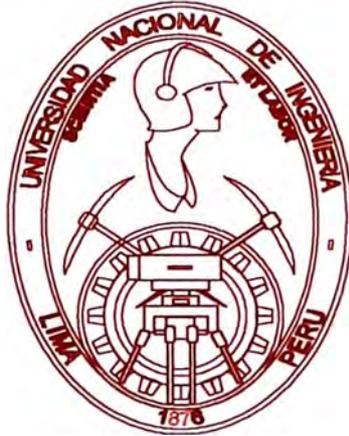


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA**  
**MINERA Y METALURGICA**



**EVALUACION GEOLOGICA DE LA FORMACION**  
**VERDUN EN EL YACIMIENTO CALAMAR**

***LOTE V***  
***(TALARA - PIURA)***

***TESIS***

***PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE***

***INGENIERO GEOLOGO***

***PEGGY JENNIE PEÑALOZA CHOQQUE***

**LIMA - PERU**

**2001**

*A Mamá Teodosia por que sus  
oraciones me acercaron cada vez  
más a Dios*

*A mis padres Cesar y Gabi  
A mi hermano Sergio y mi sobrino  
Edward por todo su amor y apoyo  
incondicional*

*A Julio quien siempre me apoyó  
cuando todo parecía imposible  
de alcanzar*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Quiero expresar mi más profundo agradecimiento al Ingeniero José Martínez Talledo quien con sus sabios consejos y enseñanzas hicieron posible la culminación satisfactoria de esta Tesis.*

*Al Ingeniero Víctor Sanz por su apoyo valioso, quien desde las aulas universitarias esta siempre presente apoyando a sus estudiantes. También al Ingeniero Francisco Dulanto en representación de la compañía Graña y Montero Petrolera por permitirme realizar mi Tesis en esta prestigiosa empresa, así como a los ingenieros José Pisconte y Víctor Salirrosas.*

*Al CAREC por auspiciar mi Tesis y por brindar valiosas oportunidades a los estudiantes.*

*De manera muy especial al Ingeniero Oscar Gil Herrera por haber hecho posible la culminación de este trabajo.*

*A todos mis maestros universitarios por sus sabias enseñanzas*

# ***EVALUACION GEOLOGICA DE LA FORMACION VERDUN EN EL YACIMIENTO CALAMAR***

## ***LOTE V TALARA – PIURA***

*Resumen*

### **Capitulo I**

#### ***Introducción***

|  | <b><i>Pag.</i></b> |
|--|--------------------|
| <i>1.1 Ubicación y Extensión del Área.</i>                   | <i>1</i>           |
| <i>1.2 Accesibilidad</i>                                     | <i>1</i>           |
| <i>1.3 Topografía</i>  | <i>1</i>           |
| <i>1.4 Clima</i>   | <i>1</i>           |
| <i>1.5 Objetivo del trabajo</i>                              | <i>2</i>           |
| <i>1.6 Metodología de Trabajo</i>                            | <i>2</i>           |
| <i>1.7 Historia de las actividades Petroleras en el área</i> | <i>4</i>           |

### **Capitulo II**

#### ***Geología Regional***

|   |          |
|---|----------|
| <i>2.1 Geomorfología</i>                                    | <i>6</i> |
| <i>2.2 Estratigrafía</i>                                    |          |
| <i>2.2.1 Estratigrafía Generalizada de la Cuenca Talara</i> | <i>7</i> |
| <i>2.2.2 Estratigrafía del Lote V, Cuenca Talara:</i>       | <i>8</i> |
| <i>2.2.2.1 Basamento</i>                                    | <i>8</i> |
| <i>2.2.2.2 Mesozoico</i>                                    | <i>9</i> |
| <i>2.2.2.3 Cenozoico</i>                                    | <i>9</i> |
| <i>I) Terciario</i>   |          |
| <i>A) Eoceno Inferior</i>                                   |          |
| <i>Formación San Cristóbal</i>                              |          |
| - <i>Formación Mogollón</i>                                 |          |
| <i>Formación Ostrea</i>                                     |          |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| -       | <i>Formación Clavel</i>  |    |
| -       | <i>Formación Echinocyamus</i>                                      |    |
| B)      | <i>Eoceno Medio – Superior</i>                                     |    |
| -       | <i>Formación Lutitas Talara</i>                                    |    |
| -       | <i>Formación Arenisca Talara</i>                                   |    |
| -       | <i>Formación Verdún</i>  |    |
| -       | <i>Formación Chira</i>   |    |
| -       | <i>Formación Mirador</i>   |    |
| II)     | <i>Cuaternario</i>   |    |
| A)      | <i>Pleistoceno.</i>  |    |
| -       | <i>Tablazo Máncora</i>   |    |
| -       | <i>Tablazo Talara</i>  |    |
| -       | <i>Terraza Lobitos</i>   |    |
| -       | <i>El nivel Salinas</i>  |    |
| 2.3     | <i>Geología Estructural</i>  | 23 |
| 2.3.1   | <i>Marco Tectónico Regional.</i>                                   | 25 |
| 2.3.2   | <i>Estilo Estructural del Lote V.</i>                              | 29 |
| 2.3.2.1 | <i>Estructura de la formación Verdun en el Yacimiento Calamar.</i> | 29 |
| A)      | <i>Fallamiento.</i>  |    |
| B)      | <i>Desarrollo en Bloques</i>                                       |    |
| 2.4     | <i>Geología Histórica</i>  | 32 |
| 2.5     | <i>Geología del Petróleo</i>                                       | 36 |

### **Capítulo III**

#### ***Sedimentología***

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.1   | <i>Generalidades</i>   | 40 |
| 3.2   | <i>Litología</i>   | 40 |
| 3.2.1 | <i>Secciones Estratigráficas</i>   | 43 |
| 3.3   | <i>Espesor</i>   | 45 |
| 3.3.1 | <i>Mapa Isocore</i>  | 45 |
| 3.4   | <i>Mineralogía</i>   | 46 |
| 3.5   | <i>Influencia del Carácter tectónico Sedimentario en la Geología Estructural</i> | 47 |
| 3.6   | <i>Modelos Sedimentarios a partir de perfiles y cores.</i>                       | 48 |
| 3.6.1 | <i>Medio Ambiente Deposicional</i>   | 50 |

## **Capítulo IV**

### ***Distribución de Fluidos en la Formación Verdun***

|  |           |
|--|-----------|
| <i>4.1 Generalidades</i>   | <i>53</i> |
| <i>4.2 Determinación de Parámetros Petrofísicos del Reservorio:</i>                  |           |
| <i>4.2.1 Curvas Eléctricas</i>   | <i>54</i> |
| <i>4.2.2 Parámetros de Cabezal de Registro</i>                                       | <i>55</i> |
| <i>4.2.3 Parámetros asumidos de acuerdo a las características de la roca</i>         | <i>56</i> |
| <i>4.2.4 Porosidad</i>   | <i>59</i> |
| <i>4.2.5 Permeabilidad</i>   | <i>59</i> |
| <i>4.2.6 Temperatura de Formación</i>  | <i>60</i> |
| <i>4.3 Determinación de la Resistividad del Agua de Formación (<math>R_w</math>)</i> | <i>61</i> |
| <i>4.4 Salinidad</i>   | <i>63</i> |
| <i>4.5 Determinación de Saturación de Fluidos en la Fm. Verdún</i>                   | <i>63</i> |
| <i>4.6 Nivel de Fluidos</i>  | <i>65</i> |
| <i>4.7 Tipos de Hidrocarburos</i>  | <i>66</i> |

## **Capítulo V**

### ***Geología Económica***

|  |           |
|--|-----------|
| <i>5.1 Generalidades</i>   | <i>67</i> |
| <i>5.2 Reservas</i>  | <i>67</i> |
| <i>5.3 Calculo de Reservas del Reservorio Verdun Yacimiento Calamar.</i> | <i>69</i> |
| <i>5.3.1 Calculo de Arena Neta Petrolífera</i>                           |           |
| <i>5.3.2 Volumen de Petróleo Insitu</i>                                  |           |
| <i>5.4 Mapas de Isoproducción</i>  | <i>73</i> |
| <i>5.5 Presiones de Ruptura</i>  | <i>75</i> |
| <i>5.6 Reservas Desarrolladas</i>  | <i>75</i> |
| <i>5.6.1 Reservas Remanentes</i>   |           |
| <i>5.6.2 Factor de Recuperación</i>                                      |           |
| <i>5.6.3 Recuperación Final Primaria</i>                                 |           |
| <i>5.7 Desarrollo Futuro del Yacimiento</i>                              | <i>78</i> |

## **GRAFICOS**

### *MAPAS*

|   |                   |
|---|-------------------|
| <i>UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD .....</i>                  | <i>MAPA N° 1</i>  |
| <i>UBICACIÓN DE LOTES.....</i>                          | <i>MAPA N° 2</i>  |
| <i>YACIMIENTOS EN EL LOTE V.....</i>                    | <i>MAPA N° 3</i>  |
| <i>INFORMACIÓN EN EL YACIMIENTO CALAMAR.....</i>        | <i>MAPA N° 4</i>  |
| <i>ESTRUCTURAL REGIONAL –CUENCA TALARA.....</i>         | <i>MAPA N° 5</i>  |
| <i>CUENCAS DEL NOROESTE.....</i>                        | <i>MAPA N° 6</i>  |
| <i>ESTRUCTURAL A LINEAS RECTAS.....</i>                 | <i>MAPA N° 7</i>  |
| <i>ISOCORE DEL M<sub>bo</sub>. VERDUN INFERIOR.....</i> | <i>MAPA N° 8</i>  |
| <i>ARENA NETA PETROLÍFERA CONVENCIONAL.....</i>         | <i>MAPA N° 9</i>  |
| <i>ARENA NETA PETROLÍFERA CORREGIDO.....</i>            | <i>MAPA N° 10</i> |
| <i>ISOPRODUCCION ACUMULADO AL 1er AÑO.....</i>          | <i>MAPA N° 11</i> |
| <i>ISOPRODUCCION ACUMULADO TOTAL.....</i>               | <i>MAPA N° 12</i> |
| <i>RECUPERACIÓN FINAL.....</i>                          | <i>MAPA N° 13</i> |
| <i>PRESIONES DE RUPTURA.....</i>                        | <i>MAPA N° 14</i> |

### *FIGURAS*

|  |                      |
|--|----------------------|
| <i>COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA CUENCA TALARA.....</i> | <i>FIGURA N° 1</i>   |
| <i>GEOLOGÍA DE TALARA.....</i>                         | <i>FIGURA N° 2</i>   |
| <i>GEOLOGÍA DEL LOTE V.....</i>                        | <i>FIGURA N° 3</i>   |
| <i>COLUMNA ESTRATIGRAFICA LOTE V.....</i>              | <i>FIGURA N° 4</i>   |
| <i>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL NOROESTE.....</i>              | <i>FIGURA N° 6-A</i> |
| <i>PROVINCIAS GEOLÓGICAS NOROESTE.....</i>             | <i>FIGURA N° 6-B</i> |
| <i>MARCO TECTONICO REGIONAL.....</i>                   | <i>FIGURA N° 7</i>   |
| <i>UNIDADES ESTRUCTURALES MARGEN PERUANA.....</i>      | <i>FIGURA N° 7-A</i> |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <i>SECCIONES ESTRUCTURALES A-A',B-B',C-C',D-D'</i> .....      | <i>FIGURAS N° 8,9,10,11</i>  |
| <i>CICLOS DE POSICIONALES DEL EOCENO</i> .....                | <i>FIGURA N° 14</i>          |
| <i>ORIGEN DEL PETROLEO</i> .....                              | <i>FIGURA N° 15</i>          |
| <i>REGISTRO ELECTRICO COMPILADO</i> .....                     | <i>FIGURA N° 16</i>          |
| <i>SECCIONES ESTRATIGRAFICAS P-P',Q-Q',R-R'</i> .....         | <i>FIGURAS N° 17, 18, 19</i> |
| <i>MODELO SEDIMENTARIO A PARTIR DE PERFILES</i> .....         | <i>FIGURA N° 20</i>          |
| <i>MODELO DE AMBIENTE SEDIMENTARIO</i> .....                  | <i>FIGURA N° 21</i>          |
| <i>SUCESIÓN VERTICAL DE LOS AMBIENTES SEDIMENTARIOS</i> ..... | <i>FIGURA N° 22</i>          |
| <i>COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL POZO 1361</i> .....          | <i>FIGURA N° 23</i>          |

#### *CUADROS Y TABLAS*

|  |                    |
|--|--------------------|
| <i>INFORMACIÓN DE POZOS</i> .....                      | <i>CUADRO N° 1</i> |
| <i>ESPESORES DEL Mbo VERDUN INFERIOR</i> .....         | <i>CUADRO N° 2</i> |
| <i>ARENA NETA PETROLÍFERA POR POZOS</i> .....          | <i>CUADRO N° 3</i> |
| <i>DATOS DE PRODUCCIÓN</i> .....                       | <i>CUADRO N° 4</i> |
| <i>ARENA NETA PETROLÍFERA POR BLOQUES</i> .....        | <i>TABLA N° 1</i>  |
| <i>CALCULO VOLUMEN DE ARENA NETA PETROLÍFERA</i> ..... | <i>TABLA N° 2</i>  |
| <i>CALCULO VOLUMEN DE PETROLEO STB</i> .....           | <i>TABLA N° 3</i>  |
| <i>CALCULO DEL FACTOR DE RECUPERACIÓN</i> .....        | <i>TABLA N° 4</i>  |
| <i>RESERVAS PROBADAS NO DESARROLLADAS</i> .....        | <i>TABLA N° 5</i>  |

## **RESUMEN**

*El yacimiento Calamar se encuentra ubicado en el extremo SE del Lote V a 6 Km. al Este de la localidad de Los Organos en el Noroeste peruano, departamento de Piura, cubriendo una extensión de 3.7Km<sup>2</sup>*

*En el Lote V se han diferenciado 12 formaciones, cuyas edades van desde el Eoceno Inferior(Fm. San Cristóbal) hasta el Pleistoceno(Fm. Tablazo).*

*En el Yacimiento Calamar se ha podido diferenciar en la formación Verdún 3 miembros(superior, medio e inferior), los cuales han sido identificados por sus características litológicas y eléctricas en los registros de pozo, siendo el Miembro inferior el más importante, por ser el único productor y por lo tanto objeto de nuestro estudio.*

*Estructuralmente, el área forma parte del estilo Tectónico complejo de la cuenca Talara el cuál consiste de bloques fallados normales, producto de esfuerzos tensionales que afectaron a las rocas del Cretáceo y Terciario. En el Yacimiento Calamar el fallamiento varia de intenso (350' de salto vertical) a moderado(110' de salto vertical) y se han reconocido dos sistemas principales de fallamiento, un sistema NE – SW con buzamiento al SE, este sistema es responsable de la ausencia del Mbo inferior de la Fm. Verdún en el pozo 1523, representado por la falla “H” y la falla “C” que afecta a la capa basal del Verdún inferior, visto en el pozo 5846; otro sistema con rumbo general NW - SE y buzamiento hacia el NE, representado por las fallas “7029” y “B” de gran salto vertical aproximadamente 330'pies, este sistema de fallas ha generado otros menores de rumbo promedio N45°W y buzamiento promedio de 62°NE representado por las fallas “D”, “E”, “F” y “G” con saltos verticales que varían entre 100 y 150 pies. Estos sistemas de fallas han determinado bloques estructurales mayores y menores.*

*El origen del Petróleo según estudios geoquímicos realizados en el área de Carpitás (Lote XIV) ubicado a 16 Km. al Norte del área de estudio, determinó que la ventana de generación incluye a las Formaciones Talara, Echinocyamus y parte superior de la fm. Ostrea encontrándose el pico de maduración en la Fm. Lutitas Talara.*

*El Modelo sedimentario de la Fm. Verdún consiste de una secuencia vertical cuya base consiste de conglomerados y va gradando a areniscas, que de acuerdo a la forma que presentan las curvas eléctricas, se trata de una secuencia transgresiva del tipo relleno de canal (forma acampanada), cuyo ambiente deposicional se superponen de abajo hacia arriba en secuencia transgresiva, iniciando por ambientes de línea de playa, playa intermareica, barras costeras y frente de playa.*

*El volumen de arena neta petrolífera de la formación Verdún es de 15,780.85 acres-pies, con un espesor de arena neta promedio de 90 pies.*

*Los volúmenes de reservas STB estimadas alcanza a 6'733,168.2 Bls. de petróleo, de las que se ha obtenido una Recuperación Final Primaria de 807,979.92 Bls de petróleo. En el área de estudio todavía faltan recuperar 29,600 Bls de petróleo que equivaldría a las reservas remanentes. En el Yacimiento Calamar se obtuvo un bajo factor de Recuperación verdadera de 7%.*

*Los análisis de muestras de petróleo, para la formación Verdún demostraron que se trata de un aceite predominantemente de tipo HCT que varia de 32° a 35° API a una temperatura de 60° a 80°F.*

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

#### **1.1 Ubicación y Extensión del Área .-**

*El Yacimiento Calamar se encuentra ubicado en el extremo Sudeste del lote V, a 6 Km. al Este de la localidad de Los Organos en el Noroeste Peruano (Mapa N°1 y 2)*

*El área del Yacimiento Calamar, cubre una extensión de 3.7 Km<sup>2</sup>. y comprende los kilómetros Norte: 33, 34 y 35; y Este X, Y, Z del sistema de coordenadas internas de Petróleos del Perú, limitando con los yacimientos Organos Norte y Laguna Norte, al norte y sur respectivamente (Mapa N°3).*

#### **1.2 Accesibilidad .-**

*La principal vía de acceso es la carretera Panamericana Norte que une las ciudades de Paita, Talara, El Alto, Máncora hasta Tumbes. Un ramal de la Panamericana nos lleva al Lote V, en la cual se ubica el Yacimiento Calamar.*

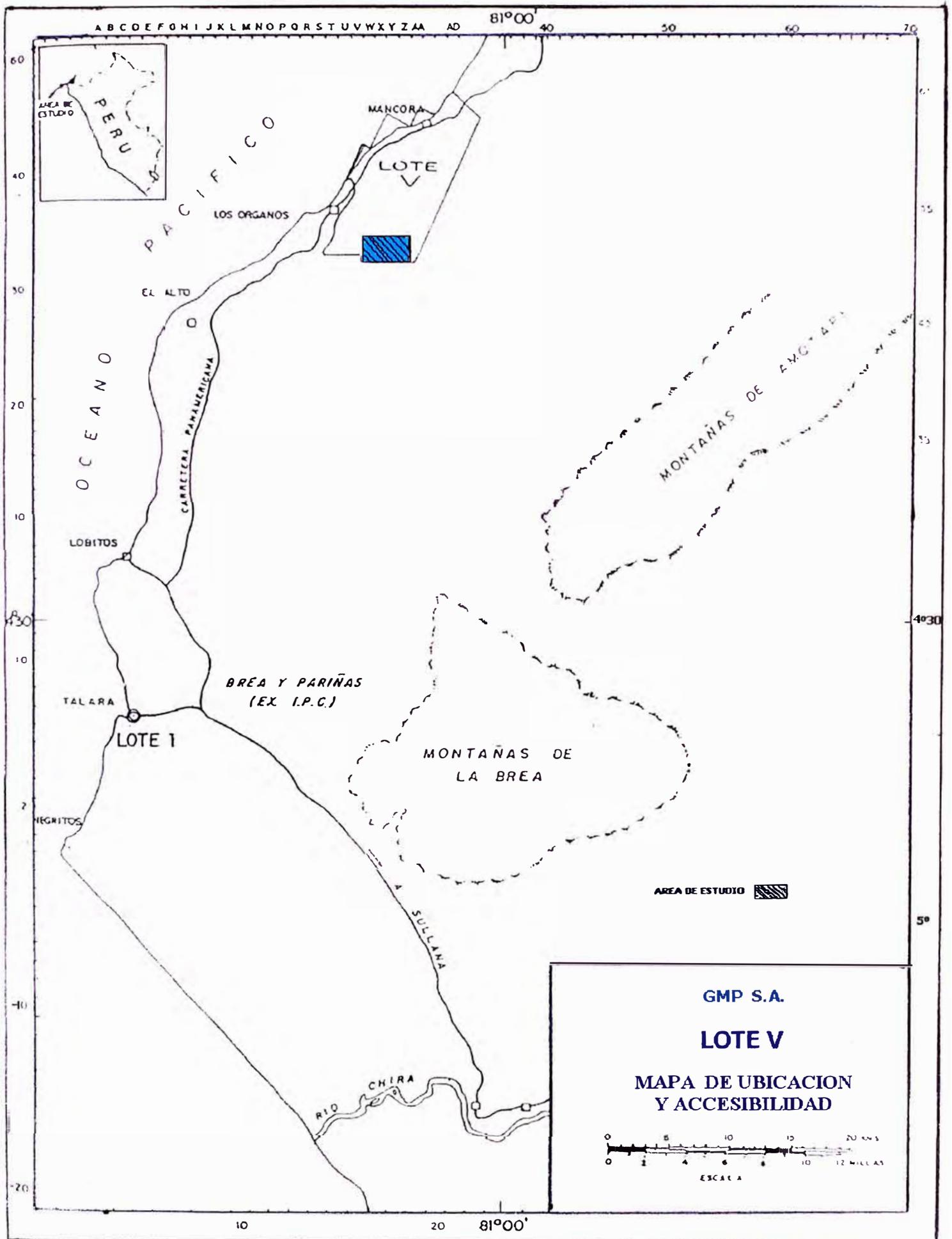
#### **1.3 Topografía .-**

*El Yacimiento Calamar se encuentra localizado en el sector Noreste de la Cuenca Talara, tiene una elevación promedio de 932' sobre el nivel del mar.*

*El área de estudio se ubica sobre una extensa planicie desértica, denominada Tablazo, que es una de las antiguas terrazas marinas de la costa norte del Perú; se observa al extremo Oeste del yacimiento el alto estructural, denominado Alto Somatito.*

#### **1.4 Clima .-**

*El clima es cálido y seco, característico de zonas desérticas, con temperaturas media anual máxima de 34°C y media anual mínima de 24°C.*

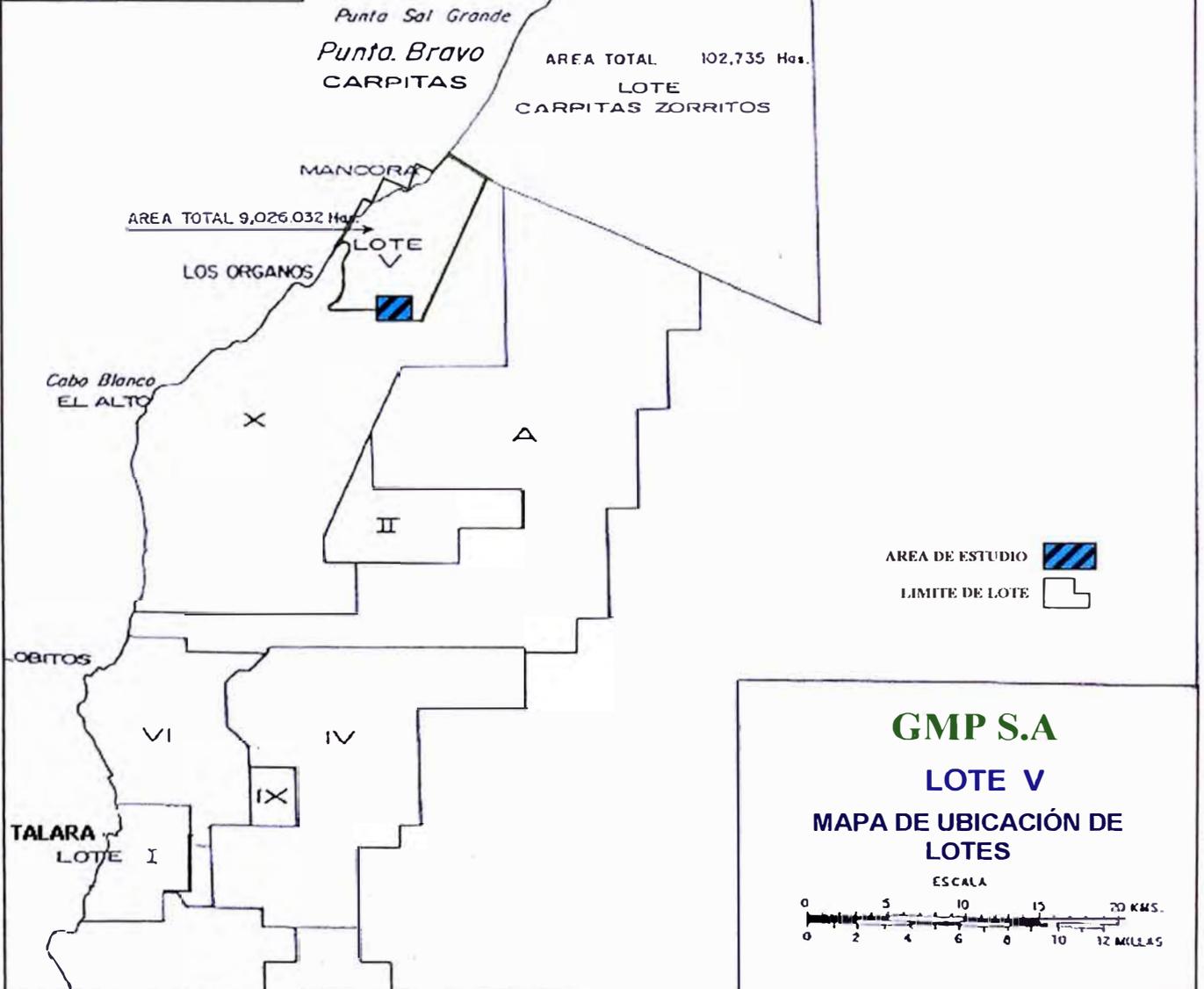


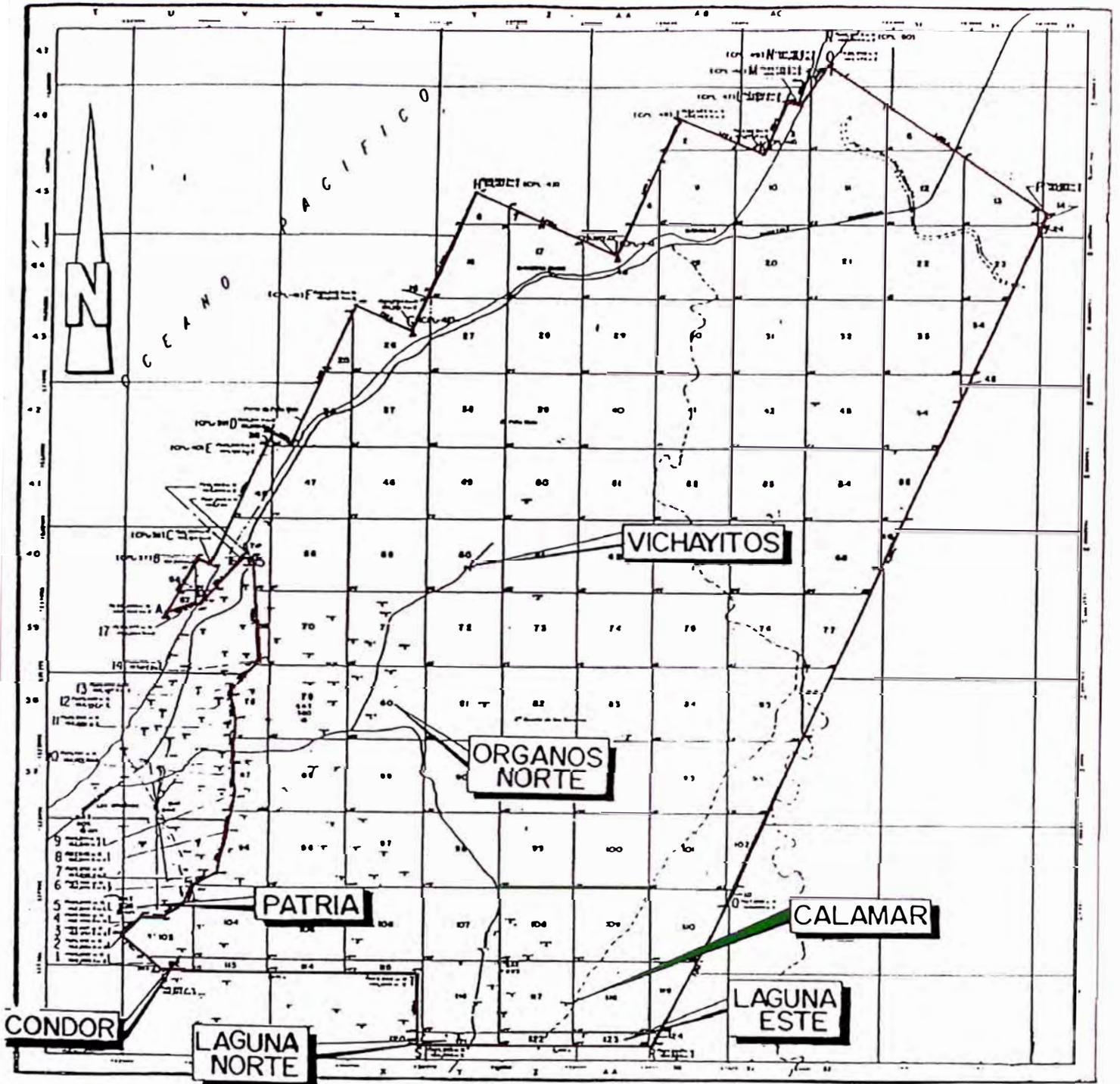
**MAPA N°1**





MAPA DE UBICACION





MAPA DE UBICACION



**GMP** GRAÑA Y MONTERO PETROLERA  
 Dpto. de Desarrollo

**LOTE V**  
**YACIMIENTOS**

0 500 1000 m

MAPA N°3

### **1.5 Objetivo del trabajo.-**

*La evaluación geológica de la Formación Verdún en el Yacimiento Calamar tiene los siguientes objetivos:*

- a) Contribuir al mejor conocimiento de la Geología del subsuelo en el área de estudio y el lote V.*
- b) Definir el modelo sedimentario de la Fm. Verdún para el Yacimiento Calamar.*
- c) Efectuar la evaluación estratigráfica, estructural de la Fm. Verdún en el Yacimiento Calamar.*
- d) Determinar las principales características petrofísicas de la Fm. Verdún.*
- e) Evaluar las posibilidades de continuar con la exploración y desarrollo futuro de la Fm Verdún, así como de la realización de futuros trabajos de reacondicionamiento y reapertura de pozos.*
- f) La presentación de este estudio como trabajo de tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Geólogo.*

### **1.6 Método de Trabajo.-**

*Para efectuar la evaluación geológica de la Fm. Verdún en el Yacimiento Calamar se revisó toda información obtenida de los diferentes estudios de subsuelo, como son registros de pozo, análisis estratigráfico y análisis estructural, calculo de volúmenes de arena petrolífera, etc. La interpretación y resultados han sido determinados mediante los siguientes trabajos:*

- **Revisión bibliográfica** de informes, tesis, archivos de pozo y toda aquella publicación de estudios referentes a la cuenca Talara y Lote V, con el propósito de establecer la secuencia estratigráfica, características litológicas y contactos entre Formaciones en la zona de estudio. Los datos obtenidos de los archivos de*

*pozo han sido compilados en el cuadro N°1 y en el mapa de información (mapa N°4).*

- *Análisis de los registros eléctricos de pozos con el fin de obtener un registro tipo de la Formación Verdún.*
- *Preparación de secciones estratigráficas a partir de Registros eléctricos en varias direcciones con el fin de determinar el modelo deposicional de la Fm Verdún.*
- *Elaboración de secciones estructurales y mapas de contornos estructurales en el tope del Miembro Verdún inferior (de mayor interés por ser productivo) para determinar el modelo estructural.*
- *Elaboración de un mapa isocore del miembro Verdún Inferior a escala 1:5000*
- *Confeción del mapa de arena neta petrolífera basándose en el mapa estructural, con la finalidad de calcular el volumen de arena neta en el área.*
- *Elaboración del mapa de isoproducción acumulada de pozos, con el fin de determinar la tendencia de producción del área.*
- *Análisis y cálculo de reservas con el fin de evaluar las posibilidades futuras de desarrollo del área.*
- *Basándose en todos estos trabajos realizados, elaborar el informe final.*

**CUADRO N° 1**

| <b>POZO N°</b> | <b>ELEVACION</b><br>pies s.n.m | <b>PROF. FINAL</b><br>pies | <b>RPI</b>          | <b>RPR</b> | <b>FECHA</b><br><b>COMPLET.</b> | <b>Formaciones</b><br><b>Completadas</b> | <b>PRODUC.</b><br><b>ACUM. (Bls)</b> |
|----------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|------------|---------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1314           | 900´                           | 8086´                      | 81x0                | 49x0       | 03/10/1956                      | Verdun                                   | 143503                               |
| 1360           | 896´                           | 3434´                      | 2x0                 | 106x0      | 26/05/1957                      | Verdun                                   | 38086                                |
| 1361           | 931´                           | 3271´                      | 201x0               |            | 04/06/1957                      | Verdun                                   | 321682                               |
| 1523           | 917´                           | 3198´                      | pozo abandonado     |            | 09/09/1957                      |  |                                      |
| 1533           | 944´                           | 3189´                      | 108x0               | 9x0        | 06/11/1957                      | Verdun                                   | 72037                                |
| 1587           | 918´                           | 3187´                      | 91x0                |            | 13/09/1958                      | Verdun                                   | 34820                                |
| 2501           | 899´                           | 3166´                      | 3x0                 | 14x0       | 09/11/1973                      | Verdun                                   | 30531                                |
| 2527           | 932´                           | 3175´                      | pozo abandonado     |            | 19/04/1974                      |  |                                      |
| 5773           | 887´                           | 3210´                      | 17x15               |            | 24/10/1975                      | Verdun                                   | 5563                                 |
| 5846           | 913´                           | 3186´                      | 16x0                |            | 23/03/1977                      | Verdun                                   | 29295                                |
| 5945           | 969´                           | 9000´                      | verdun Inf. Fallado |            | 21/02/1982                      | Fm.Mogollón                              |                                      |
| 7154           | 906´                           | 8850´                      | 49x0                |            | 23/07/1987                      | Echino,Mog.,Verdun                       | 11799                                |

### **1.7 Historia de las actividades petroleras del área.-**

*En el lote V se han perforado 67 pozos, habiéndose iniciado las actividades en el año de 1954 con la perforación del pozo exploratorio 1155 perteneciente al Yacimiento Organos Norte. El Yacimiento Calamar inicia su desarrollo en septiembre de 1956, con la perforación del pozo 1314 alcanzándose una profundidad de 8084', teniendo como objetivos las Formaciones Mogollón y Echinocyamus.*

*Las actividades de este yacimiento han sido desarrolladas en 2 etapas:*

*La primera etapa entre los años 1956 y 1958, donde se perforaron 2 pozos exploratorios, uno de los cuales tuvo como objetivos las Fm. Echinocyamus y el otro a la Fm. Mogollón; además se perforaron 4 pozos de desarrollo teniendo como objetivo final a la Fm Verdún.*

*La 2da etapa entre los años 1973 y 1987, perforándose en total 10 pozos durante esta etapa: 1 pozo exploratorio, cuyo objetivo fue la Fm Mogollón, y 5 pozos de desarrollo, uno de los cuales tuvo como finalidad a la Fm. Mogollón y los 4 restantes a la Fm. Verdún.*

*El pozo 1523 perforado en Septiembre de 1957 perteneciente a la primera etapa de perforación, cuyo objetivo fue la Fm. Verdún, se abandono sin completarse por encontrarse afectado por fallamiento.*

*El pozo 2527 perforado en la segunda etapa fue completado en abril de 1974, se baleó la Fm. Verdún, siendo abandonado por baja energía.*

*Sobre la estimulación a los pozos, se usó en la mayoría de casos petróleo como fluido fracturante.*

*En el área se han efectuado 3 trabajos de reacondicionamiento a fecha Octubre de 1993 por la Fm Verdún, los resultados en estos han sido desfavorables, pues en ninguno de los casos los rates de producción (RPR) han sido satisfactorios.*

*Actualmente, solo los pozos 1314 y 5945 se encuentran en producción en el yacimiento Calamar, el primero por la Fm. Verdún y el segundo por la Fm. Mogollón.*

*Los pozos 1360, 1361, 1533, 1587, 2501, 5773, 5846 y 7154 se encuentran en estado de abandono temporal (ATA), actualmente están siendo evaluadas las posibilidades de nuevos trabajos de reacondicionamiento y reapertura de dichos pozos.*

## CAPITULO II

### GEOLOGIA REGIONAL

#### GEOMORFOLOGIA

*Geomorfológicamente el Lote V se encuentra comprendida en la llanura costera, el área posee un relieve relativamente llano a ligeramente ondulado, presentando elevaciones de hasta 200m.*

*Aproximadamente el 40% del área que comprende el Lote V, principalmente al extremo Suroeste, se encuentra cubierto por un Tablazo del Pleistoceno.*

*El relieve presenta un ligero cambio abrupto al pie del Tablazo Pleistoceno, debido en gran parte a la erosión diferencial de las rocas terciarias que se encuentran aflorando en el área y también a la acción erosiva de las lluvias especialmente en épocas del fenómeno del Niño.*

*Regionalmente la topografía del Lote V muestra elevaciones más bajas hacia la costa, las cuales se van incrementando hacia el extremo suroeste. Esta diferencia tiene relación directa con el tipo de roca aflorante, es decir zonas topográficas bajas tiene relación con formaciones de lutitas así como zonas topográficas altas relacionadas con formaciones rocosas de areniscas.*

*Las quebradas más importantes que se ubican en el Lote V, de sur a norte son:*

*Quebrada Carrillos.*

*Quebrada Vichayito.*

*Quebrada de Cabo Blanco.*

*Quebrada de Fernández.*

*Los cuales van a desembocar hacia el mar y cuyas pendientes son elevadas.*

## **ESTRATIGRAFIA**

### **2.2.1 Estratigrafía Generalizada de la Cuenca Talara.-**

*La columna Estratigráfica de la cuenca Talara esta constituida por rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico que se encuentran sobre el basamento Paleozoico (Fig.Nº1).*

*Entre los afloramientos vistos en geología de superficie en el área de Talara se observan mayormente de rocas del Terciario (Chira-Verdún en mayor proporción, seguido de las Lutitas Talara), pero en general la mayor parte del área se encuentra recubierto por depósitos marinos cuaternarios pleistocenicicos denominados Tablazos (Fig.Nº2).*

*Durante el Cretáceo medio empiezan a depositarse los sedimentos en la cuenca Talara, teniendo la columna estratigráfica conocida una potencia de más de 21000 pies, con un espesor promedio de sedimentos pertenecientes a la era Mesozoica (Cretáceo) de 4600' pies y Terciaria de mas de 17000' pies. Toda esta secuencia esta cubierta por un promedio de 900' pies de sedimentos cuaternarios marinos llamados Tablazos. La columna estratigráfica comprende varios ciclos deposicionales, con periodos de transgresión y regresión marina en el Cretáceo y principalmente en el Terciario.*

*A partir de la discordancia sobre el basamento Paleozoico, se han reconocido siete discordancias importantes relacionadas con etapas de transgresión y regresión marina:*

- 1. - Discordancia Amotape – Muerto (Pérmico Sup. –Cretáceo Inf.)*
- 2. - Discordancia Muerto – Sandino (Cretáceo Medio)*
- 3. - Discordancia Petacas- Mesa (Cretáceo Superior Temprano)*
- 4. - Discordancia Balcones – Basal Salina (Cretáceo Superior Tardío–Paleoceno)*



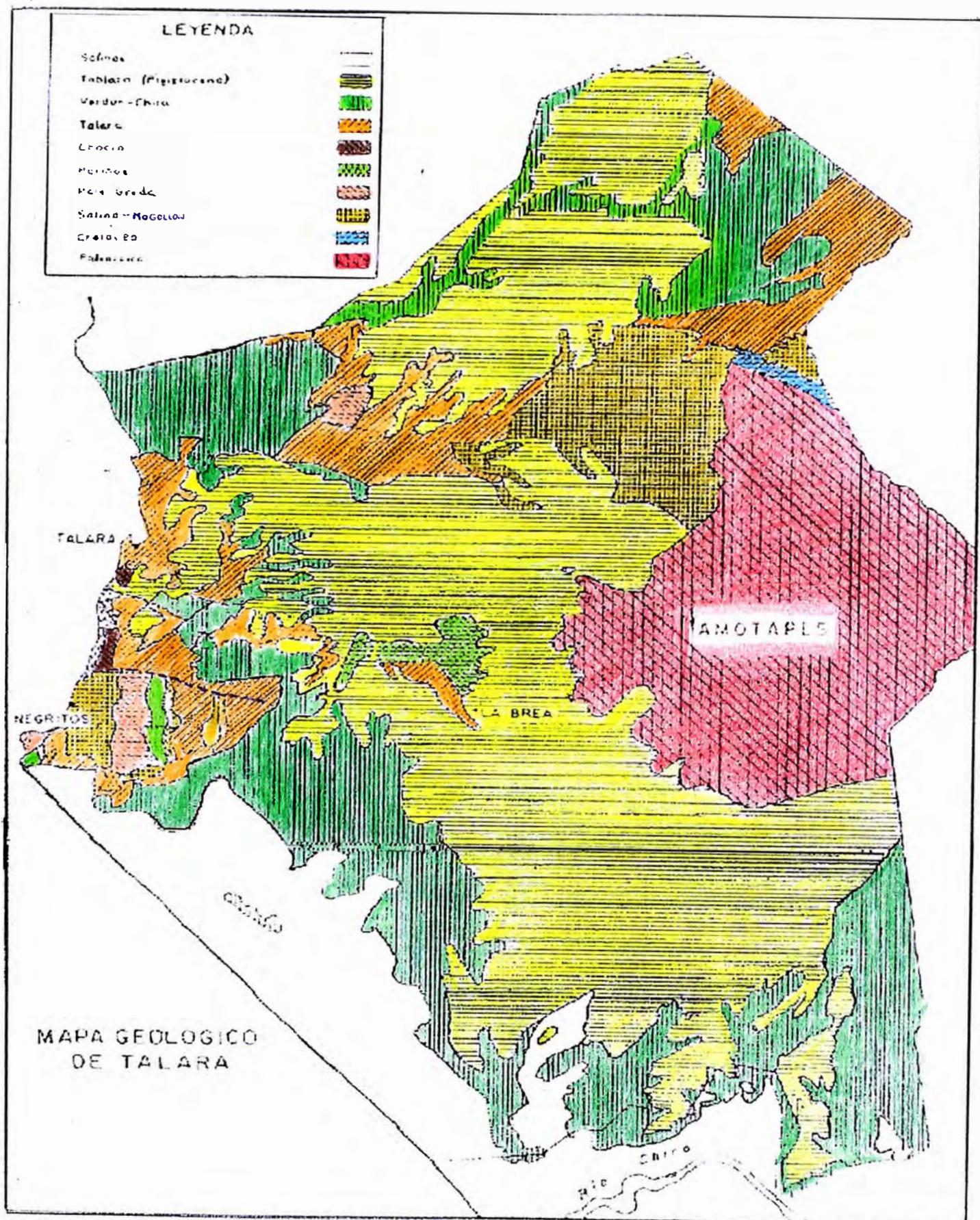


FIGURA N° 2

5. - *Discordancia Palegreda –Pariñas (Eoceno Inferior Temprano)*

6. - *Discordancia Echinocyamus – Lutitas Talara (Eoceno Inferior - Medio)*

7. - *Discordancia Lutitas Talara – Verdún (Eoceno Medio y Superior)*

### **2.2.2 Estratigrafía del lote V, Cuenca Talara.-**

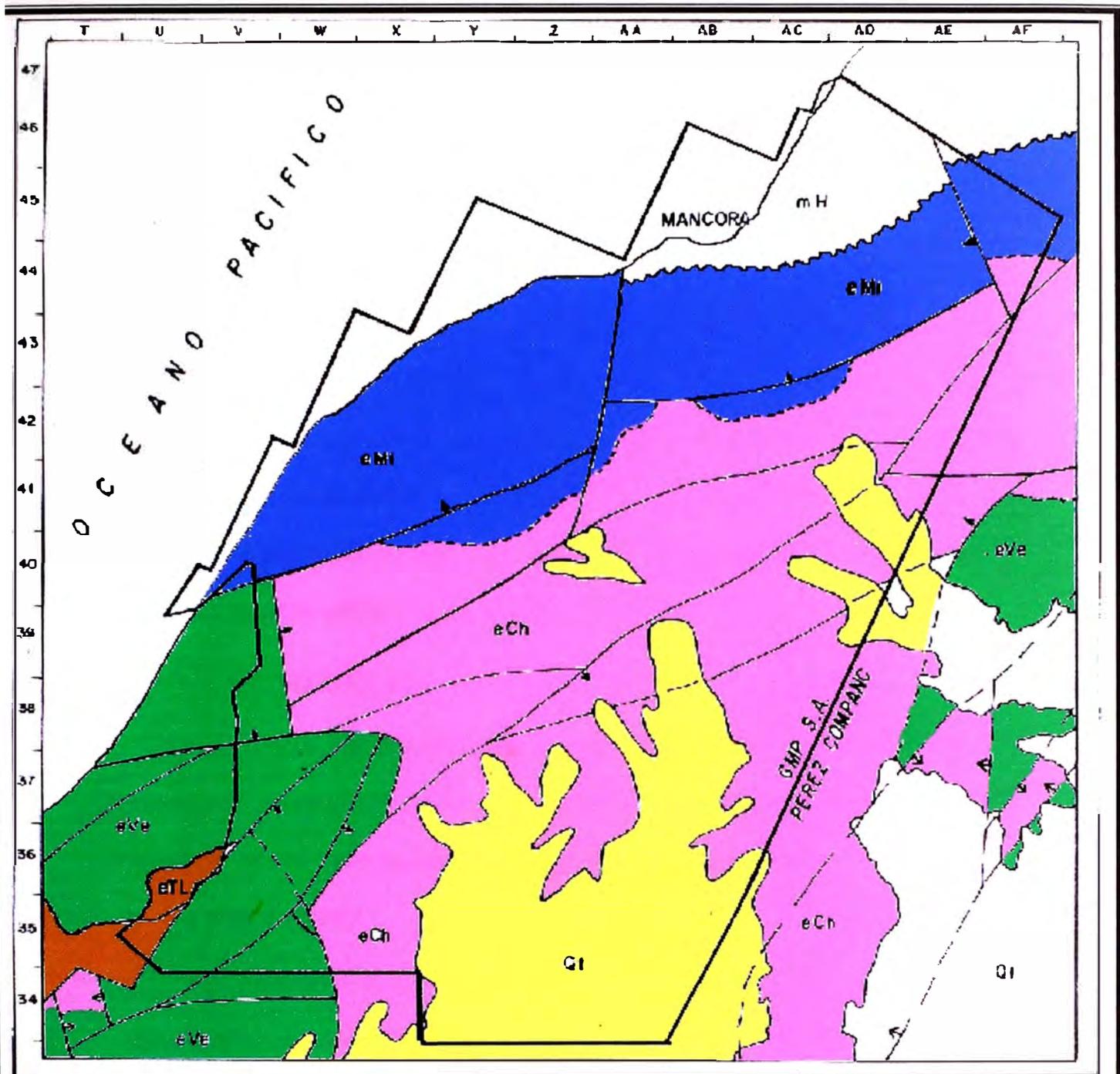
*La secuencia estratigráfica atravesada por los pozos en el lote V varía en edad desde el Eoceno Inferior al reciente, no teniéndose datos sobre Formaciones inferiores, ni del basamento Paleozoico, debido a que el pozo que mayor profundidad alcanzó en el lote fue el pozo 5945, con una profundidad final de 9000' y llegó sólo hasta la Fm. San Cristóbal, este pozo pertenece al yacimiento Calamar.*

*En la geología superficial realizada en el área en la que se ubica el lote V, se ha podido apreciar que en su mayor parte se encuentran los sedimentos marinos cuaternarios en espesores que varían de 130 a 260 pies denominados Tablazos, estos sedimentos a su vez están cubriendo rocas del Terciario, las cuales se pueden ver aflorando solo en ciertas partes del área (Figura N°3).*

*Cabe resaltar que hacia la parte norte del Lote V se ha encontrado una Formación en contacto discordante sobre la Fm. Mirador, la cual inicialmente se había definido como Fm. Máncora por similitudes en las características litológicas con esta formación, pero un estudio realizado por la Cía Graña y Montero Petrolera aplicado a los microfósiles encontrados en los sedimentos, llegó a determinar que esta Formación es la Fm. Heath, no teniéndose referencia del espesor máximo (Ver Figura N°4).*

#### **2.2.2.1 BASAMENTO**

*Como mencionamos en el párrafo anterior ningún pozo en el lote V a llegado hasta el basamento Paleozoico, pero por correlación regional basándose en pozos perforados como el pozo BA-X-1, C-X-1 y CE-X-1, ubicados en el área de barrancos*



**ESTRATIGRAFIA**

- Qt Tablazo
- mH Heath
- eMi Mirador
- eCh Chira
- eVe Verdun
- eTL Talara (Superior)
- Disconformidad
- Contacto Normal
- Limite del Lote V

- Falla Inversa
- Falla Normal

**GMP** GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V

MAPA GEOLOGICO

Fig. N°3

|                          |               |                 |
|--------------------------|---------------|-----------------|
| P.Peñaloza / J.Plisconte | Esc.: 1:80000 | Fecha: Set 1999 |
|--------------------------|---------------|-----------------|

al NE del Lote, se infiere que el basamento Paleozoico se encontraría por debajo de los 9800 pies de profundidad.

