

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA**



"ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCIARIAS A PARTIR DE REGISTROS SONICOS DEL LOTE 1AB CUENCA MARAÑON - NOR ORIENTE PERUANO"

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEOLOGO**

JUAN FRANCISCO CHUNG CHING

LIMA-PERU

1995

A mis Padres:

SIPJI y ÑUCMOY

*Excelentes Amigos y Maestros,
Silenciosos e Incansables luchadores en la Vida,
Ejemplo de Honestidad, Constancia, Disciplina y Trabajo,*

*Para ellos les dedico esta tesis como muestra de mi infinito
Cariño y eterno Agradecimiento a su Invalorable
Sacrificio en construir con Teson
nuestra Gran Familia.*

A mis Hermanos:

Esperanza, María Eugenia, Luz María,

Augusto, Luis, Juana María, Angel,

César, Ricardo, María Isabel,

María Luisa, Jorge y Jesús

Amigos de toda la vida,

consejeros, críticos y entusiastas,

apoyo constante en los vaivenes de la vida,

comparto con ellos una herencia común de nobles principios e ideales.

Para ellos, les dedico esta tesis por su constante apoyo y paciencia.

我於數年前考進本京工程大學賴父
母督促匡扶幸能如期畢業，然學海深淵
渺若止境，尚望我賢師良友並高明之士
時賜指導能於百尺竿頭再進一步感德靡
既耳。

鍾嘉良謹識

一九九五年八月

AGRADECIMIENTOS

Concluir la presente tesis, hubiese sido muy difícil sin el apoyo de innumerables personas, mencionar a cada uno de ellos, sería correr el riesgo de omitir involuntariamente a alguno, solo encuentro una forma de hacerlo:

A la Universidad Nacional de Ingeniería, que permitió forjarme como profesional dentro de sus aulas.

A Occidental Petroleum Corporation of Peru (OXY), por brindarme el apoyo en la realización de la presente tesis.

A todas las personas quienes conforman el Departamento de Exploración por su constante apoyo, asesoría, correcciones y críticas.

A los asesores de la presente tesis por sus observaciones y tiempo dedicado.

En general a todas las personas quienes de una u otra forma hicieron posible la realización de la presente tesis, amigos, colegas, docentes, etc. y en especial al Ing. Victor Lay Biancardi por el apoyo constante y confianza en los jóvenes estudiantes. A todos ellos, mis mas sincero agradecimiento.

CONTENIDO GENERAL

AGRADECIMIENTOS

1.0	RESUMEN	5
2.0	INTRODUCCION	8
3.0	GENERALIDADES	10
3.1	Ubicación del área de estudio	10
3.2	Objetivos	12
3.3	Metodología de trabajo	12
3.4	Revisión de trabajos previos	15
4.0	ESTRATIGRAFIA GENERALIZADA DEL Terciario en la Cuenca Marañón	17
4.1	Fm. Huchpayacu	19
4.2	Fm. Casa Blanca	21
4.3	Fm. Yahuarango	22
4.4	Fm. Pozo	23
4.5	Fm. Chambira	24
4.6	Fm. Pebas	25
4.7	Fm. Marañón	26
4.8	Fm. Corrientes.	27
5.0	RASGOS TECTONICOS Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA MARAÑÓN	28
6.0	PRINCIPIOS TEORICOS DEL ANALISIS DE VELOCIDAD	34
6.1	Impedancia acústica y coeficiente de reflexión	34
6.2	Métodos de medición de velocidades	35
6.2.1	El registro sísmico	36
A)	Principios	36
B)	Presentación de los registros	39
C)	Equipos utilizados	39
6.2.2	Los registros de velocidad en pozo (Well Velocity Survey)	40
A)	Cálculo de velocidades y correcciones al Datum sísmico	43
B)	Funciones de Velocidad	44
6.2.3	Líneas sísmica	47
A)	Fuentes de energía	48
B)	Receptores	48
C)	Registro	50
6.3	Los sismogramas sintéticos	50
6.3.1	Confeción de un sismograma sintético	51

7.0	ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCIARIAS	54
7.1	Cálculo de velocidades en registros sísmicos	55
7.1.1	Análisis y método utilizado	56
7.1.2	Correlación de secciones	58
7.1.3	Unidades sísmicas Terciarias	60
7.1.3.1	Unidad I	63
7.3.1.2	Unidad II	65
7.3.2.3	Arenisca Pozo	67
7.3.2.4	Lutitas Pozo	69
7.3.2.5	Unidad III	71
7.3.2.6	Unidad IV	73
7.3.2.7	Unidad V	73
7.3.2.8	Unidad VI	76
7.2	Cálculo de velocidades a partir de registros de velocidad en pozo (WVS)	78
7.2.1	Análisis y método utilizado	78
7.2.2	Cálculos de velocidad de intervalo	80
7.2.3	Estimación de funciones de velocidad en el Lote 1AB	81
7.3	Cálculo de Velocidades en líneas sísmicas	81
7.3.1	Análisis y método utilizado	81
7.3.2	Cálculo de velocidades de intervalo.	87
7.4	Relaciones de velocidad entre los diferentes métodos	89
7.5	Gradientes de velocidad	96
7.6	Estimación de profundidades.	102
7.7	Interpretación	104
8.0	CONCLUSIONES	108
9.0	RECOMENDACIONES	112

APENDICE

A.1.	Consideraciones para la medición de velocidades sísmicas	113
	- Saltos de ciclo.	113
	- Presencia de burbujas en el lodo.	114
	- Diametro de hueco.	114
	- Formaciones de muy baja velocidad.	115
	- Alteración de la zona invadida.	115
	- Presiones anormales.	117
A.2.	Velocidades típicas y modulos elásticos de algunos materiales.	117
A.3.	Técnica CDP y multiplicidad en una línea sísmica.	119

A.4.	Correcciones en líneas sísmicas.	121
	- Correcciones estáticas con offset pequeño.	121
	Cálculo de Ew, Vo y Vw.	122
	- Correcciones estáticas con offset grande.	122
	- Correcciones dinámicas	124
A.5.	Factores involucrados en la medición de velocidades	126
	- Porosidad	126
	- Densidad	127
	- Sobrepresiones y Sobrecargas	127
	- Tipo de fluido y saturación.	128
	- Fábrica	128
	- Levantamientos (Uplift)	130
	- Edad geológica	131

LISTA DE FIGURAS

1	Mapa de Ubicación
2 y 3	Metodología de trabajo
4	Mapa Morfo-estructural de la Cuenca Marañón
5	Corte Estructural NE-SSO de la Cuenca Marañón (Norte)
6	Síntesis de la Estratigrafía Terciaria en la Cuenca Marañón y Ucayali
7	Esquema de la propagación de una Onda en una superficie reflectora.
8	Esquema de la herramienta sónica.
9	Presentación de un registro sónico.
10	Esquema de un registro de velocidad en pozo (WVS)
11	Esquema para la corrección de los tiempos y profundidad de referencia en los registros "Well Velocity Survey" (WVS).
12	Esquema del proceso de un Simograma Sintético.
13	Ejemplo de presentación de los Sismogramas Sintéticos.
14	Registro Sónico típico (Pozo Andoas).
15	Mapa Isópaco Unidad I
16	Mapa Isópaco Unidad II
17	Mapa Isópaco Unidad Arenisca Pozo
18	Mapa Isópaco Unidad Lutitas Pozo
19	Mapa Isópaco Unidad III
20	Mapa Isópaco Unidad IV
21	Mapa Isópaco Unidad V
22	Mapa Isópaco Unidad VI
23	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Yañez.
24	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Capahuari Norte 1.
25	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Capahuari Sur 1.
26	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Carmen Norte 10.
27	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Carmen Norte 1.
28	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Ceci 1.
29	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Forestal 1.
30	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Jibaro 1.
31	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Jibarito Sur 1.
32	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Martha 1.
33	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Bartra 1.
34	Función de Velocidad a partir del registro WVS-Tangarana 1.

- 35 Esquema para llevar los horizontes correlacionados a las líneas sísmicas.
- 36 Gráfico $V_{\text{Sónico}}$ vs V_{WVS}
- 37 Gráfico $V_{\text{Sónico}}$ vs $V_{\text{Líneas Sísmicas}}$
- 38 Gráfico V_{WVS} vs $V_{\text{Líneas Sísmicas}}$
- 39 Mapa de Isovelocidades Unidad I
- 40 Mapa de Isovalores Constante A
- 41 Mapa de Isovalores Constante B
- 42 Gráfico Profundidad a partir de V_{RMS} vs Profundidad Real en Pozos
- A-1 Gráfico, Máximo delta de T medible vs. Diámetro de Hueco.
- A-2 Gráfico, Profundidad de la zona invadida.
- A-3 La técnica CDP.
- A-4 Esquema de Correcciones estáticas con offset pequeño.
- A-5 Esquema para el cálculo de velocidad y espesor de la capa intemperizada
- A-6 Esquema de Correcciones estáticas con offset grande.
- A-7 Esquema, triángulo de tiempo
- A-8 Esquema, triángulo de profundidad
- A-9 Gráfico, Velocidad vs. Profundidad
- A-10 Gráfico, Velocidad vs. Saturación
- A-11 Gráfico, variación de velocidad por efecto de un levantamiento.

LISTA DE SECCIONES

- SECCION I: Tambo - Capahuari - Macusari.
- SECCION II: Ceci - Dorissa - Huayuri - Carmen.
- SECCION III: Martha - Maynas - Margarita - Jibarito - Jibaro - Shiviayacu - Forestal.
- SECCION IV: Tigre - Bartra - San Jacinto - Cunambo.
- SECCION A: Yañez - Capahuari N. - Carmen - Forestal - Cunambo.
- SECCION B: Capahuari C. - Huayuri S. - Shiviayacu S. - San Jacinto - Tangarana.
- SECCION C: Capahuari S. - Dorissa - Jibaro - Bartra - Tangarana.
- SECCION D: Yañez - Andoas - Tambo - Ceci - Jibarito S. - Tigre - Tangarana.

1 RESUMEN

La presente tesis, para optar el título profesional de Ing. Geólogo que se expone ante el jurado de la Facultad de Ing. Geológica Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, ha sido desarrollada en el área de contrato entre Petroperu y Occidental Petroleum Corp. of Peru (OXY) denominado Lote 1AB que se ubica en el Nor-Oriente Peruano, provincia del Alto Amazonas, Departamento de Loreto.

El objetivo de la presente tesis fué definir la Secuencias terciarias en base a su respuestas física por efecto de una onda elástica y de encontrar la relación que permita la corrección de las profundidades estimadas.

La geología de las secuencias Terciarias en la Cuenca Marañón, consiste de sedimentos molásicos continentales comúnmente denominado capas rojas, los espesores son variados, en el Lote 1AB, varia aproximadamente entre 14000 ft (Pozo

Yañez) hasta 5500 ft (Pozo Tangarana) y están constituidos de arcillitas, limolitas, areniscas y conglomerados con un alto grado de oxidación, la geometría es lenticular con estratificación cruzada y poca continuidad lateral lo cual dificulta las correlaciones litoestratigráficas.

El grueso espesor de sedimentos molásicos se ve interrumpido por dos secuencias marinas epicontinentales pertenecientes a dos estadios de la orogenia andina; la primera deposita sedimentos tufáceos y arenosos en la base y lutitas en el tope, denominado Fm. Pozo y la segunda deposita lutitas intercaladas con margas y calizas sobre los sedimentos rojos de la Fm. Chambira. El rumbo general de las secuencias sedimentarias es NO-SE con un suave buzamiento de 3° a 5° al SO.

La metodología fue aplicada a 42 pozos en el Lote 1AB en 4 fases, las tres primeras fueron un estudio aislado de las variaciones de velocidad utilizando los registros sísmicos, registros de velocidad en pozo "Well Velocity Survey" (WVS) y las líneas sísmicas. La cuarta fase consistió en comparar los resultados conseguidos en las tres primeras fases y buscar la relación y las funciones que permitan su corrección y la estimación de profundidad.

La observación de las diagramas de velocidad de los registros sísmicos, permitió la división de las secuencias Terciarias en 8 unidades. Las Unidades I y II corresponden a las Capas Rojas Inferiores (Fm. Yahuarango en el Lote 1AB o Fms. Tena y Tiyuyacu en el Ecuador), las dos siguientes unidades corresponden a la Fm. Pozo (Miembro Arenoso y Miembro Lutáceo), las Unidades III, IV y V, corresponden a las Capas Rojas Superiores (Fm. Chambira) y finalmente la Unidad VI corresponde a la Fm. Pebas.

La relación entre las velocidades medidas a partir de diferentes métodos, mostraron que no existe un factor único sino que depende mucho en que zona de la columna estratigráfica se realizan las comparaciones, así tenemos que entre el método sónico y el WVS para Capas Rojas superiores $V_{\text{Sónico}} < V_{\text{WVS}}$ de 9% a 12%; en las lutitas de la Fm. Pozo $V_{\text{Sónico}} < V_{\text{WVS}}$ en 30%; y, en las Capas Rojas inferiores y en la arenisca de la Fm. Pozo $V_{\text{Sónico}} > V_{\text{WVS}}$ en 7%. Entre el método sónico y las líneas sísmicas para Capas Rojas superiores y Capas rojas inferiores $V_{\text{Sónico}} < V_{\text{Línea Sísmica}}$ hasta en un 20% y en las lutitas de la Fm. Pozo $V_{\text{Sónico}} < V_{\text{Línea Sísmica}}$ en un 39%. Finalmente la relación existente entre el método WVS y las líneas sísmica muestran una discrepancia homogénea en toda la columna $V_{\text{WVS}} < V_{\text{Línea sísmica}}$ en aproximadamente un 10%.

Los mapas de Isovelocidades mostraron que el incremento de la gradiente de velocidad lateral y la dirección de máximos cambios de velocidad vertical se encuentra hacia el SO, lugar donde se encuentra el depocentro de la Cuenca el cual por efecto de la profundidad afecta de manera significativa.

Finalmente un estudio rápido de las estimaciones de profundidad a partir de las velocidades RMS indican que la gran discrepancia de velocidad entre uno y otro método no implica una discrepancia en la misma proporción de la profundidad real y que es posible "castigar" a lo más en un 7% las profundidades obtenidas a partir de las Velocidades RMS.

2 INTRODUCCION

La geología del terciario en la cuenca Marañón, es aún muy discutida y poco estudiada. Los primeros estudios fueron realizado por Kummel en 1946 - 1948 en la región de Santa Clara, posteriormente le siguieron otros pocos. En general la gran mayoría fueron realizados en la Cuenca Ucayali.

Las correlaciones y la estratigrafía actualmente utilizada para el terciario provienen por lo general de una definición netamente litoestratigráfica sobre una sedimentación continental de poca continuidad lateral, a ello se debe principalmente las discrepancias existentes entre unos y otros autores.

Los datos proporcionados por los estudios geofísicos constituyen la mejor manera de definir la geometría de una estructura en el subsuelo. La conversión de los tiempos de reflexión de ondas a profundidades es hasta ahora, un problema ya que ello se ve

influenciado por un sin número de factores y fenómenos que escapan de ser cuantificados. Así un mismo evento geológico podría tener diferentes representaciones de tiempo de reflexión.

Cumúnmente se tiene tres formas de estudiar velocidades: el registro sísmico, el registro de velocidad "WVS" y los perfiles sísmico o líneas sísmicas, pero no siempre se cuenta con todos ellos. La necesidad de uniformizar la información, conlleva a buscar los factores que permitan su conversión y corrección.

Los mapas sísmicos, generalmente representan los tiempos de viaje de las ondas, aunque esta sea la mejor manera de representar un evento geológico en base a estudios sísmicos, carece de una apreciación objetiva ya que variaciones laterales de velocidades podrían cambiar las interpretaciones, de allí nace la necesidad de las conversiones de tiempo a profundidad.

Con la finalidad de mantener la columna estratigráfica convencional y evitar confusiones, para el desarrollo del presente estudio, se menciona como unidades Terciarias a toda las secuencias que sobreyacen a la Fm. Cachiyacu, no obstante se tiene información que las Fms. Cachiyacu, Basal Terciario y Huchpayacu corresponden todavía a un Cretácico superior (Maestrichtiano).

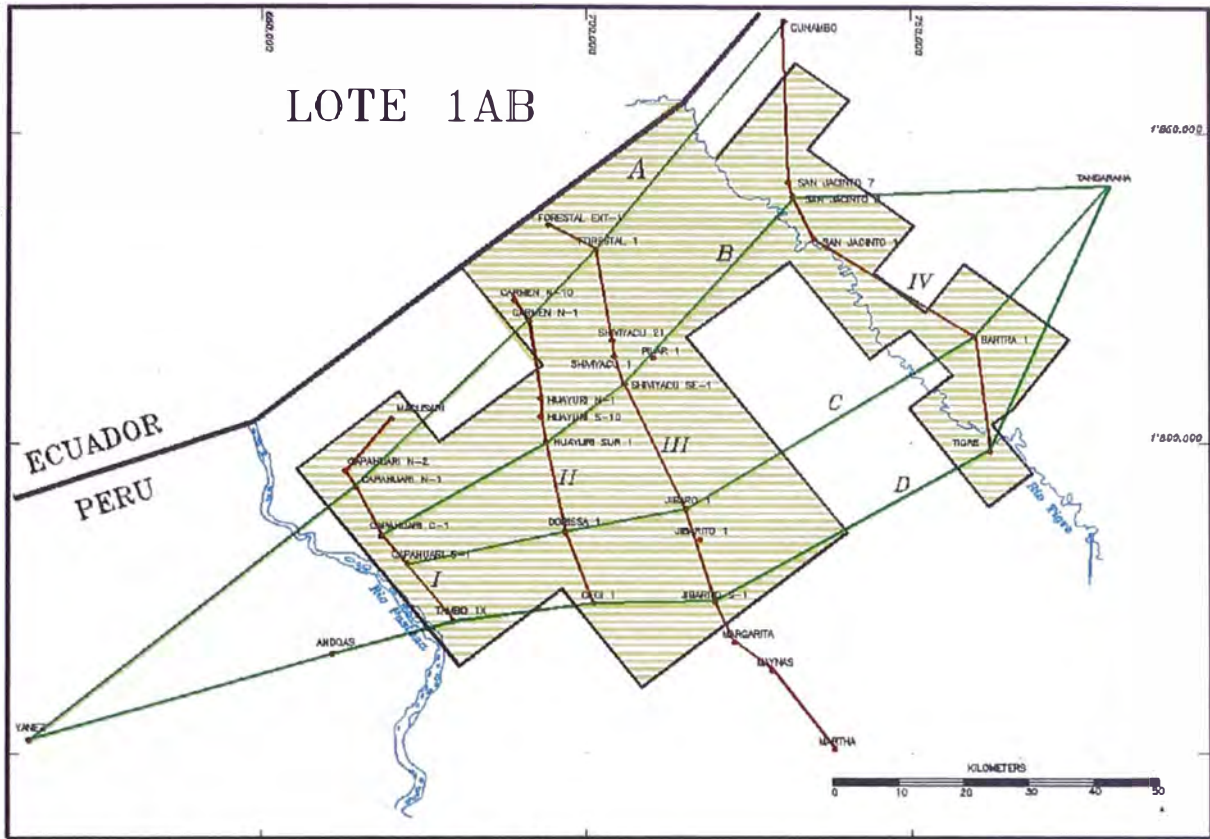
3 GENERALIDADES

3.1 UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO


El presente estudio fue desarrollado en el área denominado Lote 1AB en el Nor-Oriente Peruano, cubre aproximadamente 500,000 Has y se halla ubicada en la región Amazonas provincias Alto Amazonas y Loreto (Fig. 1).

Los límites geográficos son las coordenadas siguientes:

Geográficas:	Latitud Sur	2°4'10" - 2°58'41"
	Longitud Oeste	75°30'28" - 76°38'13"
Planas TM:	Norte	1'861,115m - 1'760,880m
	Este	774,721m - 649,215m



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE ING. GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
 ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA


OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU
 EXPLORATION DEPARTMENT

ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCIARIAS A
 PARTIR DE REGISTROS SONICOS EN EL LOTE 1AB
 CUENCA MARANON - NOR ORIENTE PERUANO

MAPA INDICE

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO AUTOR : JUAN F. CHEUNG CHING	ENERO -1985 FIG. 1
---	-----------------------

La accesibilidad es por vía aérea desde Lima hasta el aeropuerto de Andoas o navegando por río desde Iquitos por los ríos Marañón y Pastaza. El aeropuerto de Andoas se encuentra intercomunicado por carreteras troncales y vías hacia los campos de producción con los campamentos bases.

3.2 OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio para optar el título profesional de Ing. Geólogo son los siguientes:

- a) Determinar las variaciones verticales y horizontales de las velocidades para una mejor definición de las unidades Terciarias.
- b) Determinar la relación de las velocidades sísmicas en pozo con las velocidadesónicas de tal forma que se pueda convertir los tiempos a profundidad.
- c) Utilizar los sismogramas sintéticos y las líneas sísmicas para definir la relación entre las velocidadesónicas y las velocidades cuadráticas medias de las líneas (V_{rms}) para corregir las estimaciones de profundidad.

3.3 METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología de trabajo consistió en 4 fases (Fig. 2a, 2b, 3a y 3b). En la primera fase se realizó el análisis de los registros sónicos. Para cada pozo se confeccionaron gráficos de velocidades de intervalo (V_i) versus profundidad con un muestreo sistemático cada 10 milisegundos, desde el inicio de la toma de registro hasta el tope de la formación Cachiyacu. En los gráficos se observó variaciones de velocidades verticales que permitió la división en Unidades de la secuencia sedimentaria Terciaria.

METODOLOGIA DE TRABAJO

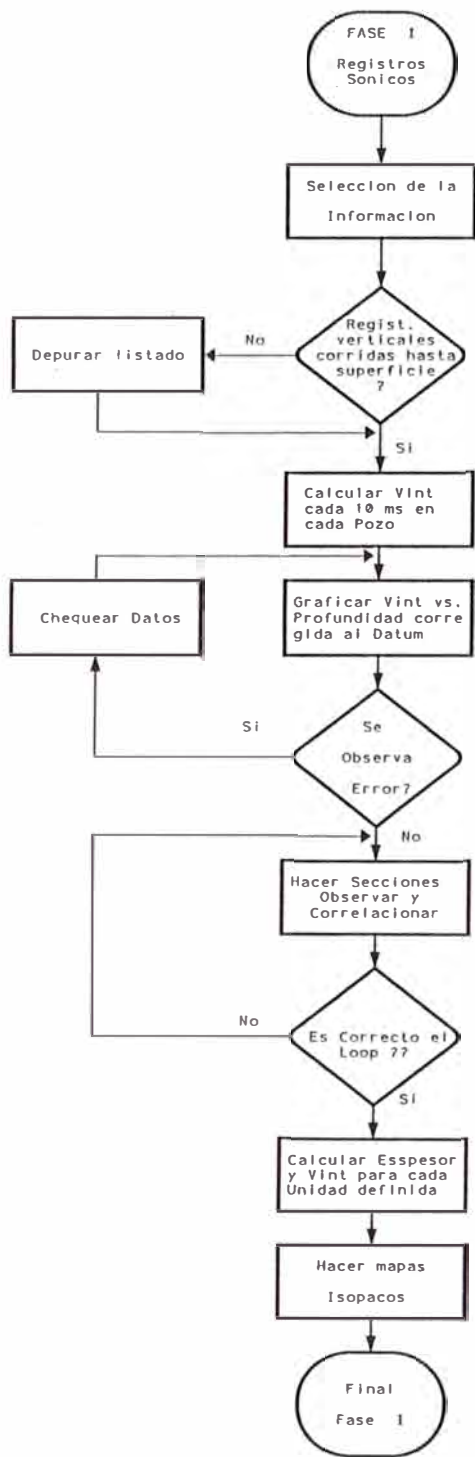


Fig. 2a

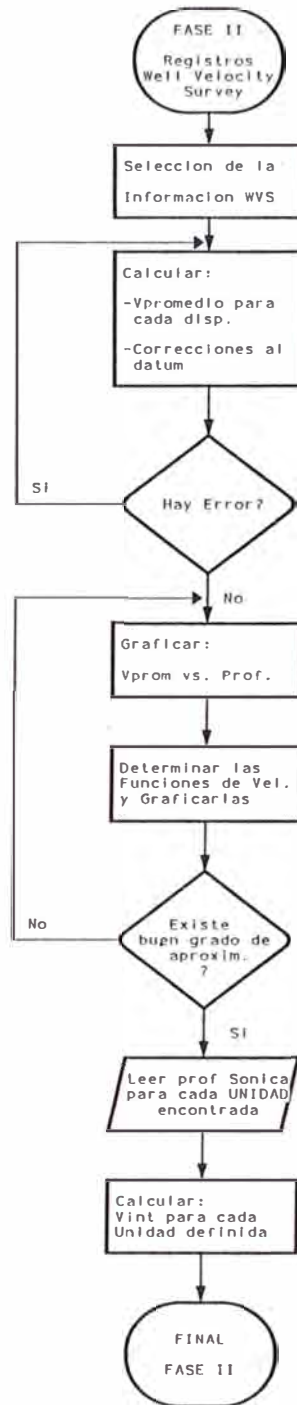


Fig. 2b

METODOLOGIA DE TRABAJO

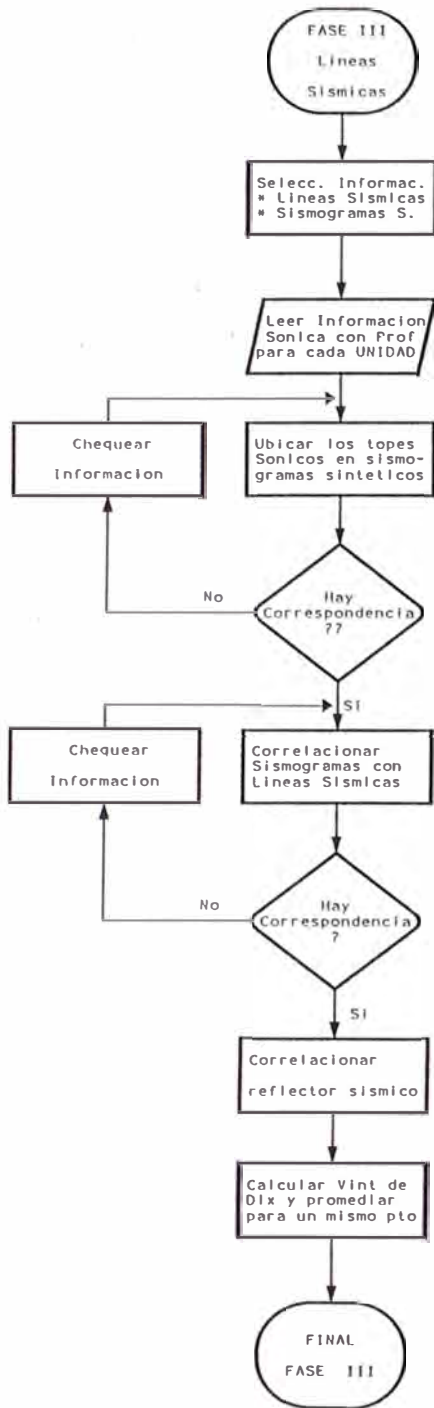


Fig. 3a

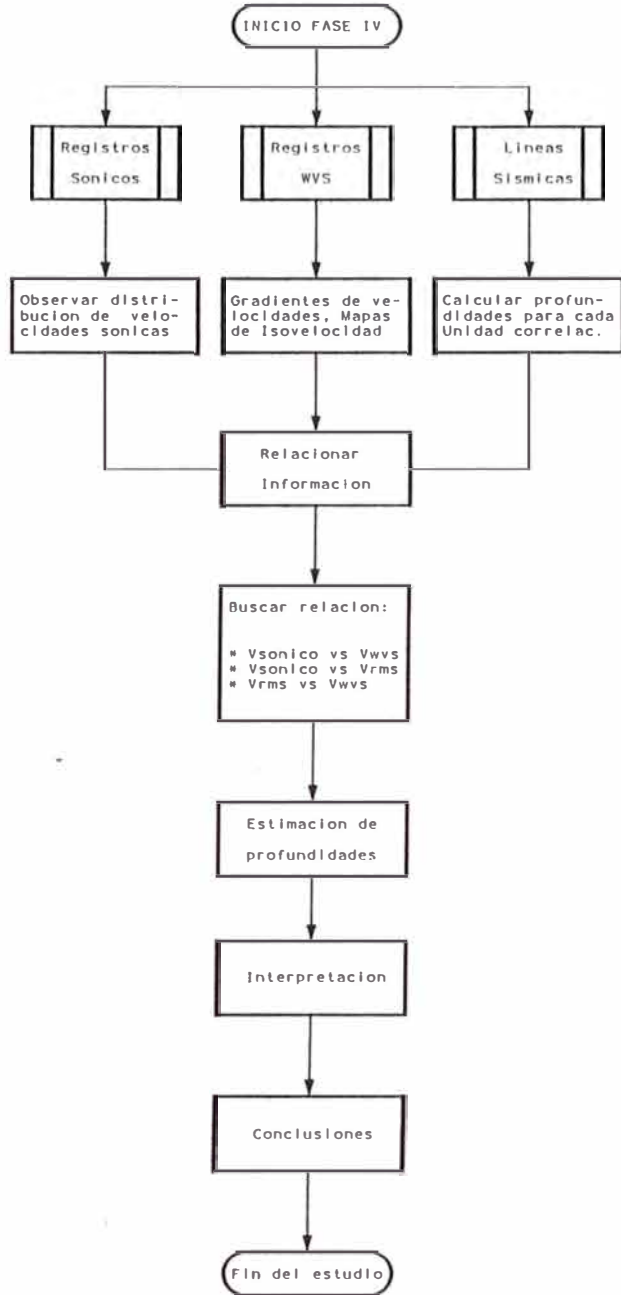


Fig. 3b

Ocho unidades han sido definidas en base a correlaciones de velocidades, a partir de los cuales se hicieron los mapas isópacos y de isovelocidades para cada Unidad encontrada.

En la segunda fase se trabajó exclusivamente con los registros "Well Velocity Survey" (WVS). Se utilizaron los datos de campo con las cuales se calcularon las velocidades promedio para cada disparo y se corrigieron al datum sísmico y a tiempos verticales, confeccionando luego gráficos de Velocidades promedio versus Profundidad. De éstos resultados se calculó las funciones de velocidad por el método de los mínimos cuadrados, obteniendo las velocidades de intervalo a partir de las unidades definidas en la primera fase con los registros sísmicos.

La tercera fase se desarrolló en las líneas sísmicas. Las correlaciones sísmicas de las unidades Terciarias, fueron llevadas a un sismograma sintético e identificando los reflectores correspondientes en las líneas sísmicas. Luego se calculó la velocidad intervállica a partir de la ecuación de Dix.

Finalmente la cuarta fase consistió en comparar toda la información obtenida de las tres primeras fases, calculando la relación de las velocidades de intervalo entre los tres métodos para cada unidad, sus velocidades promedio por unidad, la gradiente regional de velocidad y la estimación de profundidades.

3.4 REVISION DE TRABAJOS PREVIOS

En el desarrollo de la presente tesis ha sido de valiosa ayuda la revisión de los siguientes trabajos previos:

Erika Grandez, Relación del contacto Cretáceo - Terciario en el Lote 1AB, Cuenca Marañón, Tesis de Ingeniero UNMSM, 1993.

Hector A. Guevara, Compendio Geológico y contribución teórica al estudio de las variaciones de velocidades sísmicas en el Oriente Peruano Cuenca Marañón, Tesis de Bachiller UNMSM 1975.

Arnulfo A. Cabrera, Sismogramas sintéticos en la exploración sísmica por petróleo, Cuenca Marañón, área Pavayacu, Dpto Loreto, Tesis de Ingeniero UNSA 1982

Seminario F. y Guizado J., Síntesis Bioestratigráfica de la región de la Selva del Perú, II Congreso Latinoamericano de Geología, Venezuela 1973.

V. Recavarren, Estudio micropaleontológico de la formación Pozo en el Lote 1AB. Tesis de Ingeniero UNMSM 1993.

4 ESTRATIGRAFIA GENERALIZADA DEL TERCIARIO EN LA CUENCA MARAÑON

Los movimientos orogénicos a fines del Cretáceo (Fase Peruana 65 M.A.) pusieron fin a la depositación marina y dieron lugar al desarrollo de condiciones continentales. La erosión de las zonas emergidas produjo la sedimentación de molasas con un volcanismo subsecuente acumulando material piroclástico y derrames a lo largo de la Cordillera Occidental; ésta sedimentación molásica, denominada comúnmente Capas Rojas, se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de la Cordillera Occidental y hacia el Este de ella (E.Bellido; 1969). La litología y textura varían de una sección a otra debido a la sedimentación en cuencas separadas o parcialmente conectadas bajo diferentes regímenes (Koch & Blissenbach; 1962).

La activa erosión de los primeros relieves andinos al Oeste, continuó durante el Terciario, el Miogeosinclinal Cretácico del Oriente se transforma en una cuenca

continental con esporádicos ingresos del mar, sometidos a regímenes de subsidencia de mucha mayor intensidad con una sedimentación de conglomerados, areniscas, limolitas, lodolitas, arcillas, productos volcánicos y evaporitas. El color predominante es el rojo púrpura, con poca selección textural, la granulometría de los sedimentos detríticos es en general mas grueso hacia los Andes y más fino hacia el Escudo, la estratificación es incipiente predominando la del tipo lenticular, oblicua y cruzada.

En general no es muy fosilífera aunque se tiene manifestaciones de horizontes ricos en remanentes de microfauna y flora de Carofitas, Tallos , Hojas, Ostracodos de agua dulce, Gasterópodos, etc. (A. Pardo & F. Zuñiga; 1973).

Un aspecto interesante de la estratigrafía del Terciario de esta Cuenca es la presencia de dos secuencias marinas epicontinentales: la Fm. Pozo y la Fm. Pebas. La primera (Fm. Pozo) esta constituida por Lutitas grises Carbonosas y una base arenosa con horizontes tufáceos que representa un horizonte marcador en las interpretaciones sísmicas por constituir un buen reflector de ondas de amplia distribución areal y la segunda (Fm. Pebas) constituida por arcillas grises azuladas, margas, calizas y delgadas capas de lignito que en general son bastante fosilífero y constituye una clave para subdividir el Terciario Superior (Pardo & Zuñiga; 1973).

Los espesores medidos son variables, en algunos casos superan los 4000m de sedimentos rojos. Newell (1948) registró 3000m en el río Cachiyacu y 2963m en el río Cushabatay, en la región del Pachitea Moran y Fyfe (1933) registraron 1000m, en el Perené Chase (1933) observó 1500m, en el área del Pongo de Manseriche Zegarra (1968) describió 2400m de sección incompleta, en el Ecuador, Tshopp (1953) reportó

3000m y en los pozos perforados en la selva del Norte Peruano se han atravesado espesores superiores a 3000m.

La subdivisión de los sedimentos Terciarios ha sido presentada por diversos autores, pero en general ellos muestran que la estratigrafía aún se encuentra en etapa de estudio (Fig.4), siendo necesario integrar dichos estudios con zonaciones Paleontológicas. En la región del Contamana y los cerros Cushabatay, Kummel (1948) subdivide el Terciario de la base al tope en las formaciones Huchpayacu, Casa Blanca, Yahuarango, Chambira, Ipururo y Ucayali; en la región del Alto Amazonas, Williams (1949) subdivide Capas Rojas de la base al tope en grupo Huayabamba, Fm. Pozo y Grupo Chiriaco, La compañía Mobil Oil (1961) divide Capas Rojas de la base al tope en Puca inferior, Fm. Casa Blanca, Fm. Pozo, Puca superior y Nieva; Koch y Blissenbach (1952) divide al Grupo Contamana en Contamana I, Contamana II y Contamana III y considera Contamana II equivalente a la Fm. Pozo de Williams. La columna estratigráfica utilizada por OXY es la que sirve de referencia en la presente tesis, además se hace una breve descripción de las Fms. Huchpayacu y Casa Blanca definida por Kummel en la zona del Ucayali.

4.1 FORMACION HUCHPAYACU

El nombre proviene del río Huchpayacu, afluente del río Cushabatay. Consiste principalmente de lodolitas rojas y púrpuras con intercalaciones de limolitas y areniscas finas (Kummel; 1948). Los espesores son variables, en la localidad tipo se observó 238 m en afloramientos (Kummel; 1948), en la sección del río Cushabatay se midió un espesor de 142m (Benavides; 1958) y en el Pongo de Tiraco se midió 57m (Valdivia; 1966). La fauna y flora son escasos y mal preservados; pudiendo contener

ESQUEMA DE LA ESTRATIGRAFIA CRETACICA TARDIA - Terciaria

EN LA CUENCA MARAÑON Y UCAYALI

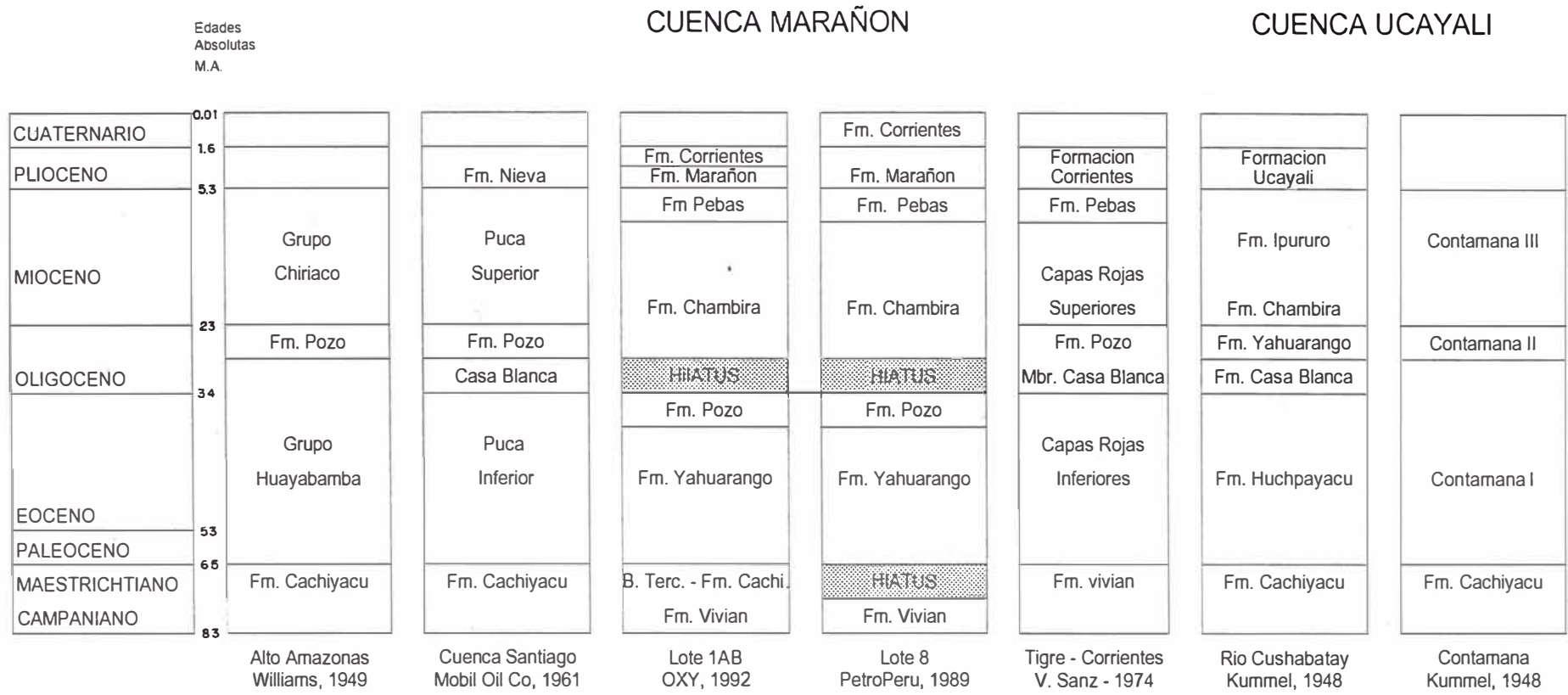


FIG. 4

Oogonios de Carofitas, Porochara Gildemeisteri y Porochara Gildemeisteris Costata (Kummel; 1948).

