0723DV y VLE0091 a 50' y C-2-1c se extiende con un espesor de 84' presentándose parcialmente ausente hacia la base en el pozo VLE0093 debido a la falla normal FN_BROWN_VLE326.

En cuanto a la distribución de los fluidos, estos se distribuyen de manera homogénea a lo largo de la sección, presentándose las sub-unidades con buenas acumulaciones de hidrocarburo, solo en los pozos VLE0551, VLE0723ST, VLE0093, VLE1178, VLE0445 y VLE0091 ubicados al NW del yacimiento las sub-unidades se encuentran parcialmente drenadas..

SECCION D-D':

Ubicada en la parte este del área VLE326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende los pozos VLE0370, VLE0370DV, VLE0746, VLE0705, VLE0386, VLE0855, VLE0792, VLE0715, VLE0432, VLE1413 y VLE0094 (Anexo V_f).

En esta sección se puede observar la heterogeneidad vertical y lateral del yacimiento, compuesta por la presencia de desarrollos de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios, barras de desembocadura, abanicos de rotura y planicies de inundación.

Estos desarrollos no presentan continuidad lateral a lo largo de la sección y se extienden con espesores variables. Se puede observar el predominio de facies arcillosas y los desarrollos de cuerpos de areniscas disminuyen parcialmente de espesor en $\pm 20'$, observándose más la presencia de lutitas. Hacia el tope del yacimiento se observa el carácter predominantemente lutítico de la sub-unidad C-2-5.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 106' disminuyendo a 57' en el pozo VLE0432, C-2-4 presenta un espesor promedio de 106' presentándose parcialmente ausente en el pozo VLE0432 debido a la falla normal FN_BLUESKY_VLE326, C-2-3 presenta un espesor de 101' disminuyendo a 60' en los pozos VLE1413 y VLE0094, y presentándose parcialmente ausente hacia la parte media-base en el pozo VLE0370 debido a la falla normal VLE370, mientras que en el pozo VLE0432 se encuentra totalmente ausente debido a la falla normal FN_BLUESKY_VLE326, C-2-2 se extiende con espesor de 52' aumentando en los pozos VLE1413 y VLE0094 a 92' y presentándose ausente en los pozos VLE0370 y VLE0432 debido a las fallas normal VLE370 y FN_BLUESKY_VLE326 respectivamente, C-2-1 presenta un espesor de 93' presentándose ausente en el pozo VLE0370 debido a la falla normal VLE370 y parcialmente ausente en el pozo VLE0432 hacia la parte media-superior debido a la falla normal

FN_BLUESKY_VLE326, C-2-1a posee un espesor de 121' presentándose ausente en el pozo VLE0370 debido a la falla normal VLE370, C-2-1b presenta un espesor de 67' y C-2-1c un espesor de 62' presentándose parcialmente ausente hacia el tope en el pozo VLE0370 debido a la falla normal VLE370.

En cuanto a la distribución de los fluidos, estos se distribuyen de manera homogénea a lo largo de la sección, comenzando a observar parcialmente drenadas las sub-unidades, principalmente en los pozos VLE0746 y VLE0386.

SECCION E-E':

Ubicada en la parte este del área VLE326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende los pozos VLE0339 y VLE0713 pertenecientes al área VLE-305 y los pozos VLE0575, VLE0575A, VLE1048, VLE0097, VLE0846, VLE0470, VLE0738, VLE0968 y VLE0460 pertenecientes al área VLE-326/455 (Anexo V_g).

En esta sección se observan claramente dos tendencias dominantes en el yacimiento, una tendencia de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies corresponden a canales distributarios y canales abandonados, los cuales se distribuyen en todo el yacimiento, principalmente hacia el SW, y otra tendencia de cuerpos granocrecientes hacia el tope cuya respuesta del GR indica depósitos de barras de desembocadura, las cuales predominan principalmente hacia el NE de la sección.

Muchos de estos desarrollos de cuerpos de areniscas se presentan con facies arcillosas dándole una geometría aserrada a la respuesta del GR, y se presentan como cuerpos apilados intercalados con lutitas, muchos de ellos cohalesciendo o formando los pares deltáicos, típicos de este tipo de ambientes.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 80', C-2-4 presenta un espesor que varía entre 135 y 94', C-2-3 presenta un espesor de 81', C-2-2 se extiende con espesor de 65', C-2-1 posee un espesor de 73' presentándose

parcialmente ausente en el pozo VLE0470 debido a la falla normal FN_PINK2_VLE326, C-2-1a posee un espesor de 120' presentándose ausente en el pozo VLE0470 debido a la falla normal FN_PINK2_VLE326, mientras que en los pozos VLE0738, VLE0968 y VLE1434 se encuentra parcialmente ausente hacia la base debido a las fallas normales FN_YELLOW_VLE326 y FN_GREY_VLE326 respectivamente. C-2-1b se extiende con un espesor de 80', presentándose parcialmente ausente en los pozos VLE0470 y VLE1413 debido a las fallas normales FN_PINK2_VLE326 y FN_GREY_VLE326 respectivamente, mientras que en los pozos VLE073 y VLE0968 se encuentra ausente debido a las fallas normales FN_YELLOW_VLE326 y FN_GREY_VLE326 y C-2-1c posee un espesor de 75' presentándose ausente en los pozos VLE0097 y VLE0738 FN_ORANGE_VLE326 y FN_YELLOW_VLE326 respectivamente, mientras que en el pozo VLE0968 se encuentra parcialmente ausente hacia el tope debido a la falla FN_GREY_VLE326.

En cuanto a la distribución de los fluidos, comienza a observarse que las sub-unidades se encuentra invadidas por el agua, las mayores acumulaciones de petróleo se observa hacia los pozos VLE1434 y VLE460 ubicados al NE y en el pozo VLE0339 ubicado al SW.

SECCION F-F':

Ubicada en la parte central del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende el pozo VLE1221 perteneciente al área VLE-305 y los pozos VLE0346, VLE0346ST, VLE1354, VLE0683, VLE0445 y VLE0098 pertenecientes al área VLE326/455 (Anexo V_h).

En esta sección se puede observar la heterogeneidad vertical y lateral del yacimiento, compuesta por la presencia de desarrollos de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios, canales abandonados, barras de desembocadura, abanicos de rotura y planicies de inundación.

Estos desarrollos no presentan continuidad lateral a lo largo de la sección y se extienden con espesores variables, presentando en muchas ocasiones facies arcillosas que le dan apariencia aserrada a las curvas GR. Las sub-unidades C-2-4 y C-2-2 presentan buenos desarrollos de cuerpos de areniscas cuyos espesores son equivalente a los espesores de las sub-unidades respectivas, mientras que la sub-unidad C-2-3 se presenta mas lutítica evidenciando retrogradación de la secuencia. Hacia el tope del yacimiento la sub-unidad C-2-5 continua presentando su carácter predominantemente lutítico.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 89', C-2-4 presenta un espesor promedio de 110', C-2-3 presenta un espesor de 120', presentándose parcialmente ausente hacia la base en los pozos VLE0346 y VLE1354 debido a las fallas normales FN_ORANGE_VLE326 y FN_PURPURE_VLE326 respectivamente, C-2-2 se extiende con espesor de 111' en los pozos VLE1221, VLE0346ST y VLE1354, y 67' en los pozos VLE0683, VLE0445 y VLE0098, en el pozo VLE0346 se encuentra ausente debido a la falla normal FN_ORANGE_VLE326, C-2-1 presenta un espesor de 111' disminuyendo a 59' en los VLE0683, VLE0445 y VLE0098, C-2-1a un espesor de 75', C-2-1b un espesor de 83', y C-2-1c un espesor de 77'.

En cuanto a la distribución de los fluidos, se observarse que las sub-unidades se encuentra invadidas por el agua, las mayores acumulaciones de petróleo se observa hacia los pozos VLE1221 y VLE0346ST ubicados al SW pertenecientes al área VLE305.

SECCION G-G':

Ubicada en la parte central del área VLE326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende el pozo VLE0334 y VLE1286 perteneciente al área VLE-305 y

los pozos VLE0717, VLE0383, VLE0685, VLE0754, VLE0754ST y VLE0360 pertenecientes al área VLE-326/455 (Anexo V_k).

Esta sección sigue mostrando la heterogeneidad estratigráfica del yacimiento, conformada por numerosos desarrollos de cuerpos de areniscas que no presentan continuidad lateral ni vertical a lo largo de la sección. De esta manera se puede observar hacia las unidades superiores el predominio de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios y canales abandonados, así como depósitos de abanicos de rotura y llanuras de inundación, mientras que hacia las sub-unidades inferiores predominan los desarrollos de cuerpos de areniscas, los cuales corresponden a barras de desembocadura. Los mayores desarrollos de cuerpos de areniscas se presentan en la sub-unidad C-2-4, la cual esta conformada por desarrollos de cuerpo cuya respuesta del GR es marcadamente cilíndrica que se interpreta de acuerdo a las características de electrofacies como canales distributarios. Hacia el tope del yacimiento se observa el carácter predominantemente lutítico de la sub-unidad C-2-5.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 113' disminuyendo a 68' en el pozo VLE0360, C-2-4 presenta un espesor promedio de 126', C-2-3 presenta un espesor de 72' aumentando a 103' en el pozo VLE0360 y disminuyendo a 55' en el pozo VLE0334, C-2-2 se extiende con espesor de 107', C-2-1 presenta un espesor de 76', C-2-1a posee un espesor de 84' disminuyendo en los pozos VLE0334 y VLE1286 a 53', C-2-1b presenta un espesor de 95' disminuyendo a 61' en el pozo VLE0334, y C-2-1c un espesor de 68'.

En cuanto a la distribución de los fluidos, se observa que las sub-unidades se encuentran invadidas por el agua, las mayores acumulaciones de petróleo se observa hacia los pozos VLE0334y VLE1286 ubicados al SW pertenecientes al área VLE-305. La sub-unidad C-2-4 es la única que se presenta saturada de petróleo.

SECCIONES H-H”:

Ubicada en la parte central del área VLE326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende el pozo LPG1211 y LPG1229 perteneciente al área VLE-305 y los pozos VLE0627, VLE0740ST, VLE0740 y VLE0641 pertenecientes al área VLE326/455 (Anexo V_k).

En esta sección se sigue observando el carácter predominante de los depósitos de canales distributarios hacia la parte superior del yacimiento principalmente en la sub-unidad C-2-4, mientras que hacia las sub-unidades inferiores predominan los depósitos de barras de desembocadura. Estos desarrollos presentan facies arcillosas las cuales le dan una geometría aserrada a la respuesta de la curva GR. Estos desarrollos de cuerpos de areniscas se presentan apilados intercalados con lutitas formando pequeños lentes que varían entre los 10' y 30' de espesor.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 111' disminuyendo a 59' en el pozo VLE0627, C-2-4 presenta un espesor promedio de 132', C-2-3 presenta un espesor de 74', C-2-2 se extiende con espesor de 64', C-2-1 presenta un espesor de 51', C-2-1a posee un espesor de 49', C-2-1b un espesor de 82', y C-2-1c un espesor de 90'.

En cuanto a la distribución de los fluidos, se observa que las sub-unidades se encuentran invadidas por el agua, las mayores acumulaciones de petróleo se observan en el pozo LPG1211 ubicado al SW perteneciente al área VLE305. La sub-unidad C-2-4 es la única que se presenta saturada de petróleo.

SECCION H’-H”:

Ubicada en la parte oeste del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE y comprende el pozo LPG1220 y LPG1465 perteneciente al área VLE-305 y

los pozos LPG1208, LPG1042, VLE1299, VLE0554 y VLE0641 pertenecientes al área VLE-326/455 (Anexo V_I).

Al igual que en la sección anterior, se sigue observando el carácter predominante de los depósitos de canales distributarios hacia la parte superior del yacimiento principalmente en la sub-unidad C-2-4, mientras que hacia las sub-unidades inferiores predominan los depósitos de barras de desembocadura. Estos desarrollos presentan facies arcillosas las cuales le dan una geometría aserrada a la respuesta de la curva GR. Estos desarrollos de cuerpos de areniscas se presentan apilados intercalados con lutitas formando pequeños lentes que varían entre los 10' y 30' de espesor. Los mejores desarrollos de cuerpos de areniscas se presentan hacia las sub-unidades superiores principalmente en las sub-unidades C-2-4 y C-2-3.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente manera: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 102, C-2-4 presenta un espesor promedio de 109', C-2-3 presenta un espesor de 80', C-2-2 se extiende con espesor de 86', C-2-1 presenta un espesor de 101', C-2-1a posee un espesor de 80', C-2-1b un espesor de 61', y C-2-1c un espesor de 56'.

En cuanto a la distribución de los fluidos, se observa que las sub-unidades se encuentran invadidas por el agua, las mayores acumulaciones de petróleo se observa hacia los pozos LPG1220 y LPG1465 ubicados al SW pertenecientes al área VLE305, también se observa acumulación de hidrocarburo en la sub-unidad C-2-4 en el pozo LPG1042.

5.3.2 SECCIONES ESTRATIGRAFICAS CON DIRECCION NW-SE:

SECCION I-I':

Ubicada en la parte oeste del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección NW-SE y comprende los pozos LPG0727, LPG1041, LPG1208, VLE0836 y VLE0717 (Anexo V_m).

En esta sección se observa el carácter predominante de los depósitos de canales distributarios hacia la parte superior del yacimiento principalmente en la sub-unidad C-2-4, mientras que hacia las sub-unidades inferiores predominan los depósitos de llanuras de inundación, canales abandonados y abanicos de rotura, observándose así el carácter netamente de planicie deltática en esta zona del yacimiento. Estos desarrollos presentan facies arcillosas las cuales le dan una geometría aserrada a la respuesta de la curva GR. Estos desarrollos de cuerpos de areniscas se presentan apilados intercalados con lutitas formando pequeños lentes que varían entre los 10' y 30' de espesor. Los mejores desarrollos de cuerpos de areniscas se presentan hacia las sub-unidades superiores principalmente en las sub-unidades C-2-4 y C-2-3.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 105', C-2-4 presenta un espesor promedio de 126', C-2-3 presenta un espesor de 93', C-2-2 se extiende con espesor de 83', C-2-1 presenta un espesor de 91', C-2-1a un espesor de 91', C-2-1b un espesor de 82', y C-2-1c un espesor de 102'.

En cuanto a la distribución de los fluidos, se observa que las sub-unidades en esta zona se encuentran totalmente invadidas por el agua.

SECCION B”-B’:

Ubicada en la parte NE del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección NW-SE y comprende el pozo VLE0968, VLE0432, VLE0091, VLE1425, VLE0962, VLE1438 y VLE0095 (Anexo V_d).

En esta sección se puede observar la heterogeneidad estratigráfica vertical y lateral del yacimiento, compuesto principalmente por desarrollos de cuerpos de areniscas granocrecientes hacia el tope, cuya respuesta del GR es en forma de embudo, que de acuerdo a las características de electrofacies corresponde a depósitos de barras de desembocadura, indicando que en esta zona el yacimiento se encuentra predominantemente en una zona de frente de delta.

En algunos pozos también se puede observar la presencia de cuerpos de areniscas interpretados como canales distributarios, los cuales no presentan continuidad lateral a lo largo del yacimiento. Hacia el tope de la secuencia C-2, se sigue observando el carácter predominantemente lutítico de la sub-unidad C-2-5, la cual marca el fin de la sedimentación de las arenas C-2.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 82' disminuyendo a 51' en el pozo VLE0432, se encuentra parcialmente ausente hacia la base en los pozos VLE1425 y VLE0962 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE326, C-2-4 presenta un espesor promedio de 115' en el pozo VLE0968 y 85' en el pozo VLE0095, presentándose parcialmente ausente hacia la base en los pozos VLE0432, VLE0091 y VLE1438 debido a las fallas normales FN_BLUESKY_VLE326, FN_PINK1_VLE326 y FN_YELLOW_VLE326 respectivamente, y ausente en los pozos VLE1425 y VLE0962 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE326, C-2-3 presenta un espesor de 54' en los pozos VLE0968 y VLE0095, mientras que en el resto de los pozos se encuentra ausente debido a las fallas normales FN_BLUESKY_VLE326, FN_PINK1_VLE326 y FN_YELLOW_VLE326, C-2-2 se extiende con espesor de 62' presentándose ausente en los pozos VLE0432, VLE0091,

VLE1425, VLE0962 y VLE1438 debido a las fallas normales FN_BLUESKY_VLE326, FN_PINK1_VLE326 y FN_YELLOW_VLE326, C-2-1 presenta un espesor de 85' presentándose parcialmente ausente hacia la base en el pozo VLE0432 debido a la falla normal FN_BLUESKY_VLE326 y ausente en los pozos VLE0091, VLE1425 y VLE0962 debido a las fallas normales FN_PINK1_VLE326 y FN_YELLOW_VLE326, C-2-1a posee un espesor de 90' presentándose parcialmente ausente hacia la base en el pozo VLE0968 debido a la falla normal FN_GREY_VLE326, mientras que en el pozo VLE0091 se encuentra parcialmente ausente hacia el tope debido a la falla normal FN_PINK1_VLE326, y en los pozos VLE1425 y VLE0962 se encuentra ausente debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE326, C-2-1b posee un espesor de 49' encontrandoce ausente en los pozos VLE0968 y VLE0962 debido a las fallas normales FN_GREY_VLE326 y FN_YELLOW_VLE326 y parcialmente ausente hacia el tope en el pozo VLE1425 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE0326, y C-2-1c posee un espesor de 55', presentándose parcialmente ausente hacia el tope en el pozo VLE0968 debido a la falla normal FN_GREY_VLE326.

SECCION A”-A’:

Ubicada en la parte este del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección NW-SE y comprende el pozo VLE0738, VLE0999, VLE0715, VLE1186, VLE1209, VLE0970, VLE1273, VLE0371 y VLE0431 (Anexo V_b).

En esta sección se puede observar la heterogeneidad vertical y lateral del yacimiento, compuesta por la presencia de desarrollos de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios, canales abandonados, barras de desembocadura, abanicos de rotura y planicies de inundación.

Los mayores desarrollos de cuerpos de areniscas se observan hacia la parte superior del yacimiento, principalmente en las sub-unidades C-2-5 y C-2-4, las cuales están

dominadas por desarrollos de cuerpos que se interpretan como canales distributarios hacia el NW pasando lateralmente a barras de desembocadura hacia el SE. Las sub-unidades inferiores también muestran esta tendencia, sin embargo los desarrollos de cuerpos de areniscas se hacen de menor espesor, presentándose en muchos casos apilados intercalados con lutitas y presentando facies arcillosas que le dan apariencia aserrada la curva GR. En algunas sub-unidades puede observarse los pares deltáicos, típicos de este tipo de ambiente, los cuales se encuentran definidos por canales cortando barras, indicando la zona de transición entre la planicie deltáica y el frente deltáico.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 108', C-2-4 presenta un espesor promedio de 90', presentándose parcialmente hacia la base en los pozos VLE0999, VLE0970, VLE0731 y VLE0431 debido a las fallas normales FN_YELLOW_VLE326, FN_GREY_VLE326 y FN_BROWN_VLE326 respectivamente, C-2-3 presenta un espesor de 70' encontrándose ausente en el pozo VLE0999 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE326, parcialmente ausente hacia la base en el pozo VLE1273 debido a la falla normal FN_GREY_VLE326 y parcialmente hacia el tope en los pozos VLE0371 y VLE0431 debido a las fallas normales FN_GREY_VLE326 y FN_BROWN_VLE326 respectivamente, C-2-2 se extiende con espesor de 72' presentándose ausente en el pozo VLE0999 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE326 y parcialmente ausente hacia el tope en el pozo VLE1273 debido a la falla normal FN_GREY_VLE326, C-2-1 presenta un espesor de 80' encontrándose ausente en el pozo VLE0999 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE326, C-2-1a un espesor de 113' presentándose parcialmente ausente hacia la base en el pozo VLE0738 y ausente en el pozo a la falla normal FN_YELLOW_VLE326, C-2-1b un espesor de 71' encontrándose parcialmente ausente hacia el tope en los pozos VLE0738 y VLE0999 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE326 y parcialmente ausente hacia la base en el pozo VLE1186 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE0326, y C-2-1c un espesor de 75',

presentándose parcialmente ausente en el pozo VLE0738 debido a la falla normal FN_YELLOW_VLE326.

En cuanto a la distribución de los fluidos, se observan buenas acumulaciones de hidrocarburos a lo largo de la sección, solo en los pozos VLE0371 y VLE431 el yacimiento se encuentra parcialmente drenado en las sub-unidades.

SECCION G'-G'':

Ubicada en la parte este del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección NW-SE y comprende el pozo VLE0360, VLE0098, VLE0846, VLE0386, VLE0723ST, VLE1408, VLE0976, VLE1296, VLE0684 y VLE0764 (Anexo V_j).

En esta sección se puede observar la heterogeneidad vertical y lateral del yacimiento, compuesta por la presencia de desarrollos de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios, canales abandonados, barras de desembocadura, abanicos de rotura y planicies de inundación.

Estos desarrollos no presentan continuidad lateral a lo largo de la sección y se extienden con espesores variables, presentando en muchas ocasiones facies arcillosas que le dan apariencia aserrada a las curvas GR.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 111', C-2-4 presenta un espesor promedio de 119', C-2-3 presenta un espesor de 104' aumentando a 140' en los pozos VLE0684 y VLE0764, y disminuyendo a 62' en el pozo VLE0098, C-2-2 se extiende con espesor de 54' aumentando a 114' en los pozos VLE0976, VLE1296, VLE0684 y VLE0764, C-2-1 presenta un espesor de 83', C-2-1a un espesor de 111', C-2-1b un espesor de 78', y C-2-1c un espesor de 95', disminuyendo en los pozos VLE0360, VLE0386 y VLE0764 a 95'.

En cuanto a la distribución de los fluidos, se observan claramente como se distribuyen estos a lo largo del yacimiento, encontrándose las mejores acumulaciones hacia el SE mientras que hacia el NW se observa mas el avance del agua contra las sub-unidades.

SECCION J-J':

Ubicada en la parte central del área VLE-326/455, extendiéndose con una dirección NW-SE y comprende los pozos LPG0828, VLE0641, VLE0538, VLE0685, VLE1356, VLE0683, VLE0326, VLE0746, VLE0653 y VLE0691 (Anexo V_n).

En esta sección se puede observar la heterogeneidad vertical y lateral del yacimiento, compuesta por la presencia de desarrollos de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios, canales abandonados, barras de desembocadura, abanicos de rotura y planicies de inundación.

Los mejores desarrollos de cuerpos de areniscas se observan hacia las sub-unidades superiores, principalmente en las sub-unidades C-2-4 y C-2-3, mientras que en el resto de las sub-unidades estos desarrollos disminuyen de espesor, presentándose con espesores variables entre 10 y 30', los cuales se presentan apilados con intercalaciones de lutitas, en muchos casos estos desarrollos se encuentran cohalesciendo o formando los pares deltáicos, indicando la zona de transición entre la planicie deltáica y el frente deltáico.

Los espesores de las sub-unidades en esta sección, se distribuyen de la siguiente forma: la sub-unidad C-2-5 presenta un espesor promedio de 112', C-2-4 presenta un espesor promedio de 80', C-2-3 presenta un espesor de 103', C-2-2 se extiende con espesor de 73', C-2-1 presenta un espesor de 86', C-2-1b un espesor de 91', y C-2-1c un espesor de 76'.

5.4 MAPAS DE ARENA NETA TOTAL.

Los mapas de ANT correspondientes al tope (sub-unidad C-2-5) y la base (sub-unidad C-2-1c) del yacimiento C-2/VLE326/455 (Anexo VIII), muestran claramente las tendencias de los principales desarrollos de arenas y sus espesores. De esta manera se puede observar en el mapa correspondiente a la sub-unidad C-2-5 (Anexo VIII_a) el predominio de dos principales tendencias de desarrollos de areniscas, las cuales se extienden con orientación SW-NE, corroborando la dirección de la sedimentación y presentando espesores que varían entre los 40' y 70'.

Estas dos tendencias se extienden hacia el oeste y este de la sub-unidad, separadas por una zona que presenta poco desarrollo de arenas (10' promedio). Hacia el norte del de la sub-unidad estos desarrollos se presentan escasos cuyos intervalos varían entre 0' y 20' de espesor promedio, lo cual indica el predominio de facies lutíticas.

En el mapa de ANT correspondiente a la sub-unidad C-2-1c (Anexo VIII_b), sigue observándose esta tendencia SW-NE de los principales desarrollos de arenas, de esta manera se observa dos tendencias de desarrollos de arenas, las cuales se ubican hacia la parte central y este de la sub-unidad respectivamente presentando espesores que varían entre los 20' y 80'. Estos desarrollos se encuentran separados por un intervalo de menor espesor que presentan valores entre los 0' y 20'. Hacia el NE de la sub-unidad estos desarrollos disminuyen suavemente de espesor hasta llegar a los 0' en la parte mas NE, indicando el predominio de depósitos lutíticos.

5.5 MAPAS DE ELECTROFACIES.

Basándose en la descripción de las secciones estratigráficas y las electrofacies definidas en el yacimiento, se elaboraron los mapas de electrofacies (Anexo IX) correspondientes a las sub-unidades C-2-5 (tope del yacimiento) y C-2-1c (base del yacimiento), los cuales arrojan los siguientes resultados:

El mapa de electrofacies correspondiente a la sub-unidad C-2-5 (Anexo IX_a), muestra la configuración paleoambiental de la sub-unidad, definida en toda la franja SW por un sistema de planicie deltática dominado principalmente por depósitos de canales distributarios, los cuales se extienden con dirección SW-NE siguiendo la dirección de la sedimentación y corroborando la tendencia de arenas observada en el mapa de ANT correspondiente a esta sub-unidad. En esta zona también se observan la presencia de depósitos de bordes de canal, llanuras aluviales y abanicos de rotura.

Hacia la franja NE se observa el predominio de la zona correspondiente al frente de delta, el cual está dominado por desarrollos granocrecientes que corresponde a barras de desembocadura, así como desarrollos luticos de frente de delta. Tales sub-ambientes se encuentran limitados marcadamente por la línea paleocostera que marca la transición de la planicie deltática al frente de delta.

En el mapa correspondiente a la sub-unidad C-2-1c las electrofacies se distribuyen siguiendo la misma tendencia observada en la sub-unidad anterior, con una planicie deltática que se extiende hacia la franja SW de la sub-unidad y un frente de delta que se extiende hacia la franja central y NE de la misma.

Se puede observar en esta sub-unidad que los depósitos correspondientes a canales distributarios se hacen más marginales, debido al avance del frente de delta sobre la planicie deltática, predominando en esta zona los depósitos correspondientes a bordes de canal, llanuras aluviales y abanicos de rotura. Estos depósitos se extienden siguiendo una dirección SW-NE marcando la dirección de la sedimentación, y siguiendo las tendencias de los principales desarrollos de arenas observados en el mapa de ANT correspondiente a esta sub-unidad.

Hacia la franja central y NE de la sub-unidad se observa el predominio del frente de delta, dominado por depósitos de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican barras de desembocadura, así como lutitas del frente de delta. De igual forma se observa la transición de una zona a otra marcada por la línea paleocostera.

5.6 MAPA DE ATRIBUTOS SISMICOS.

A partir del mapa de atributos sísmicos del tipo amplitud correlacionado con los parámetros de arena neta, construido para la sub-unidad C-2-3, se pueden observar claramente las tendencias de los principales desarrollos de areniscas, representándose en color rojo, anaranjado y amarillo, estos desarrollos coinciden con los mayores espesores de arenas observados en los mapas de ANT (Anexo VIII) y se distribuyen con orientación NW-SE obedeciendo la dirección de la sedimentación (Figura N°66).

De igual forma se observan en el mapa de atributos las zonas que presentan poco desarrollos de arenas, las cuales se presentan en tonalidades verdes y azules, correspondiéndose de igual forma con las zonas de cero (0) isópacos en los mapas de ANT.

De acuerdo a esto se puede interpretar en este mapa de atributos, una zona de plano deltáico, dominados por un complejo sistema de bahía deltáica cortada transversalmente (NW-SE) por una serie de canales distributarios, los cuales degradan hacia el norte hacia una zona dominada por un frente de delta (Figura N°71a).

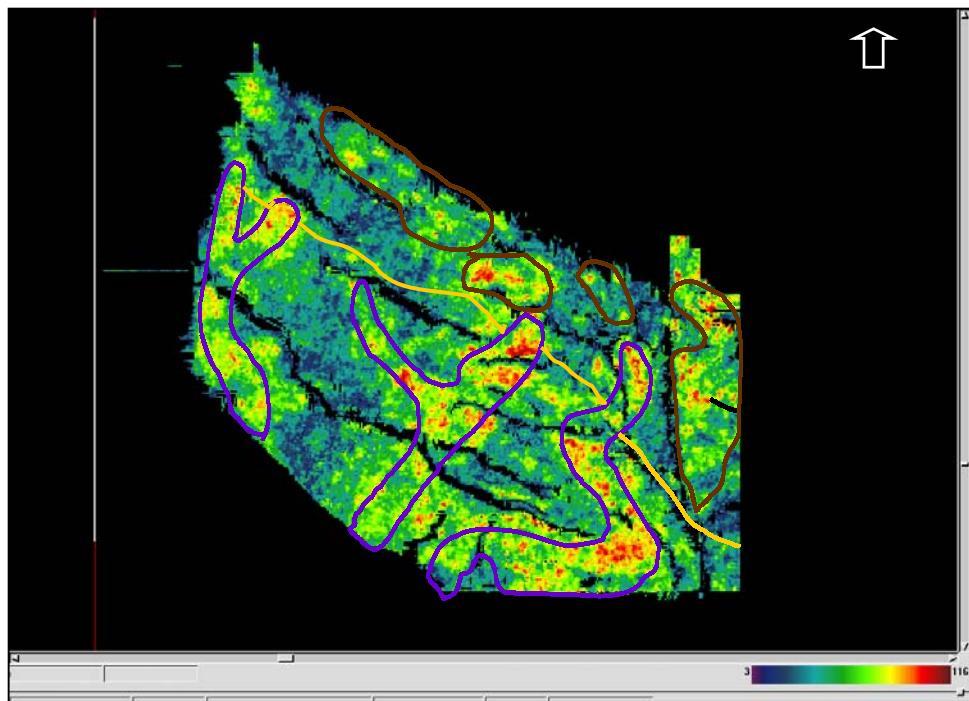


Figura N°71a. Mapa de atributos sísmicos de la sub-unidad C-2-3. Se observan las principales tendencias de los desarrollos de areniscas, que corresponden a canales interdistributarios en tonalidades rojas a amarillas, y desarrollos lutíticos en tonalidades azules. Los desarrollos bordeados con color púrpura se interpretan como canales distributarios, mientras que los bordeados con marrón se interpretan como barras de desembocadura, el resto corresponde a depósitos de bahía deltática. La línea amarilla indica la posible línea de transición de la planicie deltática al frente de delta.

5.7 MARCO SISMO-ESTRUCTURAL:

Una de las herramientas más importantes para definir el marco estructural del yacimiento C-2/VLE326/455 fue la elaboración de 12 secciones sísmicas-estructurales (Anexo III); 9 perpendiculares al rumbo principal de las fallas y 3 semi-paralelas al rumbo de estas, las cuales se realizaron con el objeto de visualizar el marco tectónico del yacimiento, definiendo así las diferentes fallas observables en sísmica y la tendencia del buzamiento de sus estructuras y morfoestructuras. A continuación se da una breve descripción de estas secciones sísmicas-estructurales, mostradas en el Anexo III, agrupadas de acuerdo a la información estructural que presentan cada una de ellas.

5.7.1 SECCIONES SÍSMICAS SW-NE:

SECCION SÍSMICA A-A' (Anexo III_a):

Marca la terminación SE del yacimiento, en la cual se observan 2 fallas de tipo normal, identificadas así, por el tipo de desplazamiento que muestran los marcadores estratigráficos, de esta manera se observa la falla VLE370 identificada en color naranja, la cual constituye el límite entre las áreas VLE305 al sur y VLE326/455 al norte, y la falla normal FN_BROWN_VLE326 la cual corta se encuentra cortando el pozo VLE0431 a nivel de C-2.

SECCIONES SÍSMICAS B-B', C-C', D-D' E-E' (Anexos III_b, III_c, III_d y III_e):

En estas secciones se puede observar a manera global las distintas fallas que dominan la estructura del yacimiento C-2/VLE326/455, cada una de ellas identificadas operacionalmente con un color. De esta manera se observa un conjunto de fallas con planos de buzamientos altos (70-80°) y vergencias al NE las cuales seccionan la secuencia estudiada en bloques escalonados, que descienden de SW a NE. Hacia la parte NE del yacimiento se puede observar en la sección C-C' (Anexo III_c) un alto estructural que corresponde al área VLE455, la cual esta conformada por una estructura anticlinal la cual se encuentra seccionada por un conjunto de fallas normales e inversas que controlan esta estructura, esta configuración estructural se muestra claramente en la sección esquemática del Anexo XII_a (Figura N°71).

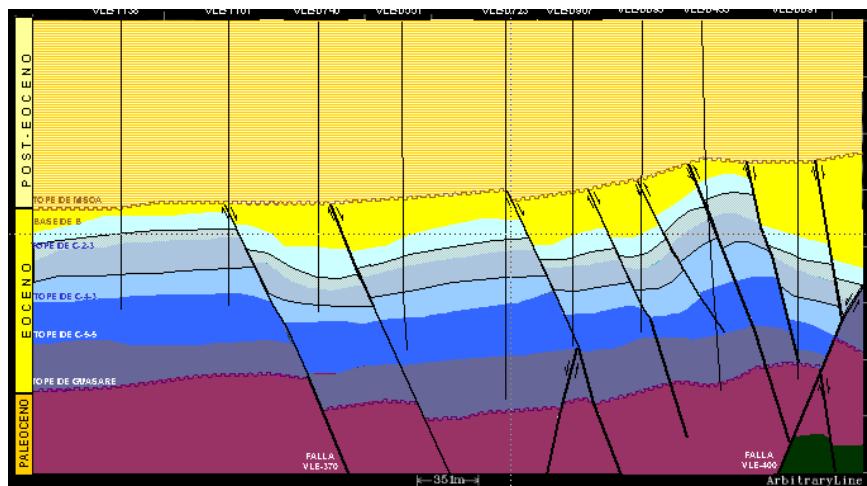


Figura N°71. Sección estructural esquemática que muestra el estilo estructural dominante al este del yacimiento C-2/VLE326/455. Se observan los principales sistemas de fallas dominantes en la zona. La sección en color gris, representa el espesor del yacimiento.

Las fallas observadas en estas secciones sísmicas-estructurales corresponden en un primer lugar a fallas normales, dentro del las cuales destacan: la falla normal VLE370 la cual constituye el límite entre las áreas VLE305 y VLE326/455, y las fallas FN_PURPURE_VLE326 la cual es una falla interpretada en sísmica, FN_ORANGE_VLE326, FN_BROWN_VLE326, FN_PINK2_VLE326, FN_YELLOW_VLE326 y la falla FN_BLUESKY_VLE326 observada en la sección D-D (Anexo III_d), las cuales son fallas interpretadas en sísmica y correlacionables en los pozos del área.

Otro conjunto de fallas observadas en estas secciones, es un sistema de fallas inversas, las cuales al igual que las anteriores presentan planos de buzamientos altos (80-85°) y vergencia al NE. Este sistema de fallas se ubica hacia la parte NE del yacimiento en la zona correspondiente al área VLE455 y corresponde a las fallas inversas FR_GRENN_VLE326 y FR_GREY_VLE326, las cuales son las principales fallas que dominan el alto estructural denominado operacionalmente: área VLE455.

Es importante resaltar que la Falla inversa FR_GREY_VLE326 es una falla compuesta, debido a que presenta tramos donde posee un comportamiento inverso, como se observa en secciones sísmicas C-C' y D-D' (Anexos III_c y III_d), y en otros tramos presenta un comportamiento normal como se observa en las secciones sísmicas B-B' y E-E' (Anexos III_b y III_e), esto se debe a que esta falla pertenece al sistema de fallas remanentes asociadas a la falla VLE400 ubicada al este del yacimiento y que forma parte de la compleja estructura en flor que domina principalmente al área VLE196 ubicada al este. El comportamiento compuesto de esta falla es observado en sísmica y corroborado en la correlación estratigráfica (ver secciones estratigráfica de los anexos V_b y V_c).