### **2.2.2.2 MESOZOICO**

La secuencia de sedimentos mesozoicos en toda la Cuenca Talara está representada por rocas pertenecientes al Cretáceo. En el área del lote V no se han registrado niveles con sedimentos cretácicos, pero por correlación regional con áreas vecinas como el lote X ubicado al sur del lote V donde si se ha encontrado sedimentos del Cretáceo, se infiere que podrían haber remanentes de esta serie, para lo cual se requeriría estudios de sísmica en la zona.

### **2.2.2.3 CENOZOICO:**

La secuencia estratigráfica de la Era Cenozoica esta representada por Formaciones constituidas por lutitas, areniscas y conglomerados que han sido depositadas en ambientes marinos, continentales y fluvio - deltaicos.

#### **I) TERCIARIO:**

Las Formaciones del Terciario en el área de estudio por correlación estratigráfica con áreas cercanas al lote V, son del Eoceno, ya que como denotamos anteriormente en el pozo perforado BA-X-1 ubicado al NE del lote V se tiene sobre el basamento Paleozoico a la Fm. San Cristóbal (Eoceno inferior).

#### **A) EOCENO INFERIOR**

La sedimentación durante el Eoceno sigue una secuencia cíclica muy característica, siendo estos, el ciclo Salina-Palegreda, Chacra, Talara y Chira. Cada uno de ellos comienza con una transgresión marina y termina con una regresión o progradación que llena la cuenca <sup>2</sup>. La deposición durante el Eoceno inferior en la

---

<sup>2</sup> Boletín de la Sociedad Geologica tomo 51, Grover Gonzales

*Cuenca Talara se inicia con el primer ciclo sedimentario conocido como **Salina-Palegreda** y se da con la deposición de un cuerpo lutaceo poco potente conocido como la **Draga**, seguido por un conglomerado Basal transgresivo, **Basal Salina**, continúa con la deposición de lutitas marinas **San Cristobal**, para seguir con una secuencia que muestra notables cambios de facies e influencia continental conocida como **Mogollón**. Le sigue la secuencia marina **Palegreda**, y termina con una deposición fuertemente regresiva.*

*Cada ciclo comprende a varias formaciones y sus equivalentes laterales, está separado por discordancias regionales y es definido por un conjunto faunístico bastante conspicuo.*

*A finales del Eoceno inferior se produce una fase tectónica de naturaleza muy compleja marcando el fin del primer ciclo sedimentario (**Ciclo Salina-Palegreda**).*

*El segundo ciclo sedimentario (**Ciclo Chacra**) se inicia con la deposición de una secuencia constituida predominantemente por lutitas de facies Prodelta, conocida como **Fm. Clavel** concordante a esta se depositan sedimentos de facies fluvio Deltaicas a turbidítica conocida como **Fm. Echinocyamus**.*

### **- Fm. San Cristóbal**

*Afloramientos típicos de esta Formación están en los alrededores de las partes altas de Máncora y Negritos principalmente.*

***Litología:** Esta constituida por lutitas grises intercaladas con areniscas de color gris, de grano fino a medio, friable, tanto en la parte media como en la base se tiene horizontes delgados de arenas cuarzosas de grano fino a grueso, sub-redondeadas hasta conglomeradicas.*

***Espesor:** Esta formación ha sido encontrada en el yacimiento Calamar a los 9000' de profundidad en el pozo 5945 con un espesor máximo de 410'.*

**Edad:** Eoceno Inferior

**Contacto:** Su contacto inferior, como se mencionó anteriormente se infiere sería el basamento Paleozoico, pero que hacia el Oeste la **Fm. San Cristóbal** se encontraría sobre una secuencia de conglomerados basales similar a los de la **Fm. Basal Salina** pero que ha sido diferenciada de ella, denominándosele a esta **Fm. Trigal** (según estudios realizados por V. Sanz 1988 en la región de Máncora, ubicado al noroeste del lote V), a su vez la **Fm. Trigal** se encontraría cubriendo en "overlap" a las rocas del Paleozoico y basamento cristalino.

La **Fm. San Cristóbal** infrayace concordante a la **Fm. Mogollón**.

**Fósiles:** Paleontológicamente pertenece a la zona de moluscos denominada *Mesalia Negritosensis*.

#### - **Fm. Mogollón**

Afloramientos típicos de esta Formación se observan al Este de la Brea y Pariñas, en la quebrada Mogollón, de donde deriva su nombre.

Esta **Fm.** se encuentra presente en el Yacimiento Calamar, a profundidades promedio de -7000' bajo el nivel del mar.

**Litología:** En el área de estudio ha sido dividido en tres miembros importantes y las razones que se tuvieron para tal división son debidas a características eléctricas, litológicas, y de producción:

**Mogollón superior; Mogollón Medio y Mogollón Inferior.**

**Mogollón Superior** Siendo el más importante por constituir los mejores reservorios productores de petróleo dentro de esta Formación. A su vez a sido subdividido en 3 unidades (Chorro Superior, Chorro inferior y Fuente). En la zona de Organos Norte su espesor varia entre 600-800 pies, siendo el sub.-miembro fuente el de menor espesor con 200 pies.

*Chorro Superior.- Es el que más produce de las 3 unidades Litológicamente esta compuesta por cuerpos de conglomerados y areniscas de cuarzo de grano fino a medio, angulares a redondeadas, con intercalaciones de Lutitas de color rojo ocre y abigarradas.*

*Chorro Inferior .- Esta compuesto por intercalaciones de lutitas y areniscas grano fino y medio, las lutitas son rojizas y verdosas con algunos puntos micro micáceos.*

*Fuente .- Litológicamente esta compuesta predominantemente por areniscas de grano fino a medio con intercalaciones delgadas de lutitas*

**Mogollón Medio** *Su espesor varia de 50 a 70 pies esta compuesto litológicamente por lutitas con esporádicas intercalaciones de areniscas de grano fino.*

**Mogollón Inferior** *Esta compuesto principalmente por delgadas intercalaciones de areniscas y lutitas rojizas, algo micromicaceas, blandas bentoníticas, no calcáreas.*

*Espesor : Esta formación ha sido atravesada en un espesor máximo de 905' por el pozo 5945 del Yacimiento Calamar.*

*Edad: Eoceno inferior.*

*Contacto: Es concordante en su parte inferior con la Fm. San Cristóbal y su contacto superior es de modo gradacional grano creciente (tendencia deposicional regresiva) con la Formación Ostrea.*

*Fósiles: Mogollón inferior y medio Mesalia Negritosensis; Mogollón Superior Venericardia Peruviana.*

#### **- Fm. Ostrea**

*Se encuentra presente en todo el lote V a una profundidad promedio de 5000 y 2000 ' de espesor.*

**Litología:** Esta conformado por una alternancia de areniscas de color gris a gris verdoso, de grano fino a medio, lutitas grises y rojo ocre; tanto las areniscas como las lutitas son micro micaceas y carbonosas.

**Espesor:** En el Yacimiento Calamar el espesor máximo alcanzado por la Fm. Ostrea fue de 2954' en el pozo 7154 a una profundidad de -5361'.

**Edad:** Eoceno Inferior.

**Contacto:** La Fm. Ostrea se encuentra sobreyaciendo de forma gradacional a la Fm. Mogollón y esta infrayaciendo discordante a la Fm. Clavel.

**Microfósiles :** *Valvulineria palegredensis*, *Stephano porites Sp*

#### - Fm. Clavel

Finalizando el primer ciclo sedimentario (Ciclo Salina), se inicia una nueva secuencia de sedimentación de facie Prodelta, conocida como Fm. Clavel, esta Formación solo ha sido encontrada en el sector Noroeste del Yacimiento Calamar.

**Litología:** Esta secuencia esta constituida predominantemente por lutitas con finas intercalaciones de areniscas grises de grano fino.

**Espesor:** En el Yacimiento Calamar ha sido encontrada por los pozos 7154 y 1314 con un espesor de 96' y 110' respectivamente.

**Edad:** Eoceno Inferior.

**Contacto:** Se encuentra sobreyaciendo discordante a la Fm. Ostrea (esta discordancia es erosional, debido a que con la secuencia Ostrea culmina el primer ciclo deposicional Salina, encontrándose esta secuencia emergente y afectado por erosión), esta discordancia ha sido identificada y descrita en afloramientos en la Localidad de Cabo Blanco y alrededores.

Subyaciendo concordante se encuentran los sedimentos de facies Fluvio Deltaicas a turbiditicas de la Fm. *Echinocyamus*.

**Microfósiles:** *Valvulineria compresa*, *Virgulina resistensis*

### - **Fm. Echinocyamus**

*La Fm. Echinocyamus está presente en todo el Lote V, y se le encuentra a una profundidad promedio de 4500' y espesor de 600'.*

*Ha sido subdividida en 5 miembros importantes que son: Ballena, Constancia, Somatito, Verde y Cabo Blanco, estos miembros solo han podido ser diferenciados en el yacimiento Cóndor, ubicado al Oeste del Yacimiento Calamar, mas no en el resto del área, por su difícil correlación, presencia de fallas inversas que repiten a esta Formación.*

#### **Litología:**

**Mbo. Ballena:** *Esta constituido por areniscas de color blanco grisáceo de grano fino a medio.*

**Mbo. Constancia:** *Lutitas de color gris claro, micacéo con intercalaciones delgadas de areniscas de grano fino a muy fino.*

**Mbo. Somatito:** *Arenisca cuarzosa de grano fino a medio, con intercalaciones de lutitas gris clara y micaceas.*

**Mbo. Verde:** *Lutitas de color gris claro y verde claro con escasas intercalaciones de areniscas de grano fino.*

**Mbo. Cabo Blanco:** *Constituido por intercalaciones de areniscas y conglomerados; las areniscas son de cuarzo color blanco lechoso y hialino; los conglomerados son de cuarzo blanco con escasas intercalaciones delgadas de lutitas color gris.*

*Los Miembros Somatito y Cabo Blanco son los más importantes por constituir reservorios productores de petróleo.*

**Espesor:** *El mayor espesor alcanzado por esta formación en el Yacimiento Calamar fue de 450' medido en el pozo 1314.*

**Edad:** *Eoceno Inferior.*

**Contacto:** *Se encuentra sobreyaciendo concordante a la Fm. Clavel e infrayace discordante a las Lutitas Talara.*

**Microfósiles:** *Quinqueloculina Cf. Para el Mb. Ballena, Virgulina Diversa para el Mb. Constancia, Valvulineria Compressa para Somatito, Virgulina Restinensis para el Mb. Verde.*

## **B) EOCENO MEDIO – SUPERIOR**

*Durante la transición desde el Eoceno inferior al Eoceno Medio, un periodo de fuerte erosión es seguido por una subsidencia general en la que el área llega a ocupar posiciones de aguas profundas (Batiales) depositándose sedimentos arcillosos y turbidíticos, pertenecientes al Grupo Talara.*

*En la columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Talara(Fig.Nº1), el Grupo Talara ha sido subdividido en Fm. Lutitas Talara, Fm. Areniscas Talara y Fm. Pozo. Cabe mencionar que en el Lote V se ha encontrado a la Fm. Lutitas Talara con espesores que oscilan entre 300' y 3000' conteniendo fósiles característicos de esta Formación y en el extremo SW del lote V se ha podido diferenciar niveles de areniscas sobre las Lutitas Talara, que por su contenido fósil de Ciclamina Samanica y características litológicas, se trataría de la Fm. Areniscas Talara, este paquete de areniscas solo se ha podido ver hacia ese extremo y hacia el Este va desapareciendo hasta tenerse solo remanentes de arenas.*

## **- Fm. Lutitas Talara**

*Su localidad tipo queda en las inmediaciones de la ciudad de Talara*

***Litología:** Hacia la base esta constituida por estratos de lutitas de color verde oliva, ligeramente calcáreas en parte arenosa de grano medio, algo verdosa, también se observa pirita y algo de cuarzo hialino.*

*En la parte media, lutitas de color gris a verde oliva, ligeramente calcárea, areniscas de grano fino, también se observan niveles carbonosos y Lutitas gris bentoníticas.*

*Hacia el tope intercalaciones de Lutitas gris a gris oscuras, algo arenosas, ligeramente calcáreas con areniscas y arenas gris a gris claras de grano medio a grueso con abundante cuarzo hialino. En toda la Formación se ha observado la presencia de cristales de pirita.*

***Espesor:** El máximo espesor encontrado de esta formación es de 3030' por el pozo 1909 del Yacimiento Cóndor, ubicado al Este de Calamar.*

***Edad:** Eoceno Medio – Superior.*

***Contacto:** Sobreyace discordante a la Fm. Echinocyamus e infrayace concordante a la Fm. Areniscas Talara en el extremo SW del lote V y sobre el área restante esta infrayaciendo concordante a la Fm. Verdún.*

***Microfósiles:** Trochamina (haplographragmoides)*

## **- Fm. Areniscas Talara**

*Esta Formación es reconocida y diferenciada en el extremo SW del lote V, al extremo Este va adelgazando quedando solo remanentes de arenas.*

***Litología:** Esta constituida por areniscas de color gris claro a gris oscuro de grano grueso a medio, en parte calcáreo, pirita y arenas de grano grueso angulares constituidos de cuarzo hialino; también se observan niveles de lutitas de*

*color gris verdoso a gris oscuro en parte arenosa, pirita hacia la base de esta Formación.*

*Espesor: En el Lote V esta Formación ha sido ubicada por los pozos 2005 y 1244 del Yacimiento Organos norte y el pozo 1909 del Yacimiento Cóndor, ubicados al SW del Lote V, con espesores que varían de 140' a 410'.*

*Esta Formación va adelgazando hacia el Este por Buzamiento de capas hasta desaparecer por completo, encontrándose solo remanentes de arenas.*

***Edad : Eoceno Superior***

***Microfósiles: Virgulina Sp, Valvulineria Saturalis, Rotalia Consans Stone, Gyroidina Sp., Buliminella Sp.***

***Contacto: Sobreyace hacia el SW a las Lutitas Talara e infrayace a la Fm. Verdún.***

*Esta Formación no ha sido reconocida en ningún pozo del Yacimiento Calamar.*

## **- Fm. Verdún**

*Su localidad tipo se encuentra en la zona denominada Verdún Alto.*

*La Fm. Verdún descansa discordante sobre la Fm. Lutitas Talara e infrayace a las Lutitas Chira, siendo este contacto gradacional, es decir las areniscas que se encuentran en la parte superior de la Fm Verdún pasan gradualmente a Lutitas.*

*Esta Formación va corresponder a la 1ra unidad Lito-Estratigráfica del ciclo sedimentario del Eoceno Tardío.*

*En Base a la información disponible del subsuelo como son los registros eléctricos, litológicos y afloramientos, la Formación Verdún puede ser subdividida en tres miembros, cada miembro ha podido ser diferenciado con la curva de resistividad eléctrica y por la litología de la siguiente manera:*

*Verdún Inferior, Medio y Superior.*

**Litología:**

*Verdún Inferior:* Con un espesor promedio de 550' pies y esta conformada por tres capas o secuencias bien definidas:

- *Secuencia Arenisco – Limo – Arcillosa:* constituido principalmente por areniscas de grano fino con intercalaciones de limolitas. 100' de espesor promedio.

Presenta abundante *Lepidocyclina*, microfósil característico de la Formación Verdún.

- *Capa Limo - Arcillosa:* 180' pies de espesor promedio. Esta constituido de limolitas y lutitas de color marrón grisáceo con esporádicas intercalaciones de areniscas.

- *Capa Basal:* aproximadamente 220' de espesor, Esta constituida de una secuencia de conglomerados, micro conglomerados y areniscas de grano grueso a medio, sub-redondeados, intercalados con delgados niveles de limolitas y Lutitas; cada miembro ha podido ser diferenciado con la curva de resistividad eléctrica y por la litología.

De los tres miembros, el inferior es él más importante por constituir el reservorio productor de petróleo (Ver columna estratigráfica, fig.Nº 4), por lo tanto es preciso anotar que la presente Tesis esta basada en el Mb. *Verdún Inferior*.

*Verdún Medio:* Conformado principalmente por una secuencia de limolitas y areniscas de grano fino, subredondeadas, calcáreo, friable, micromicacea. Con un espesor promedio de 550'

*Verdún Superior:* Iniciándose con delgadas capas de areniscas, estando constituido principalmente de una secuencia de lutitas de color marrón grisáceo.

# COLUMNA ESTRATIGRAFICA

## LOTE - V

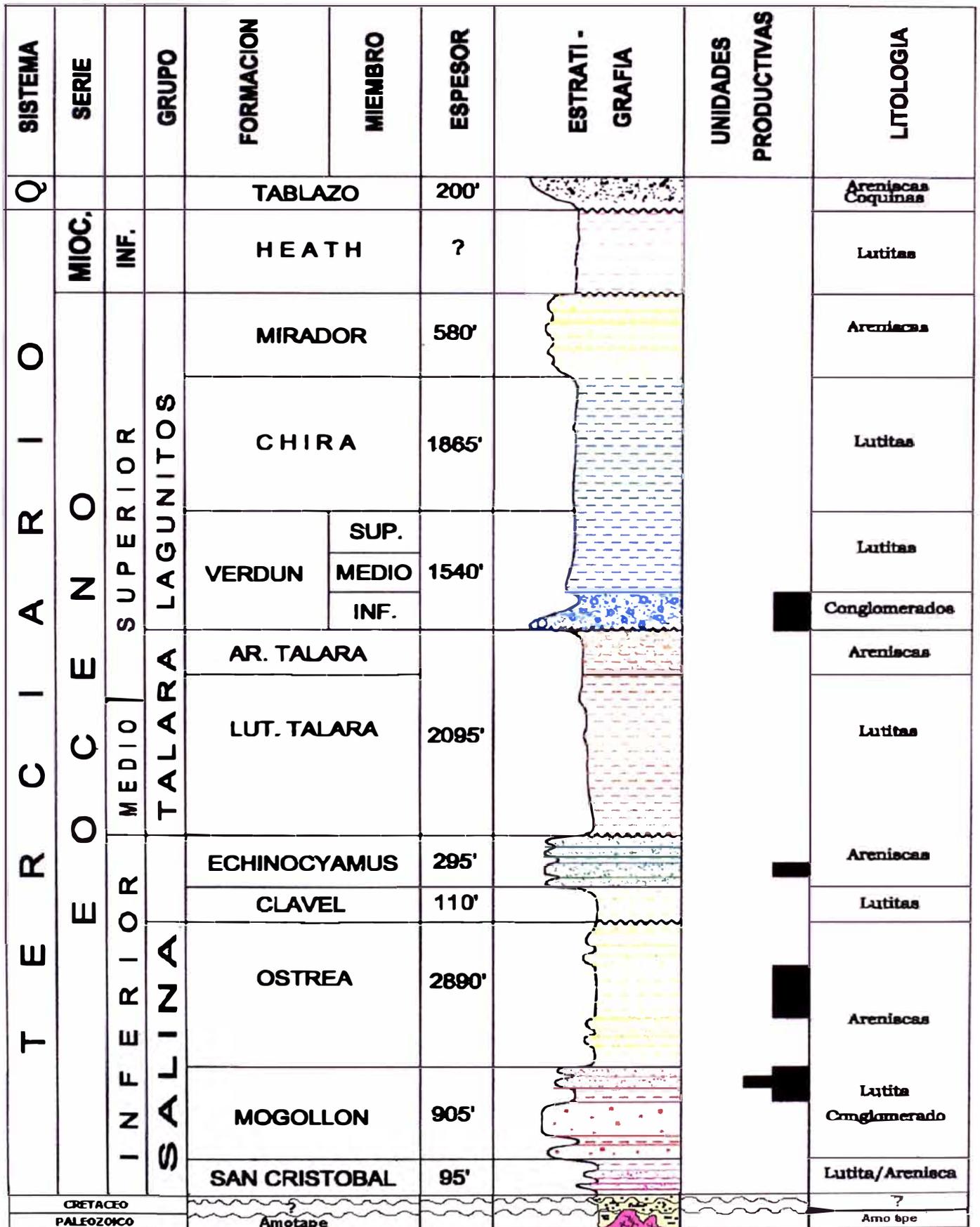


Fig. N° 4

### - **Fm. Chira**

*Esta Fm. Se encuentra presente en todo el Yacimiento Calamar sobre la Formación Verdún.*

**Litología:** *Esta constituida por Lutitas de color marrón oscuro, marrón grisáceo, ocasionalmente intercaladas con limolitas gris verdosas.*

**Espesor:** *En el Yacimiento Calamar el máximo espesor atravesado fue de 1860' ubicado por el pozo 2527 a una profundidad de -732' s.n.m.*

**Edad:** *Eoceno Superior.*

**Contacto:** *En este Yacimiento se le ha encontrado sobreyaciendo concordante a la Fm. Verdún, donde este contacto es gradacional o transicional e infrayace a la Fm. Mirador.*

**Microfósiles:** *La Fm. Chira presenta muchos fósiles típicos: Anomalina chirana, Bolivina maculata, Buliminella peruviana, etc. fauna típica foraminífera.*

### - **Fm. Mirador**

*Esta Formación esta presente en casi todo el Yacimiento sobre las lutitas de la Fm. Chira, encontrándose sus mayores espesores a lo largo del eje NS del Yacimiento.*

**Litología:** *Esencialmente consiste de arenas limolíticas, también delgadas capas de areniscas de grano medio y angulares, intercalaciones de areniscas grises a blanquecinas de grano fino a medio con presencia de óxidos.*

**Espesor:** *El máximo espesor de esta Formación encontrado en el área de estudio, fue de 840' ubicado en el pozo 1587.*

**Contacto:** *Se encuentra sobreyaciendo a las Lutitas Chira e infrayaciendo a las areniscas de la Fm. Tablazo Talara.*

## **II) CUATERNARIO**

### **A) PLEISTOCENO**

*Durante el Pleistoceno se sucedieron las últimas transgresiones marinas a lo largo de la costa pacífico, originando depósitos escalonados en forma de terrazas, estas generadas por interacción entre borde continental en levantamiento y las fluctuaciones glacio-eustáticas del nivel del mar.<sup>39</sup>*

**Morfología:** *Las terrazas marinas que ocurren en el Noroeste peruano pueden ser angostas, numerosas y escalonadas cuando se forman sobre sustrato de rocas paleozoicas resistentes (macizos de Illescas o Paita. Figura N°5), o amplias planicies en pocos niveles cuando el sustrato es de rocas sedimentarias del terciario, a veces poco deformadas. Estas últimas, llamadas tradicionalmente tablazos, se presentan en 2 o 3 niveles que cubren una gran área del Noroeste.*

*La estratigrafía clásica de Bosworth (1922), modificada por DeVires (1988), indica cuatro unidades en el norte que son Tablazos Máncora, Talara, Lobitos y Salinas.*

#### **Tablazo Máncora**

*El más alto y antiguo de los tablazos del noroeste desde el norte de cabo Blanco hasta el Sureste del Macizo de Illescas, con un ancho de hasta 70 Km.*

*El tablazo Máncora es el que cubre gran parte del Lote V.*

**Litología:** *En su zona tipo, consta de 6-8 m de Coquina arenosa con Argopecten, Glycimoris, Choromytilus, Thais y Tegula, siendo recubierto hacia el Este por abanicos aluviales (DeVires, 1988). La mayor parte de su superficie presenta una serie de cordones de varios Kms de longitud y pocos de ancho y altura, compuestos por cantos rodados.*

*Por reposar sobre rocas del Plioceno, por su gran extensión y por la morfología el Tablazo Máncora probablemente debió haberse formado durante las repetidas transgresiones asociadas a los cambios climáticos del Pleistoceno inferior.*

### **Tablazo Talara**

*Su localidad tipo se encuentra en la ciudad de Talara,*

***Litología:** Consta de Coquina arenosa, areniscas con estratificación cruzada y gravas contiene Agropecten, Thais y Lyropecten en la región Norte. En la región Sur, es distintiva la abundancia de Ostrea Megodon, así como la presencia de Pitar Inconspicua, Calyptrea Trochiformis y especies de Olivella no observadas en otras terrazas.*

*Su posición entre el tablazo Máncora, asignado al Pleistoceno inferior y la terraza Lobitos, asignada al Pleistoceno superior, indicaría que este tablazo fue labrada por una o mas transgresiones correspondientes a las interglaciaciones del pleistoceno medio.*

### **Terraza Lobitos**

*Aflora en bandas angostas de pocos centenas de metros, discontinuos y paralelos a la costa actual.*

***Litología:** En la zona de Bayóvar-Illescas, consta de areniscas conchíferas de playa intercaladas con sedimentos lagunares que alcanzan 5m de potencia. Con faunas comunes a las otras terrazas pero además con especies exclusivas, raras en otros niveles como Bursa Vantricsa, Certhidea Valida y Rhynocryne Humboldti.*

*Por su posición morfoestratigrafica, la terraza Lobitos probablemente guarda relación con el último periodo de interglaciación, cuando el mar alcanzó un nivel de unos 6 m. sobre el actual, a inicios del Pleistoceno superior.*

<sup>91</sup> Macharè Jose, Ortlieb Luc.: Morfoestratigrafia de los Tablazos del Noroeste Peruano, Neotectonica y

# TABLAZOS DEL NOROESTE PERUANO

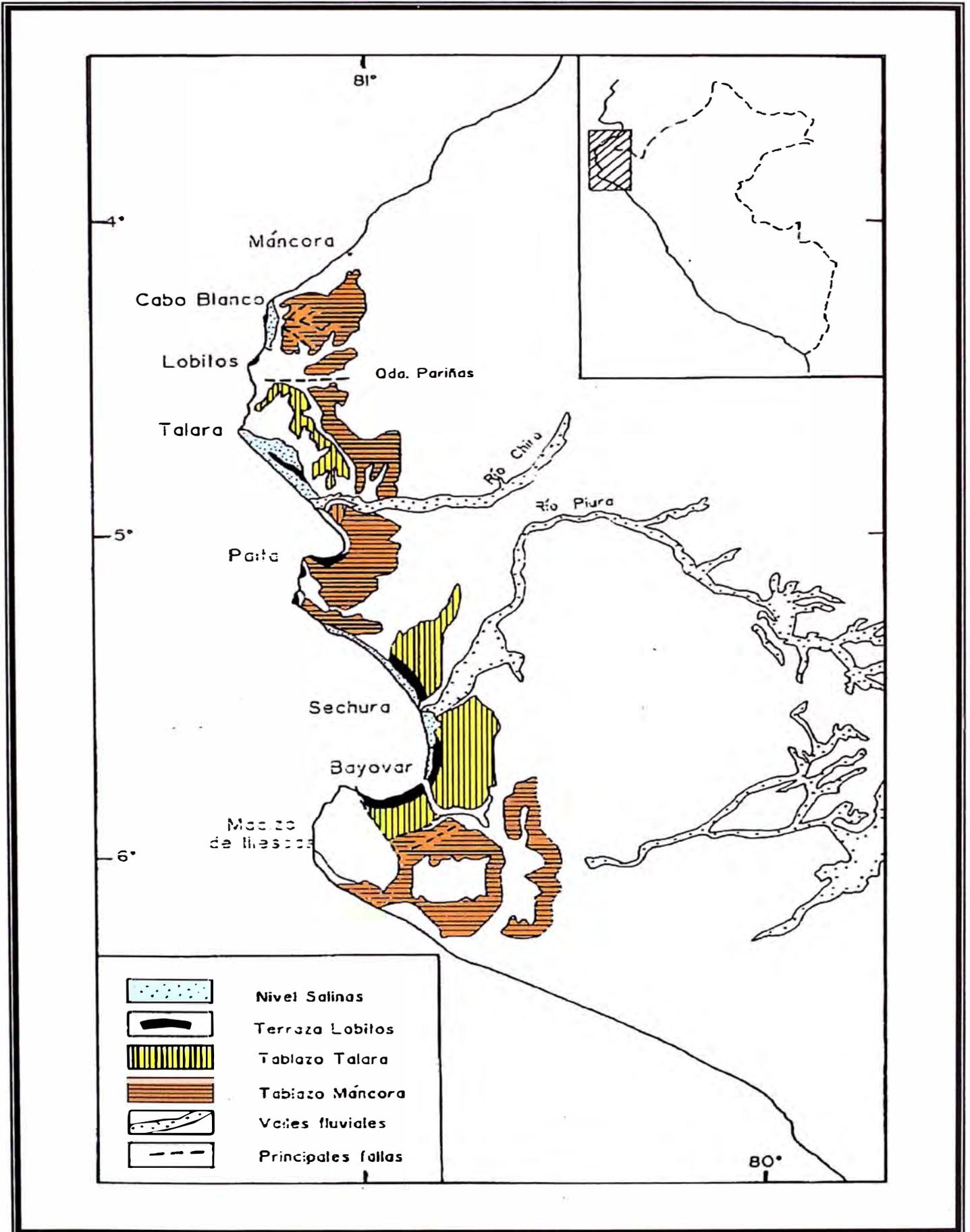


Figura N° 5

Ref: :Macharè Jose, y Ortlieb

*Actualmente se puede apreciar en Peña Mala (cerca de Máncora), en Lobitos y desde Paita hasta Illescas.*

### **El Nivel Salinas**

*Bajo esta denominación varias planicies costeras, entre 0 y 3 msnm, en general en forma de paleobahías de hasta 25 Km de largo y 5 de ancho, cerradas en el litoral por un cordón dunar. Los fechados por Carbono 14 muestran que ellas fueron formadas por un nivel del mar ligeramente más alto que el actual. Las facies sedimentarias indican historias complejas de inundaciones y retiros episódicos del mar, durante el resto del Holoceno.*

*El área del Yacimiento Calamar se encuentra cubierta por sedimentos pertenecientes al Tablazo Máncora, estos alcanzan espesores que varían entre 150' a 230' pies.*

## 2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

*Estructuralmente la cuenca Talara se encuentra dominada por bloques antiguos tipo Horst, producto de esfuerzos tensionales que han controlado la sedimentación durante el Cretáceo y Terciario, haciendo de estas una de las zonas mas criticas y complejas caracterizada por una deformación cortical e involucrada dentro del radio de afectación de la Deflexión de Huancabamba.*

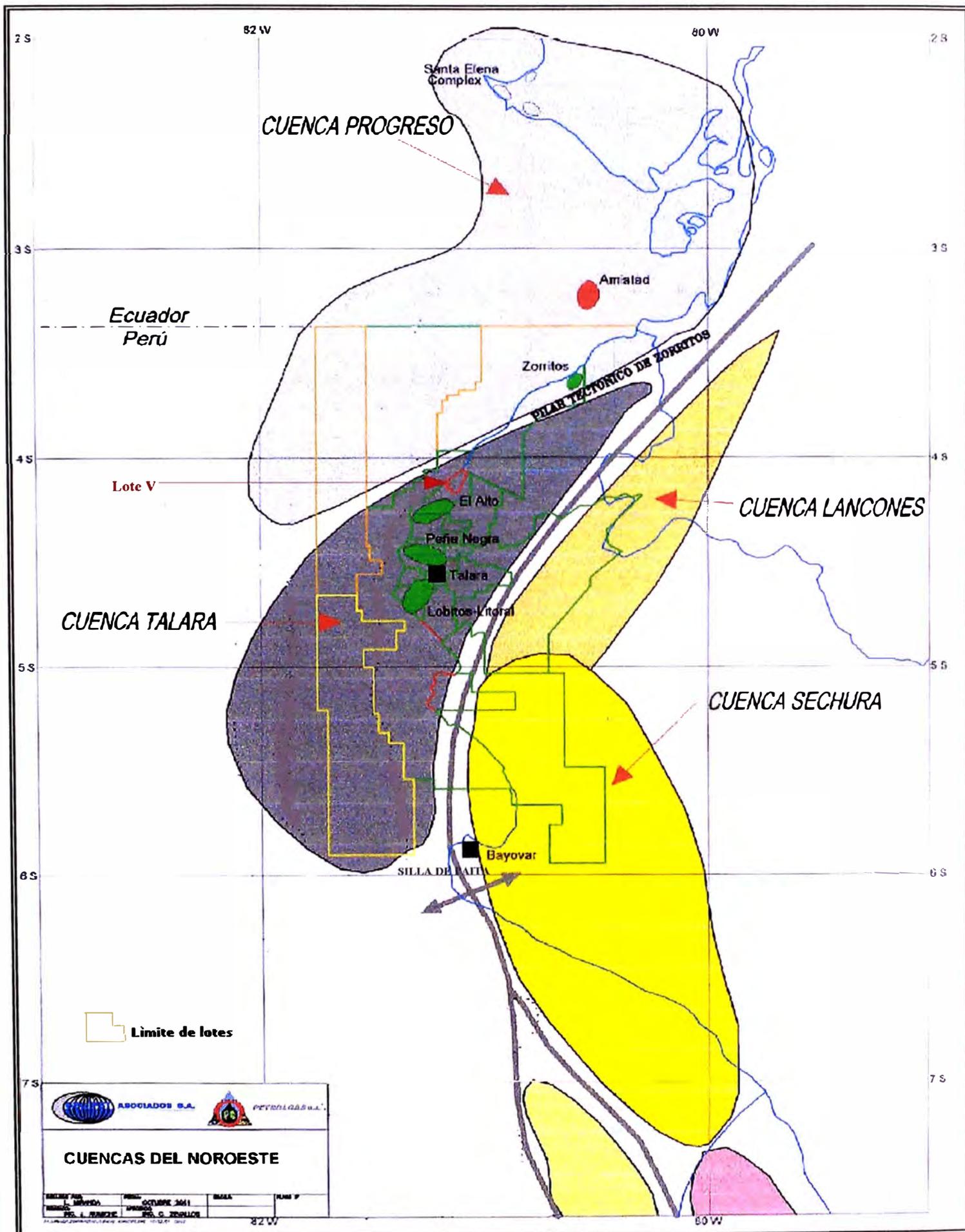
*Estructuralmente la cuenca Talara limita al Norte con el pilar tectónico de Zorritos y al sur con la silla o levantamiento de Paita-Sullana y la cadena de los Amotapes por el Este (Mapa N°6), con sedimentos del Terciario, que han sido afectados por fallas normales e inversas que dividen la estructura en altos y bajos (horst y grabens).*

*Es controlada y limitada por la cresta del Talud superior (zona de colisión – fricción de la placa de Nazca en subducción a la placa sudamericana), la Cordillera de la Costa (alto externo de la plataforma) y el Batolito de la Costa.*

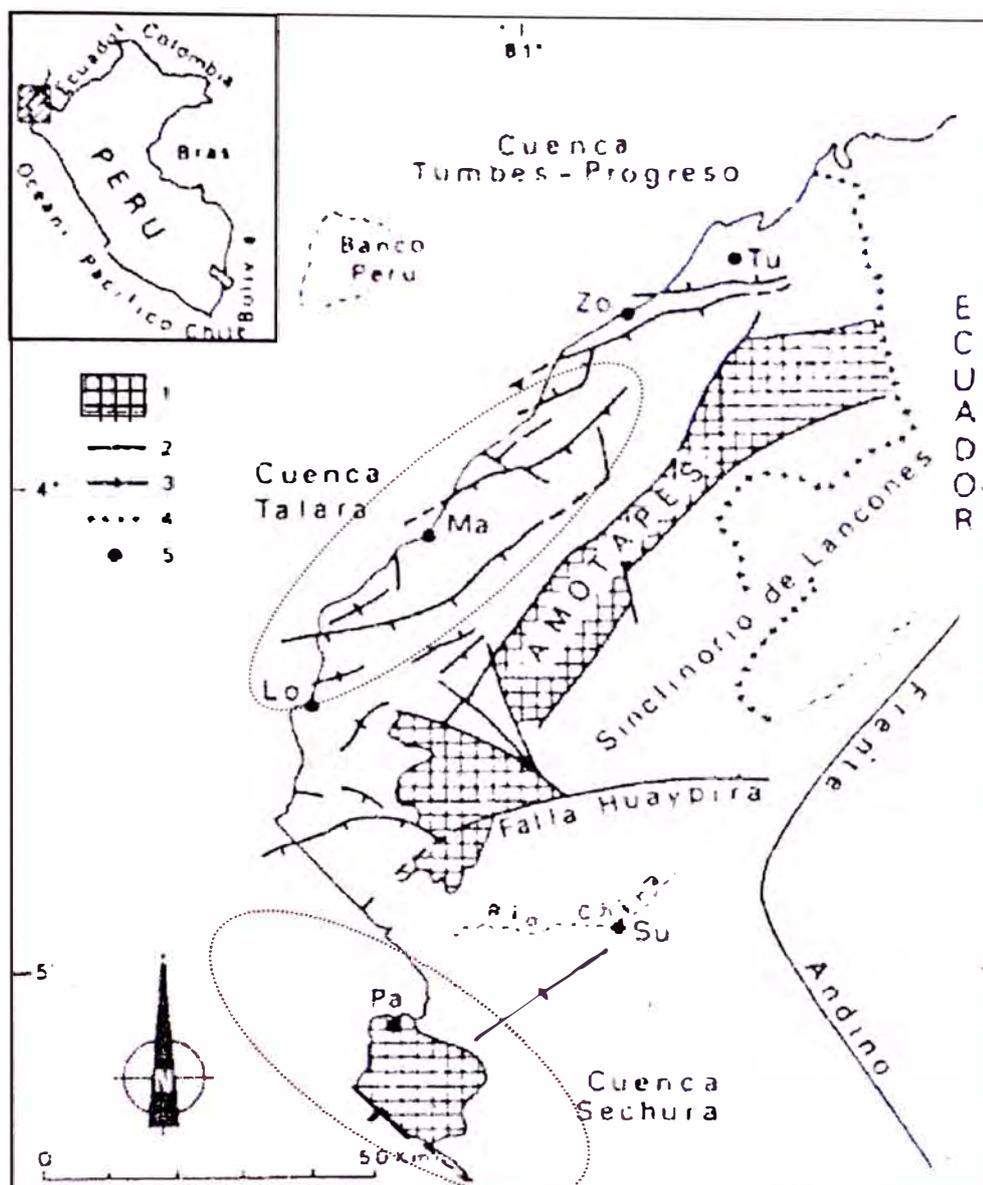
*La cuenca Talara se encuentra en la zona de cambios abruptos de la faja costanera peruana, donde el rumbo de la costa, los ejes de las estructuras así como la cuenca, sedimentos y macizos, que vienen con rumbo NW toman un giro a NE, por la deflexión de Huancabamba. En la Figura (6-A) a los 5°S (latitud de la deflexión de Huancabamba) se observa sobre el margen continental dos estructuras mayores en dirección aproximada NE, la falla Huaypira y el alto Paita –Sullana. Al sur de este limite vemos que el margen continental tiene características del Perú central, en donde el rumbo de la costa, las estructuras y los macizos tiene una dirección NW. ©*

---

© Tectonica cenozoica margen peruana, Boletín 76, Sociedad Geológica del Perú, 1996.