La formación Huchpayacu yace en contacto gradacional a la formación Cachiyacu e infrayace también en contacto gradacional a la formación Casa Blanca, la edad atribuida a esta formación en base a su posición estratigráfica corresponde al Maestrichtiano inferior (A. Pardo & F. Zuñiga; 1973). En los pozos del Norte de los ríos Tigre y Corrientes se han encontrado espesores superiores a los 300 m y aumentan hacia el Oeste; en los pozos cercanos a la frontera con el Ecuador se han atravesado secciones mayores a los 700m (F. Seminario & Guizado; 1973).

4.2 FORMACION CASA BLANCA

Esta formación toma su nombre de la localidad de Casa Blanca en el área del río Cushabatay (Kummel; 1948). La litología consiste principalmente de areniscas blancas macizas y suaves con intercalaciones de lutitas; la sección arenosa es principalmente tobácea (F.Seminario & Guizado; 1973). En su localidad tipo alcanza un espesor de 60m, en la sección de los ríos Tigre y Corrientes y en el subsuelo es variable de 30m a 54m, aumentando hacia el NO, habiéndose comprobado 73m en el subsuelo cerca a la frontera con el Ecuador (F.Seminario & Guizado; 1973). En el área del río Huallaga llega a los 23m y en el área del Santiago - Nieva alcanza los 50m (Willians 1949).

La formación Casa Blanca suprayace en contacto gradacional a la formación Huchpayacu. la edad atribuida por M. Paz (1990) en el campo Pacaya es Maestrichtiano superior.

Su distribución en la cuenca Marañón y en el Lote 1AB no está bien definida al no haberse encontrado microfósiles ni en afloramientos ni en pozos. Estudios en muestras de canaleta en el área de Corrientes revelan contenidos de Palinomorfos que requieren investigaciones detalladas para su identificación y correlación (F.Seminario & Guizado; 1973).

4.3 FORMACION YAHUARANGO

Esta formación fue descrita por Kummel (1948) en la estratigrafía de la región de Santa Clara y por Williams (1949) en los afloramientos del río Yurimaguas, su nombre deriva de la quebrada de Yahuarango afluente de la margen izquierda del río Cushabatay donde queda su localidad típica. Su litología está constituida por arcillitas de color rojo, carbonosas con intercalaciones de limos compactos y delgadas capas de calizas claras (Kummel; 1948). En muestras de canaleta en el Lote 1AB, ésta formación está constituida por limolitas y lodolitas de colores rojos ladrillo encontrándose en su parte superior un horizonte de tufos de color blanco amarillento y granulometría fina, en el área de los ríos Corrientes y Tigre, presenta concreciones redondeadas calcáreas y secciones de Anhidrita (V. Sanz; 1974).

El espesor de los sedimentos encontrados en la localidad tipo (río Santiago) es de 440m (Kummel; 1948) alcanzando hasta 925m en la Selva Central (F. Seminario y Guizado J.; 1973), el espesor en el Lote 1AB varía desde 600m en el Oeste hasta 280m al Este (F.G-Zabaleta; comunicación personal) y en el área de los ríos Corrientes y Tigre varían de 55 a 300m (V. Sanz; 1974).

La formación Yahuarango en el Lote 1AB, yace en forma concordante a la formación

Casa Blanca. Su distribución es amplia en toda la cuenca hasta el Ecuador donde se denomina Fm. Tiyuyacu.

Gutierrez (1975) encontró microfloras de *Sphaerochara Huaroensis* R.R., *Sphaerochara Unguruensis* R.R. y *Porochara Gildemeisteris costata* Bliss y las asigna al Paleoceno. Las características litopaleontológicas que ésta formación presenta indican un ambiente continental del tipo llanura de inundación

4.4 FORMACION POZO

Definida por Williams (1949) quién la describió en las margenes del río Santiago al Oeste de la Cuenca Marañón. Por sus características litológicas, ha sido dividida en dos miembros: en la base un miembro arenoso que subyace a otro lutáceo. La parte basal arenosa está constituida por areniscas blancas a gris claras de grano fino a medio (Williams; 1949), el espesor promedio para éste miembro en el Lote 1AB es de 50m y en el área de los ríos Corrientes y Tigre es de 20 a 58m (V. Sanz; 1974). El miembro lutáceo se reconoce por presentar un color característico gris verdoso, gris azulino, su textura astillosa, subfisible, quebradizas y su litología algo calcárea, glauconítica (F. G-Zabaleta; comunicación personal). El espesor medio para éste miembro lutaceo en el Lote 1AB es aproximadamente 100m. La potencia de la Fm. Pozo en su localidad Tipo 400m.

La formación Pozo sobreyace en forma concordante parcialmente gradacional a la formación Yahuarango e infrayacre del mismo modo a la formación Chambira. Por su amplia distribución regional y sus características litológicas es un buen reflector de ondas sísmicas y es utilizado comúnmente como un reflector guía en las líneas sísmicas.

Los microfósiles más importantes lo constituyen los foraminíferos (Haplophragmoides), Ostracodos y restos de Peces de un ambiente marino somero. La información palinológica define una edad Eoceno tardío (Robertson Research; 1981). Koch y Blisenbach (1962), Seminario y Guizado (1973) y A. Pardo (1973), le asignan una edad Eoceno Superior a Oligoceno.

4.5 FORMACION CHAMBIRA

Descrita por Kummel (1948) en la quebrada Chambira, región Santa Clara. La formación Chambira esta constituida por lodolitas y lutitas rojas, limolitas con areniscas finas con estratificación cruzada (Kummel; 1948); en la selva Norte predominan los sedimentos pelíticos, lodolitas rojas, púrpuras y amarillas con intercalaciones delgadas de areniscas y limolitas con presencia de anhidrita granular, sacaroide y nódulos friables a duras con algunos lentes de Carbón y Pirita (V. Sanz; 1974).

El espesor máximo encontrado en la selva norte es de 1453m (Seminario y Guizado; 1973), en el área del río Cachiyacu alcanza 680m (Kummel; 1948). Los fósiles son frecuentes en la parte media e inferior: Oogonios de Carofitas y Ostracodos, además se ha comprobado la presencia de Tectochara Ucayaliensis, Tectochara Parva, Chara Strobilocarpa, Ostracodos M-16, M-11, M-20, M-40 etc. (Seminario y Guizado; 1973).

La edad no está definida aún, en el área del río Cushabatay ha sido considerada Eoceno - Mioceno, en la selva Norte se le atribuye una edad Mioceno por posición estratigráfica, A. Pardo (1976) le asigna una edad Oligoceno. Esta formación posee una amplia distribución en toda la Cuenca Marañón y es de un ambiente continental

aluvial-fluvial. En el Lote 1AB presenta espesores constantes y litología uniforme, constituido por sedimentos pelíticos y anhidrita muy ricos en microfauna y flora del tipo Carofitas y Ostracodos piritizados. El color de los sedimentos es abigarrado, gris parduzco, violeta, moteado en parte con nódulos calcáreos, hacia la base es más lutáceo, siendo su contacto a la formación Pozo gradacional (F. G-Zabaleta; comunicación personal)

4.6 FORMACION PEBAS

La localidad tipo corresponde al pueblo de Pebas en la margen izquierda del río Amazonas y al Este de Iquitos, el nombre fue dado por Gabb (1868). En el subsuelo y en el área de los ríos Tigre y Corrientes, la formación Pebas esta constituido por lutitas verdosas con intercalaciones de margas, calizas y capas delgadas de coquinas de gasterópodos; hacia la base y el tope se observan lodolitas rojas con delgadas capas de lignito. Su espesor máximo registrado en el subsuelo es de 250m, no obstante V. Sanz (1974) reporta espesores de 240m a 520m engrosando hacia el Este. Esta Formación suprayace a la formación Chambira e infrayace a una secuencia de molasas, lodolitas y arenas gruesas, probablemente de edad Pleistoceno a Reciente (Seminario y Guizado; 1973). La fauna contenida en la formación Pebas ha sido descrita en más de 25 trabajos, siendo el más completo el trabajo de DE GREVE quién describe sistemáticamente 24 especies de Pelecípodos correspondientes a 6 géneros y 23 especies de Gasterópodos correspondiente a 11 géneros. Entre los Pelecípodos se consideran los géneros Anisothyris y Congeria y entre los Gasterópodos tenemos Lacuna, Pseudolacuna, Hidrobia (conradia), Dyris, Liris y Semisinus. En los pozos de la selva norte se han encontrado foraminíferos de difícil identificación y se presentan muy esporádicas, pero aparecen frecuentemente

ostracodos M-16, restos de peces, tallos piritizados y tallos de Carofitas Charaxis sp (F.Seminario & Guizado; 1973). Diversos investigadores que han analizado la fauna de micromoluscos divergen notablemente de la edad atribuida (desde el Oligoceno al Reciente) así como del medio ambiente (desde aguas dulces a aguas marinas). F. García-Zabaleta (Comunicación personal) por las observaciones de los afloramientos de la carretera marginal de la Selva (Tarapoto - Rio Nieva) y en todos los pozos perforados en el Lote 1AB determina el ambiente de la formación Pebas como Epicontinental - Marino Somero confirmado por la presencia de lignito marrón oscuro, laminar, piritizados con remanentes de estructuras leñosas, coquinas de gasterópodos y microturritelas en lutitas gris azulinas - gris verdosas fisibles con nódulos calcáreos y anhidrita, y areniscas blanco sucios de grano fino subangular, matriz argilácea, cemento ligeramente calcáreo, con glauconita y carbón. Seminario y Guizado (1973) le atribuyeron una edad Pliocénica sin descartar la posibilidad de una edad Miocénica superior basándose en estudios de polen que revelan Trilites imbrex cf Tschudy del Mioceno de Colombia y Venezuela (Malloy; 1958).

4.7 FORMACION MARAÑÓN

Consiste en una secuencia de sedimentos rojos semiconsolidadas de conglomerados finos y areniscas, localizados en afloramientos y en el subsuelo de la región Norte del río Marañón entre los ríos Tigre y Corrientes (V. Sanz; 1974). La litología de la parte inferior consiste en lodolitas rojas, rojas violáceas, pardo rojizas, verde grisáceo y amarillas con anhidrita, yeso y pirita, la parte media consiste de lodolitas, areniscas de grano fino - medio y margas, en la parte superior tenemos intercalaciones de arenas fina-media con margas y calizas lagunares, poco fosilíferas, principalmente restos de lignito piritizados, tallos de Carofitas Charaxis Sp (F.Seminario & Guizado; 1973), en

el área de los ríos Corrientes y Tigre, el espesor se incrementa hacia el Oeste desde 450m hasta 832m (V. Sanz; 1974).

Esta formación sólo se encuentra en la Selva norte en estratos por encima de la formación Pebas, hacia el sur posiblemente no se depositó (Seminario y Guizado 1973). Su contacto es posiblemente discordante sobre la Fm. Pebas (V. Sanz; 1974). En algunos lugares de la región del Norte del río Marañón se ha registrado más de 500m para la formación Marañón cuya edad es asignada del Mioceno al Plioceno medio.

4.8 FORMACION CORRIENTES

Conocido también como Fm. Ipururo (Kummel; 1948), y como grupo Chiriaco (Williams; 1949).

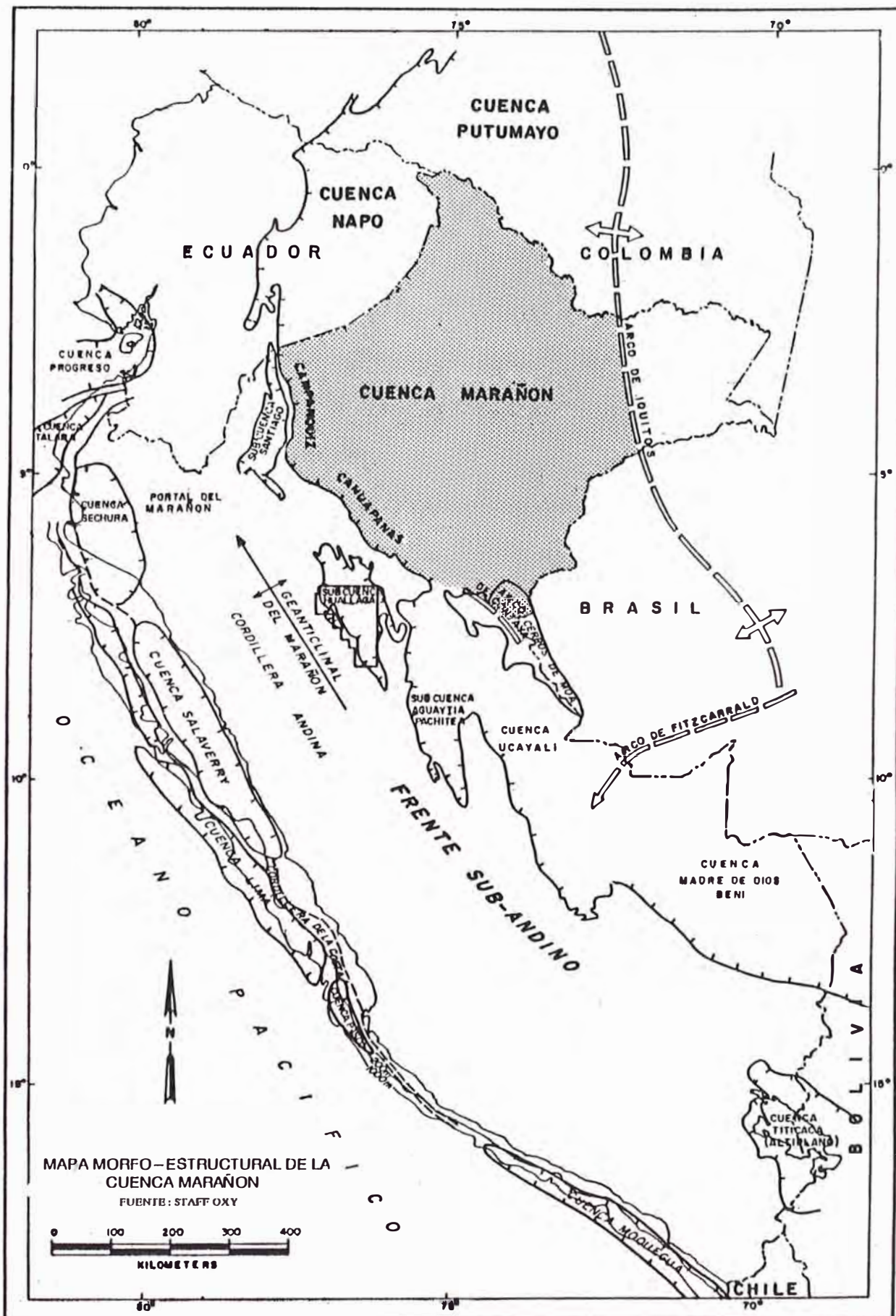
Definido en el área del río Corrientes, provincia de Loreto. La fm. Corrientes está constituida por arenas medias a gruesas, con granos inequigranulares de origen ígneo, cuarzo y menor proporción de micaesquistos con ocurrencia de ilmenita y jaspe, hacia la base se tiene intercalaciones delgadas de lodolitas azul verdosas y algo de marga. Su contenido paleontológico es casi nulo y sólo esporádicamente se tiene tallos carbonizados. El espesor aproximado es de 200m, la edad no ha sido aún precisada debido a la ausencia de fósiles de valor cronoestratigráfico (F. Seminario & Guizado; 1973).

5 RASGOS TECTONICOS Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA MARAÑON

La cuenca Oriente cuya vasta superficie se extiende desde el Norte del Perú hasta los territorios de Ecuador y Colombia está constituido por tres "Sub-Cuencas" denominadas Marañón en el Perú de 450,000 Km² (Touzett; 1985), Napo en el Ecuador de 100,000 Km² (Campebell; 1970) y Putumayo en Colombia de 48,000 Km² (Gove; 1985).

La cuenca Marañón constituye una depresión estructural asimétrica y elongada desarrollada durante el Terciario Tardío, presenta un eje N-NO de mayor espesor sedimentario que se quiebra hacia el N-NE entre las intersecciones de los cerros Cahuapanas y Campanquiz debido a la deflección de Huancabamba (DeI Solar; 1982). Ver fig. 5.

El límite estructural Norte de la Cuenca está representado por el alto de Cononaco



MAPA MORFO-ESTRUCTURAL DE LA CUENCA MARAÑÓN

FUENTE: STAFF OXY



FIG. 5

reconocido por estudios geosísmicos y se aproxima a la línea de frontera entre Perú y Ecuador, el límite Sur lo constituye el alto de Contaya y los cerros Cushabatay, el límite Este está determinado por el Escudo Guyano Brasileño y su parte Oeste lo define el frente subandino (F. Soto; BSGP, Tm 60; 1979. OXY; informe interno). Ver fig. 5.

En el área comprendido entre los ríos Tigre y Corrientes y en general en el Lote 1AB se presenta un sistema combinado de pliegues y fallas muy suaves con rumbo general N-NO (V. Sanz; 1974); el rumbo de la secuencia sedimentaria es NO-SE de buzamiento suave de 3° - 5° O-SO que se ve interrumpido en el Occidente por una falla de escurrimiento inverso en los Cerros Campanquiz (Fig. 6). Su actual configuración estructural es producto principalmente de los movimientos orogénicos andinos del Mioceno (M.Cavalcante & E.Paula; 1991).

El estilo estructural definido en el Oeste de la cuenca es del tipo compresivo con fallamientos inversos y hacia el Este es de levantamientos suaves de Basamento (Staff PetroPeru).

Las líneas sísmicas muestran varios sistemas de fallamientos con alineamientos NO-SE mas o menos paralelos al eje de la cuenca (Del Solar; 1982), en la margen oriental se alinean fallas normales casi paralelas al eje de la cuenca que posteriormente son reactivadas en forma inversa, esta alineación a la cuenca es un patrón muy antiguo que perdura con ligeras variaciones desde el Paleozoico a la actualidad (H.Laurent; 1985).

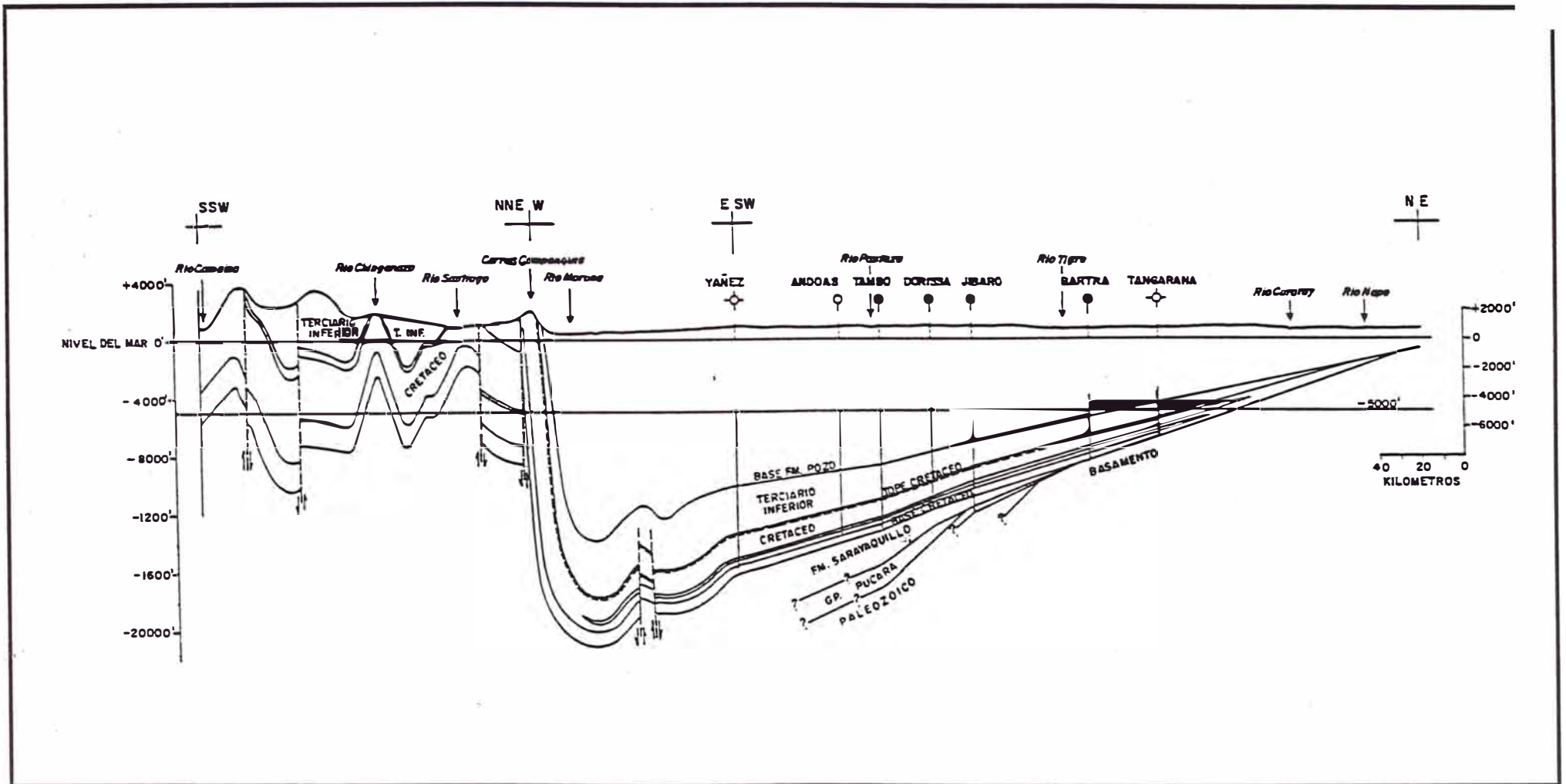


Fig. 6: Corte Estructural NE – SSW mostrando el límite Oeste abrupto de la Cuenca por el levantamiento de los Campanquiz y la secuencia estratigráfica casi normal de poco buzamiento adelgazándose hacia el Escudo. (Fuente : Staff OXY)

Observaciones en líneas sísmicas muestran un intenso tectonismo durante el Paleozoico responsable de patrones de fallamientos y estructuras. Sísmicamente se han determinado un total de 297 estructuras con una área total de dos millones de Acres sobre rocas Cretácicas y Paleozoicas, de las cuales 146 están plenamente confirmadas y 81 requieren trabajos sísmicos adicionales, este conjunto de estructuras muestran 5 estilos estructurales (Staff OXY; 1977):

- Fallamiento en bloque del basamento cristalino ubicado al NO de la Cuenca.
- Intenso fallamiento y plegamiento producido por más de un ciclo orogénico ubicado en la región SO.
- Plegamientos amplios de aspectos domáticos y de bajo relieve estructural ubicados en la zona Central.
- Estructuras de gran envergadura con gran relieve estructural de aspecto domático asociado a tectonismo salinos.
- Grabens de orientación E-O asociado a tectonismo salino en la región NorOeste

De los mapas y secciones que se elaboran de la cuenca se puede observar las siguientes tipos de estructuras que sirvieron de trampas para la acumulación de hidrocarburos:

- Cierres de estructuras contra fallas.
- Cierres de estructuras monoclinales y/o anticlinales.
- Cierres de estructuras antiguas.

La Fig.1 muestra el Lote 1AB con los diferentes campos petrolíferos determinados en

base a líneas sísmicas donde se aprecia una clara alineación de ellas en dirección NO-SE a NNO - SSE.

La alineación utilizada para confeccionar las secciones en la presente tesis son de Oeste a Este:

- a) Macusari - Capahuari Norte, Centro y Sur - Tambo y Tambo Sur.
- b) Carmen - Huayurí - Dorissa - Ceci.
- c) Forestal - Shiviayacu - Jibaro - Jibarito - Margarita - Maynas - Martha.
- d) Cunambo - San Jacinto - Bartra - Tigre.

6 PRINCIPIOS TEORICOS DEL ANALISIS DE VELOCIDAD

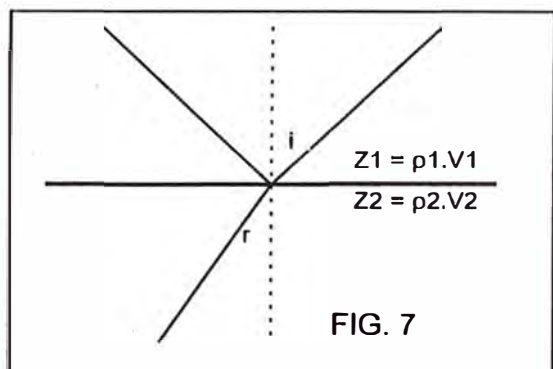
6.1 IMPEDANCIA ACUSTICA Y COEFICIENTE DE REFLEXION

La resistencia que ejerce un medio homogéneo y elástico al paso de una onda elástica se le conoce como impedancia acústica (Z) y se define como el producto entre la velocidad de propagación de dicha onda en ese medio y la densidad total de dicho medio (Borehole Seismic Seminar, Schlumberger; 1981). El fenómeno de reflexión se produce cuando un frente de ondas incide sobre la interfase de dos medios que poseen diferentes impedancias acústicas.

$$Z = \rho \cdot V \quad \dots[Ec.1]$$

La magnitud de los contrastes y la cantidad de energía reflejada durante el proceso

de reflexión son medidos en términos de coeficiente de reflexión (R) (Fig.7). Sus valores varían entre 1 y -1, matemáticamente está definido por la Ec.2 y Ec.3 (Borehole Seismic Seminar, Schlumberger; 1981).



$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad \dots[Ec.2]$$

$$R = \frac{\rho_2 \cdot V_2 - \rho_1 \cdot V_1}{\rho_2 \cdot V_2 + \rho_1 \cdot V_1} \quad \dots[Ec.3]$$

Cuando no se dispone de registros de densidad se asume para calcular el coeficiente de reflexión, una densidad constante con el cual se obtienen resultados aceptables ya que la densidad no varía mucho. Haciendo esta consideración la Ec.3 se transforma en Ec.4

$$R = \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \quad \dots[Ec.4]$$

Considerando $\rho = CTE$

6.2 METODOS DE MEDICION DE VELOCIDADES

En un estudio de velocidades es fácil caer en dos posturas extremas: suponer que la relación entre la velocidad sísmica y la litología es tan vaga y merece tan poca confianza o por el contrario suponer que una medida de velocidad es lo suficientemente caracterizada como para permitir por sí solo identificar una formación en términos geológicos y especificar todas las constantes elásticas (Griffiths, et al; 1972).

Físicamente se define la velocidad como al desplazamiento por unidad de tiempo. A pesar de ser esta una definición tan sencilla, medirla suele ser tan compleja cuando se tratan de ondas elásticas que se propagan en un medio cuyas propiedades elásticas no se conocen. Los valores de velocidad sísmica observado suelen ser útiles ya que pueden darnos una idea acerca de las propiedades de las rocas y pueden ser medidos por diferentes métodos que describiremos a continuación.

6.2.1 EL REGISTRO SONICO

El registro sónico comúnmente llamado registro continuo de velocidad obtenidos en pozos petroleros, es un registro del tiempo que requiere una onda sonora para atravesar un pie de formación (log Interpretation, Principles & Applications; Schlumberger 1989) El equipo de medición consiste en un transmisor que emite impulsos sónicos y un receptor que capta y registra los impulsos. La velocidad de formación se determina mediante la diferencia del tiempo de arribo en los receptores que principalmente es función de la litología y de la porosidad. La profundidad de propagación del sonido es de solo unas cuantas pulgadas y por lo tanto mide valores dentro de la zona invadida (log Interpretation, Principles & Applications; Schlumberger 1989)

A) PRINCIPIOS

La herramienta sónica, típicamente corrida centralizada en el pozo a una velocidad de registro de 10-30 ft/min, del fondo hacia la superficie (Log Interpretation, Principles & Applications; 1989), está constituida principalmente por dos pares de receptores y un transmisor que emite un ultrasonido más de

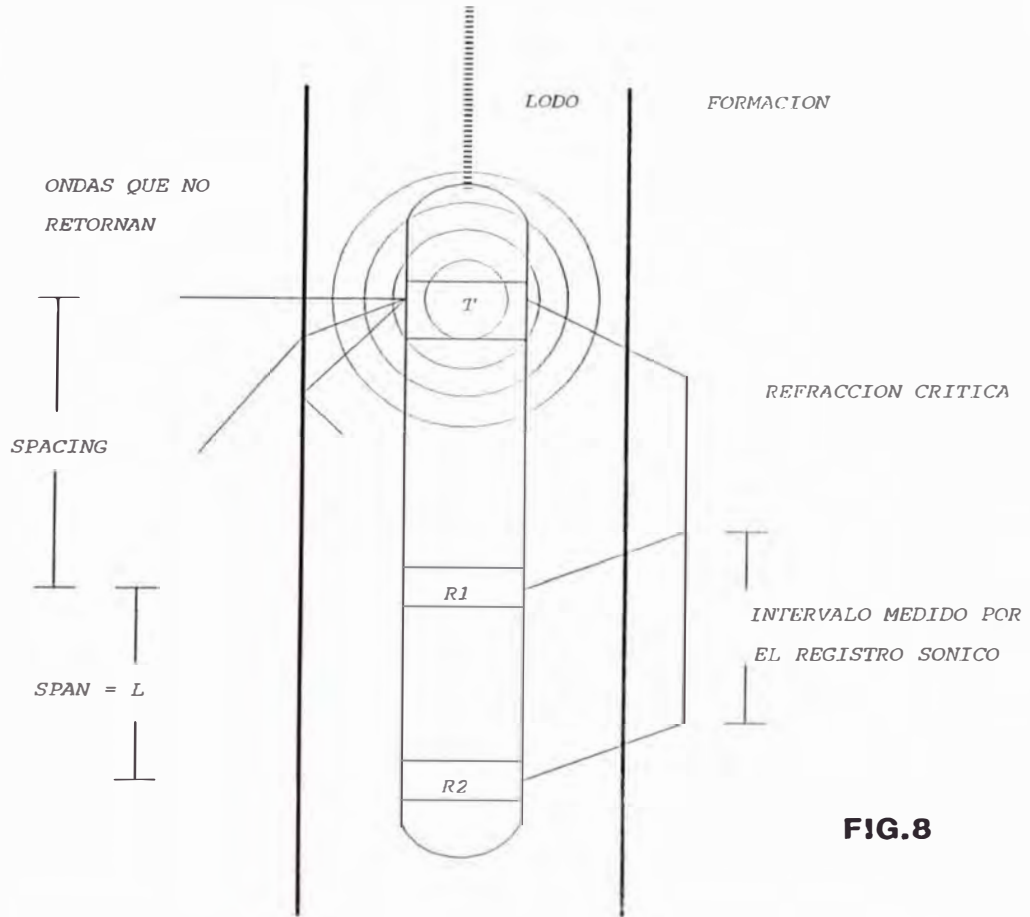


FIG.8

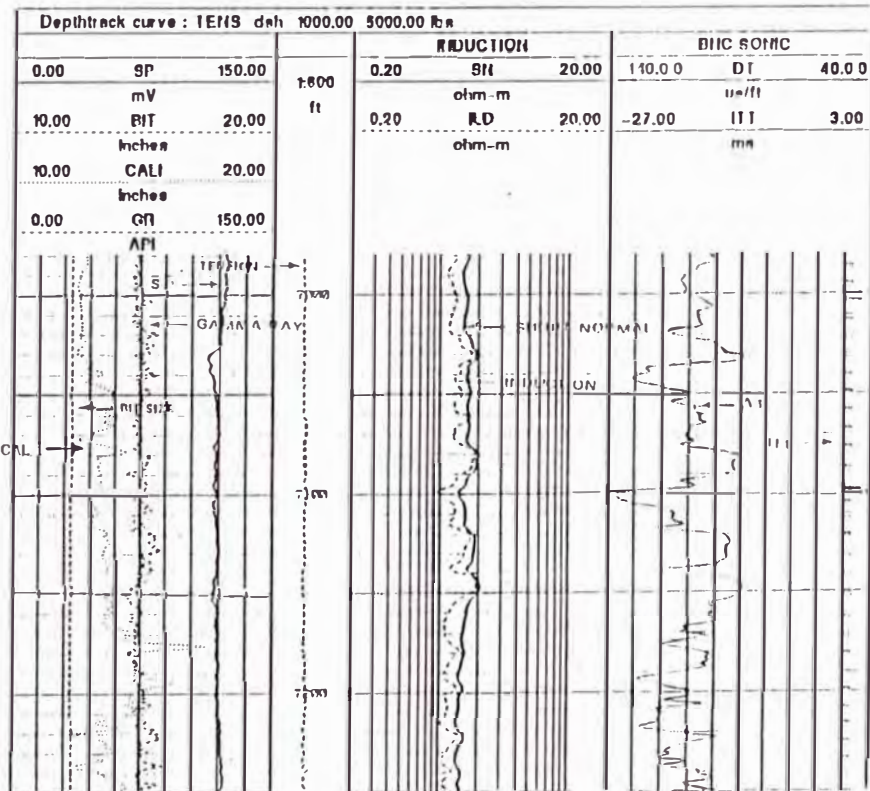


FIG.9

20 veces por segundo (Breck et al; 1958), los receptores convierten las señales mecánicas a pulsos eléctricos ver fig.8.

El transmisor producen una onda compresional en la columna de lodo que viaja en todas las direcciones, choca con las paredes de la formación que se comporta como un nuevo frente de onda (Princ.Huygen), la mayoría de ondas son perdidas y solo algunas que inciden igual al ángulo crítico es refractada (Ley de Snell) y captada por el par de receptores. La separación del receptor y transmisor es tal que las ondas superficiales a pesar de tener menor recorrido arriban después que las ondas refractadas por la baja velocidad que estas presentan, la penetración es de unas pulgadas y en general esta en el rango de la zona invadida por el lodo. La velocidad es calculada en superficie por un computador promediando los tiempos de recepción de cada receptor e integrando los tiempos de tránsito para poder obtener tiempos de viajes totales (log Interpretation, Principles & Aplications; Schlumberger 1989)

Según "Halliburton Login Services" (HLS; 1991), si t_1 es el tiempo que la onda demora en llegar al receptor 1 y t_2 el tiempo que demora la onda en llegar al receptor 2 entonces el tiempo de tránsito ΔT es:

$$\Delta T = \frac{t_2 - t_1}{L} \quad \dots [Ec.5]$$

Se denomina:

SPAN:A la distancia que hay entre los pares de receptores y es igual a L.

SPACING:A la distancia que hay entre el transmisor y receptor mas cercano.

B) PRESENTACION DE LOS REGISTROS

Con el fin de evitar fracciones decimales se registra la inversa de la velocidad en microsegundos por pie ($\mu\text{s}/\text{ft}$) desde 40-140 $\mu\text{s}/\text{ft}$, 140-240 $\mu\text{s}/\text{ft}$ o 40-240 $\mu\text{s}/\text{ft}$, el tiempo de tránsito es registrado en una escala lineal en las pistas 2 o 3 del registro. El tiempo integrado se da en el extremo izquierdo o derecho por una serie de "pips", cada una de estas marcas indican 1 ms y cada "pips" grande indica 10 ms. El registro por lo general va acompañado de curvas potencial espontaneo (SP) y/o rayos gamma (GR) y/o calibrador (Cáliper), ver Fig.9 (Sonic Logs and Rock Mechanics; HLS, 1991).

C) EQUIPOS UTILIZADOS

En la actualidad existen 3 diferentes equipos BHC, LSS y AS que serán descrito muy escuetamente, siendo el mas utilizado el BHC.