Morfoestructuralmente se puede observar en las secciones sísmicas, que la tendencia del buzamiento de los estratos en el yacimiento es hacia el SW, presentando buzamientos parcialmente bajos entre los 10-15°, y que forman parte del flanco SW del enorme anticlinal fallado que constituye al Bloque V Lamar.

SECCIONES SÍSMICAS F-F', G-G'(Anexos III_f y III_g):

En ambas secciones se observan un tercer sistema de fallas que predomina en el yacimiento y que cortan la secuencia estudiada C-2. Este sistema de fallas se observa hacia el norte del yacimiento y esta constituida por un conjunto de fallas normales cuyo plano de buzamiento es alto y vergencia al SW (ver sección estructural esquemática del anexo XII_b). Estas fallas están identificadas como FN_PINK3_VLE326 y FN_YELLOW2_VLE326. Este sistema de fallas normales en conjunto con el otro sistema de fallas normales de vergencia NE forman un pequeño bloque localmente deprimido observado en la sección sísmica F-F' (Anexo III_f), el cual se asemeja a una estructura tipo “graben” (Figura N°72).

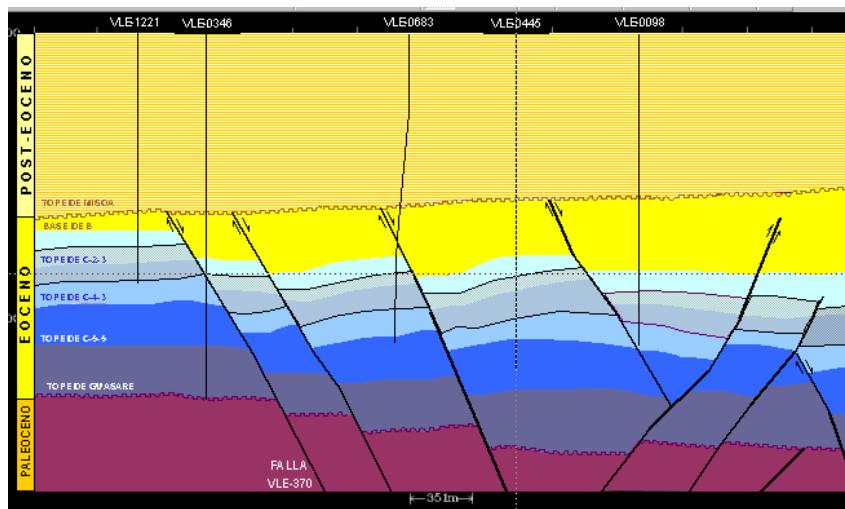


Figura N°72. Sección estructural esquemática que muestra el tercer sistema de fallas normales que domina la zona norte del yacimiento C-2/VLE326/455. La sección en color gris, representa el espesor del yacimiento.

De igual manera, en esta secciones se siguen observando hacia el SW algunas de las fallas normales mencionadas en las secciones sísmicas anteriores, presentando continuidad a lo largo del yacimiento, estas fallas corresponden a la falla normal VLE370 la cual sigue constituyendo el límite entre las áreas VLE305 y VLE326/455 y las fallas normales FN_PURPURE_VLE326, FN_ORANGE_VLE326, FN_PINK2_VLE326 y FN_YELLOW_VLE326 observadas en la sección sísmica F-F' (Anexo III_f).

En esta parte del yacimiento ya no se observan el sistema de fallas inversas correspondientes al área VLE455, y se sigue observado la tendencia de buzamiento bajo hacia el SW de los marcadores sísmicos.

SECCIONES SÍSMICAS H-H'', H'-H''(Anexos III_i y III_j):

En estas secciones sísmicas se observa el marco estructural del yacimiento hacia su parte oeste, observándose de esta manera que se mantiene presente la falla normal VLE370 y la falla normal FN_PURPURE_VLE326 ubicadas al sur del yacimiento.

Hacia el norte se observa otra falla normal perteneciente a este sistema de fallas, la cual presenta igual características que las anteriores (plano de buzamiento alto y vergencia al NE), la cual es interpretada en sísmica y correlacionada en el pozo VLE0641. Esta falla se encuentra identificada con el nombre de FN_BLUENAVY_VLE326.

Morfoestructuralmente en ambas secciones se puede observar una disminución en la tendencia del buzamiento de los marcadores estratigráficos, acercándose mas a la horizontalidad de los estratos (8-10° aprox.).

5.7.2 SECCIONES SÍSMICAS NW-SE:

SECCION SÍSMICA J-J' (Anexo III_k):

Esta sección se encuentra trazada arbitrariamente semiparalela al rumbo de las fallas, abarcando la zona NW y central y SE del yacimiento, y tiene como objeto mostrar la tendencia del buzamiento de los estratos en esas zonas. De esta manera se observan buzamientos muy suaves con tendencia hacia el SE.

SECCIONES SÍSMICAS A''-A', B''-B' (Anexos III_m y III_l):

Esta sección se encuentra trazada arbitrariamente semiparalela al rumbo de las fallas, abarcando la zona NE del yacimiento, y tiene como objeto mostrar la tendencia del buzamiento de los estratos en esas zonas y la morfoestructura dominante. De esta manera se observa claramente en ambas secciones sísmicas la estructura anticinal que domina esa zona y que ha sido identificada operacionalmente como área VLE455.

Esta estructura anticinal esta interpretada por la geometría de los marcadores estratigráficos presentes en la sísmica, la cual se observa mas pronunciada en la

sección sísmica A''-A' (Anexo III_m) y sección estructural esquemática del Anexo XII_c. Esta estructura anticlinal se observa asimétrica y totalmente seccionada por el sistema de fallas normales e inversa predominantes en esa zona (Figura N°73).

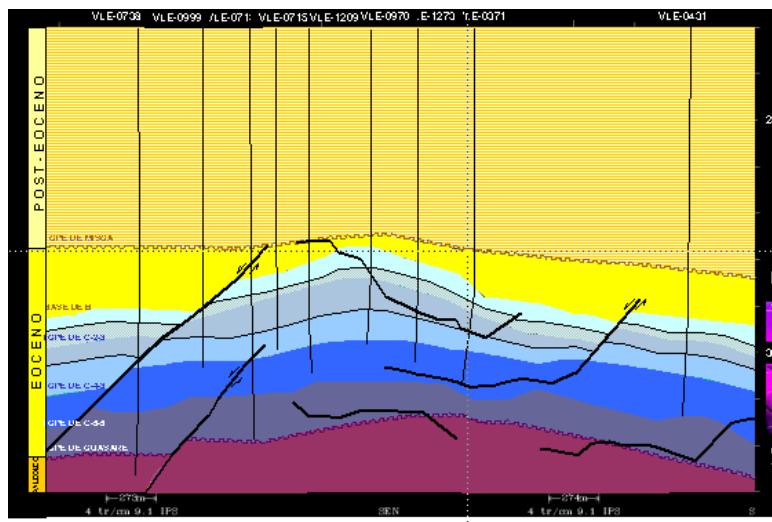


Figura N°73. Sección estructural esquemática que muestra el estilo morfoestructural del yacimiento C-2/VLE326/455 hacia la parte NE. Se observa la estructura anticinal local, la cual se encuentra seccionada por el sistema de fallas normales e inversa que predominan en la zona.

5.8 MARCO ESTRUCTURAL:

Una detallada descripción de la geología estructural del yacimiento C-2/VLE326/455 perteneciente al Bloque V Lamar, es realizada en este estudio.

Esta descripción esta basada en la revisión e interpretación del modelo estructural definido para el área VLE-326/455 por *International Reservoir Technologies* (IRT) en febrero del 2002, y forma parte del estudio integrado puesto en marcha por PDVSA, bajo la dirección de la Unidad de Estudio Integrados, Segregación Lagocincó, División Occidente para los Bloque V Lamar, V Centro y VI Lamar.

La descripción e interpretación estructural esta soportada por 12 secciones sísmicas arbitrarias (9 perpendiculares a las estructuras y 3 semi-paralelas), 3 secciones estructurales esquemáticas y 3 secciones estructurales construidas a partir de

información de pozos; todas ellas integrando principalmente data sísmica 3D e información de registros de pozos. A continuación se detalla la descripción de cada una de las secciones estructurales realizadas en el yacimiento, y mostradas en el Anexo XI.

5.8.1 SECCIONES ESTRUCTURALES:

SECCION ESTRUCTURAL A-A':

Ubicada en la parte este del área VLE326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE, y comprende los pozos VLE1138 y VLE1161 pertenecientes al área VLE305; y los pozos VLE1320, VLE0551ST, VLE0723ST, VLE0093, VLE1178 y VLE0091 pertenecientes al área VLE326/455 (Anexo XI_a).

En esta sección se observan los estilos estructurales que presenta el yacimiento a lo largo de la zona este.

FALLAS: Se observan tres importantes tendencias o sistemas de fallas, las cuales se observan claramente en sísmica (ver sección sísmica C-C' del Anexo III) y se correlacionan en los pozos del área (ver sección estratigráfica C-C' del Anexo IV).

El primer sistema de fallas, lo constituyen un conjunto de fallas normales con desplazamientos no homogéneos, cuya vergencia o buzamiento es hacia en NE. Estas fallas presentan buzamientos altos (70-80°) y entre ellas destacan la falla VLE-370 (que separa las áreas VLE305 al sur y VLE326 al norte), y las fallas FN_PURPURE_VLE326, FN_ORANGE_VLE326, FN_BROWN_VLE326 y la FN_YELLOW_VLE326. La falla FN_BROWN_VLE326 se encuentra fallando el pozo VLE0093 a nivel de C-inferior, con un desplazamiento aproximado de 250°.Este

sistema de fallas se observa cortando toda la secuencia de C-2, segmentándola en bloques escalonados, muchos de ellos rotados sobre el plano de falla.

El segundo sistema de fallas, lo constituyen un conjunto de fallas inversas ubicadas al norte del yacimiento, estas presentan vergencia o buzamientos altos, hacia el NE, y entre ellas destacan la FR_GREEN_VLE326 observada en los pozos VLE0093 a nivel de las arenas B y VLE1178 a nivel de C-inferior, con desplazamientos aproximados de 100 y 50' respectivamente; y la FR_GREY_VLE326 observada en el pozo VLE1178 a nivel de las arenas B, con un desplazamiento aproximado de 80'. Ambas fallas cortan toda la secuencia de C-2, segmentándola en bloques que constituyen altos estructurales.

El ultimo conjunto de fallas, lo constituye la falla normal FN_PINK1_VLE326 ubicada al norte, cuya vergencia o buzamiento es hacia el SW, presentando buzamientos altos (65-70°), esta falla es observada en el pozo VLE0091 presentando un desplazamiento aproximado de 250', originando entre esta y la falla FN_YELLOW_VLE326 un bloque deprimido tipo "graben".

MORFOLOGIA: En la sección se puede observar claramente el estilo morfoestructural del yacimiento C-2/VLE326/455, de esta manera se puede definir que el yacimiento C-2 presentan una tendencia de buzamiento bajo hacia el SW (10-15°), con algunos alto y bajos estructurales originados por los desplazamientos de los sistemas de fallas presentes en la zona. Hacia el norte entre los pozos VLE0093 y VLE0091 se observa el desarrollo marcado de una estructura anticlinal, dicha estructura se presenta morfológicamente asimétrica y segmentada hacia la zona crestal y flancos por los sistemas de fallas normales en inversos predominantes en el área. Este yacimiento conforma un amplio homoclinal cuyo buzamiento en hacia el SW.

SECCION ESTRUCTURAL B-B':

Ubicada en la parte central del área VLE326/455, extendiéndose con una dirección SW-NE, y comprende los pozos VLE0334 y VLE1286 pertenecientes al área VLE305 y los pozos VLE0717, VLE0383, VLE0685, VLE0764 y VLE0360 pertenecientes al área VLE326 (Anexo XI_b).

En esta sección se observan los estilos estructurales que predominan en el yacimiento en la zona centro-oeste.

FALLAS: Se observan dos importantes tendencia o sistemas de fallas, las cuales se observan claramente en sísmica (ver sección sísmica G-G' Anexo III_g).

El primer sistema de fallas lo constituyen las fallas normales con desplazamientos no uniformes, cuya vergencia o buzamiento es hacia el NE, estas fallas presentan buzamientos altos, y entre ellas destacan, la falla VLE-370 al sur (que limita las áreas VLE305 y VLE326), y las fallas FN_PURPURE_VLE326, FN_ORANGE_VLE326 y FN_PINK3_VLE326.

Este sistema de fallas se observa cortando toda la secuencia de C-2, segmentándola en bloques escalonados, descendentes de SW a NE, muchos de ellos rotados sobre su plano de falla.

El segundo sistema de fallas, lo constituye la falla normal FN_PINK2_VLE326 ubicada al norte del área, cuya vergencia o buzamiento es hacia el SW, con buzamiento alto (65-70°). Esta falla se encuentra cortando toda la secuencia de C-2, originando entre esta y la falla normal FN_PINK3_VLE326 un bloque estructuralmente deprimido tipo “graben” (esta estructura se observa mejor en la sección sísmica G-G' del Anexo III).

MORFOLOGIA: En esta sección se puede observar claramente el estilo morfoestructural del yacimiento C-2/VLE326/455 en la zona central del área VLE326/455, de esta manera se puede definir que el yacimiento C-2 presenta una tendencia de buzamiento baja (10-15°), hacia el SW, presentándose estructuralmente mas alta hacia el sur, en el área VLE-305, debido a los sistemas de fallas normales escalonados. Este yacimiento conforma un amplio homoclinal cuya tendencia de buzamiento es ligeramente suave hacia el SW.

SECCION ESTRUCTURAL C-C':

Ubicada en la parte NE del área VLE326/455, extendiéndose semi-paralela al rumbo de las fallas con una dirección NW-SE, y comprende los pozos VLE0738, VLE0999, VLE0715, VLE1209, VLE0970, VLE0371 y VLE0431 (Anexo XI_c).

En esta sección se observa el estilo morfoestructural predominante en la zona NE del yacimiento.

FALLAS: Se observan dos importantes tendencia o sistemas de fallas que dominan la estructura, las cuales se observan claramente en sísmica (ver sección sísmica A''-A' del Anexo III) y se correlacionan en los pozos del área (ver sección estratigráfica A''-A' Anexo V_b).

El primer sistema de fallas lo constituye la falla normal FN_YELLOW_VLE326, la cual se observa en los pozos VLE0738 a nivel de la base de C-2, VLE0999 a nivel de C-2-3 y en el pozo VLE0715 a nivel de C-1, presentando desplazamientos aparentes de 270, 420 y 200' respectivamente, produciendo disminución considerable en el pozo VLE0999 (donde presentan mayor salto) de la secuencia C-2 (aproximadamente 70% del espesor promedio), y poniendo en contacto la sub-unidad C-2-4 con la sub-unidad C-2-1c.

Esta falla se encuentra seccionando el flanco NW de una estructura anticinal. Esta no presentan vergencia ni buzamiento real en la sección, debido a que se encuentra semi-paralela al rumbo del plano de falla.

El segundo sistema de fallas lo constituye la falla inversa FR_GREY_VLE326, la cual se observa en los pozos VLE1209 a nivel de C-1, VLE0970 a nivel de C-2-3 y en el pozo VLE0371 a nivel de C-2-3, presentando desplazamientos aparentes de 20' en los pozos VLE1209 y VLE0970 y de 70' en el pozo VLE0371.

Esta falla se encuentra seccionando la cresta y flanco SE de una estructura anticinal correspondiente al área VLE455. Esta no presentan vergencia ni buzamiento real en la sección, debido a que se encuentra semi-paralela al rumbo del plano de falla.

MORFOLOGIA: Esta sección se realizó principalmente con el objeto de visualizar el estilo morfoestructural del yacimiento en la zona ubicada al NE del mismo, de esta manera se puede definir que en el área NE, el yacimiento esta conformado por el desarrollo marcado de una estructura anticinal, claramente observable en sísmica (ver sección sísmica A"-A" del Anexo III), esta estructura se encuentra completamente fallada en el flanco NW por la falla normal FN_YELLOW_VLE326 produciendo su desplazamiento; y en la zona crestal y flanco SE por la falla inversa FN_GREY_VLE326.

En ambos flancos, se observan altos buzamientos de los estratos (60-65° aprox.), principalmente entre las zonas comprendidas entre los pozos VLE0715 y VLE0371, suavizándose hacia las zonas laterales (pozos VLE0738 y VLE0999 en el flanco NW y pozo VLE0431 en el flanco SE).

5.9 MAPA ESTRUCTURAL Y DESCRIPCION DE CORTE EN TIEMPO.

El mapa estructural correspondiente al marcador sísmico C-2-3 (Anexo XIII) y el corte sísmico en tiempo (Figura N°62), muestra claramente la geometría del yacimiento C-2/VLE326/455. De esta manera se observan los principales sistemas de fallas que controlan la estructura del yacimiento, las cuales se extienden con una orientación NW-SE, seccionando al yacimiento en bloques estructurales que se disponen con orientación NW-SE (ver mapa estructural del tope de C-2-3, Anexo XIII), estos se encuentran escalonados conformando altos y bajos estructurales de acuerdo al tipo de falla predominante (Figura N°61).

Hacia el NE, en el corte sísmico en tiempo (Figura N°61) se observa un conjunto de fallas con orientación N-S, paralelas al sistema de fallas VLE400 ubicada al este, estas fallas al igual que las anteriores se encuentran seccionando una estructura anticlinal, ubicada la NE del yacimiento. Esta estructura anticlinal se observa con una dirección NW-SE, seccionada hacia los flancos por el sistema de fallas predominante en la zona. Las curvas estructurales en esta zona indican buzamientos altos, muy locales debido a esta estructura anticlinal, mientras que en el resto del yacimiento posee tendencia general de buzamiento suave hacia el SW.

5.10 MODELADO 3D.

A partir del modelo 3D del yacimiento, se puede observar claramente el marco estructural global del yacimiento (Figura N°62, Capítulo IV, Marco Metodológico), el cual está conformado por bloques escalonados originados por los sistemas principal de fallas normales de orientación NW-SE, los cuales descienden hacia el norte, estas fallas presentan buzamientos entre los 70° y 80° al NE y se extienden semi-perpendiculares a la falla principal VLE-400. Este sistema de fallas se identifican como fallas antitéticas. De igual forma se observa que el yacimiento tiene una tendencia de buzamiento suave entre 10° y 15° hacia el SW.

CAPITULO VI
INTEGRACION DE RESULTADOS

6. INTEGRACION DE RESULTADOS

6.1 MARCO ESTRATIGRAFICO.

Estratigráficamente el yacimiento C-2/VLE326/455 perteneciente al Bloque V Lamar, se ha sub-dividido en ocho (8) sub-unidades estratigráficas y de flujo, bien definidas y correlacionables en todos los pozos del área, presentando un espesor promedio de 710' aumentando $\pm 30'$ en la zona central, como se muestra en el panel estratigráfico del Anexo VII_b, y disminuyendo en algunos pozos hacia el NE a 500' aproximadamente debido al sistema de fallas presente en la zona, como se muestra en el panel estratigráfico del Anexo VII_c.

Estas sub-unidades están limitadas por superficies de inundación y representan los distintos ciclos progradantes, agradantes y retrogradantes bajo las cuales se depositaron las arenas del Miembro Informal C-2 de la Formación Misoa de edad Eoceno. Estas sub-unidades definidas para el yacimiento corresponden a: C-2-5, C-2-4, C-2-3, C-2-1, C-2-1a, C-2-1b y C-2-1c (Figura N°74)

VL E326	PD VSA (OFM)
C-2-5 (TOP C-2)	C-20 (TOP C-2)
C-2-4	C-21
C-2-3	C-22
C-2-2	
C-2-1	C-23U
C-2-1a	
C-2-1b	C-23L
C-2-1c	
C-3-4	TOP C-3
C-3-3	
C-3-2	
C-3-1	

Figura N°74. Unidades sub-unidades estratigráficas y de flujo definidas para el yacimiento C-2/VLE326455 en este estudio y sus equivalentes con las oficiales.

Estratigráficamente el yacimiento presenta complejidad, tanto lateral como vertical, compuesta por cuerpos sedimentarios que no presentan continuidad a lo largo del yacimiento (Figuras N°75 a y b) y que obedecen a los cambios tectoestratigráficos que predominaron durante su deposición, de esta manera las sub-unidades definidas para el yacimiento C-2/VLE326/455 se describen de la siguiente manera:

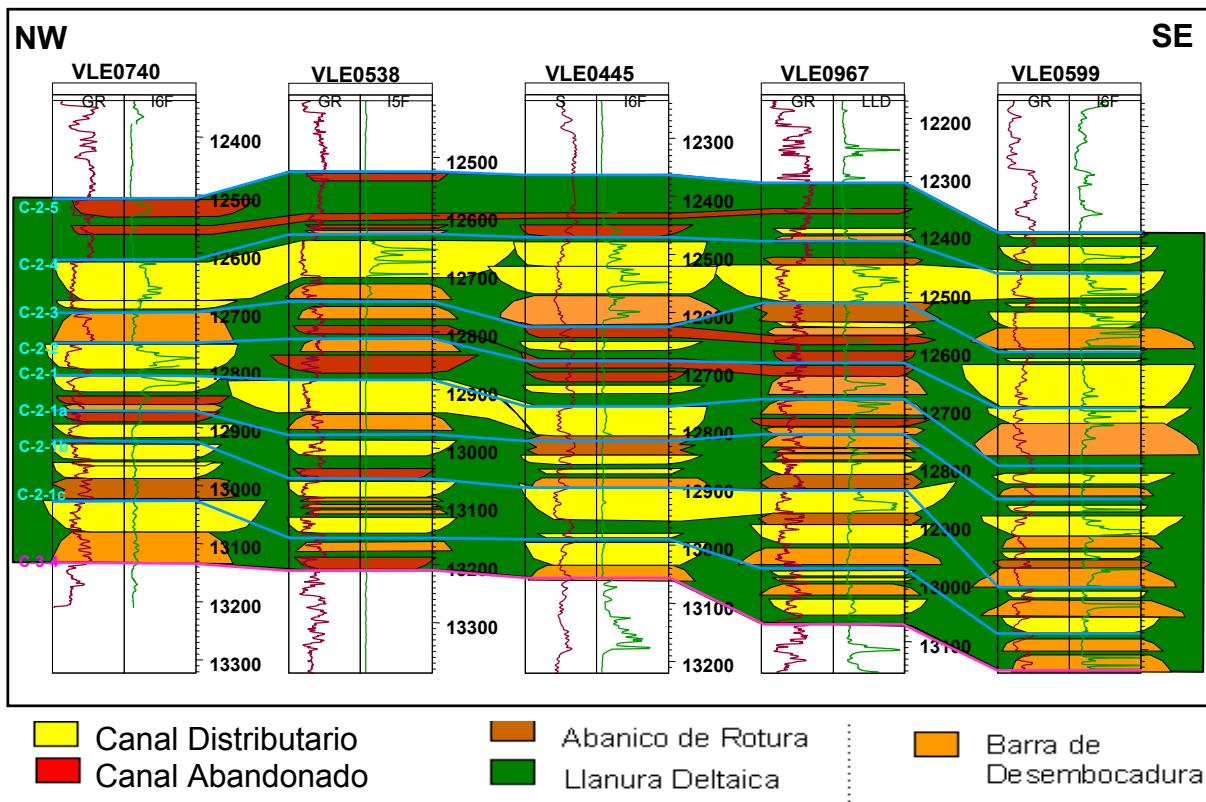


Figura N°75a. sección estratigráfica del yacimiento C-2/VLE326/455 en dirección NW-SE perpendicular al sentido de la sedimentación, donde se observa la heterogeneidad estratigráfica del yacimiento, representada en cada sub-unidad.

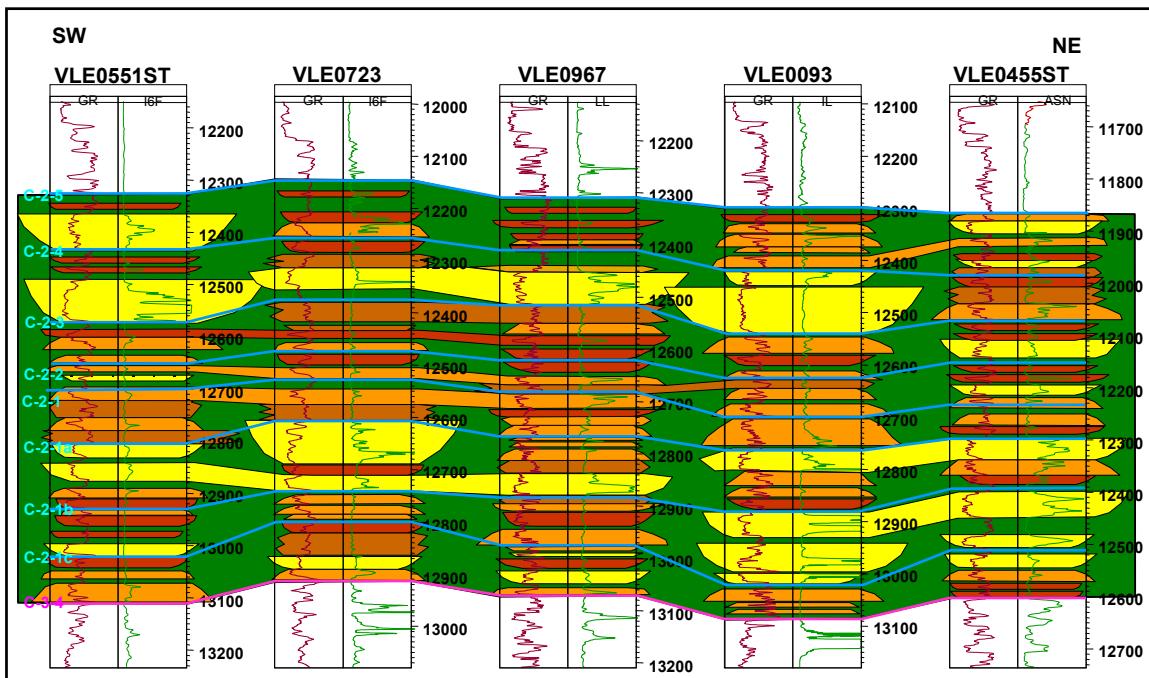


Figura N°75b. sección estratigráfica del yacimiento C-2/VLE326/455 en dirección SW-NE paralela al sentido de la sedimentación, donde se observa la heterogeneidad estratigráfica del yacimiento, representada en cada sub-unidad.

SUB-UNIDAD C-2-5: Esta sub-unidad representa el tope de la unidad C-2, se encuentra infrayacente y concordante con las arenas del Miembro Informal C-1 de la Formación Misoa, y suprayacente y concordante con la sub-unidad C-2-4. Representa un espesor promedio de 105' y esta conformado predominantemente por desarrollos de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies corresponden a depósitos de canales distributarios (ver mapa de electrofacies de la sub-unidad C-2-5 del Anexo IX_a), estos desarrollos se extienden principalmente en la franja SW, hacia las zonas oeste, central y sur-este del yacimiento, extendiéndose con direcciones que obedecen a la dirección de la sedimentación (SW-NE), esta distribución de desarrollos de arenas y dirección de las mismas se corrobora con el mapa de ANT de esta sub-unidad.(Anexo XIII a).

Estos desarrollos se observan interrumpidos por zonas de planicies de inundación, las cuales constituyen límites laterales de estos cuerpos de areniscas. De igual forma esta sub-unidad está constituida por otros desarrollos de cuerpos de arenas cuyas electrofacies indican depósitos de abanicos de rotura y canales abandonados, los cuales se extienden de igual forma, obedeciendo la dirección de la sedimentación (SW-NE). Hacia la Franja NE se presentan desarrollos de barras de desembocadura indicando la transición hacia la zona de frente de delta.

Esta sub-unidad marca el final de la deposición de las arenas del Miembro informal C-2 pertenecientes a la Formación Misoa de edad Eoceno Medio-Superior, dentro del importante ciclo transgresivo bajo el cual se depositaron las arenas del miembro informal C y que culmina con la deposición de las lutitas de la unidad informal C-1.

SUB-UNIDAD C-2-4: Esta se encuentra suprayacente y concordante a la sub-unidad C-2-3, e infrayacente y concordante con la sub-unidad C-2-5, representa un espesor promedio de 110' y esta conformada principalmente por desarrollos de cuerpos sedimentarios que no presentan continuidad lateral a lo largo del yacimiento. En esta sub-unidad la tendencia de los GR indica de acuerdo a las características de las electrofacies, el predominio de depósitos de canales distributarios, y canales abandonados, con la presencia de algunas barras hacia el norte del yacimiento, indicando uno de los pulsos progradantes bajo los cuales se depositaron las arenas de del miembro informal C-2 de la Formación Misoa.

SUB-UNIDAD C-2-3: Esta sub-unidad se encuentra infrayacente y concordante con la sub-unidad C-2-4 y suprayacente y concordante con la sub-unidad C-2-2. Representa 90' de espesor promedio, aumentando al SE a 110'. Esta sub-unidad presenta una estratigrafía compleja con variaciones laterales de facies a lo largo del yacimiento, compuesta por desarrollos de cuerpos de areniscas que no presentan

continuidad lateral, y que obedecen a la dirección de la sedimentación (SW-NE) tal como se observa en el mapa de atributos sísmicos correspondiente a la sub-unidad.(Figura N°66 del Capítulo IV), estos desarrollos presentan geometrías complejas y de acuerdo a sus características de electrofacies esta constituida una zona de planicie deltaica, donde se interpretan canales distributarios, canales abandonados, abanicos de rotura y planicies de inundación; y una zona de frente deltáico ubicada al NE donde se identifican el desarrollo de barras de desembocadura. En muchos casos se pueden identificar los pares deltáicos, constituidos por cuerpos correspondientes a canales erosionando barras, lo que indica el carácter progradante del delta.

SUB-UNIDAD C-2-2: Esta sub-unidad se encuentra infrayacente y concordante a la sub-unidad C-2-3, y suprayacente y concordante a la sub-unidad C-2-1. Representa un espesor promedio de 70', aumentando 20' en la zona sur-central (ver panel estratigráfico del Anexo XII_b, principalmente en la parte correspondiente al área VLE305.

Esta sub-unidad presenta una estratigrafía compleja compuesta por un conjunto de cuerpos sedimentarios que varia lateralmente a lo largo del yacimiento. En esta sub-unidad se observa de acuerdo a las características de las curvas GR y SP en los pozos, un predominio de cuerpos de areniscas correspondientes a canales distributarios, y abanicos de rotura los cuales se extienden a lo largo del yacimiento con una orientación SW-NE siguiendo el sentido de la sedimentación, estos cuerpos se encuentran limitados lateralmente por desarrollos de cuerpos arcillosos que constituyen sellos laterales y verticales para el hidrocarburo. De igual forma se identifican cuerpos correspondientes a barras de desembocadura hacia el NE del yacimiento. Muchos de los pozos exhiben los pares deltáicos (canales cortando barras), mostrando el carácter progradante del delta.

SUB-UNIDAD C-2-1: Esta sub-unidad se encuentra infrayacente y concordante con la sub-unidad C-2-2 y suprayacente y concordante con la sub-unidad C-2-1a. Representa un espesor promedio de 110', disminuyendo a 86' hacia el centro-oeste del yacimiento (ver panel estratigráfico del anexo VII_a).

En esta sub-unidad el yacimiento se encuentra conformado principalmente por desarrollos de cuerpos de areniscas, cuyas respuestas de electrofacies corresponden a canales distributarios, canales abandonados, los cuales se encuentran limitados lateralmente por desarrollos arcillosos que constituyen límites laterales de estos cuerpos. De igual forma presenta buen desarrollos de cuerpos de areniscas hacia la franja NE de la sub-unidad cuyas electrofacies indican barras de desembocadura.

SUB-UNIDAD C-2-1a: Esta sub-unidad se encuentra infrayacente y concordante con la sub-unidad C-2-1 y suprayacente y concordante con la sub-unidad C-2-1b. Representa un espesor promedio de 70', aumentando hacia la zona central a 107' de espesor (ver panel estratigráfico, Anexo VII_b).

Esta sub-unidad presenta al igual que las anteriores, una estratigrafía compleja, conformada por desarrollos de cuerpos de areniscas que varían lateralmente a lo largo del yacimiento y cuyas características de electrofacies indican la presencia de zonas de planicies deltáticas, donde se reconocen cuerpos de areniscas correspondientes a canales distributarios y abanicos de rotura, y una zona de frente deltáico donde se reconocen cuerpos de arenas correspondientes a barras de desembocadura. Estos cuerpos se extienden obedeciendo la dirección de la sedimentación (SW-NE).

SUB-UNIDAD C-2-1b: Esta sub-unidad se encuentra infrayacente y concordante con la sub-unidad C-2-1a, y suprayacente y concordante con la sub-unidad C-2-1c, extendiéndose con 80' de espesor promedio.

Esta conformada por desarrollos de cuerpos de areniscas que no presentan continuidad lateral a lo largo del yacimiento. Hacia la parte central del yacimiento las características de electrofacies de los pozos indican la presencia de dos cuerpos que se interpretan como canales distributarios, los cuales se extienden con una orientación SW-NE. Estos cuerpos son interrumpidos al norte, este y oeste por el desarrollos de cuerpos de arenas cuyas electrofacies corresponden a barras de desembocadura, lo que indica una zona de frente deltáico, predominantemente. Esta sub-unidad represente el ciclo transgresivo bajo el cual se depositaron las arenas del miembro informal C-2 de la Formación Misoa.

SUB-UNIDAD C-2-1c: Esta sub-unidad constituye la base de la secuencia C-2, se extiende infrayacente y concordante con la sub-unidad C-2-1b y suprayacente y concordante con el tope de la unidad informal C-3 (C-Inferior), representando un espesor promedio de 75'.

Esta conformado por un desarrollo de cuerpos de areniscas que no presentan continuidad lateral a lo largo del yacimiento. Esta sub-unidad presenta principalmente cuerpos de areniscas, cuyas electrofacies indican depósitos de canales distributarios (ver mapa de electrofacies de la subunidad C-2-1c, Anexo IX_b) estos desarrollos marginales se extienden principalmente hacia la parte oeste y SE del yacimiento, los cuales se encuentran limitados por desarrollos lutíticos, que constituyen sellos laterales para estos cuerpos, esta distribución de desarrollos de arenas y dirección de los mismos se corrobora con el mapa de ANT de esta sub-unidad (Anexo XIII_c).

Hacia la zona central y NE el yacimiento se interpreta una zona de cuerpos de areniscas cuyas electrofacies indican depósitos de barras de desembocadura, (ver mapa de electrofacies de la sub-unidad C-2-1c, Anexo IX_b). Las cuales predominan en la sub-unidad y representan la base del ciclo transgresivo bajo el cual se depositaron las arenas de C-2 de la Formación Misoa.

6.2 MARCO ESTRUCTURAL.

El modelo estructural del yacimiento C-2/VLE326/455 se ha basado en la integración de todos los datos geológicos y geofísicos disponibles y las interpretaciones resultantes realizadas durante el estudio.

El modelo asume que el yacimiento C-2/VLE326/455 se encuentra dentro del flanco SW de un amplio anticlinal con buzamiento al sur, el mismo se encuentra seccionado por 3 sistemas de fallas que dominan la estructura.

Las principales fallas en este yacimiento son la falla VLE-370, la cual esta ubicada al sur del yacimiento y constituye el limite sur del yacimiento con el área VLE305, y un ramal de sistema de fallas VLE-400, el cual se ubica hacia el NE del yacimiento y constituyen el limite este que lo separa con el área VLE-196/460.

El sistema principal lo constituyen una serie de fallas normales de ángulo alto (70-80°) y buzamiento al NE, que se extienden paralelas entre sí con una dirección NW-SE, como se observa en el mapa estructural del tope de la sub-unidad C-2-3 (Anexo XIII), este sistema de fallas esta asociado al régimen de esfuerzos extensivos ocurridos durante el Eoceno Temprano-Medio, y las cuales se originaron contemporáneas a la sedimentación.

Este sistema de fallas normales de ángulo alto y buzamiento al NE se encuentran seccionando al yacimiento en bloques escalonados que descienden de SW a NE, muchos de ellos rotados sobre el plano de falla en sentido antihorario, como se observa en la sección sísmica de la Figura N°76. Este sistema de fallas en bloques escalonados puede visualizar en el modelo 3D realizado, y mostrado en la Figura N°62 del Capítulo IV.