Mapa Nº 6



**Figura N° 6-A. Esquema estructural y de Ubicación del Noroeste**  
**1. Macizos Paleozoicos, 2. fallas mayores, 3. Altos estructurales, 4.**  
**Limite fronterizo del Perú, 5. Ciudades, Tu: tumbes, Zo: Zorritos,**  
**Ma: Mancora, Lo: Lobitos, Pa: Paita, Su: Sullana. (Según Zevallos,**  
**1970)**

*Las islas Lobos de Tierra y Lobos de afuera, los Cerros Illescas y Paita, forman promontorios al sur de la cuenca a su vez van a mostrar que en conjunto con Los Cerros Amotape y la Brea forman una faja arqueada que bordea la cuenca al Este, con una dirección paralela a la costa, que expone bloques hórsticos de rocas metamórficas e ígneas, Paleozoicas, separados unos*

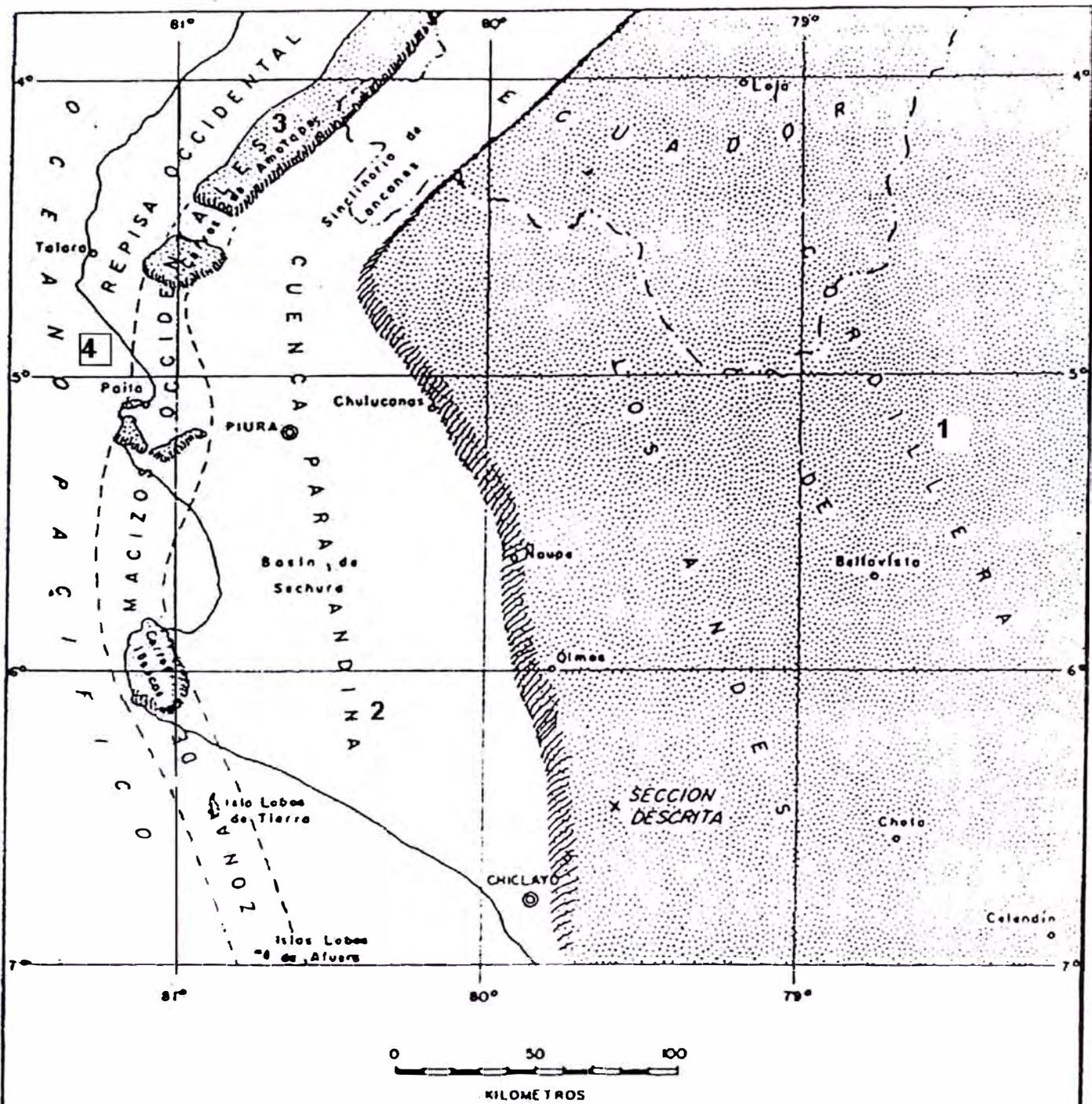


Fig. Nº 6-B : Provincias Geològicas del Noroeste Peruano, segun A.G. Fisher 1956.-  
1.Cordillera Andina; 2.Depresiones Para-Andinas; 3. Zona de Macizos occidentales;  
4.Repisa occidental o Zòcalo de la Costa.

Fig. Nº 6-B

*de otros por grabens y hundimientos rellenos con sedimentos del Eoceno Superior y más jóvenes, que incluyen los promontorios (Figura N° 6-B).*

### **2.3.1 Marco Tectónico Regional**

*La evolución estructural e historia geológica de la cuenca Talara son complejas. Esta clasificada como una cuenca del Tipo “Antearco” (Forearc Basin), es decir relacionada a Dorsales o Arcos de Islas que se presentan delante de las cordilleras, como consecuencia de la convergencia del margen occidental del continente con la placa de Nazca adyacente, desarrollado entre la fosa Perú-Chile y el arco magmático. La figura N° 7 muestra un corte transversal de Oeste a Este desde Talara a Iquitos con las principales características estructurales de la plataforma continental peruana; en la figura N° 7-A se hará una descripción mas detallada de lo visto en la figura anterior pero esta vez dedicada mas a la margen izquierda de toda esa sección, que tiene que ver con el desarrollo de las cuencas del Noroeste peruano.*

*Se puede distinguir una serie de unidades morfoestructurales: La Fosa Oceánica (Trench), la región de “Antearco” (Fore arc) propiamente dicha y la cordillera Occidental en la cual se emplaza el arco magmático Cenozoico, esta ultima constituye el limite oriental de la margen.*

*La Fosa Oceánica, es un rasgo típico de las zonas de convergencia con subducción: frente al Perú ella delinea el contacto entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana.*

*La Región de Antearco propiamente dicha, se extiende entre la fosa y el Arco magmático (cordillera occidental). El Antearco ocupa un ancho promedio de 200 Km. morfológicamente, se puede distinguir los siguientes sectores elongados y paralelos a la fosa:*

# PRINCIPALES CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL PERUANA

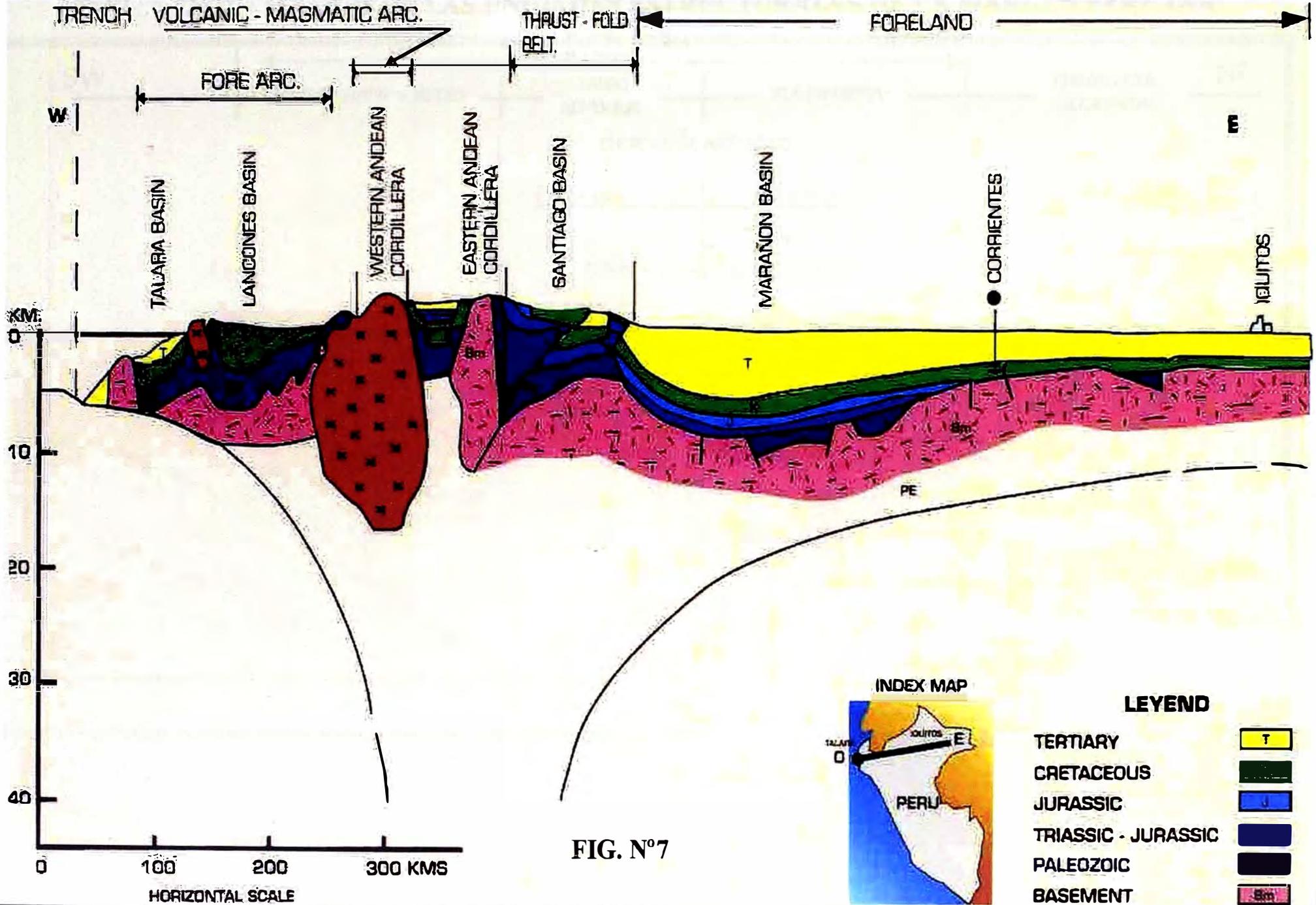


FIG. N°7

# CORTE ESQUEMATICO DE LAS UNIDADES ESTRUCTURALES DE LA MARGEN PERUANA

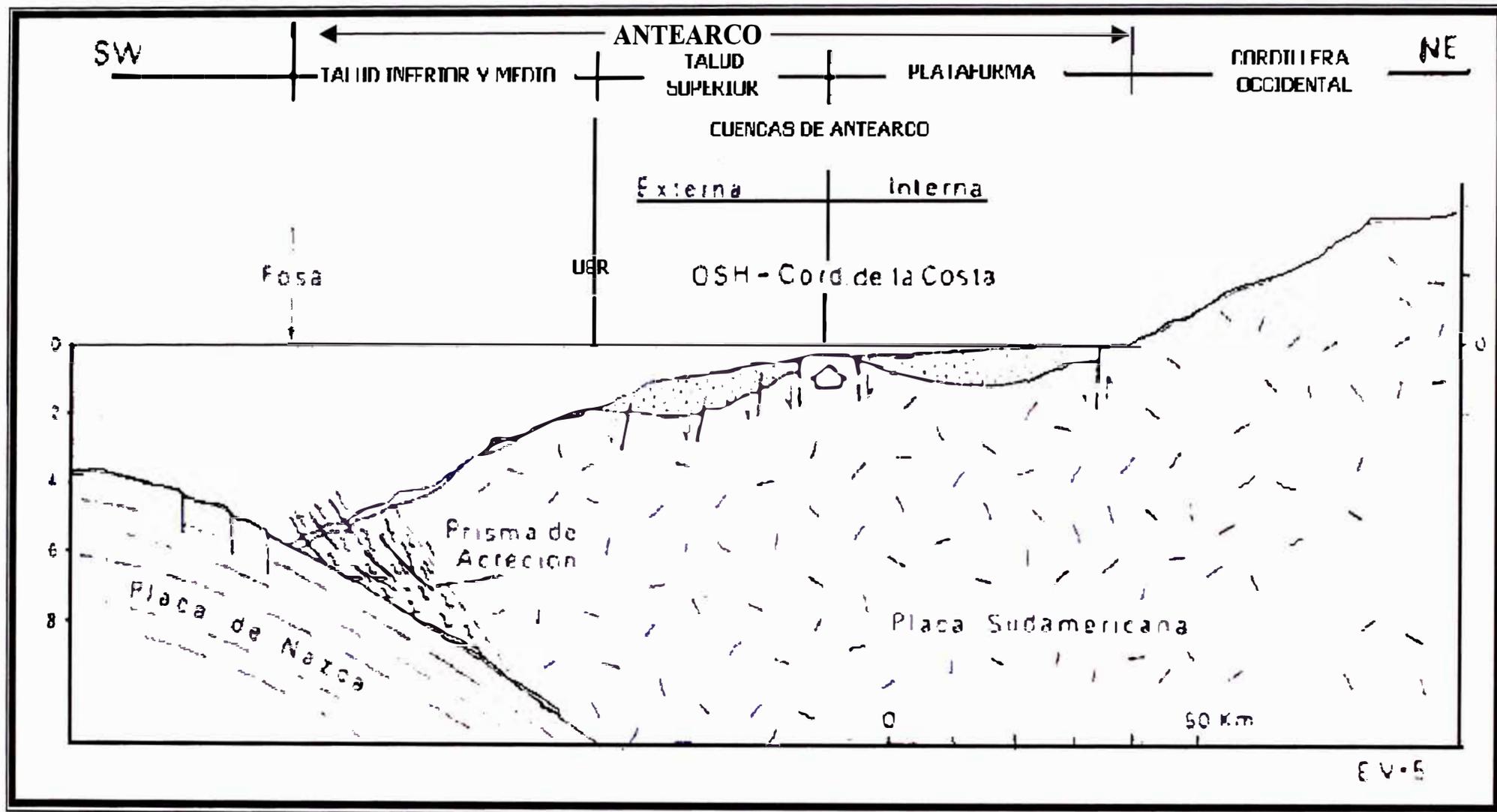


Figura 7-A

1.- El Talud inferior y medio, casi exento de sedimentos y limitado hacia arriba por una ruptura de pendiente llamada umbral de talud superior (USR por Thornburg & Kulm, 1981)

2.- El Talud superior, de relieve más regular en el cual se emplazan las cuencas Talara, Tumbes, Trujillo, Pisco Oeste y Camaná)

3.- Un alto estructural importante separa las cuencas de Antearco externas e internas, este alto está representado por la Cordillera de la Costa. Entre 14° y 6° S se halla sumergido y forma el borde externo de la plataforma continental. Al norte esta estructura reaparece en la costa formando los macizos de Illescas y Paita y se prolonga tierra adentro en los cerros Amotape.

4.- La Plataforma Continental, que es la sede de las cuencas internas (Sechura, Salaverry, Pisco Este y Moquegua).

El límite entre el antearco y la cordillera Occidental está marcado por un fuerte gradiente topográfico, el cual corresponde al borde Oeste de la Cordillera Occidental. Esta cordillera es la sede del arco magmático cenozoico y conforma la parte occidental de los altos Andes cuya altura promedio es 4Km.

La evolución de las cuencas de antearco se inició con una etapa compresiva, causada por la tectónica Andina que se produjo a fines del Cretáceo Superior y que se prolongó hasta el Terciario. Posteriormente sometida a procesos de tensión y compresión, originando movimientos alternados de subsidencia y levantamientos formaron un complejo fallamiento normal e inverso en bloques, permitiendo el desarrollo de numerosas trampas estructurales y estratigráficas de hidrocarburos, originadas como consecuencia de discordancias y cambios

*de facie, asimismo estos movimientos de levantamiento y subsidencia de manera alternada controlaron la sedimentación.*

*El Noroeste peruano puede ser dividido conveniente mente de E a W en las siguientes provincias geológicas según A.G. Fischer 1956 (Figura N° 6-B):*

- 1. **Cordillera Andina:** Que muestra una faja de montañas plegadas, elevadas topográficamente, que exponen rocas del Paleozoico, Mesozoico y Terciario.*
- 2. **Depresiones Para-Andinas:** Una faja de depresiones estructurales y topográficas colocadas entre la cordillera Andina y la zona de macizos Occidentales. Incluye el sinclinorio de Lancones, constituido de rocas cretácicas, y la cuenca terciaria de Sechura que continua hacia el sur como una repisa sumergida.*
- 3. **Zona de Macizos Occidentales:** Una faja arqueada que expone bloques hórsticos de rocas metamórficas e igneas del Paleozoico, separados unos de otros por grábens y hundimientos rellenados con sedimentos del Eoceno superior y más juvenes. Incluye los cerros Amotape, de la Brea y Pariñas, de Paita, y de Illescas, y las islas Lobos de Tierra y de Lobos de Afuera.*
- 4. **Repisa Occidental o Zócalo de la Costa:** La llanura costanera occidental emergida solamante al N de Paita, Esta formado por los tablazos del cuaternario, por sedimentos del Cretácico superior y del Terciario descansando sobre el basamento Paleozoico y caracterizada por fallamiento en bloque intenso.*

*Esta diferenciación geológica fue desarrolla en gran parte durante el Terciario.*

*La zona en la que se encuentra la cuenca Talara comprende de dos provincias geológicas Según Fisher 1956 la de los Macizos occidentales y la del Zócalo de Costa.*

*Los Pilares Tectónicos o levantamientos están relacionados a fallas regionales principales con dirección EW y NE-SW de donde se ha obtenido mayor producción de petróleo en la cuenca. Las estructuras anteriores al fallamiento principal en la cuenca sugieren anticlinales amplios que posteriormente fueron afectados por el fallamiento en bloques. En la actualidad solo se conoce este tipo de estructura de manera muy local en el área de Verdún Alto, Hualtacal y Barrancos. Así Tenemos los principales rasgos estructurales Regionales (Mapa N°5):*

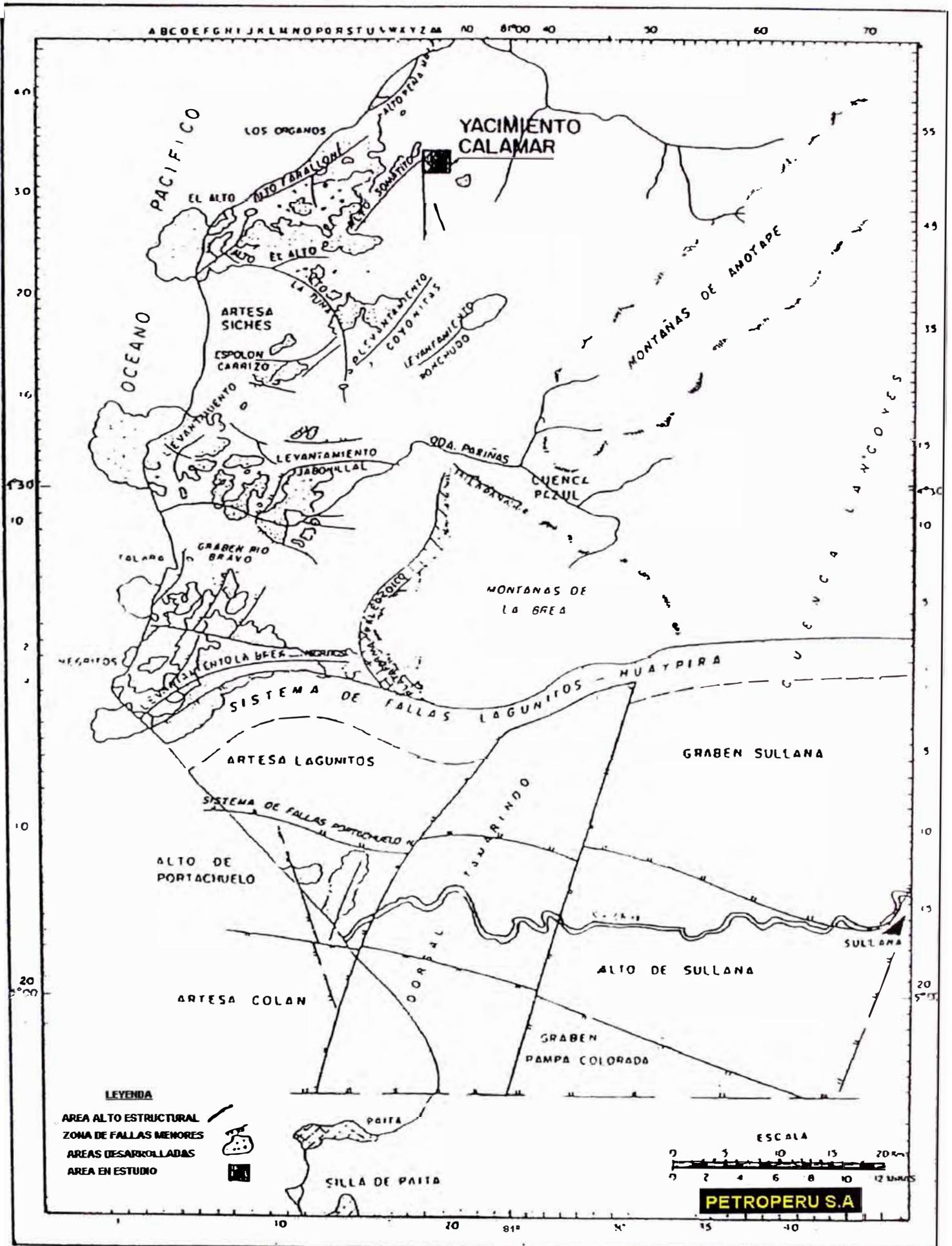
**1° Los Altos estructurales o Levantamientos de Norte a Sur:**

- Levantamiento Alto Somatito*
- Levantamiento de El Alto*
- Levantamiento de Carrizo y La Tuna*
- Levantamiento de Jabonillal*
- El Alto de La Brea y Negritos*

**2° Los Bajos Estructurales o Artesas de Norte a Sur:**

- Artesa de Siches*
- La Fosa de Faiquillal*
- El Graben de la Cruz*
- El Graben de Río Bravo*
- Artesa de Lagunitos*

# MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL - CUENCA TALARA



MAPA N° 5

### **2.3.2 Estilo estructural del Lote V**

*Regionalmente, el Lote V se ubica en el sector Noreste de la cuenca, no se encuentra delimitado estructuralmente, pero ha participado de los diferentes eventos ocurridos en la cuenca Talara, por lo que se le considera del estilo tectónico complejo de la cuenca Talara, el mismo que se caracteriza por el intenso fallamiento, predominantemente de tipo normal producto de esfuerzos tensionales que afectaron a las rocas del Cretáceo y Terciario; estos esfuerzos han condicionado un arreglo estructural a manera de “bloques”. Además fallas del tipo inverso, de menor intensidad que los del tipo normal repiten las formaciones, haciendo atractiva la perforación por estos reservorios.*

*Los objetivos principales desarrollados en el lote V fueron, la Fm. Mogollón (en mayor grado); Ostrea, Echinocyamus y Verdún (en menor grado).*

#### **2.3.2.1 Estructura de la Formación Verdún en el Yacimiento Calamar.**

*Para determinar la estructura de la Formación Verdún en el Yacimiento Calamar, se ha confeccionado un mapa estructural a líneas rectas en el tope del Miembro Verdún inferior y además se han elaborado secciones estructurales, los cuales muestran el estilo de fallas en bloque. El fallamiento es del tipo normal que varía de intenso (350' de salto vertical) a moderado (110' de salto vertical), la forma y tamaño de los bloques guardan relación con la intensidad del fallamiento.*

*A partir del Mapa estructural a líneas rectas (ver mapa N°7) se deduce que el rumbo promedio de los estratos es de N13°E y 11° de buzamiento hacia el Oeste.*

## ***A) Fallamiento***

*Las Figuras N° 8, 9, 10, 11 y 12, muestran las secciones estructurales AA'; BB'; CC'; DD' y EE' respectivamente, puede apreciarse el intenso fallamiento normal, formando un conjunto de bloques.*

*En el Mapa estructural a líneas rectas en el tope del Mb. Verdún inferior (Mapa N°7) puede apreciarse dos sistemas principales de fallamiento:*

*1) Fallas con rumbo general NE-SW y con buzamiento hacia el SE.*

*2) Fallas con rumbo general NW-SE, con buzamiento hacia el NE.*

*Además de un tercer sistema de fallas menores de rumbo promedio N45°W y con buzamiento hacia el NE. Estos sistemas conforman altos y bajos estructurales. Las fallas más importantes que limitan los bloques con probada presencia de petróleo son:*

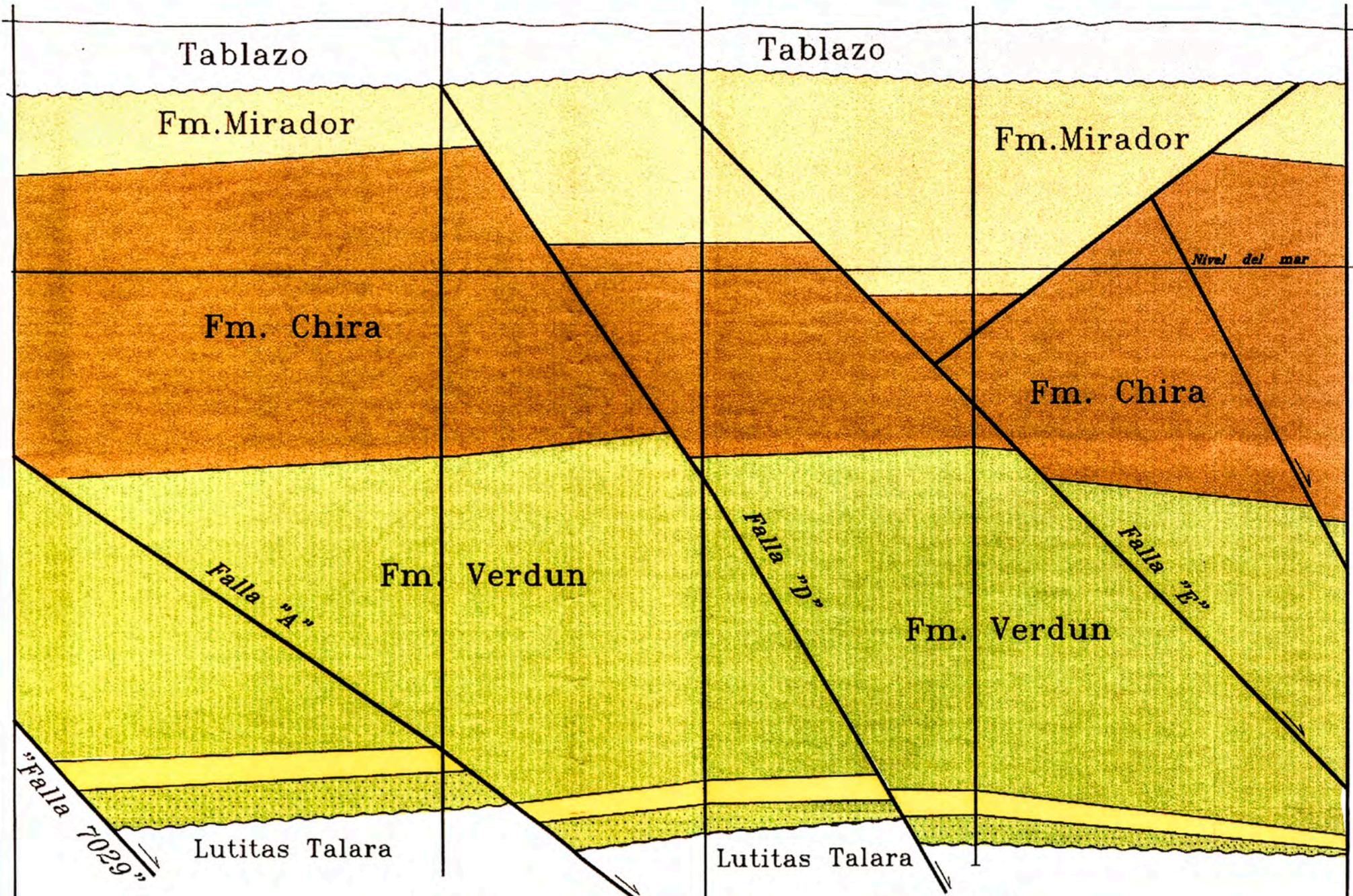
*- Falla "A".- Con rumbo N69°E y 35° de buzamiento hacia el NW, 230' de salto vertical aproximado y es atravesado por el pozo 1533.*

*- Falla "B".- De rumbo aproximado N8°W, buzamiento 43° hacia el NE y salto vertical de 330', atraviesa los pozos 2501 y 2527, esta falla es la responsable de la ausencia de casi todo el Mb. Verdún inferior en el pozo 2527.*

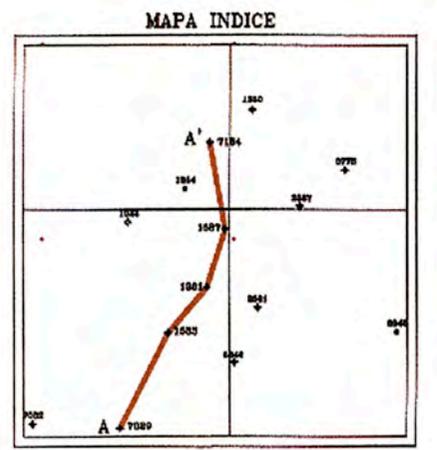
*- Falla "C".- Con rumbo aproximado de N15°E y 64° de buzamiento al SE, 180' de salto vertical y está controlada por los pozos 1361 y 2501.*

*- Falla "I".- De rumbo aproximadamente paralelo al eje NS, de buzamiento 52° al Oeste y salto vertical de 150', cortada por el pozo 5773. Entre las fallas "B" e "I" generan un bloque hundido, este se observa en la sección DD'.*

A 7029 1533 1361 1587 7154 A'



PF: 8750' PF: 3189' PF: 3271' PF: 3187' PF: 8850'



**LEYENDA**

- Conglomerado Basales
- Arenas de transición

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

GMP  
**GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.**

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR  
 Fm. Verdun

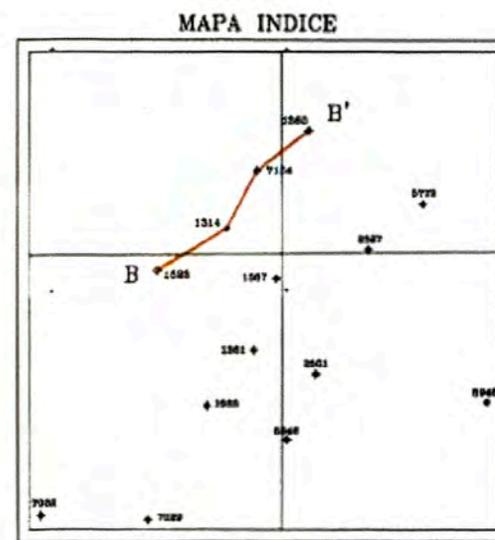
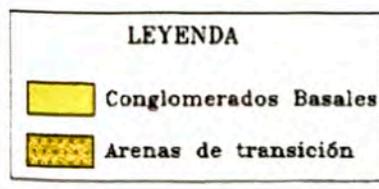
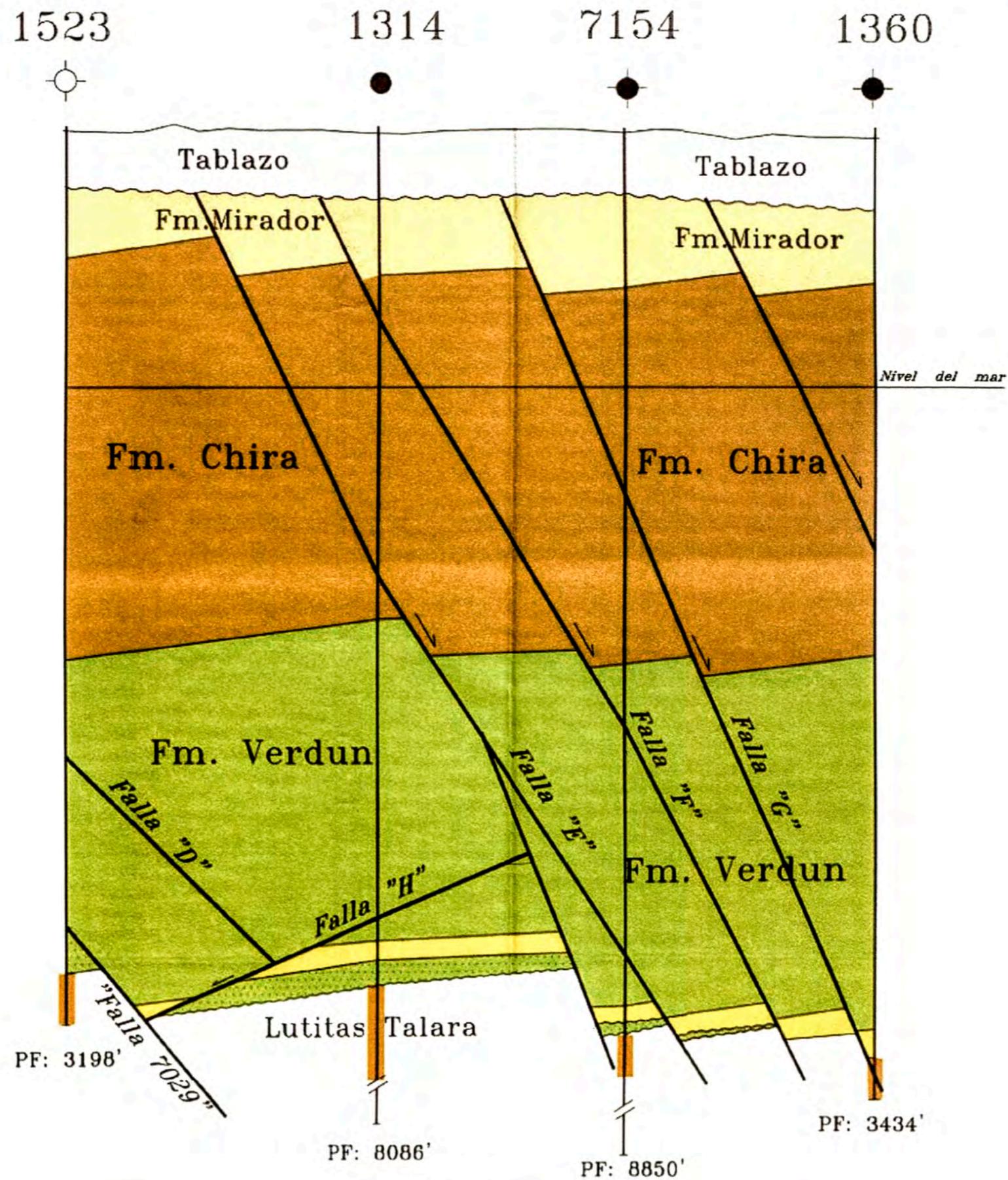
**SECCION ESTRUCTURAL A-A'**

0 100 200 250 m  
 Escala 1: 5000

TESES DE ING. GEOLOGO Fecha: OCTUBRE 1999  
 DOC. PEGGY PERALDO Obra: J. C. T. 8

B

B'



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

**GMP**  
 GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

**LOTE V**  
**YACIMIENTO CALAMAR**  
 Fm. Verdún

**SECCION ESTRUCTURAL B-B'**

Escala 1: 5000

0 100 200 250 m.

TESIS DE ING. GEOLOGO | Fecha: OCTUBRE 1999 | FOLIO N° 9  
 BACH: PEGGY PERALDOZA CHOGQUE | DIBUJO: J. C. T.

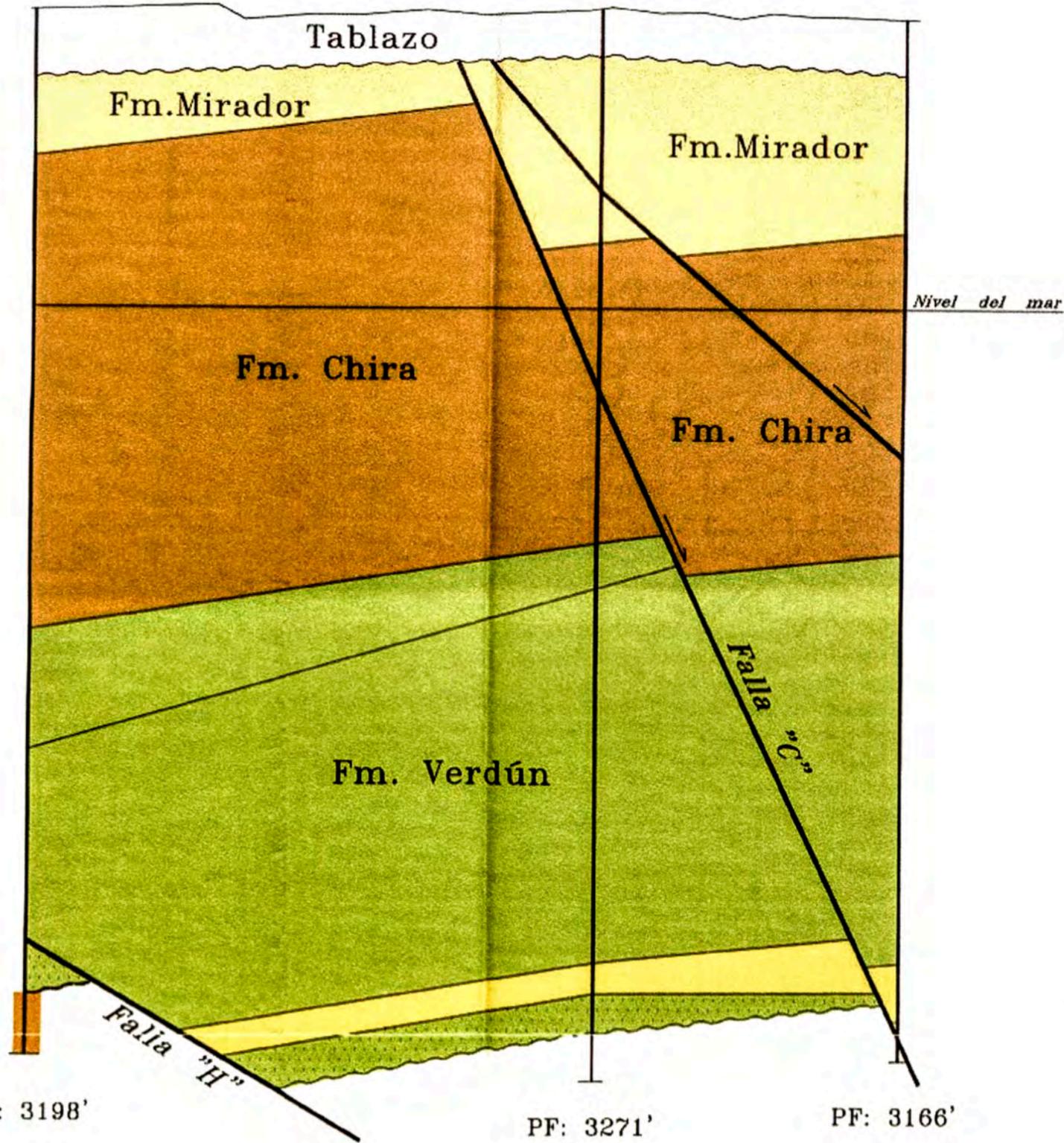
C

1523

1361

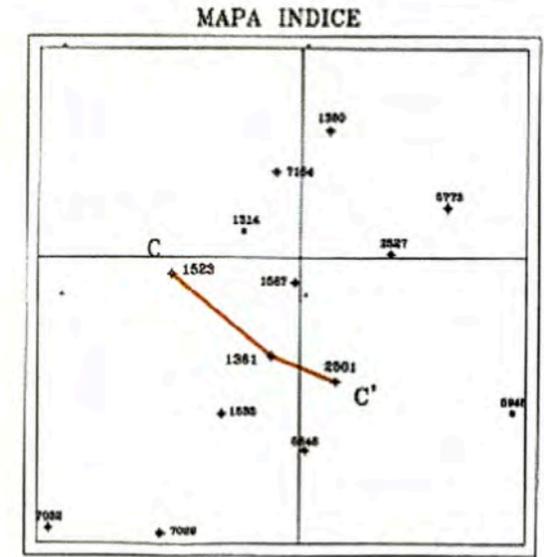
2501

C'



**LEYENDA**

Conglomerados Basales  
 Arenas de transición



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

**GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.**

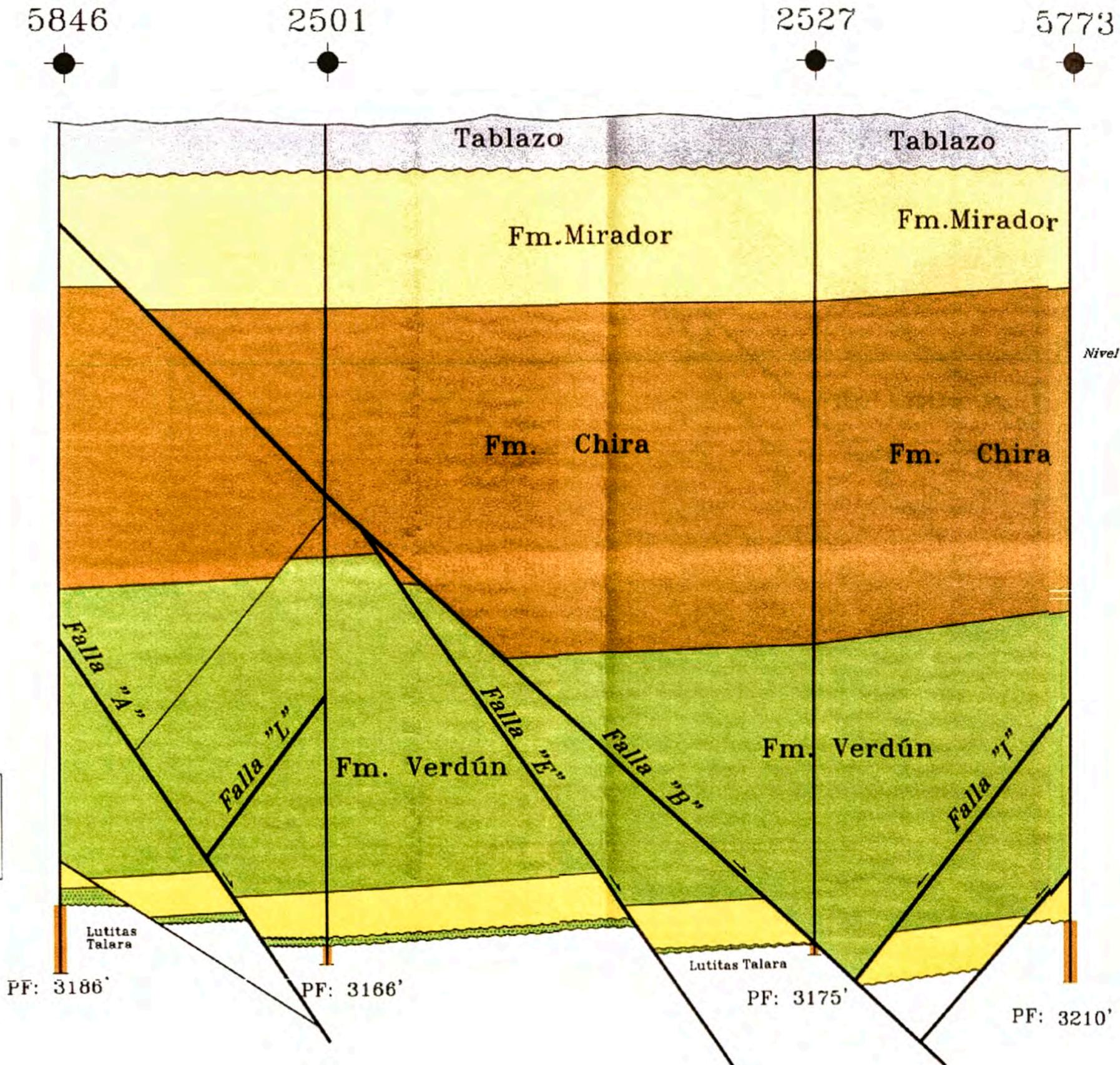
**LOTE V**  
**YACIMIENTO CALAMAR**  
**Fm. Verdún**  
**SECCION ESTRUCTURAL C-C'**