Borehole Compesated Sonic (BHC).- Este tipo de herramienta solo proporciona mediciones de tiempo de tránsito compresional, el equipo consiste en dos pares de transmisores y dos pares de receptores que reducen los errores por inclinación de la herramienta y cambio de tamaño de agujero. La profundidad de investigación es corta debido a que la distancia entre receptores es 2 ft (Span=2ft) y la distancia entre receptor y transmisor es 3ft (Spacing=3ft), la profundidad de investigación es corta. La herramienta soporta presiones del orden de 20,000 Psi y temperaturas del orden de 350°F (log Interpretation, Principles & Aplications; Schlumberger 1989)

LONG SPACING SONIC (LSS).- Esta herramienta además de las características del BHC, pueden ser corrido en pozos de gran diámetro y posee mayor profundidad de investigación ya que posee un "Spacing" de 8 a

10ft y un "Span" que oscila entre 0.5 y 2ft que asegura la profundidad de penetración, también es muy común la utilización de este equipo para estudio de ondas de cizalla. La herramienta posee mayor longitud que la anterior, soporta presiones y temperatura del orden de 20,000psi y 350°F respectivamente (log Interpretation, Principles & Applications; Schlumberger 1989)

ARRAY SONIC (AS).- Esta herramienta posee las características del BHC y LSS juntos, además de otra que la hace mejor para estudios sísmicos. La herramienta se encuentra constituida por dos transmisores piezoeléctricos de 5-18Khz separados por un espacio de 2 ft, dos receptores piezoeléctricos ubicados de 3-5 ft del transmisor superior, estos receptores poseen doble función, en pozo abierto es utilizado para hacer mediciones de ΔT y en pozos revestidos es usado para estudios de cementación. El array Sonic posee además un arreglo de 8 receptores que pueden servir para mediciones de espaciamiento largo de 8-10 ft y 10-12 ft compensado por efecto de agujero, en la parte superior posee un equipo que consiste en un par transmisor-receptor de muy poca separación que es utilizado para hacer mediciones de ΔT al lodo (log Interpretation, Principles & Applications; Schlumberger 1989)

6.2.2 LOS REGISTROS DE VELOCIDAD EN POZO (WELL VELOCITY SURVEY)

Los registros de velocidad en pozo (WVS: Well Velocity Survey) son hasta el momento el más común y mejor método para determinar la velocidad de transmisión de los pulsos sísmicos en el subsuelo (Hewitt Dix; 1981), consiste en bajar un geófono a varias profundidades y medir el tiempo de tránsito desde la fuente al geófono como

muestra la Fig 10 donde S es el punto de disparo y D el datum sísmico de referencia.

El equipo utilizado es simple, el geófono está diseñado de tal forma que pueda soportar altas presiones de una columna de lodo de más de 3500 m, este es bajado por un cable eléctrico que comúnmente es el mismo utilizado para las corridas de registros eléctricos. La fuente es ubicada en superficie por un pozo adyacente de corta profundidad (Up Hole) denominando OFFSET a la distancia entre el pozo y el pozo corto de disparo. Antiguamente los disparos eran producidas por cargas de dinamita, actualmente se utilizan diferentes métodos entre ellos el uso de una pistola de aire comprimido (Air Gun) que ofrece muchas ventajas entre ellas la capacidad de reproducir varios disparos en un mismo pozo corto con lo que se evita hacer pozos cortos por cada disparo además de ofrecer mayor seguridad de operación y bajo costo (log Interpretation, Principles & Applications; Schlumberger 1989)

Cuando el geófono es bajado en el pozo se produce un desequilibrio en el lodo que hace necesario un tiempo de espera hasta que se estabilice para iniciar la recepción de disparos.

En lodos densos y viscosos la bajada del geófono es lento y tedioso por lo que se opta generalmente en bajar el geófono hasta el fondo y registrar subiendo en lugar de esperar el lento proceso de bajar el geófono. Los equipos actuales cuentan con una cámara en el que el operador puede observar los ruidos producidos que en ella se generan y controlar los disparos (log Interpretation, Principles & Applications; Schlumberger 1989).

Las herramientas actualmente empleadas para estos estudios son el WST y la

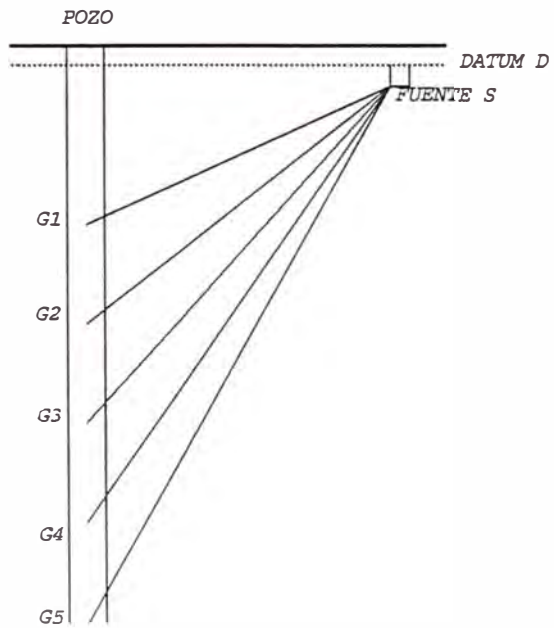


FIG. 10

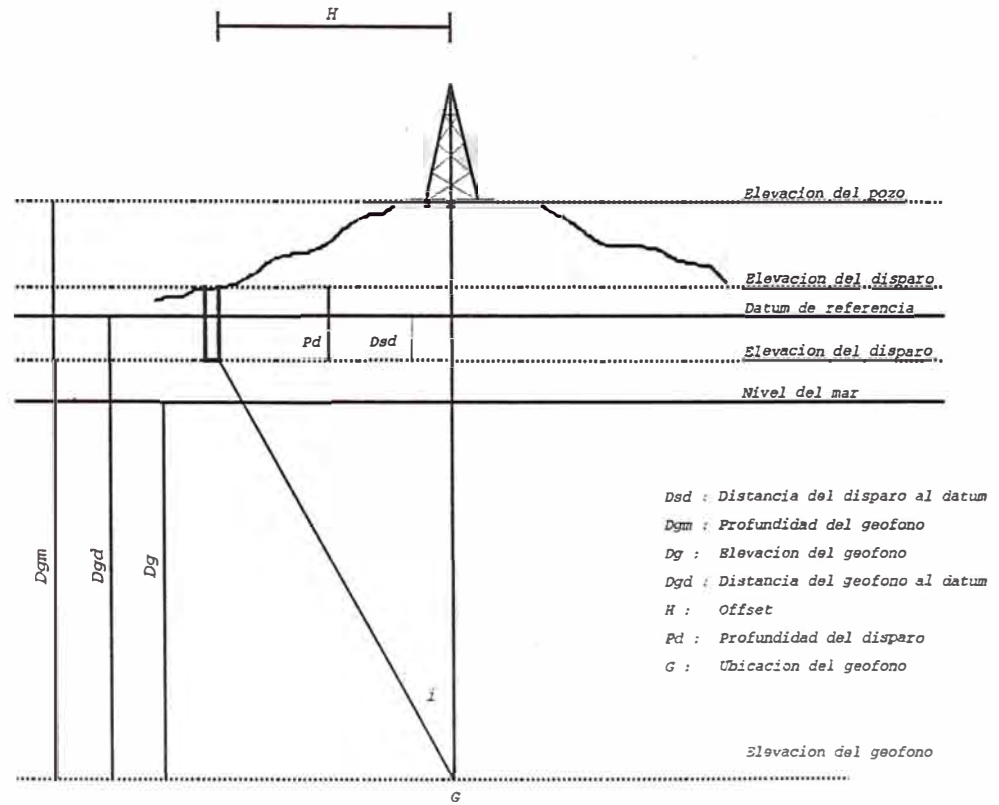


FIG. 11

FUENTES DE ENERGIA

FUENTE	APLICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Explosivos	Adquisicion general	<ul style="list-style-type: none"> - La fuente puede ser colocada bajo la capa intemperizada - pequeños pulso de amplia banda 	<ul style="list-style-type: none"> - Es caro, necesita perforacion de pozo para los disparos - La frecuencia depende del material en el cual ocurre la explosion - Es peligroso su manipuleo
Vibradores	Adquisicion general	<ul style="list-style-type: none"> - Minimo impacto cultural y ambiental - Frecuencia controlable - No requiere pozo de disparo - La banda de frecuencia angosta puede incrementar la razon Señal/ruido 	<ul style="list-style-type: none"> - Capas superficiales interperizadas pueden causar problemas estaticos - El acoplamiento de la platina base con el terreno puede causar problemas - El procesamiento y el registro es mas complejo
Gas o pistolas de aire	Adquisicion en terrenos rugosos	<ul style="list-style-type: none"> - Barato y transportable por helicopteros - pueden usarse multiples veces - No requiere de pozos de disparo 	<ul style="list-style-type: none"> - Energia de penetracion limitada - Requiere Offsets mayores - Capas interperizadas pueden causar problemas estaticos - Problemas de ruido por ondas superficiales
Caida de pesos	Adquisicion general Adquisicion en el desierto	<ul style="list-style-type: none"> - Barato - No requiere pozos de disparos 	<ul style="list-style-type: none"> - No es posible la sincronia de la fuente - Requiere mayores offsets - Capas interperizadas pueden causar problemas estaticos - Problemas de ruido por ondas superficiales

herramienta de adquisición sísmica SAT. La herramienta WST posee 4 geófonos apilados de manera uniaxial y son sensible a vibraciones verticales mientras que la herramienta SAT posee tres geófonos montados en un balancín capaz de operar en tres dimensiones que le proporciona un sistema referencial XYZ (log Interpretation, Principles & Aplications; Schlumberger 1989)

A) CALCULO DE VELOCIDADES Y CORRECCIONES AL DATUM SISMICO

El cálculo de velocidad es realizado normalmente con el cociente de espacio recorrido sobre tiempo transcurrido pero con la finalidad de evitar la atenuación rápida y pérdida de la energía se opta por disparar en un pozo corto que asegure la carga en roca consolidada y no en zona intemperizada, realizando luego correcciones por velocidades de la zona intemperizada (Weathering & Sub Weathering) y llevadas a un mismo nivel de referencia o datum sísmico lo cual dificulta el cálculo de la velocidad. Además se debe tener en cuenta que los tiempos recepcionados no son de trayectorias verticales sino inclinadas y que ellos deben ser corregidos a tiempos verticales (Hewitt Dix; 1981).

A continuación presentamos una método sencillo de como son realizadas estas correcciones para un disparo en el Pozo Capahuari Sur 1, este proceso es repetitivo para cada disparo (Fig. 11).

[1]	Numero Disp.:	3-1
[2]	Elev. Boca Disp.:	628 ft
[3]	Datum Sísmico:	+600 ft
[4]	Prof. Disparo:	70 ft
[5]	Elev. Disp.: [2]-[4]	+558 ft

[6]	Dist. Disp-Datum:[5]-[3]	-42 ft
[7]	Vel. Weathering:	6750 ft/sg
[8]	Tpo.Vert. Disp Datum:[6]/[7]	-0.006 sg
[9]	Tpo.Incl. Disp Geófono:	0.745 sg
[10]	Elev. pozo:	+809 ft
[11]	Prof. Geófono:	6000 ft
[12]	Elev. Geófono:[10]-[11]	-5191 ft
[13]	Dist. vert. Geófono Disp:[5]-[12]	5833 ft
[14]	Dist. Geófono Datum:[3]-[12]	5791 ft
[15]	OFFSET Dist. Horiz. Pozo Disp:	656 ft
[16]	Tg i: [15]/[13]	0.112463569
[17]	i: ArcTg[16]	6.416725487°
[18]	Cos i: Cos[17]	0.993735337
[19]	Tpo. Corregido vertical:[9]x[18]	0.740332826
[20]	Tpo. Vert. Datum Geófono:[19]+[8]	0.734332826
[21]	Veloc.Prom Datum Geófono:[14]/[20]	7886.069906

En algunos casos se tienen varios disparos para una misma profundidad y la velocidad promedio es calculado promediando los tiempos verticales para obtener una velocidad mas representativa.

B) FUNCIONES DE VELOCIDAD

Las funciones de velocidad, es la relación matemática que nos permita estimar una velocidad a partir de un tiempo sísmico o a partir de una profundidad dada. Para ello es comúnmente utilizada tres métodos: el de los mínimos cuadrados, la de Miller y la de Slotnick, Brooks & Redding

METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS

El método consiste en obtener una función tal, que cumpla poseer la representación del total de puntos experimentales con un mínimo de desviaciones cuadradas, entendiéndose por desviaciones a la discrepancia entre el valor real y el obtenido a partir de la función teórica.

En general si se define una función:

$$y = f(A, B, C, \dots) \quad \dots[\text{Ec.6}]$$

Entonces la suma de desviaciones al cuadrado entre el valor real (y) y el valor experimental (y') será:

$$S = (y'_0 - y_0)^2 + (y'_1 - y_1)^2 + (y'_2 - y_2)^2 + \dots \quad \dots[\text{Ec.7}]$$

Siendo el valor de mínimo error aquella obtenida resolviendo el sistema de ecuaciones lineales encontrados a partir de la Ec.8.

$$\frac{\partial S}{\partial A} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial B} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial C} = 0, \quad \dots \text{etc.} \quad \dots[\text{Ec.8}]$$

Es siempre importante antes de aplicar este método tener una idea de la forma de la curva al cual se desea ajustar.

METODO DE MILLER

Consiste en definir una función de velocidad respecto al tiempo T y fue desarrollado por N.H.MILLER.

El método consiste en tomar un punto bastante confiable a partir de un gráfico de profundidad vs tiempo, tal como P₂ al cual le corresponde un tiempo \bar{T} y

una profundidad Z_2 , luego tomar un punto P_1 de tal forma que T_1 sea igual a la mitad de T_2 , en caso de ser necesario interpolar los valores con los puntos adyacentes de tal forma que para P_1 exista un tiempo T_1 y una profundidad Z_1 con estos datos se procede a calcular las constante K y V a partir de la Ec. 9 y Ec. 10 (Hewitt Dix; 1981)

$$\text{Se sabe que : } Z = \frac{V(e^{Kt}-1)}{K}$$

$$\text{Para : } Z_2 = \frac{V(e^{Kt_2}-1)}{K} = \frac{V(e^{2Kt_1}-1)}{K} = \frac{V(e^{Kt_1}-1)(e^{Kt_1}+1)}{K}$$

$$\text{Ademas para } Z_1 = \frac{V(e^{Kt_1}-1)}{K}$$

$$\text{Luego } \frac{Z_2}{Z_1} = (e^{Kt_1}+1) \quad \text{o} \quad e^{Kt_1} = \frac{Z_2-Z_1}{Z_1}$$

De donde se deduce que :

$$K = \frac{2.3}{T_1} \log\left(\frac{Z_2-Z_1}{Z_1}\right) = \frac{1}{T_1} \text{Ln}\left(\frac{Z_2-Z_1}{Z_1}\right) \quad \dots[\text{Ec.9}]$$

$$V = \frac{KZ_1}{(e^{Kt_1}-1)} \quad \dots[\text{Ec.10}]$$

Finalmente la Funcion de Velocidad sera : $V_z = V+KZ$

Donde V :Velocidad al Datum y V_z :Vel. a la prof. Z

K : Razon de cambio

METODO DE SLOTNICK, BROOKS & REDDING (1950)

Este método es menos común para lo cual se utiliza 2 o 3 puntos que reemplaza en la fórmula general de la Ec.11 obteniendo valores de V y K para cada punto.

$$Z = \frac{V}{K}(e^{Kt_z} - 1) \quad \dots[Ec.11]$$

Los valores utilizado en la función de velocidad es obtenido encontrando el centro de masa de la figura geométrica formada uniendo cada uno de los puntos (V,K), (Hewitt Dix; 1981).

6.2.3 LINEAS SISMICAS

Los métodos sísmicos en geofísica fundamentalmente involucra medidas de tiempo de una onda artificialmente creada en la superficie con un período que varia entre 0.01 y 0.1 seg (Geology Development Reference Manual, AAPG; 1993) y viaja en el subsuelo siguiendo trayectorias de mínimo tiempo de tránsito (Princ.Fermat). El método sísmico es esencialmente utilizado en una prospección por petróleo para definir la geometría de estructuras con posibilidades de contener cantidades comerciales de hidrocarburos. Aún cuando este método no pueda discernir si la estructura encontrada posee o no hidrocarburos, es el mejor método indirecto para obtener la geometría en el subsuelo.

El equipo utilizado es esencialmente el siguiente :

- a) Un generador de ondas (Fuente)
- b) Detectores para recoger las vibraciones de la tierra (Geófonos).
- c) Un equipo de amplificación, filtrado y registro el cual magnifica la señal recibida, filtra las señales extrañas (ruido) y graba la porción seleccionada.

- d) Un sistema de tiempo sensibles a intervalos del orden de 0.001sg para medir el tiempo que tarda la onda en viajar desde la fuente emisor al receptor.

A) FUENTES DE ENERGIA

En la actualidad existen numerosas fuentes de energía como explosivos, gas o aire comprimido, mecánicos de pesos que caen, sistemas vibradores incluso armas de fuego, las ventajas y desventajas son mostrados en la Tabla 1.

Por lo general la fuente explosiva es colocada a profundidades que van desde 10 a 300 ft (3-100m) sin embargo a veces pueden ser colocados superficialmente, los vehículos vibradores o equipos que dejan caer cuerpos tienen la desventaja de requerir condiciones en superficie muy estables y sin problemas por lo que en áreas inaccesible son mejores los equipos portátiles. En general el tipo de fuente a utilizar lo dan las condiciones del terreno.

Los puntos de disparo pueden ser puntos simples o en algunos casos pueden ser arreglos que permiten una mejor aprovechamiento de la energía (Geology Development Reference Manual, AAPG;1993).

B) RECEPTORES

Un geófono es un dispositivo mecánico que transforma la energía sísmica en voltajes eléctrico, los geófonos son frecuentemente agrupados en arreglos unidos por cables con la finalidad de maximizar la detección de la energía reflejada y reducir la cantidad de ruido, sin embargo para que un arreglo de geófonos trabaje bien es necesario que cada uno de ellos este bien colocado (plantados). Existen dos tipos de cables, los analógicos y los telemétricos; los

analógicos poseen un par de cable por cada grupo de geófonos, si estos están demasiado separados la señal podría ser atenuada en cuyo caso es mejor el método telemétrico que posee una conexión analógica desde el geófono al procesador que amplifica la señal, la filtra, la digitaliza y las transmite a travez de fibras ópticas u ondas radiales (Geology Development Reference Manual, AAPG;1993).

C) REGISTRO

Los modernos sistemas de registros son tan variados como sistemas de detectores y fuentes existen, estos cumplen muchas de las tareas que el centro de procesamiento hacen, como: amplificar, filtrar, multiplexar y digitalizar con la diferencia que al final son grabados en cintas magnéticas.

Los parámetros, como razón de muestra, longitud de registro y los filtros grabados pueden ser controlados durante los procesos de registro, estos equipos por lo general limitan el numero de canales que pueden ser grabados. En esta parte es muy importante el reporte de observador en el que se indica el numero de disparos grabados, las recuperaciones de disparos realizados, los problemas observados etc. sin ella seria imposible el demultiplexado y el procesamiento final de los datos (Geology Development Reference Manual, AAPG;1993).

6.3 LOS SISMOGRAMAS SINTETICOS

Los sismogramas sintéticos son modelos geofísicos en el que se trata de delinear superficies de cambio de velocidad y cambios de impedancia acústica (A. Cabrera; 1982).

Las ondas sísmicas que se propagan por la tierra son afectadas por el límite de cada capa litológica; cuando estos límites marcan un cambio de impedancia acústica parte de la energía transmitida es reflejada estando esta energía transmitida y reflejada en función de las diferencias de impedancias siendo la cantidad de energía reflejada R de dos capas Z_1 y Z_2 calculada a partir de las ecuaciones 2, 3 y 4

Para casos prácticos como la confección de sismogramas, a veces son utilizados las ecuaciones 12 y 13. La primera es una estimación práctica del coeficiente de reflexión basado en pruebas de diferentes pozos (A. Cabrera, 1982) y la segunda es una forma aproximada de estimar velocidades para construir sismogramas sintéticos basados en resistividades (R. Sheriff; 1979).

$$R = \frac{1}{2}(1.25 \ln(\frac{V_2}{V_1})) \quad \dots[Ec.12]$$

$$V = K(Z.Res)^6 \quad \dots[Ec.13]$$

K:Cte Z:Profundidad Res:Resistividad R:Coef. de Refl.

Como se puede ver en la Fig.12 se tiene en la columna A la representación litológica, la columna B los valores de coeficiente de reflexión en cada cambio litológico, C1, C2 ... y C6 representan la Ondícula correspondiente a sus coeficientes de reflexión y finalmente D es la representación sísmica de la columna A (Borehole Seismic Seminar, Schlumberger; 1981)

6.3.1 CONFECCION DE UN SISMOGRAMA SINTETICO

La información requerida para la confección de un sismograma sintético estan dada

por las variaciones verticales de velocidad y de densidad para ello son utilizados los registros sónico y de densidad. En caso de no contar con un registro de densidad este se considerará constante y con muy poca fluctuación, utilizando para ello la Ec.4.

Para conseguir mejores resultados son utilizados los registros Well Velocity Survey con Check Shot (Registro de velocidad en pozos con disparos de chequeo).

En primer lugar se ajusta el registro sónico a los tiempos de "Well Velocity Survey" (WVS) colocándolos en función del tiempo integrado o profundidad total, luego se calcula el coeficiente de reflexión utilizando cualquiera de las ecuaciones antes mencionadas y se procede a realizar modelizaciones haciendo viajar a través del tiempo de reflexión, un modelo de ondícula (Fig. 13).

En la actualidad existe muchos programas computarizados que realizan estas tareas incluso hacen correcciones y modelizaciones por el tipo de ondícula aplicando la convolución con la intención de mejorar la resolución además toman otros parámetros físicos como ganancia, amplitud, frecuencia, filtros etc.

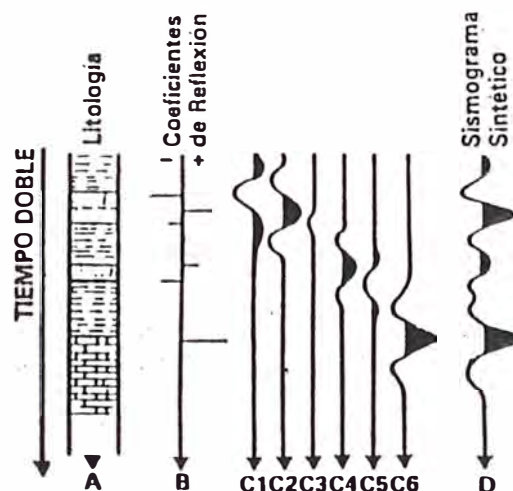


FIG. 12

SISMOGRAMA SINTETICO

REFLECTION COEFFICIENTS	0.250 -0.250
ACOUSTIC IMPEDANCE	55000.000 FSCC
GAMMA RAY	15000.000 FSCC 250.000 CAV
DENSITY	3.000 C/C3 1.500 C/C3
CORRECTED SONIC	40.000 US/FT 140.000 US/FT
RICKER MINIMUM PHASE 45 HZ	
RICKER MINIMUM PHASE 30 HZ	
RICKER MINIMUM PHASE 15 HZ	

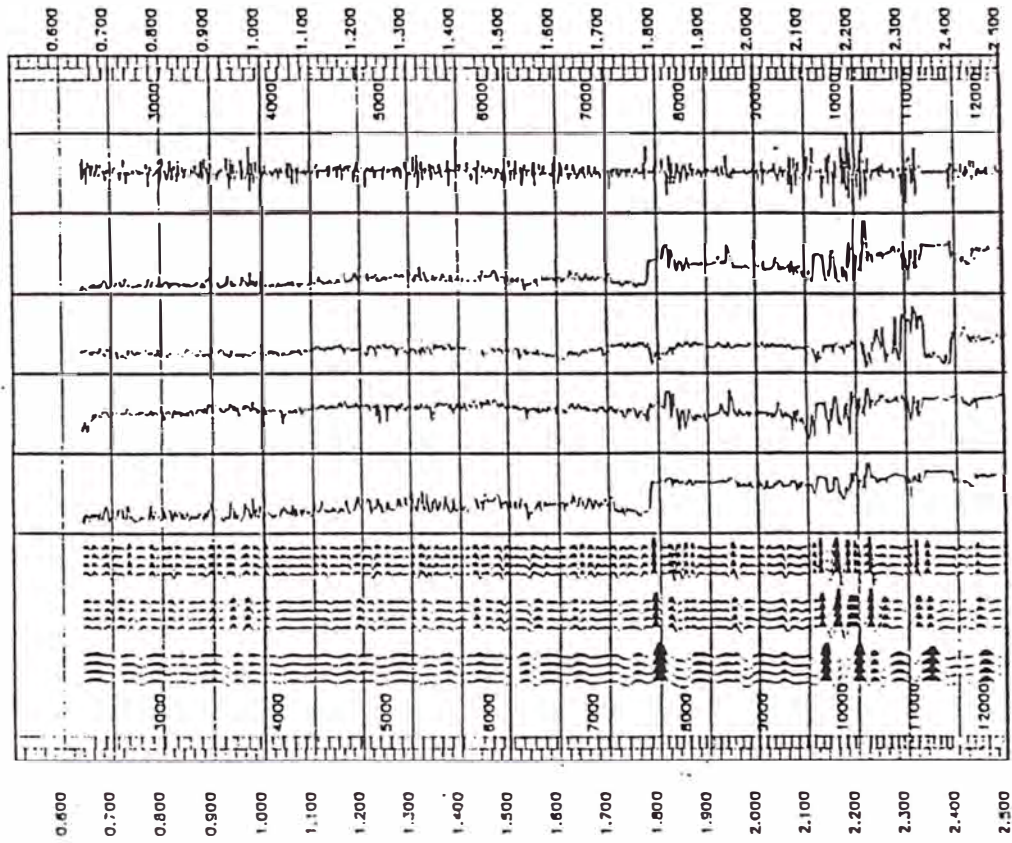


FIG 13

7 ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCIARIAS

La medición de los intervalos de tiempo que transcurren desde que se genera un impulso elástico hasta su recepción en los geófonos colocados a diferentes distancias, permiten determinar las velocidades de propagación del impulso en las rocas que por lo general varía tanto en profundidad como lateralmente. Estos valores de velocidades sísmicas son útiles ya que nos puede dar una idea acerca de otras propiedades de las rocas que sin lugar a dudas servirá como material de interpretación geológica, tal es así que muchas investigaciones sísmicas tienen por objetivo fundamental determinar interfases que separan medios de distinta velocidad (M. Dobrin; 1969).

Las unidades Terciarias en el Marañón constituido principalmente por 14,000 ft de molasas rojas (Oeste del Lote 1AB), ha sido poco estudiada por ser esta una compleja secuencia continental con poca continuidad lateral y heterogeneidad litológica.

El estudio de velocidades en estas unidades definieron algunas interfases que serán explicados mas adelante, para tal efecto se utilizaron 33 registros sónicos en pozos del lote 1AB y 5 registros sónicos del lado Ecuatoriano, ellos se agruparon en 8 secciones, cuatro Norte-Sur (I, II, III y IV) y cuatro Este-Oeste (A, B, C y D) como se muestra en el mapa índice (Fig. 1). La interpretación ha sido realizada teniendo en cuenta las respuestas físicas del terreno mostrado en las diagrfias y considerando las limitaciones del método.

7.1 CALCULO DE VELOCIDADES EN REGISTROS SONICOS

Los registros sónicos muestran una curva en la cual se gráfica la inversa de la velocidad, denominado intervalo de tránsito ΔT , así un alto ΔT indicará una baja velocidad y es calculado a partir de la Ec.14

$$V = \frac{1000000}{\Delta T} \quad \dots[Ec.14]$$

Por lo general ΔT está en microsegundos por pie ($\mu s/ft$) estando la velocidad obtenida por la Ec.14 en pies por segundo (ft/s). Además de esta velocidad es posible obtener una velocidad de intervalo a partir de la Ec.15 utilizando el tiempo de tránsito integrado (TTI) y la diferencia de profundidades.

ΔP : Dif. profundidades

TTI: Tpo.Trans.Integrado

$$V_i = \frac{\Delta P}{TTI} \quad \dots[Ec.15]$$

7.1.1 ANALISIS Y METODO UTILIZADO

Para el presente estudio, se ensayaron diferentes métodos para conseguir una diagrafía representativa de velocidad tal, que sea lo suficientemente grande como para no obviar detalles importantes (p e. la areniscas de la Fm. Pozo) y lo suficientemente pequeña como para permitir una muy buena visualización para la correlación de 14000 ft de sedimentos continentales poco contínuos.

Entre los principales ensayos tenemos:

a) Observar en los registros, (a escala real) los cambios de carácter de las sinuosas curvas de tiempo de transito y marcar cada uno de estos intervalos de forma que se marcaran unidades de velocidades homogéneas.

Luego de la prueba en aprox. 10 registros sínicos, (tren estructural Macusari, Capahuari, Tambo, Andoas y Yañez) se llegó a la conclusión que difícilmente podían ser asociados de un pozo a otro puesto que los intervalos eran pocos uniformes y los rangos de variación de velocidad era tal que no ofrecían confiabilidad, además era difícil evaluar a simple vista en forma cualitativa y cuantitativa curvas sinuosas que iban de un extremo al otro.

b) Tomar intervalos de profundidad estandar, para lo cual se realizaron pruebas de intervalos cada 500 ft, 200ft y 100ft. En general ellos representaban bastante bien los registros sínicos pero se cometía un error al calcular velocidades puesto que cada uno de estos intervalos correspondía a fracciones de tiempo inexactos respecto a los "pips" de tiempo.

c) Un muestreo sistemático de tiempo a todo el registro, para ello se hicieron pruebas cada 50, 20, 10 y 5 mseg. Con este muestreo en tiempo se evitaba las fracciones de tiempo para cada intervalo (es más fácil medir fracciones de profundidad en los registros).

El muestreo de cada 50 y 20 mseg, era bueno pero por problemas de escala, no permitía la definición de pequeñas unidades de aproximadamente 130ft (sería difícil ver la arenisca de la Fm. Pozo). Las pruebas cada 5 mseg, poseían muchos detalles, tomaba más del doble de tiempo de trabajo y era mucho más difícil el conteo de "pips" y para nuestro caso era poco aplicable. Finalmente solo el muestreo cada 10 mseg es bastante rápido para contar los "pips", muestra la arenisca de la Fm. Pozo y representa bastante bien los registros sínicos.

El cálculo de velocidades de intervalo sínica cada 10 ms y el error cometido en la estimación de una profundidad a partir de los gráficos velocidad de intervalo vs. profundidad, fué realizado utilizando las Ec.15 y Ec. 16 respectivamente.

$$Err = \pm \frac{Vel.Interv.}{200} \quad \dots [Ec.16]$$

De la Ec.16 tenemos que si a una profundidad dada la velocidad de intervalo es de 7000 ft/s entonces el error estimado en este punto será ± 35 ft. Considerando una columna medida que oscila entre los 14000 ft en el pozo Yañez a 5500 ft en el pozo Tangarana entonces el error relativo a la columna medida, para esa velocidad de intervalo variará entre $\pm 0.25\%$ a $\pm 0.65\%$.

El número de intervalos de 10 ms medidos para cada pozo varia entre 160 a 100 de

Oeste a Este respectivamente. Cada pequeño intervalo posee una velocidad que es dibujado en un gráfico de "Velocidad de intervalo versus profundidad", para uniformizar las profundidades se utilizó el nivel del mar como referencia siendo el formato utilizado mostrado en la Fig.14 donde aparece el pozo Andoas como pozo tipo para las correlaciones.

Los resultados de agrupar los registros de Vint vs Prof. en secciones fueron satisfactorios, ellos mostraron una correlación bastante aceptable con mejor definición en las capas rojas inferiores que presentan mas homogeneidad y mayor velocidad que las capas rojas superiores. La siguiente subdivisión es postulada a partir de lo expuesto anteriormente:

Capas Rojas Superiores	Unidad VI
	Unidad V
	Unidad IV
	Unidad III
Formación Pozo	Lutaceo (Shale)
	Arenoso (Sand)
Capas Rojas Inferiores	Unidad II
	Unidad I

7.1.2 CORRELACION DE SECCIONES

La correlación y subdivisión fue realizada utilizando 33 de los 42 pozos estudiados tratando de marcar solo unidades regionales y amplias sin observar detalles que carezcan de continuidad lateral para ello se tomaron en cuenta solo los cambios

VELOCIDAD (ft/s)

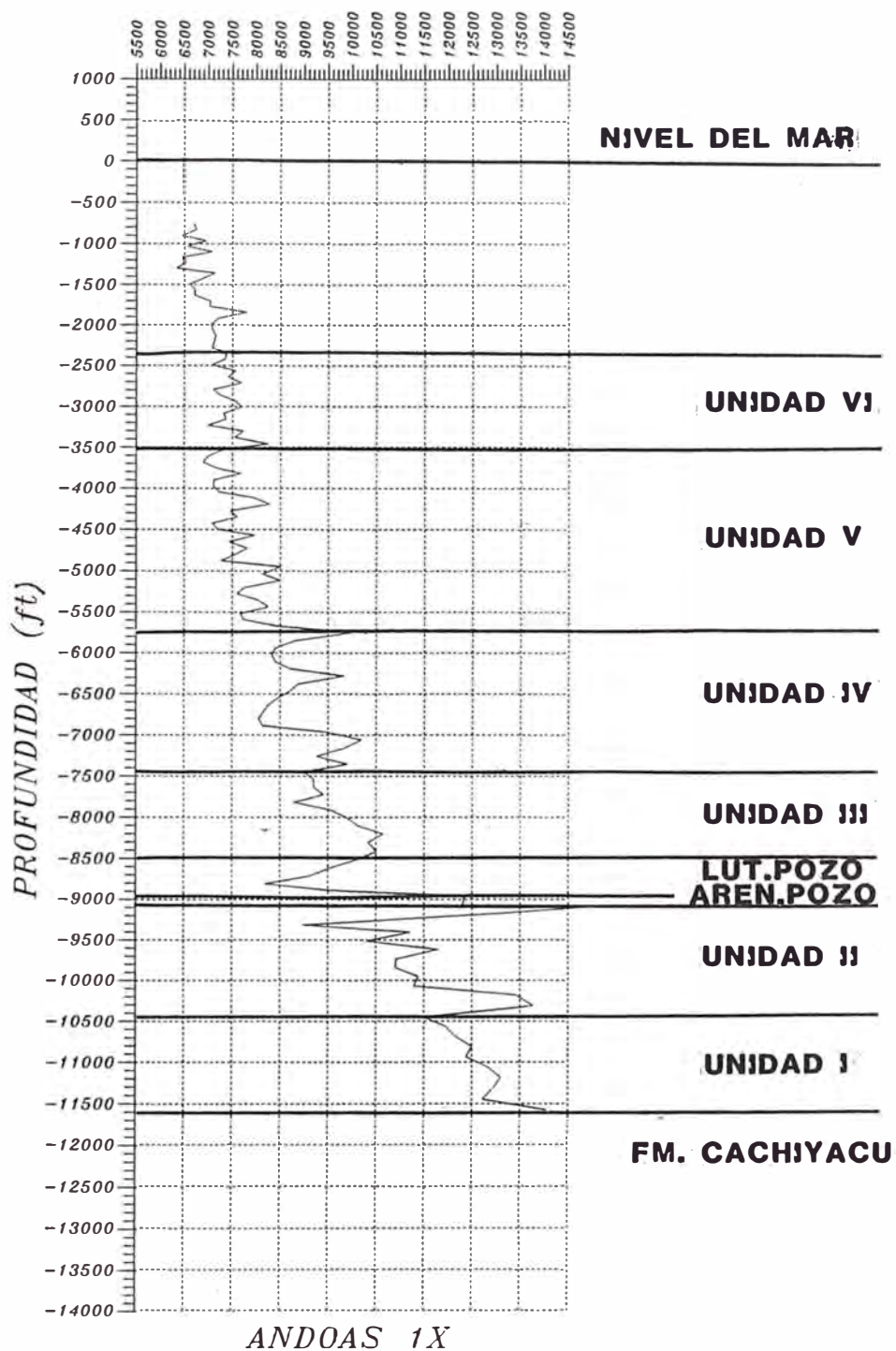


FIG.14

fuertes de velocidad, en forma global de las diagramas de Vint y variación de sus espesores, teniendo cuidado de no dejarse influenciar por la cantidad de picos que estas presentan por estar en función de la magnitud de la velocidad.

Una vez correlacionado cada uno de las 8 secciones, se realizó un bucle o "loop" por cada intersección de secciones con la finalidad de chequear la correlación obteniéndose los resultados que se muestran en las secciones presentadas.

Con la conformidad de la correlación de las secciones se procedió a recalcular la velocidad de intervalo para cada unidad definida con la correlación integrando los espesores y tiempos de los pequeños intervalos de 10 ms definiendo así las velocidades interválicas finales utilizadas en la interpretación de este estudio.

La formación Pozo reconocida por su buena definición y amplia distribución en el lote 1AB fue subdividida en dos miembros siendo el miembro inferior arenoso de muy poco espesor por lo que la correlación fue apoyado con los registros de rayos gamma, potencial espontaneo y resistividades.

7.1.3 UNIDADES SONICAS TERCIARIAS

Los perfiles de velocidad sónica mostraron cambios fuertes en sus velocidades de intervalo ello permitió la subdivisión de estas unidades Terciarias, si bien es cierto que esta subdivisión esta basada solamente en cambios de las respuestas físicas del terreno, es muy posible que estén también relacionados a su historia geológica.