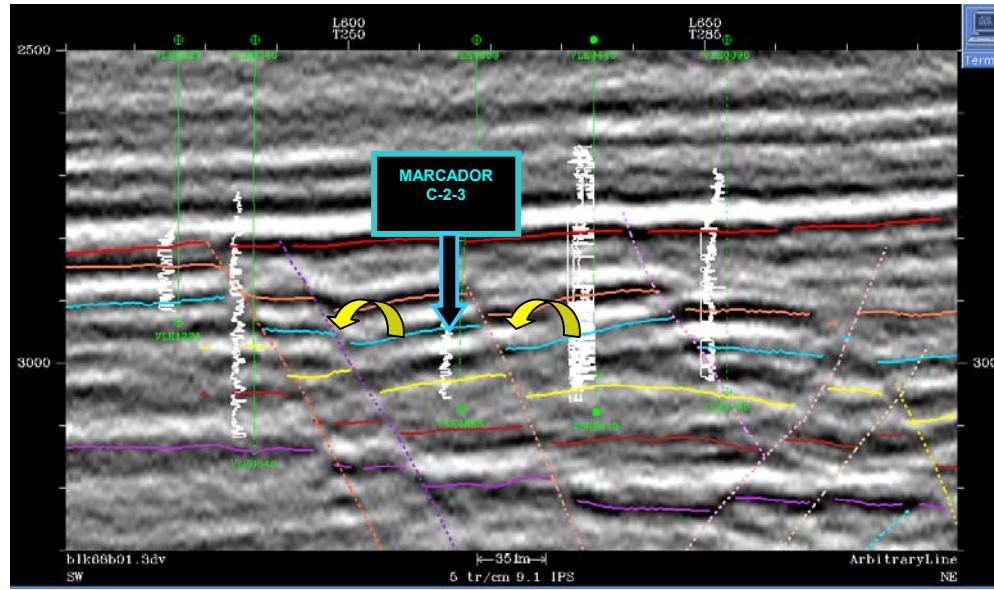


Figura N°76. Sección sísmica donde se observa el sistema de fallas normales con buzamiento al NE predominante en el yacimiento C-2/VLE326/445. Las flechas amarillas indican el sentido de rotación que adquieren algunos bloques fallados sobre el plano de falla.

Hacia la parte NE del yacimiento, esta conformado por una estructura anticlinal cuya orientación es NW-SE. Esta estructura constituye el alto estructural del yacimiento y esta conformado por un sistema de fallas inversa asociadas a los eventos transpresivos y posteriormente compresivos ocurridos durante el Eoceno Tardío-Oligoceno, los cuales generaron una compleja estructura en las áreas VLE196/460 (estructura en flor) Figura N°77.

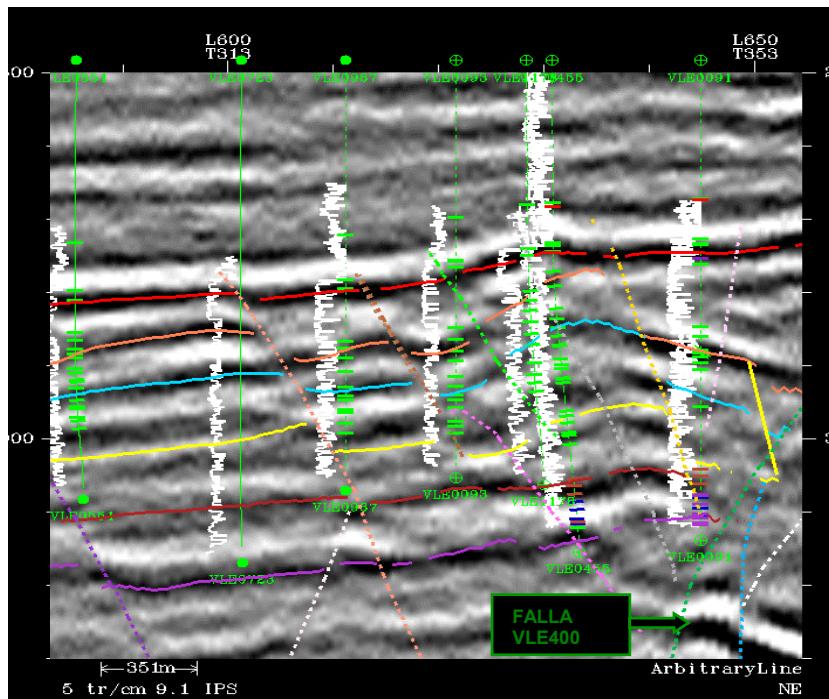


Figura N°77. Sección sísmica donde se observa el sistema de fallas normales e inversas predominantes al NE del yacimiento, asociadas al complejo de fallas de estructura en flor originada por el sistema de fallas VLE400 ubicadas al este del yacimiento, en el área VLE196.

El tercer sistema de fallas esta constituido por fallas normales de ángulo alto y buzamiento al SW, las cuales se ubican hacia el norte y NE del yacimiento, extendiéndose con una dirección NW-SE como se observa en el mapa estructural correspondiente a la sub-unidad (Anexo XIII), estas fallas pudiesen constituir fallas de reajuste, originadas a partir del sistema compresivo Eoceno Tardío-Oligoceno, las cuales se encuentran cortando en algunos casos fallas anteriores (mas antiguas).

6.2.1 DESCRIPCION DEL FALLAMIENTO.

Se identificaron 12 fallas, las cuales se interpretan tanto en sísmica como en registros de pozos, estas constituyen principalmente 3 tendencias: normal con buzamiento al NE, normal con buzamiento al SW e inversas con buzamiento al NE. Cada una de

estas fallas se identifica con un color de acuerdo a su representación en sísmica. Estos sistemas de fallas interpretados para el yacimiento se pueden visualizar en el modelo 3D realizado y presentado en las figuras N°63 (modelado de fallas), 64 (modelado de fallas y marcador sísmico C-2-3) y 65 (modelado de fallas, marcador sísmico y pozos). En la tabla N°10 se da una descripción detallada de las fallas interpretadas en el yacimiento.

FALLA	TIPO DE FALLA	ORIENTACION	BUZAMIENTO	SALTO VERTICAL
VLE370	NORMAL	NW-SE	NE	300'
FN_PURPURE_VLE326	NORMAL	NW-SE	NE	102'
FN_ORANGE_VLE326	NORMAL	NW-SE	NE	114'
FN_BROWN_VLE326	NORMAL	NW-SE	NE	130'
FN_PINK2_VLE326	NORMAL	NW-SE	NE	299'
FR_GREEN_VLE326	INVERSA	N-S	E	165'
FN_BLUENAVY_VLE326	NORMAL	NW-SE	NE	260'
FR_GREY_VLE326	INVERSA	NW-SE	E	152'
FN_YELLOW_VLE326	NORMAL	NW-SE	NE	386'
FN_PINK3_VLE326	NORMAL	NW-SE	SW	260'
FN_BLUESKY_VLE326	NORMAL	NW-SE	NE	101'
FN_PINK1_VLE326	NORMAL	N-S	NE	184'

Tabla N°10. Se muestra una descripción sistemática de las principales características geológicas y estructurales de las fallas interpretadas en el yacimiento C-2/VLE326/455.

Esta interpretación estructural es consistente a las interpretaciones realizadas por PDVSA/IRT en las áreas vecinas al norte y este (áreas VLE196/460 respectivamente) y su diferencia con el mapa estructural oficial (Figura N°78a), esta en la reorientación y delimitación del sistema de fallas normales NW-SE y la presencia de fallas inversas asociadas al complejo sistema en flor formado por la falla VLE-400 en el área VLE-196/460, las cuales no figuraban en la interpretación estructural oficial, y que soportan con mayor confiabilidad la complejidad estructural de esta zona ubicada al NE (Figura N°78b), la cual no se encontraba completamente definida debido a que la interpretación estructural oficial se basó en data sísmica 2D. En cuanto a la tendencia

del buzamiento de la estructura en general, esta se mantuvo consistente a la interpretación oficial, al igual que el estilo morfoestructural del yacimiento.

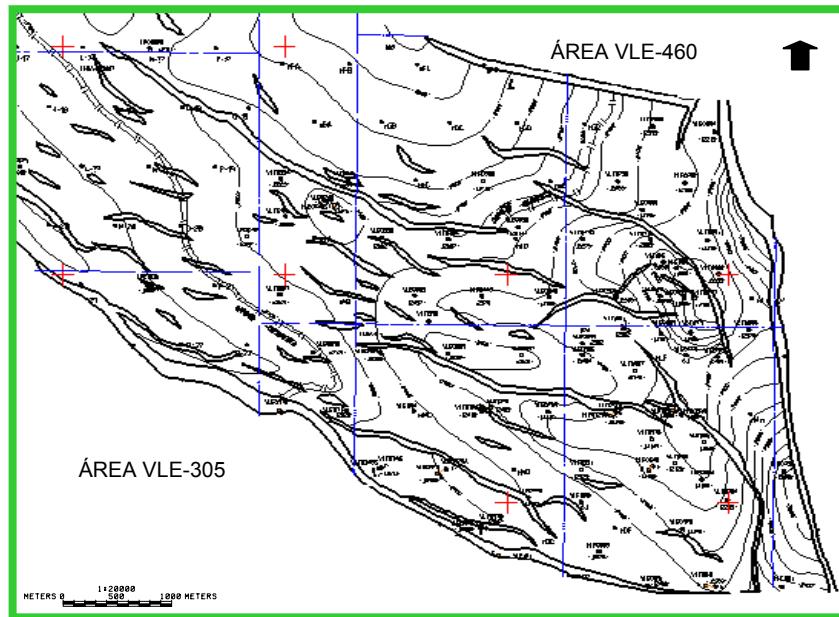


Figura N°78a. mapa estructural oficial del tope de C20

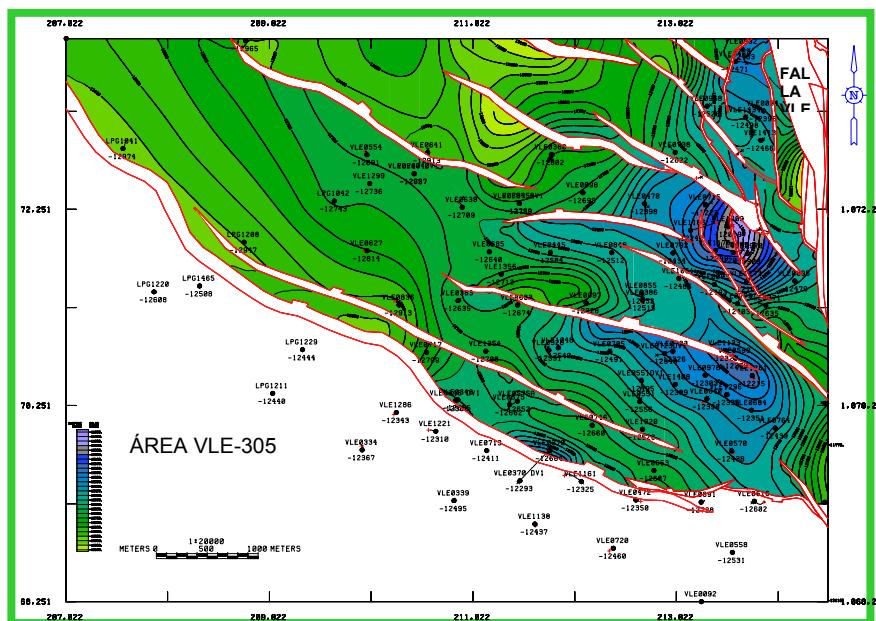


Figura N°78b. mapa estructural oficial del tope de C-2-3

Figura N°78. Mapas estructurales oficial Fig.78a, y actual Fgr.78b, que muestra la diferencias en la interpretación estructural, las cuales se basan principalmente en la reorientación y delimitación de las fallas, así como la presencia de fallas inversas N-S ubicadas al NE del yacimiento.

6.3 POTENCIAL DE HIDROCARBUROS

En cuanto al potencial de hidrocarburo presente en el yacimiento C-2/VLE326/455, se puede decir que este se encuentra entrampado principalmente de dos formas:

- a) TRAMPAS ESTRATIGRAFICAS: Definidas principalmente por desarrollos de cuerpos lenticulares de areniscas que constituyen buenos reservorios, tales cuerpos corresponden a canales distributarios, canales abandonados, abanicos de rotura y barras de desembocadura. Estos cuerpos se encuentran limitados por depósitos de llanuras de inundación, las cuales constituyen sellos laterales y verticales, que forman compartimientos poco continuos de acumulaciones de petróleo (Figura N°79).

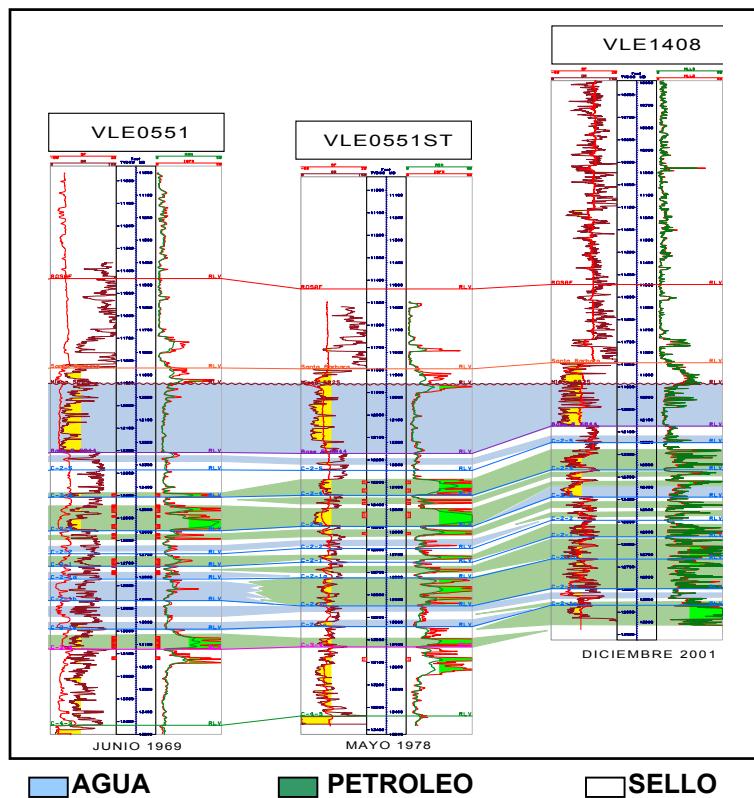


Figura N°79. Panel de fluidos del yacimiento C-2/VLE326/455, donde se observa la distribución de los fluidos en el yacimiento, obsérvese en color blanco los sellos laterales y verticales que limitan la acumulación del petrolero en las sub-unidades, formando trampas estratigráficas.

b) TRAMPAS ESTRUCTURALES: Definidas principalmente por el sistema de fallas predominante en el yacimiento, las cuales en muchos casos ponen en contacto cuerpos reservorios con cuerpos sellantes (Figura N°80), o simplemente, la falla es sellante y constituye una barrera lateral para el fluido, impidiendo su movimiento dentro de la roca y condicionando su entrampamiento.

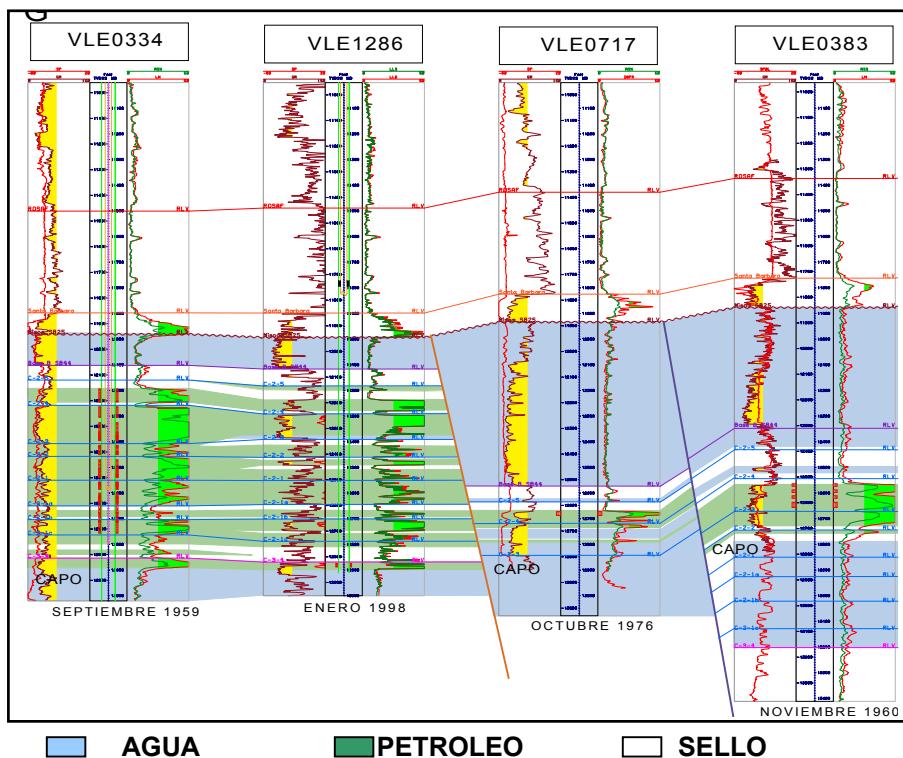


Figura N°80. Panel de fluidos del yacimiento C-2/VLE326/455 donde se muestra la acumulación de petróleo, producto de la presencia de fallas sellantes, las cuales constituyen trampas de configuración estructural. En este caso la falla sellante corresponde a la falla VLE370.

Es común observar de igual forma en este yacimiento las trampas mixtas, las cuales constituyen una fusión entre las trampas estructurales y las trampas estratigráficas.

6.3.1 DISTRIBUCION DE LOS FLUIDOS:

En cuanto a la distribución de los fluidos en el yacimiento, se puede observar mediante los paneles de fluidos (Anexo X), que estos se distribuyen de manera no homogénea a lo largo del yacimiento, condicionados principalmente por la estructura y la estratigrafía.

En general las principales acumulaciones de hidrocarburos en el yacimiento C-2/VLE326/455 se encuentran hacia la parte este del yacimiento como se muestra en el Anexo X_a, mientras que hacia la parte oeste se encuentra totalmente drenado en la mayoría de las sub-unidades, como se observa en el panel de fluidos del Anexo X_b. De esta manera la distribución de los fluidos dentro del yacimiento se resume de la siguiente forma:

SUB-UNIDAD C-2-5: Las acumulaciones de petróleo se distribuyen hacia dos zonas en el yacimiento, una primera zona hacia la parte central entre los pozos VLE0627 y VLE0461, y una zona hacia el SE. Esta sub-unidad se presentan en su mayoría parcialmente drenada (Anexo X).

SUB-UNIDAD C-2-4: Representa la sub-unidad con mayor potencial de hidrocarburo dentro del yacimiento C-2/VLE326/455, debido a que esta conformada mayoritariamente por desarrollos de cuerpos de arenas que se distribuyen a lo largo del yacimiento. Esta sub-unidad en su mayoría presenta acumulaciones de hidrocarburo a lo largo del todo el yacimiento presentándose saturada de hidrocarburo. Hacia el oeste (panel de fluidos, Anexo X_b) se observan buenos desarrollos de arenas saturadas de petróleo, mientras que el resto de las sub-unidades se encuentran drenadas o parcialmente drenadas.

Estos desarrollos de arenas saturada de petróleo también se pueden observar hacia la parte NE del yacimiento (panel de fluidos, Anexo X_c), y hacia el sur (panel de fluidos, Anexo X_a).

Esta sub-unidad se recomienda como objetivo primario para futuras localizaciones a nivel de C-2.

SUB-UNIDADES C-2-3, C-2-2 Y C-2-1: Las acumulaciones de hidrocarburos en estas sub-unidades están condicionadas principalmente hacia la parte SE del yacimiento (ver panel de fluidos, Anexo X_a), aunque también se pueden observar acumulaciones en el alto estructural ubicado al NE del yacimiento (ver panel de fluidos, Anexo X_c) mientras que hacia el oeste del yacimiento, se encuentran totalmente saturadas en agua (ver panel de fluidos, Anexo X_b).

SUB-UNIDADES C-2-1a, C-2-1b y C-2-1c: Estas representan las sub-unidades más estériles desde el punto de vista del potencial de hidrocarburos.

Las acumulaciones de petróleo en estas sub-unidades como se observa en los paneles de fluidos del anexo X, se encuentran principalmente hacia el este del yacimiento, mientras que hacia la parte central y oeste se encuentran totalmente invadidas por el agua.

Hacia la parte este del yacimiento, estas sub-unidades se presentan en su mayoría parcialmente drenadas tal y como se observa en el panel de fluidos correspondiente al anexo X_a. Las mayores acumulaciones de petróleo que presentan estas sub-unidades se ubican hacia el NE del yacimiento, condicionadas principalmente por la estructura anticlinal que allí se encuentra, ubicándose hacia el tope de la sub-unidad, tal y como se observa en el panel de fluidos del anexo X_c.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- En base al proyecto realizado, se logró la integración del yacimiento C-2/VLE326/455 al modelo geológico del Bloque V, Lamar ubicado en la Cuenca del Lago de Maracaibo, Edo. Zulia.
- El yacimiento C-2/VLE326/455 ha sido subdividido en 8 sub-unidades estratigráficas y de flujo. Tales sub-unidades de base a tope corresponden a: C-2-1c, C-2-1b, C-2-1a, C-2-1, C-2-2, C-2-3, C-2-4 y C-2-5.
- Las sub-unidades C-3-7, C-3-6 y C-3-5 definidas por PDVS/IRT(2000, 2002) en estudios previos, fueron renombradas en el área VLE326/455 como C-2-1a, C-2-1b y C-2-1c, debido a que se comprobó por medio de presiones estáticas que estas sub-unidades pertenecen a la unidad informal C-2 y no a la unidad informal C-3.
- Se correlacionaron los topes correspondientes a la Formación La Rosa de edad Mioceno, Miembro Santa Bárbara de edad Mioceno, Formación Misoa, de edad Eoceno y las unidades informales de edad Eoceno C-1, C-3-4 y C-4-3.
- Se correlacionaron un total de 14 topes estratigráficos en 101 pozos, estos incluyen 82 pozos del área VLE326/455, 16 pozos del área VLE305 y 3 pozos del área VLE169/460
- El yacimiento presenta heterogeneidad estratigráfica compleja, compuesta por desarrollos de arenas que se depositaron bajo un complejo sistema deltáico de planicie deltáica dominada por depósitos de canales distributarios, canales abandonados y abanicos de rotura; y frente deltáico dominado por barras de desembocadura.

- El yacimiento C-2/VLE326/455 presenta un espesor promedio de 710', disminuyendo en algunos pozos ubicados al NE del yacimiento debido al complejo sistema de fallas presentes en esa región.
- Los mapas de ANT y electrofacies muestran que la tendencia de la sedimentación de las arenas C-2 en el área VLE326/455 fue principalmente con una dirección SW-NE, siendo consistente al marco geológico regional.
- La distribución de los fluidos en el yacimiento C-2/VLE326/455 se ubica principalmente hacia el este del yacimiento, estos se encuentran condicionados principalmente por la estratigrafía y estructura del yacimiento..
- El estilo estructural del yacimiento C-2/VLE326/455 es consistente con la geología estructural regional y con el modelo estructural definido por IRT en las áreas VLE196/460.
- Se interpretaron un total de 14 fallas, que conforman tres sistemas, los cuales dominan la geología estructural del yacimiento.
- El modelo estructural del yacimiento C-2/VLE326/455 asume que el yacimiento se encuentra dentro del flanco SW de un amplio anticlinal el cual se encuentra seccionado por 3 sistemas de fallas normales, inversas y de reajuste asociadas a eventos extensivos, compresivos y transpresivos ocurridos durante Eoceno-Temprano y Eoceno Tardío-Oligoceno respectivamente.
- El mapa estructural realizado correspondiente al tope de la sub-unidad C-2-3 es consistente a las interpretaciones realizadas por PDVSA/IRT(2002) en el área, y define aun mejor la interpretación oficial actual.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- Continuar extrapolando el modelo estratigráfico y estructural hacia el miembro informal C-Inferior.
- Realizar la revisión del estudio sedimentológico y de facies de alta resolución, elaborado por Arostegui y Machillanda (1999) con la finalidad de lograr la caracterización del yacimiento, e integrarlo con las electrofacies.
- Realizar análisis secuencial del yacimiento C-2/VLE3266/455 con la finalidad de definir los sistemas depositacionales, donde se tome como Datum el marcador C-1 el cual constituye la superficie de máxima inundación que representan una línea de tiempo.
- Integrar el área VLE305 al reciente marco geológico del Bloque V Lamar.
- Considerar los mapas de atributos sísmicos que correlacionen con la estratigrafía del yacimiento para futuras localizaciones.
- Actualizar el modelo estratigráfico y estructural, en la medida que nuevos pozos sean perforados.
- Continuar la búsqueda, actualización y carga de los datos de desviación de los pozos pertenecientes al yacimiento.
- Considerar la sub-unidad C-2-4 como objetivo primario en futuras localizaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIBLIOGRÁFIA

AROSTEGUI, G y MACHILLANDA C. (1999). **Modelo Determinístico y Estocástico del yacimiento C-2/VLE-326 Bloque V Lamar, Lago de Maracaibo.** TrabajoEspecial de Grado, Inédito. UCV; 213pp

BLASER Y WHITE (1994). Shulmberger (1997) **Evaluación de Pozos.** WEC. Venezuela. Versión Digital.

BOESI, T., LAGAZZI, R., CHACARTEGHUI, F., SAMPSON, E., FALCÓN, F., (1992). **Una visión integrada de la Formación Misoa del Eoceno, Cuenca de Maracaibo, Venezuela,** Maraven, EPC-13047.

BOESI, T., TESTAMARCK, J.S., ODREMÁN, O., (1992) **Sedimentación Cretácica y Paleocena en el Suroeste de los Andes Venezolanos,** Maraven, EPC-13046.

CANT, D.J., (1992) **Subsurface Facies Analysis,** Walker, R.G. & James, N.P. eds. Facies Models. Geological Society of Canada.

DENGO, C.A., & COVEY, M.C., (1993) **Structure of the Eastern Cordillera of Columbia: Implications for Trap Styles and Regional Tectonics,** AAPG Bulletin, V.77 No. 8.

FLORES GUSTAVO; GONZALEZ CESAR; COLMENARES OMAR; TERAN LIZABETA; y FASOLA ARMANDO (1991). **Estudio sedimentológico del Eoceno (C-2) Bloque V-Lamar.** MARAVEN, INTEVEP, Informe Técnico. Anexos.

GONZALEZ DE JUANA, C. ITURRALDE, J.M. y PICARD, X (1980). **Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas**. Ediciones FONINVES, Caracas, 1031 p.

GUEVARA, E.H., FOUAD, K., LIGHT, M.P.R., BARBA, R.E., LAUBACH, S.E., REMINGTON, L.E., (1998) Final Report: **Optimizing Hydrocarbon Recovery from the Block V Lamar Field, Maracaibo Basin, Venezuela**, Bureau of Economic Geology, University of Texas at Austin, June.

HIGGS, R., (1979) **A new facies model for the Misoa Formation (Eocene), Venezuela's main oil reservoir**, Journal of Petroleum Geology, Vol. 19.

HOLDITCH (1997) Geologic Study of area VLE326, Block V, Lamar Field, **Lake Maracaibo**. Fase HI pp 34-38.

INTERA (1994). **Reservoir study of G2/VLE-326 Bloq-V Lamar, Lake Maracaibo**. Fase I y II; pp 36-61.

JANSSEN, F. L., (1996) **Structural Style of Northwestern Venezuela**, Maraven, S.A. (EPC No. 6270), November.

LINARES, C.; CABRERA, L.; MEDINA, NORIS.; LENA, PAOLINO.; MARINE, CHRISTIAN.; MONSALVES, CARLOS A.; ALVIAREZ, G.; Y LIBEIRO, JORGE. (2001). **Caracterización geológica de una secuencia que incluye la unidad estratigráfica C-2 en el yacimiento G2/VLE-326, Formación Misoa-Campo Lamar Bloque V**. PDVSA, INTEVEP, Informe Técnico. Pp 1-26.

LUGO J. (1992) Historia Tectónica a lo largo de los sistemas de fallas de Icotea y Pueblo Viejo, Cuenca de Maracaibo. VI Congreso Venezolano de Geofísica. Caracas, p.111-136.

LUGO LOBO, JAIRO MIGUEL, (1991) **Cretaceous to Neogene Tectonic Control on Sedimentation: Maracaibo Basin, Venezuela**, Doctoral Dissertation, The University of Texas at Austin, December.

LUGO J. Y MANN, P. (1992) **Colisión Oblicua y Formación de una Cuenca Foreland durante El Paleoceno Tardío al Eoceno Medio Cuenca de Maracaibo**. Actas de las 4 secciones Científicas. VII Congreso Latinoamericano de Geología. Tomo 4 Salamanca. 64 p.

MACELLARI, C.E., (1995) **Cenozoic Sedimentation and Tectonics of the Southwestern Caribbean Pull-Apart Basin, Venezuela and Columbia**, Petroleum Basins of South America, AAPG Memoir.

MARAVEN, S.A & INTERNATIONAL RESERVOIR TECHNOLOGIES (1997), **Integrated Reservoir Study, Lamar Block VI**. Draft Report. Pp 1-45.

MENCHER, E., FICHTER, H. J., RENZ, H.H., WALLIS, W.E., PATTERSON, J. M., ROBIE, R.H., (1953) **Geology of Venezuela and Its Oil Fields**, Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, April.

PDVSA & INTERNATIONAL RESERVOIR TECHNOLOGIES (2000), **Integrated Reservoir Study, Block V Centro y Block VI East**. Final Report. Phase II. Pp 81-148.

PDVSA & INTERNATIONAL RESERVOIR TECHNOLOGIES (2001), **Reservoir Description and Simulation of VLE-305.** Draft Report. Phase II. Pp 25-29.

PDVSA & INTERNATIONAL RESERVOIR TECHNOLOGIES (2002), **Reservoir Description and Simulation of VLE-196 and VLE-460.** Draft Report. Phase II y III. Pp 21-83.

PDVSA & INTERNATIONAL RESERVOIR TECHNOLOGIES. ESTEX (2002), **Reservoir Description and Simulation of VLE-196 and VLE-460.** Draft Report. Phase II y III. Pp 21-83.

PDVSA (2001) **Informe de Producción de Reservas Dtto Lagunillas, Edo. Zulia.** PDVSA EPYM, División Occidente, 45,46 pp.

PESTMAN, P., GHOSH, S., MELÉNDEZ, L & ZAMBRANO, E., (1996) **Marco Estructural y Paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo durante el Paleógeno,** Memorias del VI Simposio Bolivariano.

PETERSON, J.J., (1993) **Timing of Faulting and Oil Migration (Greater Tía Jana Area),** Creole Petroleum Corporation, Report No. 4805.228-15.

PIA XXXIII (2002) **Estudio Integrado del Yacimiento C2-VLE326.** PDVSA, Exploracion y Produccion. Pp 1-33.

PINDELL, J.L., (1998) **Tectonic Evolution and Stratigraphic Development of Northern South America,** AAPG Short Course # 2.

- PINTO, J.G., (1991) **Sequence Stratigraphic Interpretation of Upper Paleocene - Middle Eocene Rocks: Bloque III, Lake Maracaibo, Venezuela, M.A.** Thesis, University of Texas.
- RULL, V., (1992) **Paleoecología y análisis secuencial de una sección deltaica terciaria de la Cuenca de Maracaibo**, Bol. Soc. Venezolana Geol.
- SCHULMBERGER (1997) **Evaluación de pozos**. WEC Venezuela. Versión Digital
- SCHERER, W., (1995), **Hydrocarbon Families in the Maracaibo Basin, Western Venezuela**. Am. Assoc. Pet. Geol., Ann. Conv. abstr. p. 85a.
- SHAGAM, R., KOHN, B.P., BANKS, P.O., DASCH, L.E., VARGAS, R., RODRIGUEZ, G.I. & PIMENTEL, N., (1984) **Tectonic implications of Cretaceous-Pliocene fission-track ages from rocks of the circum-Maracaibo Basin region of Western Venezuela and Eastern Colombia**. The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonics. GSA Memoir No. 162.
- SUTTON, F. A., (1946). **Geology of Maracaibo Basin**, Venezuela Bull. Am. Assoc. Petr. Geol., 30(10): 1621-1741
- TALUKDAR, S.C. & MARCANO, F., (1994) **Petroleum Systems of the Maracaibo Basin, Venezuela**, W.G., eds. The Petroleum System - from Source to Trap. AAPG Memoir 60.
- VAN VEEN, F. R., (1972). **Ambientes sedimentarios de las formaciones Mirador y Misoa del Eocene inferior y medio en la cuenca del Lago de Maracaibo**. IV Cong. Geol. Venez., Caracas, 2: 1073-1104.

ZAVALA M, (2002) **Soporte Técnico para la Localización HMG, Area VVLE326/455, Bloque V Lamar, Cuenca del Lago de Maracaibo, Edo. Zulia.**
Parte I, Aspectos geológicos. PDVSA EPYM, División Occidente. 32pp.