0 100 200 250 m  
 Escala 1: 5000

TESIS DE ING. GEOLÓGICO Fecha: OCTUBRE 1999 Mapa Nº  
 BACH. PEGGY PERALIZA CHOQUE Dibujó: J. C. T. 10

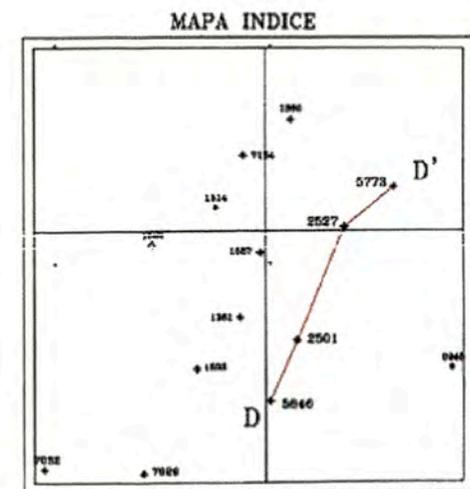
D

D'



**LEYENDA**

|  |                       |
|--|-----------------------|
|  | Conglomerados Basales |
|  | Arenas de transición  |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA y METALURGICA  
ESCUELA DE GEOLOGIA



GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
YACIMIENTO CALAMAR  
Fm. Verdún  
SECCION ESTRUCTURAL D-D'



Escala 1: 5000

|                              |                     |         |
|------------------------------|---------------------|---------|
| TESIS DE ING. GEOLOGO        | Fecha: OCTUBRE 1999 | Hoja N° |
| BACH. PEGGY PERALDZA CHIGGUE | Dibujó: J. C. T.    | 11      |

E

1523



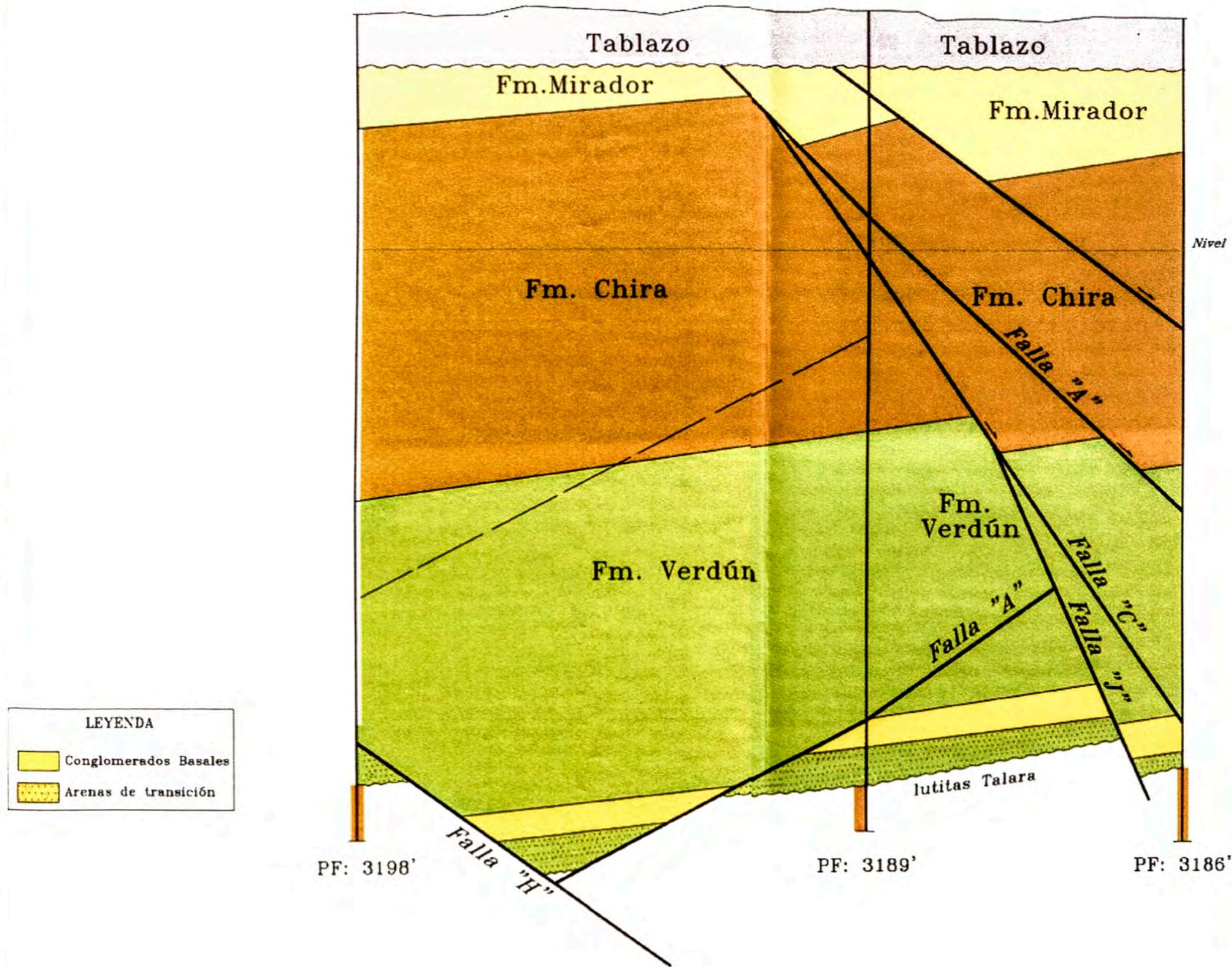
1533



5846



E'

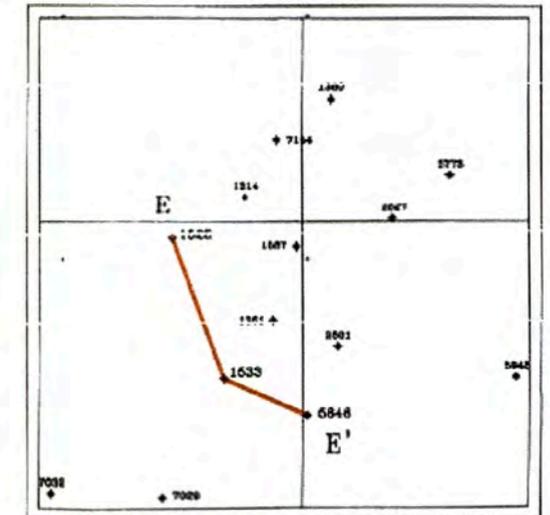


Nivel del mar

## LEYENDA

- Conglomerados Basales
- Arenas de transición

## MAPA INDICE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA



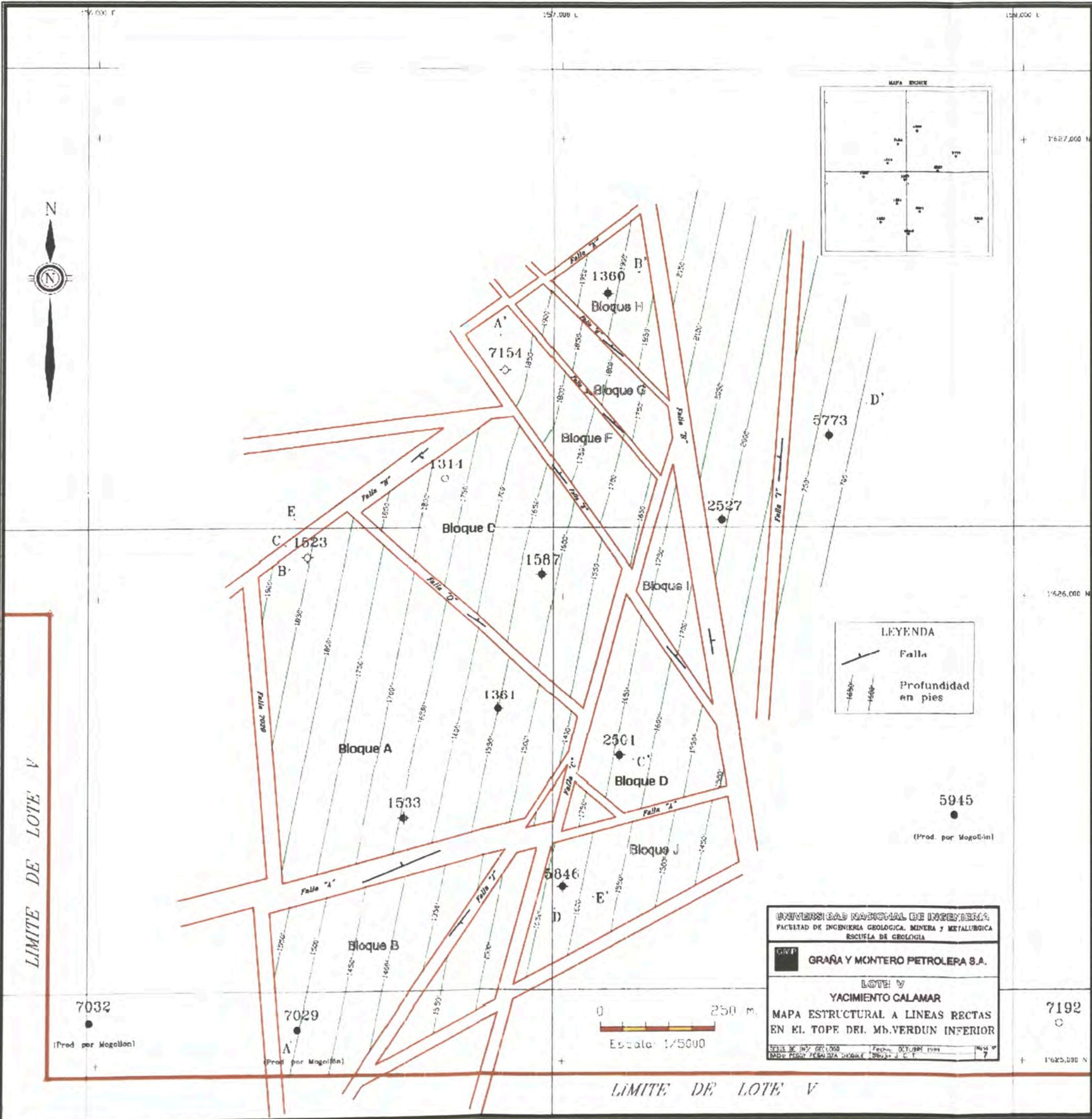
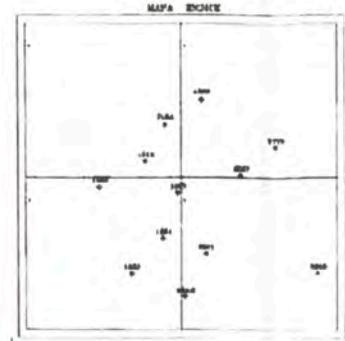
GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR  
 Fm. Verdún  
 SECCION ESTRUCTURAL E-E'

0 100 200 250 m

Escala 1: 5000

TESIS DE ING. GEOLOGO Fecha: OCTUBRE 1999 Mapa N° 12  
 BACH. PEGGY PERALDOZ CHAZQUE Dibujo: J. C. T.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

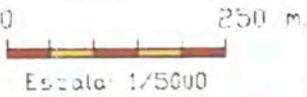
GIMP

GRANA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR

MAPA ESTRUCTURAL A LINEAS RECTAS  
 EN EL TOPE DEL M.V. VERDUN INFERIOR

FECHA DE INV. GEOLÓG. Fecha: OCTUBRE 1999  
 MAPA ESCALA: 1/5000 Escala: 1/5000  
 Hoja 7



5945  
 (Prod. por Mogollón)

7032  
 (Prod. por Mogollón)

7029  
 (Prod. por Mogollón)

7192

LIMITE DE LOTE V

- Sistema de Fallas “D”, “E”, “F” y “G”.- De rumbo NW y 62° de buzamiento al NE, salto vertical promedio de 100’ y cruza por los pozos 1523, 1314, 7154 y 1360. (ver sección estructural)

## **B) Bloques**

*El estudio estructural del yacimiento Calamar, ha permitido la identificación de bloques estructurales, que se encuentran afectando a la Formación Verdún, como se puede observar en el Mapa N°7.*

*Las secciones estructurales en diferentes direcciones y el mapa de contornos estructurales a líneas rectas, levantado en el tope del Mb. Verdún Inferior, muestran que el reservorio está constituido por bloques estructurales delimitados por fallas normales, determinando bloques mayores y menores.*

**Bloques Estructurales Mayores.-** Constituido por los bloques “A”, “C” y “D”.

- Bloque “A”.- Delimitado por las fallas “A”, “H”, “D” y “falla 7029”, se encuentra entre profundidades de -1450’ y -1900’, a este bloque pertenecen los pozos 1523, 1361, 1533.

- Bloque “C”.- Está limitado por las fallas “D”, “C”, “E” y “H”, se encuentra a profundidades que oscilan entre -1550’ y -1850’, en este bloque se ubican los pozos 1314 y 1587.

- Bloque “D”.- Delimitado por las fallas “C”, “B”, la prolongación de la falla “A” y “E”, se encuentra a profundidades de -1500’ que oscilan entre -1500’ y -1690’, en este bloque se localiza el pozo 2501.

**Bloques Estructurales Menores.-** Constituidos por los bloques “F”, “G”, “H” y “J”; el bloque “J” no está limitado en su totalidad debido a que no se tiene más pozos en esa parte del área.

- Bloque "F".- Limitado por las fallas "E", "F" y "C", se encuentra entre profundidades de -1650' a -1900'; y pertenece a este bloque el pozo 7154.
- Bloque "H".- Limitado por las fallas "G", "B" y "K", se encuentra entre profundidades de -1800' y -1990'; y en este bloque se ubica el pozo 1360.

## 2.4 GEOLOGIA HISTORICA

*La secuencia sedimentaria en el área de estudio, esta conformada por mega secuencias cuya evolución y desarrollo se infiere comprende periodos que van desde el Eoceno al reciente, esta secuencia a su vez se encuentra sobre el basamento Paleozoico (Gpo. Amotape).*

*A comienzos del Mesozoico, después del plegamiento y levantamiento producidos por una orogenia del Paleozoico superior (Fase Tardihercinica), el Noroeste del Perú estaba emergido (A.G. Fischer 1956).*

*Este periodo de emersión y a su vez de erosión intensa probablemente fue la causa de la ausencia de sedimentos Cretácicos y Paleocenicos en la columna estratigráfica del área, afectando la erosión hasta el basamento Paleozoico.*

*Posterior a este intenso periodo de erosión Pre-Eocénico, el área entra a un proceso de subsidencia regional a partir del Eoceno inferior condicionando una transgresión marina que va a definir un horizonte arenoso conglomeradico Basal denominado Fm. Trigal <sup>3</sup>, este horizonte solo ha sido encontrado en la región de Carpitas (al norte del Lote V) disminuyendo su espesor hacia el Sur y al Este, en el lote V no se tiene rasgos de la presencia de este horizonte.*

*Con el horizonte arenoso conglomeradico basal se da inicio al primer ciclo deposicional Salina-Palegreda. Al continuar la subsidencia el área ocupaba posiciones de aguas cada vez mas profundas, sedimentándose así una secuencia*

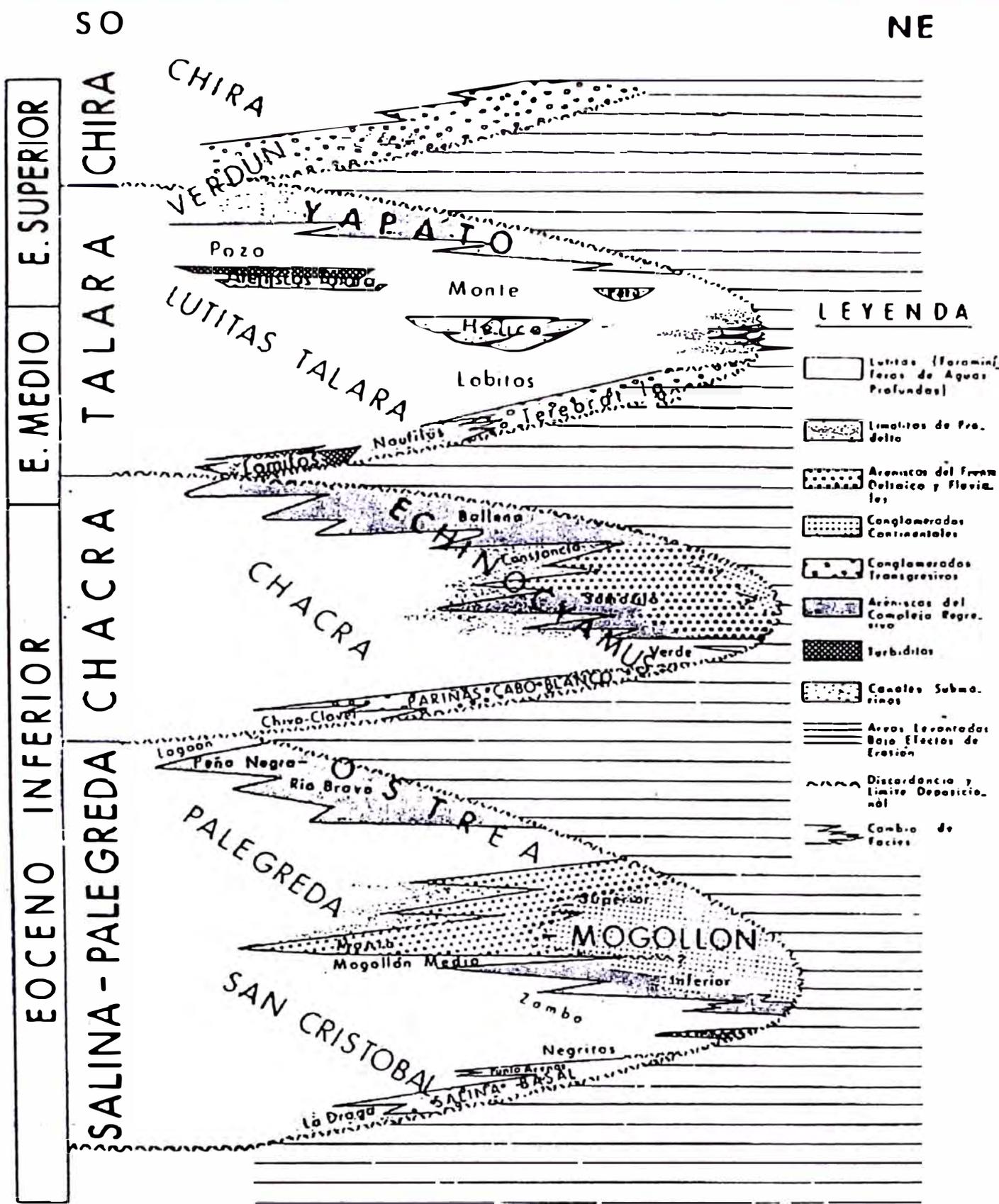
*arcillosa denominada Fm. San Cristóbal cuya deposición termina debido a que el área es sometida a un proceso de emersión creándose condiciones y ambientes de deposición transicionales y continentales en los que predominan sedimentos areno- conglomeradicos y algunos niveles de arcillas, denominándose a esta secuencia Fm. Mogollón.*

*Pequeñas oscilaciones de la cuenca marcan y determinan el régimen sedimentario subsiguiente, así de modo gradual las condiciones hidrodinámicas van definiendo una tendencia deposicional regresiva (granocreciente), la secuencia depositada bajo estas condiciones es conocida como fm. Ostrea.*

*Una fase tectónica de naturaleza muy compleja marca el fin del primer ciclo sedimentario (Ciclo Salina). El segundo ciclo sedimentario, denominado como Ciclo Chacra se inicia con la deposición de una secuencia constituida predominantemente por lutitas de facie de prodelta conocida como Fm. Clavel(Figura N°14). Concordante a la Fm. Clavel, suprayace La Fm. Echinocyamus, con sedimentos de facies fluvio deltaicas a turbidíticas, caracterizado por presentar en la base una unidad areno conglomeradicas de facies fluvial.*

*La sedimentación de la Fm. Echinocyamus culmina con la regresión del mar de Chacra, causada por la emersión, originada por los pulsos iniciales de la fase Inca de la Orogenia Andina, produciéndose además la formación de los Cerros Amotapes, originando como consecuencia una tectónica distensiva hacia el lado Oeste, partiendo del flanco Oeste de la cadena de los Amotapes. Estas originan fallas de orientación NE-SO.*

<sup>3</sup> Victor Sanz, boletín de la Sociedad geológica



PETROLEOS DEL PERU  
EXPLORACION - PRODUCCION

CICLOS DEPOSICIONALES DEL EOCENO EN EL NOROESTE DEL PERU

Ref.: Ciclos de Sedimentación en el Eoceno de la Cuenca Talara; autor: Grover Gonzales

Fig. Nº14

*Posteriormente la Fm. Echinocyamus es parcialmente erosionada y peneplanizada, dando fin al ciclo Chacra.*

*El ciclo Talara se inicia con la sedimentación del conglomerado transgresivo del Mbo. Terebrátula perteneciente a la Fm. Lutitas Talara, la cual suprayace discordante a la Fm. Echinocyamus. Continúa con la deposición de areniscas, intercalando lutitas y limolitas de ambiente marino denominada Fm. Areniscas Talara.*

*La sedimentación del Grupo Talara culmina con la emersión de la cuenca Talara, originada por el levantamiento de los cerros Amotape causada por la Orogenia Andina (Fase Tectónica post Talara), generando una tectónica distensiva desde el flanco Oeste de la cadena de los Amotapes hacia el Este. El Gpo. Talara es erosionado y peneplanizado en los horst o bloques altos del Este y mejor preservado en los grabens hacia el oeste.*

*Sobre una superficie de erosión se inicia la deposición de sedimentos correspondientes al último ciclo sedimentario Eocénico(ciclo Chira-Verdún), este comienza con una transgresión marina, depositándose primero una secuencia conglomerádica a micro conglomerádica, siguiendo luego una secuencia grano decreciente de arenosa a lutácea, de un ambiente deposicional marino somero denominándose a esta como Fm. Verdún, luego pasa a facies de plataforma externa (depositadas en un ambiente marino de Plataforma externa) conformada por sedimentos lutáceos de color gris correspondientes a la Fm. Chira.*

*La sedimentación del ciclo Chira-Verdún culmina con la emersión de la cuenca Talara debido a los pulsos tardíos de la fase Inca (Eoceno) de la orogenia andina (Anales del VII congreso peruano de Geología). Se produce la tectónica distensiva de mayor intensidad identificada en el área, originándose fallas de gran*

*desplazamiento vertical (mas de 1000') tales como la falla Somatito, Zapotal, Siches, etc.*

*En el Noroeste la transición del Eoceno al Oligoceno está marcada por una emersión consecutiva de la cuenca Talara, seguida por un proceso erosivo (evidenciada por la discordancia existente en los conglomerados basales de la Formación Mancora del oligoceno inferior sobre las series del Eoceno superior) y durante el Oligoceno inferior el mar regresa a la cuenca Sechura y parte norte de la cuenca Talara. Posteriormente esta ultima queda emergida durante el Mioceno y Plioceno, originada por pulsos de la fase Quechua1, que caracterizada por sus esfuerzos compresivos, acompañada de fallamiento y levantamiento, condicionaron la no-deposición y/o erosión de sedimentos comprendido en ese periodo, se producen transgresiones y regresiones en el mar que ocupan las cuencas Sechura y Progreso, mientras que la cuenca Talara durante ese tiempo permanece levantada y en ella no hay deposición.*

*Ya en el Pleistoceno, pequeñas oscilaciones condicionaron la deposición de sedimentos a lo largo de la costa Pacifico constituyendo depósitos escalonados en forma de terrazas, constituidos por arenas de playa conocidas como Tablazos.<sup>5</sup>*

---

<sup>5</sup> Libro de Geología del Perú , editado por INGEMMET, 1995

## 2.5 GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

### 2.5.1 Origen del Petróleo

*En el área sobre la cual se encuentra ubicado el yacimiento calamar, no se ha realizado ningún tipo de estudio Geoquímico para determinar el origen del petróleo. Sin embargo, podemos mencionar que un estudio Geoquímico realizado en el año de 1991 por la empresa Sojuskarta, en el área de Carpitás (Lote XIV), ubicado a 18Km. al NE del yacimiento Calamar, a través de una serie de análisis tanto químicos como físico-químicos con muestras de sedimentos, petróleo y detritus de pozo se llegó a que:*

*Con el objeto de definir el grado de madurez de las rocas fueron utilizadas datos de termometría vitrinitica, resultados de pirolisis rock eval y datos sobre el contenido de ácidos húmicos. Dichos datos permiten apreciar el actual grado de madurez de las rocas madres. A fin de reconstruir la historia de su maduración fueron elaborados cronogramas de flexión (Figura N°15). De acuerdo con estos cronogramas se pudo evaluar la historia del hundimiento de las rocas madres y definir el tiempo y la profundidad a las que rocas madres habían alcanzado el grado de madurez indispensable para iniciar la génesis del petróleo (oil window).*

*Según el cronograma de la figura N°15, la ventana de generación del petróleo para la depresión (bajo estructural) Mancora-Seca (sector más próximo al área de estudio), se incluye a las Fms Talara, Echinocyamus y parte superior de la Fm. Ostrea encontrándose el pico de maduración en la Fm. Talara. La situación de dicha ventana en el actual periodo después de la transformación corresponde a las temperaturas de 65° a 125°C y unas profundidades de 1.3 a*

DEPRESSION MANCORA-SECA  
Burial history  
(hypothetical cross-section)

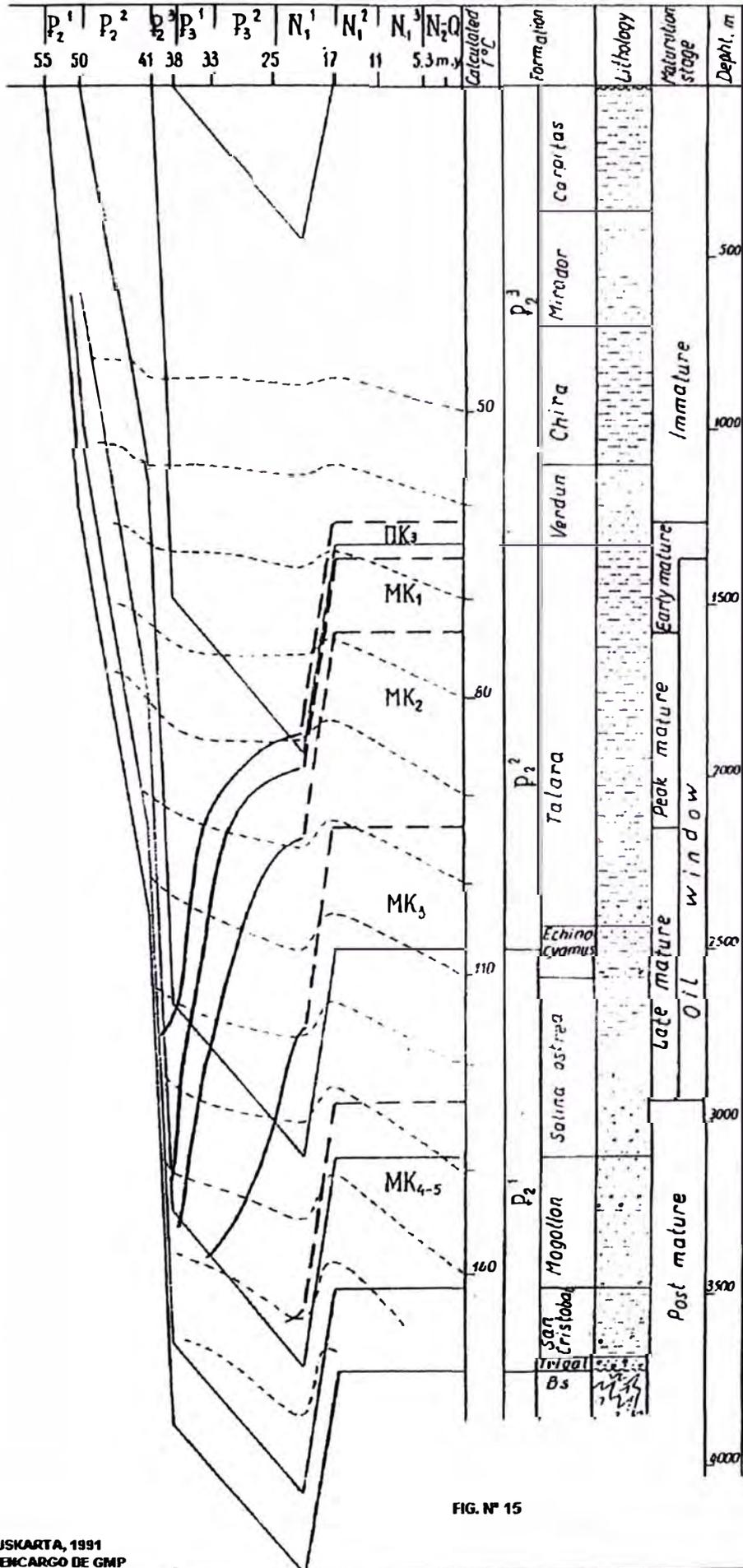


FIG. Nº 15

3.0 Km. Los sedimentos de las formaciones Verdún y Chira no se consideran actualmente maduras, al parecer nunca han sido sumergidos en el área de la ventana petrolífera. Siguiendo el carácter general de desarrollo y la amplitud de los movimientos descendientes podemos decir que solo las formaciones Salina y Ostrea serían capaces de pasar a la categoría de maduras.

El potencial de generación de las rocas madres de la región investigada no es alto, dichas rocas se caracterizan por poseer una cantidad relativamente baja de componentes bituminosos.

### **2.5.2 Roca reservorio:**

En general una roca reservorio es una roca capaz de almacenar y a su vez dejar producir fluidos que contengan a través de los pozos.

Las rocas reservorios y que son los objetivos principales desarrollados en el lote V, son las formaciones Mogollón (en mayor escala), Ostrea, Echinocyamus y Verdún (en menor proporción), cada uno de ellos con características propias. El reservorio Verdún, dividido en tres miembros (Inferior, medio y superior), tiene como único miembro productor de petróleo debido a las características litológicas favorables como reservorio al Mb. Verdún Inferior.

### **2.5.3 Migración**

Para que los hidrocarburos puedan ser almacenados en la roca esta debe poseer porosidad, para que se le considere buena su porcentaje debe variar entre 15 –20%, además para que exista migración y/o el petróleo fluya y poder ser extraído con mayor facilidad, esta roca además debe poseer permeabilidad, es decir debe existir conexión entre poros de la roca, ya que la migración se realiza a través de una roca permeable. Se habla de migración primaria, cuando el petróleo se mueve a través de la roca madre (lutita o caliza, etc), este

*movimiento puede ser muy corto y migración secundaria cuando se realiza a nivel de roca reservorio (areniscas, principalmente) y la migración continua a hasta quedar atrapados los hidrocarburos.*

*Los Hidrocarburos contenidos dentro de las rocas madres migraron lateralmente hacia altos estructurales que en principio estaban conformados por pliegues amplios y de bajo relieve. Este tipo de estructuras fue la que captó al principio la migración de los hidrocarburos, que probablemente fue interrumpido por el intenso fallamiento producido por los diferentes procesos tectónicos, modificando por completo las estructuras originales y como resultado el petróleo fue atrapado y preservado en bloques fallados, así mismo otras fallas dieron origen a una migración secundaria, ya que los hidrocarburos afectados por la gran presión litostática causan la movilidad de fluidos a zonas de menor presión, originando migración lateral y vertical\*.*

*En secciones descritas por Alfredo Pardo (1993) de afloramientos de la Fm. Verdún en la zona de Carpitás – Zorritos, observó que los lechos de areniscas con estratificación laminar oblicua de mediana a gran escala (en festones y tabular), tienen direcciones de aportes por corrientes, en general del NE al SO, por lo que se estima que la tendencia principal de la permeabilidad horizontal de las rocas reservorio también debe corresponder a esta dirección.*

#### **2.5.4 Entrampe**

*En el Yacimiento Calamar, así como en otros yacimientos que pertenecen a la cuenca Talara, han preservado el petróleo atrapado en las diferentes Formaciones productivas debido a la efectividad de las rocas sello, que son de escasa permeabilidad, generalmente secuencias lutáceas arcillosas. En general*

---

\* Estudio geoquímico realizado por la empresa Zojuzkarta-GMP (1988)

*las trampas que han permitido el almacenamiento de los hidrocarburos en el área son una combinación de trampas del tipo estructurales y estratigráficas. Como sabemos sobreyaciendo a la formación Verdún estan las lutitas de la Formación Chira e infrayaciendo las Lutitas Talara, ambas actuan como capas impermeables impidiendo el desplazamiento de los hidrocarburos, es decir cumplen el papel de trampas estratigráficas y hacia los laterales tenemos planos de falla, producto de los diferentes eventos tectónicos ocurridos en el área, que impiden el desplazamiento horizontal actuando como trampas estructurales.*

## CAPITULO III

### **SEDIMENTOLOGIA DE LA FORMACIÓN VERDUN**

#### **3.1 GENERALIDADES**

*Los sedimentos de la cuenca Talara han sido depositados a través de varios ciclos deposicionales, que han comprendido periodos de transgresión y regresión marina en el Cretáceo y Terciario.*

*Las secuencias del Eoceno, muestran una alternancia de ciclos sedimentarios entre transgresiones y regresiones, conformadas por unidades Lito-Estratigráficas; sus contactos son en algunos casos gradacionales y en otros mostrando una discordancia erosiva y/o angular.*

*En el Lote V la Fm. Verdún, forma parte del Grupo Lagunitos, donde sobreyace discordante a la Fm. Lutitas Talara del Gpo. Talara e infrayace a las lutitas de la Formación Chira, este contacto es gradacional, como se mencionó en la parte estratigráfica, las areniscas superiores de la Fm. Verdún pasan gradualmente a Lutitas de la Fm. Chira.*

*La evaluación de la Fm. Verdún como parte del Gpo. Lagunitos, se ha basado en la interpretación y correlación de sus miembros en el área de estudio.*

*Pasamos a detallar la litología, espesor y mineralogía de la Fm. Verdún que nos servirá como parámetros para la determinación de su medio ambiente deposicional dentro del Lote V y la cuenca Talara.*

#### **3.2 LITOLOGÍA**

*Litológicamente la Fm. Verdún se ha dividido en tres Miembros, para ello se ha confeccionado el Registro Eléctrico Compilado de Verdún (Figura N°16) con el propósito de tener un registro Tipo que nos dé una idea exacta de las características de todo el paquete Verdún en el área.*

*En base a la información disponible del subsuelo como son los registros eléctricos, litológicos y de afloramiento, la Formación Verdún puede ser subdividida en tres miembros de la siguiente manera:*

| <b>MIEMBRO</b>      | <b>SUBMIEMBRO</b>                      | <b>ESPESOR(prom.)</b> |
|---------------------|--|-----------------------|
| <b>Mb. SUPERIOR</b> | "Secuencia Lutácea"                    | 430'                  |
| <b>Mb. MEDIO</b>    | "Secuencia Limolítica"                 | 500'                  |
| <b>Mb. INFERIOR</b> | "Secuencia arenisco- limo – arcillosa" | 100'                  |
|                     | "Capa Limo arcillosa"                  | 180'                  |
|                     | "Areniscas y Conglomerados básales"    | 220'                  |
|                     | "Areniscas de Transición"              | 50'                   |

*Cada miembro ha podido ser diferenciado con la curva de resistividad eléctrica y por la litología, de los cuales, el miembro inferior es él más importante por constituir el reservorio productor de petróleo (ver registro compilado de la Fm. Verdún), por lo tanto es preciso anotar que la presente Tesis esta basada en el Mb. Verdún Inferior.*

**Verdún Superior:** *Infrayace concordante a la Fm. Chira. Presenta un espesor promedio de 420', esta constituido de una secuencia de Lutitas de color marrón grisáceo. El tope de la formación Verdún esta caracterizado por un nivel de areniscas grises de aproximadamente 30' pies de espesor.*

**Verdún Medio:** *Con un espesor promedio de 550', esta conformada principalmente por una secuencia de limolitas y areniscas de grano fino, subredondeadas, calcáreo, friable, micromicacea.*

**Verdún Inferior:** *Con un espesor promedio de 550' y esta conformada por tres capas o secuencias bien definidas:*

**Secuencia Arenisco – Limo – Arcillosa:** Con un espesor promedio de 100', constituido principalmente por areniscas de grano fino con intercalaciones de limolitas.

Presenta abundante *Lepidocyclina*, microfósil característico de la Formación Verdún, estas arenas han aportado una pequeña producción de crudo (como los obtenidos de los pozos 1360, 5773 y 2501 que han sido abiertos)

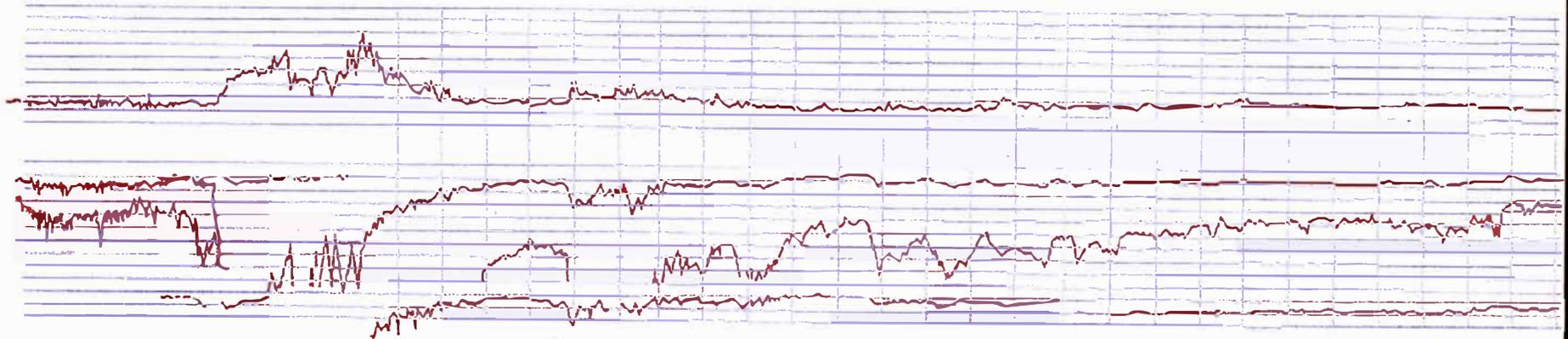
**Capa Limo - Arcillosa:** Con 180' de espesor promedio, sobreyace a las areniscas y conglomerados basales de la capa Basal. Esta constituido de limolitas y lutitas de color marrón grisáceo con esporádicas intercalaciones de areniscas.

**Areniscas y Conglomerados Basales:** De aproximadamente 220' de espesor, sobreyace discordante a la Fm. Lutitas Talara. Esta constituida de una secuencia de conglomerados, micro-conglomerados y areniscas de grano grueso a medio, subredondeados, intercalados con delgados niveles de limolitas y lutitas; distribuidas en un canal de orientación NS.

Esta secuencia presenta una gradación granulométrica grano - decreciente de la base al tope y lateralmente hacia el E y W de conglomerado – arenisca – lutita, que se han depositado en el marco de un régimen hidrodinámico transgresivo, mostrándose como reservorio productivo solo en las areniscas gruesas y conglomerados.