Las unidades aquí presentadas tal vez no concuerden con subdivisiones ya planteadas (Fig. 4), pero deben ser tomadas en cuenta como una alternativa de

VELOCIDADES SONICAS EN LAS UNIDADES TERCIARIAS LOTE 1AB - CUENCA MARAÑON

POZO	UNIDAD I ft/s	UNIDAD II ft/s	AREN.POZO ft/s	LUT.POZO ft/s	UNIDAD III ft/s	UNIDAD IV ft/s	UNIDAD V ft/s	UNIDAD VI ft/s
MACUSARI	NR	NR	NR	8,542.95	9,598.47	9,361.54	8,802.58	8,121.00
CAPAHUARI NORTE 2	*8,151.50	*10,009.89	11,839.09	7,017.86	*7,806.45	7,630.59	7,134.59	6,725.00
CAPAHUARI NORTE 1	*9,982.73	10,927.27	13,210.00	9,086.29	8,984.51	8,329.41	7,179.41	7,176.25
CAPAHUARI CENTRAL 1	11,929.08	11,704.76	13,047.62	9,067.31	9,877.60	8,882.22	7,451.56	7,395.62
CAPAHUARI SUR 1	12,500.00	11,642.51	13,332.32	8,919.23	9,321.22	8,646.67	7,609.41	7,433.13
TAMBO 1	*8,737.98	*9,756.67	12,000.00	8,152.87	8,647.97	*7,338.64	6,840.00	6,891.11
CARMEN NORTE 10	12,196.07	13,042.86	12,947.37	7,419.36	8,847.34	8,622.86	7,717.10	NR
CARMEN NORTE 1	12,009.88	12,650.70	11,475.96	7,977.04	8,936.67	8,318.75	7,425.63	7,324.44
HUAYURI NORTE 1	10,511.23	12,479.53	11,235.95	7,709.50	8,677.27	8,553.13	7,018.75	6,880.00
HUAYURI SUR 10	12,526.32	12,630.79	11,482.62	8,501.92	8,976.75	8,357.33	7,517.74	7,613.43
HUAYURI SUR 1	12,393.75	12,856.16	11,886.20	8,282.58	9,577.29	9,204.62	7,878.71	7,825.00
DORISSA 1	12,102.99	11,517.79	11,164.17	8,553.14	9,276.05	8,673.75	7,598.97	7,455.00
CECI 1	11,683.54	11,490.27	11,505.53	8,771.08	9,222.77	8,708.82	7,684.62	7,504.55
FORESTAL EXT 1	12,145.45	12,462.86	*10,470.59	7,416.67	8,515.00	8,014.12	7,250.32	7,192.22
FORESTAL 1	11,861.27	12,385.56	12,272.30	7,247.31	8,526.12	8,190.00	7,266.06	6,873.75
SHIVIYAVU 21	12,108.27	12,571.43	11,186.44	8,125.30	8,766.25	9,550.00	8,100.69	NR
SHIVIYACU 1	*8,718.93	*10,112.49	12,018.96	8,242.92	9,216.71	8,112.50	7,461.94	7,320.00
SHIVIYACU SE1	12,325.32	12,770.95	12,059.01	7,440.86	9,036.66	8,211.87	7,694.83	7,385.56
JIBARO 1	10,784.31	10,819.89	11,893.20	6,127.27	*7,780.00	*7,333.33	6,939.68	7,055.75
JIBARITO 6	12,204.47	12,097.14	12,179.90	7,338.47	8,072.43	8,070.00	7,777.04	7,766.67
JIBARITO SUR 1	*10,184.64	11,174.37	12,534.05	8,357.49	9,257.78	8,528.12	7,733.20	7,583.75
MARGARITA 1	11,800.29	11,884.62	12,151.89	8,000.00	8,881.25	8,737.86	8,170.40	7,617.50
MAYNAS 1X	12,362.17	11,159.57	12,777.78	7,346.07	8,520.74	8,050.00	7,434.78	7,463.75
MARTHA 1X	11,740.56	11,725.06	13,176.47	8,502.75	9,875.55	9,690.00	8,875.00	8,283.33
CUNAMBO	11,700.96	11,989.37	*10,835.46	7,763.31	8,887.32	8,033.85	7,077.50	6,975.00
SAN JACINTO 7	11,974.09	12,793.98	11,357.14	8,274.17	9,363.86	8,196.00	7,648.33	7,351.67
SAN JACINTO 6	11,872.14	12,616.80	11,061.98	8,112.06	9,090.35	8,240.00	7,583.79	7,435.00
SAN JACINTO 1	11,871.67	11,599.48	11,275.00	7,800.00	9,035.71	8,411.54	7,722.07	NR
BARTRA 1	11,198.15	11,769.06	*10,660.00	7,216.00	8,485.71	7,804.00	7,069.29	6,860.00
TIGRE 1	11,532.29	11,914.46	*10,904.76	7,745.66	8,797.14	8,297.69	7,542.59	7,220.00
YAÑEZ	*10,024.20	11,617.02	11,386.90	9,375.59	9,469.04	7,567.59	7,000.00	7,108.33
ANDOAS	12,626.36	11,712.97	12,340.40	9,303.28	9,688.65	8,931.58	7,642.41	7,452.50
TANGARAÑA	11,154.96	11,563.88	11,230.18	7,414.64	8,289.16	8,187.27	7,221.03	6,575.00

TABLA 3

**CUADRO RESUMEN
VELOCIDADES SONICAS PROMEDIO**

	<i>No. Registros Utilizados</i>	<i>Velocidad Maxima</i>	<i>Velocidad Minima</i>	<i>Velocidad Promedio</i>	<i>Desviacion Estandar</i>
<i>UNIDAD VI</i>	30	8,283	6,575	7,335	370
<i>UNIDAD V</i>	33	8,875	6,840	7,547	456
<i>UNIDAD IV</i>	31	9,690	8,072	8,455	556
<i>UNIDAD III</i>	31	9,877	8,072	9,323	520
<i>LUTITAS POZO</i>	33	9,375	6,127	8,034	715
<i>ARENISCA POZO</i>	28	13,332	11,061	11,590	2,168
<i>UNIDAD II</i>	29	13,046	10,819	11,590	2,178
<i>UNIDAD I</i>	26	12,626	10,511	11,463	2,264

correlación ya que representan las variaciones de las propiedades elásticas de las rocas en el subsuelo. La tabla 2 muestra las variaciones de velocidades para cada unidad y para cada pozo estudiado. La tabla 3, muestra las velocidades promedio para cada Unidad, Las velocidades máximas y mínimas, Número de registros utilizados y su desviación estándar.

7.1.3.1 UNIDAD I

Esta unidad suprayace a la formación Cachiyacu, su tope lo marca una discordancia regional datada en el Ecuador como Intrapaleocénica (Dashwood 1990).

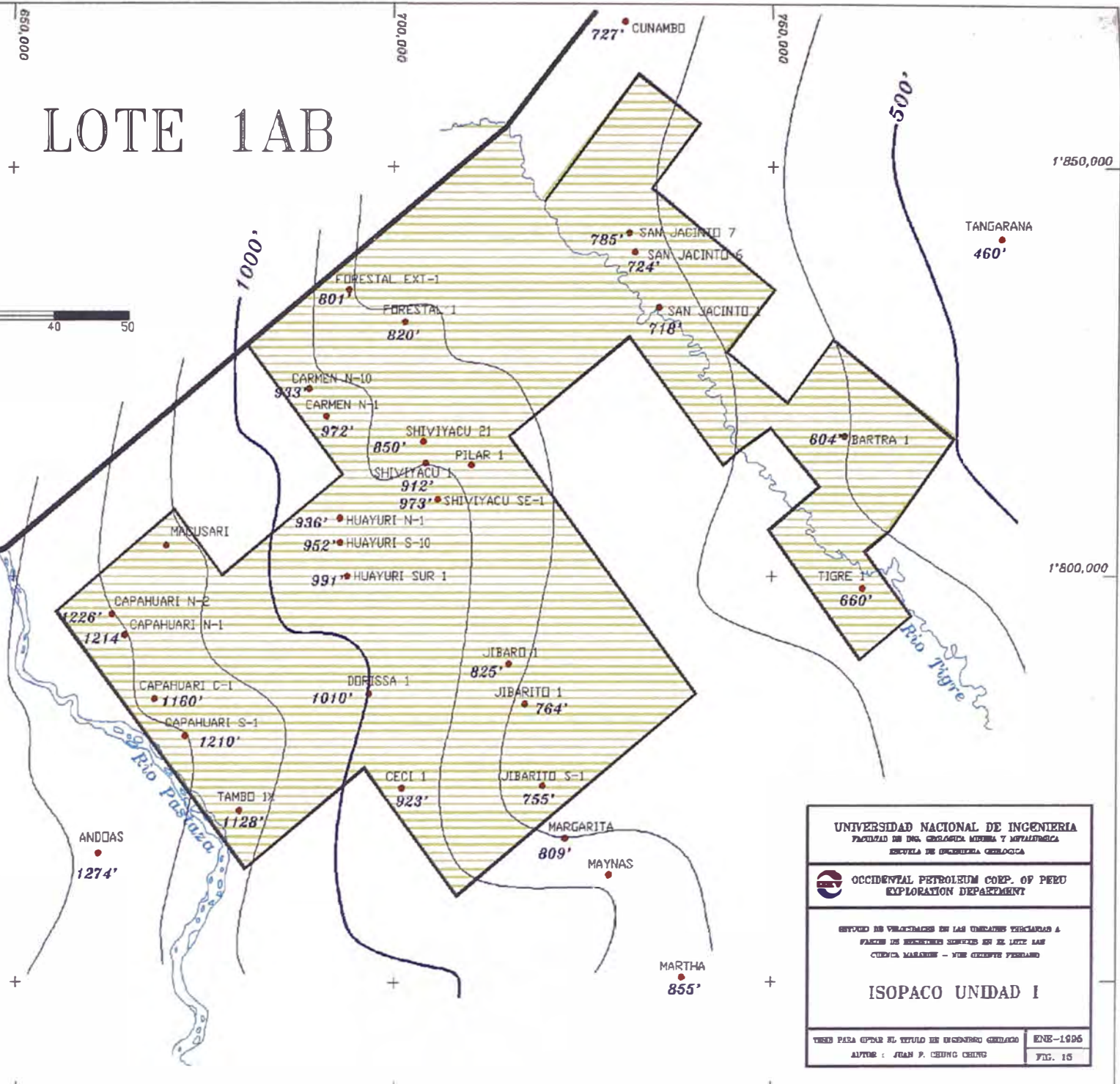
Esta unidad posee un miembro basal arenoso, comúnmente denominado basal Terciario que hacia el Este (Bloque 8 - Petroperú) entra en contacto con la formación Vivian en un límite indiferenciado, el espesor de este miembro arenoso es variable teniendo sus mayores espesores en la parte Este donde alcanza los 90 ft, su granulometría varía de gruesa a fina de Este a Oeste respectivamente y es de baja porosidad.

La parte superior de esta unidad lo constituyen intercalaciones de limolitas y lodolitas siendo en el lado Oeste de color rojo bruno a marrón rojizo, presenta anhidrita blanca sacaroide y nódulos calcáreos mientras que el lado Este es de color rojo bruno a rojo ladrillo y gradan a coloraciones grises, no es calcárea y presenta delgadas capas de anhidrita y tufos. Se confeccionó un mapa isópaco (Fig 15) que mostró que el espesor máximo de esta unidad es de 1573 ft en el pozo Yañez y el mínimo de 460 ft en Tangarana con un eje depositacional N-S. La velocidad promedio es de 11463 ft/s (26 registros) siendo la velocidad máxima encontrada de 12626 ft/s en el pozo Andoas y la mínima de 10511 ft/sg en Huayuri norte 1. Los gráficos de velocidad muestran una

LOTE 1AB



ECUADOR
PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MINERA Y METALURGICA ESCUELA DE GEOLOGIA GEOLOGICA	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VINCULACIONES EN LAS UNIDADES TERCERAS A PARTIR DE INFORMACION SIGUIENTE EN EL LOTE LAS CUENCA MARGARITA - VENEZUELA PERUANO	
ISOPACO UNIDAD I	
TITULO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO GEOLOGICO	ENE-1995
AUTOR: JUAN P. CHUNG CHUNG	FIG. 15

base de muy alta velocidad sónica que en algunos caso superan los 13000 ft/s debido principalmente a la presencia del miembro basal denominado Basal Terciario, algunos pozos tales como Capahuari Norte 1, Tambo 1, Capahuari Norte 2, etc. no han sido utilizados para el cálculo de velocidades de esta unidad por presentar problemas operacionales tales como amplio diámetro de hueco, saltos de ciclo, etc. Los pozos no utilizados en el cálculo de velocidades por problemas operacionales son indicados en la Tabla 2 con un " * " a su lado izquierdo.

7.1.3.2 UNIDAD II

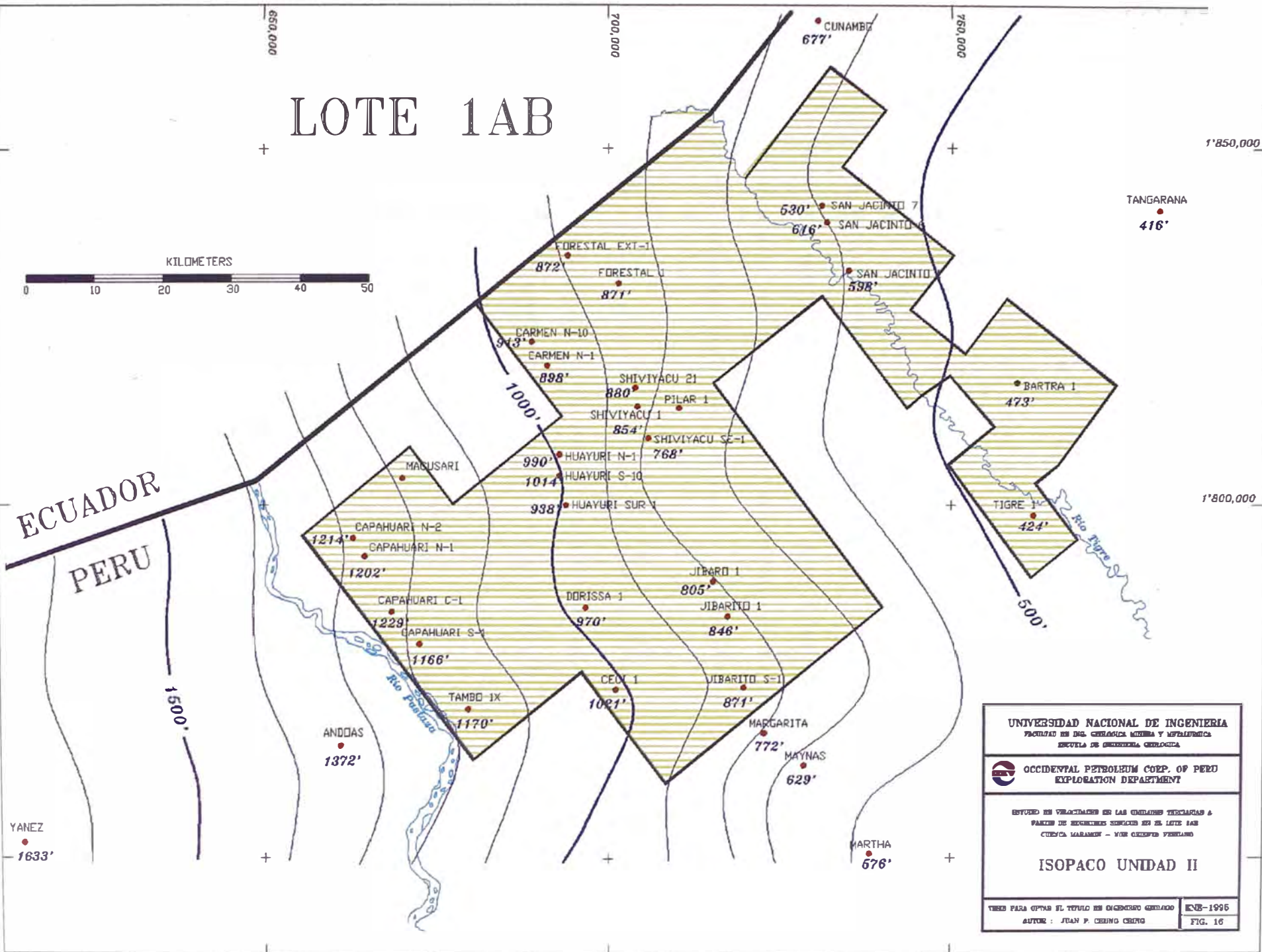
La Unidad II suprayace a la Unidad I en una discordancia Intrapaleocénica correlacionable en el Ecuador y el tope esta limitado por la transición a la Fm. Pozo. Esta unidad posee en la base un grueso paquete de arenisca de grano grueso observable en algunos campos y correlacionados con la base de la formación Tiyuyacu del Ecuador, sobre ella encontramos limolitas y lodolitas de color rojo bruno que gradan a rojo ladrillo, es común la presencia de delgadas capas de anhidrita y tufos intercaladas a las limolitas y lodolitas. El tope de esta Unidad se encuentra definido por un paquete de tufos antes de la depositación de las arenas de la formación Pozo que provendrían de la actividad volcánica del lado Occidental durante el emplazamiento del Batolito Costero.

Los mapas isopacos (Fig. 16) muestran ejes depositacionales N-S de mucho menor ángulo que la unidad I (casi NS), variando sus espesores desde 1633 ft en Yañez a 416 ft en Tangarana. La velocidad promedio de esta Unidad es de 11590 ft/s (29 registros) con un máximo en Carmen Norte 10 cuya velocidad es de 13046 ft/s y la más baja en Jibaro 1 con 10819 ft/s en general los gráficos de velocidad de intervalo

LOTE 1AB



ECUADOR
PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VIBRACIONES EN LAS UNIDADES TERCERAS A PARTIDO DE INGENIEROS SERVICIOS EN EL LOTE 1AB CUENCA MARAMBA - NOR OESTE PERUANO	
ISOPACO UNIDAD II	
TITULO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO GEOLÓGO	ENR-1995
AUTOR : JUAN P. CHUNGU CHING	FIG. 16

versus profundidad muestran un paquete de poca variación de velocidad mostrándose en la base una alta velocidad proveniente de las arenas basales correlacionables a la formación Tiyuyacu del Ecuador y otro pico de alta velocidad al tope proveniente de la delgada capa tufacea que lo limita.

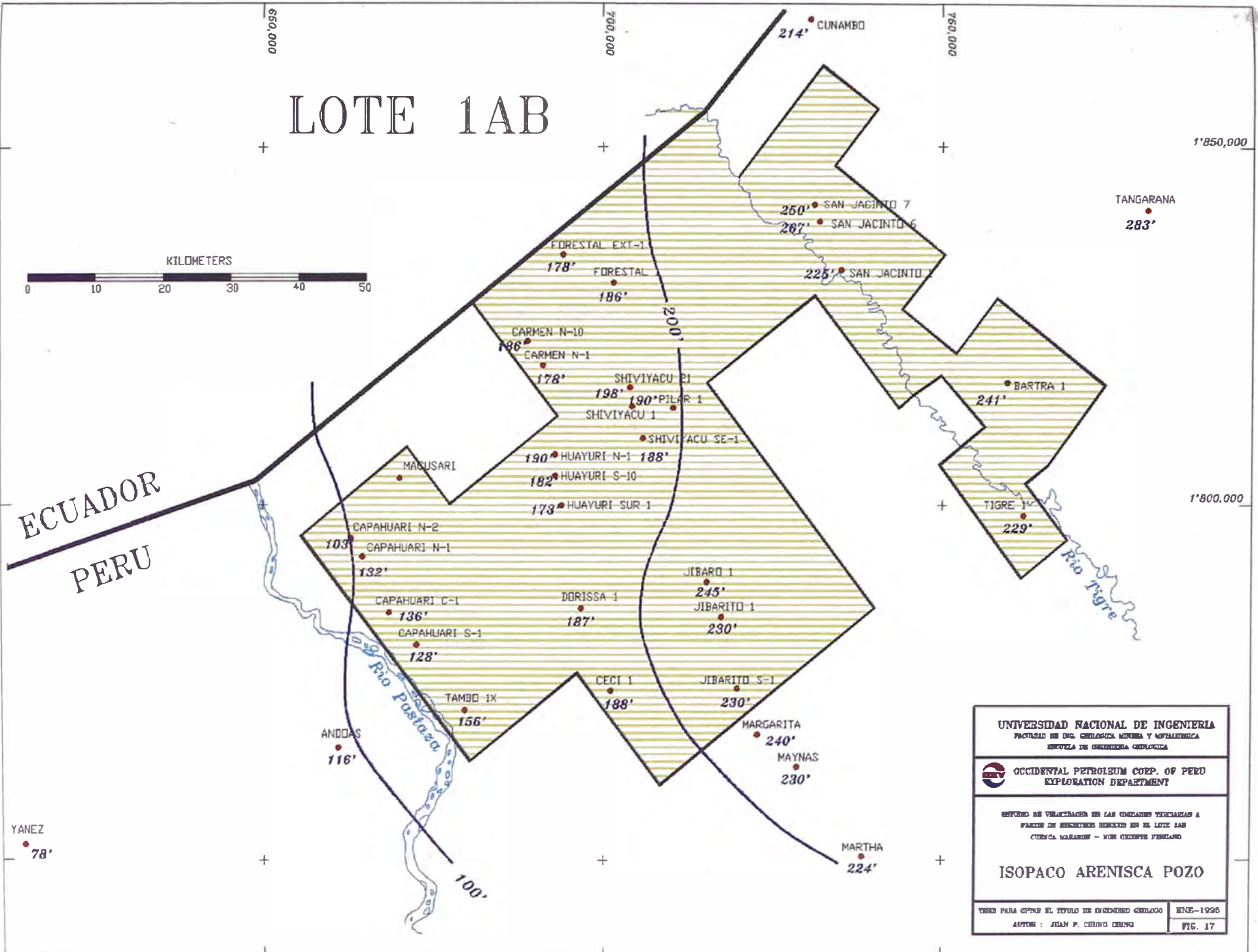
7.1.3.3 ARENISCAS POZO

Constituida por areniscas blancas cuarzosas hyalinas con trazas de matriz arcillosa y cemento ligeramente calcáreo con fragmentos de conchas. V. Valenzuela (1993) define esta secuencia de un ambiente de islas barrera progradante con mayor presencia de foraminíferos al Oeste y menor presencia de Ostracodos al Este, los minerales accesorios encontrados son glauconita, siderita y pirita.

Al Sur Oeste del Lote 1AB la formación Pozo esta constituida por areniscas blancas con cuarzo lechoso, hyalino, con pobre sorteo, subredondeado y friable, al Noreste se tiene solo cuarzo hyalino con granulometría moderadamente grueso, subredondeada, subangular algo arcillosa en la base, al Oeste se tiene areniscas blancas algo grisáceas de granulometria fina algo calcárea.

Los mapas Isópacos en el Lote 1AB (Fig. 17) muestran que la potencia varia de E-O de 300 ft a 80 ft respectivamente (mayor potencia al Este), el análisis de velocidad da como resultado una velocidad de intervalo promedio de 11590 ft/s (28 registros) con velocidades máximas en Capahuari Sur 1 con 13332 ft/s y una velocidad mínima en San Jacinto 6 con 11061 ft/s, la desviación estandar es de 2168 ft/s lo que indicaría alta variabilidad en el Lote 1AB.

LOTE 1AB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
 OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
OFICIO DE VULNERABILIDAD EN LAS UNIDADES YEROCALAS A PARTIR DE FUENTES DE DATOS EN EL LOTE 1AB CUENCA MORANDE - NOR OESTE PERUANO	
<h3>ISOPACO ARENISCA POZO</h3>	
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO GEOLÓGICO	ENE-1995
AUTOR : JUAN P. CHUNG CHUNG	FIG. 17

Los gráficos de Velocidad vs. Profundidad muestran cambios abruptos, la primera al tope en el contacto de las Lutitas con las areniscas y la segunda en la base en el contacto de las arenas con las Capas rojas inferiores, en algunos pozos se muestra un pico de máxima velocidad en la interfase de las arenas con Capas Rojas debido a la presencia de una delgada capa de Tufos en la base, cabe señalar que esta secuencia a pesar de ser muy pequeña a la escala utilizada, constituye un reflector típico correlacionable debido a su amplia distribución y alta velocidad que es reflejado en un valor alto del coeficiente de reflexión y su cambio de impedancia acústica.

7.1.3.4 LUTITAS POZO

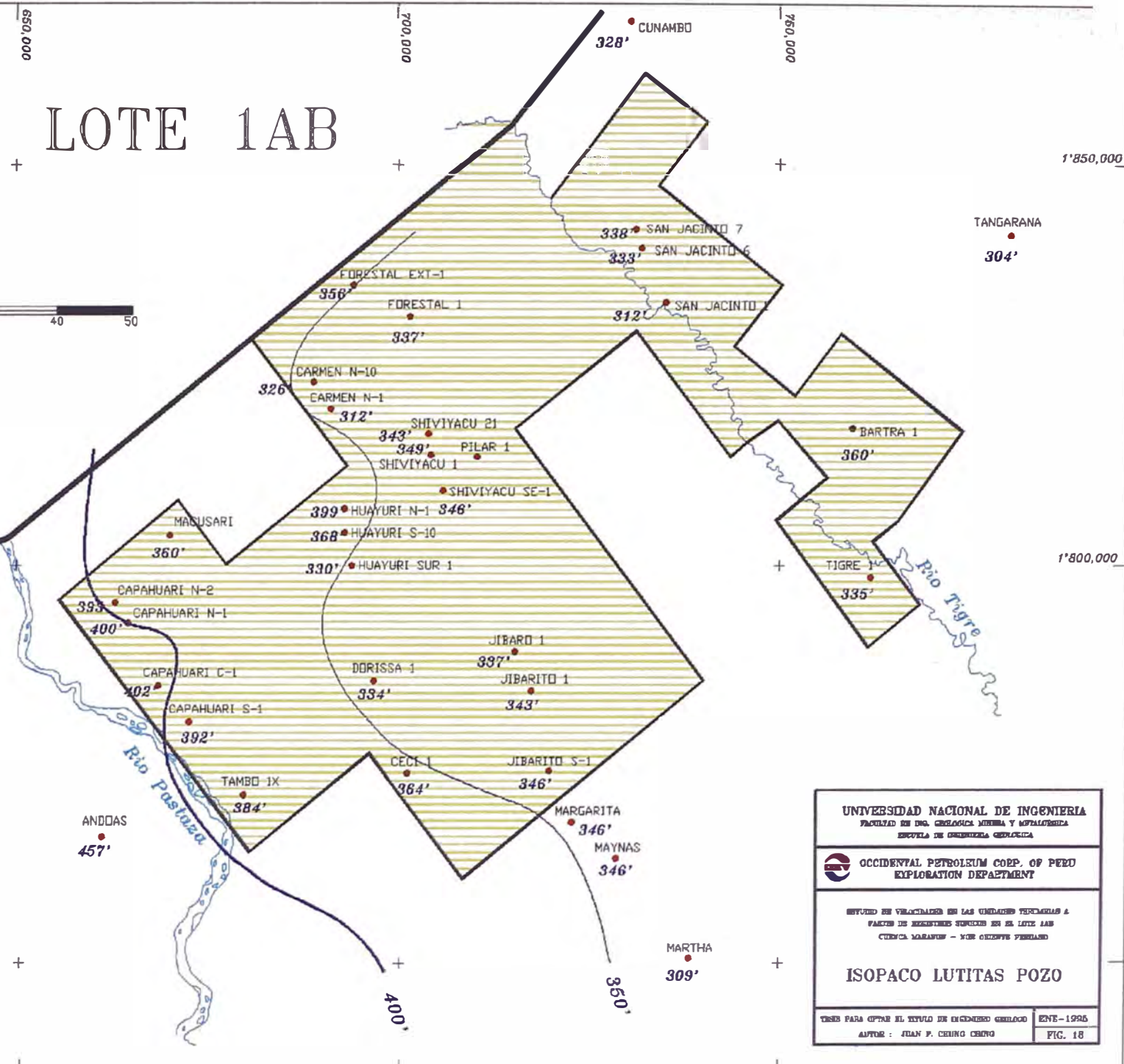
Constituido principalmente por lutitas gris verdosas, gris oscuras con niveles limosos no calcáreos, estas lutitas son moderadamente firmes quebradizas muy fisibles, micromicáceas; al Oeste del Lote 1AB, las lutitas son arcillosas, no calcáreas y con presencia de glauconita, al SO las lutitas se vuelven mas oscuras, menos arcillosa, moderadamente firmes no calcáreas y micromicáceas, al NE las lutitas presentan concreciones negras y trazas de Carbón y sus colores van a un gris verdoso mas claro. V.Valenzuela (1993) le atribuye un ambiente continental a marino marginal definiendo hacia el Este una facie de agua dulce a salobre, hacia el centro una biofacie de ostracodos típicos de un ambiente marino o de aguas salobres y al Oeste un ambiente de Costa.

Los mapas isópacos (Fig.18) muestran un eje depositacional **NS** con mayores espesores hacia el Oeste y menores hacia el Este variando entre 300 ft a 500 ft en el lote 1AB. El análisis de velocidad da una velocidad de intervalo promedio de 8034 ft/s (33 registros) con velocidades máximas en Yañez con 9375 ft/s y velocidades mínimas

LOTE 1AB



ECUADOR
PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VULNERABILIDAD EN LAS UNIDADES PETROLIFERAS A PARTIR DE REGISTROS SISMICOS EN EL LOTE 1AB CUENCA MARAFIUP - NOR OZQUIZE PERUANO	
<h3>ISOPACO LUTITAS POZO</h3>	
TITULO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO	ENVE-1992S
AUTOR : JUAN P. CEJINO CHUVA	FIG. 18

en Capahuari Norte 1 con 7018 ft/s y Jibaro 1 con 6127 ft/s, la desviación estándar promedio es de 715 ft/s que muestra poca variabilidad de la velocidad. Los gráficos de velocidad muestran dos límites de alta velocidad, la primera ingresa en promedio con 11600 ft/s desde las arenas de Pozo y la segunda en promedio va hasta los 10000 ft/s a la base de la Unidad III; como es obvio estos cambios fuertes de sus velocidades en el tope y la base determinan un buen marcador sísmico por los cambios de impedancia acústica y coeficientes de reflexión que definen la secuencia en forma clara y muestran continuidad y homogeneidad.

7.1.3.5 UNIDAD III

La unidad III, base de las Capas rojas superiores esta constituido principalmente hacia el Oeste por una secuencia de arenas basales finas blancas con tendencias a muy finas, hacia el centro y al Este del Lote 1AB presentan intercalaciones de claystone, sandstone y sandy siltstone, sobre esta base se tiene intercalaciones de claystone, siltstone de color rojo grisáceo a morado abigarrado con presencia de tufos solo al Oeste, en general la secuencia no es calcárea y presentan como minerales accesorios pirita diseminada, glauconita, clorita, anhidrita y algo de carbón.

Los mapas isópacos (Fig.19) muestran un eje depositacional N-S con espesores máximos en Yañez al Oeste con 1330' y mínimos al Este con 412' en Tangarana, el estudio de velocidad muestra una velocidad de intervalo promedio de 9323 ft/s (31 registros) observándose la velocidad máxima en Capahuari central 1 con 9877 ft/s y la mínima en Jibarito 6 con 8072 ft/sg, el análisis estadístico muestra una desviación estándar menor al de las anteriores de 520 ft/sg que indicaría una velocidad mas homogénea y con poca variabilidad.

LOTE 1AB



ECUADOR
PERU

YANEZ
1330'

ANDDAS
1058'

TAMBO IX
894'

CAPAHUARI S-1
975'

CAPAHUARI C-1
975'

CAPAHUARI N-1
1044'

CAPAHUARI N-2
968'

MAGUSARI

HUAYURI SUR 1
793'

HUAYURI S-10
889'

HUAYURI N-1
899'

SHIVIYACU 21
701'

CARMEN N-1
804'

CARMEN N-10
803'

FORESTAL 1
701'

FORESTAL EXT-1
681'

CECI 1
831'

DORISSA 1
836'

JIBARITO S-1
833'

JIBARO 1
778'

JIBARITO 1

SHIVIYACU SE-1
702'

PILAR 1

SHIVIYACU 1
706'

MARTHA
888'

MAYNAS
924'

MARGARITA
944'

JIBARITO S-1
833'

JIBARITO 1

JIBARO 1
778'

TIGRE 1
616'

BARTRA 1
694'

SAN JACINTO 1
632'

SAN JACINTO 6
588'

SAN JACINTO 7
672'

CUNAMBO
631'

TANGARANA
412'

500'

1000'

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA ESCUELA DE INGENIERIA GEOLÓGICA	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UTILIDADES TERCERAS A PLANOS DE REGISTRO RESPECTO EN EL LOTE 1AB CIENCA MARAYUN - NOR OESTE PERUANO	
ISOPACO UNIDAD III	
TITULO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO GEOLÓGICO	ENG-1996
AUTOR : JUAN P. CEJUNO CEJUNO	FIG. 19

1'850,000

1'800,000

Rio Tigre

Rio Pastaza

7.1.3.6 UNIDAD IV

La unidad IV se inicia generalmente al Norte y Este con areniscas, mientras que al sur presenta intercalaciones de siltstone y claystone rojos a morados abigarrados con algunas intercalaciones de arenisca de grano fino subangulares a subredondeados de coloraciones gris verdosa. Muestras de canaleta, muestran al oeste presencia de tufos y nódulos de siderita con clorita y pirita con ausencia de fósiles mientras que al este presentan fósiles de carofitas y Ostracodos (E. Grandez 1993), la unidad en general es calcárea con presencia de calizas en delgadas capas en el pozo Tangarana, eléctricamente es más resistivo que la unidad III.

Los mapas isópacos muestran dos ejes depositacionales una NO-SE (Fig.20) y otra N-S observándose espesores máximos en Yañez con 1634', Andoas con 1697', y Maynas con 1610' y espesores mínimos en Tangarana con 900'. Los análisis de velocidades sínicas muestran una velocidad de intervalo promedio de 8455 ft/s (31 registros) con velocidades máximas de 9690 ft/s en Martha 1X y velocidad mínima en Jibarito 6 con 8072 ft/s, el estudio estadístico mostró poca variabilidad de valores con una desviación estándar promedio de 556 ft/s casi similar al anterior.

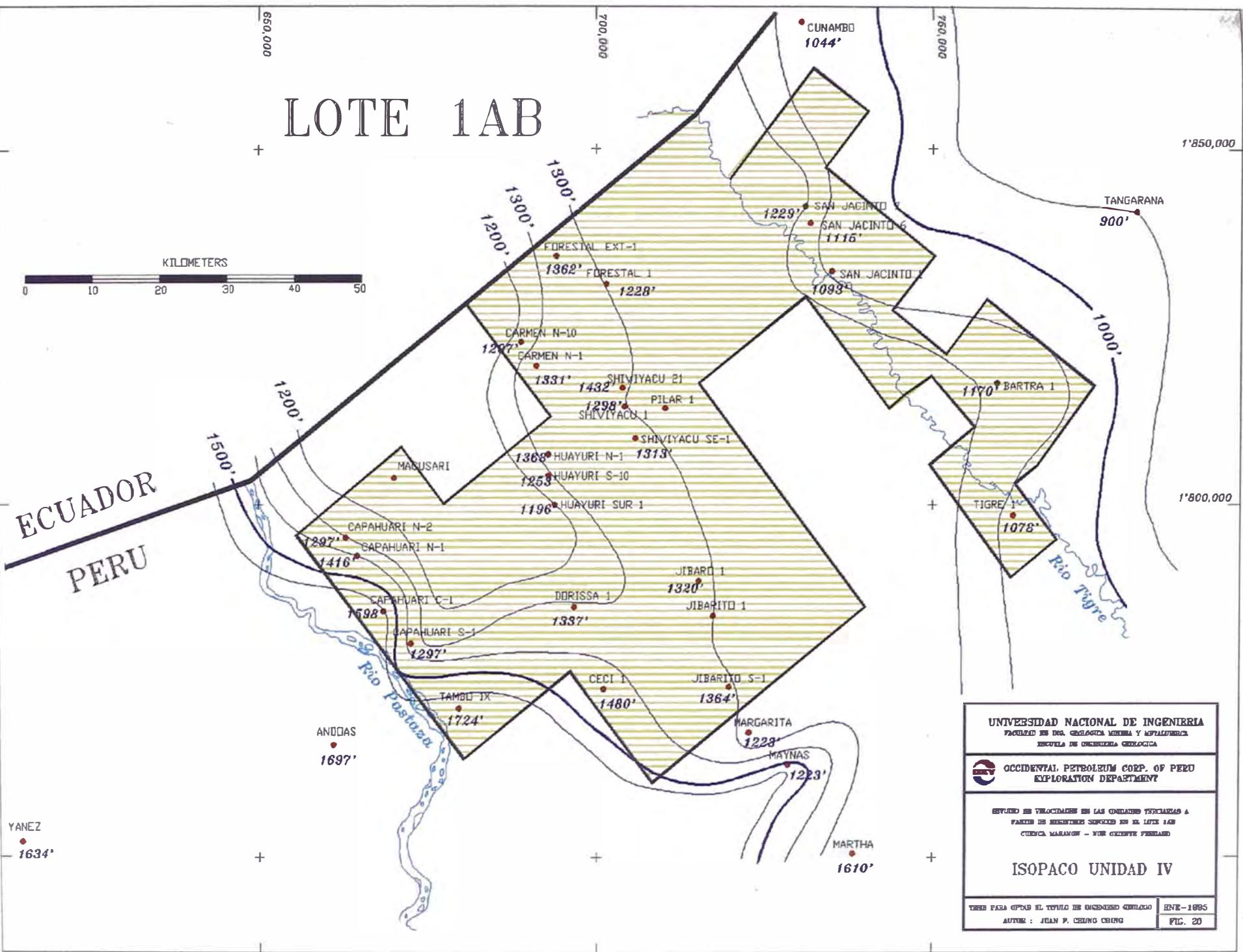
7.1.3.7 UNIDAD V

Esta unidad se inicia con una depositación de arenas finas rojizas subangulares a subredondeadas con siltstone y claystone abigarrados, es ligeramente calcáreo, contiene minerales accesorios de pirita nodular y diseminada, carbón y algo de anhidrita, hacia el oeste se tiene presencia de Tufos, clorita y glauconita mientras que al Este no. Estudios de muestras de canaleta encuentran la presencia de fragmentos de conchas al tope de esta unidad.