ANEXO I
INVENTARIO DE CURVAS GR

POZOS	CURVAS GR-PROFUNDIDAD (ft)
LPG0727	GR 11200-13450
LPG0828	NO TIENE
LPG1041	NO TIENE
LPG1042	GR 10400-13000
LPG1208	NO TIENE
LPG1211	GRX 12150-12950, GR_1 1100-13000, GR_2 12150-12950,
LPG1220	GR 12000-13500, GRX 12250-12700, 12000- 1400
LPG1229	GR_ENVCORR 12000-16800
VLE0091	GR 11000-13800 (REPETIDO 2 VECES), GR_C 11400-13600
VLE0092	GRX 12300-13100, GR_1 2500-13000
VLE0093	NO TIENE
VLE0094	GR 12100-13300(REPETIDO), GR 11200-13600, GR 11200-13600, GRN 11200-13600, GRN 13150-13450
VLE0095	GR 11400-14000, GR-C 11400-14000
VLE0097	GR 11800-13400
VLE0098	NO TIENE
VLE0326	NO TIENE
VLE0334	GR 10400-13000, GR_ENCORR 10400-13000
VLE0339	GRX (VERIFICAR), GR_1 11800-13000, GR_339 11800-13000
VLE0346	GR 11400-13800
VLE0360	NO TIENE
VLE0370	GRX 12400-13200, GR_1 11600-13200
VLE0370A	GRX 12250-12800, GR_1 11600-12800
VLE0371	NO TIENE
VLE0383	GR 11300-12800
VLE0386	NO TIENE
VLE0431	NO TIENE
VLE0432	GR 11000-13800, GR_C 11000-13800
VLE0445	GR 12300-13300 (REPETIDO)
VLE0455	GR 10000-14000 (REPETIDO), GR_C 10000-14000, GRN 10000-14000
VLR0460	GR 10400-14000 (REPETIDO 3 VECES), GR_C 10000-14000, GRN 10450-14000, GRN SAH 10400-14000
VLR0470	NO TIENE
VLE0472	GRX 12100-13800, GR_1 11600-13600
VLE0538	GR 11200-13800
VLE0551	NO TIENE
VLE0554	GR 11200-13400 (SE REPITE), GR-C 11000-14000
VLE0558	GRX 12200-13800, GR_1 11600-13800
VLE0570	GR 11400-13800
VLE0575	GR 11400-13600
VLE0575A	NO TIENE
VLE0599	GR 11800-13800
VLE0616	GRX 12300-13400, GR_1 11400-13400 (& 616) GR 11400-13400, GR_C 11400-13400
VLE0627	GR 11300-13000, GRM 11000-13000
VLE0640	GR 11400-13400
VLE0641	NO TIENE
VLE0653	GR 11600-13400

POZOS	CURVAS GR-PROFUNDIDAD (ft)
VLE0683	GR 11400-13400 (&683) GR 11200-13400, GR_C 11200-13400
VLE0684	GR 11800-13400, (&683) GR 11600-13400, GR 11600-13400, GR_C 11600-13400
VLE0685	GR 11200-13400, (&685) GR 11200-13400, GR_C 11200-13400
VLE0691	GR 11600-13400
VLE0705	GR 11400-13400
VLE0713	GR 12000-14200, GR1 11200-14000, GR3 12000-14200, GR4 14100-15700, GR_1 13800-15800
VLE0715	GR 3800-14000 (SE REPITE), GR-C 3800-14000, (&715) GR 3800-14000
VLE0717	GR 1500-13000, GE-C 1500-13000 (&717) GR 11000-12900
VLE0720	GRX 12200-13100, GR_1 11800-13200, GR_1_EC 11800-13200, GR_2 1500-13000
VLE0723	GR 11600-14000, GRM 11600-14000, GRX 11600-14000, GR_1 11600-14000 (&723) GR 2000-14000, GR_C 2000-14000
VLE0723S	GRTVD 11800-13200
VLE0738	GR 11200-14200, GR-C 11400-13600 (&738 NO TIENE)
VLE0740	GR 1900-14000, GR-C 1900-14000 (&740 NO TIENE)
VLE0740S	GR 11500-13000, GRAM1 11500-12900
VLE0746	GR 2000-13000, GR-C 2000-13000 (&746 NO TIENE)
VLE0754	GR 2000-14000, GR-C 2000-14000 (&754) GR_1 2000-14000, GR_2 11400-13000
VLE0764	GR 11400-14000 (&764) GR 3900-14000, GR-C 3900-14000
VLE0779	GR 2000-14000 (SE REPITE), GR 11600-13600 (SE REPITE)
VLE0792	NO TIENE
VLE0836	GR 2000-14000, GR-C 2000-14000 (&836) GR 11000-13400, GRM 2000-14000, GRX 11000-13400, GR_1 11000-13400
VLE0846	NO TIENE
VLE0855	GR 11000-13300
VLE0962	GR 2900-14000, GR-C 2900-14000
VLE0967	GR 11000-13400
VLE0968	GR 3200-14000
VLE0970	GR 2900-13000
VLE0976	GR 2900-13000, GRD 11200-13000, GRX 2900-13000, GR_1 2900-13000, GR_2 11600-13000, GR_ENVCORR 11200-13000
VLE0992	GR 2800-14000, GRNIRT 28000-14000, GR_1 2800-14000, GR_EC 11000-14000
VLE0999	GR 12200-13100, GR 12200-13100, GR 3400-13000, GR 11000-13200(REFISAR), GR 3400-13000, GR 11200-13200
VLE1001	GR 11600-13200, GRX 12650-13000
VLE1048	GR 2900-13000, (&1048) 11000-13200
VLE1061	NO TIENE
VLE1133	NO TIENE
VLE1138	GRX 12150-12900, GR_1 11400-13000
VLE1161	GRX 12100-1300, GR_1 1160-13000 (&1161) GR 11600-13000
VEL1178	NO TIENE
VLE1186	NO TIENE
VLE1209	GR 1700-14000, GR 1700-14000, GR-C 1700-14000
VLE1221	GR 12100-12900, GRX 12100-12900, GR_1 11700-12900
VLE1273	GR 1900-14000
VLE1281	GR 1900-14000 (SE REPITE)
VLE1286	GRDE_1 11600-13000, GRX 12150-13000, GR_1 2000-13000
VLE1296	NO TIENE

POZOS	CURVAS GR-PROFUNDIDAD (ft)
VLE1299	GR 10400-13000, GR-C 10400-13000 (&1299 NO TIENE)
VLE1320	NO TIENE
VLE1354	GR 12600-13200, GR 1100-13000, GR 12000-13200 (SE REPITE), GR 11000-13200 (SE REPITE 3 VECES), GR 11200-13000, (SE REPITE 2 VECES), GR 11000-13000, GR 12600-13100
VLE1356	RG 11400-13200, GR-C 11400-13200, GRSL 11400-13200, (&1356) GR 12550-12700
VLE1408	GR 1700-13000
VLE1413	GR 11000-14000 (&1413) GR11000-14000
VLE1425	GR 1900-14000
VLE0334DV	GRX 12200-13100, GR_1 9100-13200 (REVISAR)
VLE0558DV	NO TIENE
VLE0754DV	NO TIENE
VLE0684DV	NO TIENE
VLE0346DV	GR 11400-13400

Anexo NºI. Tabla de inventario de curvas GR que poseen los pozos del Area VLE-326/455 y zona norte del Area VLE305, cargadas en la base de datos OpenWorks. U.E LAGOCINCO.

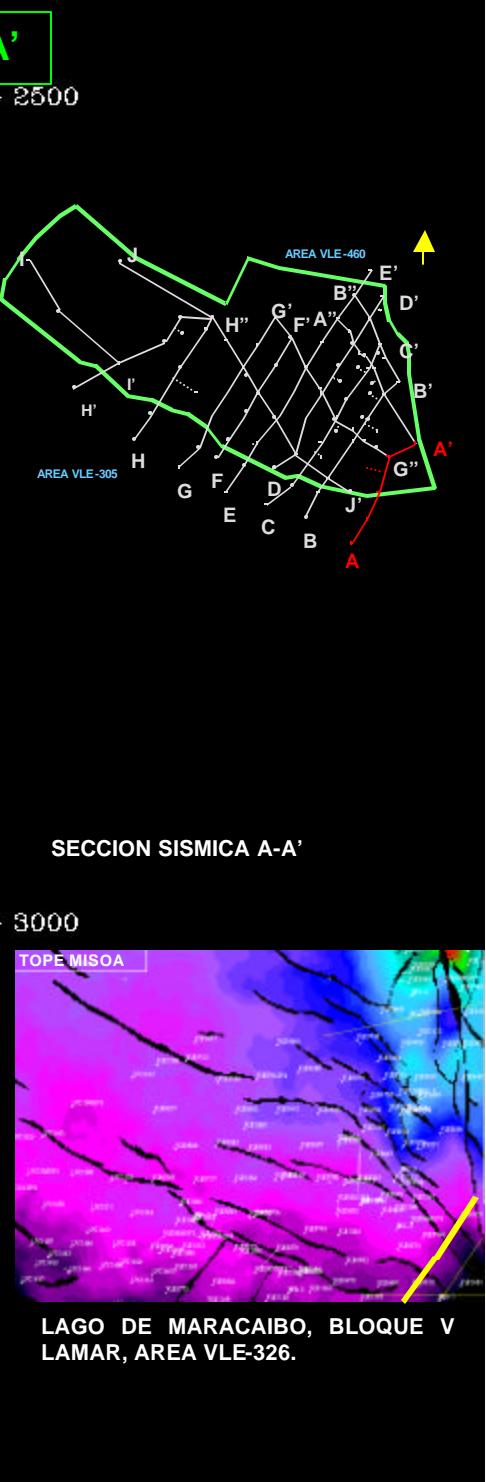
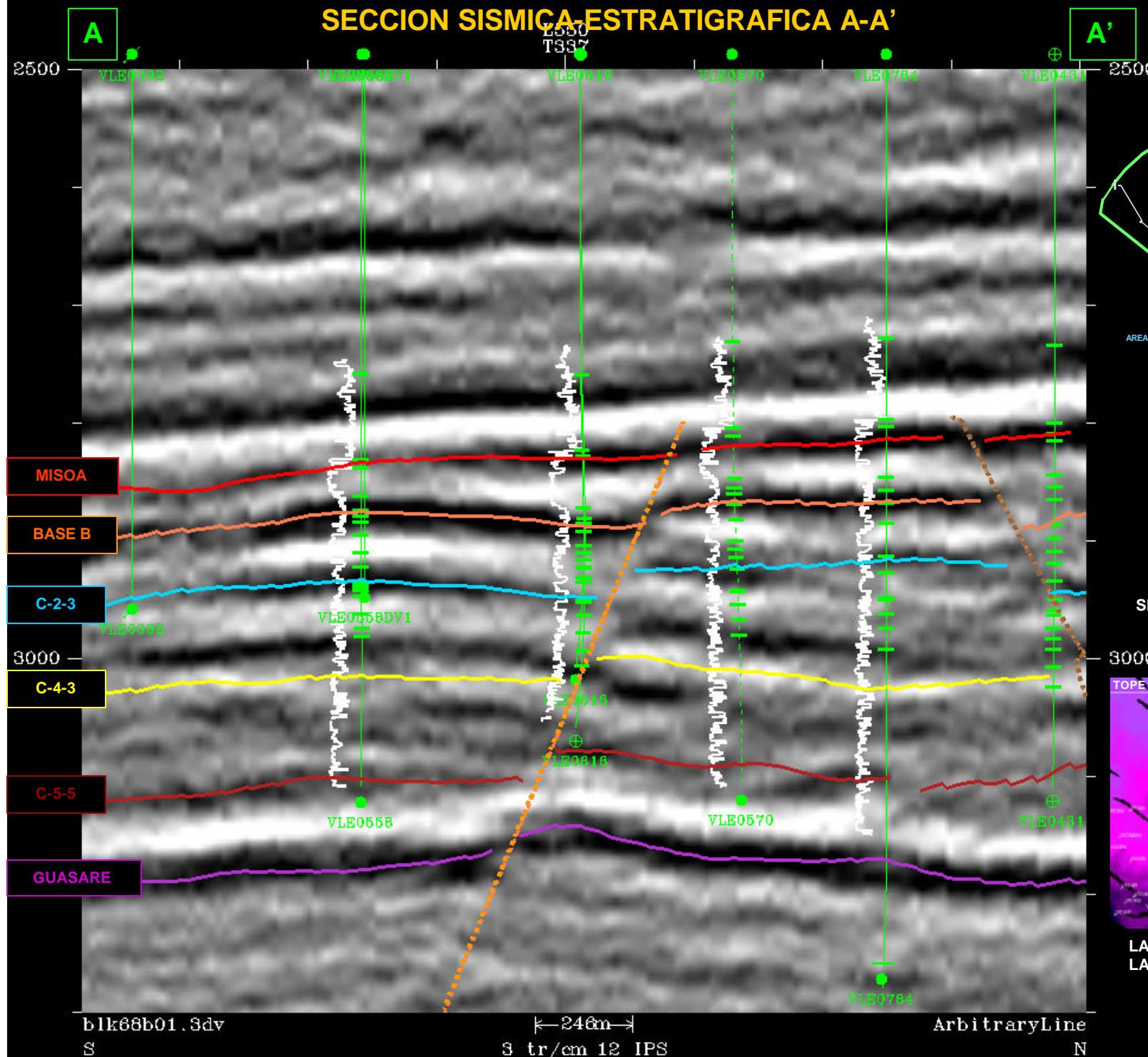
ANEXO II
INVENTARIO DE DESVIACIONES

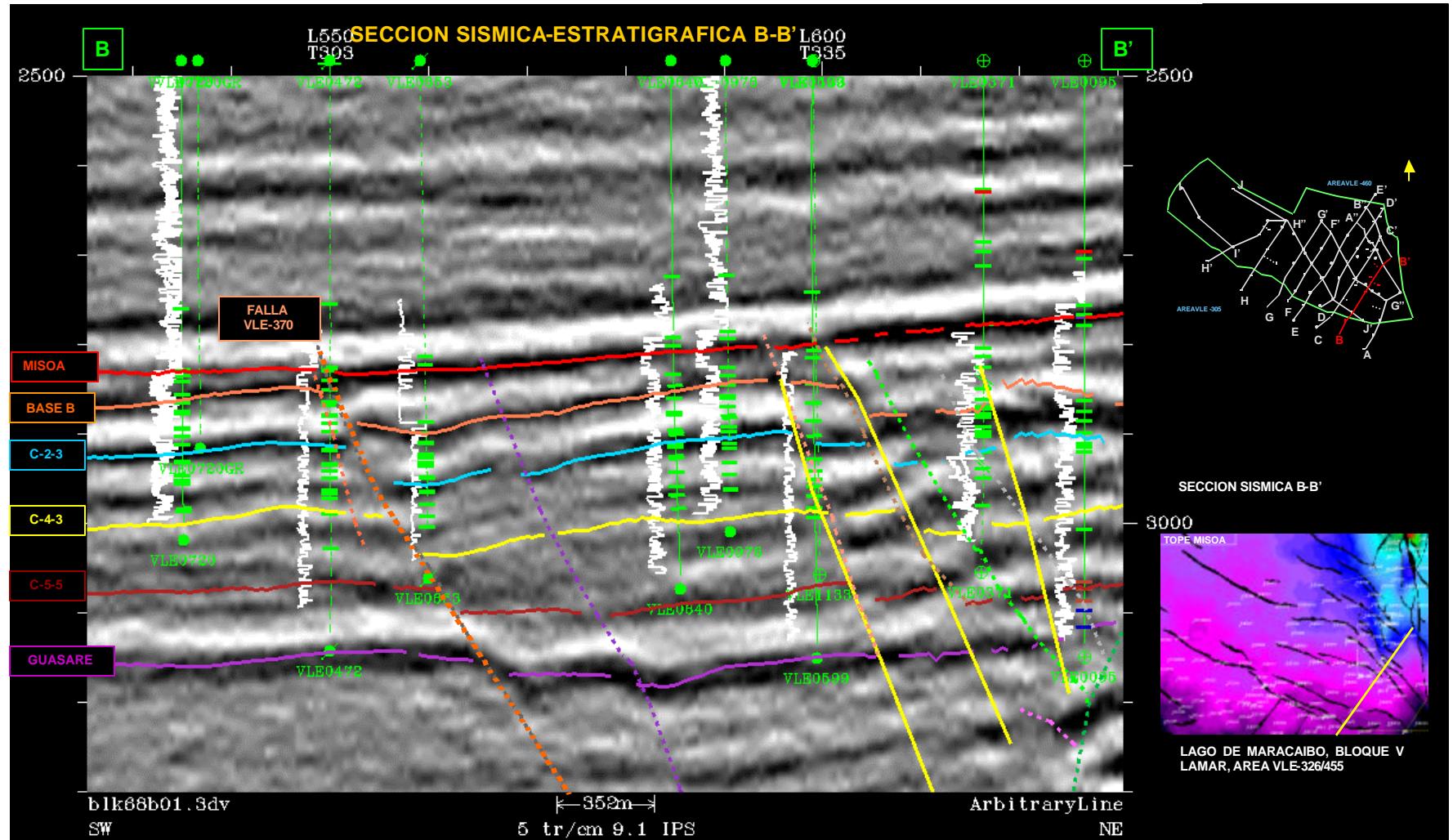
POZOS	AREA	DESV.	POZOS	AREA	DESV.
LPG0727	VLE-326	X	VLE0713	VLE-305	X
LPG0828	VLE-326	X	VLE0715	VLE-326	SI
LPG1041	VLE-326	X	VLE0717	VLE-326	X
LPG1042	VLE-326	X	VLE0720	VLE-305	X
LPG1208	VLE-326	X	VLE0723	VLE-326	SI
LPG1211	VLE-305	X	VLE0723S	VLE-326	SI
LPG1220	VLE-305	X	VLE0738	VLE-326	SI
LPG1229	VLE-305	X	VLE0740	VLE-326	X
VLE0091	VLE-326	X	VLE0740S	VLE-326	X
VLE0092	VLE-305	X	VLE0746	VLE-326	SI
VLE0093	VLE-326	X	VLE0754	VLE-326	X
VLE0094	VLE-326	X	VLE0764	VLE-326	X
VLE0095	VLE-326	X	VLE0779	VLE-326	X
VLE0097	VLE-326	X	VLE0792	VLE-326	X
VLE0098	VLE-326	X	VLE0836	VLE-326	X
VLE0326	VLE-326	SI	VLE0846	VLE-326	X
VLE0334	VLE-305	X	VLE0855	VLE-326	SI
VLE0339	VLE-305	X	VLE0962	VLE-326	SI
VLE0360	VLE-326	X	VLE0967	VLE-326	X
VLE0370	VLE-326	X	VLE0968	VLE-326	SI
VLE0370A	VLE-326	X	VLE0970	VLE-326	SI
VLE0371	VLE-326	SI	VLE0976	VLE-326	SI
VLE0383	VLE-326	SI	VLE0992	VLE-460	SI
VLE0386	VLE-326	SI	VLE0999	VLE-326	SI
VLE0431	VLE-326	X	VLE1001	VLE-305	X
VLE0432	VLE-326	SI	VLE1048	VLE-326	SI
VLE0445	VLE-326	SI	VLE1061	VLE-326	SI
VLE0455	VLE-326	SI	VLE1133	VLE-326	SI
VLE0460	VLE-460	SI	VLE1138	VLE-305	X
VLR0470	VLE-326	SI	VLE1161	VLE0326	X
VLE0472	VLE-305	X	VEL1178	VLE-326	SI
VLE0538	VLE-326	SI	VLE1186	VLE-326	X
VLE0551	VLE-326	SI	VLE1209	VLE-326	SI
VLE0554	VLE-326	X	VLE1221	VLE-305	X
VLE0558	VLE-305	X	VLE1273	VLE-326	X
VLE0570	VLE-326	SI	VLE1281	VLE-326	X
VLE0575	VLE-326	SI	VLE1286	VLE-305	X
VLE0575A	VLE-326	X	VLE1296	VLE-326	SI
VLE0599	VLE-326	SI	VLE1299	VLE-326	SI
VLE0616	VLE-326	X	VLE1320	VLE-326	SI
VLE0627	VLE-326	SI	VLE1354	VLE-326	X
VLE0640	VLE-326	SI	VLE1356	VLE-326	X
VLE0641	VLE-326	SI	VLE1408	VLE-326	SI
VLE0653	VLE-326	X	VLE1413	VLE-460	SI
VLE0683	VLE-326	X	VLE1425	VLE-326	SI
VLE0684	VLE-326	X			
VLE0685	VLE-326	SI			
VLE0691	VLE-326	X			
VLE0705	VLE-326	X			

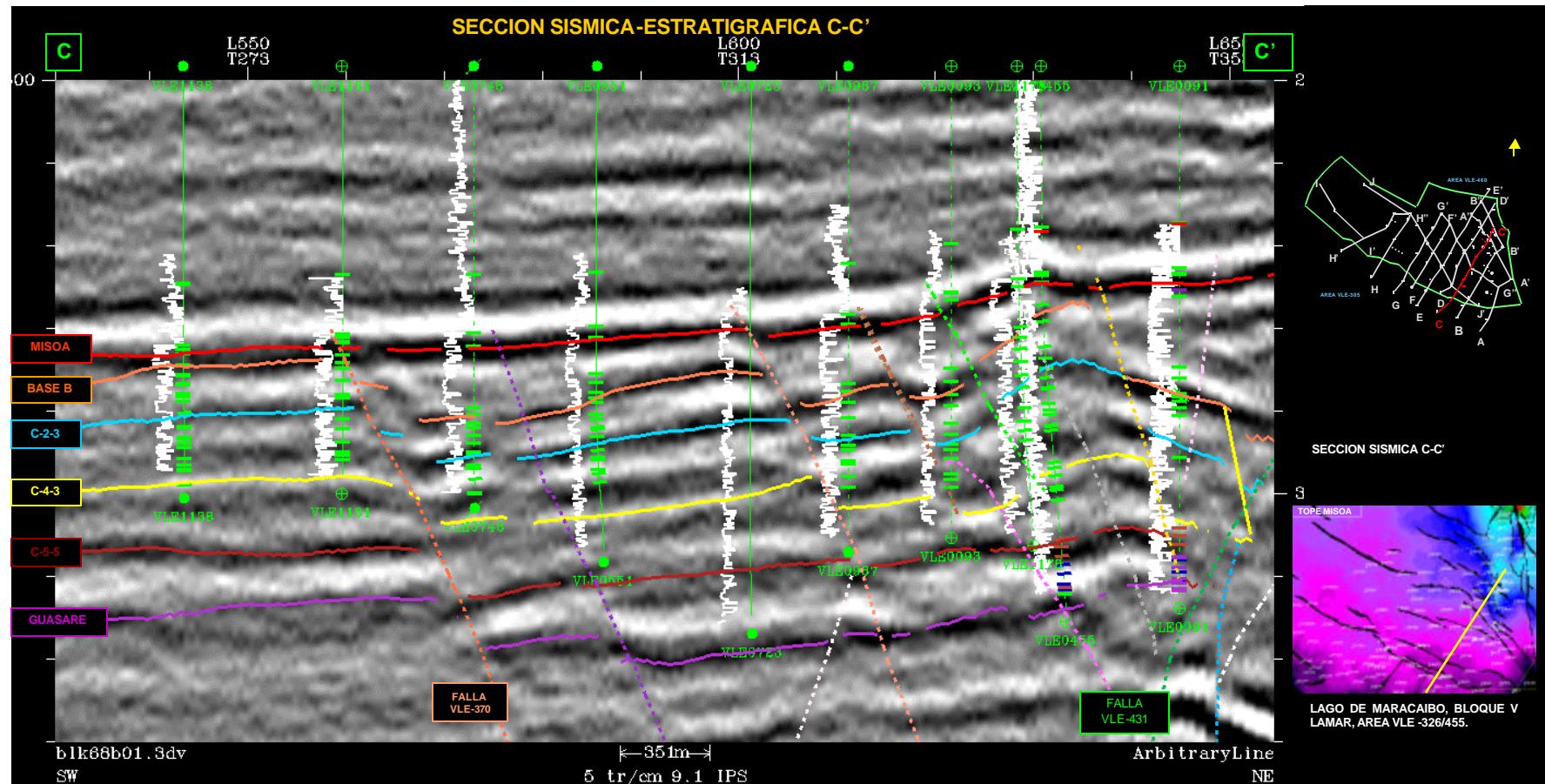
Tabla de inventario de desviaciones existentes de los pozos del Area VLE-326/455 y zona norte del Area VLE305, en la base de datos OpenWorks. U.E LAGOCINCO.

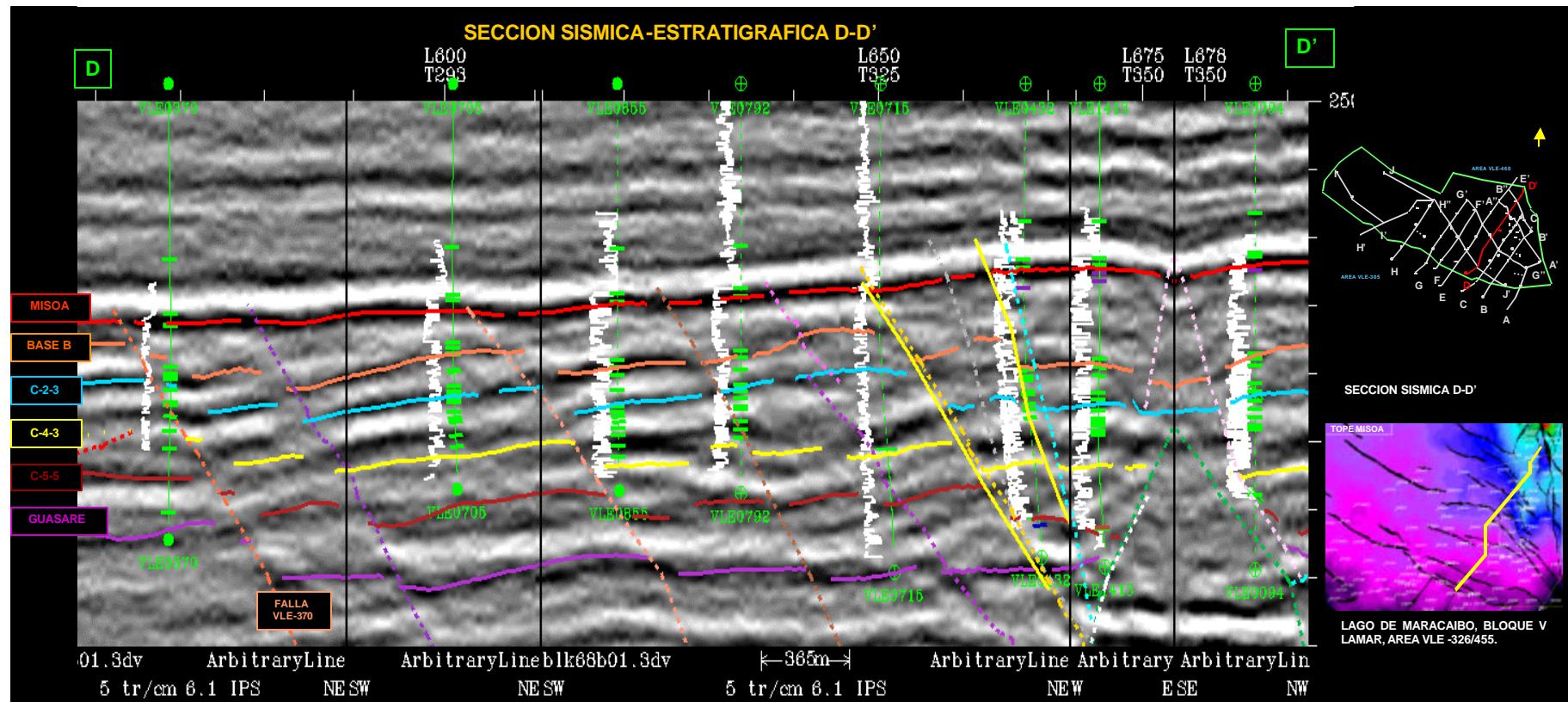
ANEXO III
SECCIONES SISMICAS

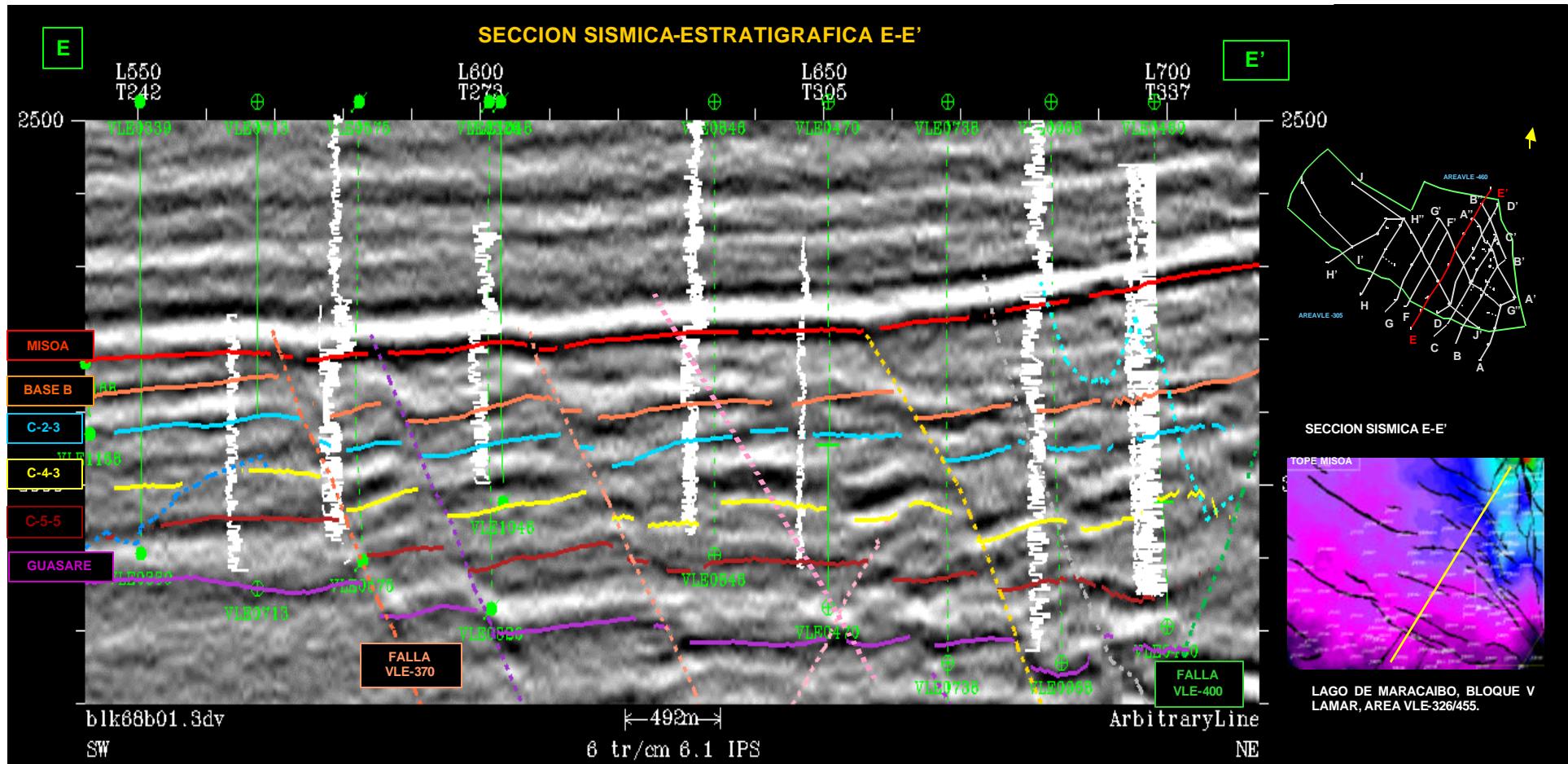
SECCION SISMICA-ESTRATIGRAFICA A-A'