**Areniscas de Transición:** De aproximadamente 40' de espesor promedio, se presenta de forma esporádica dentro del yacimiento Calamar y esta constituida de areniscas arcillosas, arenas de grano medio a fino, esta secuencia de areniscas ha sido incluida como parte de la Formación Verdún debido a que sus características litológicas se asemejan más a esta Formación y se diferencian de la Formación Lutitas Talara tanto litológica como paleontológicamente.

| Fm. VERDUN              |                    |                     |                                    |           |              |
|-------------------------|--------------------|---------------------|------------------------------------|-----------|--------------|
| Mb. Inferior            |                    |                     |                                    | Mb. Medio | Mb. Superior |
| areniscas de transición | Conglomerado Basal | Capa Limo-arcillosa | Secuencia arenisco -limo arcillosa |           |              |
| 100'                    | 200'               | 200'                | 120'                               | 500'      | 420'         |



|           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| POZO 2501 | POZO 2501 | POZO 5773 | POZO 1360 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|

UNIVERSIDAD GUATEMALA DEL QUINCE  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERAL Y PETROLERA  
 ESCUELA DE GEOLÓGIA

**GMP**  
**GRASA Y MONTERO PETROLERA S.A.**

LECTURAS Y  
**VACIAMIENTO CALUMAR**  
 Fm. Verdún

**REGISTRO ELECTRICO COMPLETADO**

FECHA: 17 DE AGOSTO DE 1999  
 POR: ING. GEOL. GUATEMALA DEL QUINCE  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA

16

### 3.2.1 Secciones Estratigráficas:

*Las correlaciones estratigráficas se han realizado comparando la Litología y las curvas de resistividad y potencial espontáneo de los registros eléctricos de pozos, en los cuales se ha podido determinar los cambios litológicos y de espesores diferenciándose claramente la base y el tope.*

*Las secciones estratigráficas están referidas al tope del Mb. Verdún Inferior, ya que este está bien diferenciado en todos los registros de pozos.*

*La sección **PP'** (fig.Nº17) atraviesa todo el yacimiento en forma longitudinal, tiene una orientación SW-NE y nos muestra como las areniscas y conglomerados basales van disminuyendo granulométricamente y ligeramente en espesor de NE a SW, esto podría indicar un aporte por corrientes marinas en este sentido, es decir la trasgresión marina pudo haberse dado en esa dirección, ya que como podemos apreciar de la sección PP', según el mar fue profundizando los sedimentos hacia el NE se van haciendo cada vez mas finos (Verdún Medio), comprobando que esta área iba hundiéndose más y hacia el SW se hace mas arenoso. Hacia la parte superior (Verdún Superior) podemos decir que la secuencia se hace mas lutácea, es decir se incrementan los finos, indicando mares cada vez mas profundos.*

*En la sección estratigráfica **QQ'** (fig.Nº18) al igual que en la sección anterior de orientación SW-NE, se puede apreciar el incremento de areniscas y conglomerados hacia el NE como el visto en el Pozo 5773, confirmando lo dicho en la sección anterior.*

*La sección **RR'** (Fig. Nº19) es una transversal a las secciones **PP'** y **QQ'**, tiene una orientación SE-NW, en la cual se puede observar que en esa dirección las arenas y conglomerados basales se hacen cada vez mas finos y a su vez disminuyen en espesor, esto podría indicar que la dirección de la fuente de aportes*

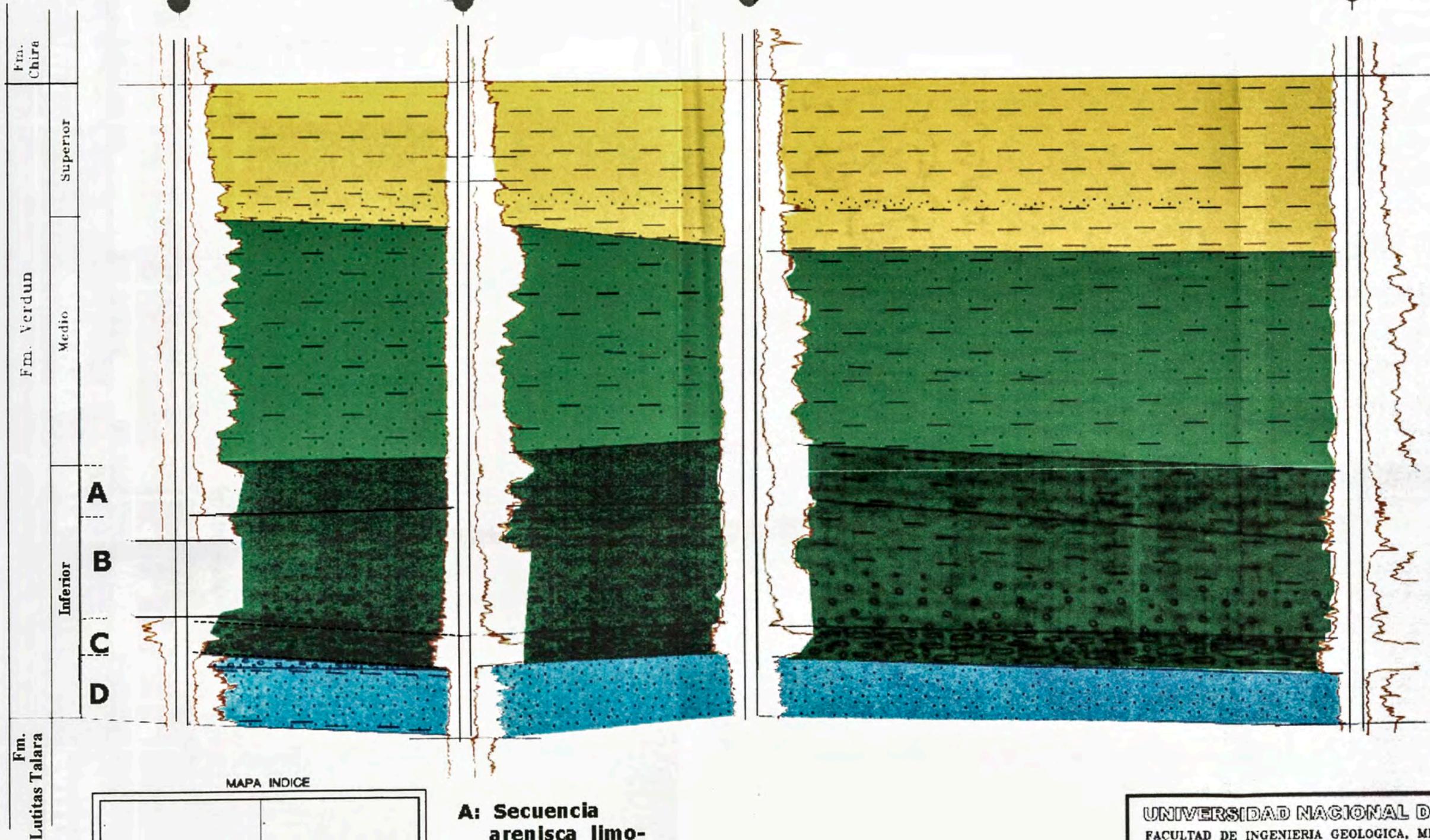
**P**

1533

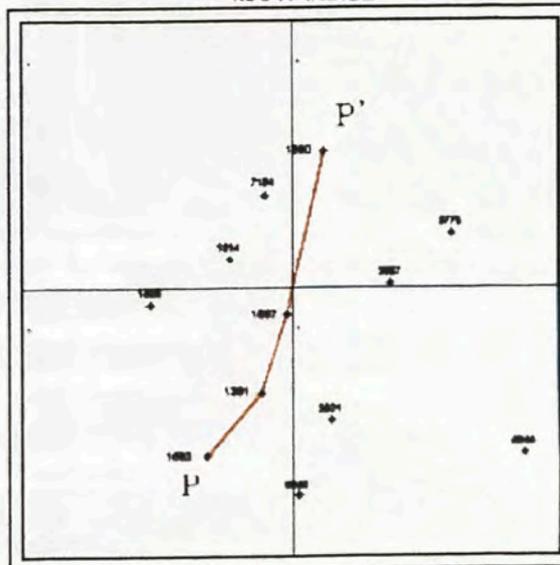
1361

1587

1360

**P'**

MAPA INDICE



- A: Secuencia arenisca limo-arcillosa**
- B: Capa limo-arcillosa**
- C: Areniscas y congl. basales**
- D: Areniscas de transición**



Escala : 1/5000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA y METALURGICA  
ESCUELA DE GEOLOGIA

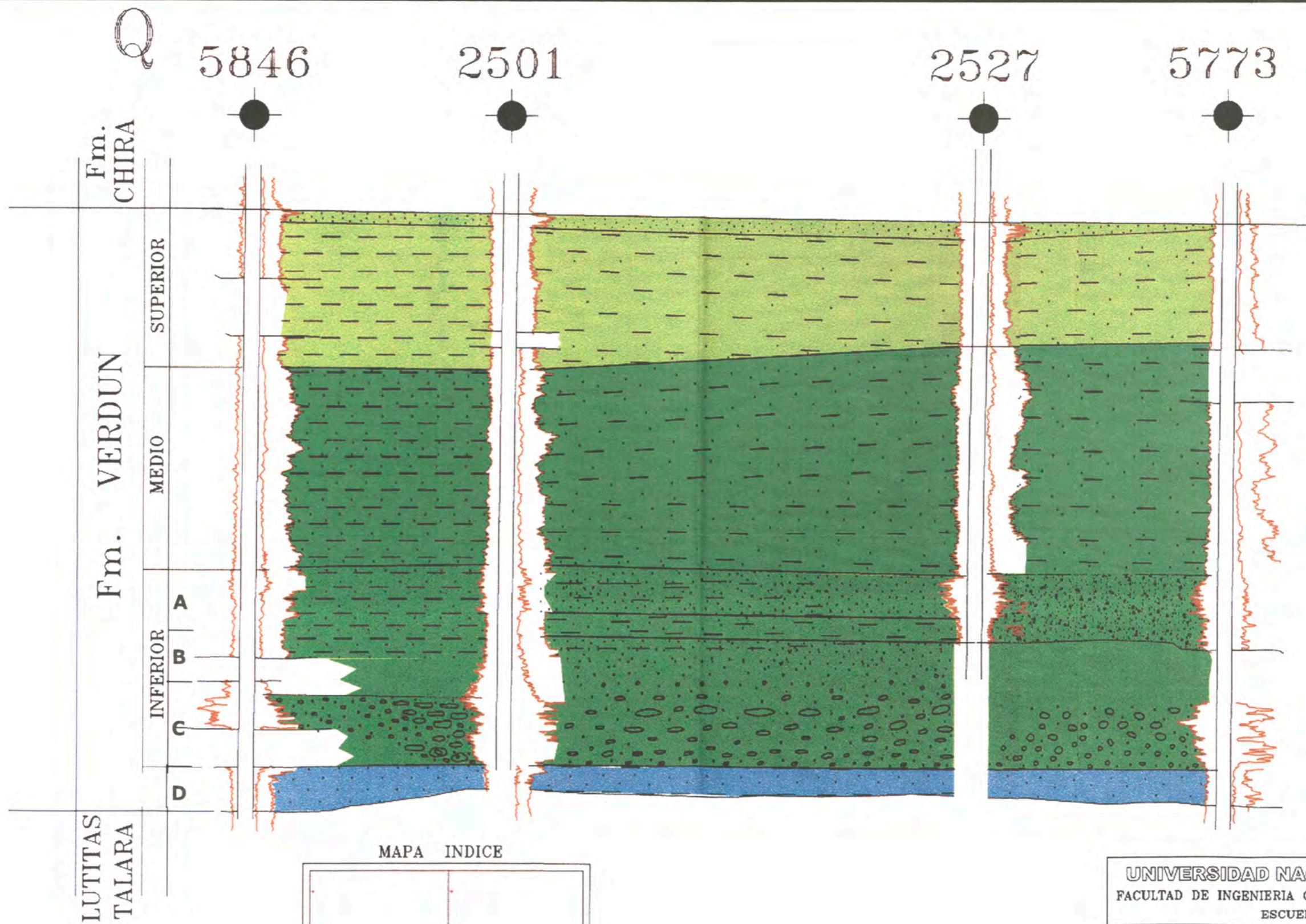


GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

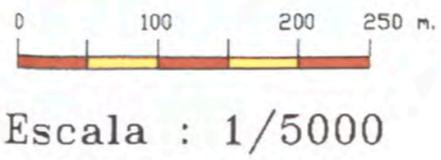
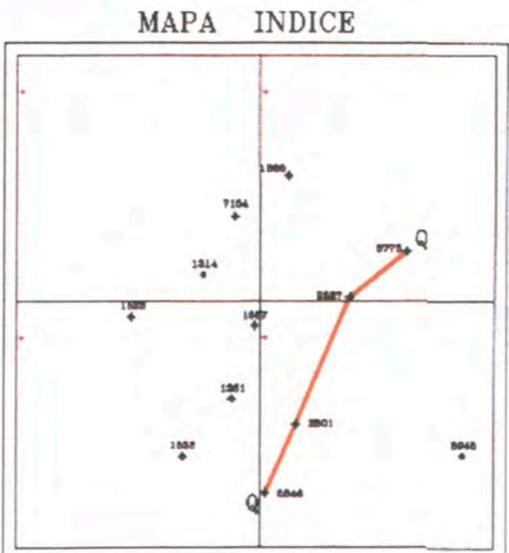
LOTE V  
YACIMIENTO CALAMAR  
Fm. Verdún

SECCION ESTRATIGRAFICA P-P'

TESIS DE ING. GEOLOGO Fecha: DICIEMBRE 1995 No. 17  
RACH: PEGGY PERAL OZA CHOQUE Rev. por: J.C.T.



- A: Secuencia arenisca limo-arcillosa
- B: Capa limo-arcillosa
- C: Areniscas y congl. basales
- D: Areniscas de transición



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

**GMP** GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR  
 Fm. Verdún  
 SECCION ESTRATIGRAFICA Q-Q'

|                            |                        |         |
|----------------------------|------------------------|---------|
| TESIS DE ING. GEOLOGO      | Fecha: SEPTIEMBRE 1999 | Mapa N° |
| BACH. PEGGY PERALZA CHOQUE | Dibujó: J.C.T.         | 18      |

R

R'

1314

1587

2501

5945

Fm. CHIRA

SUPERIOR

Fm. VERDUN

MEDIO

Fm. VERDUN

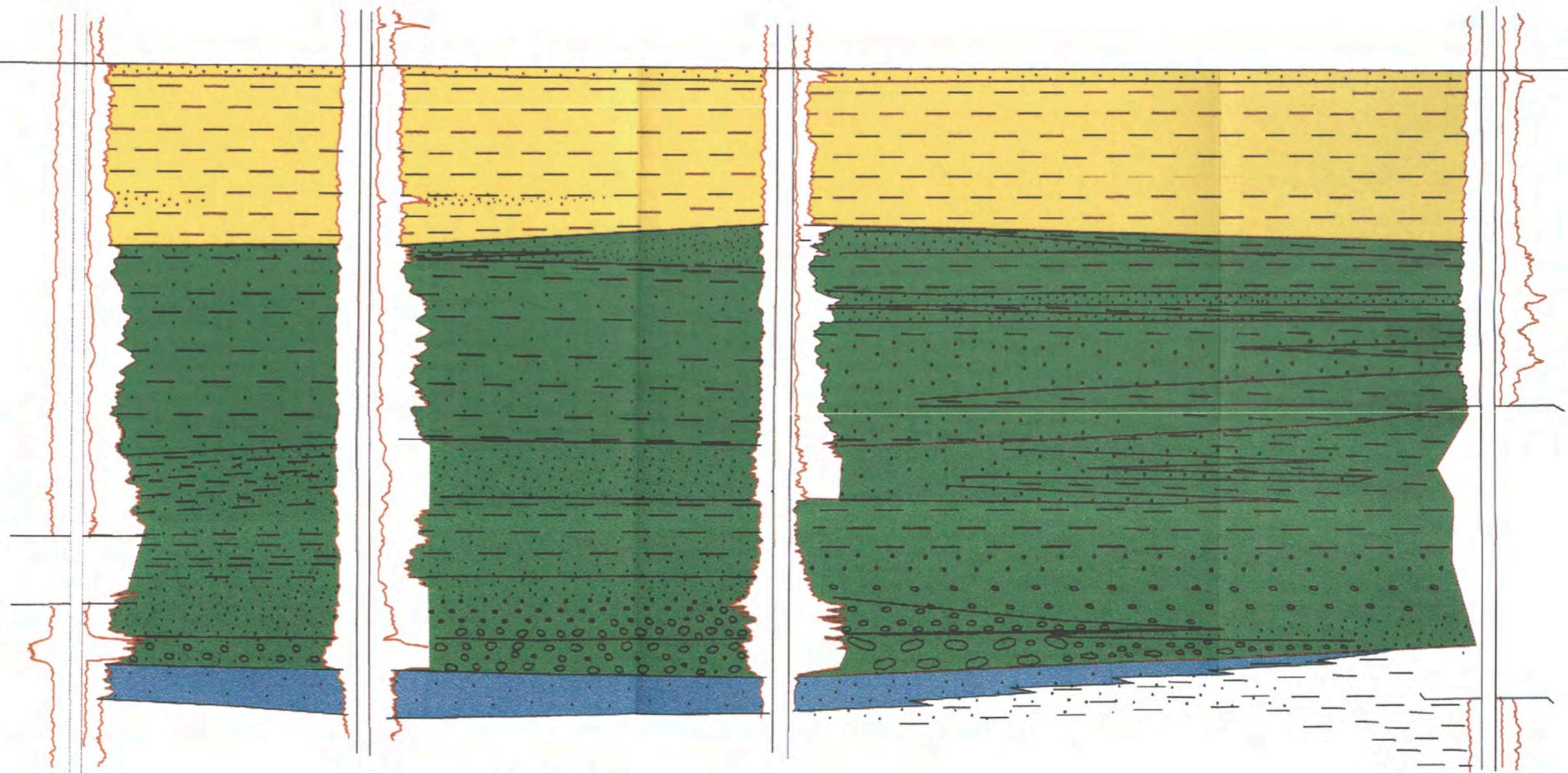
A

B

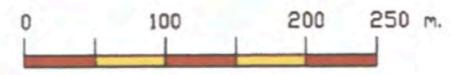
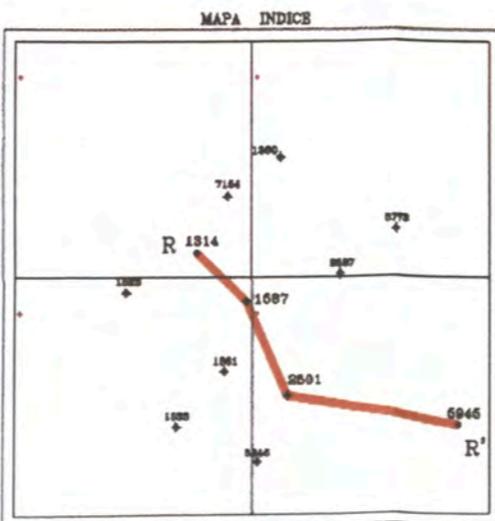
C

D

Fm. lutitas Talara



- A: Secuencia arenisca limo-arcillosa
- B: Capa limo-arcillosa
- C: Areniscas y congl. basales
- D: Areniscas de transición



Escala : 1/5000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

GMP GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR  
 Fm. Verdun  
 SECCION ESTRATIGRAFICA R-R'

TESIS DE ING. GEOLOGO Fecha: OCTUBRE 1999 Mapa N° 10  
 RACH: PEGGY PERALTA CHORQUE Dibujos: J.C.T.

*provendría en ese sentido, pudiendo ser este Los Cerros Amotapes. Hacia el Verdún Intermedio y Superior la secuencia sedimentaria tiende a hacerse de limolítica a lutácea es decir se incrementan los finos, indicando que el ingreso del mar fue cada vez mayor.*

*El extremo SE (pozo 5945) no ha podido diferenciarse con exactitud debido a que fue afectada por un intenso fallamiento arrasando con todo el Verdún inferior.*

*Estas secciones en general han servido para el reconocimiento de la formación Verdún tanto vertical y horizontalmente.*

*Analizando las secciones estratigráficas, podríamos inferir además que el desarrollo del reservorio podría orientarse hacia la parte norte, siguiendo el eje longitudinal N-S y luego hacia el NE de Calamar, ya que esta secuencia muestra un notable cambio hacia el Oeste, donde se registra un incremento del contenido de finos, siendo que en esta misma dirección el espesor total crece, “por lo tanto se podría inferir que es muy probable que exista una barrera de permeabilidad en la dirección en donde se incrementan los finos”*

*Para la formación Verdún los sedimentos son muchos mas gruesos hacia la fuente de aportes, en este caso la fuente de aporte serian los cerros de Amotape como se mencionó anteriormente y hacia el NW los sedimentos se hacen mas finos, mas marino propiamente dicho.*

*“Los pobres resultados de producción y los altos valores de presiones de ruptura aplicadas en los trabajos de estimulación nos confirman esto”. El desarrollo hacia el Sur presenta riesgo estructural y altas saturaciones de agua.*

### 3.3 ESPESOR

*Para poder determinar el espesor de la Fm. Verdún, se ha elaborado un registro eléctrico compilado, que viene a ser una restauración del espesor total de la Formación objetivo antes del fallamiento. Debido a que ningún pozo en el área muestra una sección completa, se confecciono este registro integrando la siguiente información de la base al techo:*

- \* Miembro Inferior: Se tiene un espesor de 620' reconocido y medido en el Pozo 2501.*
- \* Miembro Medio: Se ha medido un espesor de 500' diferenciado y medido en el registro eléctrico del pozo 5773.*
- \* Miembro Superior: Se tiene un espesor de 420' medido en el registro electrico del pozo 1360.*

*El espesor total de la Fm. Verdún después de la reconstrucción es de 1540' (ver registro compilado).*

#### 3.3.1 Mapa Isocore:

*Este mapa ha sido confeccionado mediante la interpolación de los espesores del Mb. inferior de la Formación Verdún, por ser de mayor interés, estos espesores han sido medidos de los registros eléctricos de cada pozo.*

*Este mapa muestra mediante curvas isovalóricas los diferentes espesores del Mb. Verdún Inferior que han sido atravesados por los pozos, para la confección de este mapa no se ha considerado correcciones por buzamiento, fallamiento, etc.*

*Del mapa Isocore (Mapa N°8) elaborado al tope del Mbo Inferior de la Fm. Verdún, se puede apreciar que el reservorio tiene una forma alargada, característica de los depósitos de canal. además los mayores espesores alcanzados se encuentran localizados y distribuidos a lo largo del eje NE-SW del Yacimiento Calamar.*

136,000 E

137,000 E

138,000 E

+

+

1'627,000 N

N



1360

490'

7154

380'

5773

370'

1314

270'

2527

190'

220'

1523

80'

1587

550'

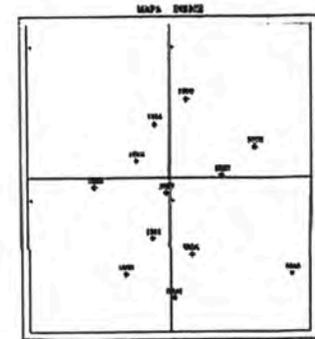
1'626,000 N

1361

510'

2501

520'



1533

290'

5945

(Prod. por Magollón)

5846

340'

LEYENDA

510' Espesor del Mb. Verdún Inferior

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
ESCUELA DE GEOLOGIA



GRAÑA Y MONTERO PETROLERA SA.

LOTE V

YACIMIENTO CALAMAR

ISOCORE

Mb. INFERIOR de la Fm. VERDUN

7032

(Prod. por Magollón)

7029

(Prod. por Magollón)



Escala: 1/5000

ELAB. DE DISEÑO: [ ] DISEÑO: [ ] REVISOR: [ ] APROBADO: [ ]  
FECHA: [ ] ESCALA: [ ] HOJA N° [ ] DE [ ]

7192

0

1'625,000 N

LIMITE DE LOTE V

LIMITE DE LOTE V

*Estos mayores espesores han sido medidos en registros de los pozos 1587, 1361 y 2501, y los menores en los pozos 1523, 5945 y en el pozo 2527 debido que fue afectado por fallamiento.*

*Los espesores del Miembro Verdún inferior están indicados en el Cuadro N°2.*

### **3.4 Mineralogía:**

*Según los estudios realizados en el Lote XIV por la empresa Sojuzkarta para la Cía. GMP S.A y comparándolos paralelamente con los registros litológicos del área, se han podido diferenciar para la Formación Verdún, de modo general, los siguientes minerales:*

*Las areniscas de esta Formación son de dos variedades: las polimicticas de grauwaca y las polimicticas cuarzosas que son las que predominan. El papel esencial lo desempeñan los fragmentos de la masa principal de las rocas efusivas de composición básica y media (ferrificadas, cloritizadas y carbonatizadas) y de feldespatos entre los que se encuentran plagioclasa de composición media, así como oligoclasa y microclinas, producto de destrucción de granitos. Así mismo están presentes fragmentos de cuarcitas, esquistos micáceos y micas.*

*Las lutitas de esta Formación siempre son de granos limolíticos (granos de cuarzo y de micas hidratadas y desintegradas).*

*El carácter de las rocas de la formación Verdún habla de intensas elevaciones en la zona de erosión, y una rápida salida y entierro en el borde próximo de la plataforma submarina de material detrítico, poco elaborado y seleccionado.*

*Esto ocurre cuando la distancia de recorrido de los sedimentos ha sido muy corta no ha tenido oportunidad de seleccionarse, la deposición ha sido muy rápida, además cuando hay una fuente de aportes muy cercana.*

## CUADRO N° 2

### ISOCORE

| <b>POZO</b> | <b>ESPEJOR DE LA<br/>Fm. VERDUN<br/>(Pies)</b> | <b>ESPEJOR DEL<br/>Mb. VERDUN INF.<br/>(Pies)</b> |
|-------------|--|---|
| 1314        | 1120   | 270   |
| 1360        | 1440   | 490   |
| 1361        | 1320   | 510   |
| 1523        | 1120   | 80  |
| 1533        | 1275   | 290   |
| 1587        | 1440   | 550   |
| 2501        | 1410   | 520   |
| 2527        | 1070   | 190   |
| 5773        | 830  | 370   |
| 5846        | 1120   | 340   |
| 5945        | 780  | 0   |
| 7154        | 1272   | 380   |

*También esta basada en las características de las rocas, cuando esta muestra una escasa selección de tamaños y además de la composición mineralógica (feldespatos, micas, etc). Todo aquello nos estaría confirmando lo anteriormente mencionado sobre el carácter de las rocas de la formación Verdún.*

### ***3.5 Influencia del Carácter Tectónico Sedimentario en la Geología Estructural***

*Los procesos sedimentarios están afectados por los diferentes eventos tectónicos que influyen sobre la erosión y el transporte.*

*Los procesos tectónicos constituyen el marco que controla la distribución y extensión de los distintos ambientes sedimentarios. La actividad tectónica combinada con los factores climáticos y las características físicas y químicas de los distintos ambientes sedimentarios, determinan entonces las propiedades del producto final de un ciclo sedimentario, es decir de la roca sedimentaria.*

*La tectónica Andina afectó en sus diferentes fases a la cuenca Talara, originando fallas regionales de gran magnitud. En tiempos del Eoceno, se producen perturbaciones locales que culminan en el Eoceno superior con fuerte deformación compresional, siendo la región mas afectada la zona norte y central de la cordillera occidental; esta deformación denominada por Steinmann con el nombre de "fase Incaica" fue la mas importante del ciclo Andino, tanto por su extensión como por sus efectos, puesta en evidencia por la tectónica de bloques y complicada por una deformación cortical debido a la acción de la Deflexión de Huancabamba y representada por la discordancia Chacra-Talara. En el Noroeste durante el Eoceno, se producen constantes movimientos epirogeneticos pre y post grupo Talara (Eoceno medio), los mismos que fueron acompañados por un enérgico fallamiento en bloques y expansión de fosas, produciéndose una erosión*

*previa a la transgresión del mar de Talara. Entre el Eoceno medio y superior se tienen continuos levantamientos y hundimientos que dieron lugar a la acumulación de secuencias clástica en la Cuenca Talara (Grupos Talara y Verdún-Chira) con discordancias intraformacionales. Posteriormente, durante el Mioceno y Plioceno el área donde se ubica la cuenca Talara es emergida por pulsos de la fase Quechua (descrita anteriormente), en donde continua el fallamiento en bloques, definiendo la configuración actual de la cuenca, en ella no hay deposición durante esta etapa.*

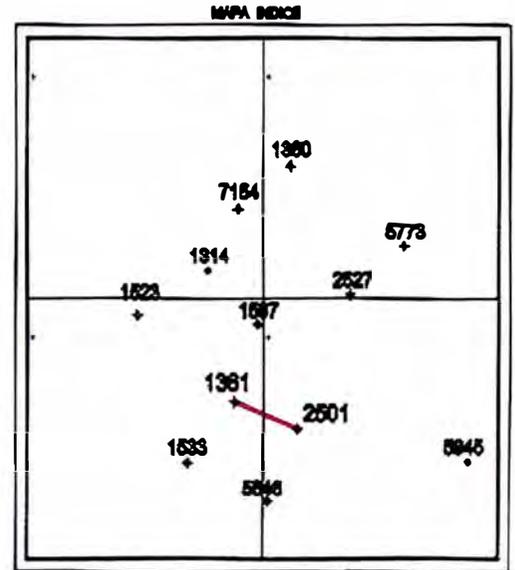
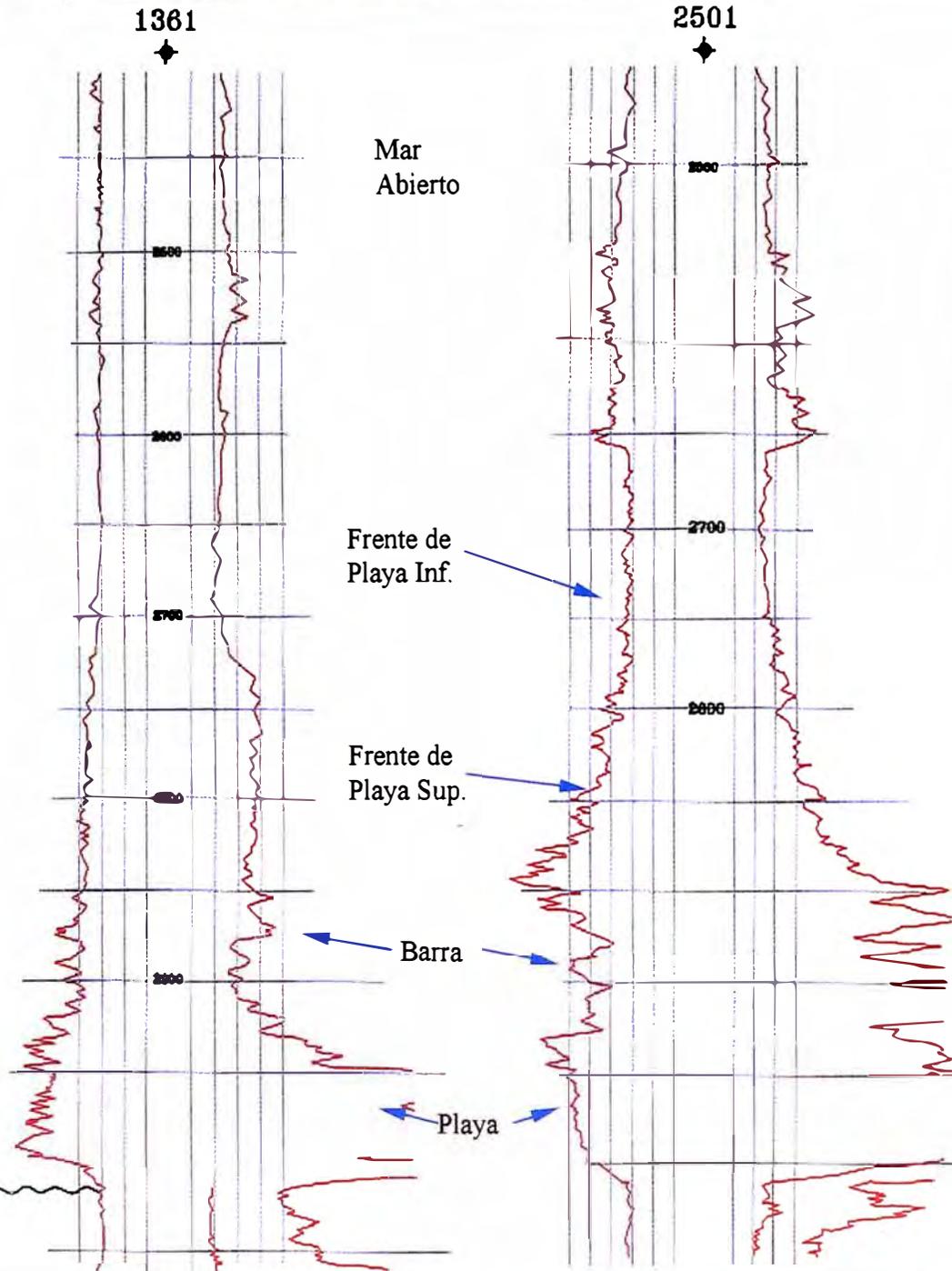
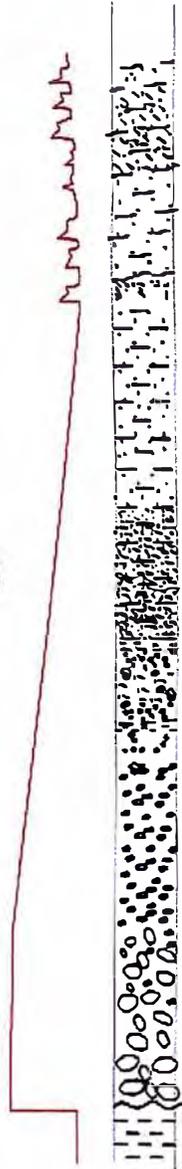
### **3.6 Modelos Sedimentarios a partir de perfiles**

*Para poder establecer un modelo sedimentario para la Formación Verdún es necesario hacer mediciones estratigráficas en el campo siguiendo técnicas de análisis secuencial de las variaciones verticales y horizontales de la litología, espesores, estructuras sedimentarias y contenido fosilífero de las capas en afloramientos bien expuestos de la formación.*

*En el Caso del Yacimiento Calamar no ha sido posible realizar ningún tipo de estudio de esta índole, pero si se ha hecho un a revisión de las muestras de campo, además se ha confeccionado secciones estratigráficas a partir de los registros eléctricos y litológicos de pozo, con el fin de poder establecer o inferir un modelo deposicional.*

*A partir del análisis de perfiles eléctricos visto en la **figura N°20**, comenzando desde la parte inferior con la curva (SP) que muestra una muy baja resistividad que nos indica una secuencia de lutitas, pertenecientes a la formación Lutitas Talara, continuando hacia arriba, se puede apreciar un cambio abrupto en la curva del SP, mostrando el contacto entre las lutitas marinas de la formación Lutitas Talara y el conglomerado Basal, indicando el inicio de la Transgresión*

SECUENCIA TRASGRESIVA TIPO RELLENO DE CANAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

GMP  
 GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR  
 Fm. Verdún  
 MODELO SEDIMENTARIO APARTIR  
 DE PERFILES ELECTRICOS

|                             |                     |          |
|-----------------------------|---------------------|----------|
| TESIS DE ING. GEOLÓGICO     | Fecha: OCTUBRE 1999 | Folio N° |
| ING. PEDRO PERALIZA CHOCOLE | Elaboró: J. C. T.   | 20       |

*del Verdún, en esta secuencia se ha podido apreciar en muestras del campo fósiles de Lepydociquinas (que son de origen marino). El aporte de los rodados provendrían de ríos que desembocaban al mar, por lo que podríamos decir que la sedimentación se desarrollo en un ambiente de playa. Además de que en secciones estudiadas por Pardo en el área de Carpititas en la que se observaron restos carbonosos de plantas en laminaciones delgadas. Los rodados son de rocas del Paleozoico, se han reconocido fragmentos de areniscas preexistentes de Ostrea y Mogollón, incluso conglomerados de Rocas Volcanicas<sup>4</sup>. Continuando con la descripción, pasa de un ambiente de playa a otro de barra como se muestra en la curva del SP, cuando se pasa de la zona litoral a la zona de barra hay picos o saltos alternados en el registro que indican el grano creciente o de mayor tamaño. Luego hacia la parte superior vemos que se va haciendo grano decreciente, confirmando un ciclo transgresivo y hacia el tope del Mbo. Inferior mejora la porosidad, indicando mejor selección del grano por el mar. Posteriormente la curva del SP muestra baja resistividad, pertenecientes a una secuencia de finos de mar abierto.*

*De lo expuesto se puede decir que la Fm. Verdún consiste de una secuencia vertical cuya base consiste de conglomerados y va gradando a areniscas, que de acuerdo a la forma que presentan las curvas eléctricas en la sección del Mb. Verdún inferior, se trata de una secuencia transgresiva del tipo relleno de canal (forma acampanada), el cuál coincide con el modelo propuesto por Alfredo Pardo quien en 1993 efectúa trabajos detallados de mediciones estratigráficas en el campo, en el Área de Carpititas (Lote XIV), ubicado a 16.Km. al Norte del*

---

<sup>4</sup> Alfredo Pardo, estudio Geológico del area de Carpititas Zorritos.

MODELO DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS DE LA FORMACIÓN VERDÚN

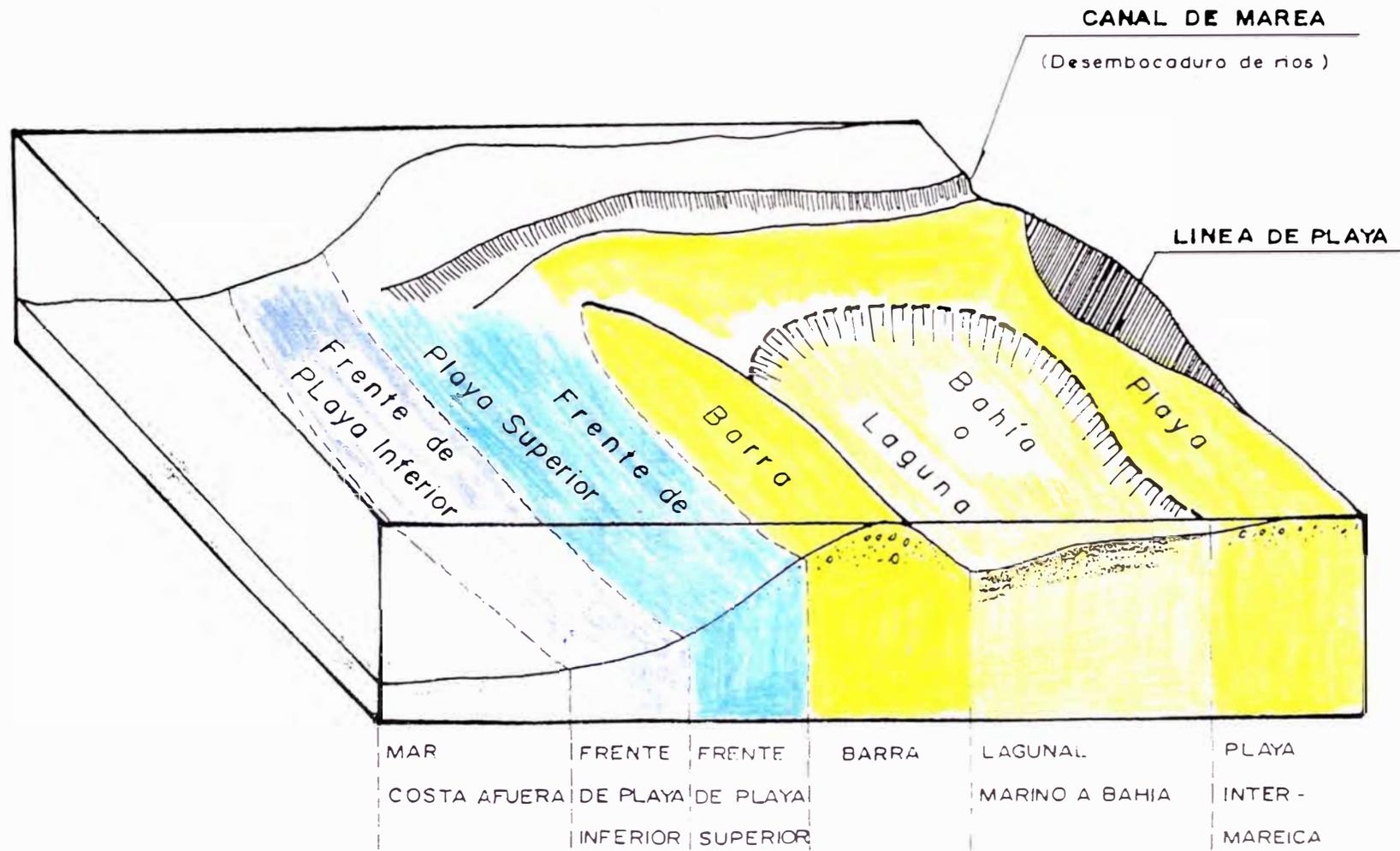


FIG. N° 21

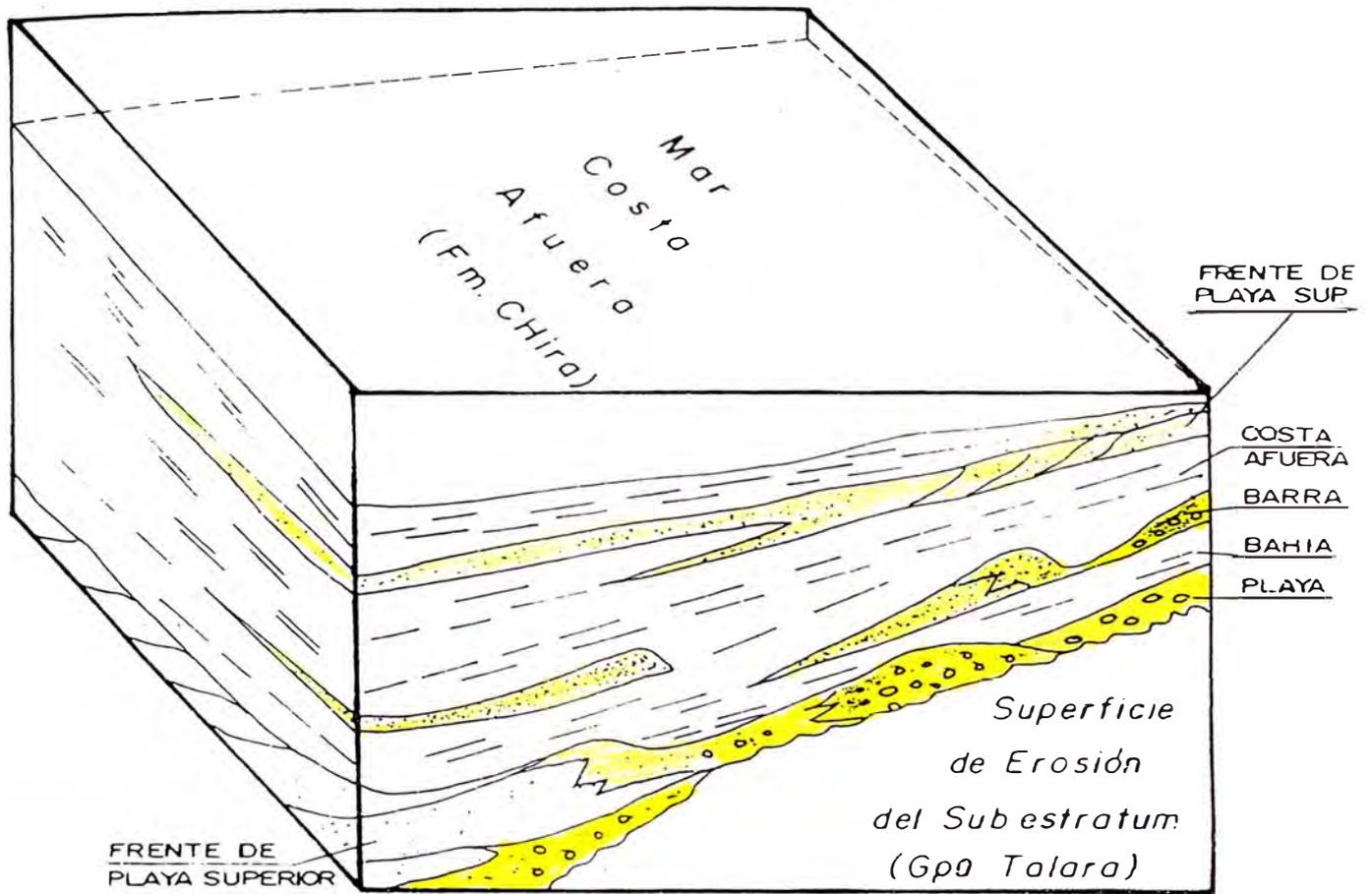
*Yacimiento Calamar, determinando el medio ambiente deposicional y modelo sedimentario (Fig.Nº21).*

### **3.6.1 Medio Ambiente Depositional**

*Basándonos en el modelo inferido en la sección anterior y en los estudios realizados por Alfredo Pardo en 1993 podemos indicar que los ambientes sedimentarios de la Fm. Verdún, se superponen de abajo hacia arriba en secuencia transgresiva (fig.Nº22).*

*El Miembro Inferior de la formación representado por conglomerados y areniscas de ambientes costeros, pudiendo ser de playas cercanas a desembocaduras de ríos, de donde provendrían los rodados del Mbo Basal. Se distingue la zona de **Línea de playa**, caracterizada por la abundancia de restos carbonosos de plantas, en laminaciones delgadas; **Zona de playa** propiamente dicha, constituida de arenas y gravas con laminaciones horizontales, de bajo ángulo. Las areniscas y conglomerados de ambientes de playa, se caracterizan por su buena selección, en capas grano estrato – decreciente, que se han apreciado en el gráfico del modelo sedimentario y en la curva de resistividad SP; y **Zona de llanuras de mareas** constituidas por laminaciones arenosas que presentan rizaduras asimétricas, laminaciones onduladas con rellenos arcillosos y limos micáceos, y que reflejan cambios cíclicos en la intensidad de las corrientes.*

*Estos ambientes son seguidos por paquetes de lutitas carbonosas, limolitas y areniscas de **Ambientes de Bahía**, ricos en materia orgánica vegetal, este último no se ha podido diferenciar en el modelo sedimentario propuesto a partir de perfiles; **Ambiente de Barras**, son cuerpos elongados paralelamente a la línea de costa y sección lenticular asimétrica, pueden encontrarse cerca de la desembocadura de los ríos. Están conformados por arenas y gravas grano–*



MODELO DE SUCESION VERTICAL DE LOS AMBIENTES DE SEDIMENTACION DE LA FM. VERDÚN, EN SECUENCIA TRANSGRESIVA

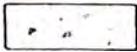
|             |   |                   |
|-------------|---|-------------------|
| RESERVORIOS |  | BUENO A EXCELENTE |
|             |  | REGULAR A BUENO   |
|             |  | POBRE A REGULAR   |

FIG. N° 22

*crecientes, pueden contener lentes de arcillas y limos, presentan laminación cruzada, poseen un potencial bueno a excelente de rocas reservorio. Como se puede apreciar la Fig. N°20 el ambiente de barra muestra un alto SP, muestra mejor selección granulométrica, es decir también mejor porosidad.*

*Ambientes de frentes de playa, las areniscas de este tipo de ambientes la granulometría se caracteriza por ser bien seleccionada. En la parte superior (frente de playa superior) presenta estratificación cruzada, muestra un potencial bueno a excelente de rocas reservorio y en su parte inferior (frente de playa inferior) se encuentran fuertemente bioturbadas (A. Pardo 1993). Podemos ver en la figura N°20 como la curva SP para el frente de playa superior va decreciendo hacia un menor SP, que identifica a un frente de playa inferior, cuya granulometría va decreciendo hasta hacerse mas fina.*

*El miembro medio de la Fm. Verdún es de naturaleza mayormente lutácea, le corresponde un bajo SP y al máximo de la transgresión y presenta paquetes de areniscas bien seleccionadas, porosas. Pertenece a áreas algo alejadas de la línea de costa, donde se acumulan sedimentos muy finos.*

*El miembro superior de la Fm. Verdún esta constituido por intercalaciones de lutitas y areniscas de ambientes mas someros que atestiguan la ocurrencia de oscilaciones del fondo marino al final de la depositacion de la Fm. Verdún, tal como se aprecia en la curva SP del registro compilado de esta formación*

*En secciones descritas por A. Pardo en el área de Carpitás, explican que la imbricación de los rodados (guijarros) y cantos de los conglomerados del Mbo inferior de la Fm. Verdún, indicarian un aporte por corrientes marinas predominante del NE al SO, proveniente los rodados probablemente por aportes fluviales desde los Cerros Amotape, al Este.*

*Los principales cuerpos de areniscas y conglomerados marinos con buen a excelente potencial de rocas-reservorios se desarrollan en el Mb. Inferior.*