LOTE 1AB



ECUADOR
PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE ING. GEOLOGIA MINERA Y METALURGICA
 ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA

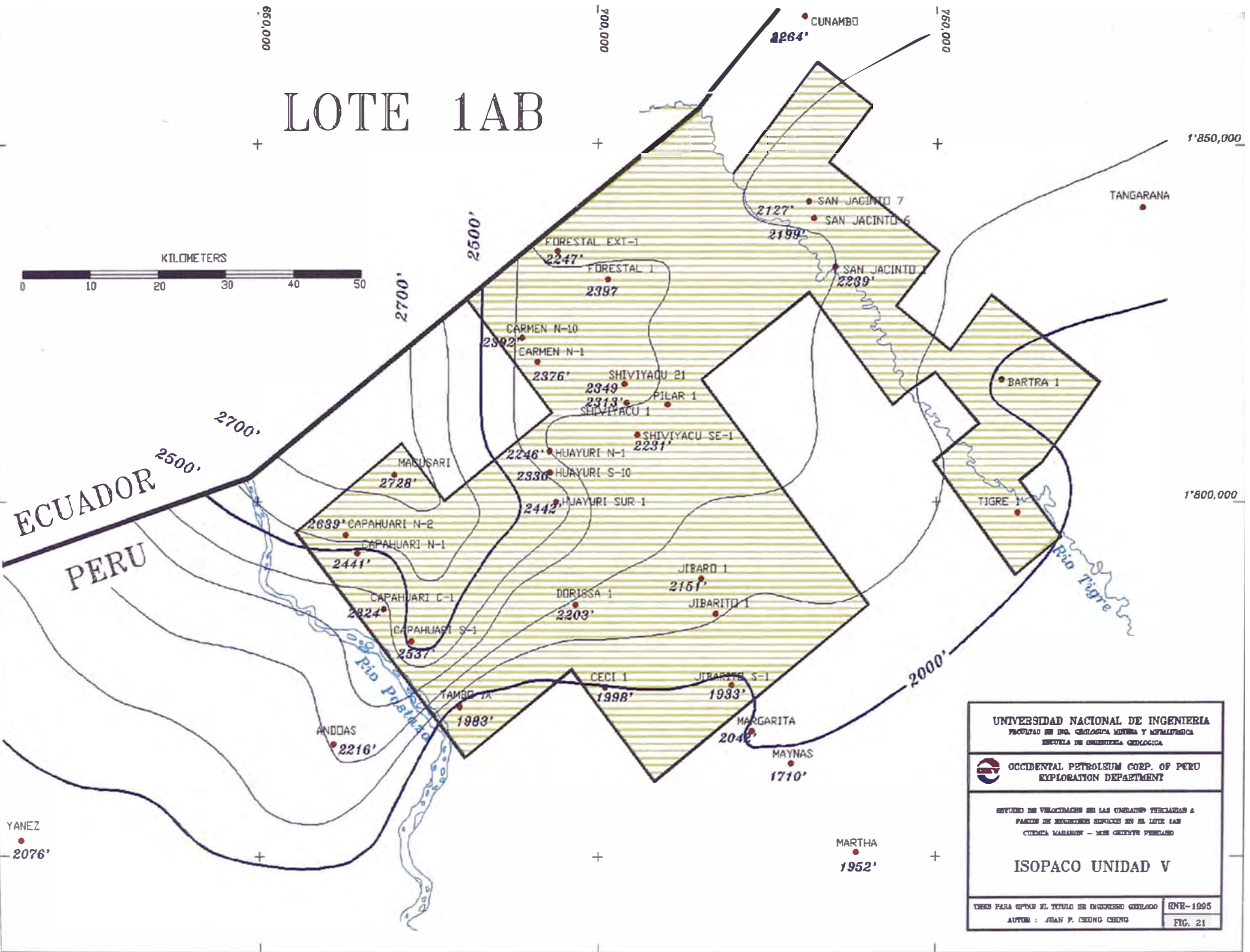
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU
 EXPLORATION DEPARTMENT

SECCION DE VULCANISMO EN LAS COMARCAS TITICACA Y
 PARTES DE RESERVAS SUPERIORES EN EL LOTE 1AB
 CUENCA MARIAMON - NOR OESTE PERUANO

ISOPACO UNIDAD IV

TRABAJO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO SNE-1985
 AUTOR : JUAN P. CHUNG CHUNG FIG. 20

LOTE 1AB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCIARIAS & PARTES DE SECUENCIAS SIMPLICES EN EL LOTE 1AB CUENCA MARIANO - SUR CENTRO PERUANO	
ISOPACO UNIDAD V	
VERSO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO	ENR-1995
AUTOR : JUAN P. CEDENO CEDENO	FIG. 21

Los mapas isópacos (Fig.21) muestran dos ejes depositacionales casi paralelos NO-SE con espesores máximos en Macusari con 2728 ft y mínimos en Maynas con 1710 ft, Martha con 1952 ft, Margarita con 2042 ft y Tangarana con 2094 ft con la tendencia a aumentar hacia el Norte. Los gráficos de velocidad muestran un promedio de velocidad de intervalo de 7547 ft/s (33 registros) con una velocidad máxima de 8875 ft/s en Martha y mínimo en Tambo 1X con 6840 ft/sg, la desviación estándar es relativamente pequeña con 456 ft/s lo que indicaría poca variabilidad.

7.1.3.8 UNIDAD VI

La unidad VI muestra al oeste arenas mientras que al Este se inicia con intercalaciones de claystone y siltstone de color gris a gris verdoso y al oeste un marrón rojizo abigarrado, es ligeramente calcáreo y presenta abundante fragmentos de conchas fósiles, como minerales accesorio presenta pirita y marcasita amorfa.

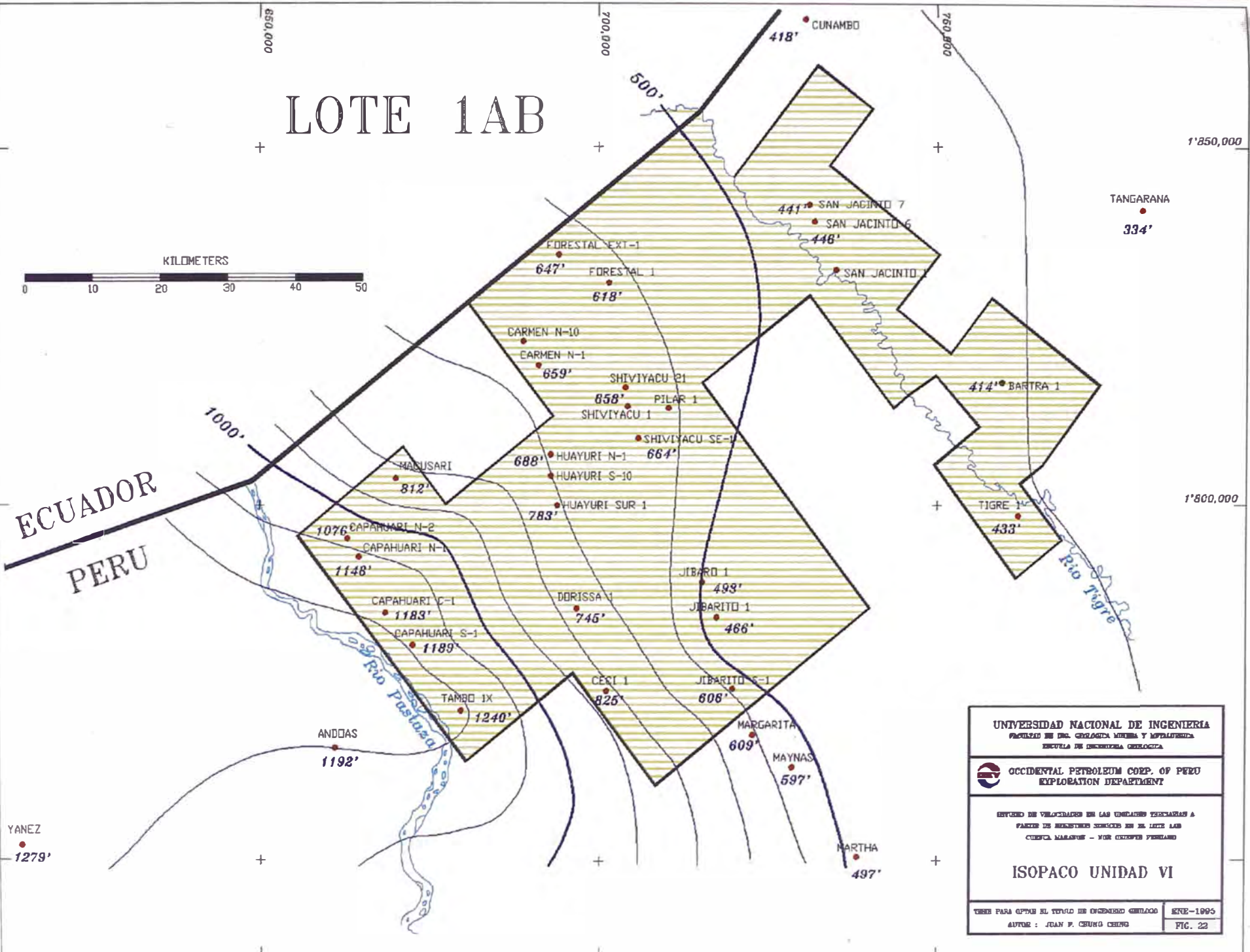
Los mapas isópacos (Fig.22) mostraron un eje depositacional NO con espesores máximos de 1279' en el pozo Yañez y mínimos en el pozo Tangarana con 331', el análisis de velocidad mostró una velocidad de intervalo promedio de 7335.5 ft/s (en 30 registros) con una velocidad máxima de 8283 ft/s en Martha y una velocidad mínima de 6575 en el pozo Tangarana y una desviación estándar de 370 ft/s lo que muestra la poca variabilidad de la velocidad en esta unidad.

El análisis de velocidad y los mapas isópacos fueron realizados con 30 registros debido a que 3 de ellos no llegan al tope de la Unidad VI, la presencia de abundante fragmentos de conchas podrían indicar el inicio de la formación Pebas de ambiente lagunar a marino somero.

LOTE 1AB



ECUADOR
PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLÓGICA MINERA Y METALURGIA ESCUELA DE INGENIERIA GEOLÓGICA	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VELOCIDADES DE LAS UNIDADES TERCIARIAS A PARTIR DE REGISTROS SONIDOS EN EL LOTE 1AB CUENCA MARGOS - NOR OESTE PERUANO	
ISOPACO UNIDAD VI	
TITULO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO GEOLÓGICO	ENERO-1995
AUTOR : JUAN P. CEJUDO CHING	FIG. 22

7.2 CALCULO DE VELOCIDADES A PARTIR DE REGISTROS DE VELOCIDAD EN POZO "WVS"

El registro "Well velocity Survey" (WVS) es el mejor método hasta ahora conocido para obtener variaciones de velocidades y correlacionar la información del Pozo con la de líneas sísmicas, desafortunadamente en el lote 1AB no se tiene muchos de ellos habiéndose utilizado solo 12 registros que son las siguientes:

Bartra 1, Forestal 1X, Capahuari Norte 1, Yañez, Jibaro 1, Carmen Norte 1X, Carmen Norte 10, Tangarana, Ceci 1, Capahuari Sur 1, Jibarito Sur 1 y Martha1

7.2.1 ANALISIS Y METODO UTILIZADO

Los datos de campo de los registros WVS (profundidad y veloc. promedio) han sido graficados en curvas profundidad vs Velocidad. Con la finalidad de uniformizar la información de los diferentes métodos de medición se tomó como línea base o datum el nivel del mar. Para obtener valores de velocidad a cualquier profundidad se construyeron funciones de velocidad mediante el ajuste de mínimos cuadrados de forma Lineal, para el análisis de velocidad se convirtieron los valores de velocidad promedio a velocidad de intervalo para cada una de las unidades definidas por el método acústico o sónico.

Definir las variaciones de velocidad y la relación entre uno y otro método fue uno de los objetivos de la presente tesis, desafortunadamente en el lote 1AB no se contaba con muchos registros de velocidad sísmica por ello solo se trabajó con un total de 12 registros distribuidos a lo largo del lote 1AB, la mayoría de ellos corridos antes de los años 80 y otros pocos corridos recientemente. Los avances de esta época informática marcan una diferencia, mientras que los registros antiguos muestran solo la Velocidad

TABLA 4

VELOCIDADES DE POZO A PARTIR DE LOS REGISTROS
"WELL VELOCITY SURVEY"

POZO	UNIDAD I	UNIDAD II	AREN.POZO	LUT.POZO	UNIDAD III	UNIDAD IV	UNIDAD V	UNIDAD VI
<i>CAPAHUARI NORTE 1</i>	12,724.53	11,886.75	11,439.78	11,276.22	10,813.22	10,025.93	8,844.93	7,831.57
<i>CAPAHUARI SUR 1</i>	12,390.58	11,631.99	11,231.67	11,071.36	10,654.49	9,980.44	8,870.88	7,875.06
<i>JIBARO 1</i>	11,931.17	11,296.52	10,898.74	10,680.11	10,266.17	9,508.62	8,315.02	7,479.77
<i>JIBARITO SUR 1</i>	11,843.59	11,236.11	10,836.48	10,629.06	10,209.35	9,414.62	8,332.22	7,585.31
<i>CARMEN NORTE 10</i>	11,803.17	11,197.96	10,827.88	10,647.82	10,275.57	9,642.08	8,581.51	NR
<i>CARMEN NORTE 1</i>	11,936.74	11,267.30	10,871.77	10,681.43	10,299.72	9,589.00	8,409.56	7,523.50
<i>MARTHA IX</i>	10,938.38	10,511.72	10,277.00	10,121.60	9,775.63	9,171.19	8,301.12	7,677.40
<i>CECI 1</i>	10,935.27	10,491.81	10,222.00	10,099.32	9,813.68	9,292.76	8,566.51	8,004.30
<i>TANGARANA</i>	11,159.35	10,710.38	10,359.36	10,068.70	9,719.00	9,091.24	7,724.59	6,548.30
<i>BARTRA 1</i>	11,362.71	10,865.12	10,570.83	10,319.19	9,901.01	9,175.59	7,905.87	6,737.21
<i>YAÑEZ</i>	12,479.14	11,592.01	11,136.41	10,982.01	10,500.64	9,747.23	8,802.92	7,995.25
<i>FORESTAL IX</i>	11,689.27	11,082.23	10,688.91	10,483.71	10,128.23	9,482.95	8,320.98	7,456.30

NR: No Registrado por el sonico

Tesis para optar el Título de Ing. Geologo: Juan F. Chung Ching - 1994

promedio y las profundidades todas corregidas manualmente a un datum sísmico, los registros actuales muestran datos cada 2 ms corregidos a varios planos de referencia como el "Kelly Bushing" (Kb), mesa rotaria (Rt), Nivel del mar (SI) etc. con una computación de Velocidad de intervalo, velocidad aparente y datos de sismogramas sintéticos, pero con la finalidad de uniformizar los datos para ambos casos se han utilizado solo los datos sin proceso de computación.

7.2.2 CALCULOS DE VELOCIDAD DE INTERVALO

Las velocidades de intervalo calculado fueron desarrollados tomando el tope y base de cada unidad definida por los registros sísmicos como sigue:

P_t : Prof. al tope

P_b : Prof. a la base

V_{a_t} : Vel. prom. al tope

V_{a_b} : Vel. prom. a la base

T_t : Tiempo. al tope

T_b : Tiempo a la base

$$T_t = \frac{P_t}{V_{a_t}}$$

$$T_b = \frac{P_b}{V_{a_b}}$$

$$V_i = \frac{P_b - P_t}{T_b - T_t} \quad \dots[\text{Ec.17}]$$

$$V_i = V_{a_t} \cdot V_{a_b} \left(\frac{P_b - P_t}{P_b \cdot V_{a_t} - P_t \cdot V_{a_b}} \right) \quad \dots[\text{Ec.18}]$$

Apartir de la ecuación 17 y 18 han sido calculado las velocidades de intervalo para cada unidad en cada pozo y los resultados son mostrados en la tabla 4.

7.2.3 ESTIMACION DE FUNCIONES DE VELOCIDAD EN EL LOTE 1AB

Las funciones de velocidad han sido estimadas a partir del método de los mínimos cuadrados (Secc. 6.2.2.b) y la forma adoptada fue lineal ya que ellos representan bien los puntos utilizados, las figuras 23 al 34 muestran las funciones de velocidad para cada pozo utilizado. La tabla 5 muestra todas las constantes obtenidas en cada estimación a partir de este método cuya forma general es la siguiente:

$$\text{Prof} = A.V + B \quad \dots[\text{Ec.19}]$$

7.3 CALCULO DE LAS VELOCIDADES EN LINEAS SISMICAS

Existen diferentes formas de calcular velocidades en líneas sísmicas, dependiendo de la forma como son tomadas cada una de ellas adquieren un nombre diferente así por ejemplo se define velocidad promedio del reflector "n" a la velocidad obtenida desde el datum de referencia al reflector, velocidad de intervalo si es conseguida a partir del tiempo de dos reflectores, cuadrática media (V_{rms}) si es calculada promediando ponderadamente los cuadrados de las velocidades (Ec. 20), de Dix si es utilizado la ecuación de Dix en el cálculo de velocidades (Ec. 21).

7.3.1 ANALISIS Y METODO UTILIZADO

Las Unidades obtenidas a partir de la correlación de los registros sísmicos fueron llevadas a los sismogramas sintéticos y de allí a las líneas sísmicas. Cada unidad estuvo representada por un reflector que fue correlacionada a través de las líneas sísmicas con la finalidad de definir las unidades Terciarias en ellas, posteriormente se ha calculado las velocidades de intervalo para cada nivel utilizando los cuadros de

TABLA 5

CONSTANTES DE LAS FUNCIONES DE VELOCIDAD

POZOS CON "WELL VELOCITY SURVEY"	PROF = A*VEL + B		VEL = C*PROF + D		COEF. DE CORREL.	FIGURA
	A	B	C	D		
<i>YAÑEZ</i>	4.95066	-31792.50	0.201993	6421.87	0.995	23
<i>CAPAHUARI NORTE 1</i>	3.97768	-25721.50	0.251403	6466.46	0.998	24
<i>CAPAHUARI SUR 1</i>	4.22825	-27852.00	0.236504	6587.12	0.998	25
<i>CARMEN NORTE 1</i>	3.70812	-24420.10	0.269678	6585.57	0.995	26
<i>CARMEN NORTE 10</i>	3.95853	-27022.00	0.252619	6826.27	0.787	27
<i>CECI 1</i>	5.44100	-37877.60	0.183790	6961.51	0.976	28
<i>FORESTAL IX</i>	3.63818	-24332.20	0.274863	6688.01	0.998	29
<i>JIBARO 1</i>	3.49183	-21932.50	0.286383	6281.09	0.788	30
<i>JIBARITO SUR 1</i>	3.65927	-22663.10	0.273279	6193.34	0.999	31
<i>MARTHA 1</i>	4.32795	-27808.30	0.231056	6425.28	0.996	32
<i>BATRA 1</i>	2.93532	-17914.70	0.340678	6103.15	0.984	33
<i>TANGARANA</i>	2.54701	-16364.20	0.392617	6424.87	0.989	34

D: Velocidad al Datum de referencia

Profundidad en ft

Velocidad en ft/s

Tesis para optar el Título de Ing. Geologo: Juan F. Chung Ching - 1994

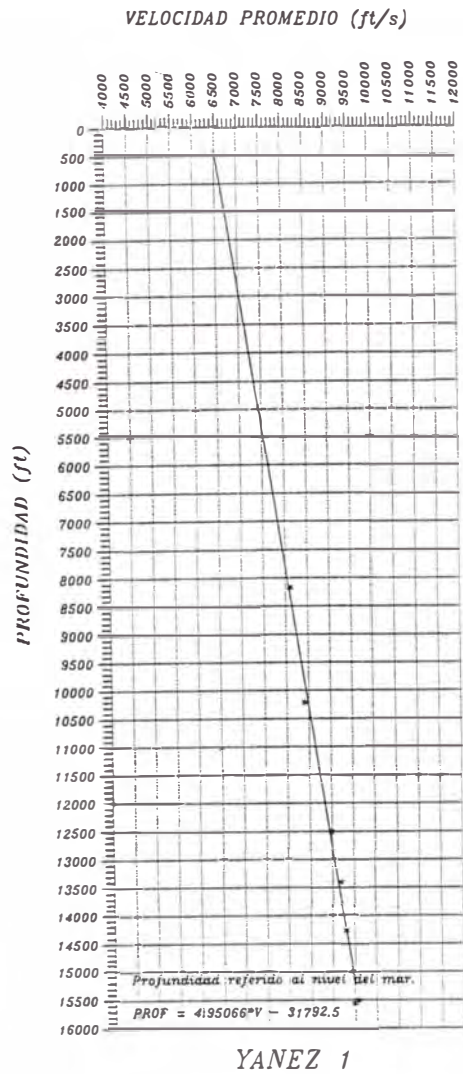


FIG.23

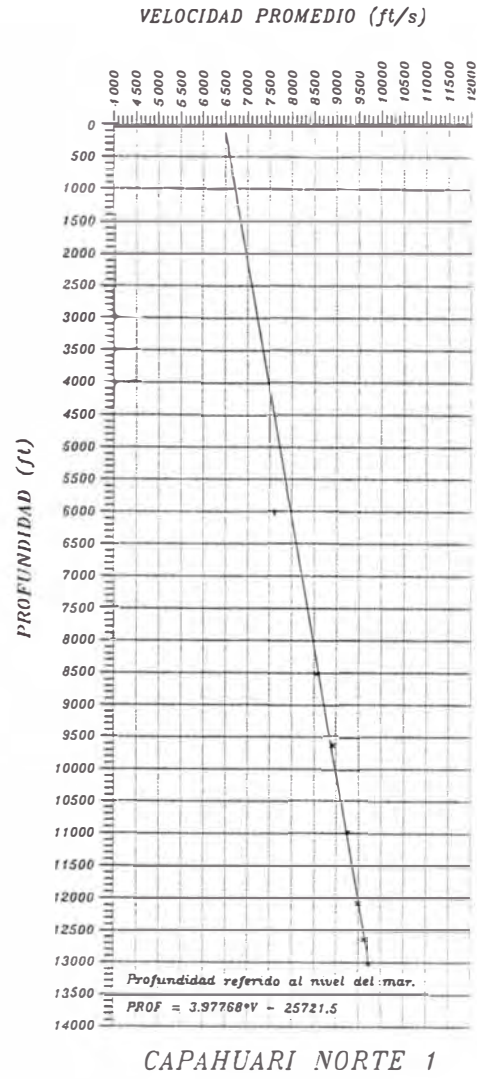


FIG. 24

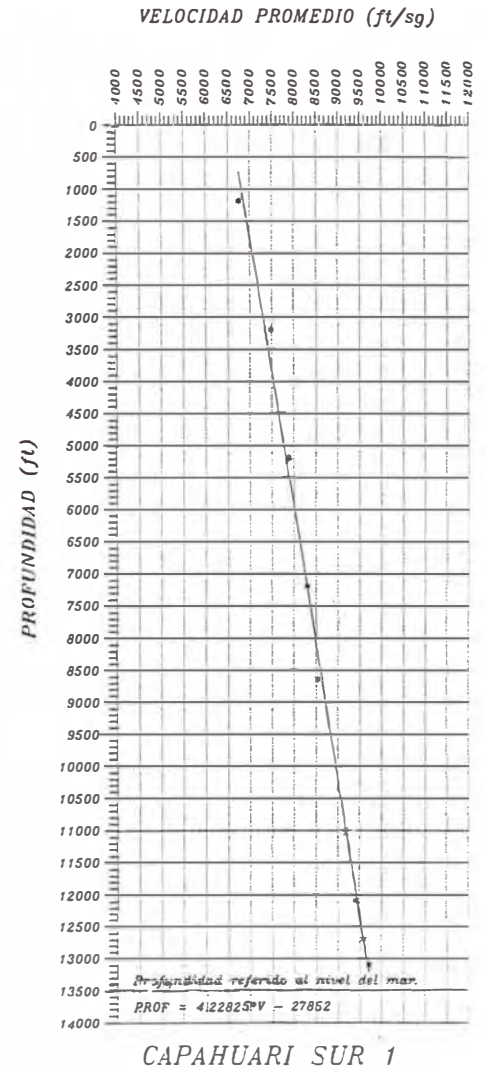


FIG.25

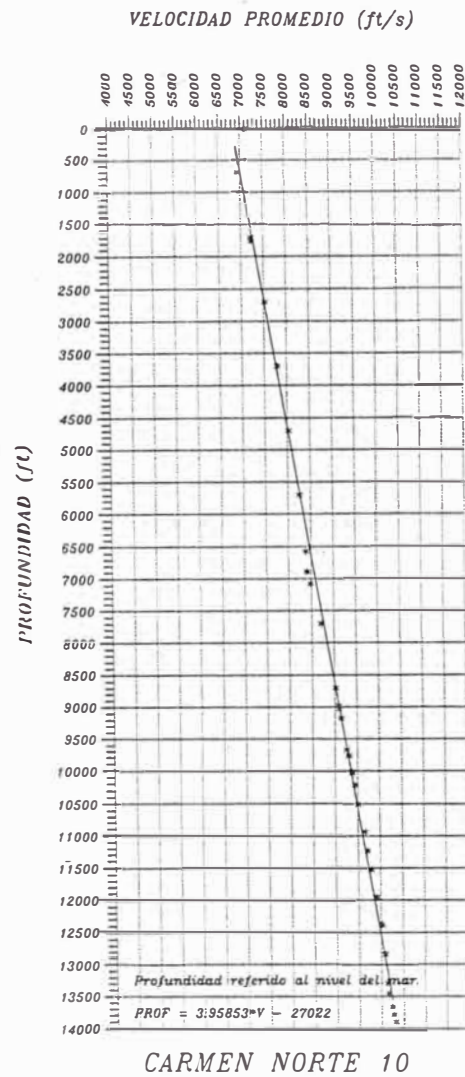


FIG.26

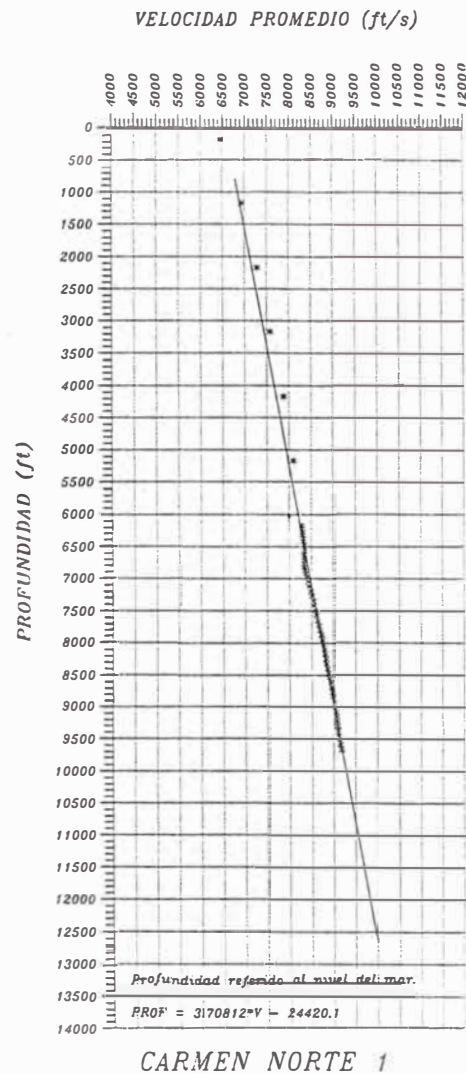


FIG.27

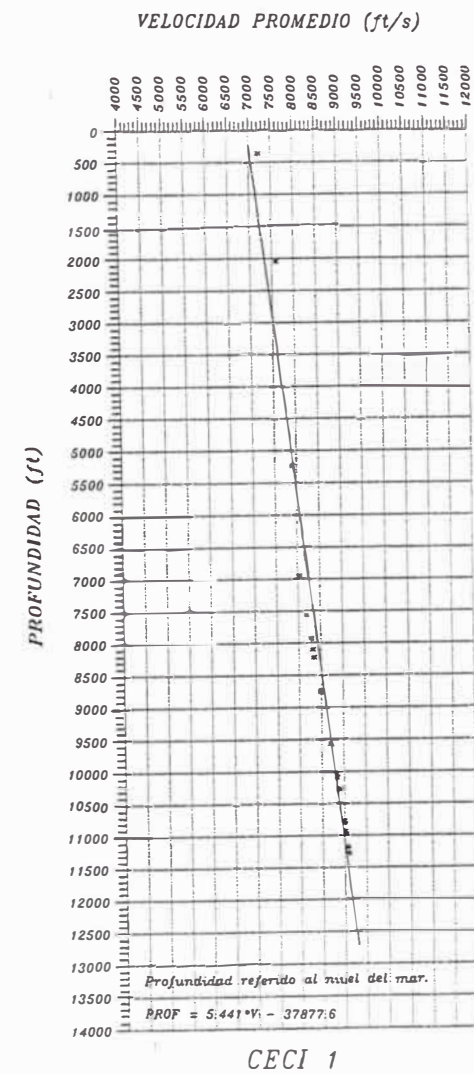


FIG.28

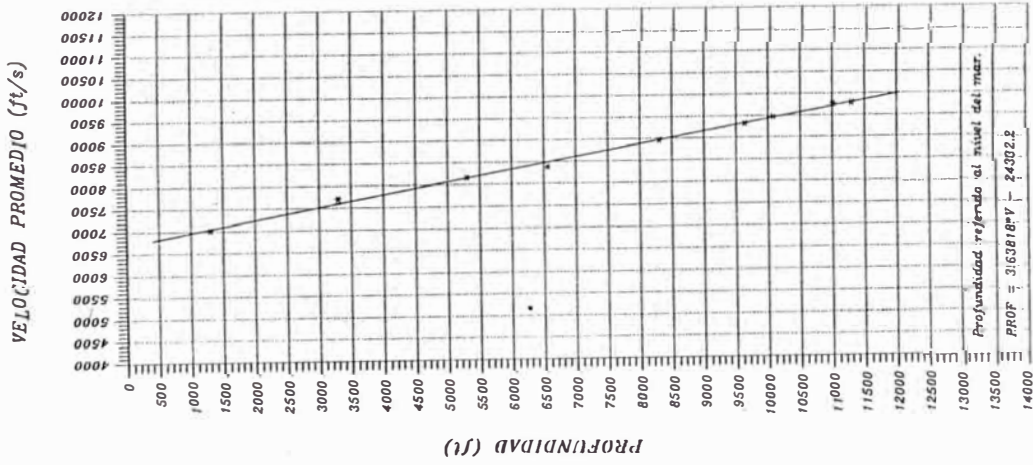


FIG.29

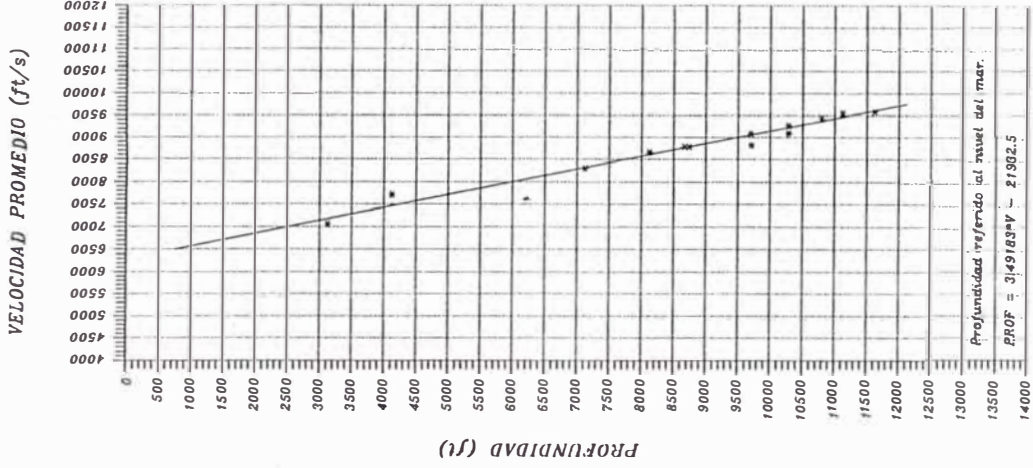


FIG.30

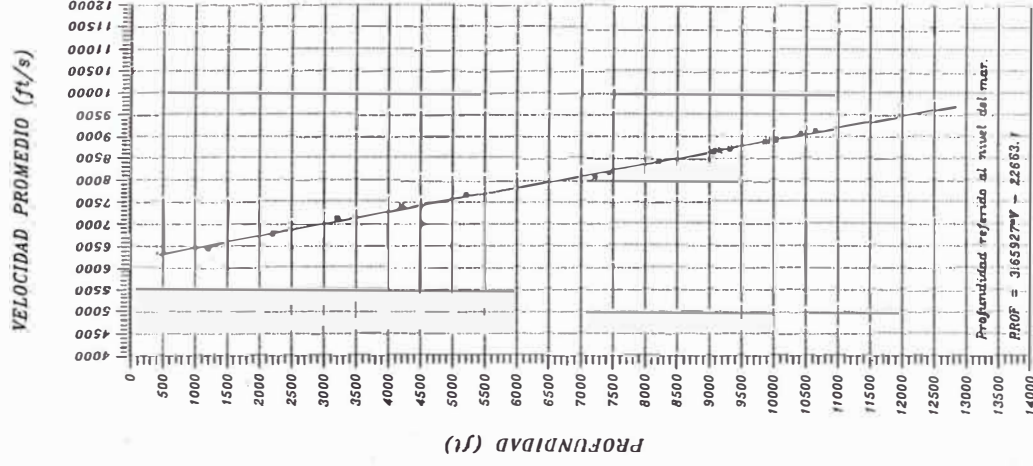
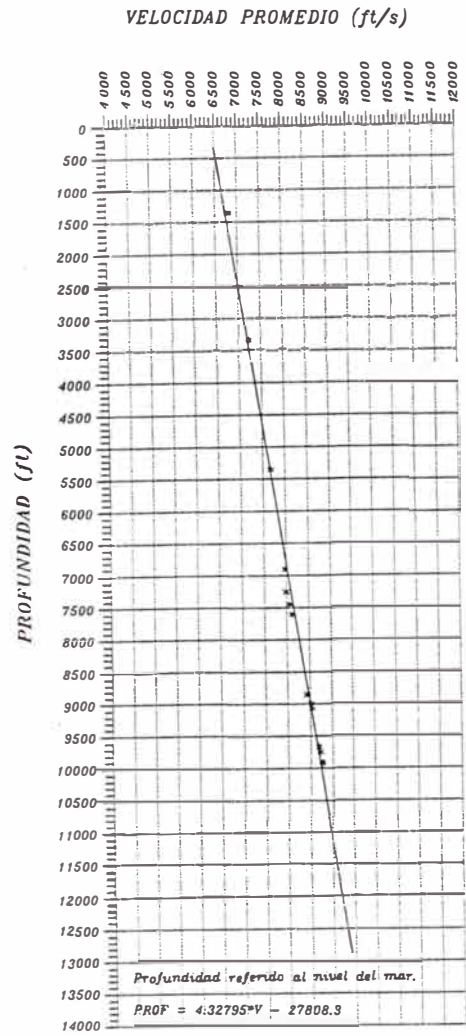
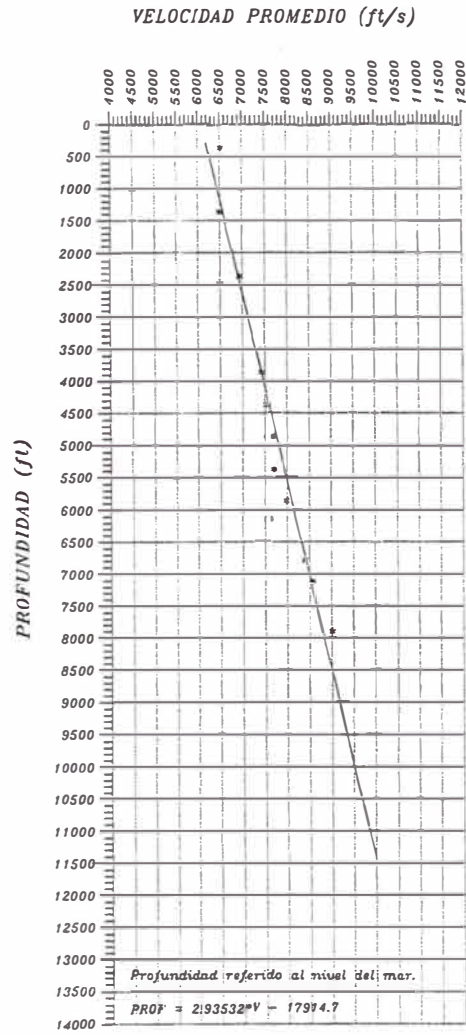


FIG.31



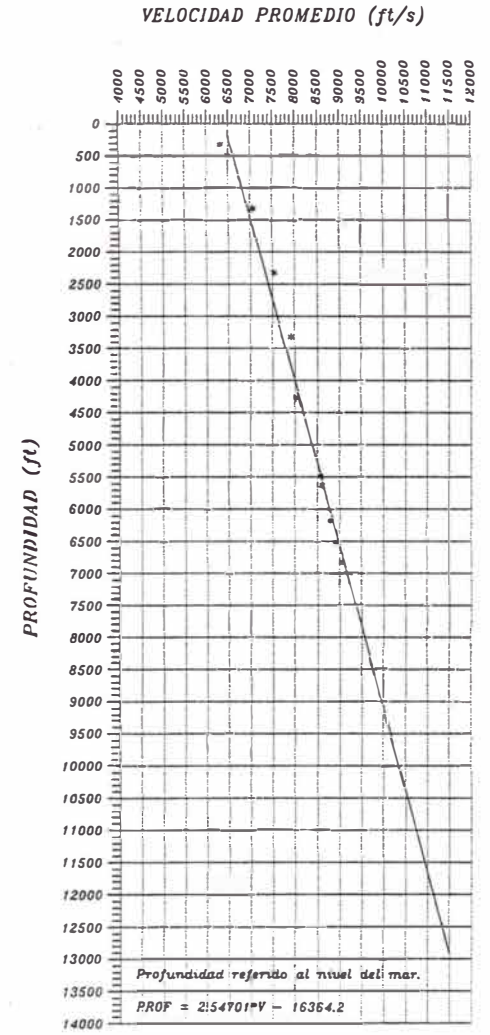
MARTHA 1

FIG 32



BARTRA 1

FIG.33



TANGARANA

FIG.34

velocidad V_{rms} que aparecen en los cabezales de las líneas sísmicas, para ello se utilizó la ecuación 21.