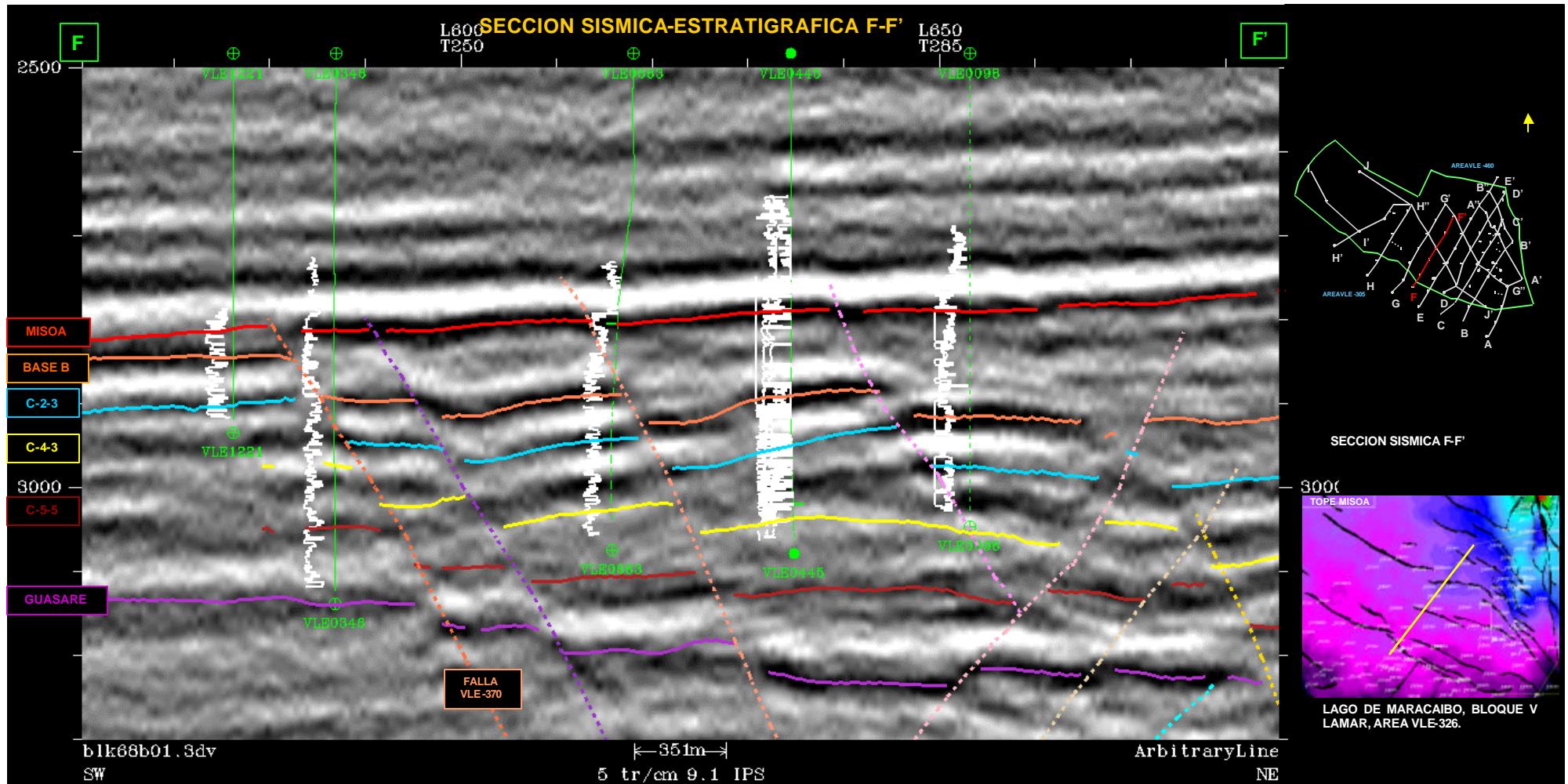


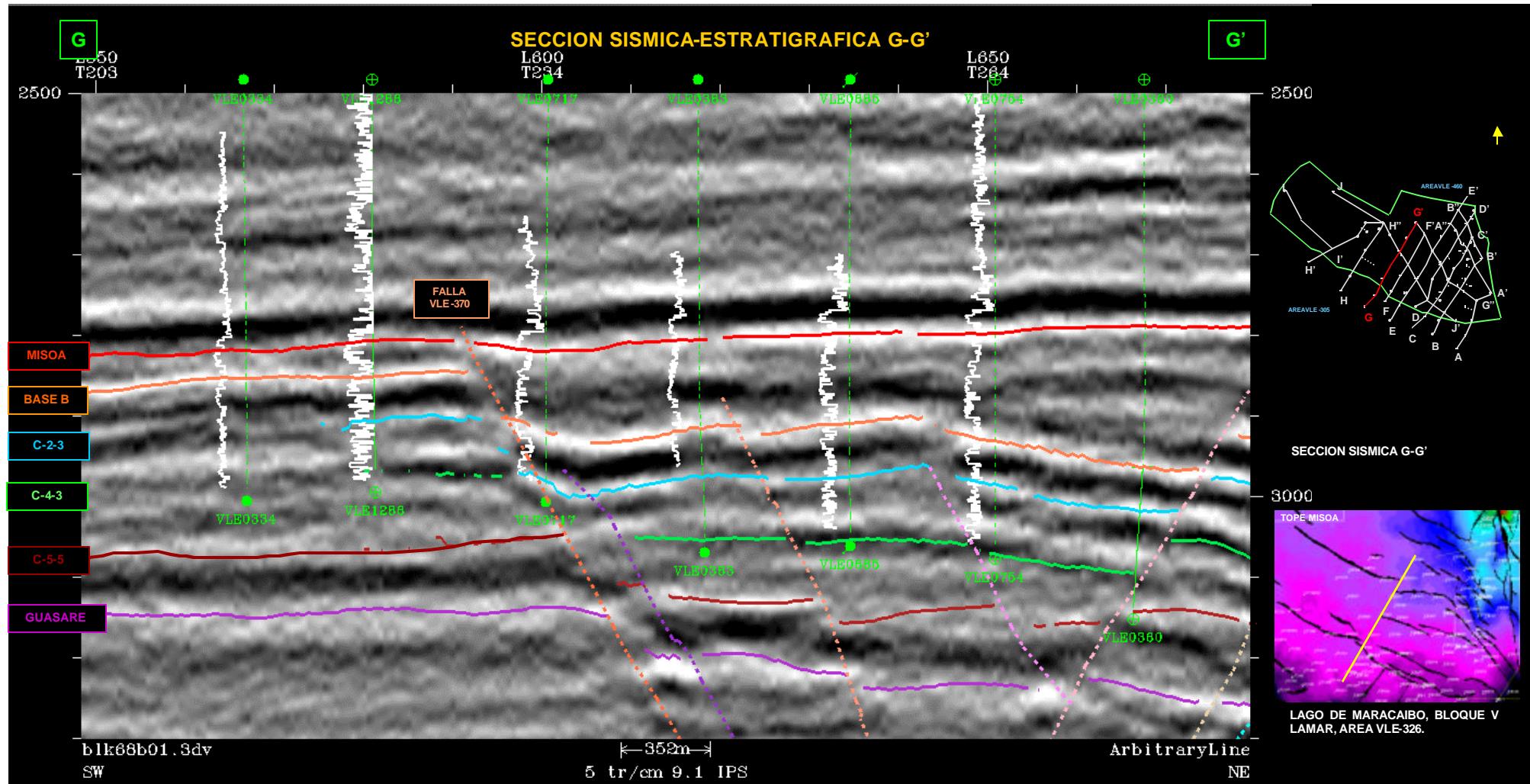


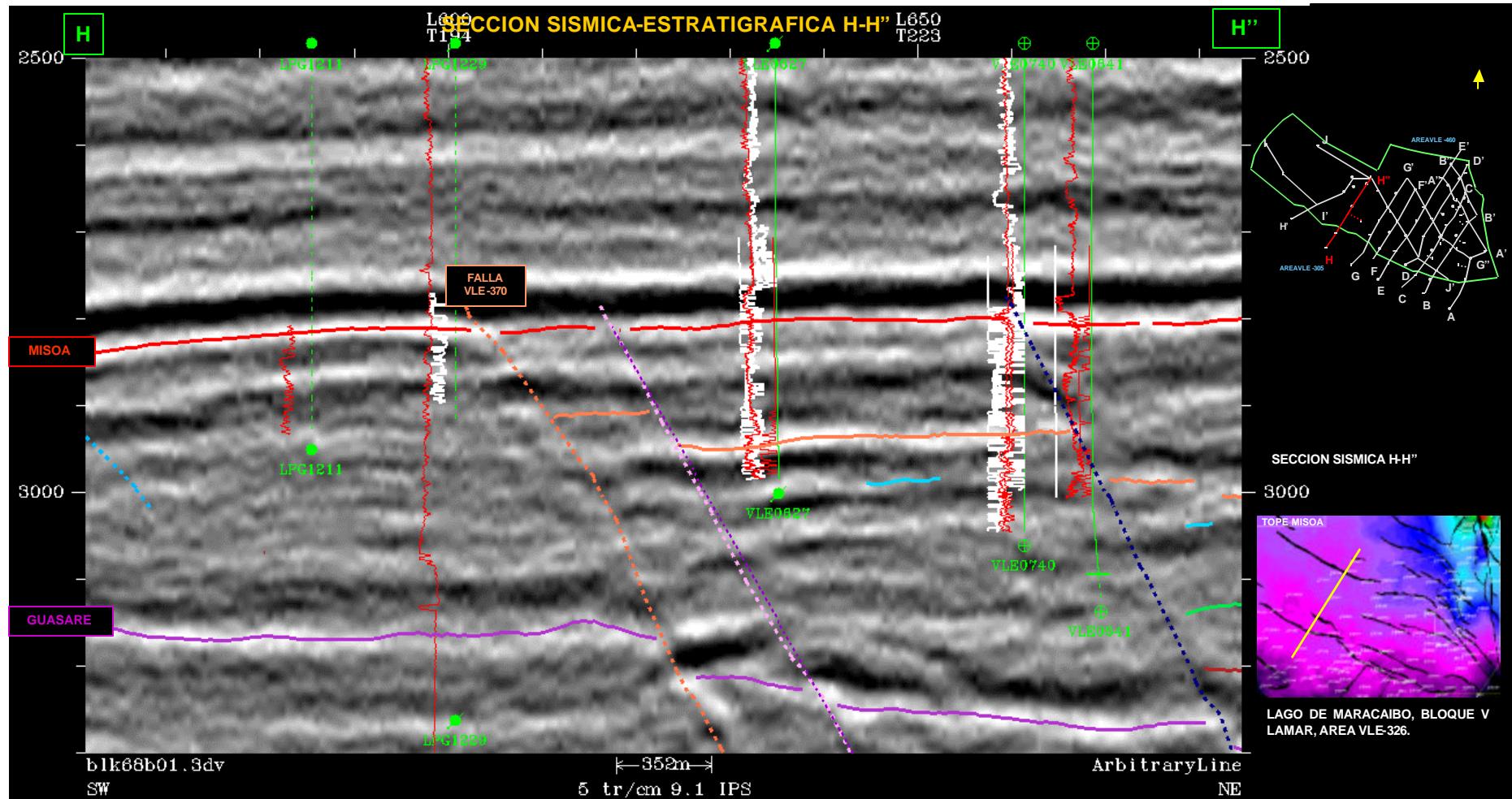


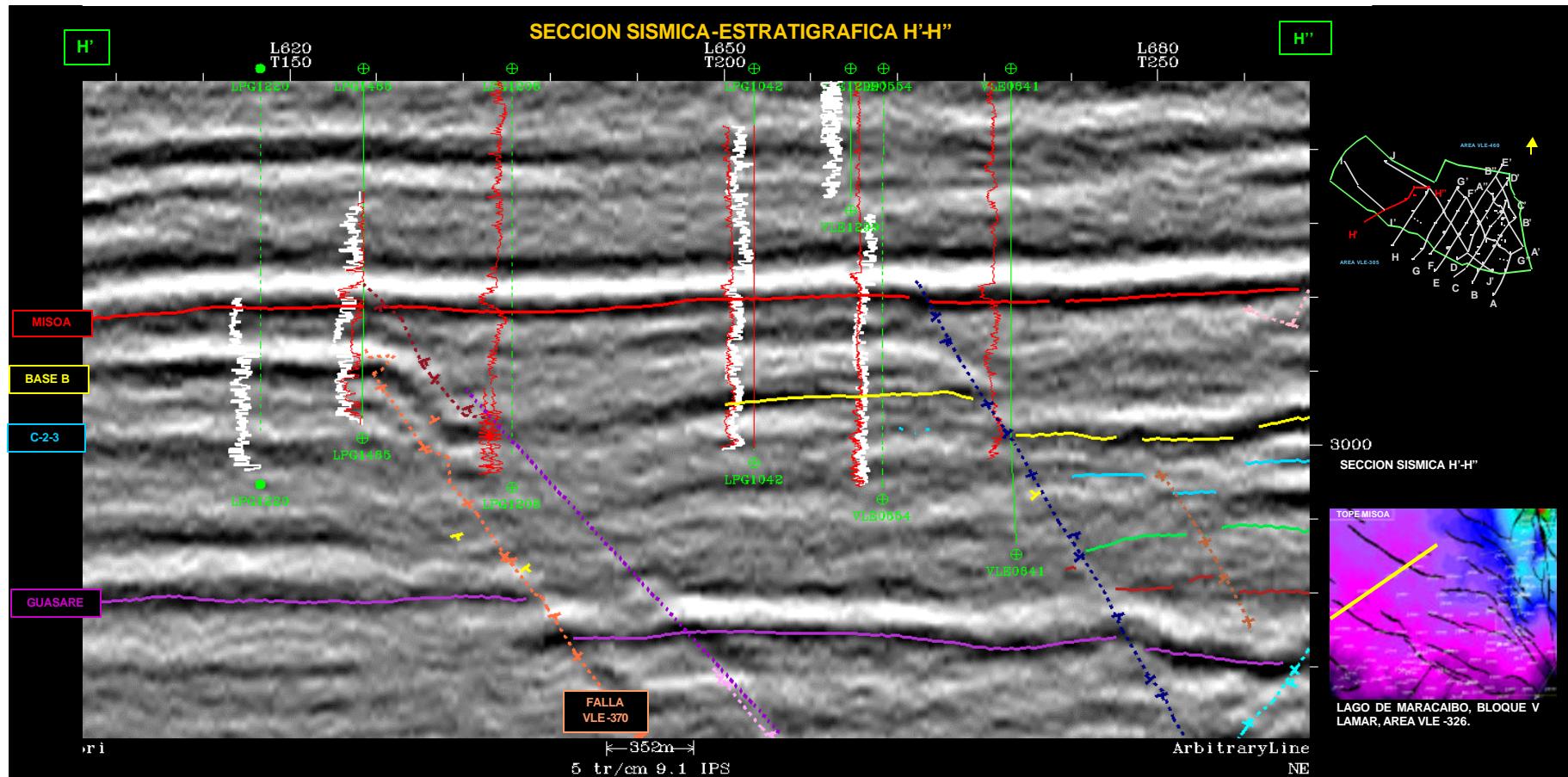


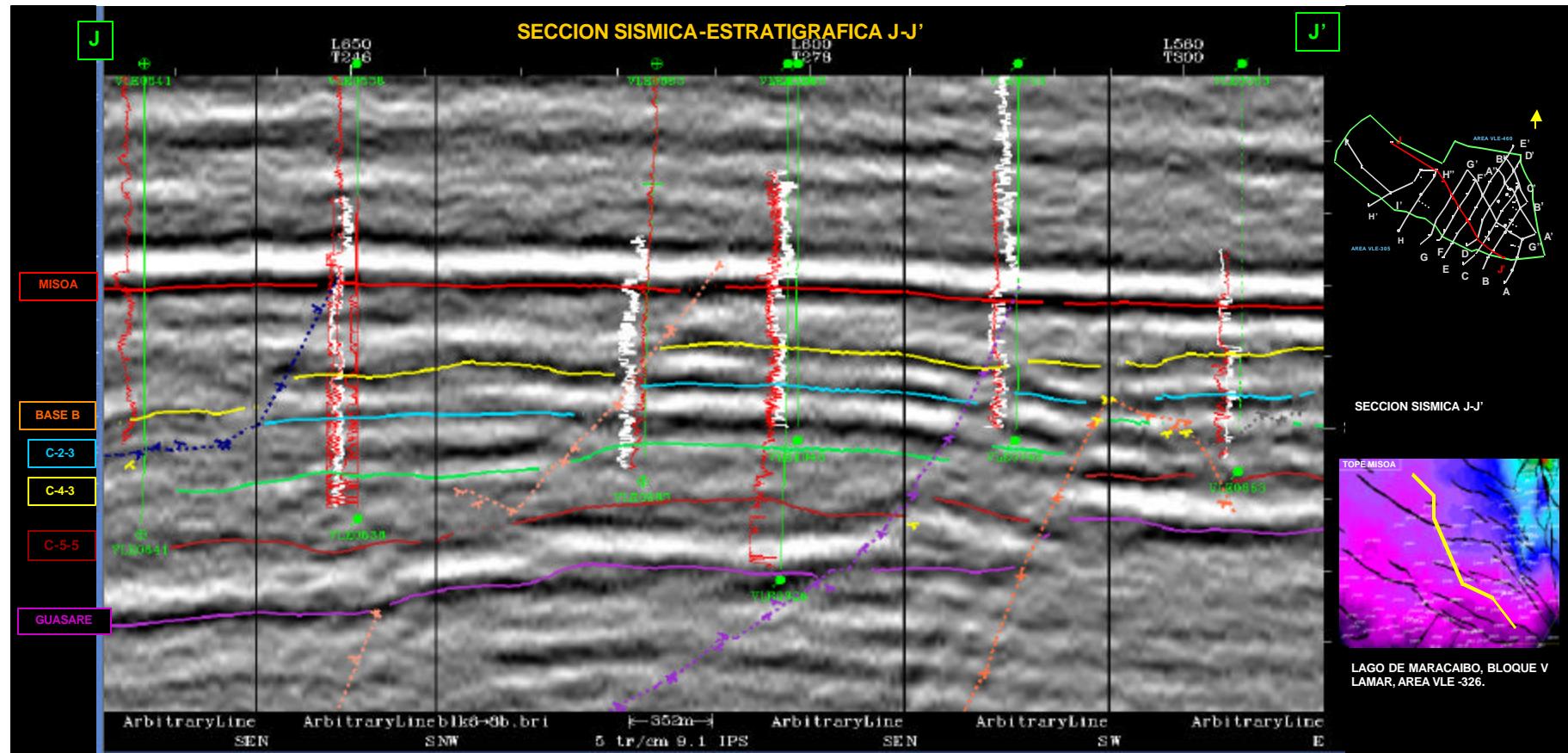


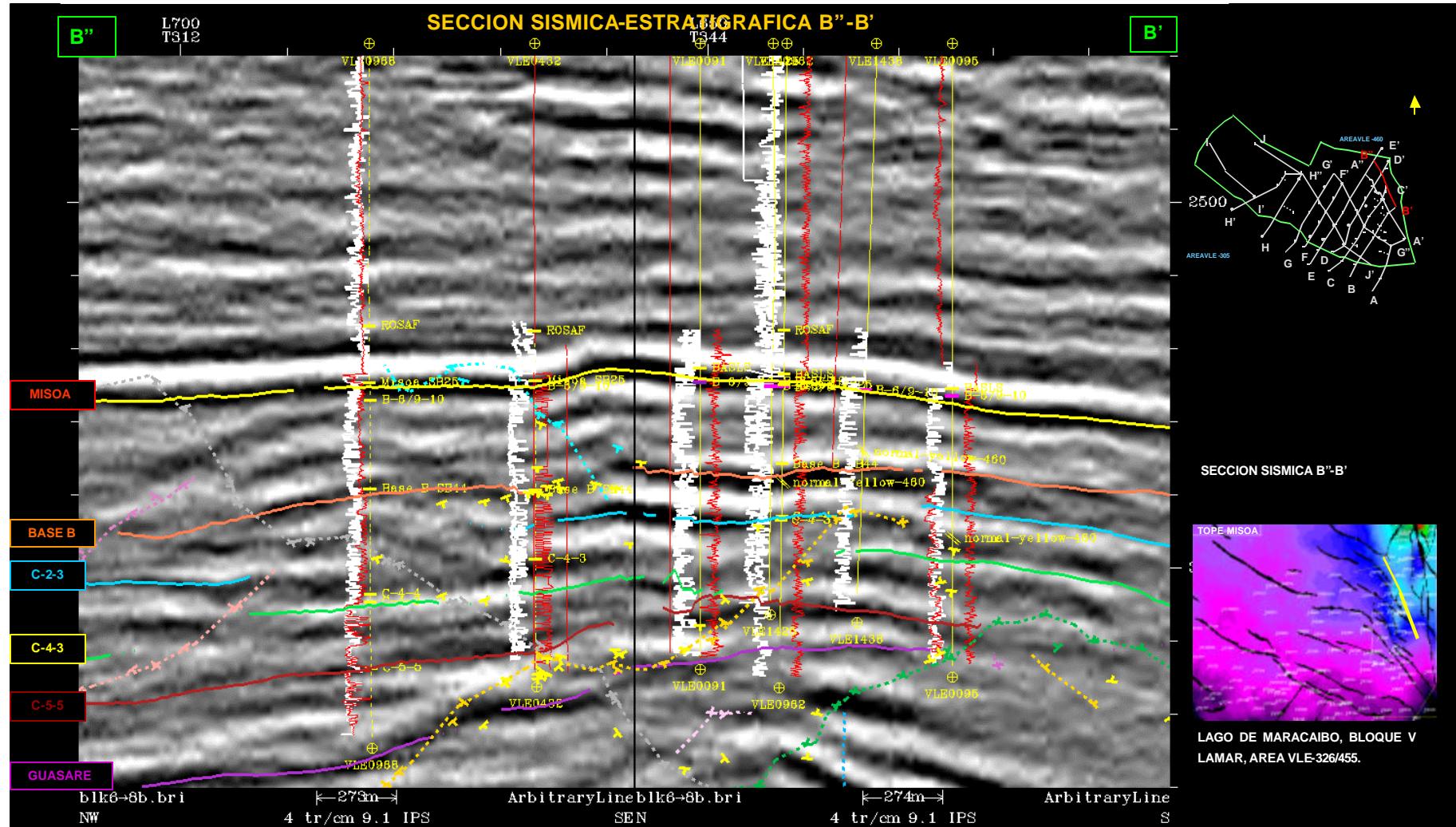


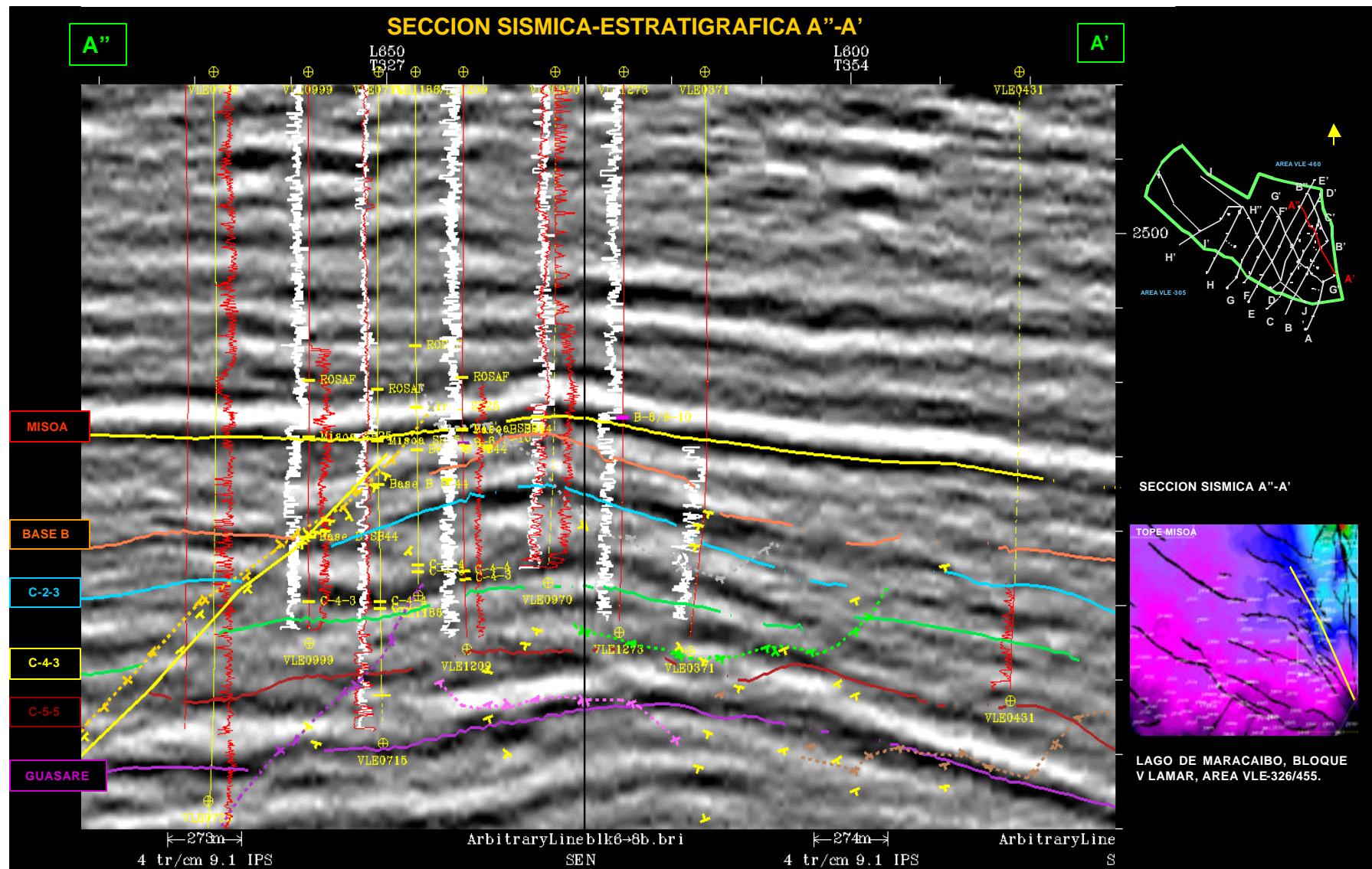








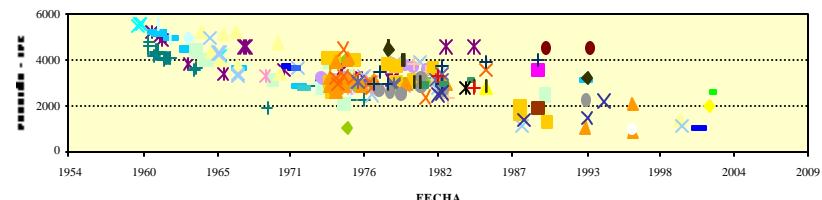




ANEXO IV
COMPORTAMIENTO DE PRESIONES

COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DEL YACIMIENTO C-2/VLE326/455

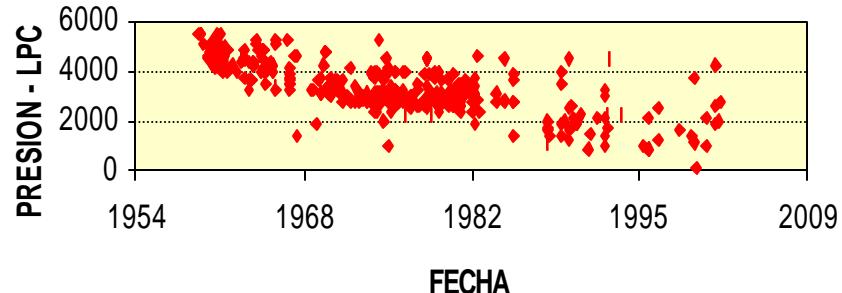
COMPORTAMIENTO DE PRESIÓN C-SUPERIOR ÁREA VLE-326



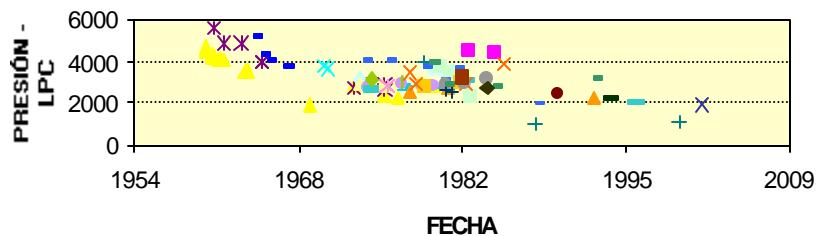
Legend for C-Superior Area VLE-326:

- VLE92, VLE93, VLE97, VLE326, VLE346, VLE346ST, VLE370
- VLE371, VLE383, VLE386, VLE445, VLE455, VLE470, VLE538
- VLE551, VLE570, VLE599, VLE627, VLE640, VLE683, VLE684
- VLE691, VLE705, VLE720, VLE723, VLE740, VLE746, VLE754
- VLE764, VLE779, VLE792, VLE836, VLE846, VLE855, VLE967
- VLE1186, VLE1320

COMPORTAMIENTO DE PRESIÓN C-SUPERIOR ÁREA VLE-326



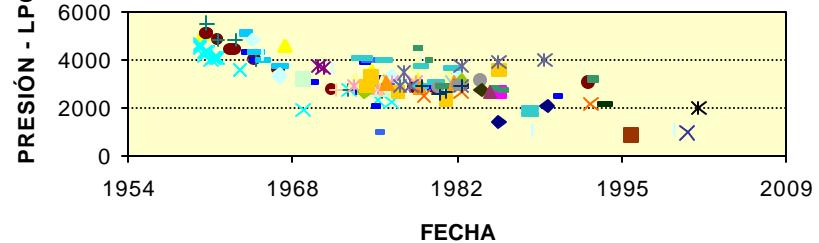
COMPORTAMIENTO DE PRESIÓN SUBUNIDAD C-2-5 ÁREA VLE-326



Legend for C-2-5 Subunit VLE-326:

- VLE346, VLE370, VLE371, VLE386, VLE445, VLE455, VLE470, VLE470, VLE538
- VLE551, VLE570, VLE599, VLE627, VLE640, VLE653, VLE683, VLE684
- VLE691, VLE705, VLE720, VLE723, VLE738, VLE740, VLE746, VLE754
- VLE792, VLE836, VLE855, VLE1061, VLE1320

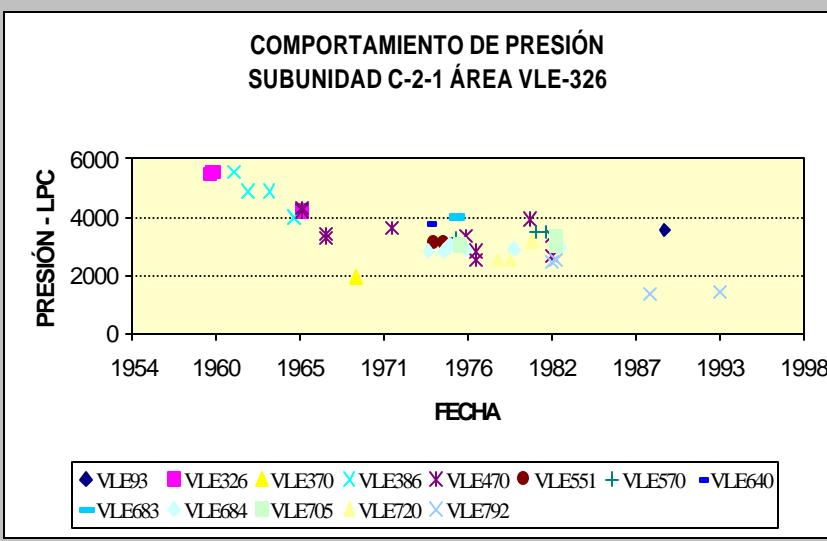
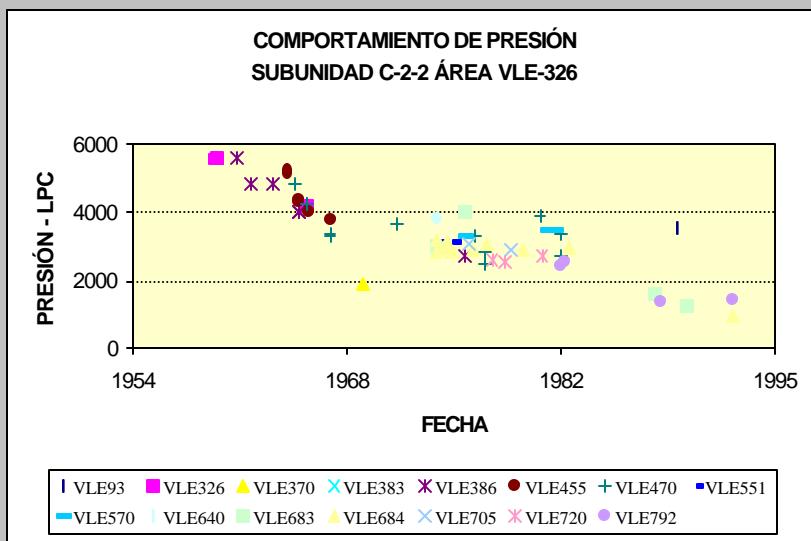
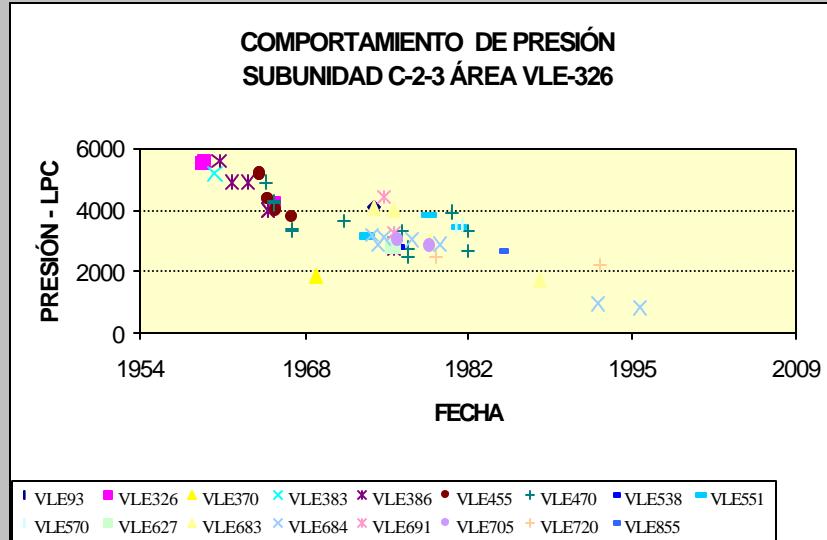
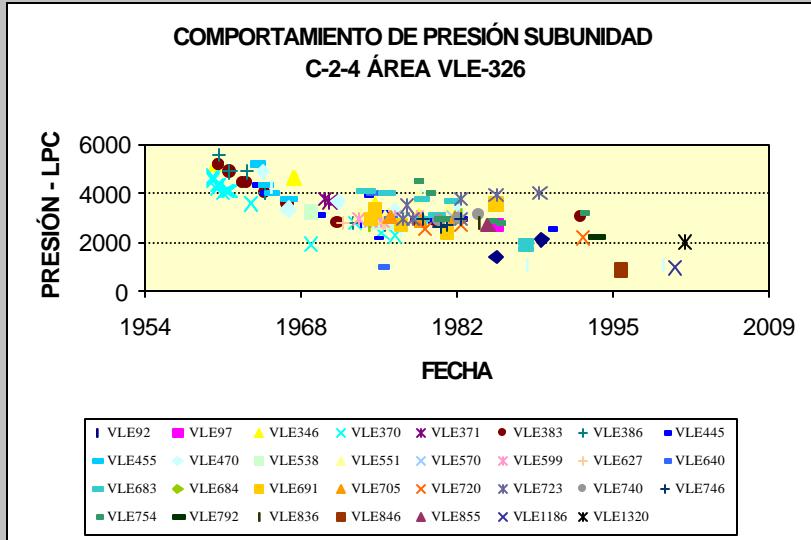
COMPORTAMIENTO DE PRESIÓN SUBUNIDAD C-2-4 ÁREA VLE-326



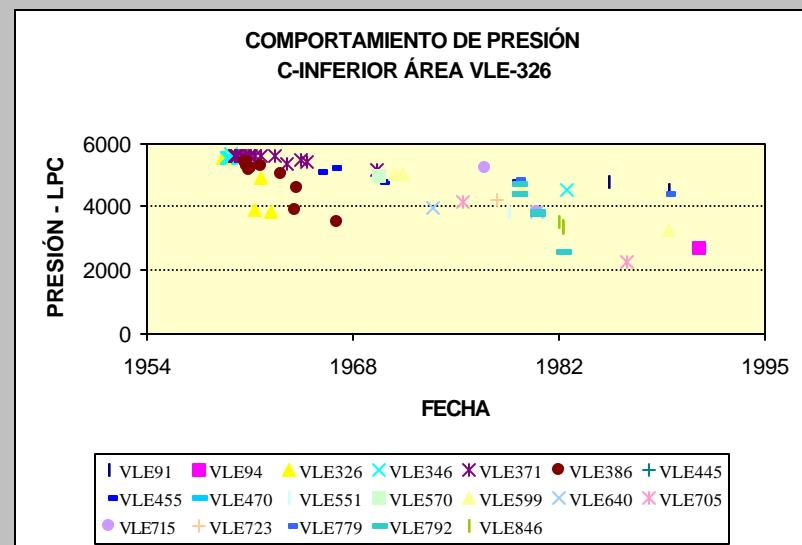
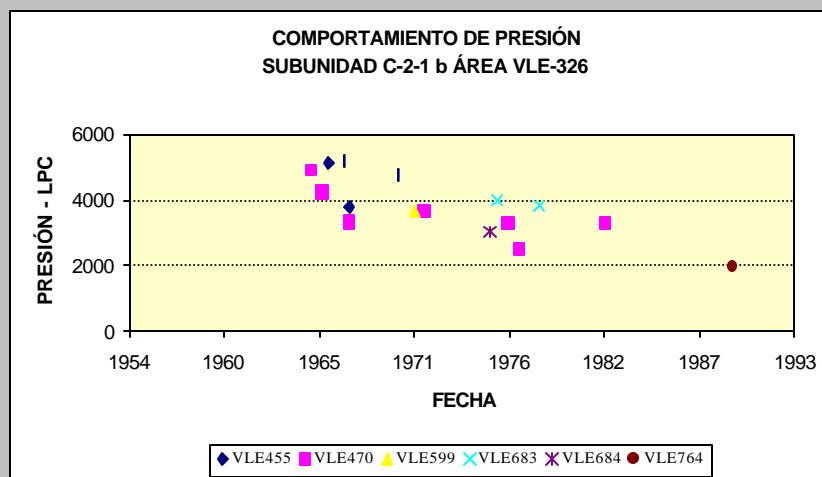
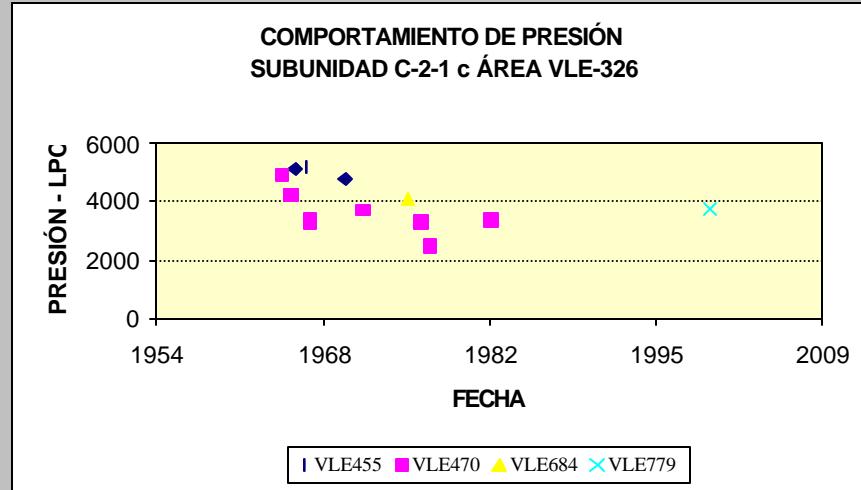
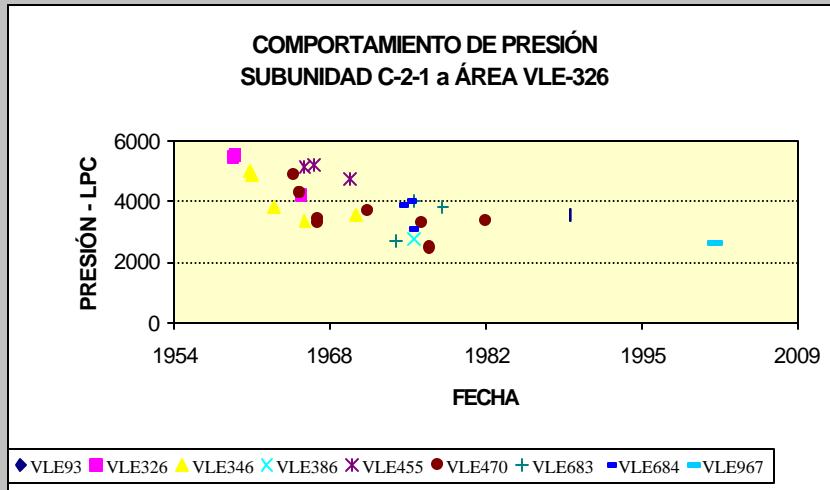
Legend for C-2-4 Subunit VLE-326:

- VLE92, VLE97, VLE346, VLE370, VLE371, VLE386, VLE386, VLE445
- VLE455, VLE470, VLE538, VLE551, VLE570, VLE599, VLE627, VLE640
- VLE683, VLE684, VLE691, VLE705, VLE720, VLE723, VLE740, VLE746
- VLE754, VLE792, VLE836, VLE846, VLE855, VLE1186, VLE1320

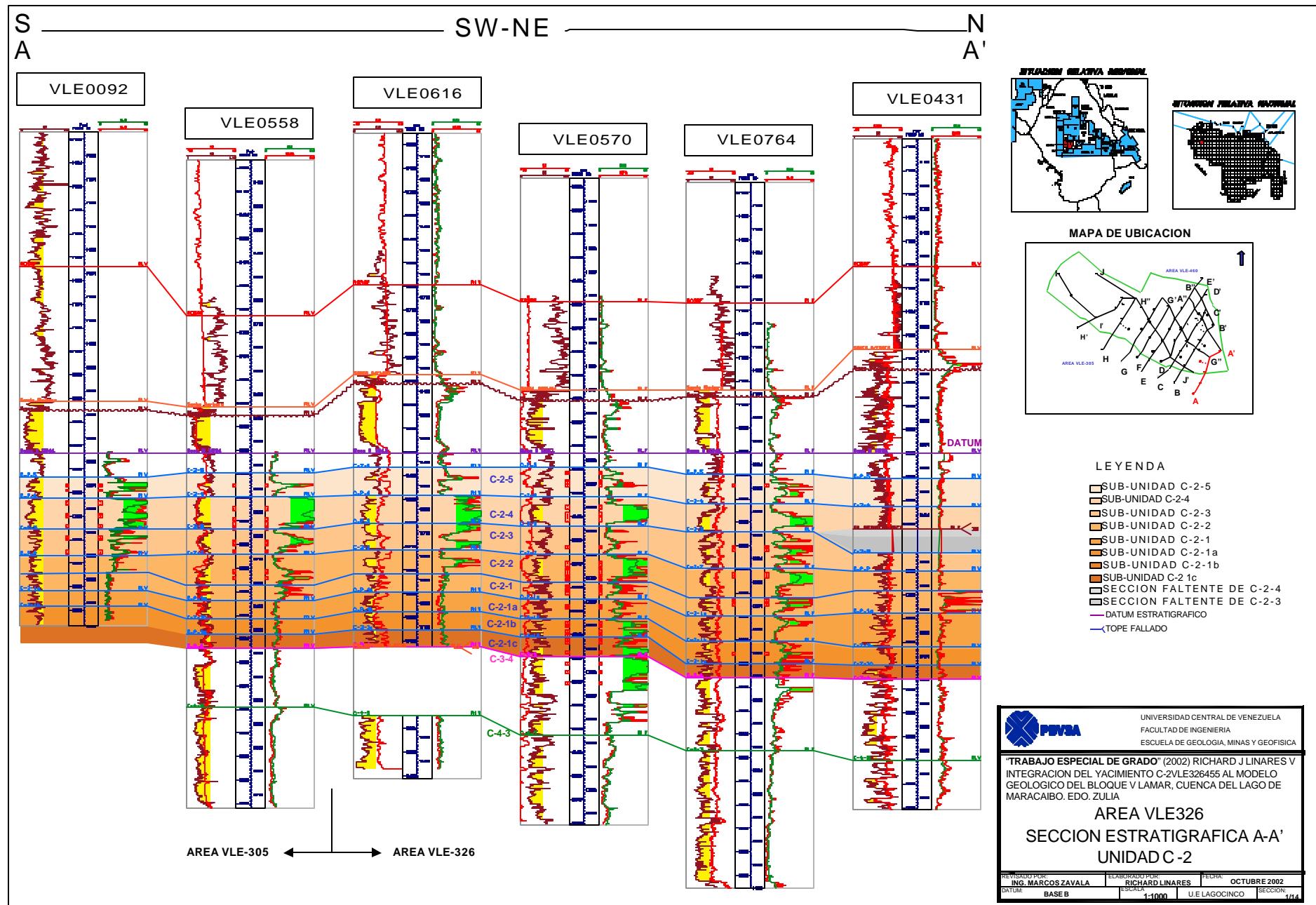
COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DEL YACIMIENTO C-2/VLE326/455