*Para el Yacimiento Calamar a partir de perfiles, se ha establecido que el reservorio Basal de Verdún consiste en una sucesión vertical de conglomerados y areniscas de canal y de barras litorales, los mismos que se han depositado en el marco de un régimen hidrodinámico transgresivo. Este reservorio tiene una forma alargada, similar a la que caracteriza a las depositaciones en canal, tal como se puede apreciar en la forma que toma el reservorio Verdún en el mapa Isocore elaborado al tope del Mbo Basal ( Ver mapa N°8), donde los mayores espesores están ubicados a lo largo del eje NE – SW, decreciendo hacia los laterales.*

## **CAPITULO IV**

### **DISTRIBUCION DE FLUIDOS EN LA FORMACIÓN VERDUN**

#### **4.1 GENERALIDADES**

*Las rocas presentan espacios porosos, estos están normalmente rellenos de agua, agua fósil que ha sido entrampada al momento de la sedimentación.*

*Si se dan las condiciones necesarias (P,T°, etc.) para la generación de hidrocarburos en el momento de la deposición de los sedimentos, el agua fósil va a contener hidrocarburos en suspensión finamente dispersa. En el transcurso de la historia Geológica, los hidrocarburos bajo condiciones físicas favorables, pudieron precipitar.*

*En un yacimiento los fluidos se van a separar del agua disponiéndose en función de sus densidades relativas, el gas siempre ocupando los niveles superiores, estructuralmente, el petróleo debajo del gas y este a su vez sobre el agua.*

#### **4.2 DETERMINACION DE PARAMETROS PETROFISICOS DEL RESERVORIO**

*Para determinar los parámetros petrofísicos a ser usados en la evaluación de la Formación Verdún se ha requerido información de los pozos 2501 y 1533, debido a que estos cuentan con la data necesaria para la determinación de los parámetros.*

*Antes de proceder al cálculo de los parámetros petrofísicos haremos una descripción breve de las diferentes curvas eléctricas que se usan para la determinación de los mismos.*

### 4.2.1 Curvas Eléctricas:

#### - *SP (Potencial espontáneo)*

*Registra la diferencia de potencial que ocurre naturalmente en el pozo, según su profundidad, sus valores son absolutos.*

*Permite detectar capas permeables, ubicar límites formacionales y además permite hacer la correlación entre capas.*

#### - *GR (Rayos Gamma)*

*Registra la radioactividad natural de las formaciones, se mide en unidades API.*

*Determina litología y arcillosidad (ya que los elementos radiactivos tienden a concentrarse en las arcillas).*

#### - *Laterolog Deep (LLD) (Resistividad Profunda):*

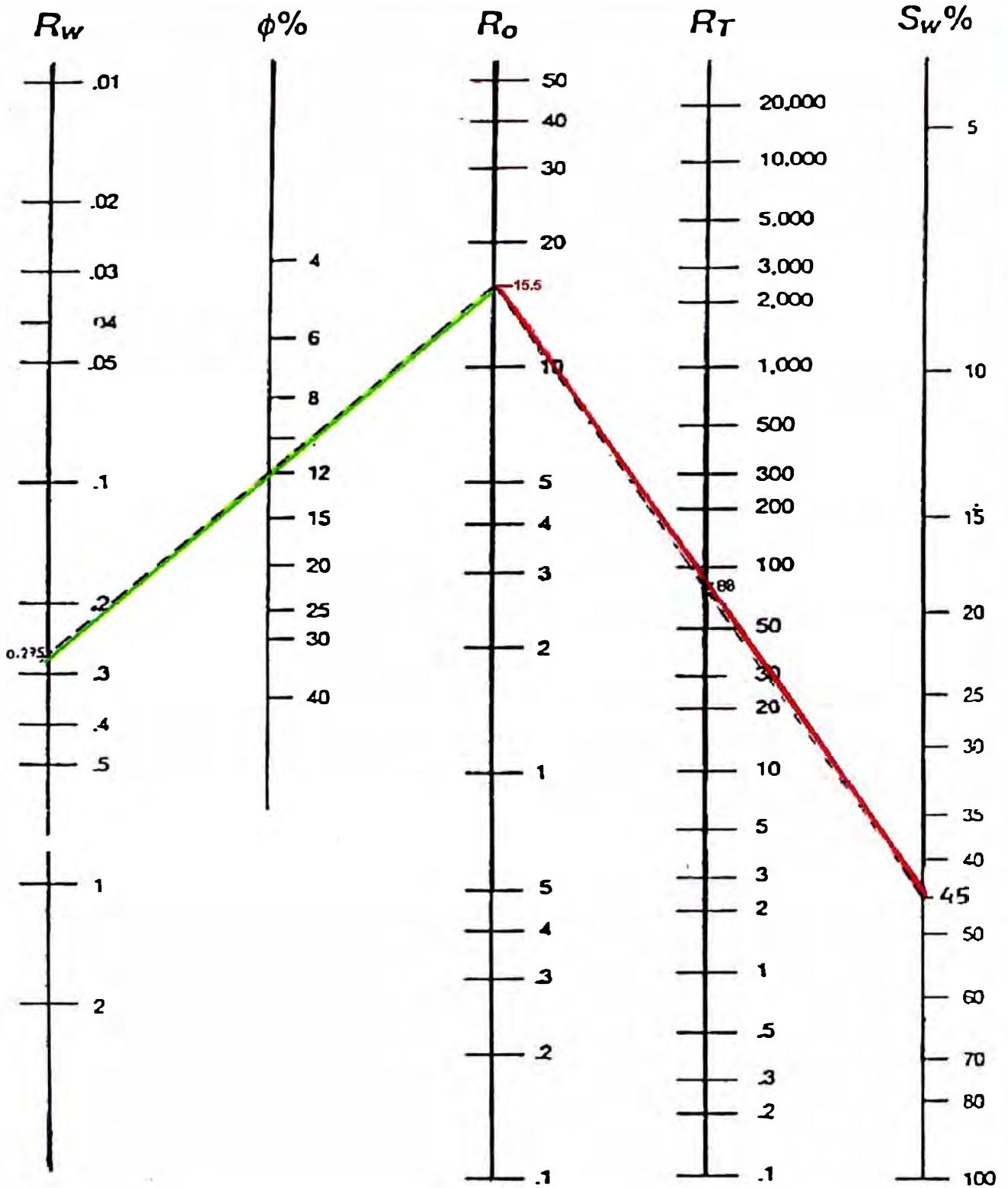
*Mide la resistividad natural de las formaciones, lejos del pozo, determina los valores de la resistividad verdadera  $R_t$  (Resistividad en la zona no invadida por los fluidos del lodo), es medido en Ohm-m.*

*El cálculo del  $R_t$  para la Fm. Verdún ha sido posible utilizando el gráfico N°1, de datos obtenidos del pozo 1533 del análisis de núcleos convencional, debido a que no contamos con el registro LLD. Del Gráfico se ha obtenido un  $R_t$  igual a 88 Ohm-m.*

#### - *Laterolog Shallow (LLS):*

*Mide la resistividad natural de las formaciones, cerca del pozo. También conocido como resistividad corta.*

*Es útil para determinar valores del  $R_{xo}$  (Resistividad de la zona Invasada por el lodo de perforación)*



$$F = \frac{0.62}{\phi^{2.0}}$$

Grafico N° 1 ESTIMADO DE LA RESISTIVIDAD DEL AGUA A TEMPERATURA DE FORMACION

DONDE:

- R<sub>w</sub>: Resistividad del agua de Formación
- ϕ: Porosidad
- R<sub>o</sub>: Resistividad de la roca saturada
- R<sub>T</sub>: Resistividad de fluidos en la zona no invadida por el lodo de perforación
- S<sub>w</sub>: Saturación de Agua

**- Perfil de Densidades:**

Mide las variaciones de densidad electronica, la cual esta relacionada con la densidad total de las formaciones( $\delta_b$  en gr/cc), cuyo valor dependerá de la densidad de la matriz( $\delta_{ma}$ ) y densidad de formación( $\delta_{hof}$ ).

Por lo tanto este perfil es util para determinar los valores de porosidad en la roca.

**- Perfil Neutronico:**

Este perfil nos permite medir la cantidad de hidrogeno presente en la formación, a partir de la emisión de neutrones hacia la Fm., ya que va responder a la cantidad de hidrogeno presente.

Este perfil también se usa principalmente para ubicar formaciones porosas y determinar su porosidad y se mide en unidades API.

#### **4.2.2 Parámetros de Cabezal de Registro**

Estos parámetros son tomados de datos de los registros eléctricos corridos en cada pozo, para nuestro caso los datos han sido obtenidos del pozo 2501.

a) **Peso del Lodo  $M_w$ : 10.1 lb/galón.**

b) **Temperatura de fondo  $BHT$ : Es la temperatura medida en el fondo del pozo.**

$BHT = 112^\circ F$

c) **Temperatura de Superficie  $TS$ :  $86^\circ F \approx 30^\circ C$**

d) **Profundidad Final  $PF$ : 3125'm**

e) **Resistividad del Lodo  $R_m$ :  $1.93 \Omega\text{-m}$  a  $100^\circ F$**

f) **Resistividad de la costra del lodo  $R_{mc}$ :  $2.10 \Omega\text{-m}$  a  $90^\circ F$**

g) **Resistividad del Lodo Filtrado  $R_{mf}$ :  $1.52 \Omega\text{-m}$  a  $90^\circ F$**

h) **Resistividad del Lodo a Temperatura de Fondo:  $1.72 \Omega\text{-m}$  a  $112^\circ F$**

i) **Densidad de Fluido  $\delta_f$ : 1.0 gr/cc (agua)**

### 4.2.3 Parámetros asumidos de acuerdo a las características de la roca:

#### \* Densidad de Matriz ( $\delta_{ma}$ )

La densidad de matriz de roca varia con la litología y sus valores promedios son:

- 2.60 gr/cc si se trata de arenas limpias
- 2.67 gr/cc si son areniscas, arenas arcillosas, rocas no muy compactas.
- 2.71 gr/cc si son carbonatos, calizas, rocas compactas.
- 2.87 gr/cc para dolomias.

Para el pozo 2501 por las características de la roca, se le asumió un valor de  $\delta_{ma}=2.67$  gr/cc.

#### \* Densidad de formación ( $\delta_b$ )

Podemos determinarlo mediante el gráfico N°2, asumiendo un valor promedio de la porosidad de 12%, valor extraído del archivo del pozo 1533.

Este valor se intercepta con la curva de densidad de matriz(2.67 gr/cc) obteniendo una densidad de Fm. :

$$\delta_b = 2.46 \text{ gr/cc}$$

También se puede determinar  $\delta_b$ :

$$\delta_b = \phi + (1-\phi)\delta_{ma}$$

$$\delta_b = 0.12+(1-0.12)2.67$$

$$\delta_b = 2.469 \text{ gr/cc}$$

Porosity Determination  
Bulk (Log) Density versus Porosity

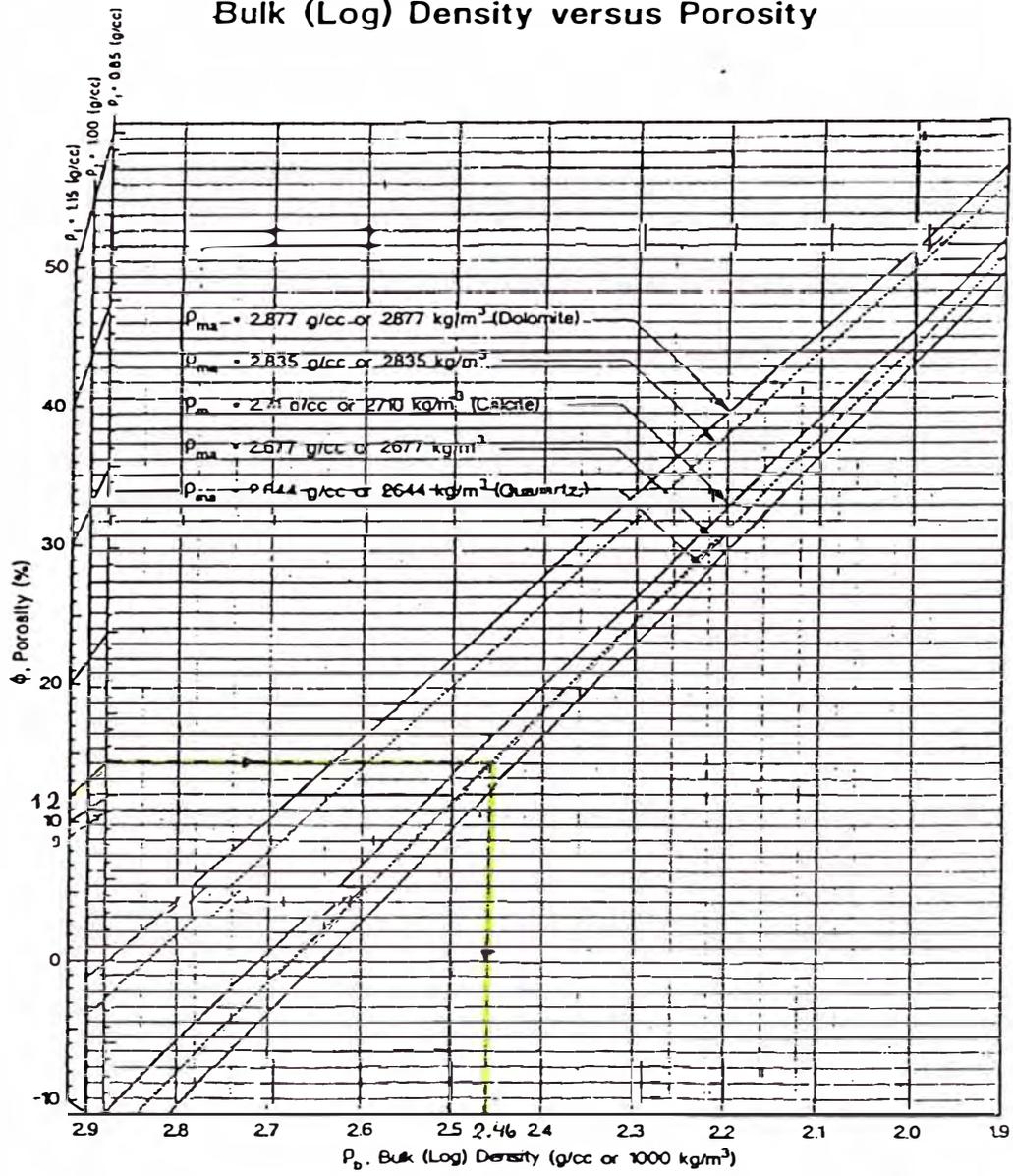


Gráfico N° 2 DENSIDAD DE LA FORMACION Vs POROSIDAD

**\* Coeficiente de Litología ( $\alpha$ )**

*Sus valores promedios son:*

*0.62 para arenas limpias*

*0.81 para areniscas, arenas arcillosas, rocas no muy compactas*

*1.00 para carbonatos, calizas, rocas compactas.*

*Con las características litológicas dadas en el pozo 2501 se asume un valor de:*

*0.81.*

**\* Factor de Formación ( $F$ )**

*Se ha establecido de manera experimental que la resistividad de una formación limpia con contenido de agua es proporcional a la resistividad de la solución salina con la cual esta totalmente saturada la formación, la constante de proporcionalidad es denominada Factor de Formación.*

*El factor de formación  $F$  factor es utilizado en la construcción del gráfico de Petróleo movable(MOP).*

$$F = R_o/R_w \quad \text{ec(1)}$$

$$F = \alpha/\phi^m$$

*Donde:*

*F: factor de Formación*

*R<sub>o</sub>: resistividad de la roca saturada*

*R<sub>w</sub>: resistividad del agua de Fm.*

*$\alpha$ : Coeficiente de Litología*

*$\phi$ : Porosidad*

*m: Factor de cementación*

Los valores promedio para “m” son:

|           |  |
|-----------|--|
| 2.15-     | para arenas limpias  |
| 2.00-     | para areniscas, arenas arcillosas,<br>rocas no muy compactas |
| 2.2 - 3.0 | para rocas compactas   |

Sus valores experimentales promedio son:

$$F = \frac{0.62}{\phi^{2.15}} \quad \text{Para arenas limpias(formula de Humble)}$$

$$F = \frac{0.81}{\phi^{2.0}} \quad \text{Para areniscas, arenas arcillosas}$$

$$F = \frac{1.00}{\phi^{2.2}} \quad \text{Para carbonatos, calizas, rocas compactas.}$$

Para el caso de la Fm. Verdún he creído conveniente trabajar con la 2da formula por ser la que más se acerca a las características del tipo de roca reservorio:

Donde:  $\phi = 0.12$  (obtenido del análisis de núcleos convencional, pozo 1533)

$$n = 2.0$$

$$F = \frac{0.81}{(0.12)^2} \Rightarrow F = 56.25$$

#### \* Exponente de Saturación (n)

Sus valores varían entre 1.6 y 2.4, siendo el valor “2” el más empleado en el cálculo de las formulas.

Este valor de **n** interviene en el cálculo de saturación de agua de Archie quien determina de forma experimental que:

$$S_w = \frac{n}{\phi^2 R_t} \frac{R_w}{R_t}$$

*S<sub>w</sub> : Saturación de Agua*

*R<sub>w</sub>: Resistividad del Agua de Formación*

*φ : Porosidad*

*R<sub>e</sub> : Resistividad verdadera.*

#### **4.2.4 Porosidad (φ):**

*Es la relación existente entre el volumen ocupado por los espacios porosos o vacíos y el volumen total de la roca reservorio, expresado en porcentajes. La porosidad varia lateralmente así como verticalmente dentro de la roca reservorio.*

*El valor promedio de la porosidad de la formación Verdún, principalmente en el miembro inferior, que es el único miembro productor en el área de estudio es 12%, este valor ha sido estimado basándose en análisis de núcleos convencionales obtenidos en el pozo 1533.*

#### **4.2.5 Permeabilidad (K):**

*Es una propiedad física de la roca reservorio que permite la migración de los fluidos contenidos en ella. Representa la facilidad con que el medio poroso permite el paso de los fluidos a través de él, para que exista permeabilidad y migración los poros de las rocas deben estar interconectados.*

*La permeabilidad se mide en Darcys o milidarcys.*

*Del análisis de núcleos convencionales, obtenidos en el pozo 1533 se ha determinado una permeabilidad promedio de 20 md.*

#### 4.2.6 Temperatura de Formación ( $T_{form}$ )

Para calcular la  $T^\circ$  de formación es necesario conocer la gradiente de  $T^\circ G$

Esta se calcula mediante la formula:

$$G = \frac{BHT - T^\circ S}{PF}$$

Donde :

$$BHT: T^\circ \text{ de fondo}(^\circ F) = 112^\circ F$$

$$T^\circ S: \text{Temperatura de superficie} = 86^\circ F \approx 30^\circ C$$

$$PF: \text{Profundidad final} = 3125'$$

$$\text{Determinando la gradiente } G = \frac{112^\circ F - 86^\circ F}{3125'} \Rightarrow G = 0.00832^\circ F/\text{pie}$$

de donde la  $T^\circ$  de la formación se calcula mediante:

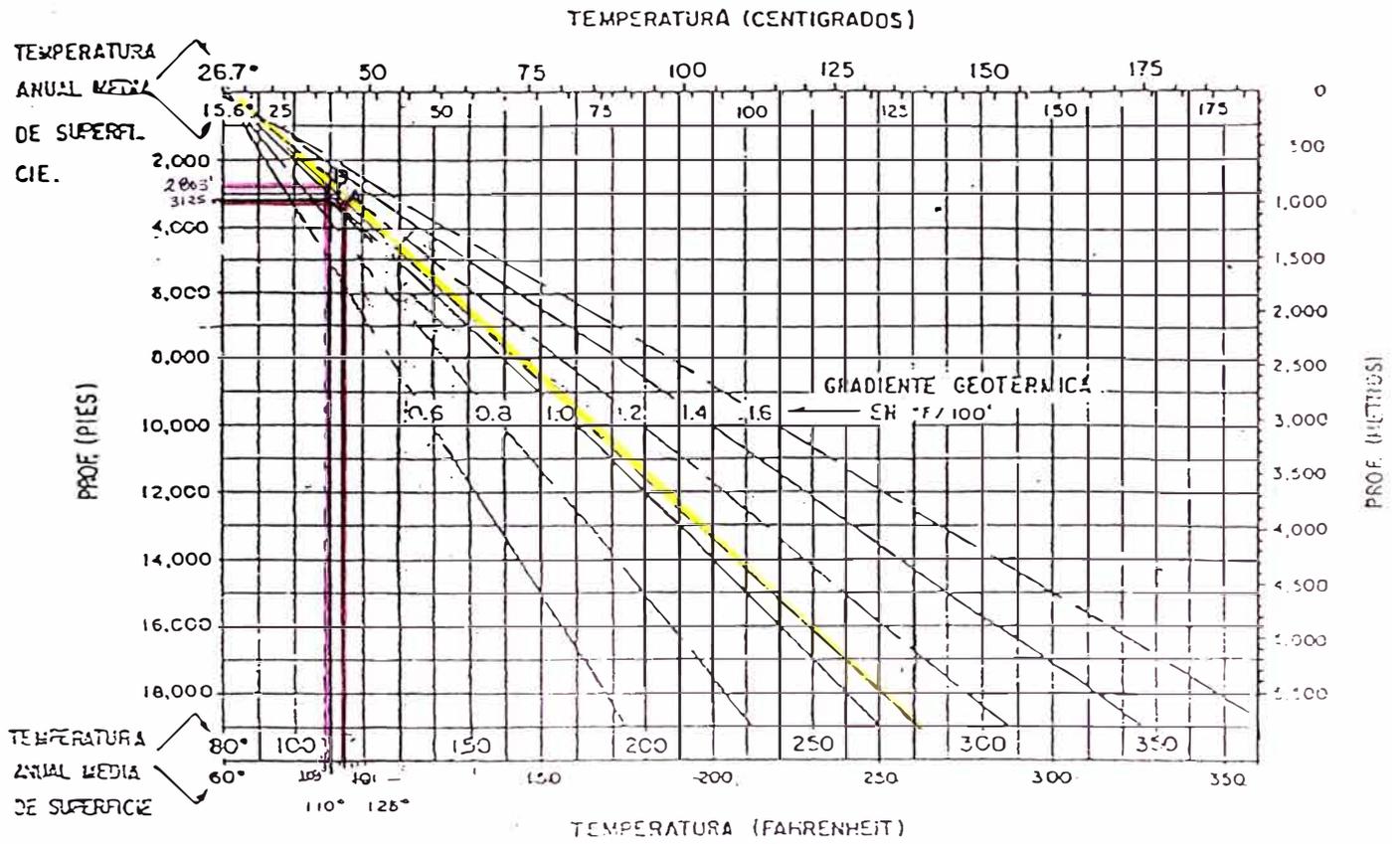
$$T_{form} = T^\circ S + G \times Ph$$

$Ph$ : profundidad del horizonte (punto medio del intervalo a analizar 2547'-3060') = 2803' correspondiente al intervalo del Mb. Verdún inferior.

$$T_{form} = 86^\circ + \frac{(112-86)2803}{3125'} = 109.32^\circ F \approx 43^\circ C$$

También se puede calcular la temperatura de formación a partir del gráfico N°3 que esta en función de la profundidad (gradiente geotérmica)

# ESTIMADO DE LA TEMPERATURA DE LA FORMACIÓN VERDÚN (GRADIENTE LINEAL ASUMIDA)



**POZO 2501: BHT 112°F @ 3125' Pto A**  
**T°@ 2803' es 109°F Pto B**

**GRAFICO N° 3**

### 4.3 DETERMINACION DE LA RESISTIVIDAD DEL AGUA DE FORMACIÓN (Rw).

La resistividad de una sustancia es su capacidad para impedir el flujo de corriente eléctrica a través de si misma y se mide en ohm-m.

En este caso se va a calcular la resistividad del agua a partir de registros eléctricos, para ello describiremos paso a paso la determinación del Rw.

1° Hallamos el SSP (valor del SP estático) de la Fm. Verdun: en el pozo 2501(Registro eléctrico) intervalo 2547'- 3060'

El SSP es la desviación de la curva del SP en una formación, la desviación se mide a partir de la línea base de Lutitas, este valor se usa para calcular el Rw y se mide en m-v.

$$SSP = (SP_{max}) - (Sp_{min})$$

En el registro eléctrico del pozo 2501 en el intervalo 2547' – 3060' correspondiente al Verdún inferior.

$$SSP = - 36 \text{ m-v a } 2890'$$

2° Calculamos la T°form:

Hallada previamente en el pozo 2501: 109.32°F ≈ 43°C

3° Determinación del Rmf (Resistividad del filtrado del lodo)

En el registro se tiene que:

$$Rmf = 1.52 @ 90°F$$

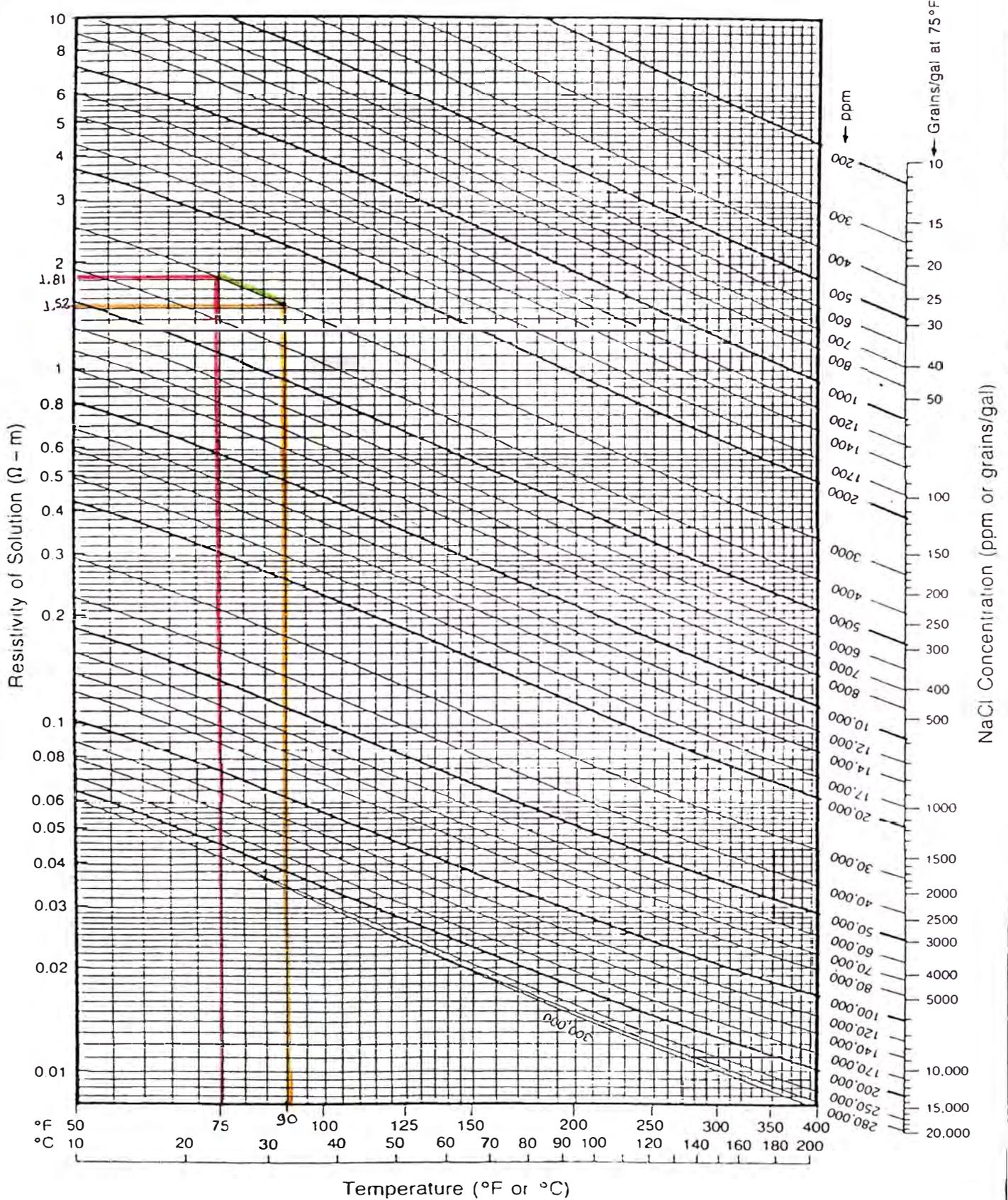
Se sabe que:

$$* \text{ Si } Rmf \text{ a } 75°F > 0.1 \text{ ohm-m} \Rightarrow Rmfe = 0.85 Rmf \dots \dots \dots (1)$$

Del gráfico N°4 se obtiene Rmf @ 75°F = 1.8, entonces se cumple la condición (1).

# Resistivity of NaCl Solutions

Conversion approximated by:  $R_2 = R_1 [(T_1 + 6.77)/(T_2 + 6.77)]^{\circ F}$  or  $R_2 = R_1 [(T_1 + 21.5)/(T_2 + 21.5)]^{\circ C}$



Por lo tanto, respecto al intervalo de interés 2547'-3060',  $R_{mf}$  se calculara mediante la formula:

$$R_{mf} = \frac{0.85 \text{ ohm-m} \times T_{sup}}{T^{\circ}form}$$

$$R_{mf} = \frac{0.85 \text{ ohm-m} \times 86^{\circ}F}{109.32^{\circ}F} = 0.669 \text{ ohm-m}$$

$$R_{mf} @ 109.32^{\circ}F = 0.669 \Omega\text{-m}$$

En la ecuación (1):  $R_{mfe} = 0.85 \times 0.669 = 0.568 \text{ ohm-m}$

#### 4° Determinación del $R_{we}$ (Resistividad del agua equivalente)

Conociendo:

$$SSP = -36 \text{ ohm-m}$$

$$T^{\circ}form = 109.32^{\circ}F$$

Vamos al **gráfico N°5**, para determinar la relación  $R_{mfe}/R_{we}$

$$\text{De donde resulta } R_{mfe}/R_{we} = 2.8$$

Sabiendo que:

$$R_{mfe} = 0.568$$

$$\Rightarrow R_{we} = \frac{R_{mf}}{2.8} = \frac{0.568}{2.8} = 0.203$$

#### 5° Determinación del $R_w$ :

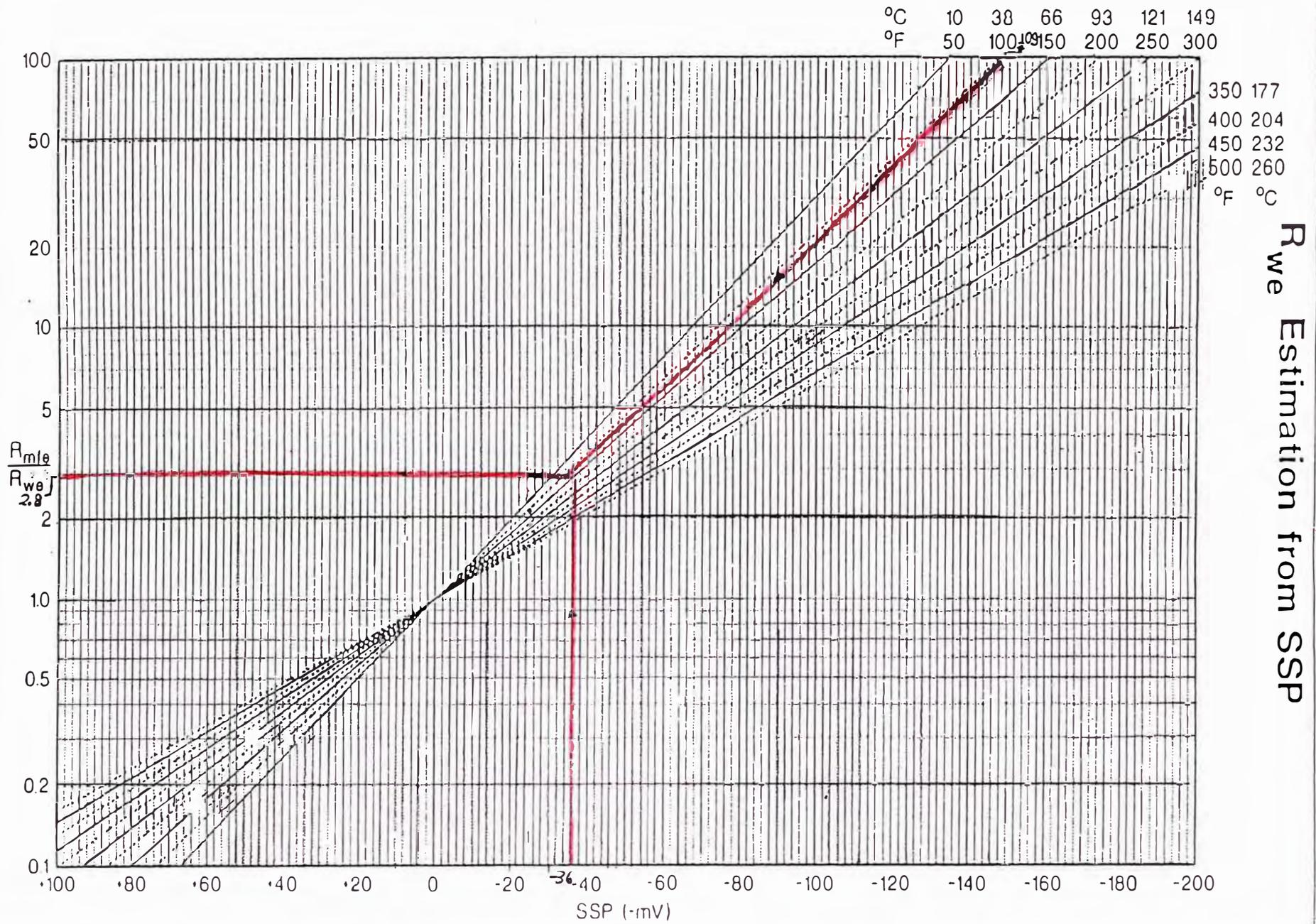
Conociendo el  $R_{we}$  a la profundidad del intervalo de interés

$$R_{we} = 0.203 \text{ ohm-m} \text{ y conociendo la } T^{\circ} \text{ de la Formación } 109.32^{\circ}F$$

Usamos el **gráfico N°6**.

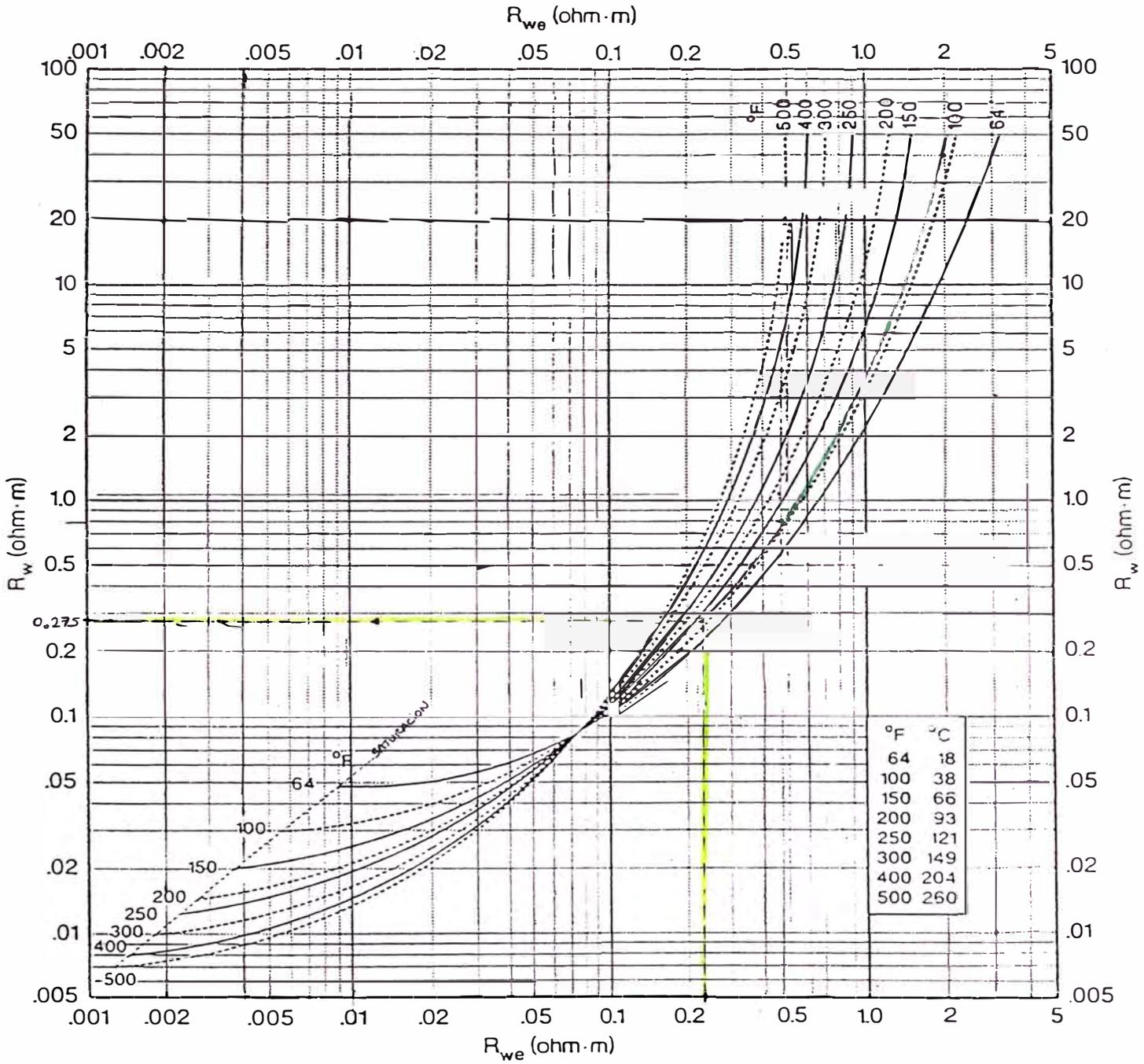
$$\text{De donde resulta: } R_w = 0.275 \text{ ohm-m}$$

GRAFICO N° 5



$R_{we}$  Estimation from SSP

# $R_w$ Estimation from $R_{we}$



#### **4.4 SALINIDAD:**

*Es la cantidad de cloruro de sodio (NaCl) expresado en partes por millón(ppm) presente en el agua de formación.*

*Se le puede calcular directamente de las muestras de la roca objetivo o a partir de la resistividad del agua a temperatura de superficie o a  $T^{\circ}\text{form}$  o también se le puede calcular con el uso del gráfico  $R_w$  vs  $T^{\circ}\text{F}$  vs Salinidad (gráfico N° 7), de donde la salinidad calculada es igual a 15000 ppm.*

*El agua de formación contiene sales disueltas, este los convierte en electrolitos por lo tanto la resistividad disminuye según va incrementando la salinidad.*

*Por tanto las rocas saturadas de agua con alta salinidad van a tener resistividad debido a la alta conductividad eléctrica del agua interconectada de los poros.*

#### **4.5 DETERMINACION DE SATURACION DE FLUIDOS EN LA Fm. VERDUN**

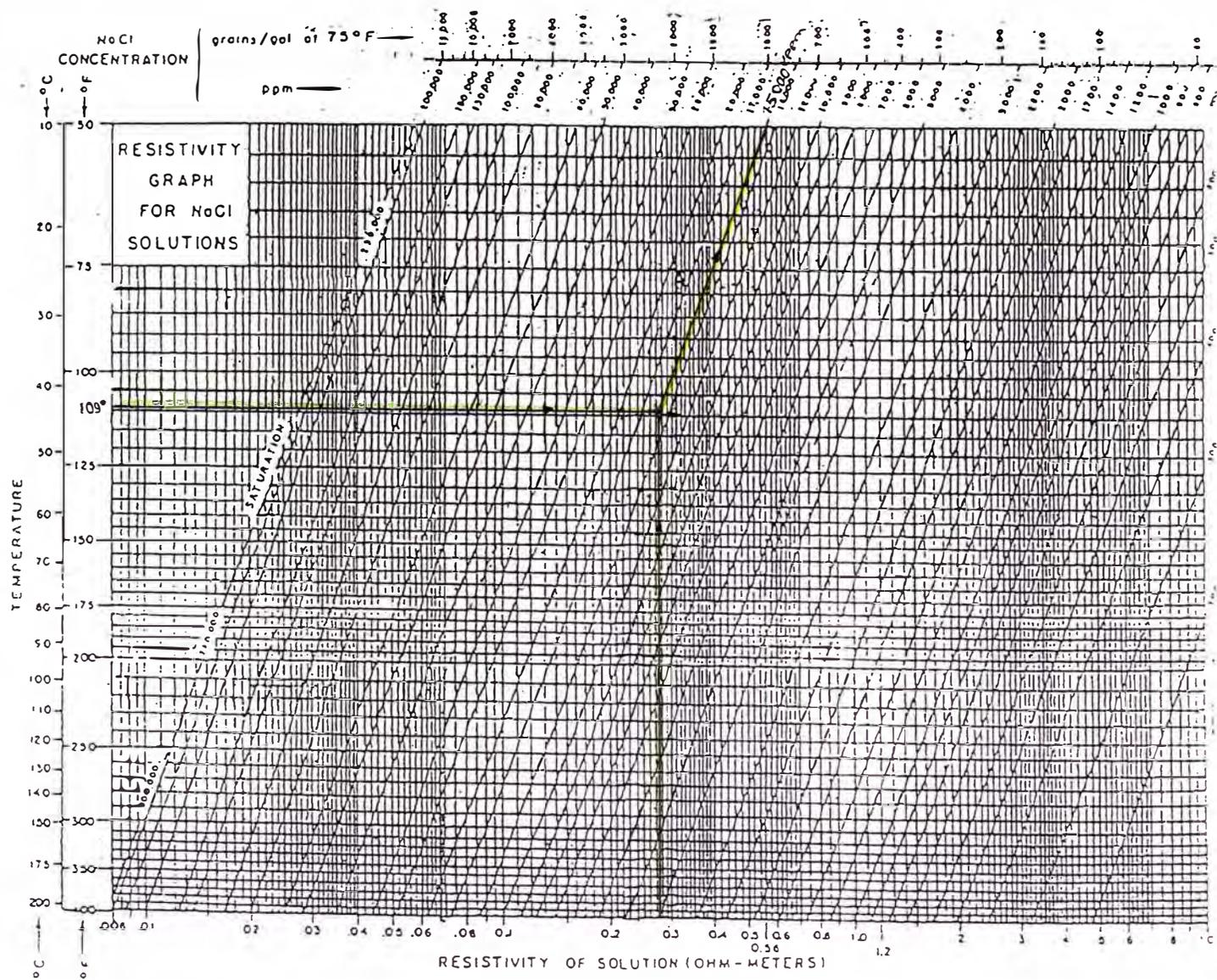
*Es el cálculo de la saturación de agua e hidrocarburos contenidos en los poros de la roca. La saturación de los fluidos esta en relación constante con la permeabilidad efectiva que es la única que nos permite calcular el volumen del fluido que puede moverse y por lo tanto ser recuperado y su valor es calculado a partir de registros de densidad y registros neutrón. Si los valores de la permeabilidad efectiva cambian entonces también cambiara proporcionalmente los valores de la saturación de fluidos, pero esta relación es distinta en los diferentes tipos de rocas y será necesario determinarlos empíricamente.*

##### **4.5.1 Determinación de saturación de agua e hidrocarburos**

*Es el calculo de la relación existente entre el volumen poroso ocupado por el fluido y el volumen poroso total. La saturación de los fluidos esta en relación constante con la permeabilidad efectiva, si este valor cambia también cambiara el valor de la saturación del fluido, en forma proporcional y va a depender de los*

# GRAFICO (CHART)

## RW VS TEMPERATURA VS SALINIDADES



*tipos de roca.*

*Los datos dados a continuación han sido obtenidos de análisis de núcleos convencionales hechos únicamente en el pozo 1533:*

**\* Saturación de agua ( $S_w$ ).**-

*Es el porcentaje del espacio poral total ocupado por agua de formación.*

*El valor promedio de saturación de agua obtenida de análisis de núcleos convencionales realizados en el pozo 1533 es de:*

$$S_w = 45\% = 0.45$$

*También se puede calcular mediante la formula de Archie quien determina experimentalmente que la saturación del agua de formación puede expresarse en función de la resistividad verdadera  $R_t$ .*

$$S_w^n = \frac{(F \times R_w)}{R_t} \dots\dots\dots(1)$$

$$n = 2, \quad R_w = 0.275, \quad F = 56.25, \quad R_t = 88$$

$$S_w = \sqrt{(R_o/R_t)} = 0.446 \dots\dots\dots(2)$$

**\* Saturación de hidrocarburos ( $S_h$ ).**-

*Es el volumen de hidrocarburos, expresado en porcentajes, contenidos en los poros de la roca.*

*Formulas:*

$$S_h = 1 - S_w \dots\dots\dots(a)$$

$$S_h \text{ residual} = 1 - S_{xo} \dots\dots\dots(b)$$

$$S_h \text{ móvil} = S_h - S_h \text{ residual} \dots\dots\dots(c)$$

**Donde:**

**Sh residual:** es la saturación por debajo de la cual el petróleo no se moverá y por lo tanto no será posible recuperarla por métodos convencionales.