7.3.2 CALCULO DE VELOCIDADES DE INTERVALO

Los cuadros utilizados en la obtención de las velocidades de intervalo son denominados V_{rms} (root mean square velocity) y es definido por la Ec. 20 (Seismic Signal Processing, Geotran; 1982).

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 \Delta T_i}{\sum_{i=1}^n \Delta T_i}} \quad \dots[Ec.20]$$

A partir de la Ec.20 se define la Ec.21 comúnmente denominada velocidad de intervalo de Dix (Hewitt Dix; 1981).

$$V_{DIX} = \sqrt{\frac{V_{RMS_i}^2 T_i - V_{RMS_{i-1}}^2 t_{i-1}}{T_i - T_{i-1}}} \quad \dots[EC.21]$$

Es también de uso común el cálculo de profundidades y espesores a partir de la Ec.22 que es una aplicación de la Ec. 21.

$$Z = \frac{V_{DIX} TWT}{2} \quad \dots[Ec.22]$$

Z: Espesor o profundidad

TWT: Tiempo doble (Two way time)

Las velocidades que aparecen en la tabla 6, han sido calculados a partir de la Ec.21

TABLA 6

VELOCIDADES A PARTIR DE LINEAS SISMICAS EN LAS UNIDADES TERCIARIAS
 LOTE 1AB - CUENCA MARAÑON

POZO	UNIDAD I ft/s	UNIDAD II + AREN.POZO ft/s	LUTITAS POZO ft/s	UNIDAD III ft/s	UNIDAD IV ft/s	UNIDAD V ft/s	UNIDAD VI ft/s
YAÑEZ	14.846.11	14.623.44	13.891.28	11.250.43	9.770.24	9.401.00	9.327.94
ANDOAS	13.218.35	12.578.90	11.968.22	10.211.07	9.778.50	9.284.66	8.421.99
CAPAHUARI NORTE 1	13.855.05	12.621.00	10.888.55	10.650.89	10.224.48	9.087.11	8.626.87
CAPAHURI SUR 1	12.641.68	12.140.35	11.499.23	11.141.89	10.545.48	9.230.52	8.311.72
CARMEN NORTE 10	12.638.42	12.270.41	11.480.91	10.156.43	9.711.09	9.111.09	NR
CARMEN NORTE 1	12.341.60	11.868.83	9.698.16	8.727.03	9.806.43	8.939.90	8.642.39
DORISSA 1	11.844.75	11.003.12	10.375.98	10.014.14	10.216.70	8.814.99	7.894.91
SHIVYACU SUR ESTE 1	12.316.11	11.746.82	9.537.40	8.989.99	9.533.20	8.752.10	8.672.24

NR: No registrado por el sonico

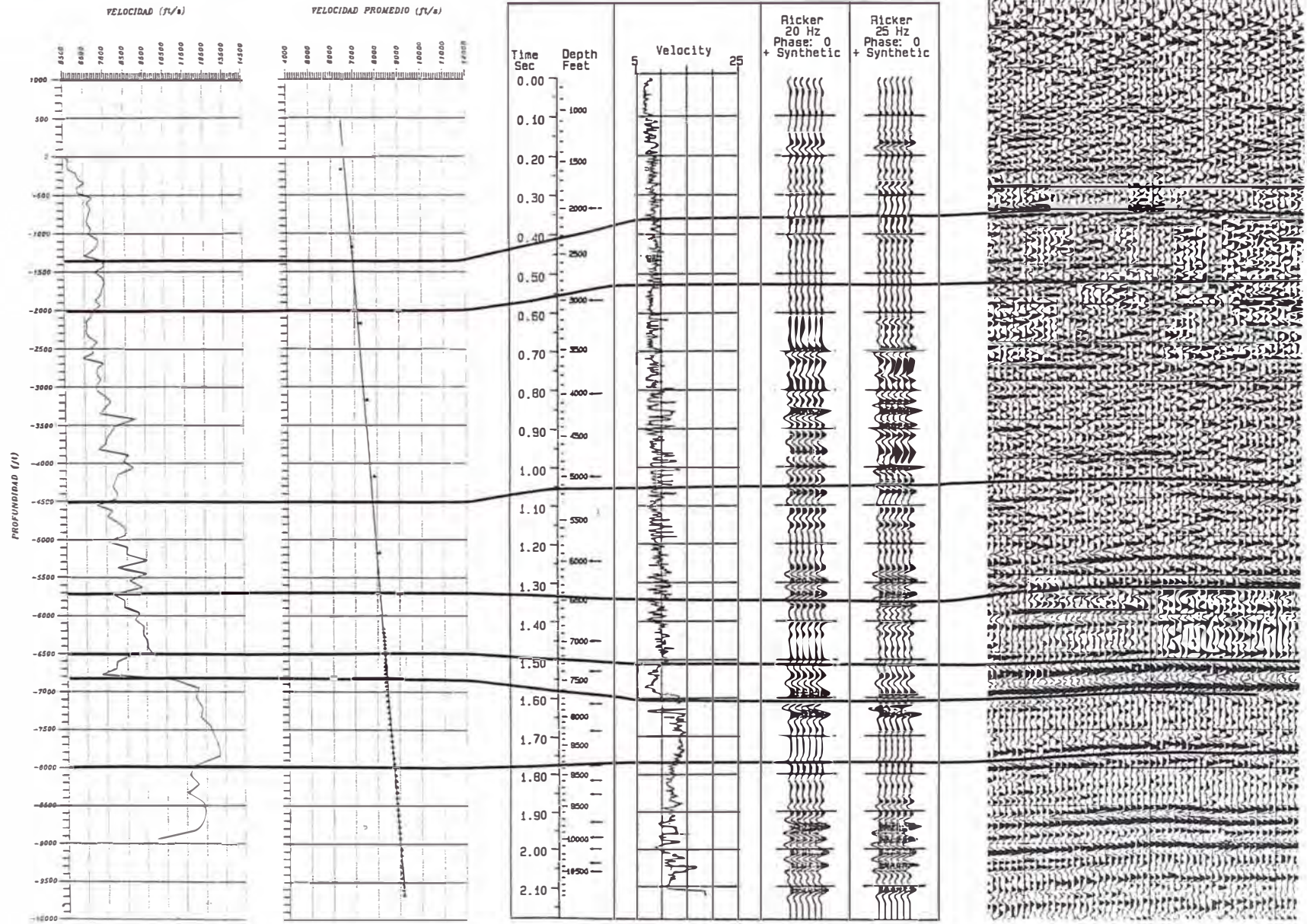
Tesis para optar el Título de Ing. Geologo: Juan F. Chung Ching - 1994

interpolando los valores de V_{rms} para los tiempos de cada reflector utilizando la correlación obtenida en las líneas sísmicas. Este cálculo ha sido posible utilizando sismogramas sintéticos de 8 pozos y 13 líneas sísmicas distribuidas en el Lote 1AB. La concordancia entre ellos no ha sido del 100% perfecta pero se observó en general una buena correspondencia de los reflectores con algunas imprecisiones debido a la falta de disparos de chequeo en las secuencias Terciarias, en algunos de los registros WVS que trae como consecuencia que los sismogramas se muestren exagerados.

En la formación Pozo, la pequeña potencia de la arenisca y el espesor que representa la ondícula, hace imposible la definición de su tope y su base, debido a ello, ha sido unida con la Unidad II para efecto de un mejor tratamiento en los cálculos de velocidades.

7.4 RELACIONES DE VELOCIDAD ENTRE LOS DIFERENTES METODOS

Las unidades Terciarias correlacionadas a partir de los registros sínicos referidos a un mismo Datum, fueron llevadas a partir de las profundidades a los registros WVS encontrando así sus velocidades promedios con el cual se obtuvieron los tiempos para la determinación de las velocidades de intervalo (secc. 7.2.2). Para relacionar los registros sínicos con líneas sísmicas, se tuvo que recurrir a los sismogramas sintéticos el cual son construidos a partir de los registros sínicos y de densidad (secc. 6.3), el registro WVS se utilizó para corregir el registro sínico utilizando los disparos de chequeo. El sismograma obtenido presenta el coeficiente de reflexión en el eje X y profundidad y/o tiempo doble en el eje Y (obviamente modelizado con un tipo de ondícula). La correspondencia entre los sismogramas y las líneas sísmicas no fué del 100% perfectas pero presentan una similitud y un grado de correlación bastante



SONICO

WVS

SISMOGRAMA SINJETICO

LINEA SISMICA

FIG.35

bueno, especialmente cuando es sometido a procesos de filtrado, formas de ondículas y deconvolución.

La fig. 35, muestra un ejemplo de como se ha llevado la información de los registros sónicos a los registros WVS y a las líneas sísmicas. La secuencia de izquierda a derecha es como sigue: los registros sónicos con velocidades de intervalo cada 10 ms y referido al nivel del mar (Datum), seguidamente tenemos la función de velocidad obtenido a partir de los disparos de un WVS también referidos al nivel del mar pero graficando las velocidades promedios, a su costado se tiene un sismograma sintético procesado por el programa "MIRA", finalmente se tiene una pequeña sección sísmica en la misma zona del pozo o muy cercana a él donde se han tomado los tiempos para el cálculo de velocidad.

La tabla 7, muestra un cuadro resumen de las velocidades obtenidas por cada método y las relaciones encontrada entre ellas en el Lote 1AB. Respecto a las velocidades promedio obtenidas por el método sónico encontramos dos inversiones de velocidad la primera en las Lutitas de la formación Pozo y la segunda en la Unidad I.

Las relaciones encontradas y mostradas en la tabla 7 entre las Velocidades promedio Sónicas y WVS muestra que existe tres zonas de velocidad, la 1ra en Capas Rojas superiores donde los registros WVS muestran mayor velocidad que los registros sónico en un rango que oscila entre el 9% y 12% de Velocidad la 2da en las Lutitas de la formación Pozo donde el registro sónico muestra siempre menos velocidad en un rango de 30% y la 3ra en Capas Rojas Inferiores y las areniscas de la formación Pozo donde ocurre lo inverso, las velocidades sónicas son mayores que las velocidades de los registros WVS en un rango del 7%.

TABLA 7

CUADRO RESUMEN DE VELOCIDADES
 PROMEDIO POR LOS DIFERENTES METODOS EN EL LOTE 1AB

	<i>Vel. Sonico</i> <i>Promedio</i> <i>(ft/s)</i>	<i>Vel. WVS</i> <i>Promedio</i> <i>(ft/s)</i>	<i>Vel. L.Sismica</i> <i>Promedio</i> <i>(ft/s)</i>	<i>Relacion</i> <i>V_{wvs} / V_{sonico}</i>	<i>Relacion</i> <i>V_{Lsismica} / V_{sonico}</i>	<i>Relacion</i> <i>V_{Lsismica} / V_{wvs}</i>
UNIDAD VI	7,335	6,893	8,557	0.94	1.17	1.24
UNIDAD V	7,547	8,415	9,078	1.12	1.20	1.08
UNIDAD IV	8,455	9,510	9,948	1.12	1.18	1.05
UNIDAD III	9,323	10,196	10,143	1.09	1.09	0.99
LUTITAS POZO	8,034	10,588	11,168	1.32	1.39	1.05
UNIDAD II + AREN.POZO	11,971	11,436	12,357	0.96	1.03	1.08
ARENISCA POZO	11,590	10,780	---	0.93	0.00	0.00
UNIDAD II	11,590	11,148	---	0.96	0.00	0.00
UNIDAD I	11,463	11,766	12,963	1.03	1.13	1.10

La relación de velocidades de las líneas sísmicas respecto a las sónicas tanto para las Capas Rojas Inferiores como las Superiores muestran que las Velocidades obtenidas por las líneas sísmicas oscilan entre 3% y 20% más rápido que las medidas por los registros sónicos marcando siempre la diferencia en las Lutitas Pozo donde la discrepancia es del 39%.

La relación de velocidades de las líneas sísmicas respecto a las obtenidas a partir de los registros WVS muestran en general una discrepancia de 10%, siempre la velocidad obtenida por la línea sísmica es mayor.

Un análisis más detallado es presentado en las figuras 36, 37 y 38 donde se grafican la relación dos a dos de los tres métodos de medir velocidades para cada pozo utilizado y para cada unidad correlacionada.

La Fig. 36, muestra la relación de la velocidad sónica con los WVS, en ella se puede ver tres tendencias, la 1ra lo constituye Capas rojas Superiores donde el análisis de regresión lineal da como resultado la siguiente relación:

$$V_{wvs} = 1.16659V_{sonico} - 255.632$$

La segunda tendencia lo define las lutitas de la formación Pozo donde el análisis de regresión lineal muestra la siguiente relación:

$$V_{wvs} = 0.272656V_{sonico} - 8342.1$$

Como de puede observar en las dos primeras tendencias las velocidades de los registros WVS dan un valor más alto que los obtenidos a partir de los sónicos.

RELACION ENTRE LAS VELOCIDADES SONICAS Y WVS

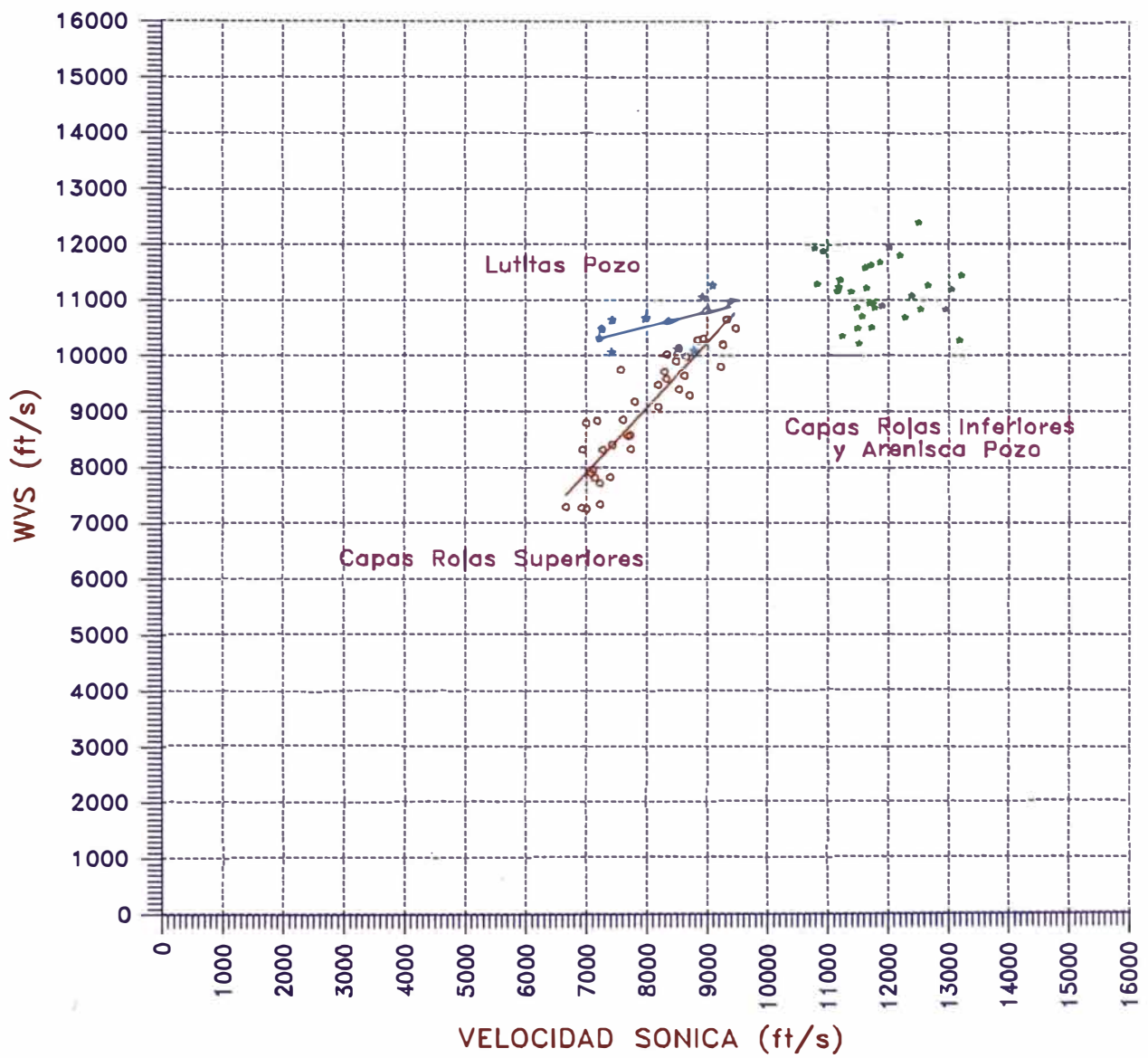


FIG.36

RELACION DE VELOCIDADES SONICAS Y DE LINEAS SISMICAS (Vrms)

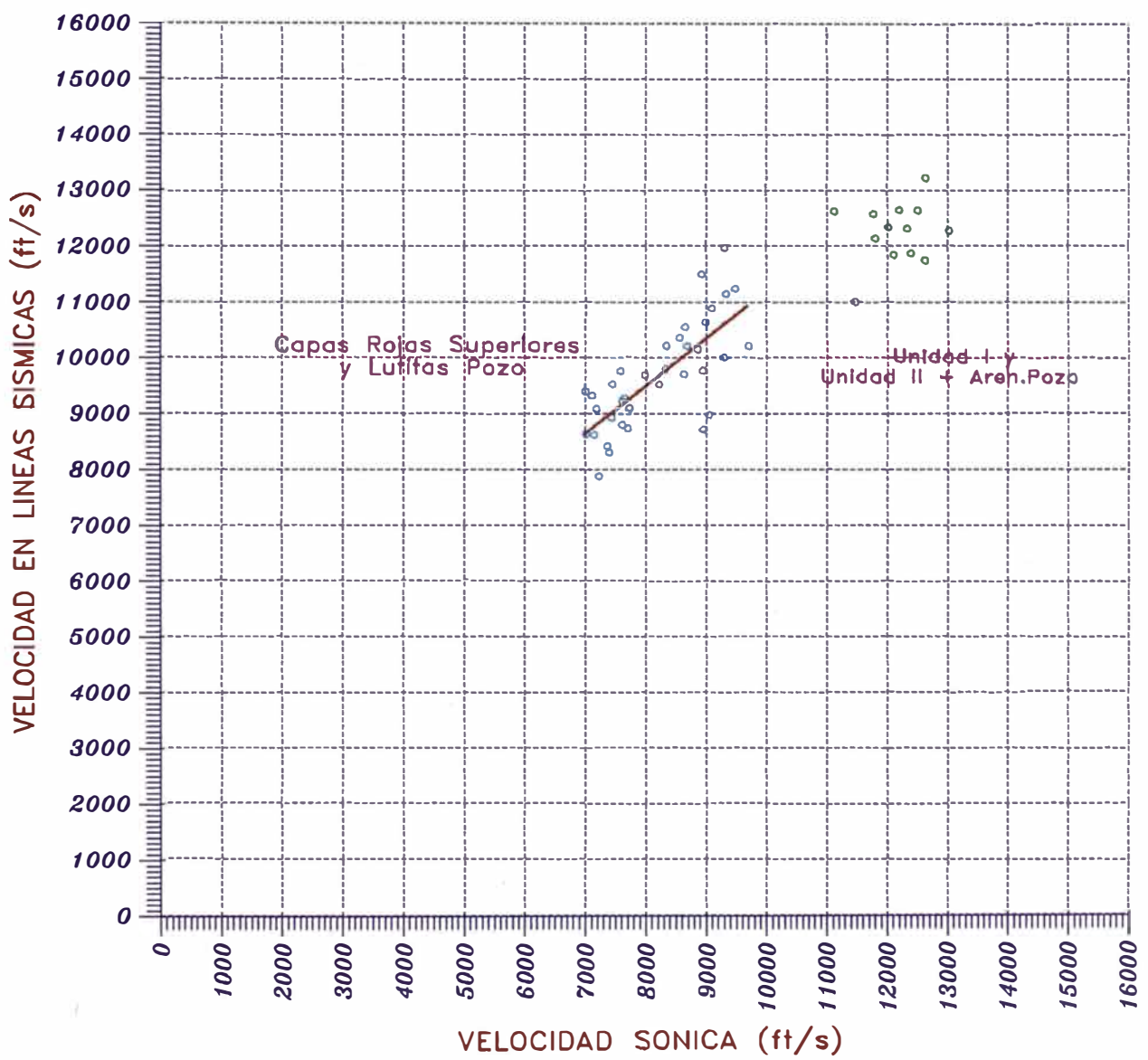


Fig.37

La tercera tendencia la define capas Rojas Inferiores y las arenas de Pozo donde se observa que las velocidades sónicas son mayores que los WVS y que no existe una tendencia tan marcada como en los casos anteriores.

La fig. 37 muestra un gráfico de las velocidades Sónicas respecto a las Velocidades en las líneas sísmicas, como en el caso anterior se agrupan en dos tendencias una Capas Rojas superiores y las Lutitas Pozo donde el análisis de regresión lineal da como resultado la siguiente relación:

$$Vls = 0.853259 Vsonico + 2684.22$$

y la segunda tendencia lo marca la Unidad I, Unidad II y las arenas de Pozo donde no se observa una clara tendencia.

La Fig.38 muestra la relación entre las velocidades WVS y las Líneas sísmicas en ella si se observa una clara dependencia lineal el cual puede ser representado por la relación siguiente:

$$Vls = 0.89 V wvs + 1436.53$$

7.5 GRADIENTES DE VELOCIDAD

El mayor espesor de sedimentos Terciarios en el Lote 1AB se presenta en el flanco Oeste con 4000m y disminuye hacia el Este hasta los 1700m, los isópacos confeccionados, muestran en general esta tendencia.

Las variaciones de velocidad, mayormente se encuentra controlado por el factor de porosidad (Ver apéndice), en el Lote 1AB esto se manifiesta por el espesor de la

RELACION DE VELOCIDADES MEDIDAS A PARTIR DE
REGISTROS WVS Y LINEAS SISMICAS (Vrms)

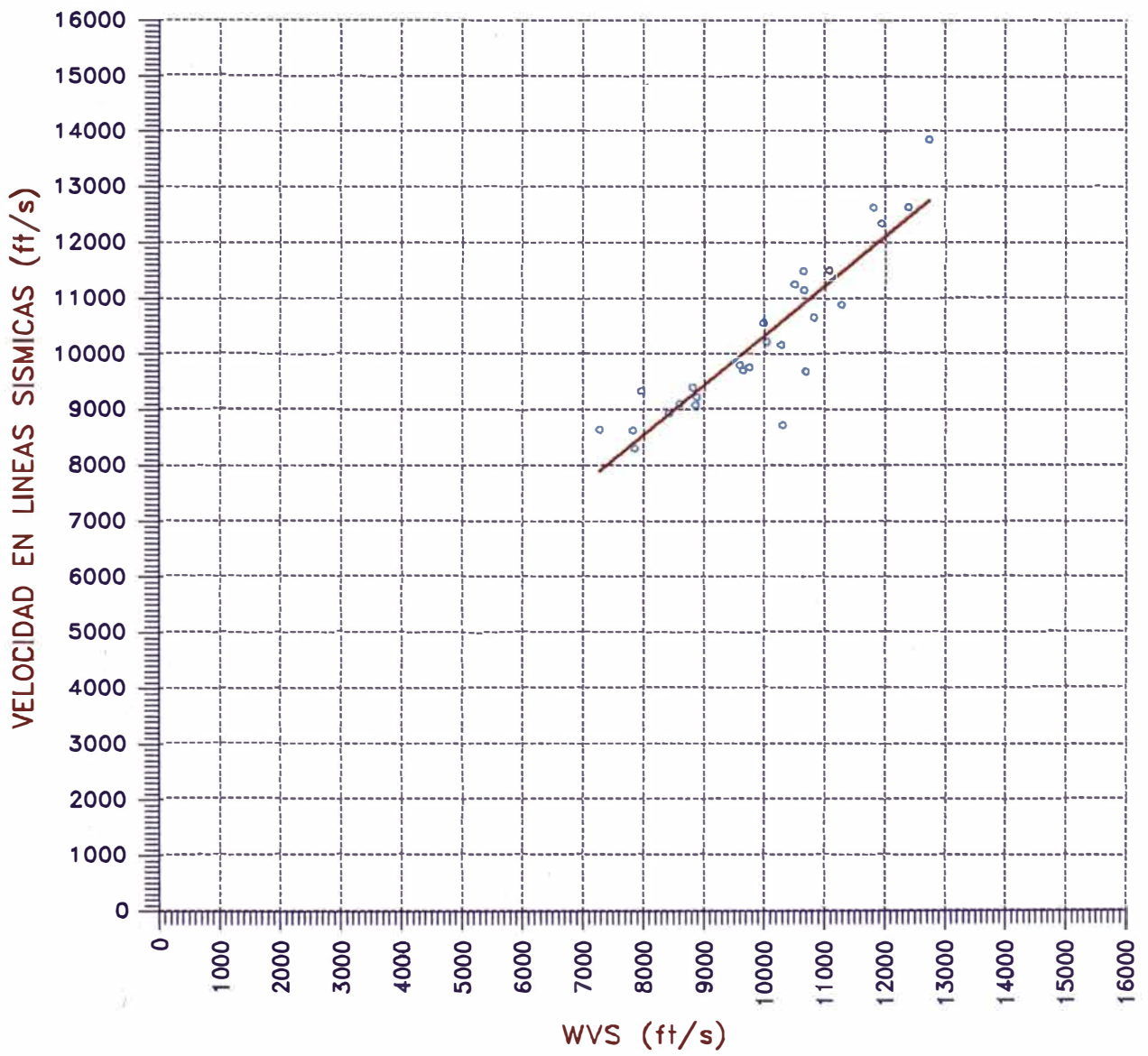
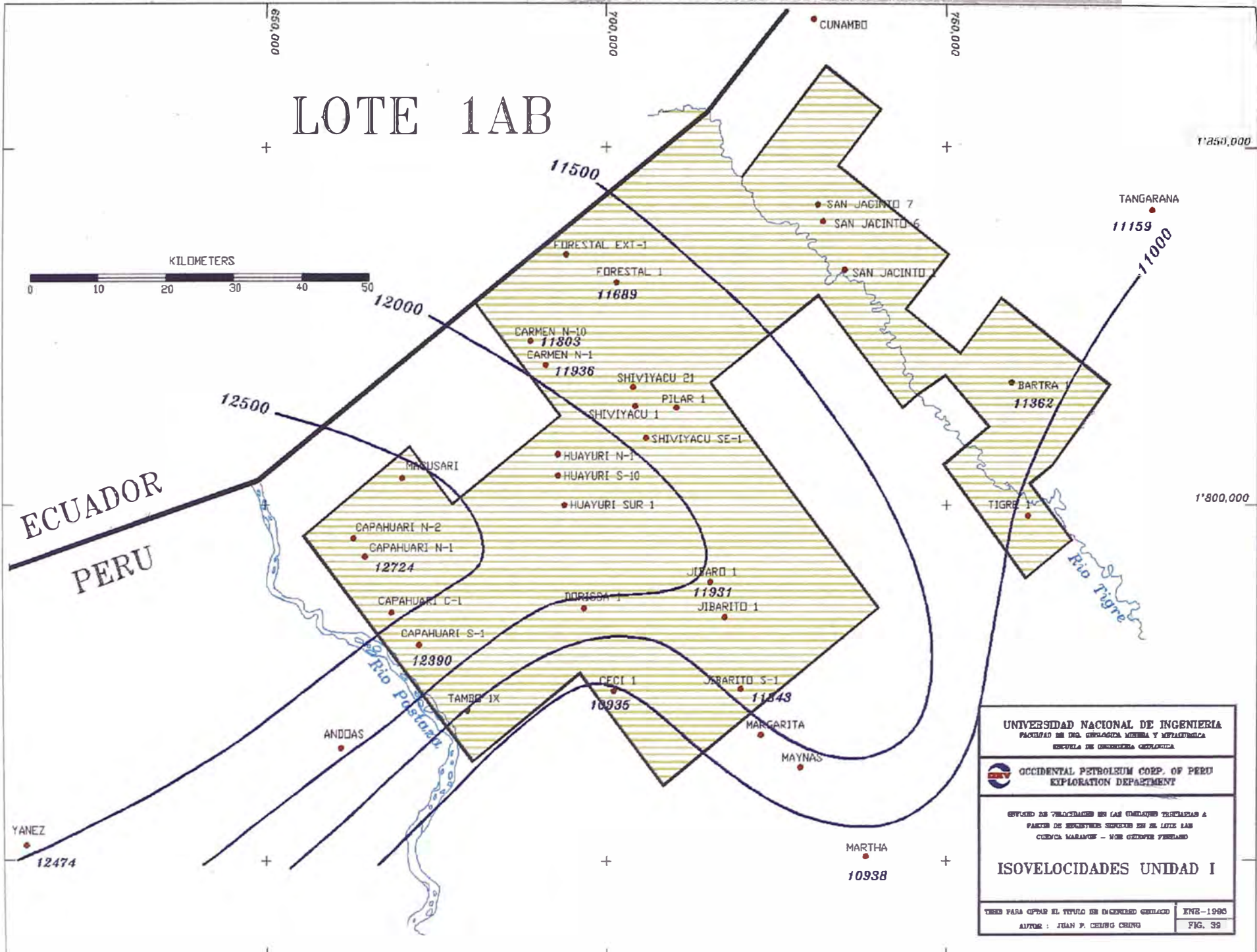


Fig.38

LOTE 1AB



ECUADOR
PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA ESCUELA DE GEOTECNIA GEOLÓGICA	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCERAS A PARTES DE SEPTENTRION SUR EN EL LOTE 1AB CUENCA MARAFIQ - NOR OROVERO PERUANO	
ISOVELOCIDADES UNIDAD I	
TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO GEOLÓGO	ENB-1998
AUTOR : JUAN P. CHILIG CHILIG	FIG. 39

columna litológica que influye directamente sobre la porosidad; por ello es pues obvio pensar que las velocidades obtenidas muestren una gradiente que incremente la velocidad hacia el Oeste.

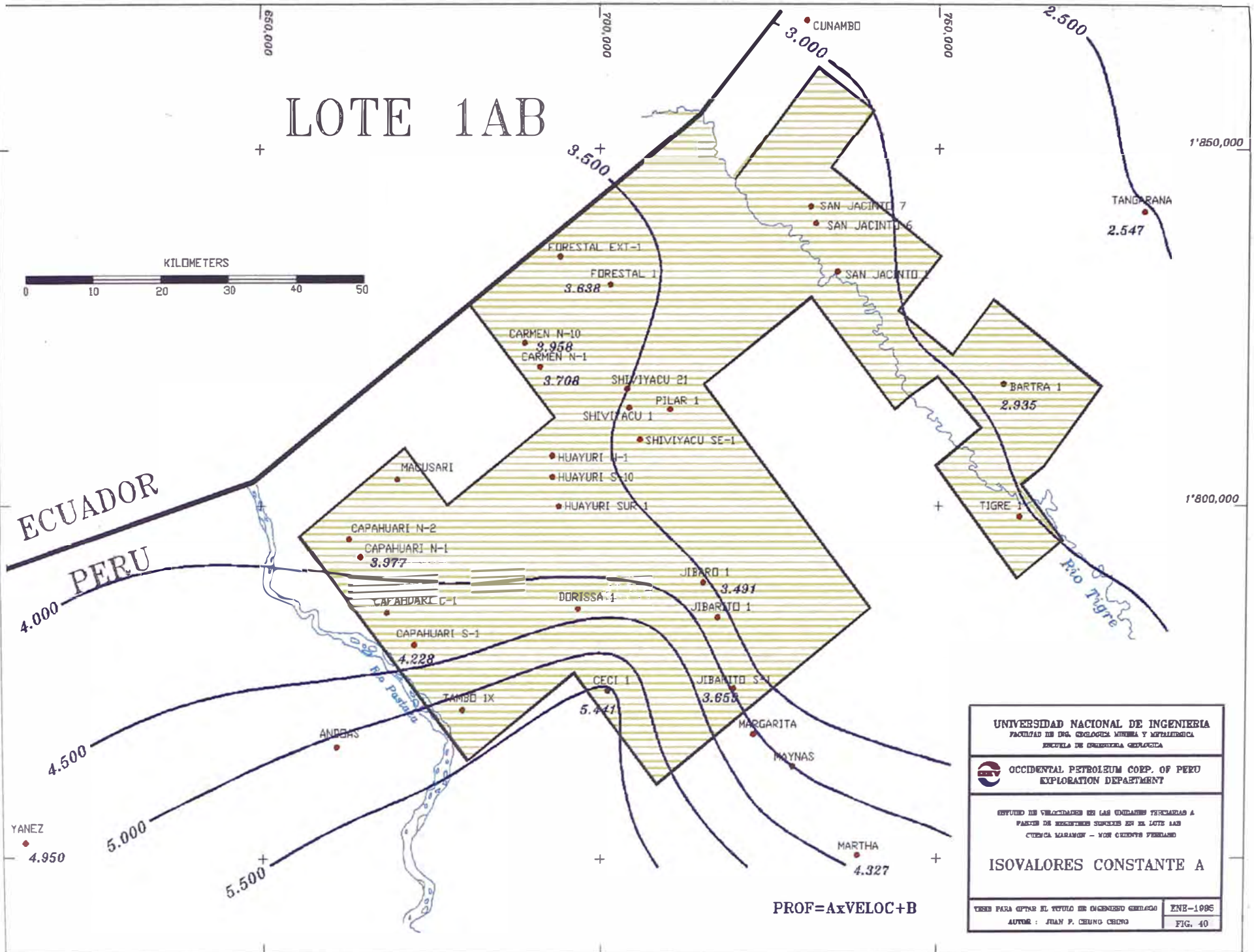
La Fig.39 muestra las velocidades de intervalo obtenidas por los registros WVS en la Unidad I, como se puede observar, ellos muestran una gradiente de velocidad hacia el Oeste lo cual corresponde bastante bien con los Isopacos confeccionados para el Terciario. En general si se graficaran todas las Unidades ellos mostrarían la misma tendencia ya que las velocidades de intervalo son calculados a partir de sus funciones de velocidad que para este caso son lineales lo que quiere decir que no habrá un cambio significativo en la forma mostrada.

Si analizamos la forma general de las funciones de velocidad al cual han sido ajustados estos datos (Ec.19), veremos que con el incremento de la constante A, habrá un significativo incremento en la profundidad, si analizamos matemáticamente la Ec. 19, tendremos que A es el factor gradiente de la recta Velocidad - Profundidad, esto quiere decir que en la dirección de incrementos de A estará la dirección de máximos incrementos de gradiente de Velocidad - Profundidad, ahora si observamos la Fig.40 que muestra un mapa de Isovalores en el Lote 1AB de la constante A, tenemos que hacia el lado Sur Oeste se tienen los máximos incrementos de A lo que implicaría la dirección de aumento de profundidad de la cuenca y por consiguiente la dirección del aumento de gradiente de Velocidad que correlacionaría muy bien, pues es la dirección de la ubicación del depocentro de la cuenca. Si observamos la misma figura, veremos también que entre los Campos Dorissa, Ceci, Jibaro y Jibarito, las curvas Isovalóricas están mas pegadas entre sí lo que mostraría la zona donde la

LOTE 1AB



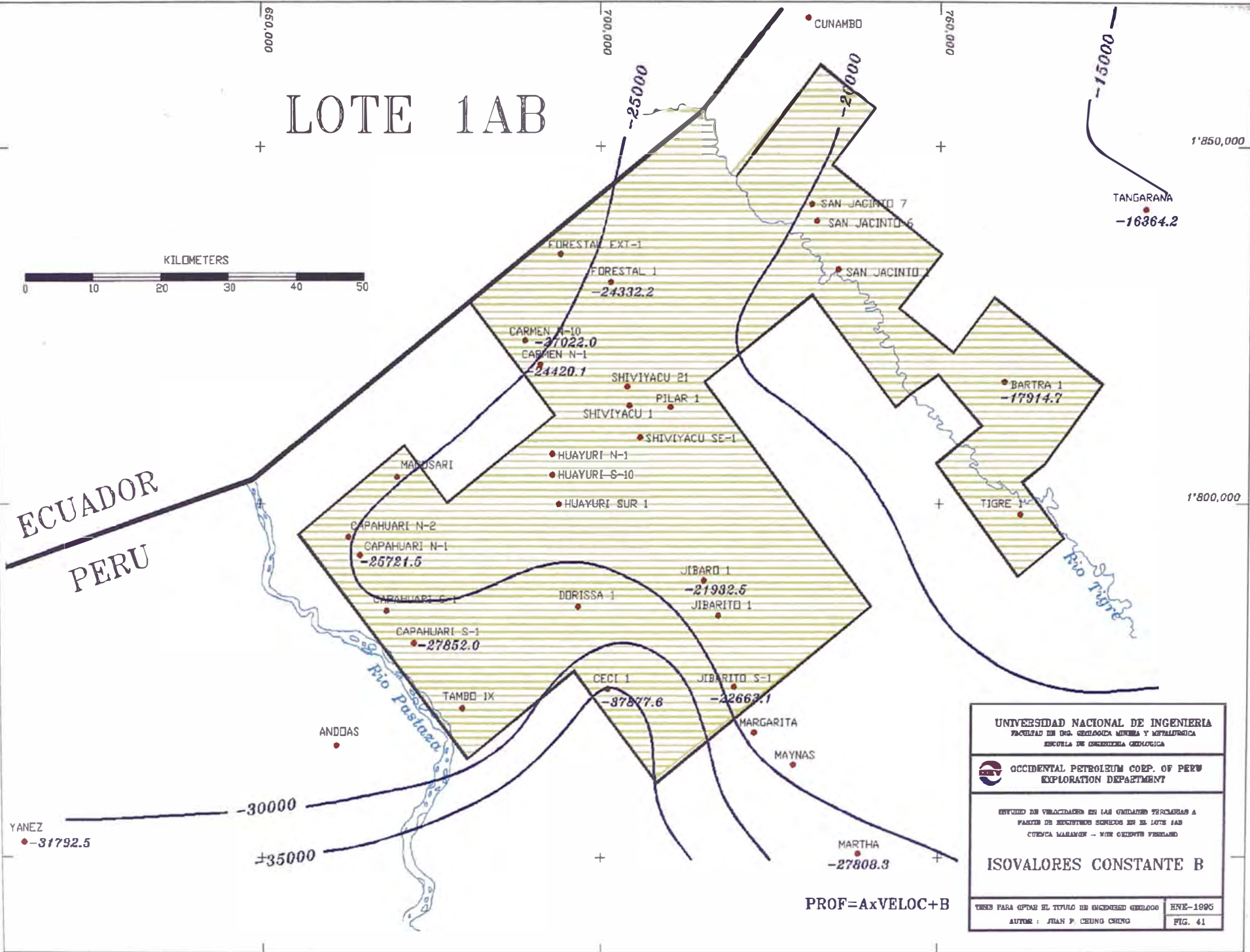
ECUADOR
PERU



$$PROF = A \times VELOC + B$$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA ESCUELA DE GEOLOGIA GENERAL	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCERAS A PASADO DE REGISTROS SUPERFICIALES EN EL LOTE 1AB CUENCA MARAMON - NOR OCCIDENTE PERUANO	
ISOVALORES CONSTANTE A	
CERO PARA OBTENER EL VOLUMEN DE OXIDACION CERRADO	ENE-1985
AUTOR : JUAN P. CHUNG CHONG	FIG. 40

LOTE 1AB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING. GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA ESCUELA DE INGENIERIA GEOLÓGICA	
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU EXPLORATION DEPARTMENT	
ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES PERMIANAS A PARTIR DE REGISTROS SIEMPRE EN EL LOTE 1AB CUENCA MARIANO - NOR OESTE VERDEAD	
ISOVALORES CONSTANTE B	
TÍTULO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO GEOLÓGO	ENE-1995
AUTOR: JUAN P. CHUNG CHUNG	FIG. 41

PROF=AxVELOC+B

gradiente de velocidad cambia mas rápidamente y por consiguiente cambios mayores de velocidad en distancias relativamente cortas. El lado Este del Lote 1AB muestra muy poca variación en cuanto a las gradientes de velocidad (cambio paulatino) que corresponde bastante bien con los Isopacos que siempre muestran las curvas más separadas al Este del Lote.