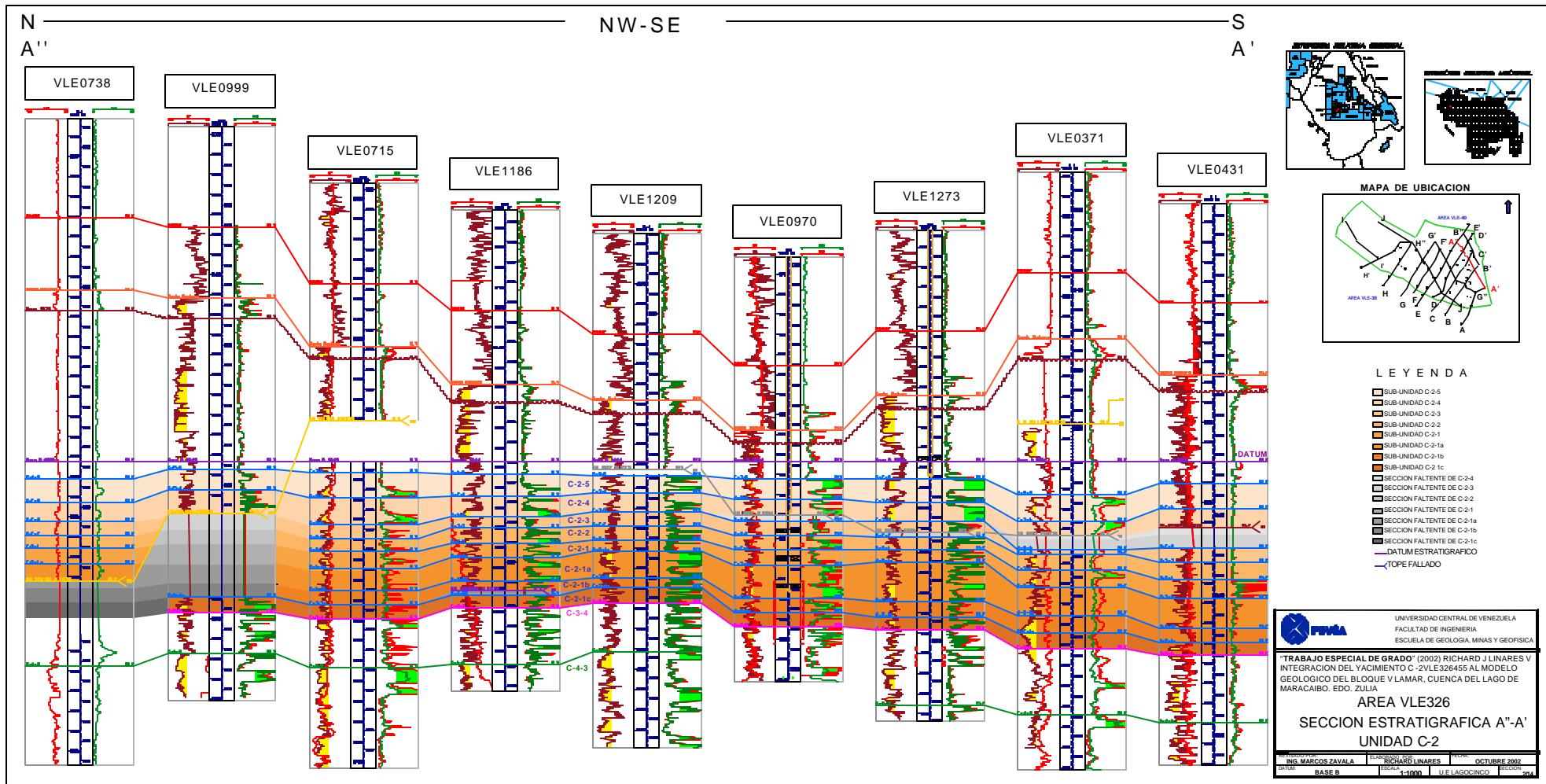


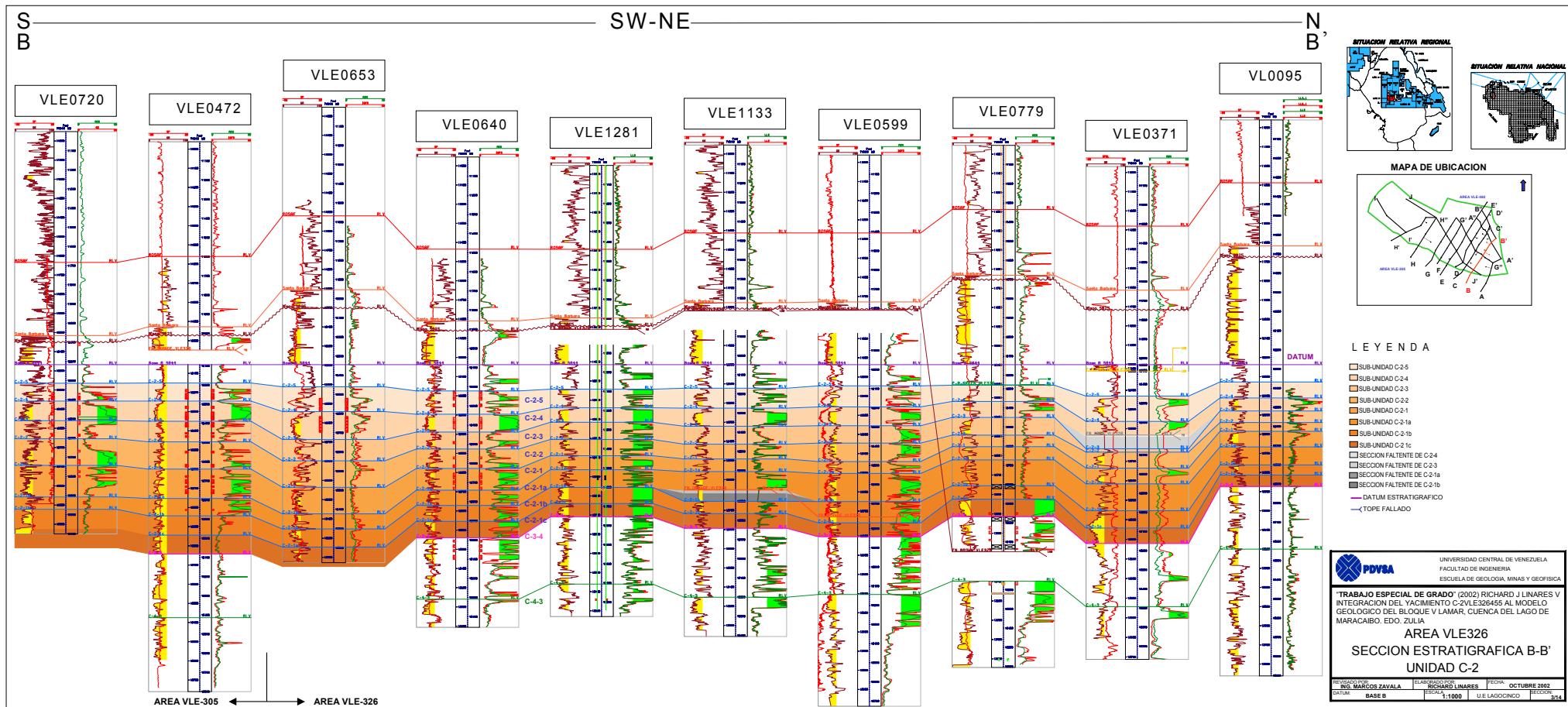
COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DEL YACIMIENTO C-2/VLE326/455