**Sxo:** Saturación de agua en la zona invadida por los fluidos del lodo

$$Sxo^2 = \frac{Rmf}{\phi^2 Rxo}$$

Además también se puede calcular la saturación de agua en la zona invadida Sxo en caso de invasiones moderadas a saturaciones normales de hidrocarburos residuales frecuentemente se utiliza la siguiente relación empírica:

$$Sxo = Sw^{0.2} \quad \text{de donde } Sxo = 85\%$$

**Rmf:** resistividad del fluido a T° de formación = 0.669

**Sh móvil:** Saturación de hidrocarburos movable, es la mínima saturación encima de la cual el fluido empezara a moverse.

De las formulas: (a):  $So = 1 - 0.45 = 0.55 = 55\%$

(b):  $So \text{ residual} = 1 - 0.85 = 0.15 = 15\%$

(c):  $So \text{ movable} = 0.55 - 0.15 = 0.40 = 40\%$

#### 4.6 NIVEL DE FLUIDOS

En reservorios que contienen Gas, Petróleo y Agua se pueden apreciar dos líneas divisorias que son las líneas de contacto entre el Gas-Petróleo y Petróleo-Agua, respectivamente.

En la Formación Verdún del Yacimiento Calamar no se ha detectado ningún contacto Gas-Petróleo ni Petróleo-Agua, por lo cual los pozos productores de la Formación Verdún son netamente productores de petróleo, sin embargo cabe mencionar que en los pozos 7154 y 1587 esta formación ha registrado

*GOR(relación Gas–Petróleo) de 565 y 845 pies<sup>3</sup>/Barril respectivamente, valores de GOR relativamente altos, sin representar ningún nivel, ya que el pozo 1360 ubicado a aproximadamente 900' de distancia del pozo 7154 y casi al mismo nivel de profundidad de la formación Verdún se ha registrado en dicho pozo alta producción petrolífera con bajo GOR (inicial).*

#### **4.7 TIPO DE HIDROCARBUROS**

*Para la clasificación del tipo de crudo que tenemos se ha utilizado el método de Robinson, el cual utiliza parámetros como gravedad específica del petróleo, viscosidad, temperatura de formación, porosidad y permeabilidad. De acuerdo a análisis realizados en las muestras recogidas en los diferentes pozos se ha podido determinar que las muestras correspondientes al reservorio Verdún, en el Yacimiento Calamar se ha clasificado como aceite tipo HCT (High Cold Test), de la serie parafínica Naftenica con una gravedad específica promedio de 0.85 y un grado API que oscila entre 32° y 35° API a una temperatura de 60°F.*

## **CAPITULO V**

### **GEOLOGIA ECONOMICA**

#### **5.1 GENERALIDADES**

*El cálculo o estimado de reservas de petróleo y gas representa la parte mas importante en la evaluación económica de un yacimiento o proyecto de perforación y producción de petróleo y gas, para ello se necesita estimar el potencial de la roca generadora, tipo de trampa geológica y ubicación probable de migración del hidrocarburo.*

*Es necesario hacer un pronostico cuidadoso y detallado de las reservas ya que este permitirá decidir el diseño y selección conveniente del equipo que se usara para maximizar el beneficio económico del prospecto, además nos proporciona información sobre la importancia económica del reservorio.*

*Económicamente, la importancia del petróleo en el mundo actualmente no solo es el aporte considerable dentro del suministro de energía, si no que además a la variedad de usos que se le da como materia prima, en la elaboración de artículos de la vida cotidiana.*

#### **5.2 RESERVAS**

*Son los volúmenes estimados de Petróleo crudo, condensado, gas natural, líquidos del gas natural y sustancias asociadas que se esperan sean comercialmente recuperadas.*

*Estos estimados están basados en la interpretación de datos de ingeniería y/o geología disponible a la fecha del estimado. Todos los estimados de reserva involucran algún grado de incertidumbre, dependiendo de la cantidad y confiabilidad de los datos y de la interpretación de las mismas, reduciéndose el*

*grado de incertidumbre clasificándolas como:*

**Reservas Probadas:** *Son consideradas probadas si la productividad comercial del reservorio se basa en pruebas de producción y/o formación, se atribuyen a reservorios conocidos y son volúmenes que con razonable certeza pueden ser recuperadas.*

**a.1) Reservas Probadas Desarrolladas.-** *Es el volumen comprendido en la porción del reservorio delineado por la perforación y definida por contactos de los fluidos. A su vez se subdividen en:*

**a.1.1) Reservas Probadas Desarrolladas en Producción.-** *Son las reservas que van a ser recuperadas de intervalos abiertos a producción a la fecha del estimado y que están en producción.*

**a.1.2) Reservas Probadas Desarrolladas en No Producción.-** *Estas reservas incluyen los volúmenes de pozos que aun no hayan sido completados a la fecha del estimado, como intervalos taponados o no punzonados.*

**a.2) Reservas probadas No Desarrolladas.-** *Son asignadas a áreas no perforadas, pero que deben estar ubicadas a un espaciamiento mínimo de los pozos que indican producción comercial en la formación objetivo.*

**Reservas Probables:** *Son volúmenes estimados y que podrían ser económicamente recuperables con un grado de probabilidad tal que sugiere su existencia pero no lo suficiente para ser clasificada como probada, como por ejemplo:*

- \* *Reservas a ser obtenidas a una distancia muy cercana a la probada.*
- \* *Reservas en formaciones que parecen ser productivas basadas en características de perfiles eléctricos.*

- \* *Reservas en un área que no ha sido probada productivamente, pero parecen estar relacionadas cerca al área probada.*
- \* *También están incluidos las reservas atribuibles a proyectos de recuperación secundaria o retrabajo.*

**Reservas Posibles:** *Son los volúmenes estimados para estructuras que por características geológicas regionales se asemejan a áreas probadas en su estructura, Estratigrafía, y que pueden tener hidrocarburos.*

### **5.3 CALCULO DE RESERVAS DEL RESERVORIO VERDUN EN EL YACIMIENTO CALAMAR**

*El calculo del volumen de reservas es un procedimiento matemático que se hace basándose de información geológica preliminar, pruebas de formación, perfiles eléctricos y datos de producción del yacimiento.*

*Para el estimado de reservas del área en estudio se ha trabajado con el método volumétrico, basándose en el mapa de arena neta petrolífera, mediante el cálculo del volumen de un bloque sólido, tomando en cuenta factores como porosidad, saturación de agua y el factor volumen de formación.*

#### **5.3.1 Cálculo de Arena Neta Petrolífera**

*Para obtener los valores de arena neta petrolífera en el yacimiento calamar se ha considerado lo siguiente:*

- \* *Solo se ha medido espesores de arena en el intervalo de interés, es decir en el Mb. Verdún Inferior.*

*Intervalos de areniscas que muestran buen desarrollo de la curva de SP(potencial espontaneo) en los perfiles eléctricos y con fluorescencia en las muestras, hayan producido o no, esta fluorescencia también es indicada en los registros al momento de la perforación del pozo.*

*\* Se toma también en cuenta intervalos de arenas que han producido o están produciendo actualmente, descontándose aquellos que no tengan fluorescencia o con fluorescencia débil, también si contienen agua.*

*El espesor promedio de Arena neta petrolífera de la formación Verdún es de 90' (ver cuadro N°3), siendo que los mayores espesores de arena neta están en los pozos 1360 y 2501 pertenecientes a los bloques estructurales G y D respectivamente, como se observa en la **Tabla N°1** y en el **gráfico N°8**.*

*El contorneo de los valores de Arena Neta Petrolífera Corregido ha sido hecho tomando en cuenta la estructura previamente realizada en el mapa estructural a líneas rectas (**Mapa N°7**).*

*El Mapa de Arena Petrolífera convencional (**Mapa N°9**) nos muestra las tendencias de la distribución de las arenas petrolíferas Norte-Sur y hacia el NE del Yacimiento Calamar. En este mapa se observa que los espesores de arena neta varían entre 40' y 136'.*

*El Mapa de Arena Neta Corregido (**Mapa N°10**) nos muestra la distribución de los espesores de arena petrolífera por bloques de una Formación.*

*No es posible establecer una relación entre el espesor de arena neta petrolífera y los resultados de producción, ocurre que los mayores espesores no son precisamente los que más han producido, esto es debido a que los mismos tienen alto contenido de finos, lo que influye negativamente en la calidad del reservorio, haciendo más difícil la recuperación del crudo, teniéndose que efectuar trabajos de reacondicionamiento como rebaleos y fracturamiento; este es el caso de los pozos 2501, 2527 y 5773 ubicados al Este del "tren" de mayor recuperación final(**ver mapa de recuperación final**). Los pozos 1533,1361,1587 y 1314 tienen menores espesores de arena neta (**ver mapa de arena neta***

156,000 E

157,000 E

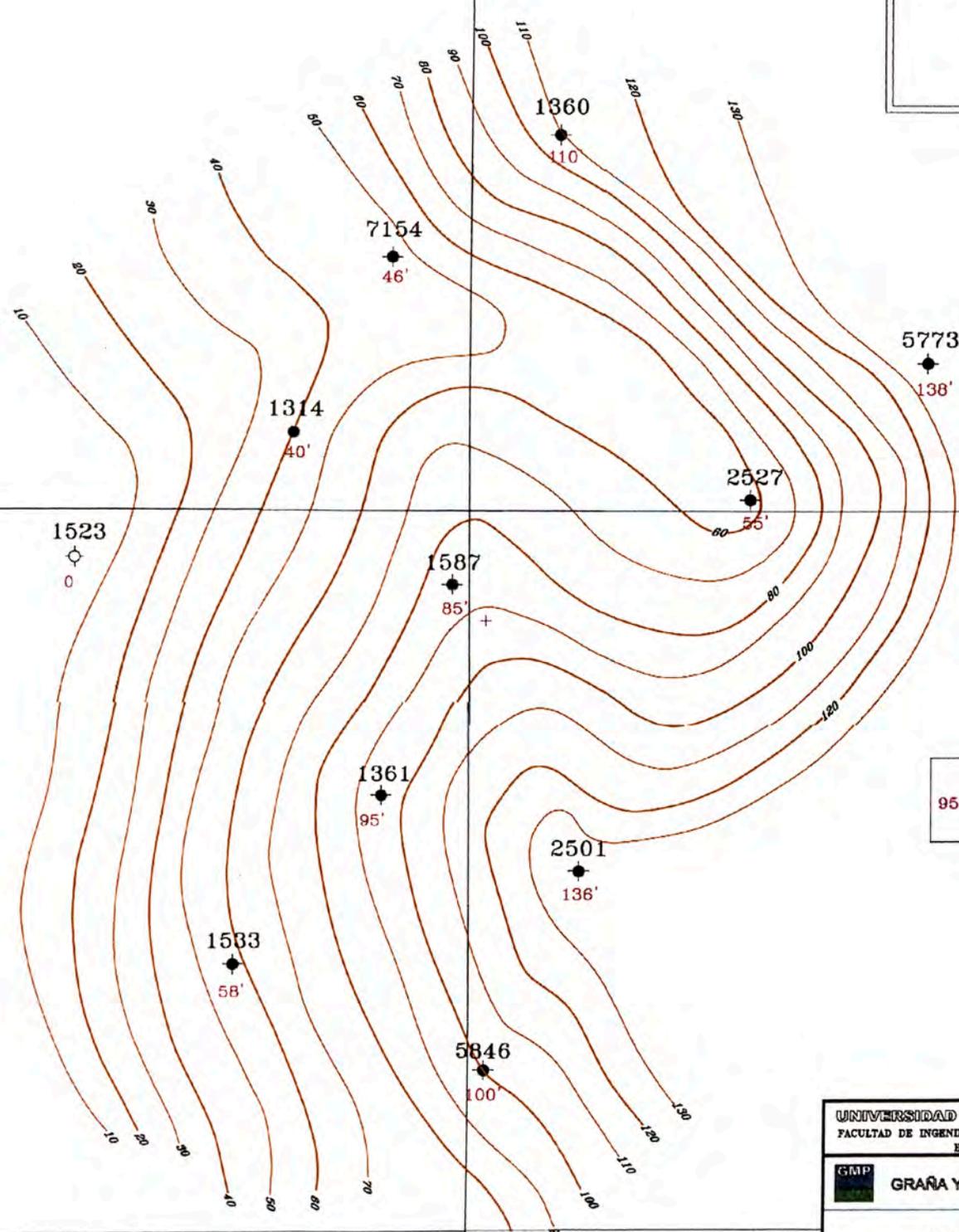
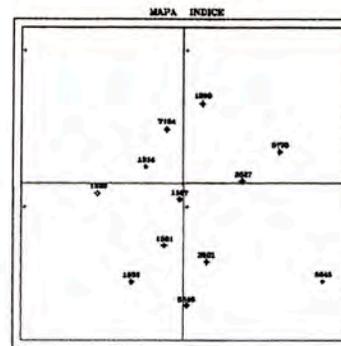
158,000 E

1'626,000 N

1'626,000 N

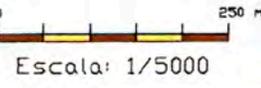
7192

1'625,000 N



**LEYENDA**  
95' Espesor en pies de arena Petrolífera

LIMITE DE LOTE V



|  |                                |         |
|--|--------------------------------|---------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA                     |                                |         |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA |                                |         |
| ESCUELA DE GEOLOGIA                                    |                                |         |
| GMP  | GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A. |         |
| LOTE V   |                                |         |
| YACIMIENTO CALAMAR                                     |                                |         |
| Fm. Verdún   |                                |         |
| MAPA DE ARENA NETA PETROLIFERA CONVENCIONAL            |                                |         |
| TESES DE ING. GEOLOGO                                  | Fecha: OCTUBRE 1999            | MAPA N° |
| BACH. PEDRO PERAZA CHAZQUE                             | Dibujó: J. C. T.               | 9       |

7032

(Prod. por Mogollón)

7029

(Prod. por Mogollón)

LIMITE DE LOTE V

156,000 E

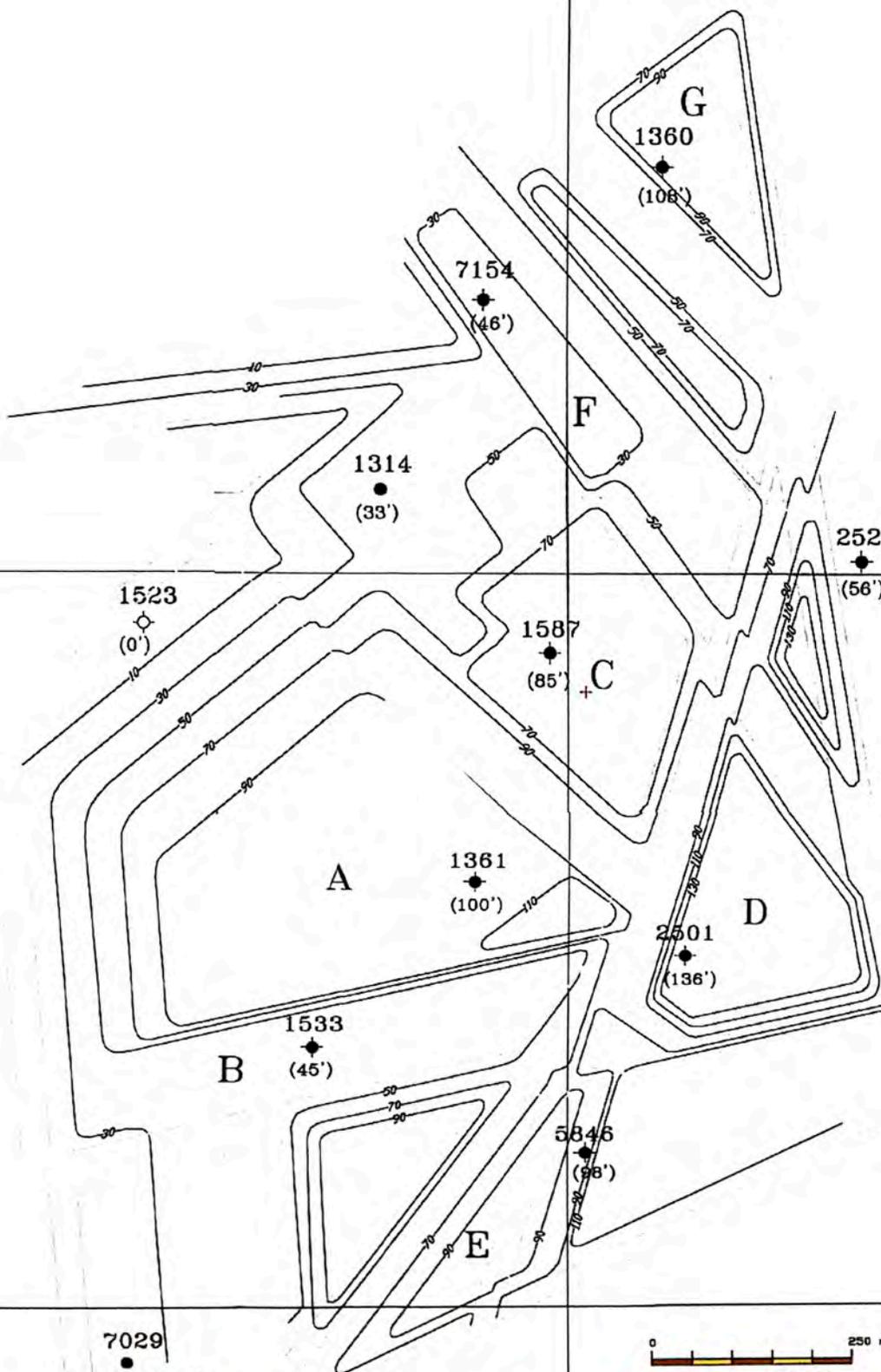
157,000 E

158,000 E

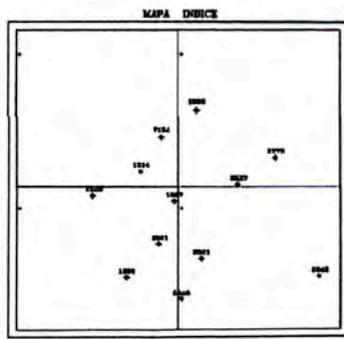
1'627,000 N

1'626,000 N

1'625,000 N



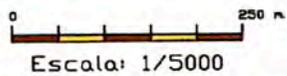
5773  
(136')



5945

(Prod. por Mogollán)

LIMITE DE LOTE V



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

**GMP** GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR  
 Fm. Verdún  
 MAPA DE ARENA NETA PETROLIFERA  
 CORREGIDO

TESIS DE ING. GEOLOGO [Fecha: OCTUBRE 1992] Hoja N° 10  
 TACU RIGBY PERALTA GONZALEZ [Dibujó: J. C. T.]

7192

LIMITE DE LOTE V

### CUADRO N° 3

#### ARENA NETA PETROLIFERA POR POZOS YACIMIENTO CALAMAR

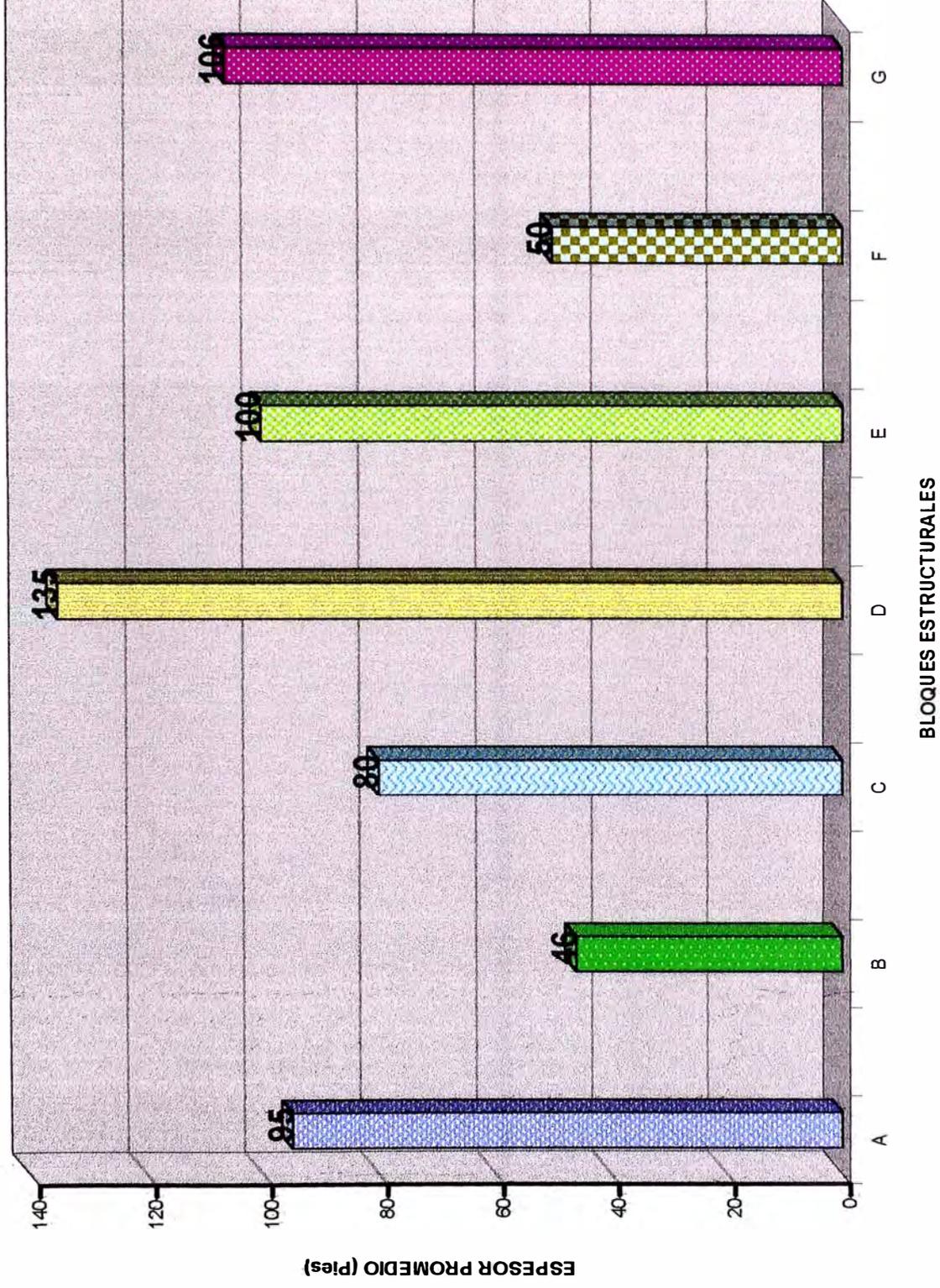
| POZO | Arena Neta<br>Petrolifera(Pies) |
|------|---------------------------------|
| 1314 | 35                              |
| 1360 | 106                             |
| 1361 | 95                              |
| 1523 | 0                               |
| 1533 | 46                              |
| 1587 | 80                              |
| 2501 | 135                             |
| 2527 | 50                              |
| 5773 | 136                             |
| 5846 | 100                             |
| 5945 | 0                               |
| 7154 | 50                              |

**TABLA N°1**

**ARENA NETA PETROLIFERA POR BLOQUES  
YACIMIENTO CALAMAR**

| <b>BLOQUE</b> | <b>Arena Neta<br/>Petrolifera (pies)</b> |
|---------------|--|
| <b>A</b>      | <b>95</b>                                |
| <b>B</b>      | <b>46</b>                                |
| <b>C</b>      | <b>80</b>                                |
| <b>D</b>      | <b>135</b>                               |
| <b>E</b>      | <b>100</b>                               |
| <b>F</b>      | <b>50</b>                                |
| <b>G</b>      | <b>106</b>                               |

# ARENA NETA PROMEDIO



*convencional) pero estas son mas limpias (menor contenido de finos), asegurando una optima recuperación de petróleo.*

### **5.3.2 Volumen de Petróleo Insitu**

*Es la cantidad de petróleo existente en el reservorio y esta expresado en barriles a condiciones atmosféricas.*

*Se hace teniendo en cuenta el mapa de Arena Neta Petrolífera corregido con el Mapa Estructural a líneas rectas, este volumen de roca reservorio se da en acres-pie; para ello es necesario contornear el espesor de arena neta petrolífera que encierra un área del reservorio del mismo espesor, del mismo modo calculamos para el área continua, de esta manera teniendo estos dos valores y conociendo el espesor de la arena neta petrolífera procedemos a utilizar las siguientes ecuaciones:*

*Piramidal:*

$$V = (h/3)[A_n + A_{n+1} + (A_n A_{n+1})^{1/3}]$$

*Trapezoidal:*

$$V = (h/2)[A_n + A_{n+1}]$$

*Donde:*

*h :Espesor de Arena Neta Petrolífera*

*n: Primer Intervalo*

*n+1: intervalo consecutivo*

*Teniendo en cuenta que la relación entre dos áreas consecutivas es menor que 0.5 se emplea la ecuación piramidal, en caso contrario el Trapezoidal. Ver tabla N°2.*

TABLA N°2

CALCULO DEL VOLUMEN DE ARENA NETA PETROLIFERA

| BLOQUE | CONTORNO<br>(pies) | Espesor o altura<br>prom.(pies) | AREA<br>(pies <sup>2</sup> ) | AREA<br>(acres) | DIF. AREA<br>(acres) | VOLUMEN<br>(acres-pie) |
|--------|--------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|
| A      | 0                  | 0                               | 3105928                      | 71,3            | 71,3                 | 0                      |
|        | 70                 | 35                              | 2690375                      | 61,8            | 9,5                  | 334                    |
|        | 90                 | 80                              | 2370566                      | 54,4            | 7,3                  | 587                    |
|        | 110                | 100                             | 67970                        | 1,6             | 52,9                 | 5286                   |
|        | 110                | 110                             |                              |                 | 1,6                  | 172                    |
|        |                    |                                 |                              |                 | <b>Total</b>         | = 6379                 |
| B      | 0                  | 0                               | 1336571                      | 30,7            | 30,7                 | 0                      |
|        | 50                 | 25                              | 1191891                      | 27,4            | 3,3                  | 83                     |
|        | 55                 | 52                              |                              | 0,0             | 27,4                 | 1414                   |
|        |                    |                                 |                              |                 | <b>Total</b>         | = 1497                 |
| C      | 0                  | 0                               | 1075660                      | 24,7            | 24,7                 | 0                      |
|        | 70                 | 35                              | 660453                       | 15,2            | 9,5                  | 334                    |
|        | 80                 | 73                              |                              |                 | 15,2                 | 1112                   |
|        |                    |                                 |                              |                 | <b>Total</b>         | = 1445                 |
| D      | 0                  | 0                               | 1117689                      | 25,7            | 25,7                 | 0                      |
|        | 90                 | 45                              | 770554                       | 17,7            | 8,0                  | 359                    |
|        | 110                | 100                             | 585597                       | 13,4            | 4,2                  | 425                    |
|        | 130                | 120                             | 422108                       | 9,7             | 3,8                  | 450                    |
|        | 135                | 132                             |                              | 0,0             | 9,7                  | 1276                   |
|        |                    |                                 |                              |                 | <b>Total</b>         | = 2509                 |
| E      | 0                  | 0                               | 728456                       | 16,7            | 16,7                 | 0                      |
|        | 70                 | 35                              | 517852                       | 11,9            | 4,8                  | 169                    |
|        | 90                 | 80                              | 241724                       | 5,5             | 6,3                  | 507                    |
|        | 100                | 93                              |                              | 0,0             | 5,5                  | 518                    |
|        |                    |                                 |                              |                 | <b>Total</b>         | = 1194                 |
| F      | 0                  | 0                               | 952719                       | 21,9            | 21,9                 | 0                      |
|        | 30                 | 15                              | 298232                       | 6,8             | 15,0                 | 225                    |
|        | 50                 | 40                              | 800789                       | 18,4            | 11,5                 | 461                    |
|        | 50                 | 50                              |                              |                 | 18,4                 | 919                    |
|        |                    |                                 |                              |                 | <b>Total</b>         | = 1606,0               |
| G      | 0                  | 0                               | 655660                       | 15,1            | 15,1                 | 0                      |
|        | 70                 | 35                              | 480416                       | 11,0            | 4,0                  | 141                    |
|        | 90                 | 80                              | 360226                       | 8,3             | 2,8                  | 221                    |
|        | 106                | 95                              |                              | 0,0             | 8,3                  | 788                    |
|        |                    |                                 |                              |                 | <b>Total</b>         | = 1150                 |

*La razón de áreas es:*

$$Ra = (A_n + A_{n+1})/A_n$$

*Donde:*

*A<sub>n</sub>: Área del primer intervalo*

*A<sub>n+1</sub>: Área del intervalo consecutivo*

*Teniendo el volumen de la roca reservorio, transformamos este valor en barriles indicado en la tabla N°3, usando la siguiente formula:*

*Volumen de Petróleo In Situ: 7758xVxØxSo*

*Volumen de Petróleo STB: [7758xVxØxSo]/Bo*

*Donde:*

*V: Volumen de roca reservorio (acres-pie)*

*Ø: Porosidad*

*So: Saturación de Petróleo*

*Bo: Factor volumen de formación*

*7758: Factor de conversión a barriles*

*STB: Barriles de Petróleo en el tanque*

*De los bloques calculados se tiene:*

*Volumen de Petróleo In Situ: 7251340.50 Bls.*

*Volumen de Petróleo STB: 6042783.78 Bls.*

*El volumen de petróleo STB calculado, representa el volumen de petróleo que será recuperado en superficie. En el Gráfico N°9 podemos apreciar de que en los bloques A, y D se encontrarán los mayores volúmenes.*

TABLA N° 3

CALCULO DE VOLUMEN DE PETROLEO STB

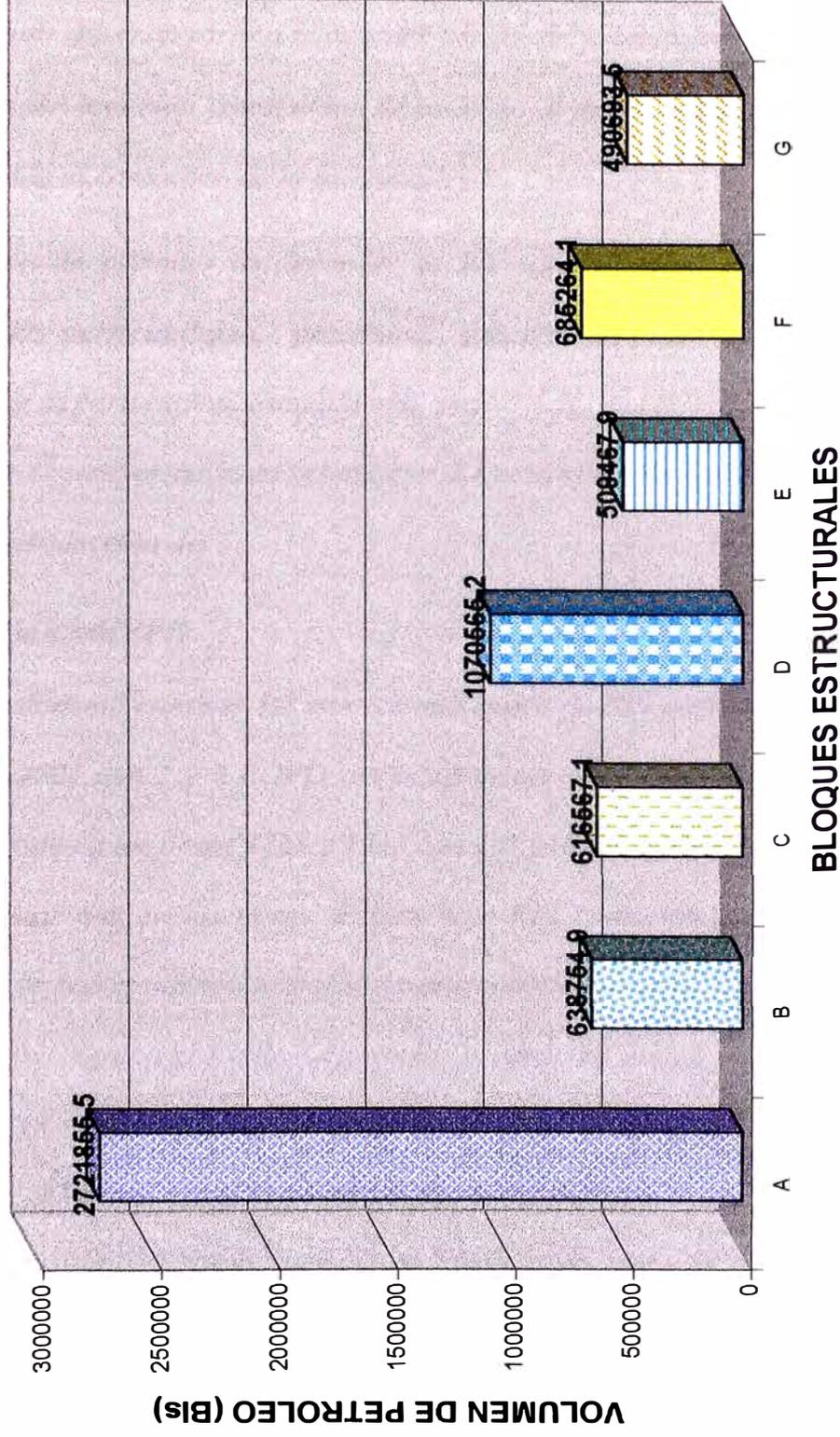
| BLOQUE | VOLUMEN<br>(Acre-Pies) | CONSTANTE<br>DE CONVER. | Sw   | POROSIDAD | So   | VOL. PETROL<br>In Situ (Bls) | Bo  | VOL. PETROL.<br>STB (Bls) |
|--------|------------------------|-------------------------|------|-----------|------|------------------------------|-----|---------------------------|
| A      | 6379                   | 7758                    | 0,45 | 0,12      | 0,55 | 3266226,6                    | 1,2 | 2721855,5                 |
| B      | 1497                   | 7758                    | 0,45 | 0,12      | 0,55 | 766505,9                     | 1,2 | 638754,9                  |
| C      | 1445                   | 7758                    | 0,45 | 0,12      | 0,55 | 739880,5                     | 1,2 | 616567,1                  |
| D      | 2509                   | 7758                    | 0,45 | 0,12      | 0,55 | 1284678,252                  | 1,2 | 1070565,21                |
| E      | 1194                   | 7758                    | 0,45 | 0,12      | 0,55 | 611361,4                     | 1,2 | 509467,9                  |
| F      | 1606                   | 7758                    | 0,45 | 0,12      | 0,55 | 822317,0                     | 1,2 | 685264,1                  |
| G      | 1150                   | 7758                    | 0,45 | 0,12      | 0,55 | 588832,2                     | 1,2 | 490693,5                  |

$$So = 1 - Sw$$

Volumen de Petroleo In Situ = 7758x PorosidadxSo(Sat. Petroleo) xVol. De arena neta(acre-pie)

Volumen de Petroleo STB = Volumen de Petroleo In Situ / Factor Volumen de formación(Bo)

# VOLUMEN DE PETROLEO STB POR BLOQUES



## **MAPAS DE ISOPRODUCCION**

*Los Mapas de isoproducción muestran las tendencias de la producción que van a determinar las áreas con mayor y menor producción de petróleo, así como el comportamiento del reservorio a través del tiempo de producción. Estos mapas de isoproducción han sido construidos de acuerdo al mapa estructural a líneas rectas siguiendo el contorno de la producción.*

*La producción de petróleo va depender de las características del reservorio como son la permeabilidad, porosidad, tamaño de reservorio, sección atravesada, de la perforación, estimulación, etc.*

*Para conocer el comportamiento productivo del reservorio se han elaborado los mapas de isoproducción de:*

### **\* Producción inicial(RPI)**

*En el Yacimiento calamar los valores más bajos de RPI corresponden a los pozos 1360 y2501 con 2 y 3 BOPD respectivamente y los valores más altos de RPI corresponden a los pozos 1361 y 1533 con 201 y108 BOPD respectivamente. Cabe mencionar que en los pozos de mas bajo RPI como los indicados en el cuadro N°4, se han realizado trabajos de reacondicionamiento(Work Over) del intervalo de interés con el fin de mejorar la producción inicial del pozo, como por ejemplo en el pozo 1360, se rebaleo y fracturo el intervalo 3297'-2847', mejorándose el RPI de 2 BOPD a un RPR de 106 BOPD .*

*Los Valores de RPI son puramente estadísticos, ya que este valor depende mucho del tipo de fluido, de la energía interna del reservorio, de los trabajos de completación, de la calidad del cemento usado en los pozos, del tipo de fracturamiento, bombeo, etc.*

## CUADRO N° 4

### DATOS DE PRODUCCIÓN DE LA Fm. VERDUN YACIMIENTO CALAMAR

| POZO | RPI<br>BOPD | RPR<br>BOPD | Prod. ACUMULADA<br>1er AÑO DE PROD.<br>(Bls) | ACUMULADO<br>TOTAL<br>(Bls) | RECUPERACION<br>FINAL<br>(Bls) |
|------|-------------|-------------|--|-----------------------------|--------------------------------|
| 1314 | 81x0        | -           | 13777  | 143503                      | 144703                         |
| 1360 | 2X0         | 106x0       | 7445   | 38086                       |                                |
| 1361 | 201x0       | -           | 67070  | 321682                      | 325982                         |
| 1533 | 180x0       | -           | 11609  | 72037                       | 76437                          |
| 1587 | 91x0        | -           | 8493   | 34820                       | 38220                          |
| 2501 | 3x0         | 14x0        | 2775   | 30531                       | 34331                          |
| 5773 | 17x15       | -           | 1930   | 5563                        | 6163                           |
| 5846 | 16x0        | -           | 2304   | 29295                       | 35695                          |
| 7154 | 49x0        | -           | 5750   | 11799                       | 19299                          |

*Por lo tanto estos nos van a servir de indicadores pero no van a determinar la producción acumulada, ni final del reservorio.*

**\* Acumulado al primer Año**

*Este mapa nos muestra la tendencia de producción de petróleo al primer año de producción. En el mapa N° 11 se observa que los mayores valores de producción acumulada al primer año se tienen en los pozos 1361, 1314 y 1533 con 321,682; 143,503; 72,037 Bls de petróleo respectivamente.*

**\* Acumulado Total**

*Este mapa nos muestra la tendencia de producción acumulada a la fecha de Diciembre del 98, cuyos valores varían de 5563Bls a 321682Bls, donde el pozo 1361 continúa siendo el de mayor producción acumulada (Ver Mapa N°12).*

*Las tendencias de las curvas de producción de cada pozo van a ir variando de acuerdo a los diferentes retrabajos efectuados en cada pozo con el fin de aumentar la producción y el tiempo de vida del Reservorio.*

*Los mapas isoproductivos al primer año y acumulado muestran una clara conformidad en el comportamiento productivo, esto es, las características de la producción al primer año han tenido un carácter definitorio de la tendencia de la historia productiva del yacimiento (ver gráfico N°10), esta tendencia tiene una orientación SE – NW (ver mapas de isoproducción), siendo los pozos 1361, 1314 y 1533 los de mayor producción y los que definen la tendencia general de isoproducción.*

**\* Mapa de Recuperación final**

*Se ha elaborado un mapa de recuperación final para el yacimiento Calamar (ver mapa N°13). Las recuperaciones oscilan entre 6163Bls y 325982Bls, correspondientes a los pozos 5773 y 1361. Estos resultados han sido obtenidos*

156,000 E

157,000 E

158,000 E

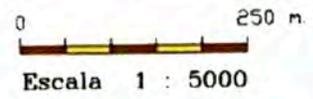
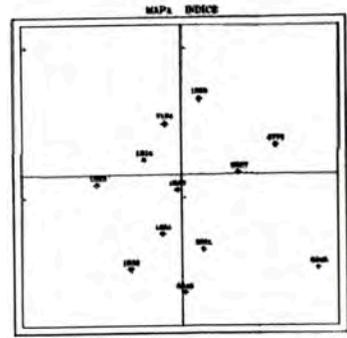
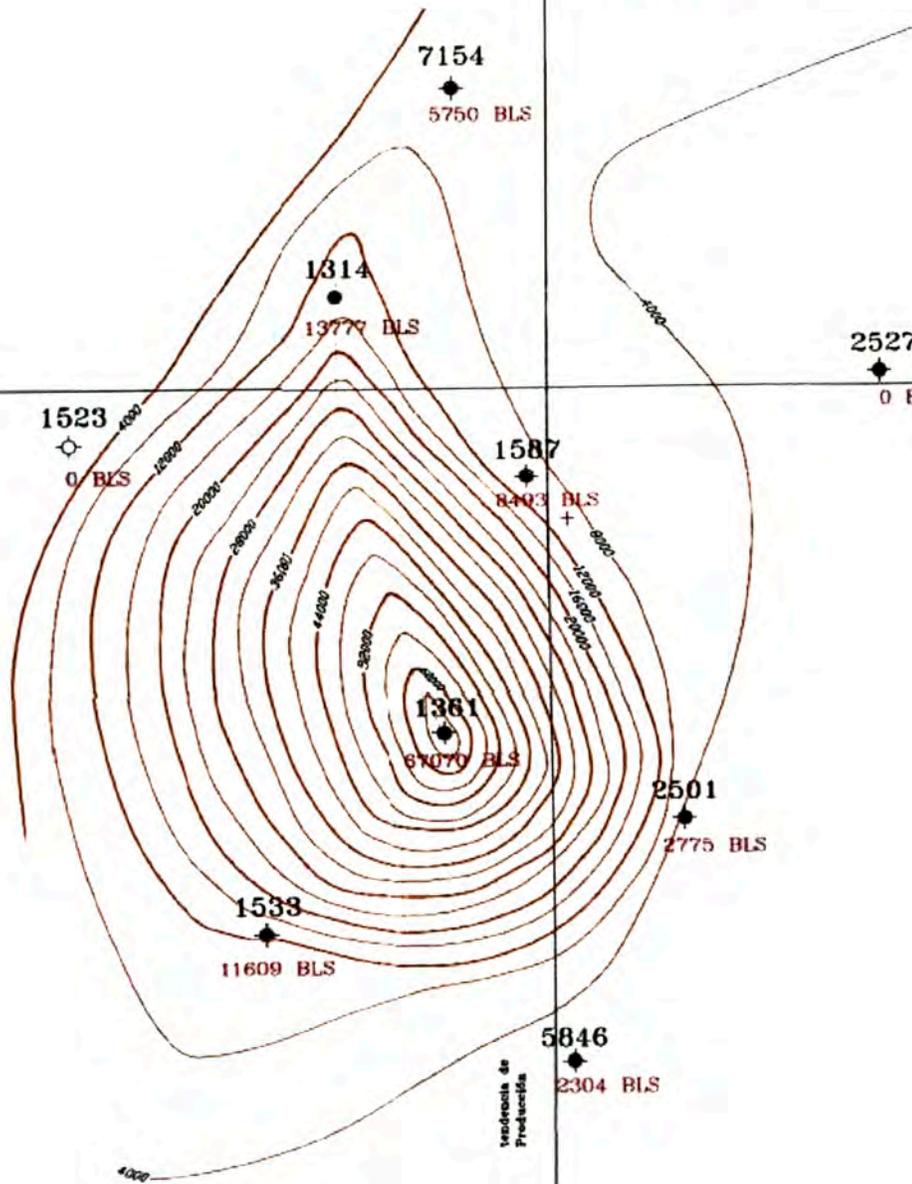
1'627,000 N