La Fig.41 muestra un mapa de Isovalores de la constante B, Esto es que para determinar en un lugar específico, una función de velocidad tipo, será necesario observar la figs. 40 y 41 y obtener los valores de A y B de forma que se pueda reconstruir la función lineal de velocidad (Ec. 19) el cual nos ayudará a estimar velocidades o profundidades en forma regional.

7.6 ESTIMACION DE PROFUNDIDADES

Como se ha podido observar hasta ahora, existe una discrepancia entre los valores de velocidad entre uno y otro método (Secc 4.4), en el caso de las líneas sísmicas y los registros sínicos estos superan incluso el 20% ($V_{\text{sónico}} < V_{\text{L.Sísmicas}}$).

Tratamos en este punto de observar si la gran discrepancia entre los valores de velocidad también implica una gran discrepancia al estimar una profundidad a partir de las velocidades V_{rms} . Para este análisis se han utilizado los registros sínicos de 8 pozos y 13 líneas sísmicas que cruzan los pozos estudiados para ello se ha utilizado las correlaciones sínicas a las líneas sísmicas y se han calculado las profundidades del tope y base de cada Unidad utilizando las Ec.21 y 22, posteriormente se han comparado los resultados obtenidos por los diferentes métodos.

La Fig. 42 muestran los resultados de estos cálculos, el eje X define las profundidades

RELACION ENTRE LAS PROFUNDIDADES CALCULADAS
A PARTIR DE LAS LINEAS SISMICAS Y LOS OBTENIDOS EN EL POZO

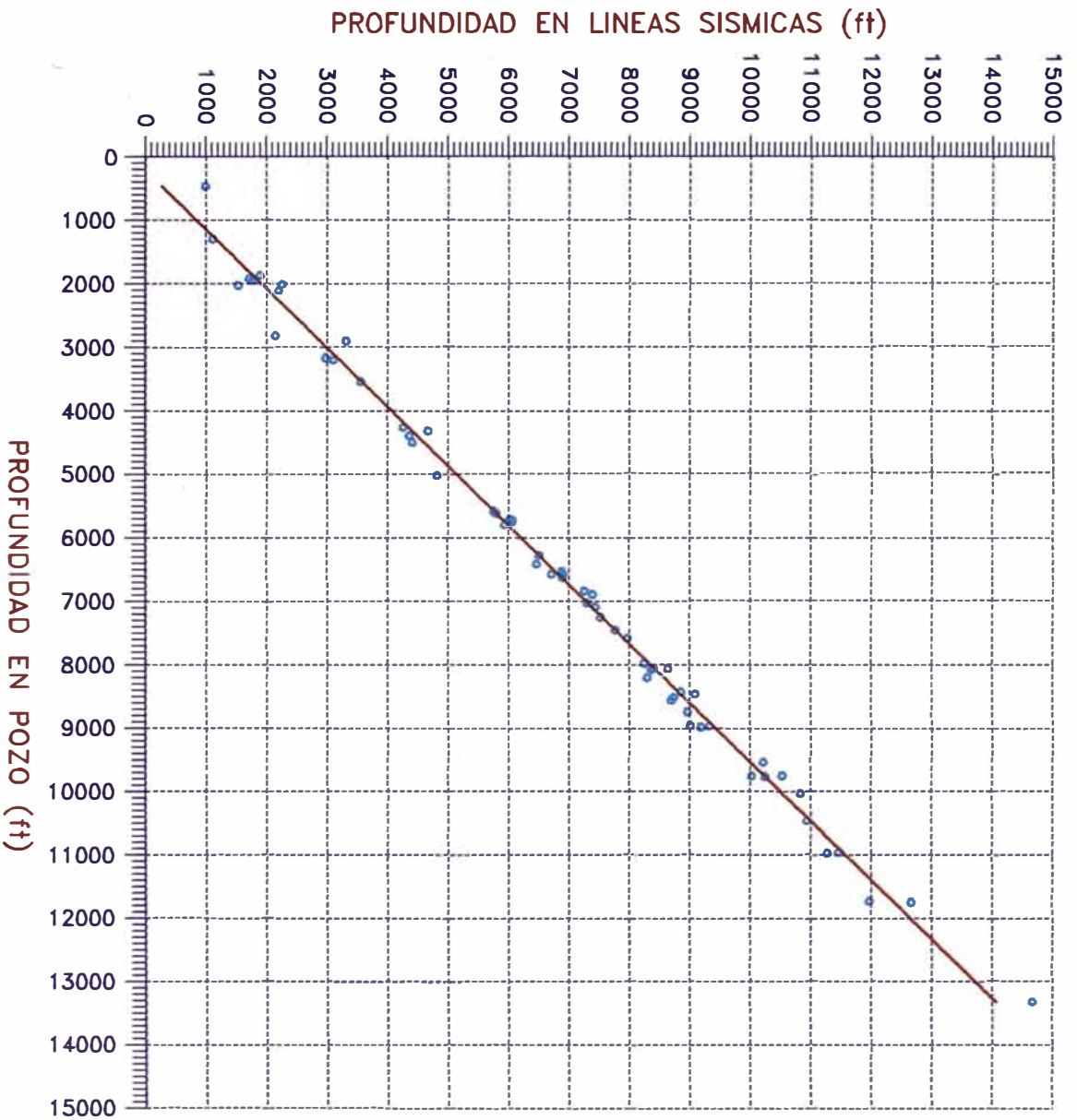


Fig. 42

obtenidas en los registros sísmicos y se le ha denominado profundidades en pozo, el eje Y define las profundidades encontradas a partir de las velocidades RMS luego se han planteado las profundidades encontrada por los diferentes métodos.

Como se puede observar existe una dependencia lineal entre las profundidades en pozo y las profundidades obtenidas a partir de los V_{rms} , un análisis de regresión lineal de todos los puntos planteados dieron como resultado las siguientes ecuaciones:

$$PROF_{LINEAS\ SISMICAS} = 1.07323 * PROF_{POZO} - 224.885 \quad ..[Ec.23]$$

$$PROF_{POZO} = 0.9317667299 * PROF_{LINEAS\ SISMICAS} + 209.5403595 \quad ..[Ec.24]$$

Es decir, que es posible corregir una estimación de profundidad a partir de las ecuaciones mostradas y que en general la corrección oscila entre un 3% a 7% y con lo cual vemos que una gran discrepancia de velocidad no implica una gran discrepancia de profundidad.

Los factores obtenidos por el análisis de regresión lineal pueden ser tomados en cuenta como una alternativa para "castigar" las profundidades obtenidas a partir de los V_{rms} y deben ser trabajados con cuidado cuando es empleada fuera del área de estudio ya que deben existir variaciones laterales de velocidad que modifiquen estos parámetros.

7.7 INTERPRETACION

La subdivisión planteada en la presente tesis esta basada en la respuesta física de

sus parámetros elásticos y constituye un aporte del presente estudio.

La Unidad I y Unidad II corresponde por posición estratigráfica a las Fms. Yahuarango y las areniscas del Basal Terciario en la columna actualmente utilizada, no obstante, las diagrfías de velocidad sónica muestran una diferencia marcada entre ambas Unidades que es observable en todos los pozos perforados en el Lote 1AB y el Sur Ecuatoriano e incluso coincide con un reflector en las líneas sísmicas. Las correlaciones de los registros sónicos hacia el Ecuador, indican que el contacto entre ambas Unidades (I y II) corresponde a la discordancia regional Intrapaleocénica entre las Fms. Tena y Tiyuyacu (Dashwood 1990). Un trabajo sobre el Paleógeno en la Cuenca Marañón (A. Chalco, J. Guevara, J. Chung; 1994 en prensa) define el contacto de ambas unidades (I y II) como un posible paleosuelo.

Erika Grandez (1993), divide las Capas rojas Inferiores en dos Unidades que corresponde a la división empleada en el presente estudio subdividiendo además la Unidad I en unidades I-A, I-B y I-C y define el contacto entre las Unidades I-B y I-C como el contacto Cretáceo - Terciario.

Las observaciones de los gráficos de velocidad muestran que la presencia de dicho contacto no involucra cambios fuertes de velocidad, lo que indicaría que dicho contacto es transicional lo cual es comprensible ya que tanto en la parte superior como en la parte inferior del contacto se tienen sedimentos molásicos similares.

Los estudios micropaleontológicos de los pozos Yañez y Dorissa realizados por E. Grandez (1993) determinaron la presencia de Chara Cylindrata Cf Minuta típica de la Formación Huchpayacu definido por Kummel en el área de los cerros Cushabatay,

dentro de la Unidad I-B, con lo cual podemos decir que la Unidad I correspondería a un equivalente en tiempo de la Fm. Huchpayacu.

Pitcher (1978), con dataciones radiométricas K/Ar en la Cordillera Occidental, define 2 fases tectónicas en el Paleógeno, la primera a 60 Ma y la segunda a 35 Ma, esta primera correlacionaria con una secuencia de areniscas basales de la Unidad II y la segunda correlacionaría con la sedimentación sobre la Unidad II de tufos volcánicos provenientes del Oeste y la transgresión marina de la Fm. Pozo.

Las características litológicas de la arenisca basal de la Fm. Pozo indicaría que el aporte provendría del escudo Guyano-Brasileño lo que explicaría el engrosamiento de espesore hacia el Este. Seguidamente se deposita un paquete lutáceo muy característico en casi toda la cuenca definido como de un ambiente marino somero epicontinental denominado Lutitas Pozo. El final de este ciclo de sedimentación está marcado por la regresión marina en el Eoceno superior - Oligoceno Inferior definido como la fase Aymara (26-28 Ma; Sebrier et. al., 1988). La zona Oeste, todavía en una etapa de levantamiento aporta los sedimentos clásticos sobre la formación Pozo denominado Fm. Chambira correspondiente a las Unidades III, IV y V definida por ser un paquete de velocidades características. En la base se tienen velocidades muy homogéneas con poca fluctuación (Unidad III), sobre ella se tiene un paquete de velocidades altas y bajas intercaladas (Unidad IV) y sobre ella se tiene un paquete de baja velocidad (Unidad V).

Marocco (1993), en correlaciones de 10 pozos en la cuenca Marañón define 4 fases tectónicas "Quechuas" en el Neógeno (15-17 Ma, 10 Ma, 7 Ma y 2.7 Ma). Según su

correlación en los Pozos Jibaro y Tangarana, la fase "Quechua 1" se encontraría dentro de la Unidad V. Esto explicaría el cambio en el patrón de las curvas isópacos de la Unidad V (Fig. 21).

La presencia de abundantes restos de conchas en la Unidad VI y su posición estratigráfica nos estarían indicando la presencia de la Fm. Pebas de ambiente sedimentario marino somero - lagunar, que incluso posee un reflector característico en las líneas sísmicas.

La ausencia de registros sísmicos por encima de la Unidad VI, salvo en unos pocos Pozos, hacen imposible la definición de la formación Marañón y Fm. Corrientes, poniendo de manifiesto la incertidumbre de que si el tope de la Unidad VI corresponde o no al tope de la formación Pebas.

8 CONCLUSIONES

- a) Las secuencias Terciarias han sido divididas en base a la respuesta física de sus propiedades elásticas en 8 Unidades que correlacionan estratigráficamente a lo siguiente:

La Unidad I, a la formación Yahuarango Inferior y en el Sur del Ecuador a la formación Tena.

Unidad II, a la formación Yahuarango superior y en el Sur del Ecuador a la formación Tiyuyacu.

Las Unidades III, IV y V a la formación Chambira.

La Unidad VI a parte de la Fm. Pebas.

- b) La relación promedio de velocidad entre los diferentes métodos depende mucho de la ubicación en la columna estratigráfica donde se desee hacer la comparación así tenemos:

Sónico vs. WVS

*En capas rojas superiores oscila entre 9% y 12% ($V_{\text{Sónico}} < V_{\text{WVS}}$).

*En las lutitas de la formación Pozo es aproximadamente 30%, ($V_{\text{Sónico}} < V_{\text{WVS}}$).

*En las capas rojas inferiores y la arenisca de la Fm. Pozo es aproximadamente 7%, ($V_{\text{Sónico}} > V_{\text{WVS}}$).

Sónico vs. Líneas Sísmicas

*En capas rojas superiores y capas rojas inferiores oscila entre 3% a 20%, ($V_{\text{Sónico}} < V_{\text{Líneas Sísmicas}}$).

*En las lutitas de la formación Pozo es aproximadamente 39%, ($V_{\text{Sónico}} < V_{\text{Líneas Sísmicas}}$).

WVS vs. Líneas Sísmicas: En general para toda la secuencia Terciaria muestra una discrepancia de aproximadamente 10%, ($V_{\text{WVS}} < V_{\text{Líneas Sísmicas}}$).

- c) La relación detallada de las comparaciones de velocidad para los diferentes métodos utilizando un análisis de regresión lineal dan como resultado las siguientes relaciones:

Sónico vs. WVS

*En capas rojas superiores:

$$V_{\text{WVS}} = 1.16659V_{\text{Sónico}} - 255.632$$

*En las lutitas de la formación Pozo:

$$V_{\text{WVS}} = 0.272656V_{\text{Sónico}} - 8342.1$$

*En capas rojas inferiores y arenisca de la formación Pozo, no muestra una clara tendencia con lo cual cualquier ajuste podría inducir un error aunque de todas formas $V_{\text{Sónico}} > V_{\text{WVS}}$.

Sónico vs. Líneas Sísmicas

*En capas rojas superiores:

$$V_{\text{Líneas Sísmicas}} = 0.853259V_{\text{Sónico}} + 2684.22$$

*En las areniscas de la formación Pozo y en capas rojas inferiores no muestran una clara tendencia aunque podría ser igual a la relación anterior.

WVS vs. Líneas Sísmicas: En toda la secuencia Terciaria muestra la relación:

$$V_{\text{Líneas Sísmica}} = 0.89V_{\text{WVS}} + 1436.53$$

- d) El estudio de velocidades muestra una gradiente regional lateral hacia el lado Oeste del Lote 1AB y una gradiente regional vertical al Sur Oeste del Lote 1AB coincidiendo con el depocentro de la Cuenca.
- e) Una estimación regional de las profundidades reales a partir de la profundidad calculada utilizando las velocidades RMS son calculadas a partir de la siguiente relación:

$$\text{PROF}_{\text{REAL}}(\text{ft}) = 0.9317667229 * \text{PROF}_{\text{Líneas Sísmicas}}(\text{ft}) + 209.5403595$$

Profundidad referido al nivel del mar.

En general esta corrección de profundidad oscila entre un 3% a 7%.

- f) Existe una diferencia marcada en la respuesta a las ondas compresionales entre los sedimentos continentales rojos antes de la depositación de la formación Pozo y posterior a ella con lo que se podría decir que pertenecen a historias geológicas diferentes.

9 RECOMENDACIONES

- a) Realizar un estudio detallado apoyado en trabajos micropaleontológicos, palinológicos, zonaciones y dataciones de algunos niveles tufaceos para confirmar las subdivisiones y las correlaciones realizadas.
- b) Realizar y aplicar el presente estudio en las formaciones Cretácicas de interés y observar las variaciones por efecto de cambio de facies, relaciones de velocidad, gradientes de velocidad y encontrar las funciones de conversión Tiempo - Profundidad o Velocidad - Profundidad en las formaciones objetivos.
- c) Estimar las profundidades para las secuencias Terciarias a partir de la relación: $Prof_{Real} = 0.93177 * Prof_{VRMS} + 209.54$ (Prof. en Pies, Ref. Nivel del Mar)
- d) Utilizar registros sónicos de gran alcance tal como el "Long Spacing Sonic" (LSS), ya que permite una mayor profundidad de investigación y no se ve afectado por invasiones de lodo.

APENDICE A

A.1 CONSIDERACIONES PARA LA MEDICION DE VELOCIDADES SONICAS

SALTOS DE CICLO

Cuando un receptor capta señales de baja amplitud, esta puede ser activada por ruidos en el movimiento de la herramienta lo cual traería como consecuencia un valor de t menor o cuando el receptor de la herramienta capta señales de mayor amplitud es posible que esta se active mucho después del primer arribo de ondas lo cual traería como consecuencia un valor de t mas alto. Según sea si el receptor 1 o el receptor 2 tenga este problema tendremos valores de ΔT mas bajos o valores de ΔT mas altos denominándose a este fenómeno Salto de Ciclo (Log Interpretation, Principles & Applications, Schlumberger; 1989)

PRESENCIA DE BURBUJAS EN EL LODO

Las pequeñas burbujas de gas en el lodo dispersan y absorben la energía acústica, estas pueden atenuar severamente las amplitudes y como consecuencia de esto las velocidades obtenidas serán irreales incluso es posible que no se obtengan lecturas.

En estos casos la mejor manera de solucionar este problema es sacar la herramienta del pozo y circular hasta que el gas sea removido y luego correrlo nuevamente (Openhole Log Analysis, HLS; 1991).

DIAMETRO DE HUECO

Cuando el diámetro del hueco es demasiado amplio, el tiempo t para un arribo de ondas que viaja transmisor - lodo - formación - lodo - receptor, podría exceder al arribo de ondas transmisor - lodo - receptor en consecuencia se encontrará un ΔT no válido, por consiguiente para una velocidad de lodo V_l , una velocidad de formación V_m y un diámetro de hueco, existirá una distancia mínima del transmisor al receptor (S_{min}) de tal forma que una medición ΔT sea correcto.

La Ec.A-1 muestra la relación que determina la distancia mínima entre receptor transmisor que hace aceptable dicha medición.

La Fig. A-1 muestra la relación de la Ec.A-2 para un diámetro de la herramienta 3.625", $\Delta T=192 \mu s/ft$ y $S=3\sim 10$ ft que define la mínima velocidad correcta observable por la herramienta (Openhole Log Analysis, HLS; 1991).

$$S_{\min} = \frac{d_h - d_{herr}}{\sqrt{\frac{V_f + V_{fm}}{V_f - V_{fm}}}} \quad \dots [Ec. A-1]$$

$$\Delta T_{\max} = \frac{\Delta t_f (K-1)}{K+1} \quad \dots [Ec. A-2]$$

$$\text{Dode } K = \frac{S^2}{(d_h - d_{herr})^2}$$

FORMACIONES DE MUY BAJA VELOCIDAD

En huecos grandes es difícil medir la velocidad de las formaciones, más aún si existen formaciones de muy baja velocidad en cuyo caso se recomienda el uso de herramientas de mayor longitud receptor-transmisor, sin embargo existen casos de formaciones con velocidad menor a la del lodo en cuyo caso sería imposible detectar los arribos de ondas ya que ni siquiera podrían refractarse. La solución sería determinar un ΔT a partir de las ondas de cizalla o utilizar otro tipo de herramienta como el "Dipolo Sonic" el cual produce ondas flexurales que viajan a la misma velocidad que las ondas de cizalla y pueden ser detectados por el dipolo de la herramienta (Openhole Log Analysis, HLS; 1991).

ALTERACION DE LA ZONA INVADIDA

La perforación y los procesos de invasión alteran las paredes del pozo, una muy típica es observado cuando las arcillas presentes en las formaciones absorben agua y se expanden, el resultado es la reducción de la densidad y velocidad; otra por ejemplo son las fracturas que alivian presiones en el pozo y afectan de manera significativa los valores de ΔT .

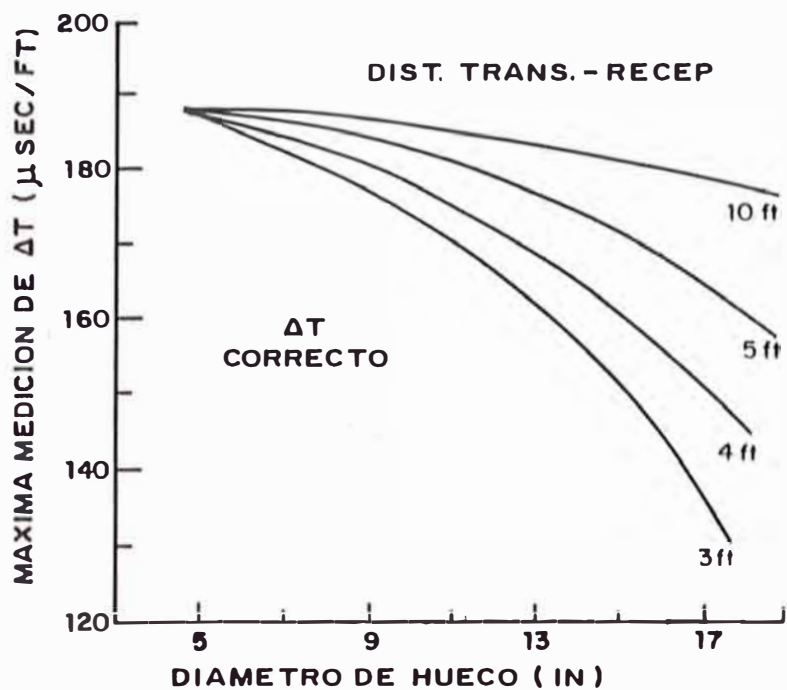


FIG. A-1 DETERMINA EL MAXIMA ΔT MEDIBLE CORRECTAMENTE A PARTIR DE UN DIAMETRO DE HUECO EN EL POZO. (OPENHOLE LOG ANALYSIS, HLS; 1991)

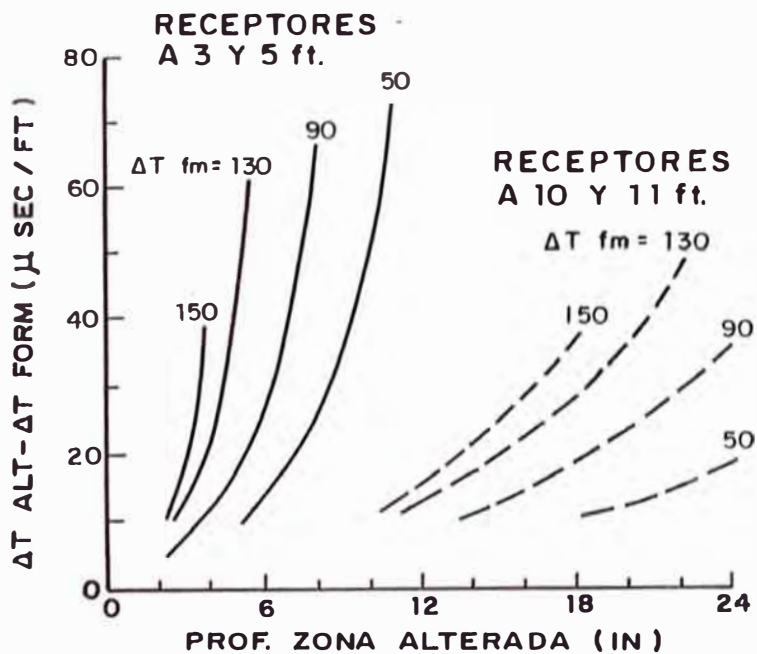


FIG A-2 DETERMINA LA PROFUNDIDAD ALTERADA SEGUN LA DISTANCIA ENTRE RECEPTORES A PARTIR UN ΔT ALT - ΔT FORM. (OPENHOLE LOG ANALYSIS, HLS; 1991).

Se observan tres zonas en el pozo, la zona del lodo con ΔT_{lodo} , la zona alterada e invadida por el lodo ΔT_{alt} y la formación no alterada con ΔT , normalmente $\Delta T_{\text{lodo}} > \Delta T_{\text{alt}} > \Delta T_{\text{for}}$ cuando $\Delta T_{\text{alt}} < \Delta T_{\text{for}}$ los primeros arribos de onda serán las de la formación invadida y aún con el mejor proceso no sería posible distinguir la correspondencia de los dos arribos de ondas compresionales. La relación de la velocidad de la zona alterada V_{alt} con la velocidad de la formación nos dará la profundidad de la zona alterada y los valores críticos de la mínima distancia de la herramienta para el cual será posible encontrar un valor ΔT real.

Si la intersección de $(\Delta T_{\text{alt}} - \Delta T_{\text{for}})$ vs Prof. (Fig.A-2) de la zona alterada cae a la derecha del límite de la herramienta utilizada entonces el primer arribo será de la zona alterada. La solución para evitar este problema es utilizar una herramienta con mayor profundidad de investigación como por ejemplo un LSS (Openhole Log Analysis, HLS; 1991).

PRESIONES ANORMALES

En formaciones sobrepresionadas por presencia de agua en los poros (por lo general arcillas) el tiempo de tránsito es mayor es decir que encontrar una velocidad baja anormal en una formación puede indicar una zona sobrepresionada. A veces son utilizados los registros sínicos para determinar este tipo de anomalía. (Openhole Log Analysis, HLS; 1991)

A.2 VELOCIDADES TÍPICAS Y MODULOS ELÁSTICOS DE ALGUNOS MATERIALES

Pruebas de velocidades en laboratorio para rocas no porosas han dado como resultado la Tabla A-1.

TABLA A-1

MATERIAL	ΔT $\mu s/ft$	V ft/s	ρ g/cc
Arenisca	55.5	18000	2.65
Caliza	47.5	21050	2.71
Dolomita	43.5	23000	2.87
Anhidrita	50.0	20000	2.97
Yeso	52.5	19000	2.35
Sal	67.0	15000	2.04
Casing	57.0	17000	5.50
Agua (0 ppm)	200.00	5000	1.00
Agua (100000 ppm)	189.00	5300	1.06
Agua (200000 ppm)	176.00	5700	1.14
Petróleo	232.00	4300	0.80
Aire	919.00	1088	0.00
Lutita	70-140	7000-14000	2.3-2.8

De Sonic Logs and Rock Mechanics
Chapter 16. Sec. 16-38. HLS
1991

Conociendo dos módulos elásticos es posible definir todas las constantes elásticas e incluso la velocidad del sonido compresional y de cizalla utilizando las ecuaciones A-3, A-4, A-5 y A-6. (Martínez; 1991).

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \quad \dots[Ec. A-3]$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\mu)} \quad \dots[Ec. A-4]$$

G:Mod. rigidez, K:Mod. Comprensibilidad, E:Mod. Young, μ :Coef. Poisson

$$V_p = \sqrt{\frac{3(1+\mu)}{K\rho(1-\mu)}} \quad \dots[Ec. A-5]$$

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho(2+2\mu)}} \quad \dots[Ec. A-6]$$

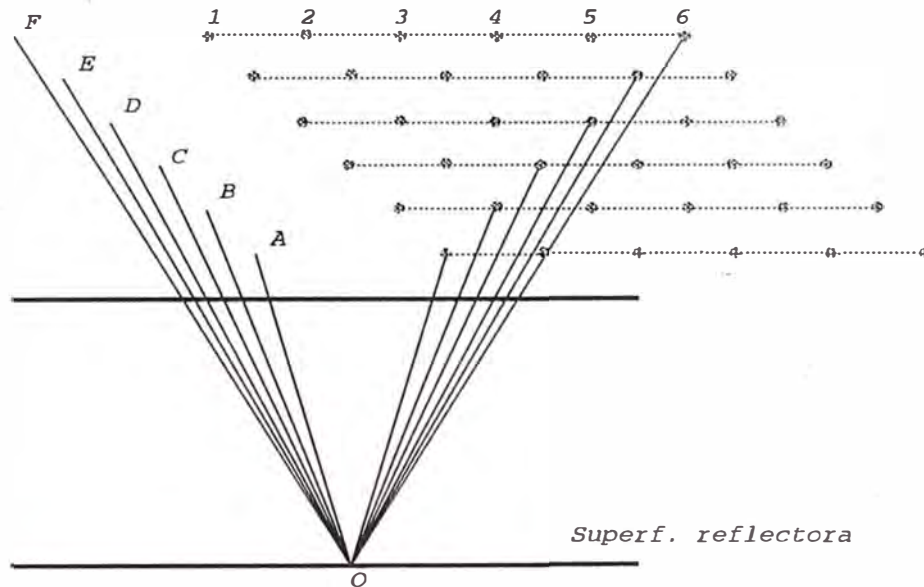
A.3 TECNICA CDP Y MULTIPLICIDAD EN UNA LINEA SISMICA

CDP (Common Depth Point) es definido como el punto común que refleja las ondas de diferentes disparos ubicado en una superficie reflectora. Los datos CDP son adquiridos en el campo por sucesivos registros que se traslapan de manera que se pueda producir la cobertura de una superficie repetidamente. Este proceso en el cual toman parte el número de canales del equipo son realizados con la finalidad de atenuar ruidos y mejorar la resolución. La técnica CDP es ilustrada en la Fig.A-3 con el procedimiento sencillo para 6 canales. Los disparos A, B, C, D, E y F producen un traslape en la cobertura debido a que la distancia entre disparos es menor que la superficie cubierta por geófonos. Una sección muestra como los datos de las trayectorias A-1, B-2, C-3, D-4, E-5 y F-6 dan una cobertura duplicada (Seismic Signal Processing; Geotran Inc.; 1982).

El CDP resulta a veces engañoso ya que implica que todos los datos recibidos pertenecen a un mismo punto común de reflexión o un límite de reflexión cuando estos podrían provenir de otras profundidades o podrían tener desplazamiento lateral debido a capas buzantes e imprecisiones de los disparos (Seismic Signal Processing; Geotran Inc.; 1982).

Se define Fold o Multiplicidad a la cantidad máxima de CDP que poseen las líneas sísmicas, esto es que un $fold=6$ ó 600% de multiplicidad implicará que la máxima cantidad de puntos repetidos es igual a 6 que es el caso del la Fig.A-3. Existen diferentes maneras de determinarlo uno puede ser haciendo un gráfico a escala del número de geófonos y disparos y ubicar los CDPs, luego contar la máxima cantidad de repeticiones. Otra forma puede ser obtenida a partir de la Ec.A-7 (Seismic Signal Processing; Geotran Inc.; 1982).

LA TECNICA CDP



El punto O es registrado repetitivamente por las trayectorias A-1, B-2, C-3, D-4, E-5 y F-6 por efecto de un traslape de informacion. La maxima cantidad de puntos repetidos es 6, luego tendra un fold de 6 o 600% de multiplicidad. El reflector del punto O es obtenido apilando y ponderando cada una de las señales registradas.

Tomado de: Seismic Signal Processing, Geotran INC., 1982
Tesis Para Optar el Titulo de Ing. Geologo
Juan Chung Ching - 1996

Fig. A-3

$$FOLD = \frac{1}{2} (No \ Trazas \times \frac{Dist. \ Estacas}{Dist. \ Disparos}) \quad \dots [Ec. \ A-7]$$

A.4 CORRECCIONES EN LINEAS SISMICAS

CORRECCIONES ESTATICAS CON OFFSET PEQUEÑO

La reflexión sísmica es cuantificada por los tiempos de arribo de las ondas a los receptores, estos tiempos son corregidos por efecto de topografía y por los cambios de espesor de la capa meteorizada. La primera elimina la diferencia de los tiempos por efecto de los cambios de elevación en el terreno y la segunda elimina las diferencias de variación de espesor de la capa no consolidada. Son denominadas correcciones estáticas porque dichas variaciones no dependen de los tiempos de reflexión.

A continuación mostraremos como es realizado esta correccion suponiendo un offset pequeño (geófono muy cercano a la boca del pozo) para ello observemos la Fig.A-4 (Seismic Signal Processing; Geotran Inc.; 1982).

Donde:

- D: Fuente de energia
- S: Proyección de D a la superficie.
- C: Proyección de D al Datum.
- Pc: Profundidad de la carga
- Ew: Espesor del "weathering"
- R: Receptor
- Ci: Corrección de incidencia
- Ce: Corrección de emergencia.

Ci y Ce son cantidades que hay que restar al tiempo total para que D y R sean llevados al nivel de referencia o Datum respectivamente.

Segun la Fig. A-4

$$C_i = \frac{DC}{V_0} = \frac{\text{Cota } S-PC - \text{Cota Datum}}{V_0} \quad \dots[\text{Ec. A-8}]$$

$$C_e = \frac{AB}{V_0} + \frac{RA}{V_w} = \frac{\text{Cota } R-E_w - \text{Cota } D}{V_0} + \frac{E_w}{V_w} \quad \dots[\text{Ec. A-9}]$$

$$T_{uh}: \text{Tiempo Up-Hole} = \frac{E_w}{V_w}$$

$$C_i; \text{Correccion Total} = -(C_i + C_e)$$

Reduciendo Ec. A-8 y Ec. A-9 tenemos

$$C_i = -2C_i - T_{uh} \quad \dots[\text{Ec. A-10}]$$

CALCULO DE Ew, Vo, Vw

Normalmente para obtener estos parámetros se perfora un pozo de mas o menos 40ft o una profundidad que asegure estar por debajo de la capa intemperizada; se realizan disparos sucesivos y se registran los tiempos de llegadas a la superficie; luego al ser graficados Z vs. T obtendremos las velocidades Vo, Vw y el espesor Ew, por el cambio en la pendiente de la recta de velocidad como muestra la Fig.A-5.

En general las velocidades oscilan entre 1500 y 1900 m/sg para Vo y 400 y 600 m/sg para Vw (Hewitt Dix; 1981).

CORRECCIONES ESTATICAS CON OFFSET GRANDES

En el caso anterior se tiene un geófono exactamente en la boca del pozo, cuando esto

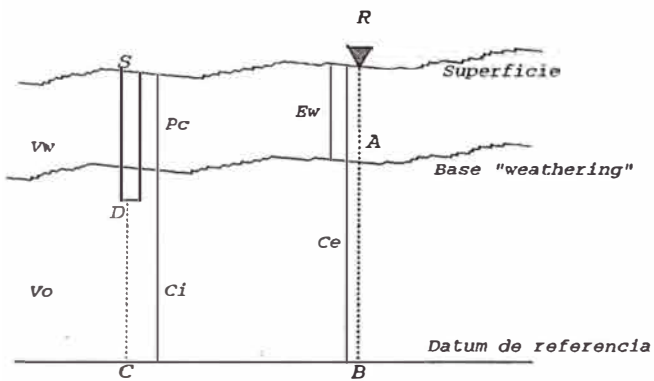


fig. A-4

Esquema de las correcciones estaticas con offset pequeños

$$\text{Corr. Estatica} = Ci + Ce$$

Ci : Correccion por incidencia

Ce : Correccion por emergencia

Tomado de Seismic Signal

Processing, Geotran INC. 1982

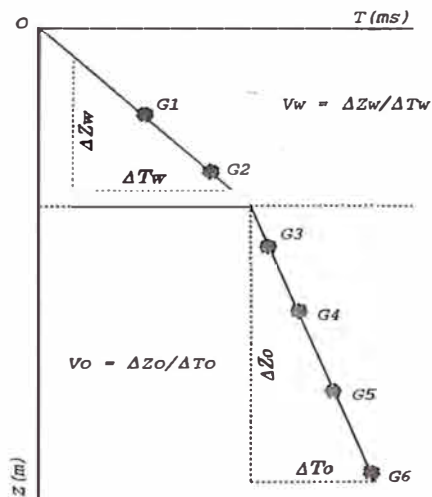
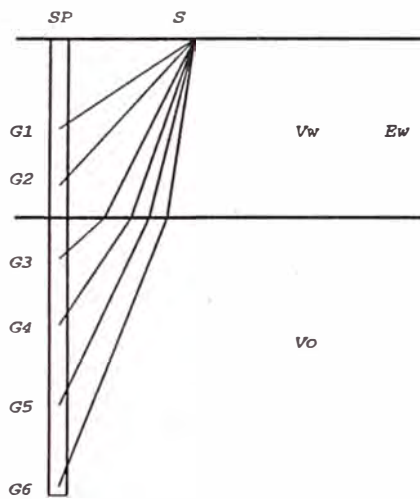


fig. A-5 Esquema para el calculo de la velocidad y los espesores de la capa intemperizada y sub-intemperizada.
Hewitt Dix ; 1981

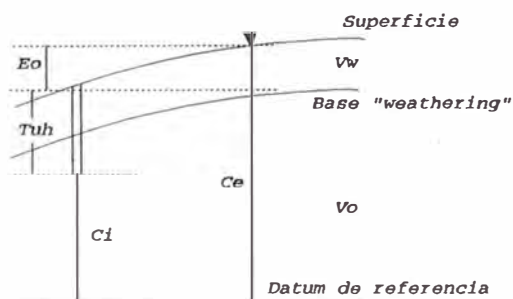


fig. A-6

Esquema de las correcciones estaticas con offset grandes.

$$Ct = Ci + Ce$$

$$Ce = Ci + Tuh + Eo$$

Tomado de Seismic Signal

Processing, Geotran INC. 1982

no es posible -como es el caso usual- la corrección se hará con la medida del disparo más cercano como sigue:

Observando la Fig.A-6 tenemos que el caso es casi similar a lo anterior pero con la diferencia de una corrección por diferencia de disparo (Seismic Signal Processing; Geotran Inc.; 1982).

$$C_t = -C_i - C_e$$

Ce: Corrección por emergencia

$$C_e = C_i + Tuh + E_0$$

Ci: Corrección por incidencia

Ct: Corrección Total

$$C_t = -2C_i - Tuh - E_0 \quad \dots [Ec. A-11]$$

Tuh: Tiempo Up-Hole

Donde:

Eo: Corrección por diferente Shot-Hole

$$E_0 = \frac{\text{Elev. Geofono} - \text{Elev. Disp}}{\text{Velocidad Datum}}$$

CORRECCIONES DINAMICAS

Cuando observamos los arribos de un mismo reflector en registros de campo, estos no se alinean en una recta si no que adoptan una forma hiperbólica según se hayan registrado en forma simétrica o asimétrica, esto es debido al retardo en el arribo a los receptores de la fuente. A este retardo se le llama ΔT_{NMO} (Normal Moveout) denominándolo corrección dinámica por depender del tiempo de reflexión (Seismic Signal Processing; Geotran Inc.; 1982).