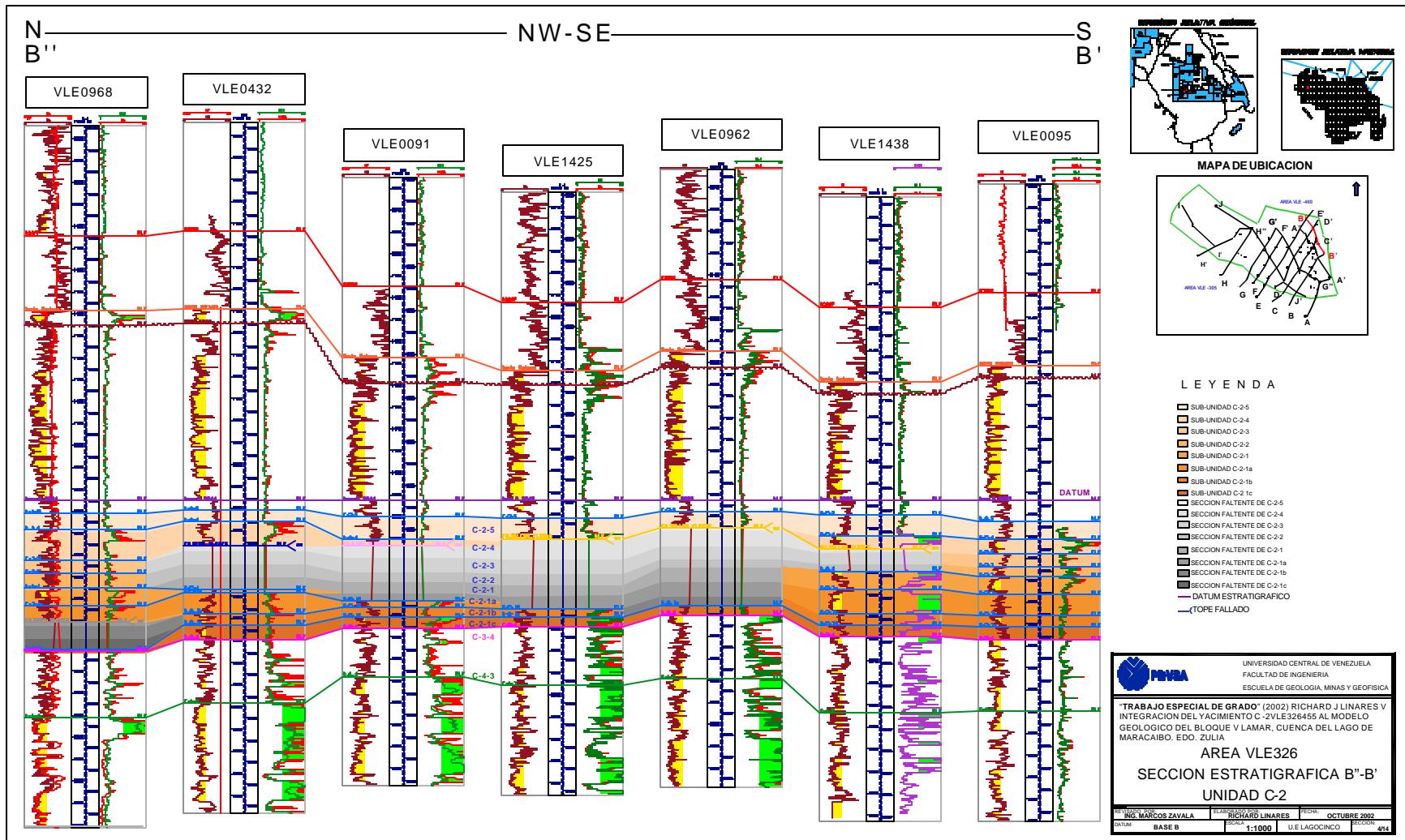


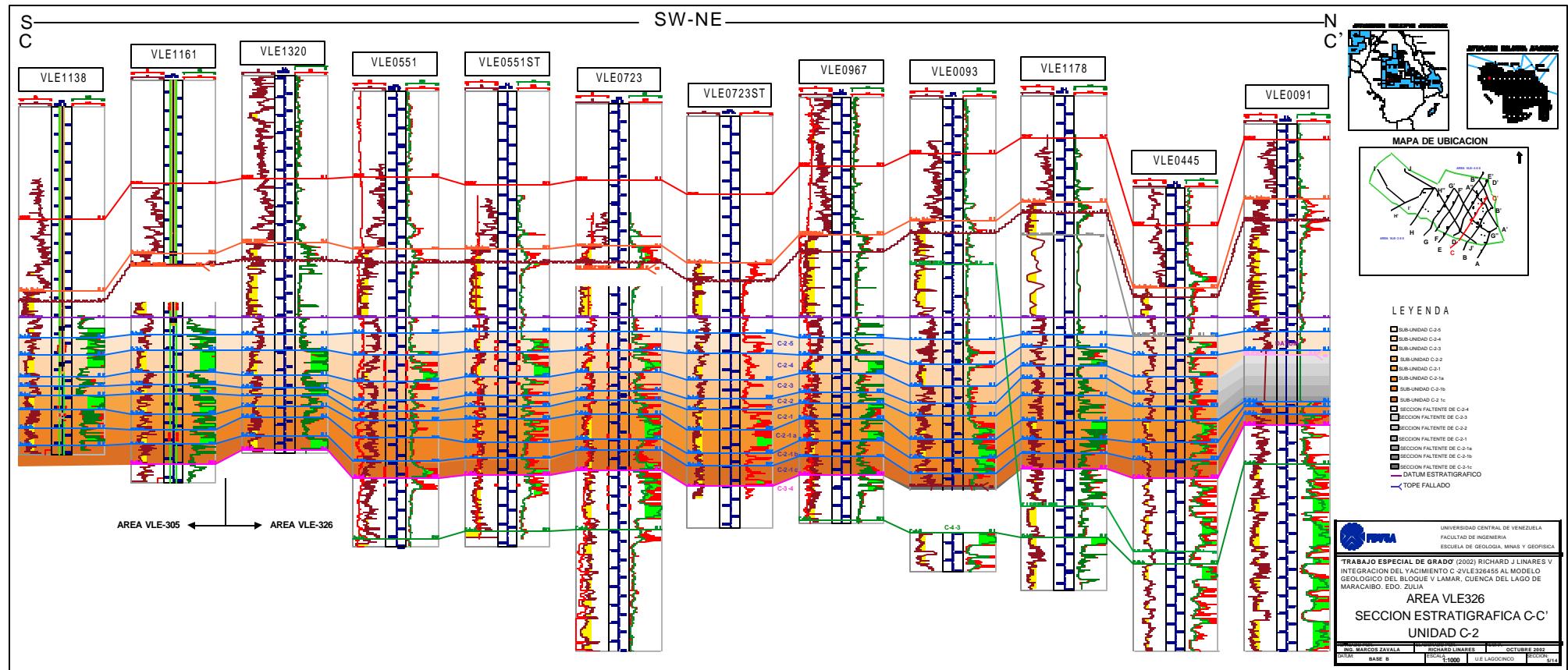
ANEXO V
SECCIONES ESTRATIGRAFICAS

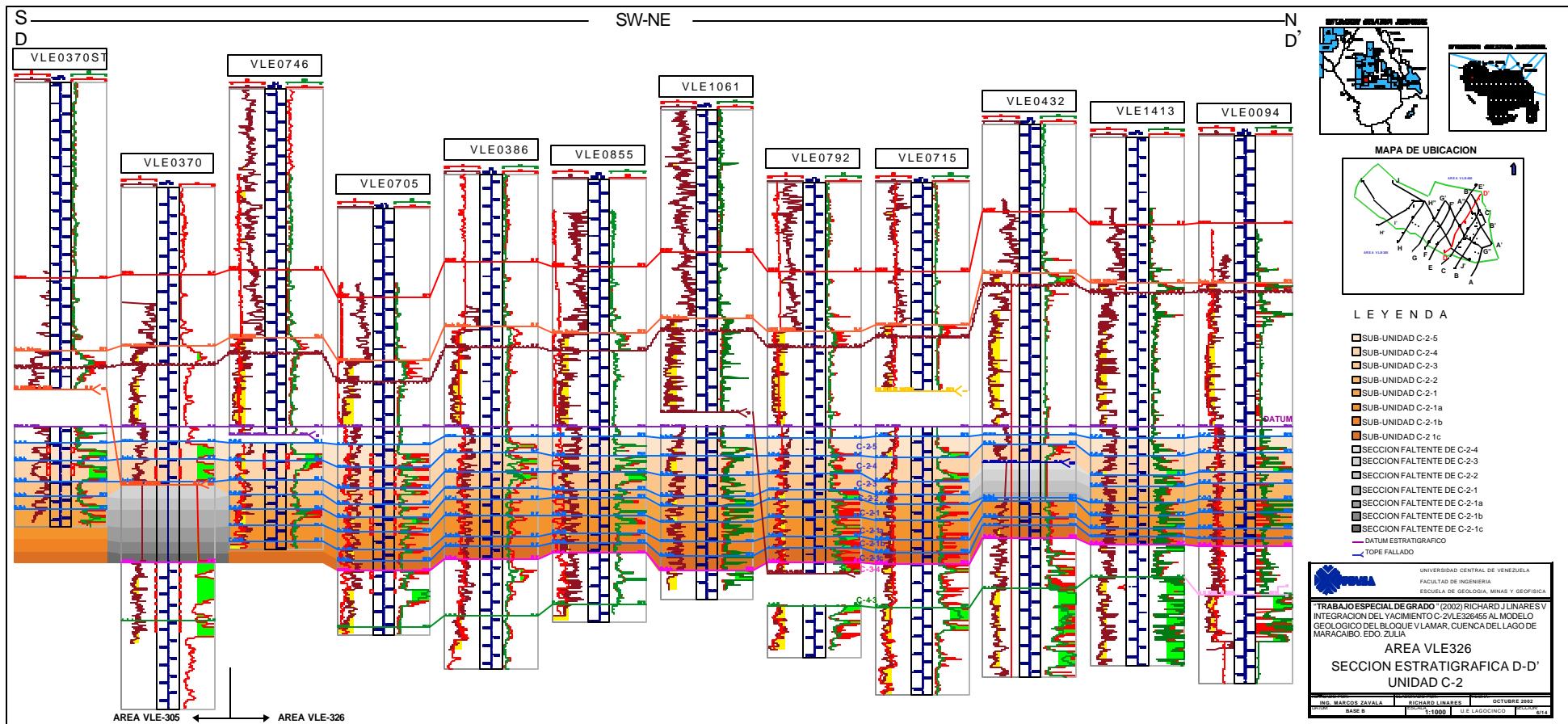


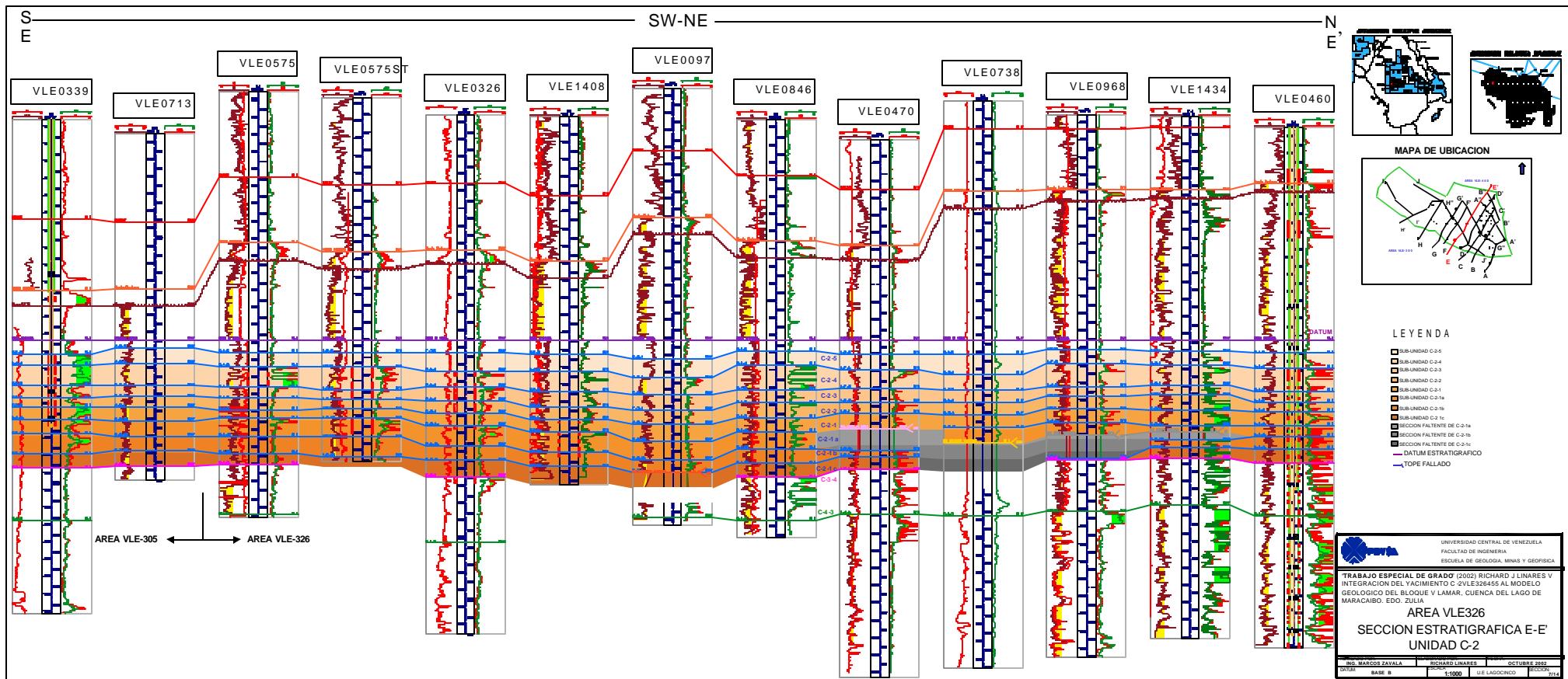


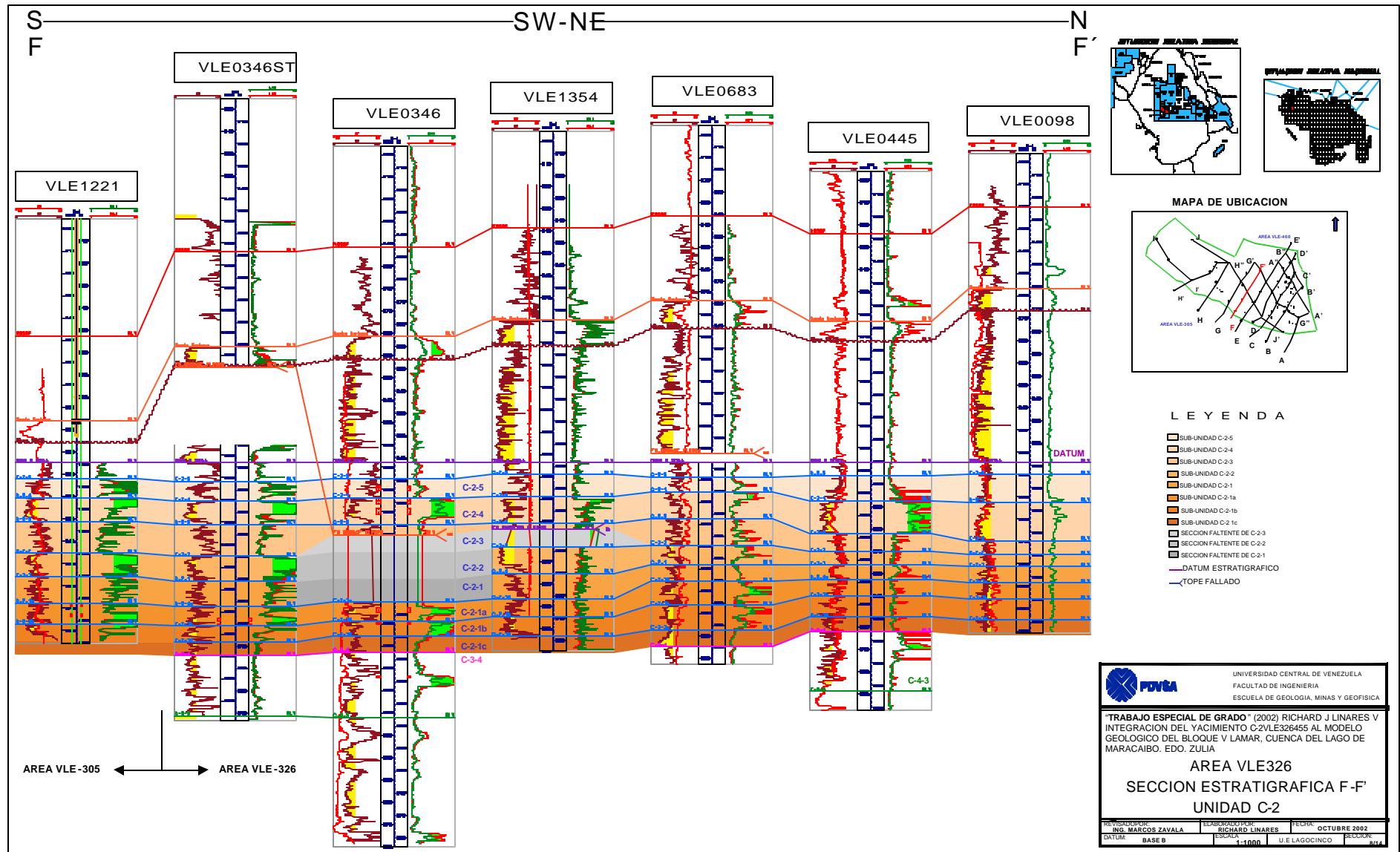


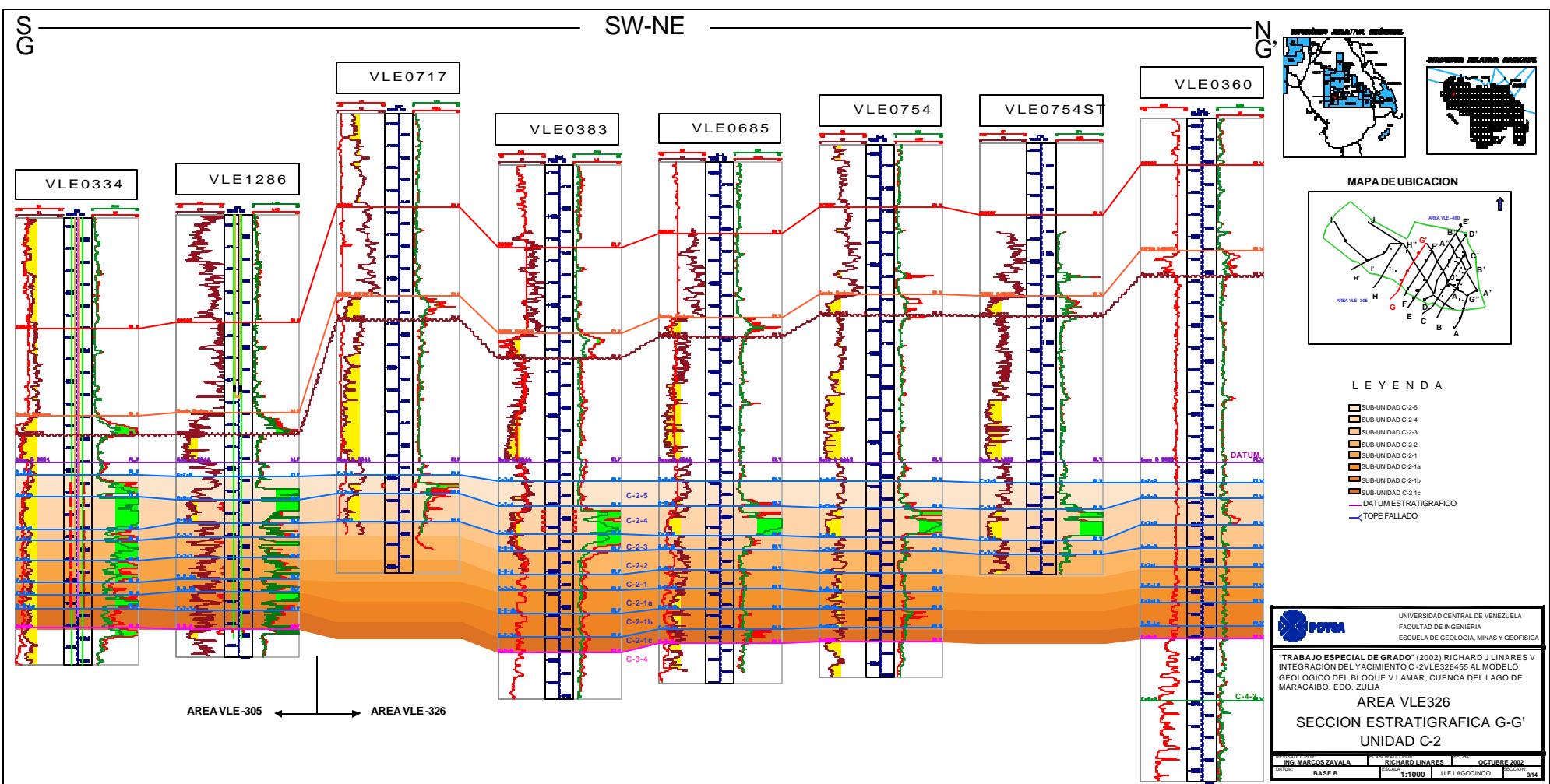


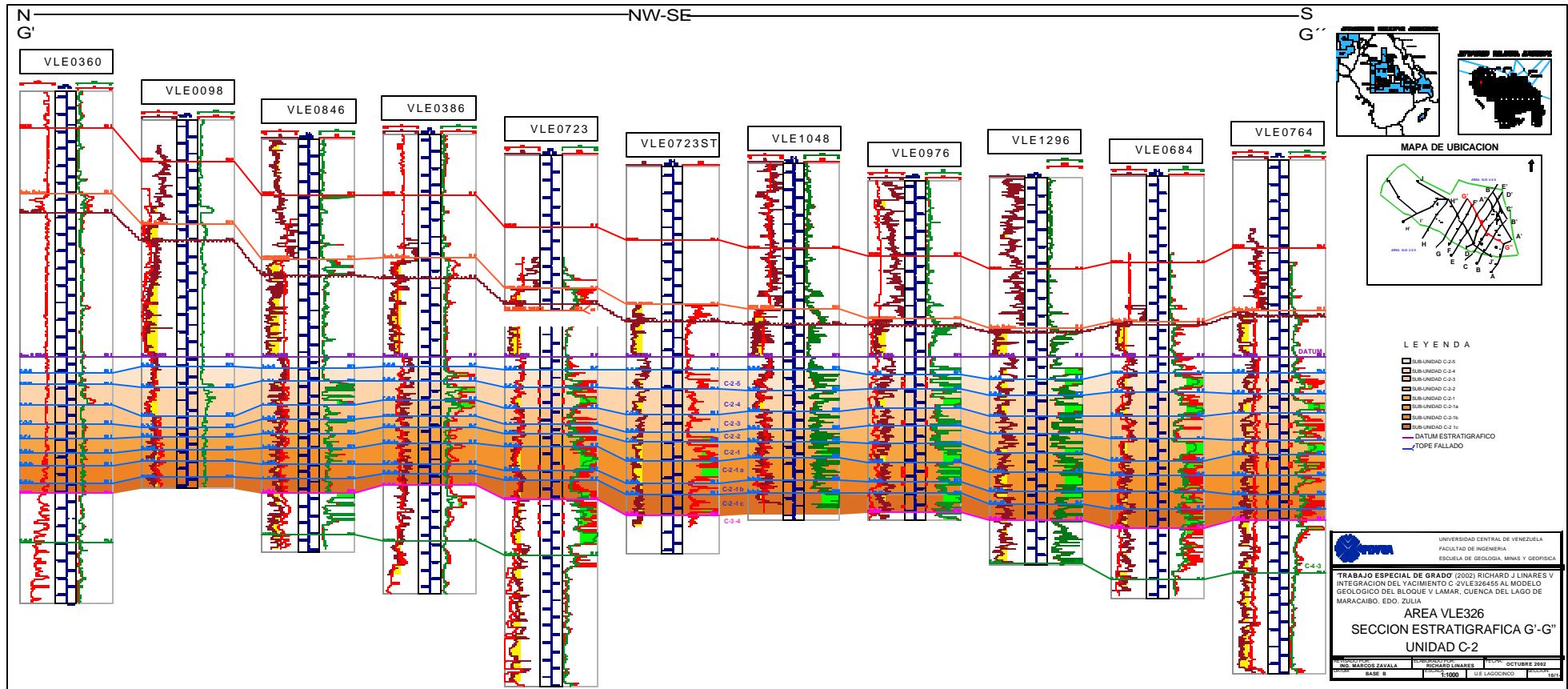


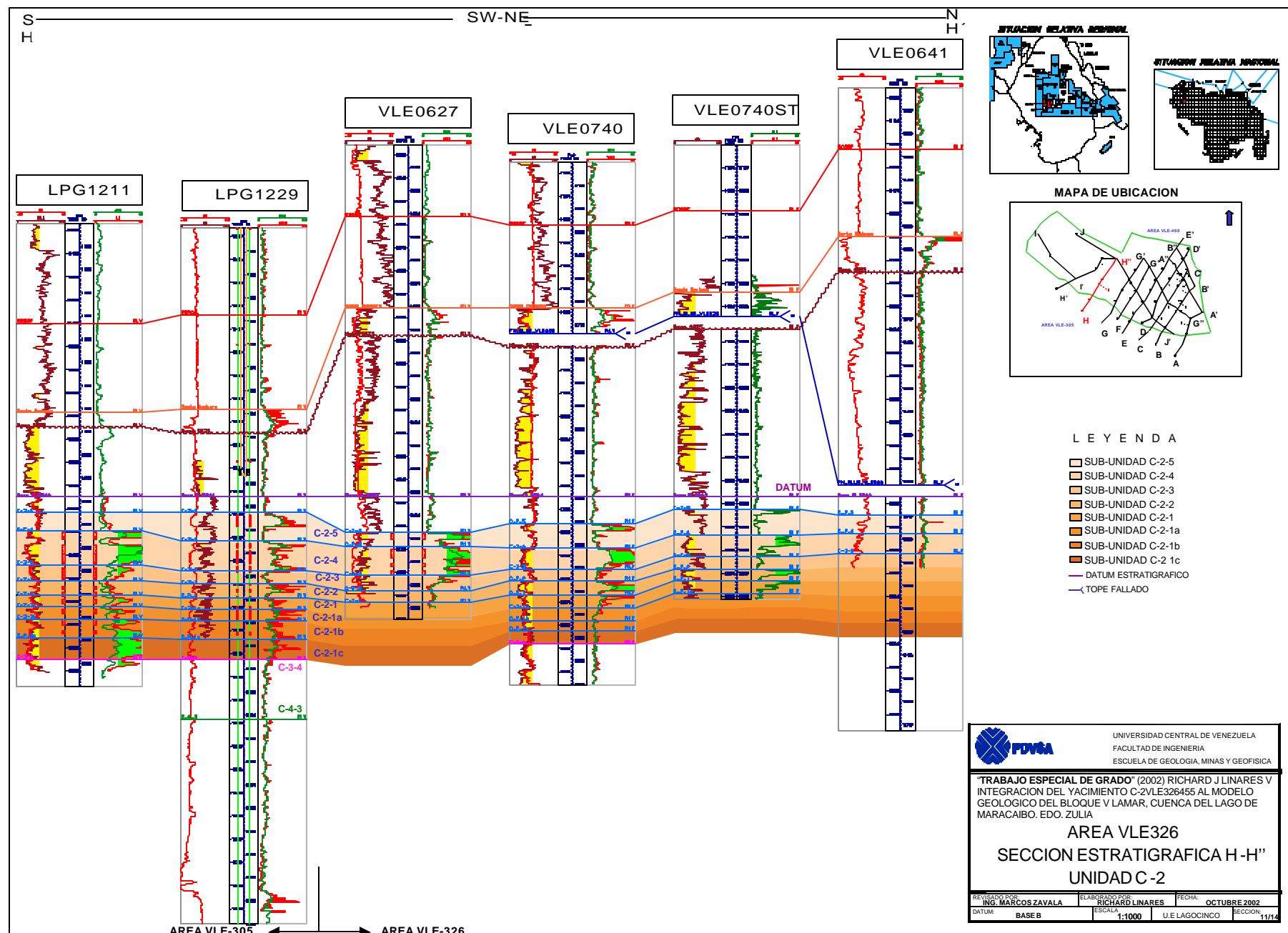


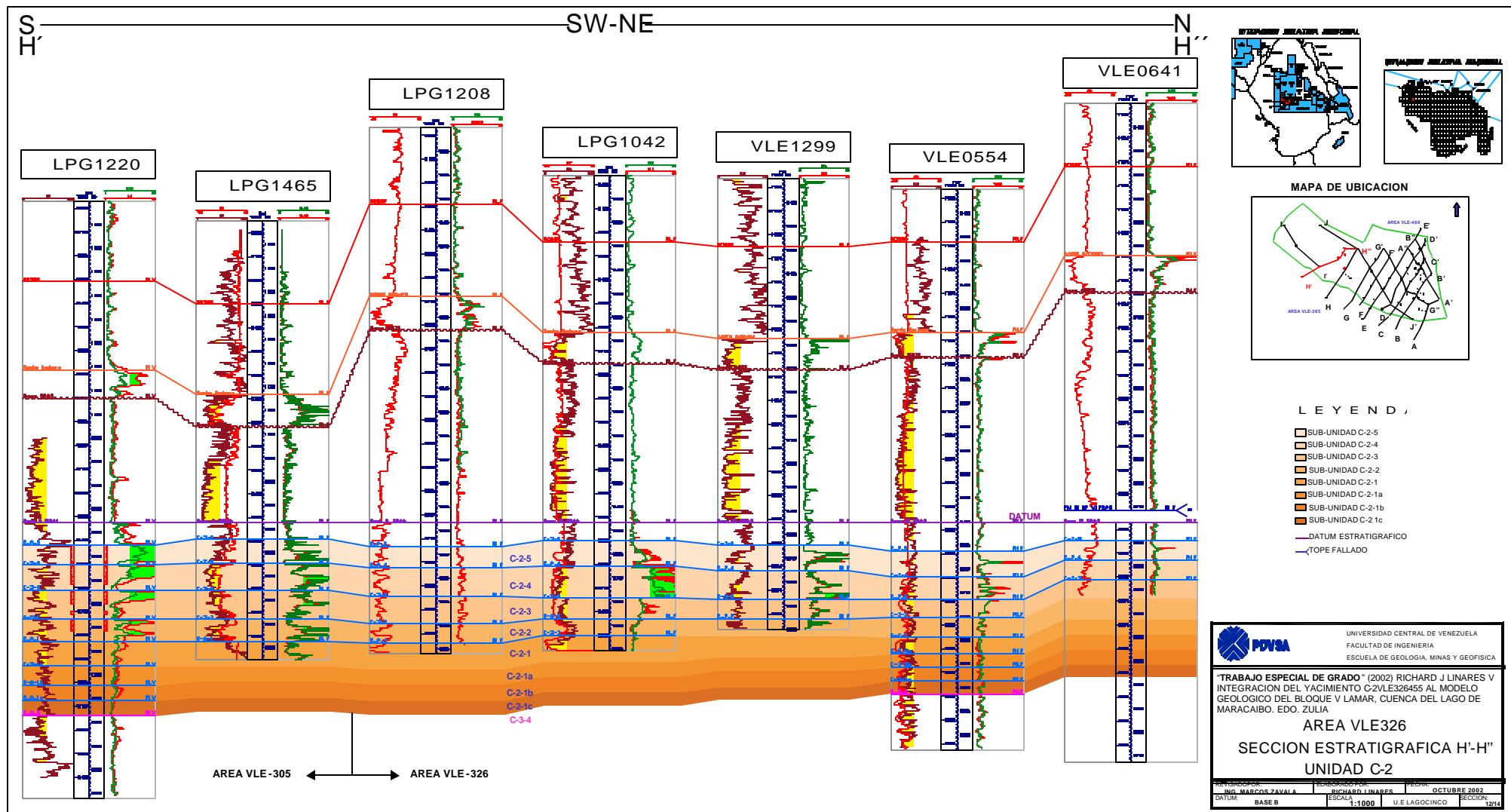


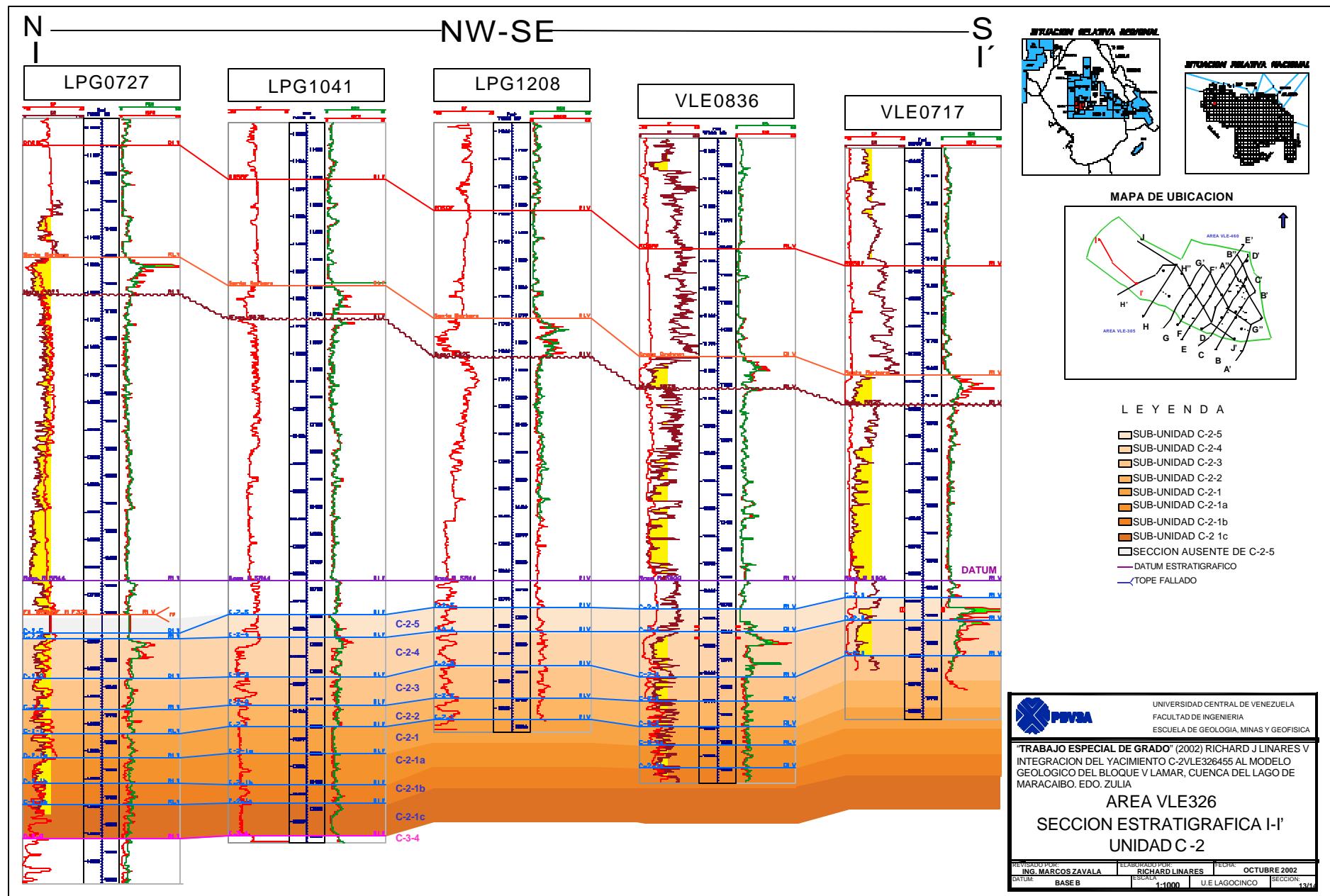


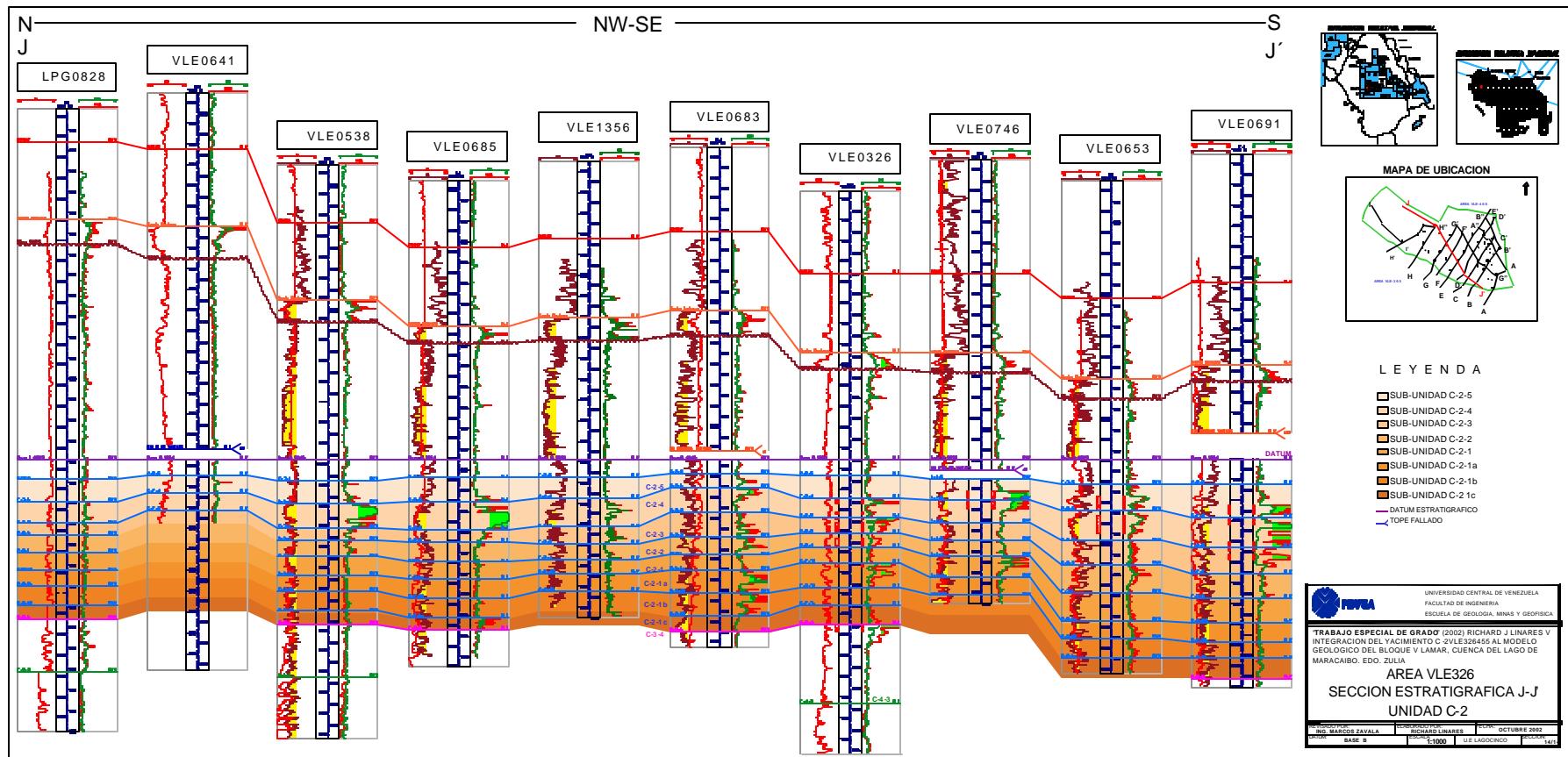








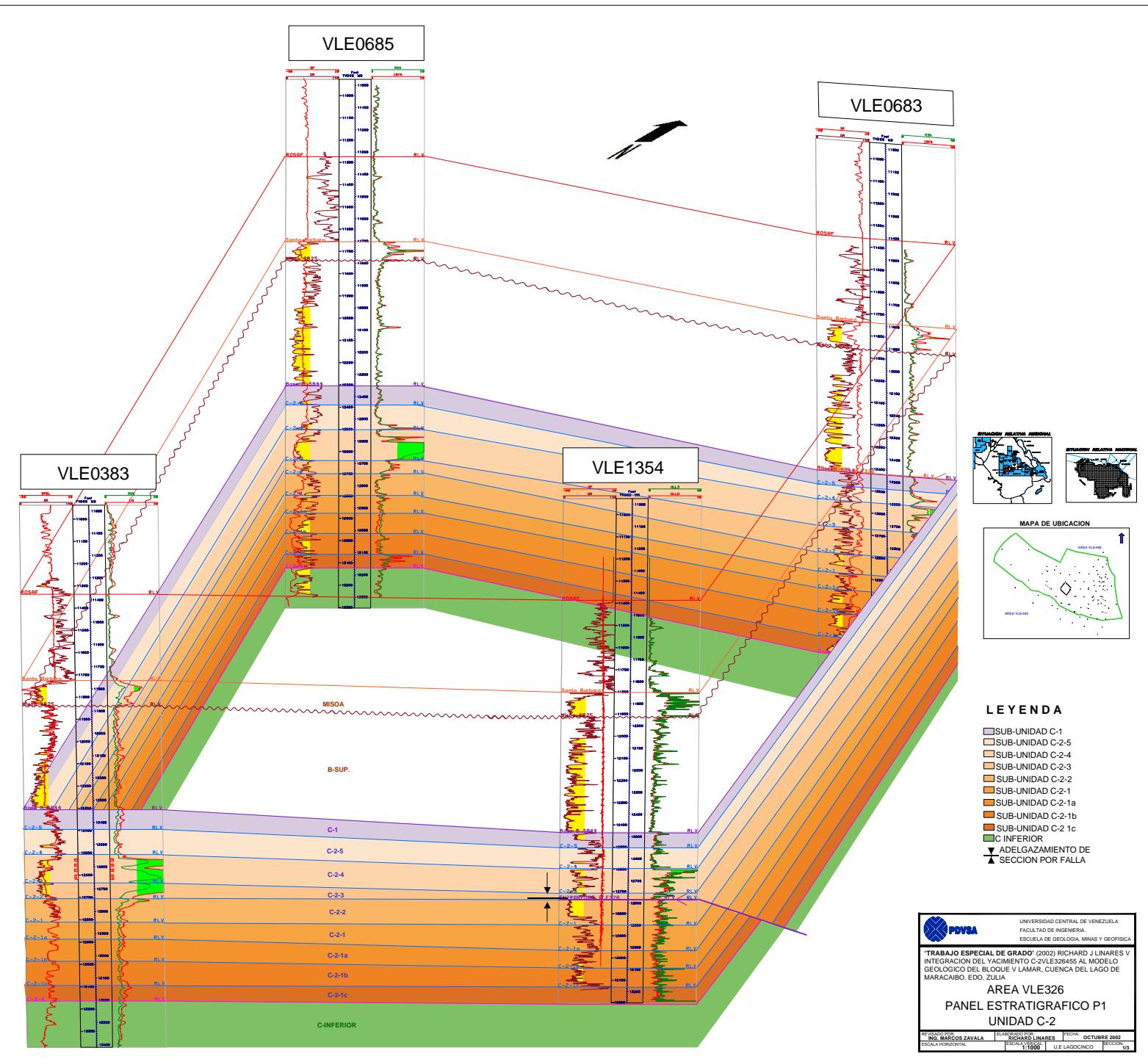


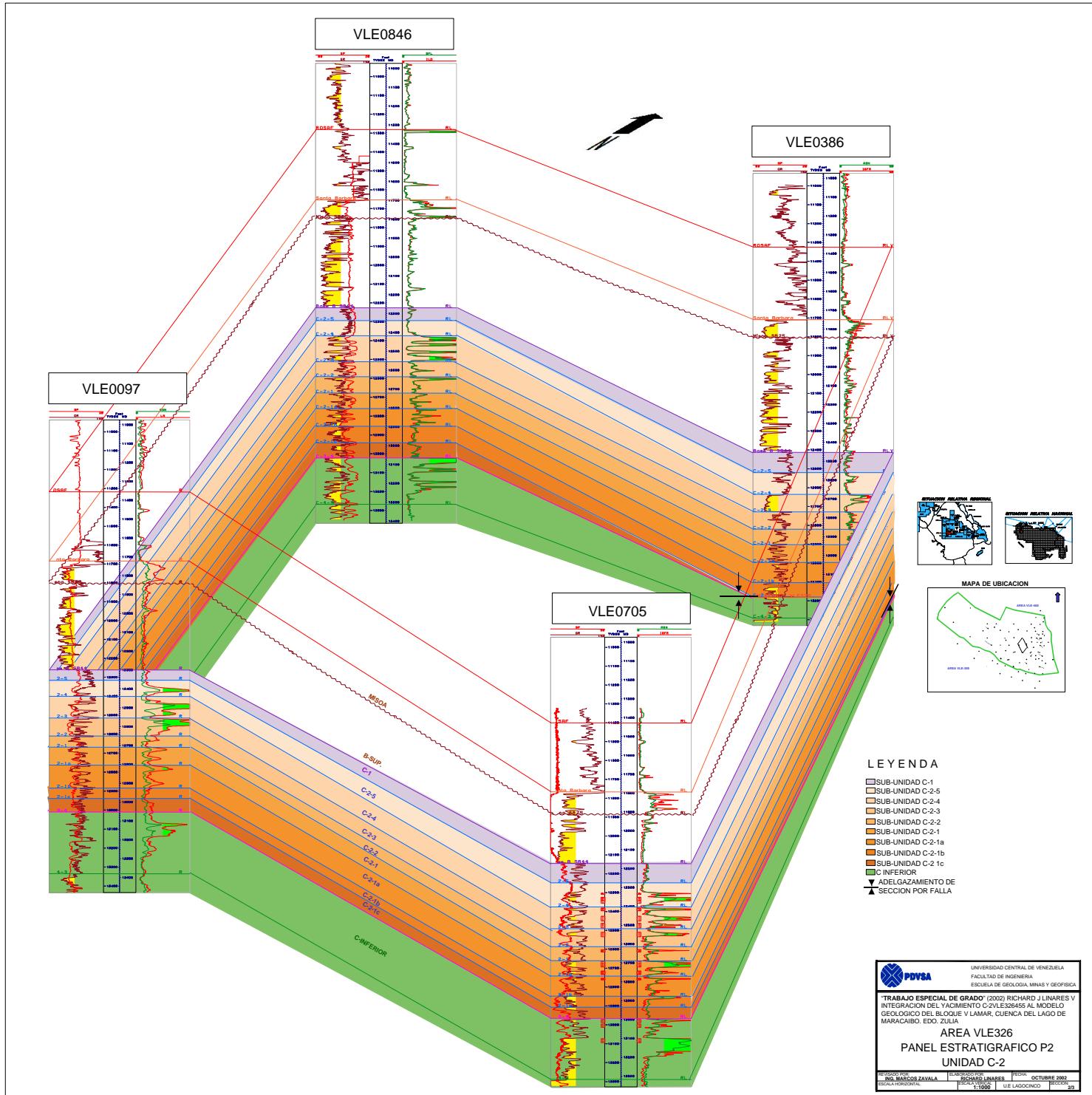


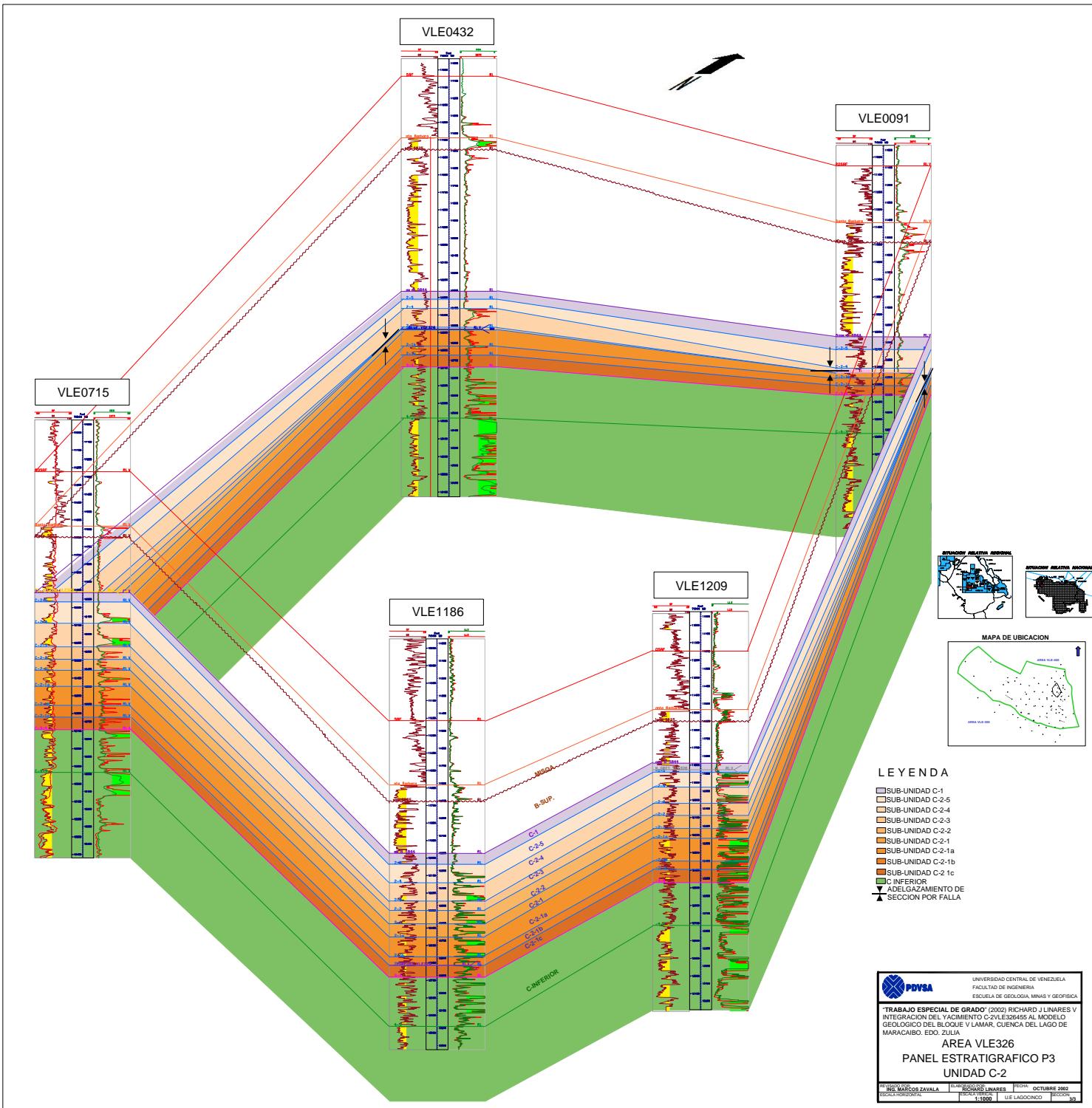
ANEXO VI
LISTA DE TOPES ESTRATIGRAFICOS

LISTA DE TOPES DEL YACIMIENTO C-2/VLE326/455 Y ZONA NORTE DEL YACIMIENTO C-2/VLE305. BLOQUE V LAMAR, LAGO DE MARACAIBO
H.E. LACOCINCO