1'626,000 N

1'625,000 N



LIMITE DE LOTE V



|  |                                |
|--|--------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA                     |                                |
| FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA |                                |
| ESCUELA DE GEOLOGIA                                    |                                |
| GMP  | GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A. |
| LOTE V   |                                |
| YACIMIENTO CALAMAR                                     |                                |
| Fm. Verdún   |                                |
| MAPA DE ISOPRODUCCION                                  |                                |
| ACUMULADO AL 1er. AÑO                                  |                                |
| TECNOLOGIA DE INGENIERIA GEOLOGICA                     | Fecha: OCTUBRE 1999            |
| MAON: ROBERT PERALTA CHAVEZ                            | Impr: JCT                      |
| Hoja N°  | 11                             |

LIMITE DE LOTE V

7192  
○

156,000 E

157,000 E

158,000 E

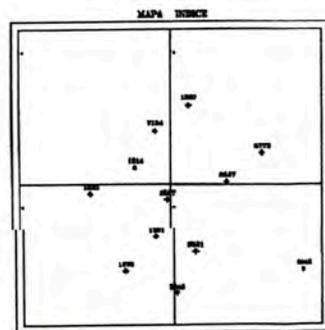
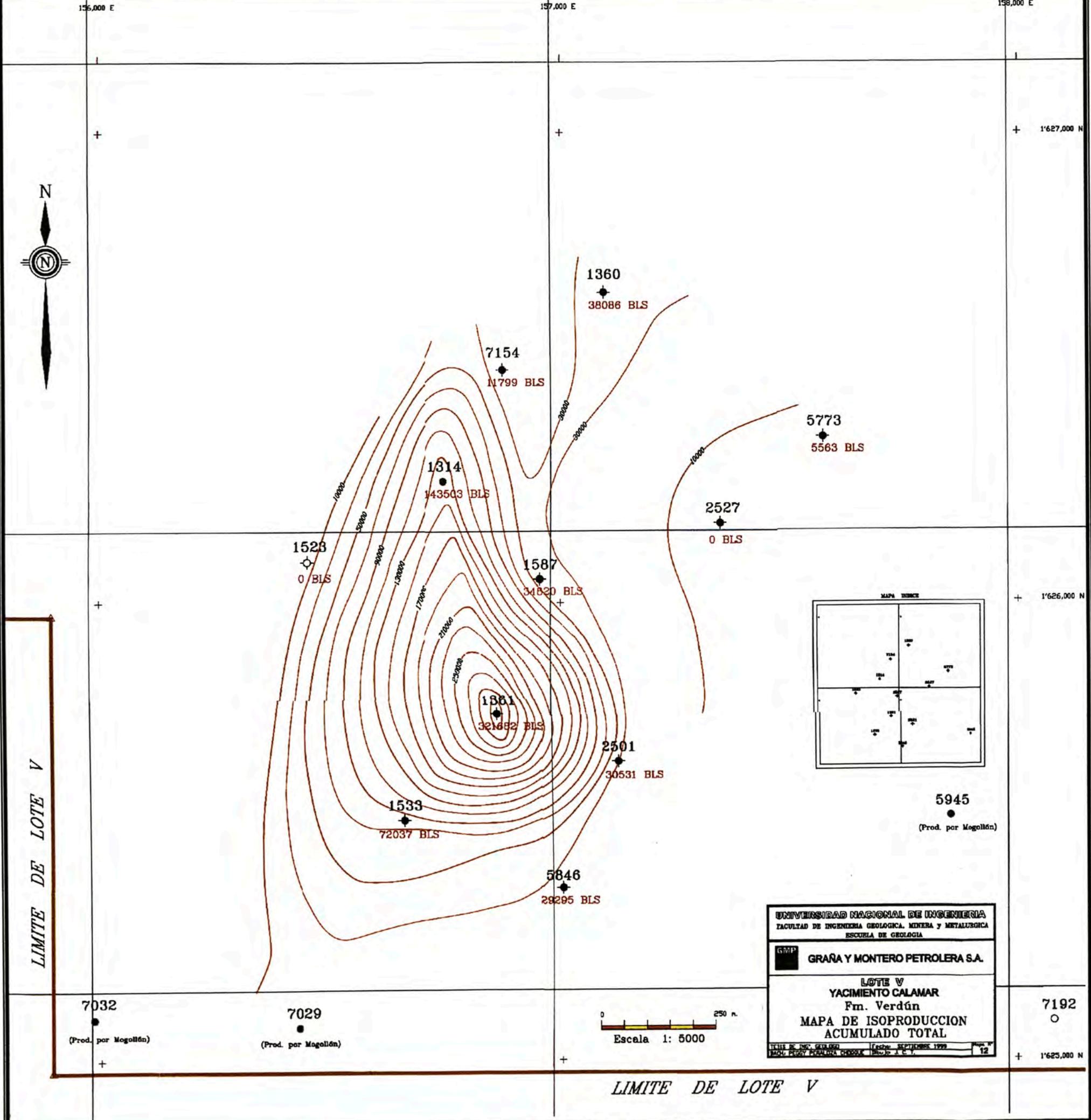
1'627,000 N

1'626,000 N

1'625,000 N



LIMITE DE LOTE V

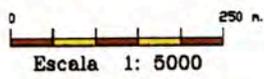


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

GMP GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR  
 Fm. Verdún  
 MAPA DE ISOPRODUCCION  
 ACUMULADO TOTAL

ESTADO DE INIC. GEOLOGICA [Fecha: SEPTIEMBRE 1999] Hoja N° 12  
 ESCALA 1:5000



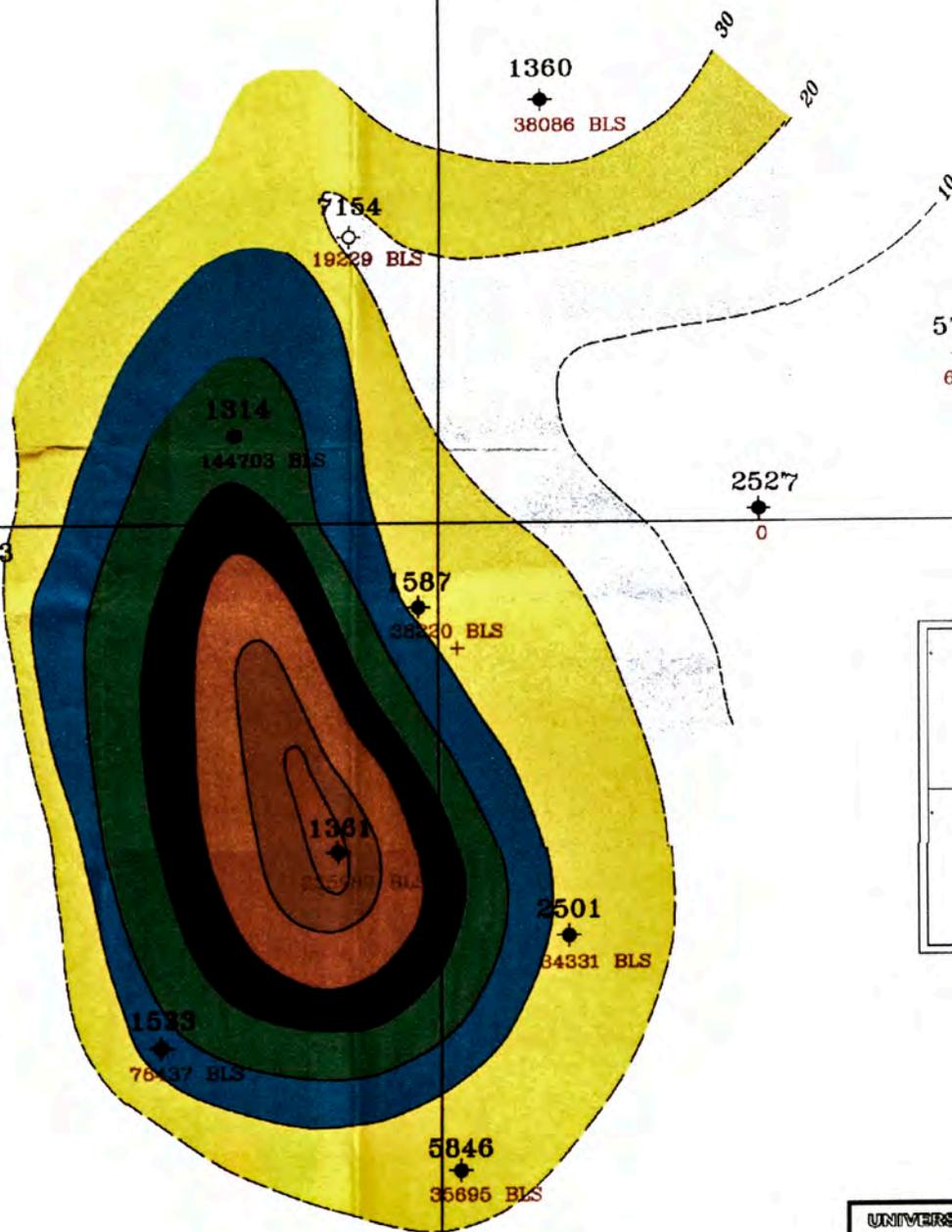
LIMITE DE LOTE V

135,000 E

137,000 E

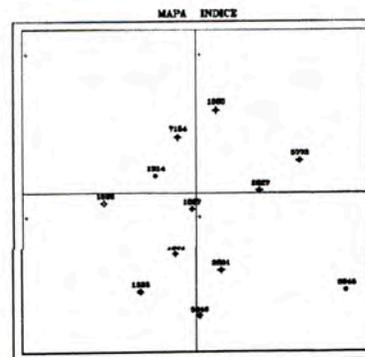
139,000 E

1'627,000 N



## LEYENDA

|  |                  |
|--|------------------|
|  | < 20 MBL (miles) |
|  | 20 - 50 MBL      |
|  | 50 - 100 MBL     |
|  | 100 - 150 MBL    |
|  | 150 - 200 MBL    |
|  | 200 - 250 MBL    |
|  | 250 - 300 MBL    |
|  | > 300 MBL        |



5945

(Prod. por Mogollón)

1'626,000 N

LIMITE DE LOTE V

7032

(Prod. por Mogollón)

7029

(Prod. por Mogollón)

0 250 m.

Escala: 1/5000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

GMP

GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V

YACIMIENTO CALAMAR

Fm. Verdún

RECUPERACION FINAL

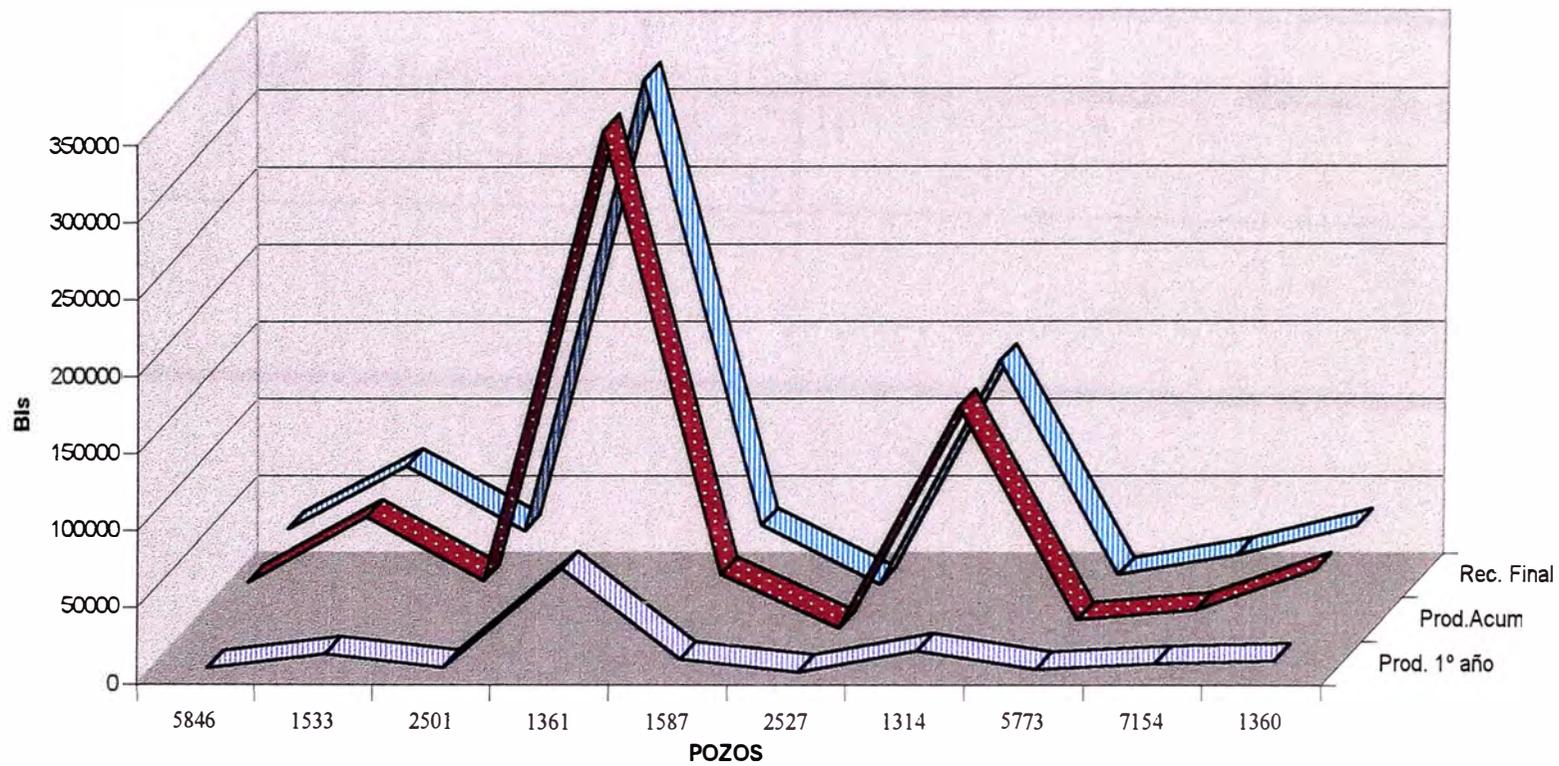
TITULO DE ING. GEOLOGIA Fecha: OCTUBRE 1999  
 INGENIERO EN GEOLOGIA PROFESOR DE TERCER CATEGORIA

7192

1'625,000 N

LIMITE DE LOTE V

## YACIMIENTO CALAMAR FORMACION VERDUN



**Grafico N°10**

*teniendo en cuenta la siguiente relación:*

$$\text{Rec. Final} = \text{Produc. Acum. Total} + \text{Reservas Remanentes}$$

*En la tabla de Datos de producción de la formación Verdún se visualizan mejor dichas recuperaciones.*

*En el mapa se pone de manifiesto una tendencia de máxima recuperación final N-S, la misma que coincide con la zona de mejor calidad de arenas.*

### **5.5 PRESIONES DE RUPTURA**

*Las presiones de ruptura usadas en la estimulación(fracturamiento) del reservorio, guardan una estrecha relación con los datos de producción de crudo y con la calidad de arenas del reservorio. Se verifica muy claramente que las más altas recuperaciones finales están asociadas a los más bajos valores de presiones de ruptura (ver gráfico N° 11), esto puede significar en forma indirecta que a menor presión de ruptura necesaria para el fracturamiento, mejor calidad de arenas(mayor permeabilidad) y por ende mayor recuperación final. Las presiones de ruptura usados en los trabajos de fracturamiento son mayores hacia el Este que es precisamente la dirección en la que ocurre cambio de facies, ya que es hacia esa dirección en la que aumentan los finos (ver Mapa N°14).*

### **5.6 RESERVAS PROBADAS DESARROLLADAS**

*Estos valores son calculados de los intervalos abiertos de los pozos que se encuentran en producción a la fecha del estimado.*

*De los 15 pozos perforados en el Yacimiento Calamar 9 han producido por Verdun, llegándose a obtener una producción acumulada a Diciembre de 1998 de 687316 Bls de Petróleo.*

156,000 E

157,000 E

158,000 E

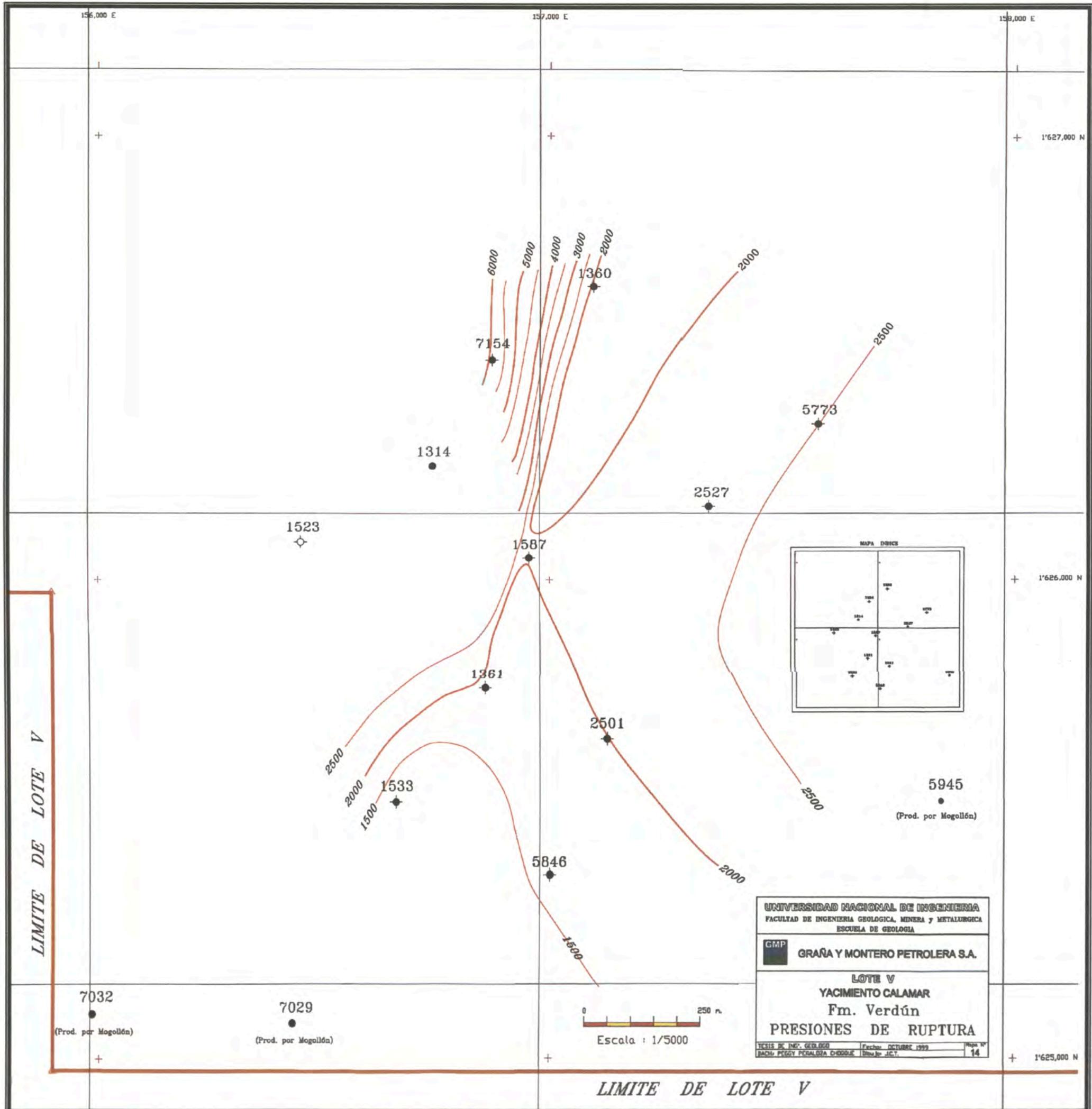
1'627,000 N

1'626,000 N

1'625,000 N

LIMITE DE LOTE V

LIMITE DE LOTE V



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

GMP GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A.

LOTE V  
 YACIMIENTO CALAMAR  
 Fm. Verdún  
 PRESIONES DE RUPTURA

TICIS DE ING. GEOLOGO Fecha: OCTUBRE 1999 Mapa N°  
 BACHU PEGGY PERALDO CHODJE Dibujó: J.C.T. 14

## YACIMIENTO CALAMAR FORMACION VERDUN

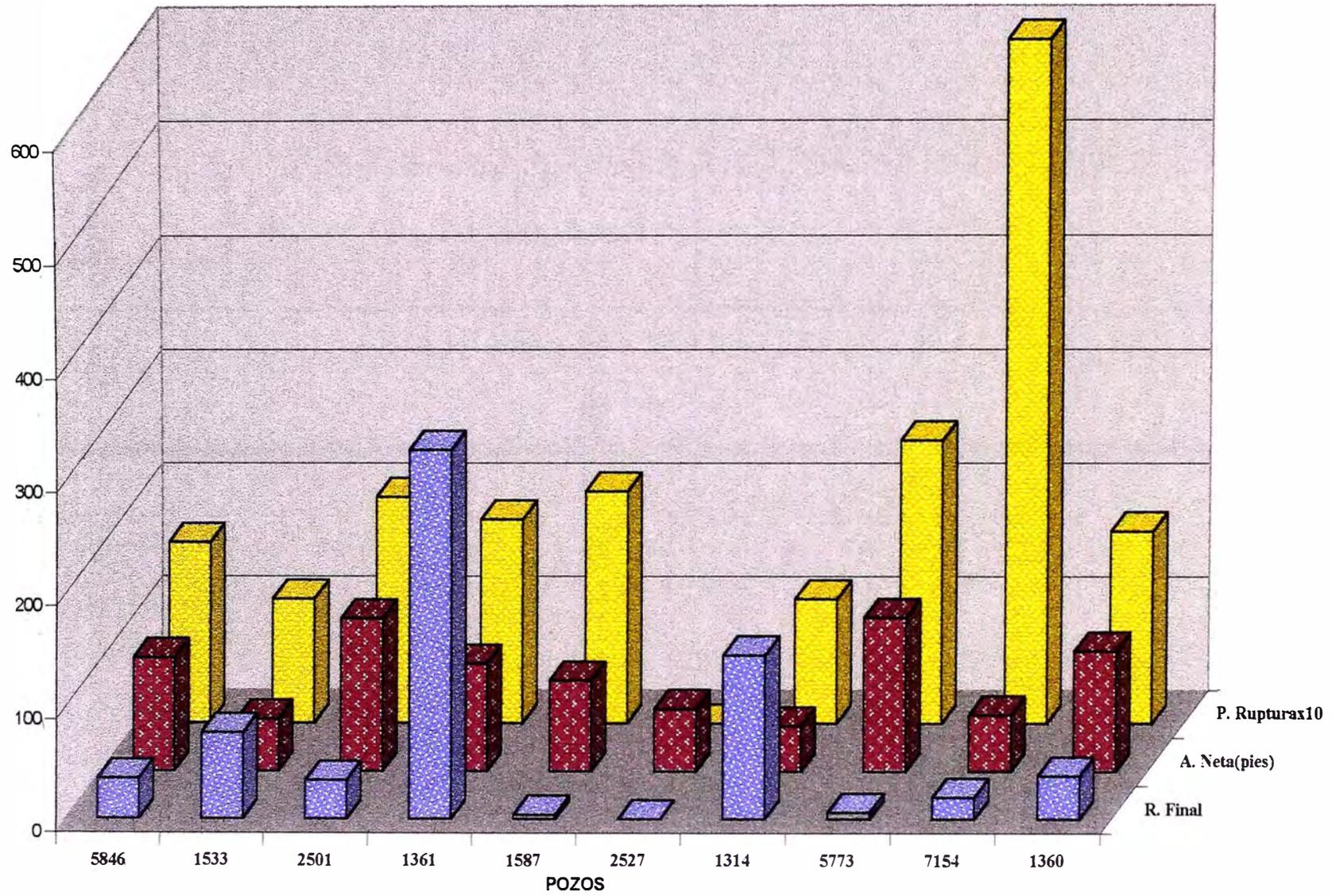


Gráfico N°11

### **5.6.1 Reservas Remanentes**

*Se denomina Reservas remanentes a aquellas que faltan producir de los pozos perforados.*

*Se calculó con el método de curvas de Declinación, estas son curvas de extrapolación de la tendencia del comportamiento productivo del Pozo, tomándose como variables la Producción Acumulada y el tiempo de producción de cada pozo.*

*En la Figura N°23 se observa que para altos regímenes de producción inicial, le corresponde declinaciones igualmente altas, además las declinaciones de producción se van suavizando con el tiempo hasta llegar a tender rectas casi horizontales, que define la parte exponencial de la curva de producción; el punto final de la extrapolación es normalmente el límite económico, que en el área se estimo en 3 BOPD; en el Yacimiento Calamar se ha calculado que las reservas remanentes son de 29600 Bls de Petróleo; el promedio de vida productiva de los pozos dependerá de los diferentes trabajos de reacondicionamiento y rehabilitación que se realice para recuperar mas Petróleo.*

### **5.6.2 Factor de Recuperación (FR)**

*Es un parámetro que nos permite calcular el porcentaje del volumen total del petróleo originalmente acumulado que va poder ser recuperado. Este factor de recuperación esta en función de:*

- Porosidad Promedio del Área.*
- Permeabilidad Promedio.*
- Factor Volumen de Formación*
- Saturación de los fluidos.*

# Pozo 1361 CALAMAR

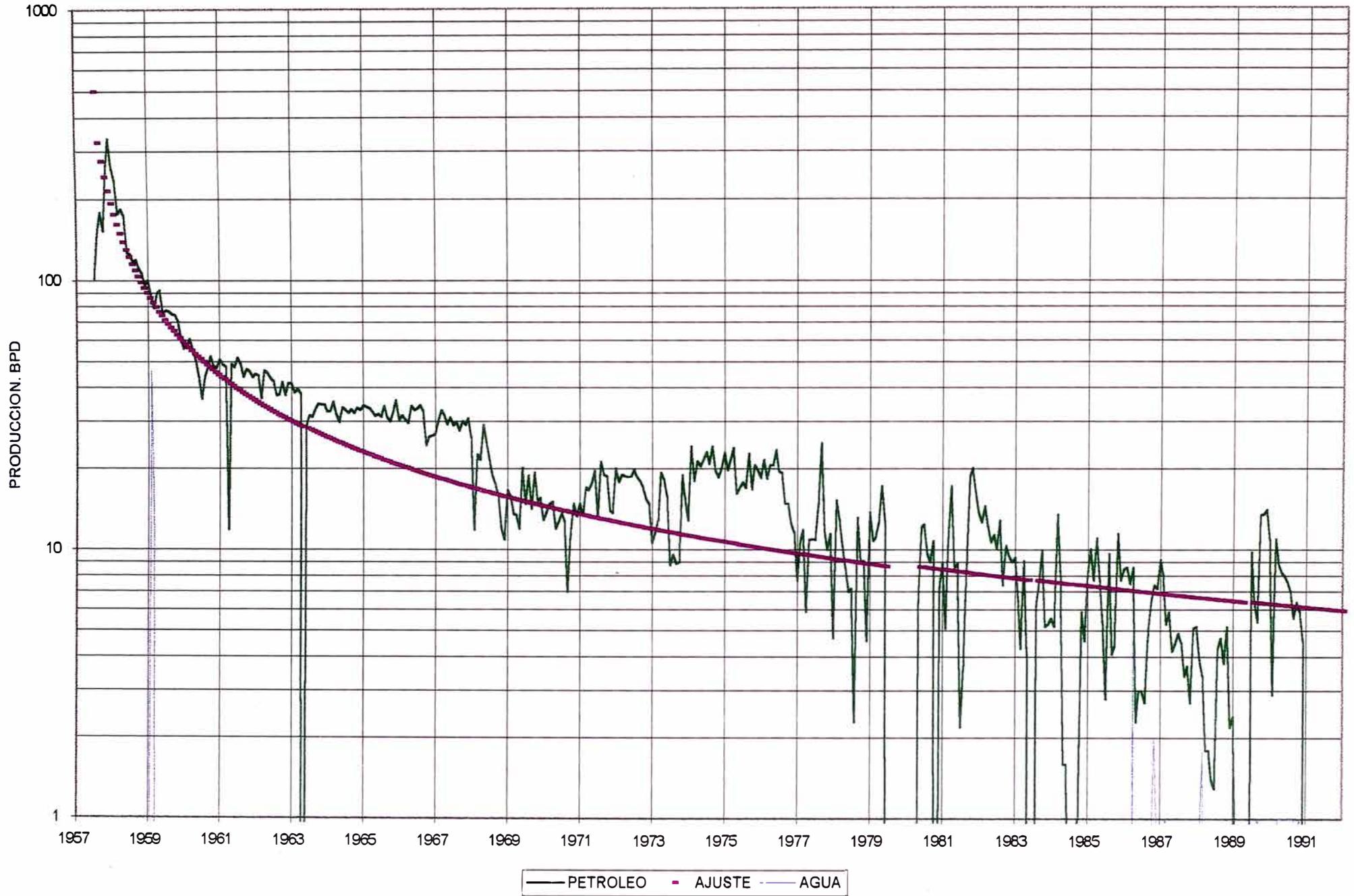


FIGURA N° 23

*El factor de Recuperación se calcula para cada Bloque mediante la siguiente relación:*

$$FR = \frac{\text{Prod. Acumulada}}{\text{Reservas Totales}}$$

*El Factor de recuperación determinado para la formación Verdún es de 12%, sin embargo el Factor de recuperación real promedio es de 7%, que ha sido calculado de la formula anterior para cada bloque(ver tabla N°4), obteniéndose un Factor de Recuperación mínimo de 3% perteneciente al bloque D y un Factor de recuperación máximo de 12% calculado en el Bloque B. Los bajos valores del factor de recuperación se deben a que no se han hecho reacondicionamientos adecuados (muy baja densidades de baleos y fracturamientos) por incrementar los rates de producción,*

*Con fines de calculo del volumen de petróleo que puede ser recuperado se ha utilizado el Factor de recuperación determinado para la Fm. Verdún igual a 12%.*

### **5.6.3 Recuperación Final Primaria**

*Viene a ser el volumen de petróleo a ser recuperado, teniendo como datos los valores de volumen de petróleo en STB y el Factor de Recuperación, utilizando la siguiente formula:*

$$\mathbf{R.F = Vol. Petróleo STB \times F.R}$$

*Para el área de estudio se obtuvo una Recuperación Final de 807980.2 Bls de Petróleo. Si restamos a este Volumen de Petróleo de Recuperación Final el valor de la producción acumulada sumada a las reservas remanentes obtenemos*

**TABLA N° 4**

**CALCULO DEL FACTOR DE RECUPERACION**

| <i>Bloque</i> | <i>Produccion Acumulada(Bls)</i> | <i>Reservas Remanentes(Bls)</i> | <i>Vol. Petrol. STB (Bls)</i> | <i>Fact. Recup. verdadera</i> | <i>Fact. Recup. del Área</i> |
|---------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <i>A</i>      | 321682                           | 4300                            | 2721855                       | 0.12                          | 0.12                         |
| <i>B</i>      | 72037                            | 4400                            | 638755                        | 0.12                          | 0.12                         |
| <i>C</i>      | 34820                            | 3400                            | 616567                        | 0.06                          | 0.12                         |
| <i>D</i>      | 30531                            | 3800                            | 1070565                       | 0.03                          | 0.12                         |
| <i>E</i>      | 29295                            | 6400                            | 509467                        | 0.07                          | 0.12                         |
| <i>F</i>      | 11799                            | 7500                            | 685264                        | 0.03                          | 0.12                         |
| <i>G</i>      | 38086                            | 0                               | 490693                        | 0.08                          | 0.12                         |

PROMEDIO: 0.07 0.12

$$\text{Factor de recuperacion} = (\text{Produ. Acum} + \text{Reservas Remanentes}) / \text{Petrol. In (STB)}$$

**TABLA N° 5**

**RESERVAS PROBADAS NO DESARROLLADAS**

| <b>BLOQUE</b> | <b>Vol. Petro. STB<br/>(Bls)</b> | <b>Factor de Recup.<br/>del Area</b> | <b>Recup.<br/>Prim. (Bls)</b> | <b>Prod. Acum<br/>(Bls)</b> | <b>Reservas<br/>eman.(Bls)</b> | <b>Reserv. Potenciales<br/>No Desarr. (Bls)</b> |
|---------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---|
| <i>A</i>      | 2721855                          | 0,12                                 | 326623                        | 321682                      | 4300                           | 640,6   |
| <i>B</i>      | 638755                           | 0,12                                 | 76651                         | 72037                       | 4200                           | 413,6   |
| <i>C</i>      | 616567                           | 0,12                                 | 73988                         | 34820                       | 3400                           | 35768,0   |
| <i>D</i>      | 1070565                          | 0,12                                 | 128468                        | 30531                       | 3800                           | 94136,8   |
| <i>E</i>      | 509467                           | 0,12                                 | 61136                         | 29295                       | 6400                           | 25441,0   |
| <i>F</i>      | 685264                           | 0,12                                 | 82232                         | 11799                       | 7500                           | 62932,7   |
| <i>G</i>      | 490693                           | 0,12                                 | 58883                         | 38086                       | 0                              | 20797,2   |

**Recuperacion Primaria = Vol. Petrol.STB x Factor Recup.Real**

**Reservas Potenciales No Desarr.= Vol.Petrol.Recup.Prim.- (Prod.Acum+Reservas Remanen.)**

*240129.92 Bls de Petróleo cuyo valor corresponde a las reservas Potenciales no Desarrolladas (Tabla N°5).*

## **5.7 DESARROLLO FUTURO DEL YACIMIENTO**

*Del análisis de los diferentes mapas confeccionados y de las características estratigráficas se concluye que es posible continuar con el desarrollo de un pozo exploratorio en la prolongación Norte del Yacimiento, el mismo que coincide con la tendencia de mayor recuperación final y mejor calidad de arenas del conglomerado Basal de la formación. Verdún. En vista del carácter exploratorio del pozo a perforarse en esta zona, se deberán tener como objetivos a las formaciones Mogollón, Echinocyamus y Verdún, para reducir el riesgo que involucraría perforar por un solo objetivo. De encontrarse una buena sección del conglomerado Basal tendríamos un interesante y nuevo frente de desarrollo de pozos.*

*Actualmente solo los pozos 1314 y 1587 se encuentran abiertos en producción por ello se esta evaluando la posibilidad de reapertura de pozos vecinos con la posibilidad de efectuarse rebaleos y fracturamiento de las arenas basales de la Fm. Verdún, debido a que varios de ellos no se les ha efectuado un adecuado trabajo de baleo y fracturamiento de los intervalos productivos.*

## CONCLUSIONES

- *Los pozos perforados en el lote V atravesaron una secuencia estratigráfica comprendida desde el Eoceno inferior hasta el Pleistoceno, no teniéndose información sobre el basamento, debido a que ningún pozo en el lote llegó a atravesar toda la Fm. San Cristóbal (Eoceno inferior)*
- *La formación Verdún identificada por las características de los perfiles eléctricos y registros litológicos han permitido su división en tres miembros que son Inferior, medio y superior. El miembro inferior es el más importante por ser este el único miembro productor de petróleo y objeto de nuestro estudio, este miembro inferior tiene un espesor máximo de 500 pies, alcanzando la capa basal de este miembro un espesor máximo de 220' pies.*
- *Las secciones estratigráficas nos muestran una tendencia de aumento de los espesores de arenas del miembro inferior con una dirección N - NE*
- *Para el yacimiento Calamar la formación Verdún presenta un espesor real de 1540 pies.*
- *Los estratos de la formación Verdún tienen un rumbo N13°E y 11° de buzamiento al Nor-Oeste.*
- *El área de estudio forma parte del estilo tectónico complejo de la cuenca Talara (bloques fallados normales, producto de esfuerzos tensionales que afectaron a rocas del Cretáceo y Terciario), en el área no se han registrado repeticiones formacionales, además en el levantamiento estructural hecho en el tope del Mbo Inferior de la formación Verdún muestra el estilo de fallas en bloque en la cual el fallamiento varía de 110' a 330' pies de salto vertical.*
- *Se han Identificado 7 bloques estructurales para la formación Verdún en el yacimiento Calamar, el cual presenta dos sistemas principales de fallamiento:*

*Sistema NE-SW (fallas “H” y “C”) y sistema NW-SE (falla “7029” y “B”), además un sistema de fallas menores, probablemente generadas por estas fallas de gran salto ya que este sistema de fallas menores tiene rumbo similar de N45°W, buzando hacia el NE y se ha comprobado la existencia de otras fallas que no pertenecen a los sistemas anteriores (“I”, “A”).*

- *La formación Verdún pertenece al ultimo ciclo sedimentario Eoceno (Ciclo Chira-Verdún), siendo este el primero del ciclo, en el lote V esta formación se encuentra sobreyaciendo en discordancia erosiva a la Fm. Lutitas Talara e infrayaciendo concordante a las Lutitas de la formación Chira*
- *Para el Yacimiento Calamar a partir del análisis perfiles eléctricos se puede decir que el miembro Inferior de la formación Verdún consiste de una secuencia vertical cuya base consiste de conglomerados que van gradando a areniscas, que de acuerdo a la forma que toman las curvas eléctricas (forma acampanada), se trata de una secuencia transgresiva del tipo relleno de canal, y que coinciden con el modelo propuesto por Alfredo Pardo.*
- *De acuerdo con las secciones estratigráficas, mapa de arena neta convencional y de producción, el reservorio Basal de Verdún tiene una forma alargada, similar a la que caracteriza a las depositaciones en canal, podríamos inferir además que el desarrollo del reservorio podría orientarse hacia la parte norte, siguiendo el eje longitudinal N-S y luego hacia el NE de Calamar, ya que esta secuencia muestra un notable cambio hacia el Oeste de donde se registra un incremento del contenido de finos, siendo que en esta misma dirección el espesor total crece, “por lo tanto se podría inferir que es muy probable que exista una barrera de permeabilidad en la dirección en donde se incrementan los finos”*

- *Según el Modelo sedimentario propuesto por el Ing° Alfredo Pardo los sedimentos de la Fm. Verdún se superponen de abajo hacia arriba en secuencia transgresiva, iniciando por ambientes de línea de playa, playa intermareica, barras litorales recortadas por canales de marea.*
- *La posible roca madre que dio origen al petróleo son las formaciones Lutitas Talara, Echinocyamus y parte superior de la Fm. Ostrea, encontrándose el pico de maduración en la Fm. Lutitas Talara (según estudios realizados por la empresa Sojuzkarta en el área de Carpitás-Zorritos).*
- *Los parámetros petrofísicos principales promedios para la formación Verdún son:  
 $S_w=0.45$ ,  $S_o=0.55$ ,  $\phi=0.12$ ,  $K=20$  md*
- *El tipo de hidrocarburo representativo para la formación Verdún en el área de estudio es HCT, de la serie parafínica Naftenica con una gravedad específica de 32° a 35° API.*
- *El entrapamiento que ha permitido el almacenamiento de los hidrocarburos son una combinación de trampas del tipo estructurales y estratigráficas. Sobreyaciendo a la formación Verdún están las lutitas de la Formación Chira e infrayaciendo las Lutitas Talara (T. Estratigráficas) y hacia los laterales tenemos planos de falla, producto de los diferentes eventos tectónicos ocurridos en el área, que impiden el desplazamiento horizontal (T. Estructurales).*
- *Se ha establecido para el yacimiento Calamar un volumen de arena neta Petrolífera de 15780 acres-pie, con un espesor promedio de arena neta petrolífera de 90 pies.*
- *Se ha calculado para la formación Verdún un volumen de petróleo insitu de 8'079,801.8 Bls. y un volumen de petróleo STB de 6'733,168.2 Bls.*
- *El factor de recuperación real es de 7% debido a que en la mayoría de pozos el baleo y fracturamiento (Work over) no ha sido adecuado, verificándose de que en*

*los pozos en los cuales si se han efectuado un adecuado baleo y fracturamiento como es en el caso del pozo 1361, se ha obtenido una buena recuperación de Petróleo. Para efectos de cálculo se ha asumido un factor de recuperación teórico de 12%.*

- *Se ha estimado una recuperación final primaria de 807,979.92 Bls.*

## **RECOMENDACIONES**

- *El futuro Desarrollo de la Fm. Verdún se justificara ubicando pozos con estudios previos de sísmica y con muy buen control estructural, además las futuras ubicaciones deberán tener como objetivos a la Fm. Verdún, Echinocyamus y Verdún para reducir el riesgo que involucra perforar por un solo objetivo.*
- *De las características estratigráficas y del análisis de los diferentes mapas confeccionados, se recomienda que el desarrollo de desarrollo debe orientarse hacia la parte Norte siguiendo el eje longitudinal Norte – Sur y luego hacia el Noreste de Calamar.*
- *Los resultados de perforaciones hacia el Sur indican que no es conveniente el desarrollo hacia ese sector, debido a que presentan alto riesgo estructural y altas saturaciones de agua.*
- *Se recomienda evaluar trabajos futuros de reacondicionamientos en los pozos 2501, 2527 y 5773 que presentan buen desarrollo de arenas y además presentan buena fluorescencia, recomendándose mayor densidad de baleo y fracturamiento, teniendo como ejemplo que en pozos donde si se ha tenido una alta densidad de baleo, el régimen de producción ha sido favorable como es el caso del pozo 1361.*
- *Identificar intervalos con buen desarrollo de arenas y fluorescencia que aún no han sido abiertos*

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **ALFRED, G. FISHER**                      “DESARROLLO GEOLOGICO DEL NOROESTE  
PERUANO DURANTE EL MESOZOICO”  
**BOLETIN DE LA SOCIEDAD GEOLOGICA DEL  
PERU. Vol. 30 (1956)**
  
- **GMP S.A**                                      “EVALUACION GEOLOGICA Y FACTIBILIDAD  
DE DESARROLLO ADICIONAL EN EL LOTE V”
  
- **GONZALES, GROVER**                      “CICLOS DE SEDIMENTACION EN EL EOCENO  
DE LA CUENCA TALARA”  
**BOLETÍN DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DEL  
PERU. Vol. 51 (1976)**
  
- **INGEMMET**                                      “CARTA GEOLÓGICA NACIONAL”  
**BOLETÍN N°55**
  
- **LEVORSEN, A. I.**                              “GEOLOGÍA DEL PETROLEO”, 1973
  
- **NUÑEZ DEL PRADO**                      “EL Terciario en la cuenca Talara”  
**BOLETÍN DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DEL  
PERU, VOL 78.**
  
- **PARDO, ALFREDO**                      “CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLOGICAS DE  
LA FORMACIÓN VERDUN”  
**AREA CARPITAS CIA. GMP S.A. 1993**

- **DELGADO, MARCO A.**  
**ARDILES V., CESAR**  
  
“ANÁLISIS TECTONO SEDIMENTARIO DEL  
EOCENO MEDIO-SUPERIOR DEL AREA NORTE  
DE LA CUENCA TALARA NOROESTE DEL  
PERU”  
  
**BOLETÍN SOCIEDAD GEOLÓGICA DEL PERU.  
VII CONGRESO PERUANO DE GEOLOGÍA.**
- **SANZ, VICTOR**  
  
“GEOLOGÍA Y POTENCIAL HIDROCARBURIFERO  
DE LA REGION MANCORA-TUMBES”  
  
**TESIS DOCTORAL 1988**
- **SOJUZKARTA -V**  
  
“ESTUDIO FOTOGEOLOGICO, GEOLÓGICO Y  
GEOQUIMICO, AREA CARPITAS”  
  
**GMP S.A. 1991**

# EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LA FORMACIÓN VERDUN EN EL YACIMIENTO CALAMAR - LOTE V

## Fe de Erratas

### Página 41

litología del Mb. Verdún Inferior

Dice: Con un espesor promedio de 550' y esta conformada por **tres capas** o secuencias bien definidas....

Debe decir: Con un espesor promedio de 550'y esta conformada por **cuatro capas** o secuencias bien definidas....

### Página: Recomendaciones

Dice: ..... además las futuras ubicaciones deberán tener como objetivos a la Fm. Verdún, Echinocyamus y Verdún para reducir.....

Debe decir: ..... además las futuras ubicaciones deberán tener como objetivos a la Fm. Verdún, Echinocyamus y **Mogollón** para reducir.....