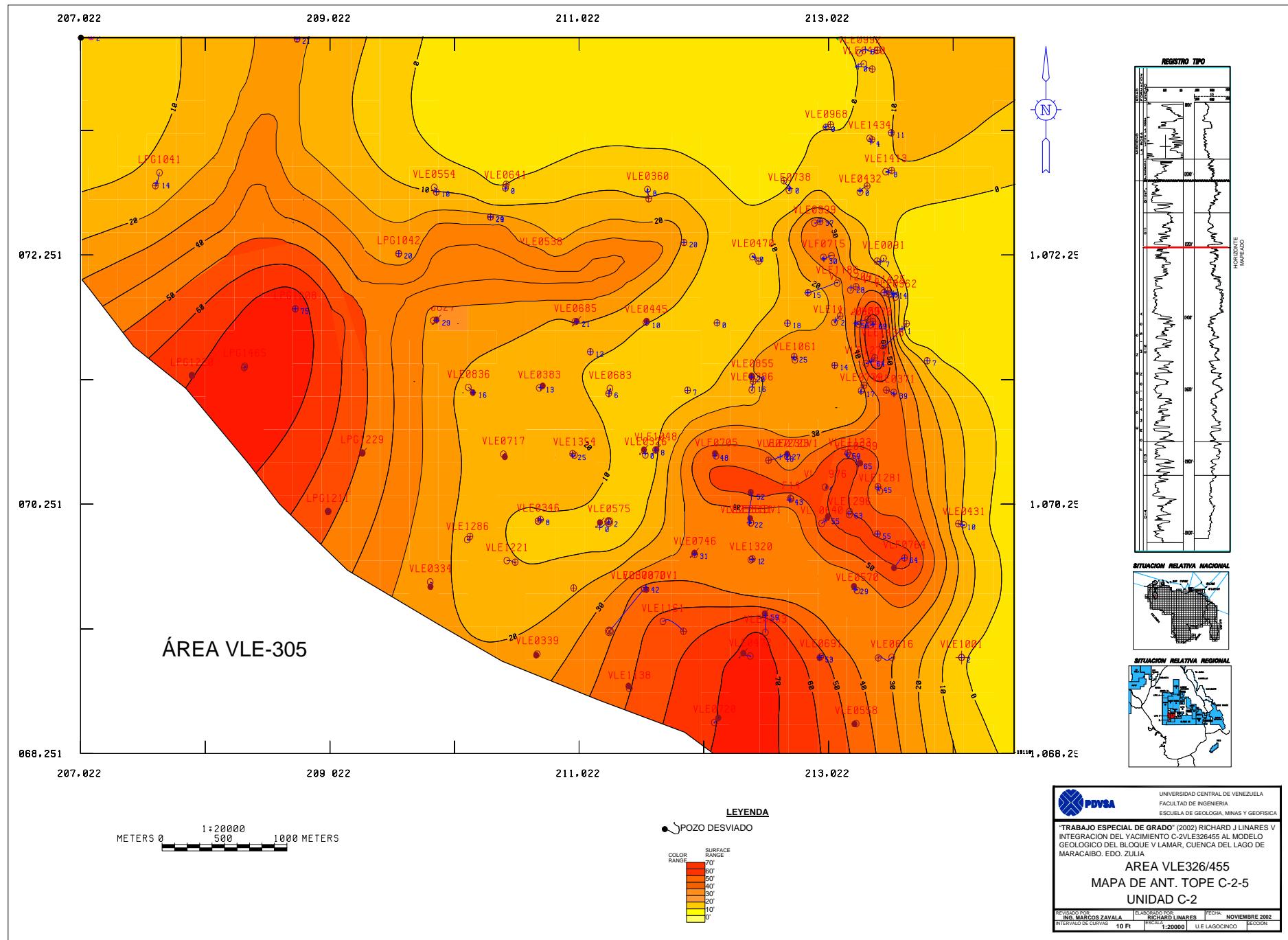
ANEXO VII
PANELES ESTRATIGRAFICOS

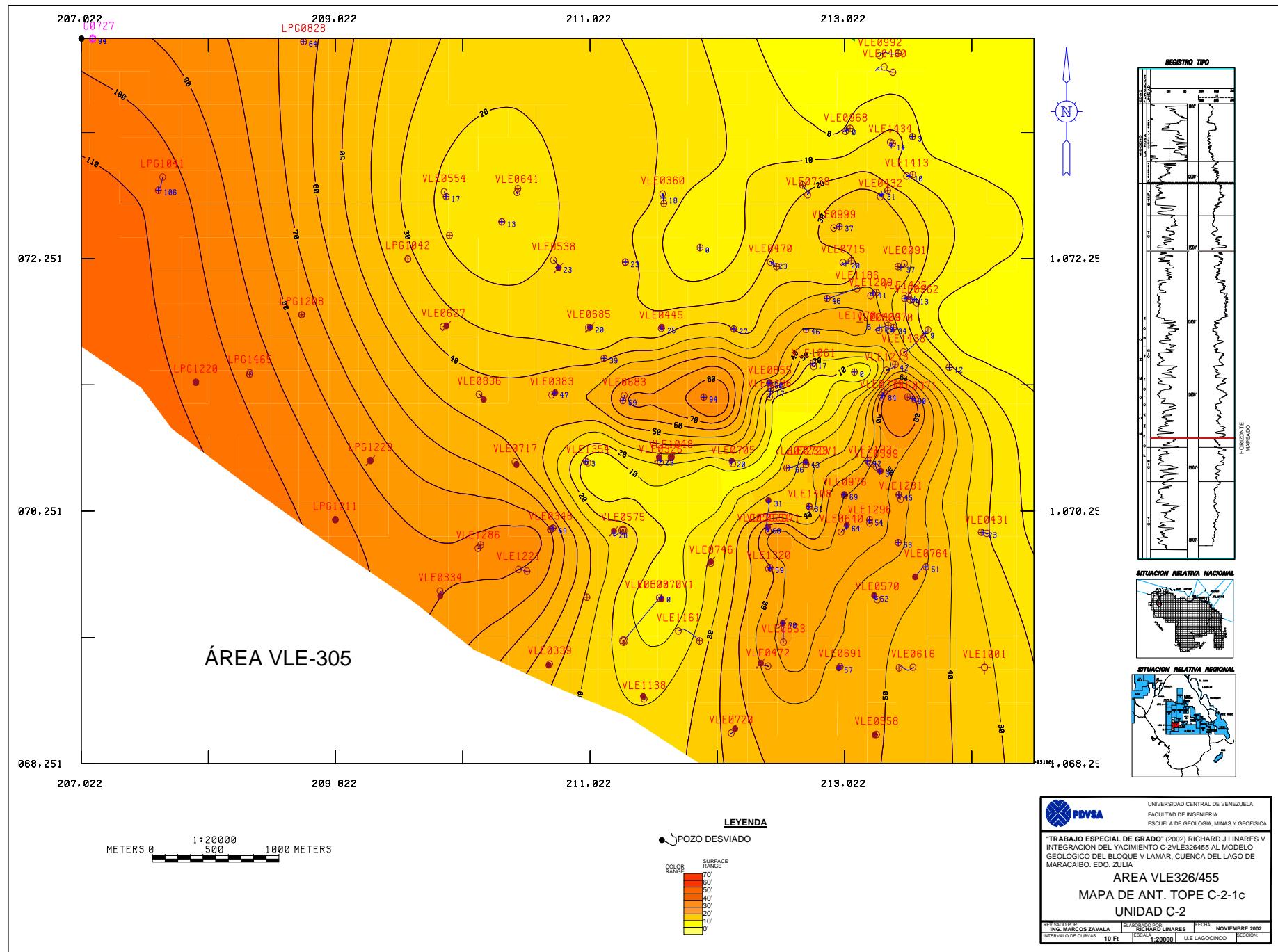




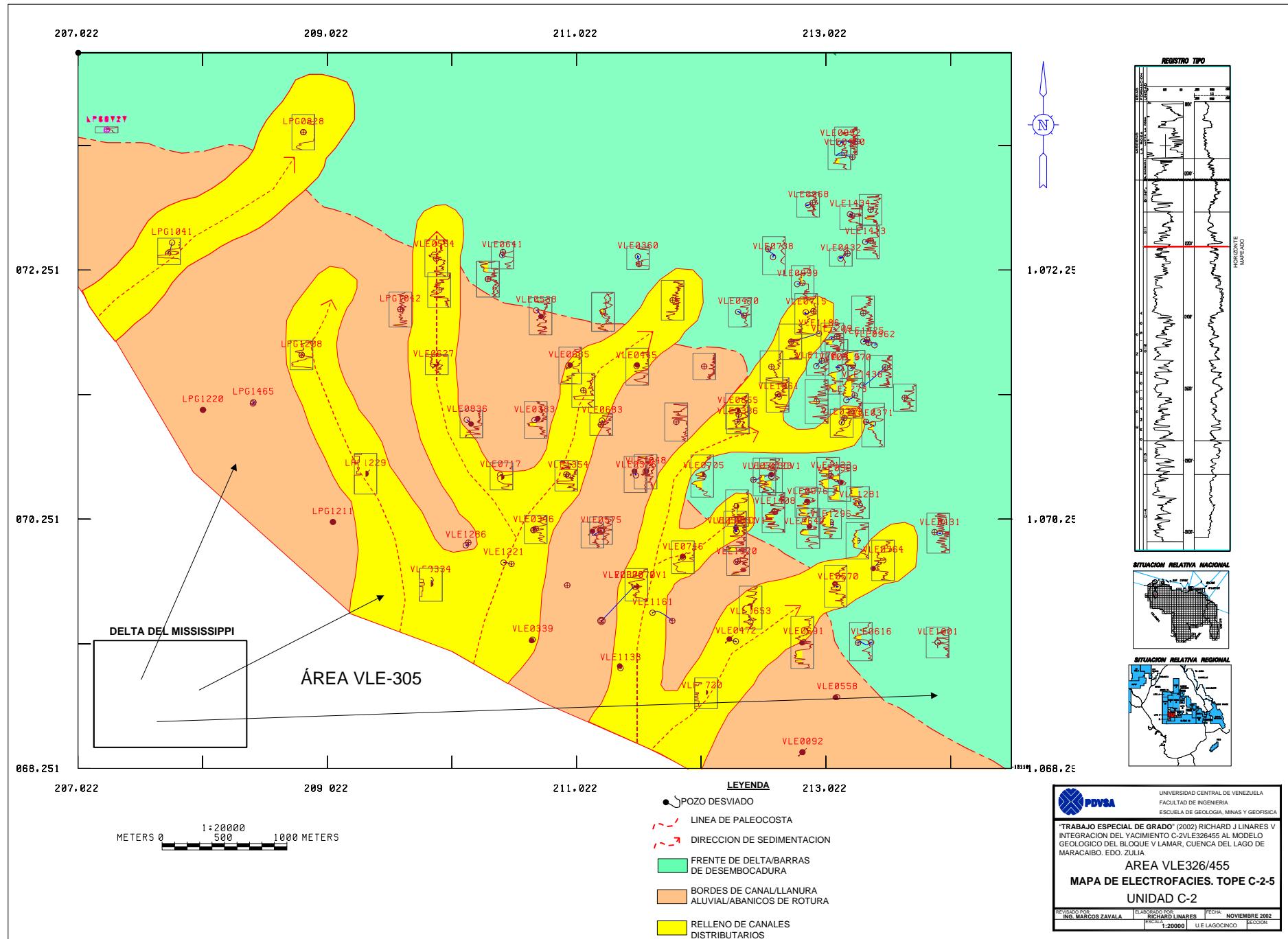


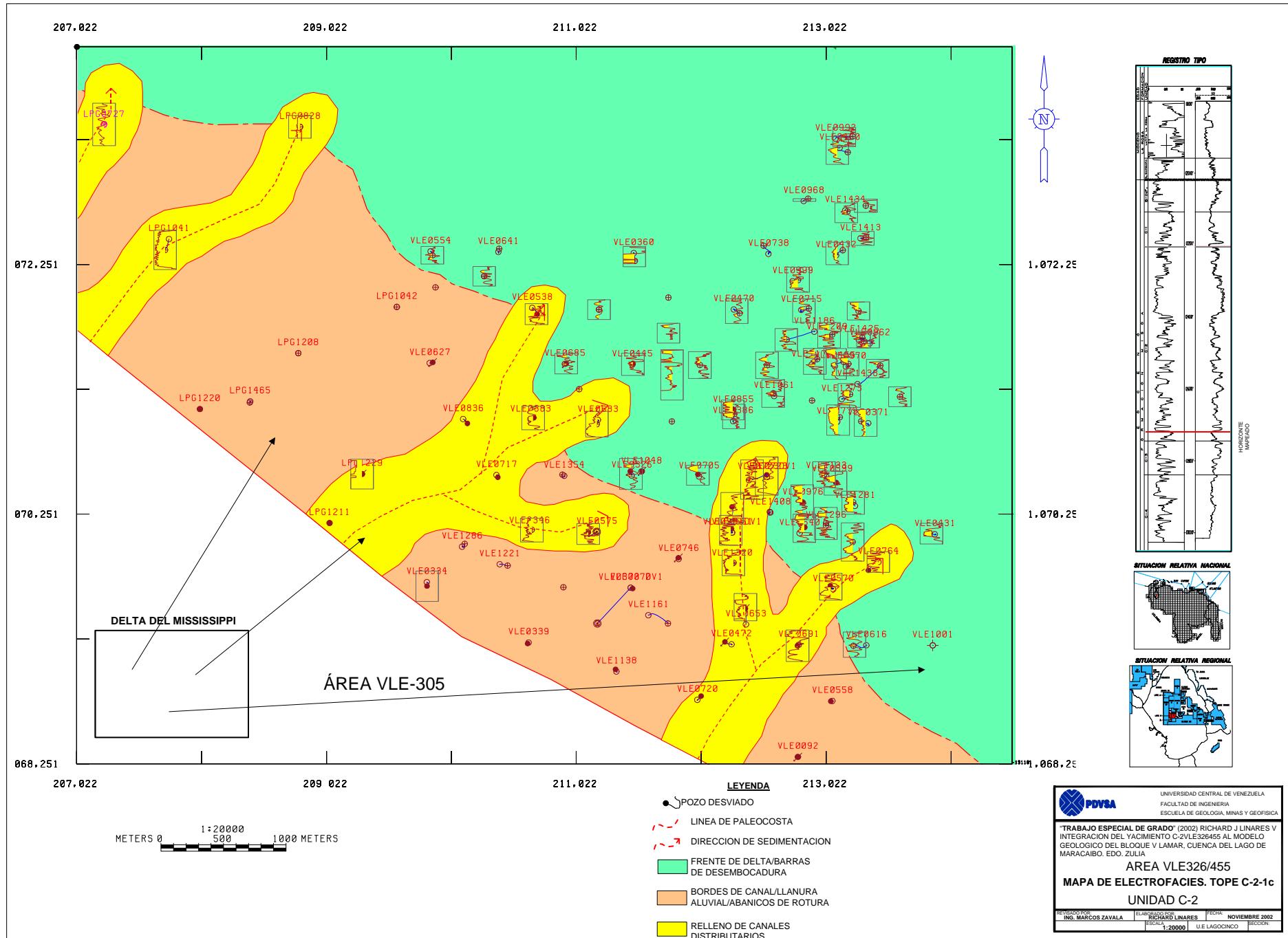
ANEXO VIII
MAPAS DE ANT



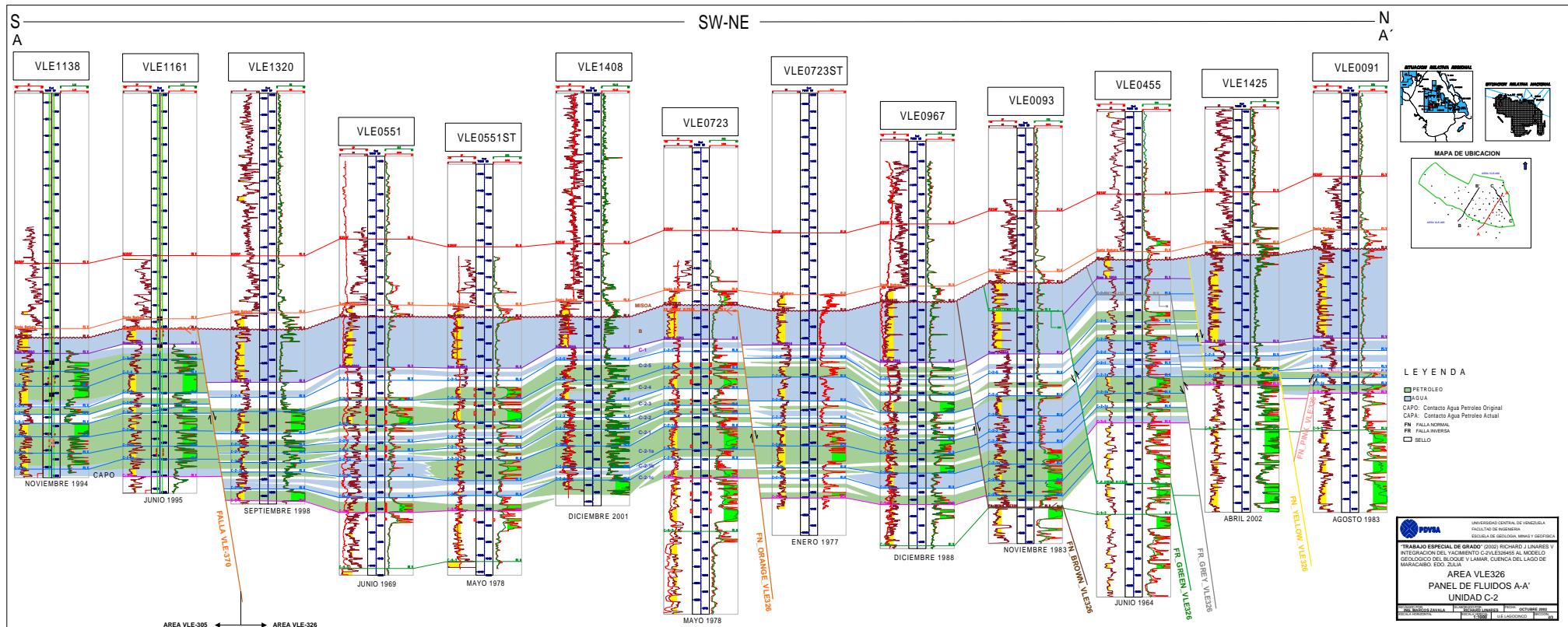


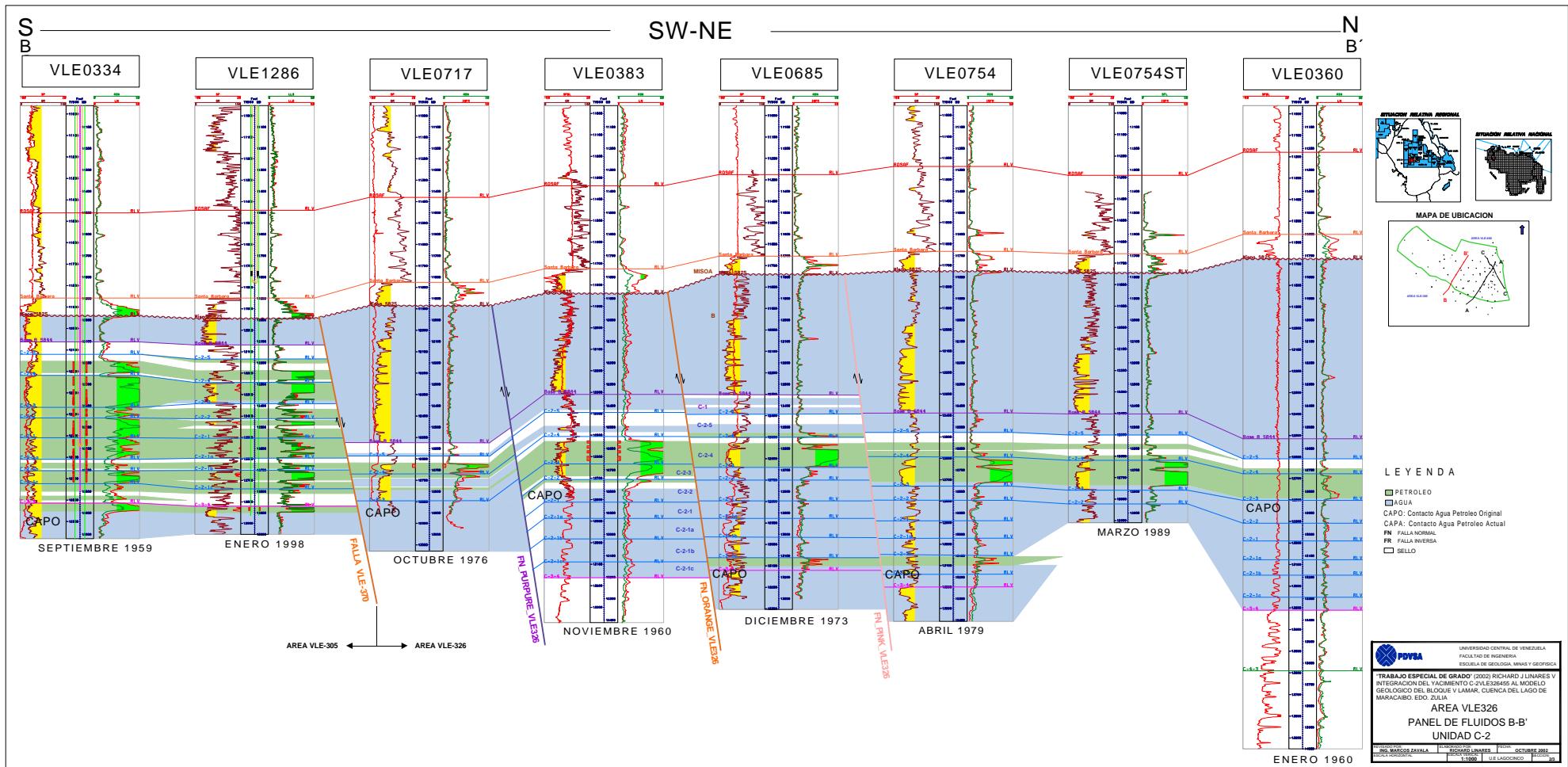
ANEXO IX
MAPAS DE ELECTROFACIES

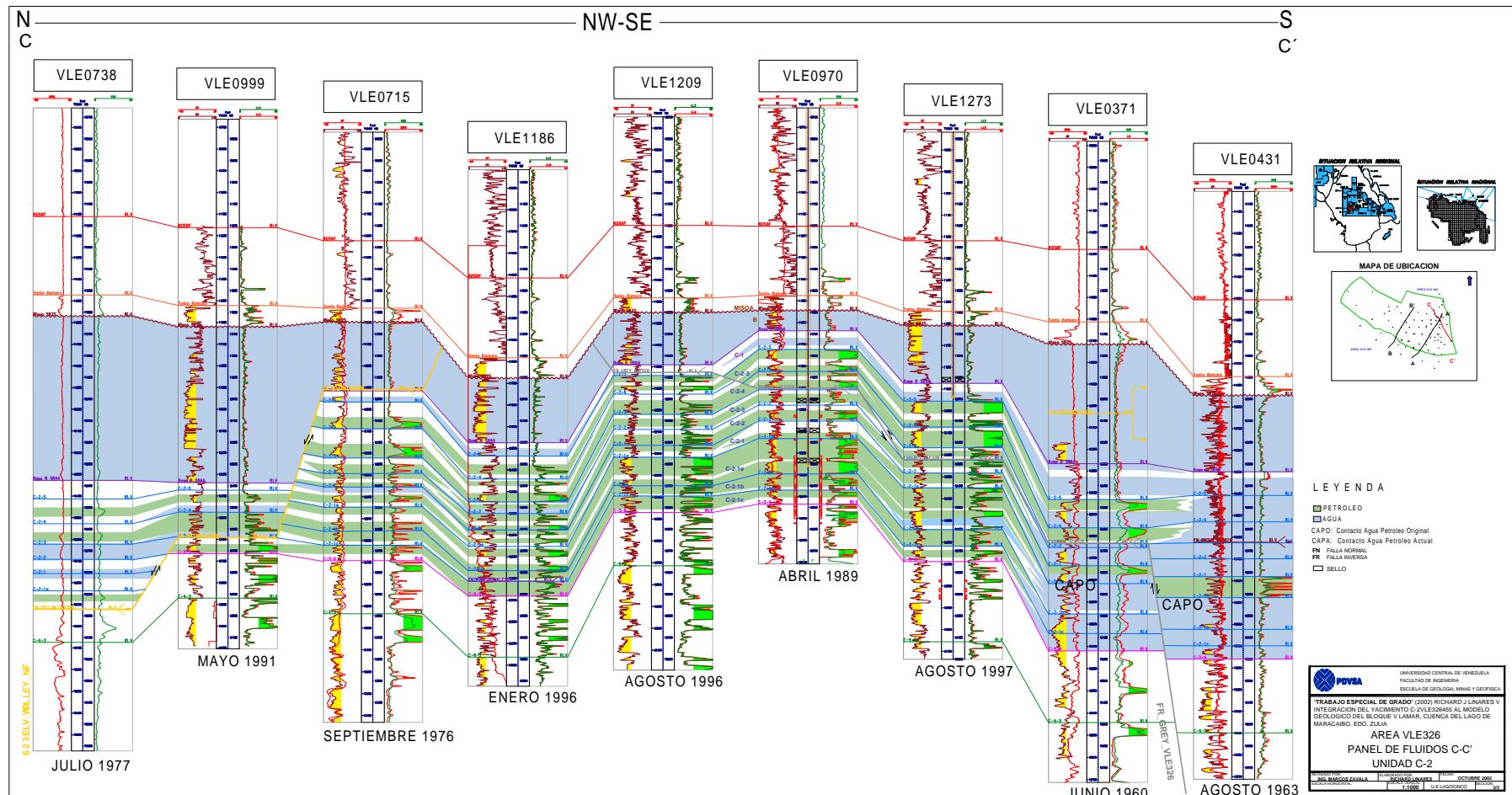




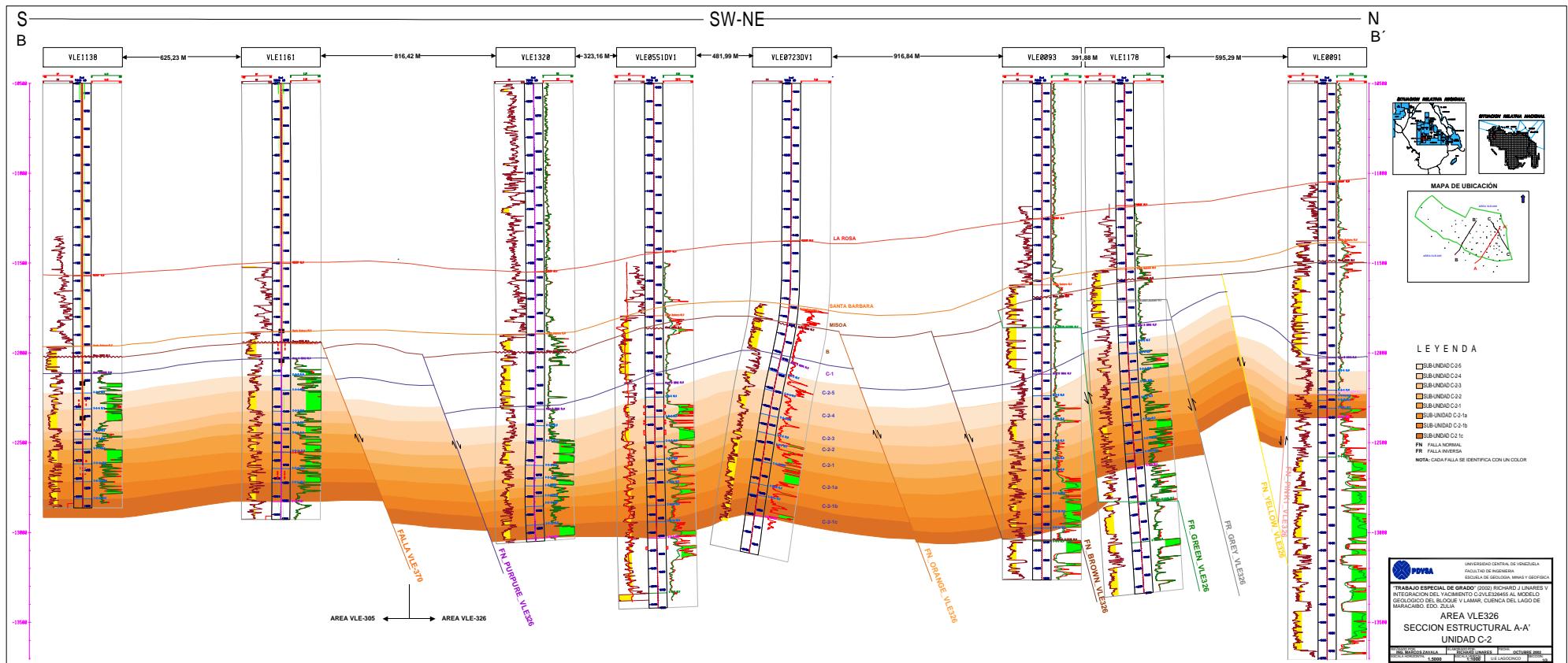
ANEXO X
PANELES DE FLUIDOS

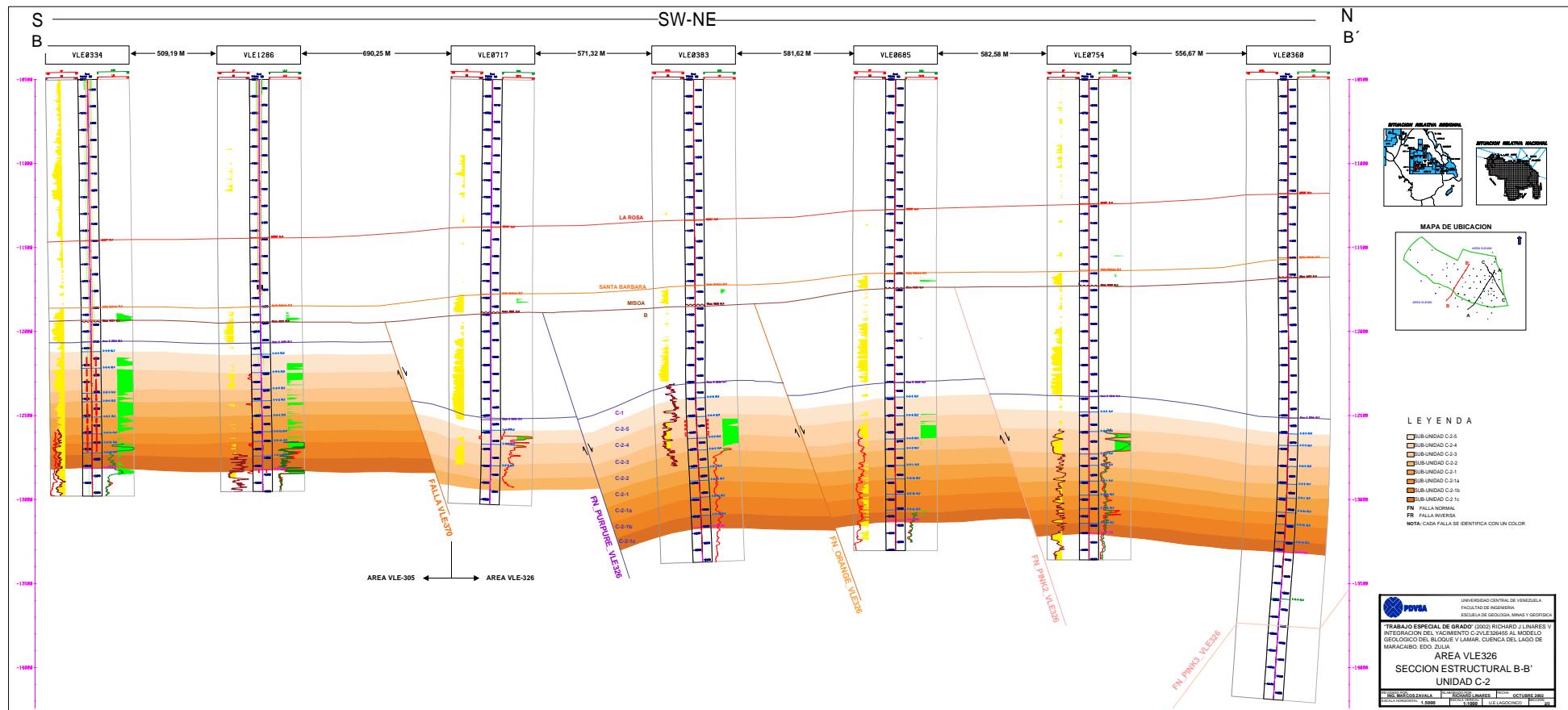


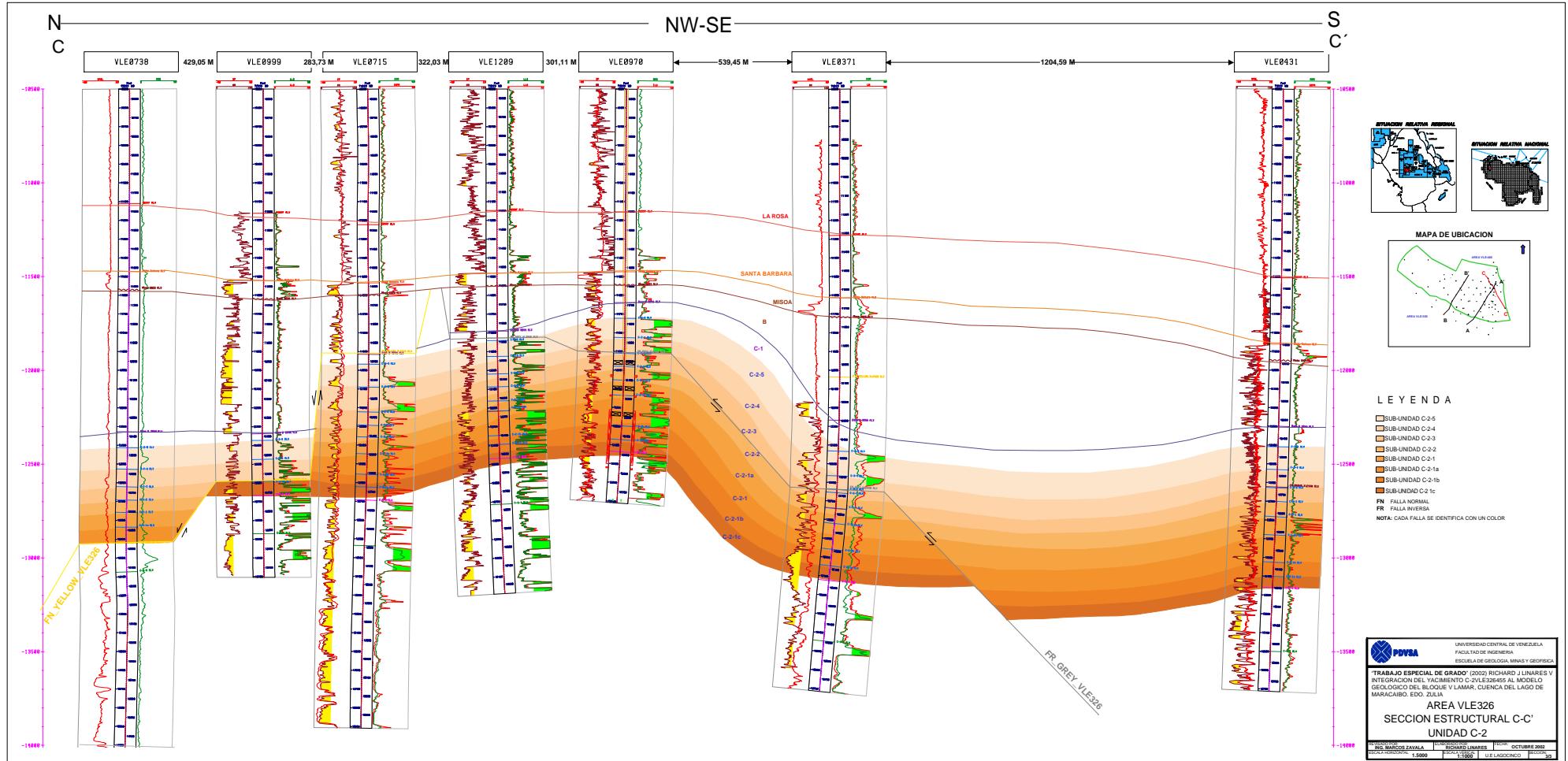




ANEXO XI
SECCIONES ESTRUCTURALES

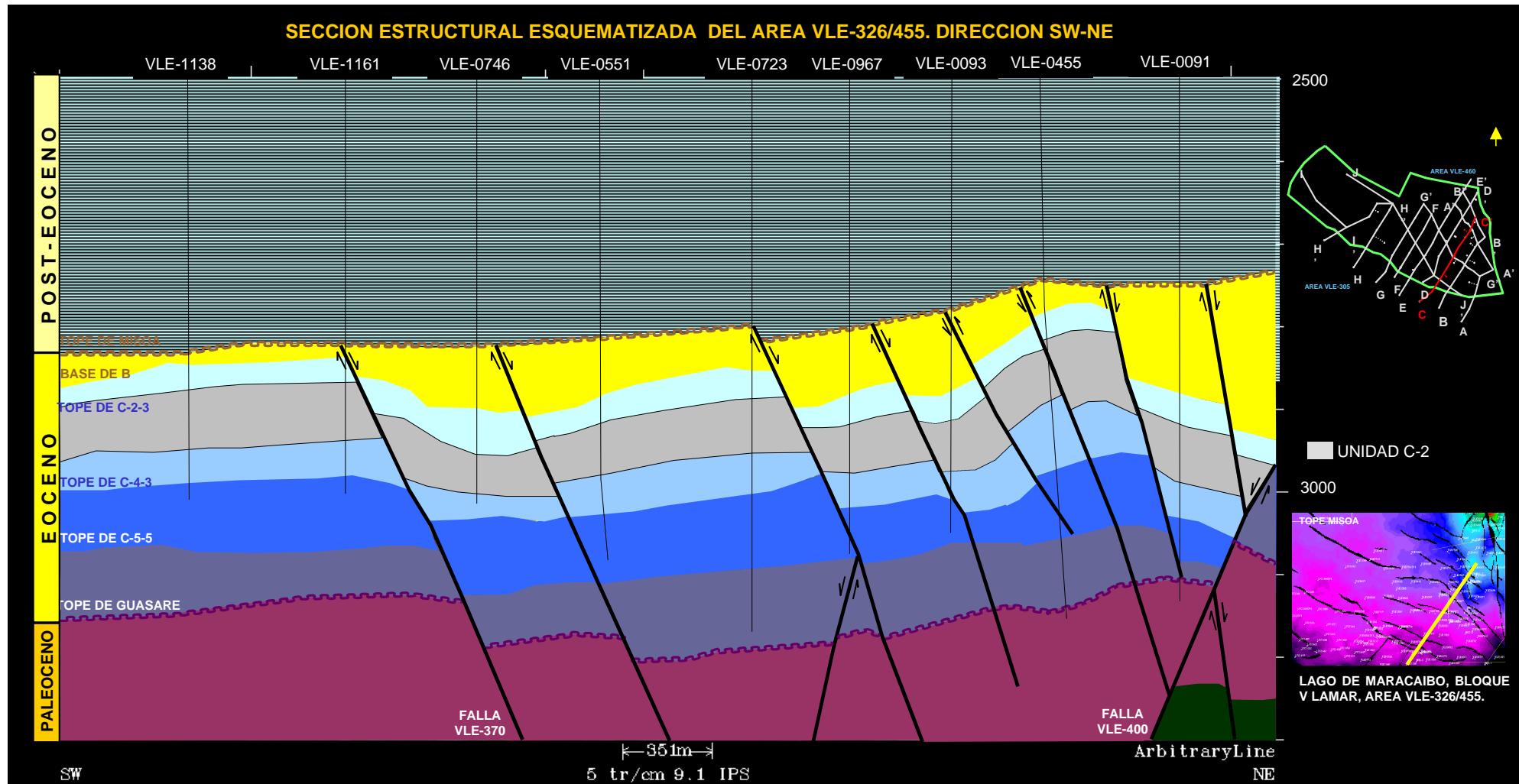




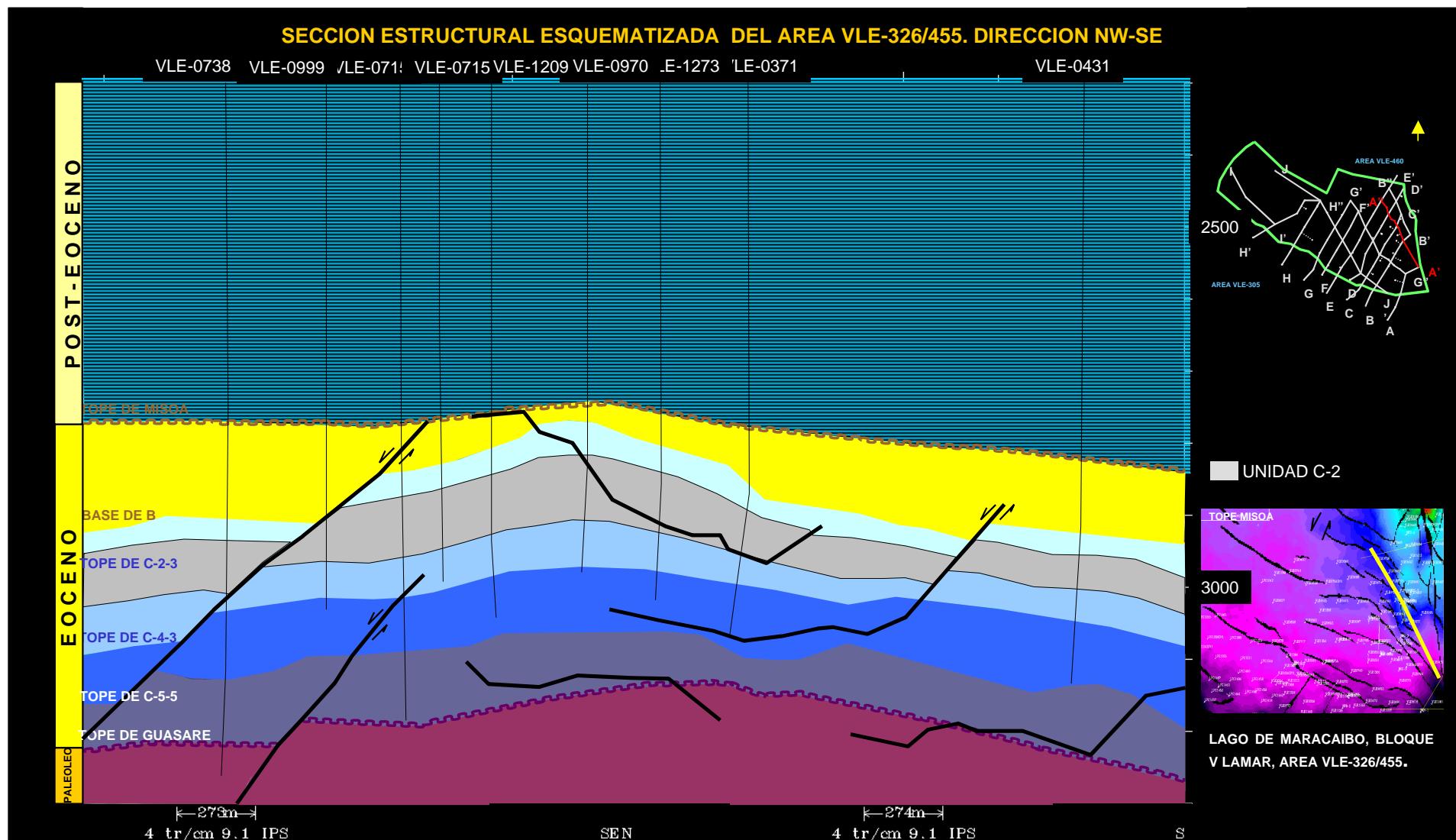


ANEXO XII
SECCIONES ESTRUCTURALES ESQUEMATICAS

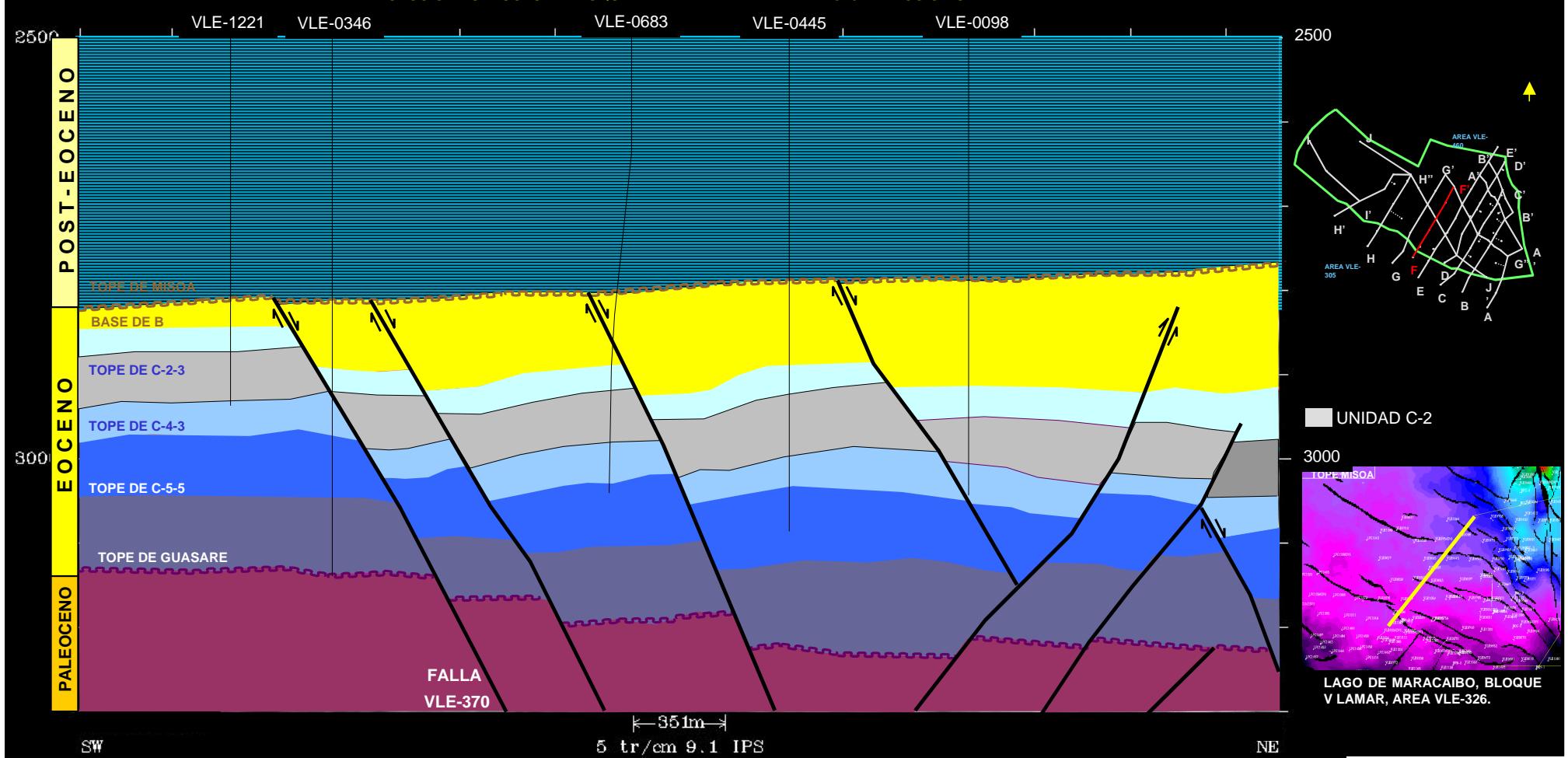
SECCION ESTRUCTURAL ESQUEMATIZADA DEL AREA VLE-326/455. DIRECCION SW-NE



SECCION ESTRUCTURAL ESQUEMATIZADA DEL AREA VLE-326/455. DIRECCION NW-SE



SECCION ESTRUCTURAL ESQUEMATIZADA DEL AREA VLE-326. DIRECCION SW-NE



ANEXO XIII
MAPA ESTRUCTURAL. TOPE DE C-2-3