Observando el esquema de la Fig. A-7, que muestra el triángulo de tiempo tendremos:

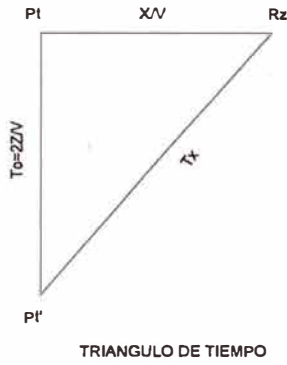


Fig. A-7

$$T_x^2 = T_0^2 + \left(\frac{X}{V}\right)^2$$

$$T_x^2 - \frac{X^2}{V^2} = T_0^2$$

$$\frac{T_x^2}{T_0^2} - \frac{X^2}{V^2 T_0^2} = 1 \quad \dots[\text{Ec. A-12}]$$

$$V = V_{NMO} = V_{\text{apilamiento}} = V_{\text{stacking}}$$

$$V_{NMO} = \sqrt{\frac{X^2}{T_x^2 - T_0^2}} \quad \dots[\text{Ec. A-13}]$$

La Ec.A-12 justifica la forma hiperbólica de los reflectores por efecto del tiempo de retardo.

Del triángulo de profundidad mostrado en el esquema de la Fig.A-8 tenemos:

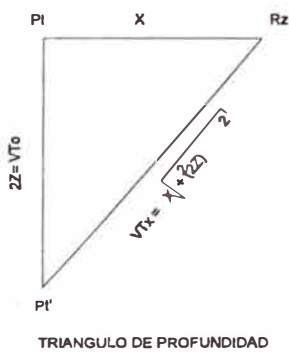


Fig. A-8

$$X^2 + V^2 T_0^2 = V^2 T_x^2$$

$$T_x = \sqrt{\frac{X^2 + V^2 T_0^2}{V^2}} = \sqrt{\left(\frac{X}{V}\right)^2 + T_0^2}$$

$$\text{Como : } T_x = T_0 + \Delta T_{NMO}$$

$$\Delta T_{NMO} = T_x - T_0 = \sqrt{\left(\frac{X}{V}\right)^2 + T_0^2} - T_0$$

$$\Delta T_{NMO} - T_0 = \sqrt{\left(\frac{X}{V}\right)^2 + T_0^2}$$

$$(\Delta T_{NMO} - T_0)^2 = \frac{X^2}{V^2} + T_0^2$$

$$\text{Obteniendo : } V^2 = \frac{X^2}{\Delta T^2 + 2\Delta T \cdot T_0}$$

$$V_{NMO} = \frac{X}{\sqrt{\Delta T^2 + 2\Delta T \cdot T_0}} \quad \dots[\text{Ec. A-14}]$$

To: Es el tiempo inicial en el punto de tiro medido en la vertical.

X: Distancia del punto de tiro al último geófono.

ΔT : Recta Tx - To

Tx: Proyección del último tiempo hacia la vertical.

ΔT_{NMO} es el valor que tenemos que restar a Tx para "aplanar" la curva. Si la capa fuera buzante la forma no sería hiperbólica sino parabólica, para este caso no solo tendríamos un ΔT_{NMO} sino también un ΔT de buzamiento.

La Ec.A-14 muestra la forma clásica de calcular la velocidad a partir de un registro de campo (Curso Interno OXY; 1981).

A.5 FACTORES INVOLUCRADOS EN LA MEDICION DE VELOCIDADES

POROSIDAD

Lindseth (1972), mostró que las mas altas velocidades en cualquier tipo de roca corresponden a muestras de muy baja porosidad y las más bajas velocidades a rocas de muy altas porosidades, lo que indica que la porosidad es el factor más dominante

involucrados en la variación de la velocidad. La Ec. A-15 muestra la relación de la porosidad en función de la velocidad (R. Sheriff; 1978).

V: Vel. roca

V_m: Vel. Matriz

V_f: Vel. fluido

Φ: Porosidad

$$\frac{1}{V} = \frac{\Phi}{V_f} + \frac{1-\Phi}{V_m} \quad \dots[\text{Ec. A-15}]$$

DENSIDAD

Si plotearamos la densidad en función de la velocidad en un papel logarítmico de una muestra esta tenderá ser lineal, esto indica la buena correlación entre el logaritmo de la velocidad y el logaritmo de la densidad, que en ejes lineales daría una correspondencia potencial de allí que es frecuente el uso de la Ec. A-16 para relacionar la velocidad V y la densidad ρ, (R. Sheriff; 1978).

ρ: Densidad

V: Velocidad

K: Constante, para arenas es 0.23

$$\rho = K.V^{\frac{1}{4}} \quad \dots[\text{Ec. A-16}]$$

SOBREPRESIONES Y SOBRECARGAS

Normalmente un decrecimiento de porosidad corresponde a un incremento de la profundidad de enterramiento, lo que trae como consecuencia un incremento de velocidad, pero también estos pueden explicarse por diferenciales de presión efectiva en la roca. Mientras el peso de la sobrecarga de la roca trata de comprimir y eliminar la porosidad en las rocas, el fluido en el espacio poroso trata de abrir los poros y aumentar la porosidad. Definimos como porosidad efectiva a la diferencia de presiones entre la sobrecarga y la presión del fluido intersticial. Así una alta presión está

asociado a una significativa baja velocidad y una significativa disminución en la velocidad podría indicar una zona de sobrecarga. Es común utilizar estos principios para predecir e indicar zonas sobrepresionadas (R. Sheriff; 1978, Log Inter.: HLS 1981, Schlumberger 1989).

TIPO DE FLUIDO Y SATURACION

La naturaleza del fluido intersticial también afecta significativamente la velocidad (Fig.A-9). Las arenas con agua tienen más velocidad que las arenas con petróleo y que las arenas con gas que es significativamente mas baja. Las arenas con agua pueden tener mayor velocidad o menor velocidad que una lutita dependiendo de la porosidad de la roca.

El efecto de la saturación de agua sobre la velocidad es mostrado en la Fig.A-10, el lado izquierdo de la curva muestra cero de saturación de agua el cual es 100% de saturación de petróleo o gas, la velocidad cambia gradualmente con la saturación de agua excepto para pequeñas cantidades de gas el cual en porcentajes bajos de saturación producen un gran efecto en la velocidad mientras que fuertes incrementos de gas afectan poco, esto quiere decir que tendremos muchas dificultades para determinar la saturación de gas a partir de medidas de velocidad (R. Sheriff; 1978).

FABRICA

El arreglo y la distribución de las partículas también influyen en la velocidad cuando los granos son casi homogéneos las rocas formadas son mas porosas, en consecuencia menos veloces, mientras que un arreglo de partículas heterogéneas mostrará menor porosidad y por lo tanto mayor velocidad (Openhole Log Analysis; 1991).

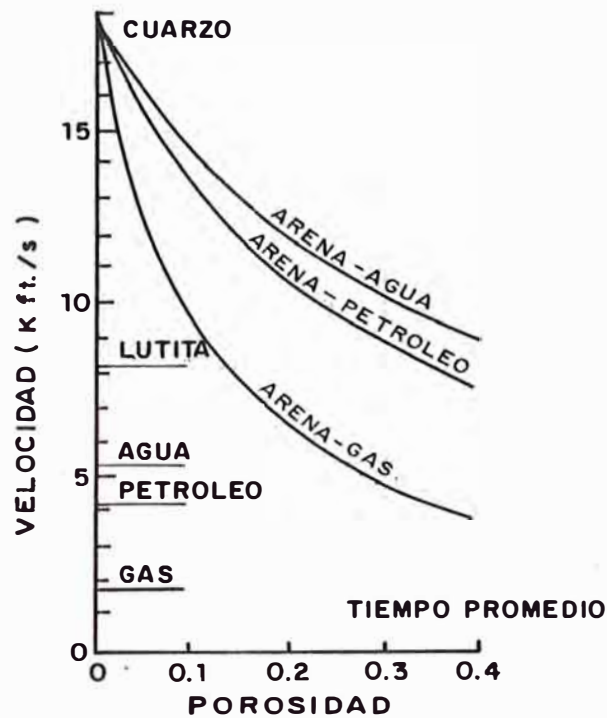


FIG. A-9 GRAFICO VELOCIDAD VS. POROSIDAD DEPENDIENDO DEL TIPO DE MATERIAL Y SU CONTENIDO DE FLUIDO (SEISMIC PROSPECTING FOR OIL, ROBERT SHERIFF ; 1978)

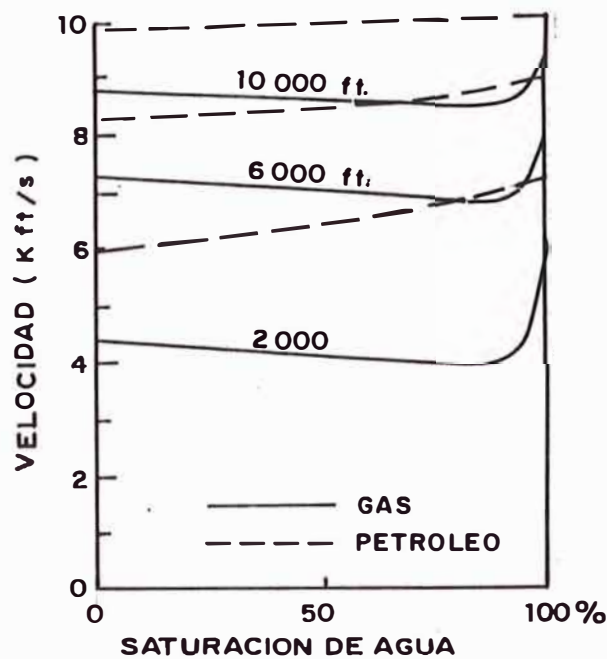


FIG. A-10 GRAFICO VELOCIDAD VS. SATURACION DE AGUA DEPENDIENDO DE LA PROFUNDIDAD ENCONTRADA (SEISMIC PROSPECTING FOR OIL, ROBERT SHERIFF ; 1978)

LEVANTAMIENTOS (UPLIFT)

En un arreglo de partículas la superficie que entra en contacto de partícula a partícula es solo un punto. El efecto de una sobrecarga provocará que la superficie en contacto no sea un punto sino una superficie circular mayor, si por efectos externos (levantamiento) la sobrecarga cesa, es muy posible que las partículas mantengan la forma original que tenían por efecto de la sobrecarga en consecuencia un estudio de velocidades mostrará esta característica aun cuando la causa haya desaparecido, este estudio fue puesto en práctica por Jankowsky en el norte de Alemania observando variaciones de velocidad con la profundidad de enterramiento (A.R. Gregory; 1977).

La Fig.A-11 muestra un gráfico $(1/V)$ vs Profundidad, la tendencia C corresponde a la tendencia general de los valores reales de velocidad inversa en función de la profundidad, en la tendencia B tenemos la misma roca con una tendencia similar a C pero desfazada, Jankowsky trató de explicar este fenómeno suponiendo que la tendencia B posee características de un enterramiento mayor de la que se encuentra actualmente y justificaba la posición actual por efecto de levantamiento determinándolo numéricamente como la distancia vertical entre una y otra tendencia.

La porosidad de las rocas es el efecto remanente de la máxima presión soportada, en una área continuamente subsidente sin un significativo levantamiento, la posición actual tendrá la máxima profundidad de enterramiento.

(Seismic Prospecting for Oil, Robert Sheriff; 1978)

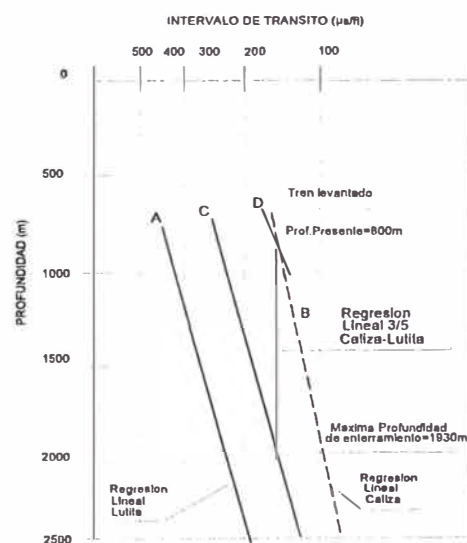


FIG. A-11

EDAD GEOLOGICA

Faust (1951) realizó un estudio estadístico de los efectos de la edad en las rocas sobre la velocidad llegando a la conclusión que la velocidad se incrementa en una potencia de 1/6 la edad en años proponiendo así la Ec.A-17.

K: 125.3

Z: Profundidad

T: Edad en años

V: Velocidad

$$V = K.[Z.T]^6 \quad \dots[Ec. A-17]$$

BIBLIOGRAFIA

Anonimo

Potencial Petrolífero de la cuenca Marañón, I Congreso Andino de Petróleo, Tm. I, 1977

Balch A. H. / Myung W. Lee (1984)

Vertical Seismic Profiling, Techniques, Applications and Case Histories, Boston 1984

Bellido Eleodoro (1969)

Sipnosis de la geología de Perú, Servicio De Geología y Minería, Perú 1969

Box Richard A.

Practical Depth Conversion with Spreadsheet

Breck H. R. / Schoellhorn S. W. / Baum R. B. (1958)

Subsurface Geology in Petroleum Exploration (1957) Chapter 21

Cabrera Arnulfo A. (1982)

Sismogramas Sintéticos en la Exploración sísmica por Petróleo, Cuenca Marañón, area Pavayacu, Dpto Loreto, Tesis Unsa 1982.

Chalabi M. A. (1994)

Seismic Velocities - a Critique, First Break Vol 12, No 12, 1994

Cuadra J. F. (1970)

Variación de velocidades sísmicas - Optimización de métodos analíticos
Primer Congreso Latino-Americano de Geología, Tm V, Geofísica y Geoquímica, 1970

Dashwood M. F. & Abbotts I. L.

Aspects of the Petroleum Geology of the Oriente Basin, Ecuador (1990)
Publications of the Geological Society

Del Solar Carlos (1979)

Exploración por Hidrocarburos en el Perú - Zona Selva - Lotes 1A-1B
BSGP, Tm 63, 1979

Dobrin Milton B. (1969)

Introducción a la prospección geofísica, Barcelona 1969.

Duncan, Peter (1994)

Development Geology Reference Manual, Geophysical Methods, Part 7, AAPG (1994)

Fuentes Ruderico (1972)

Estratigrafía del area Huallaga - Biabo - Santiago,
Dirección General de Hidrocarburos, Peru 1972

- Geotran Inc. (1982)**
Seismic Signal Processing (1982)
- Grandez Erika (1993)**
Relación del Contacto Cretáceo - Terciario en el Lote 1AB - Cuenca Marañón,
Tesis UNMSM 1993
- Gregory R. A (1977)**
Aspects of Rock Physics From Laboratory and Log Data That are Important
to Seismic Interpretation, Seismic stratigraphy - Application to Hydrocarbon exploration
AAPG Memoir 26, Tulsa 1977
- Griffiths D. H. & King R. F. (1972)**
Geofísica Aplicada para Ingenieros y Geólogos, Madrid 1972
- Guevara Hector A. (1975)**
Compendio Geológico y contribución teórica al estudio de variaciones de velocidades
sísmicas en el Oriente Peruano, Cuenca Marañón, Tesis UNMSM
- Halliburton Login Services (1991)**
Open Hole Log Analysis, Sonic Logs and Rock Mechanics, Chapter 16 (1991)
- Hewitt Dix C., (1981)**
Seismic Prospecting for Oil, Boston (1981)
- Hollister C. John / Hasbrouk W. P. (1958)**
Subsurface Geology in Petroleum Exploration, Chapter 26 (1957)
- Krumbein W. C. Y Sloss, L. L. (1969)**
Estratigrafía y sedimentación, Mexico 1969
- Kummel Bernhar (1948)**
Geological reconnaissance of the Contamana region, Peru, Bulletin of the Geological
Society of America, 1948
- Lindseth R. O. (1979)**
Synthetic Sonic Logs - A process for Stratigraphic Interpretation
Geophysics, Vol 44 No 1, Jan 1979.
- Manmdouh R. Gadallah (1994)**
Reservoir Seismology, Tulsa Oklahoma, 1994
- Maroco René, (1993)**
Sedimentación Neógena en el Nor-Oriente Peruana, Implicancias Geodinámicas
Misión Orston, Ecuador, INGEPET 1993

Maroco R. / Lavenu A. / Baudino R. (1994)

The intermontane late Paleogene/Neogene Basins of the Andes of Ecuador and Peru
Sedimentologic and Tectonic implications, 1995 (En Prensa)

Megard Francois (1979)

Estudio Geologico de los Andes del Peru Central, Serie D, Boletin 8, INGEMMET 1979

Pardo A., Zuñiga F. (1973)

Estratigrafía y evolución tectónica de la región de la Selva del Perú
II Congreso Latino-Americano de Geología, Venezuela Caracas, 1973

Recavarren V. (1993)

Estudio micropaleontológico de la Fm. Pozo, en el Lote 1AB - Cuenca Marañón
Tesis UNMSM 1993

Rivera Rosalvina (1956)

Lexique Stratigraphique International, Volumen V, Congrès Géologique International
Commission de Stratigraphie, 1956, Lima - Peru

Sanz Parra, (1974)

Geología Preliminar del Area Tigre - Corrientes en el Nor - Oriente Peruano
Bol. Soc. Geol. del Peru, T. XLIV - Junio 1974, p 106 - 127

Schlumberger (1981)

Borehole Seismic Seminar (1981)

Schlumberger (1989)

Logs Interpretations, Principles & Applications (1989)

Seminario F. & Guizado J. (1973)

Sítesis Bioestratigráfico de la región de la Selva del Perú.
II Congreso Latino-Americano de Geología, Caracas 1973

Sheriff Robert E. (1977)

Fundamentals of Stratigraphic Interpretation of Seismic Data, Seismic Stratigraphy -
Applications to Hydrocarbon exploration, AAPG, Memoir 26, Tulsa 1977

Sheriff Robert E. (1978)

A first Course in Geophysical exploration and Interpretation, Houston 1978

Sitter, L. U. de (1976)

Geología estructural, Madrid 1981

Staff Deminex

Aspectos Generales de la Geología y Geofísica de la Cuenca Marañón

Staff PetroPeru

Peruvian Petroleum, a renewed exploration opportunity, 1991

Whiten D. G. A. with Brooks J. R. V. (1972)

Dictionary of Geology, Penguin Books, USA 1972

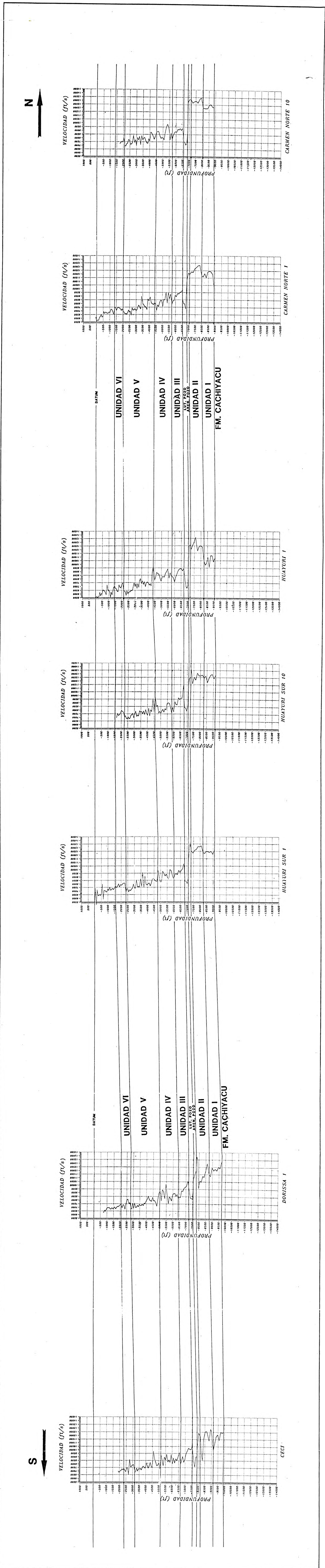
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METEOROLÓGICA
 ESCUELA DE INGENIERIA GEOLÓGICA

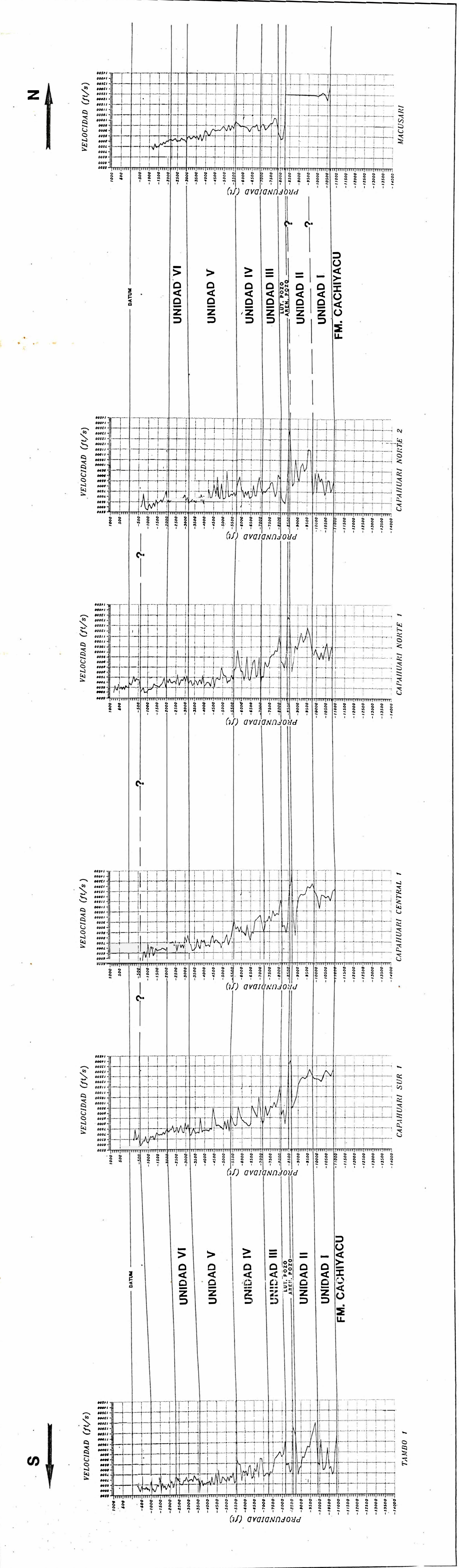
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU
 DEPARTAMENTO DE EXPLORACION

ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCIARIAS
 A PARTIR DE REGISTROS SONCOS EN EL LOTE 148
 CIENCIA MARAFÓN - NOR ORIENTE PERUANO
 TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLÓGICO
 JUAN FRANCISCO CHIRINO CHIRI
 AÑO 1986

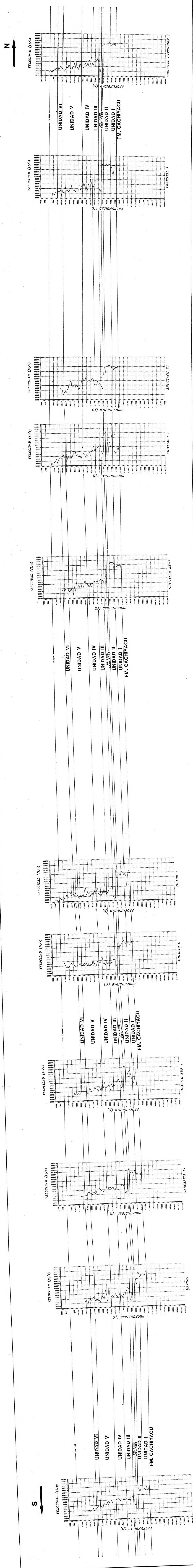
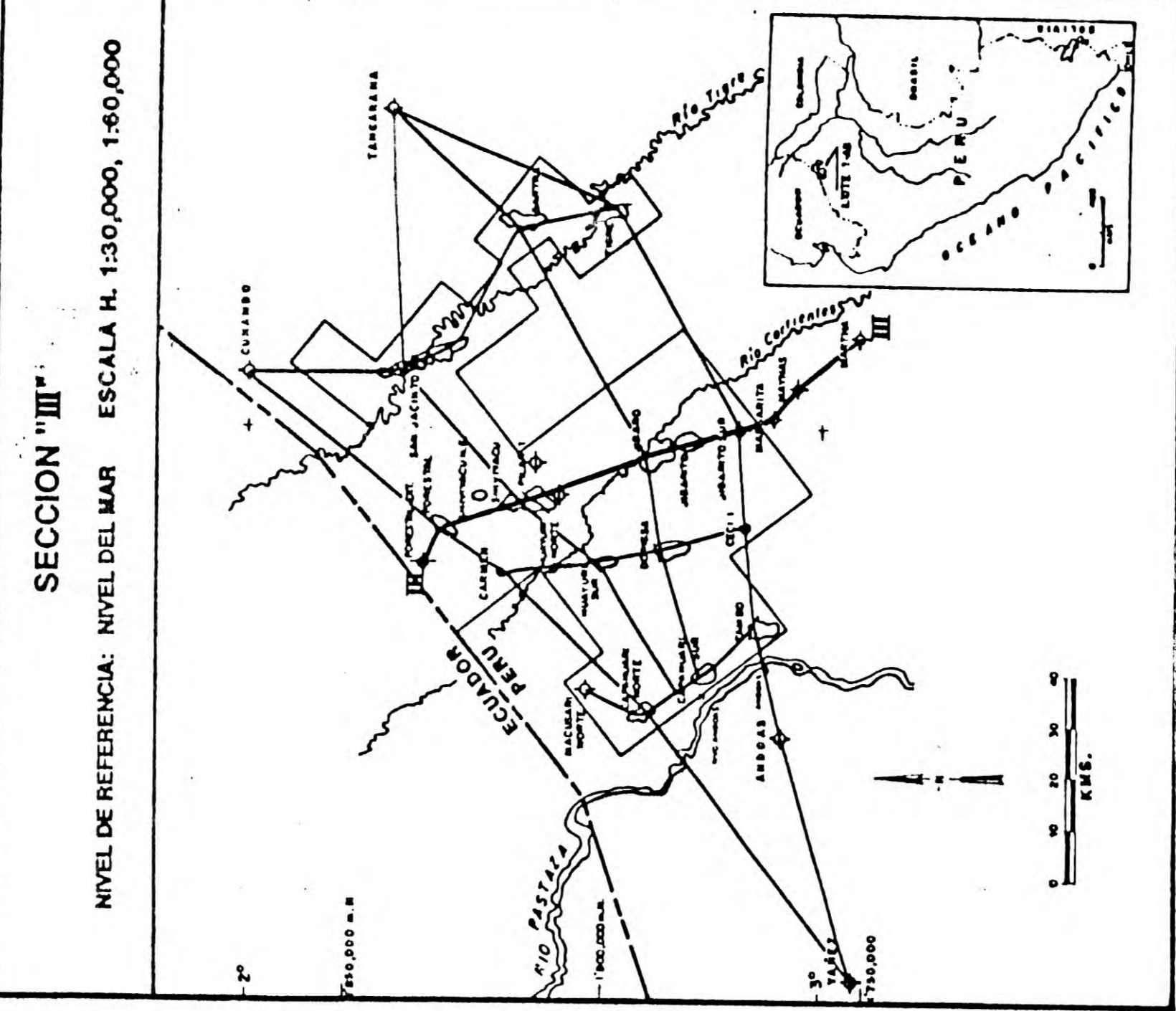
SECCION "II"
 NIVEL DE REFERENCIA: NIVEL DEL MAR ESCALA N. 1:50,000, 1:50,000

95 MB 11, 6A
11.55





ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TENDIARIAS
 A PARTIR DE REGISTROS SONIDOS EN EL LOTE A-B
 CUENCA MARAÑON, NOR ORIENTE PERUANO
 TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOTECNICO
 JONATHAN ALBERTO GONZALEZ
 ENERO 1998

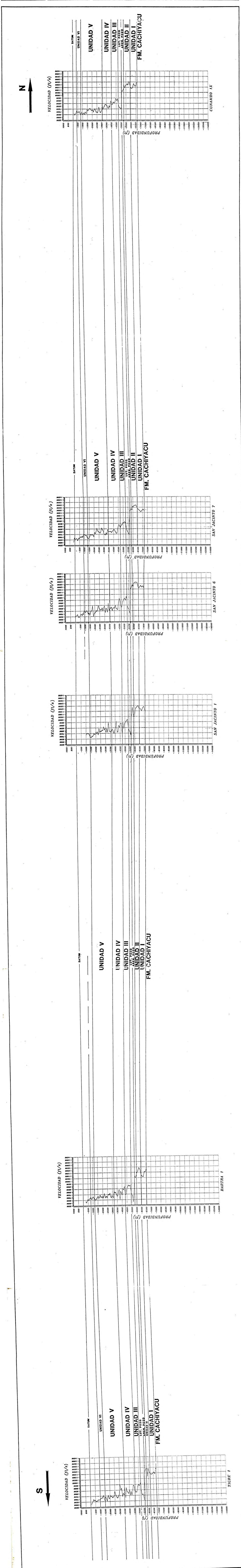


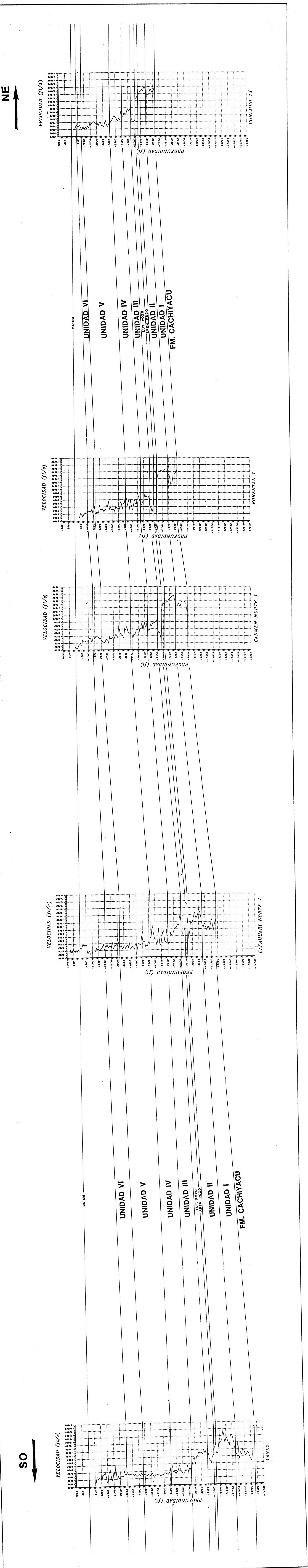
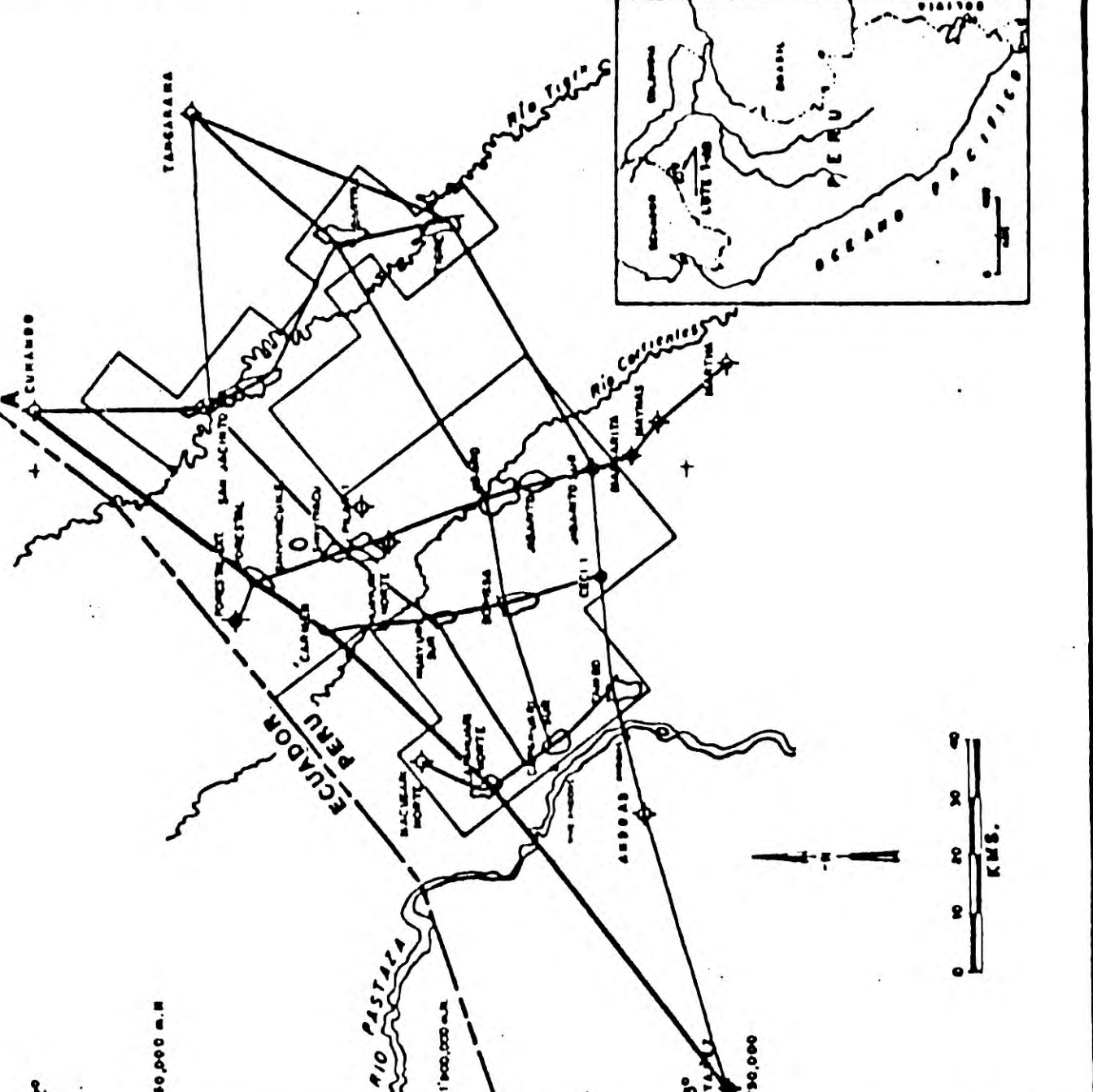
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, METALURGICA Y MINERIA
INSTITUTO DE INGENIERIA GEOTECNICA

OCCIDENTAL PERU S.A. CORP. OF PERU
INSTRUMENTACION

ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERICAMAS
A PARTIR DE REGISTROS SONICOS EN EL LOTE LAB
CIENCIA MADRONI - NOR ORIENTE PERUANO
TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOTECNICO
JUAN FRANCISCO ORTIZ CHIRI
AÑO 1986

SECCION "IV"
MUEL DE REFERENCIAL MUEL DE SAN ESCALA N. 150,000, 140,000



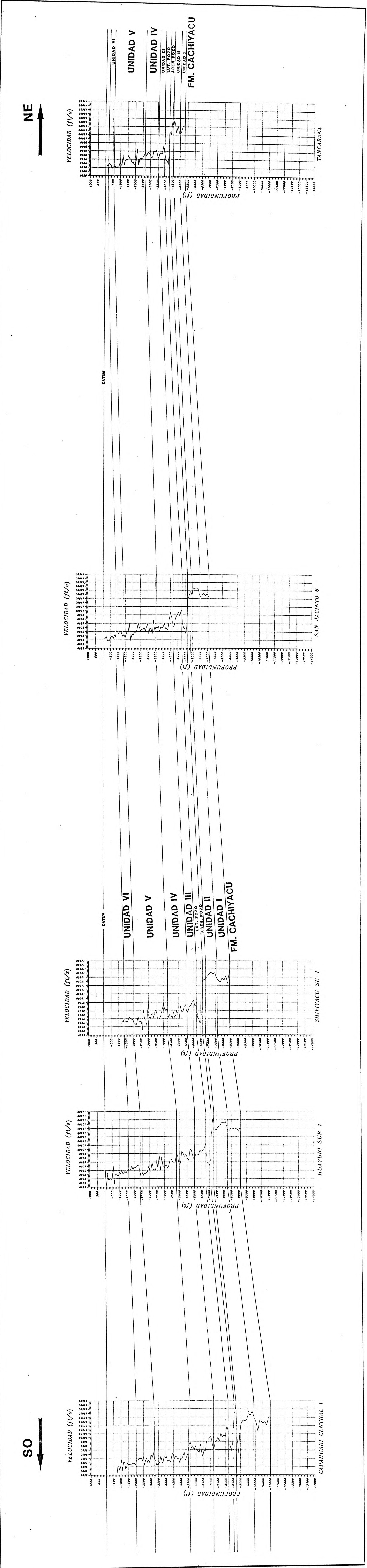


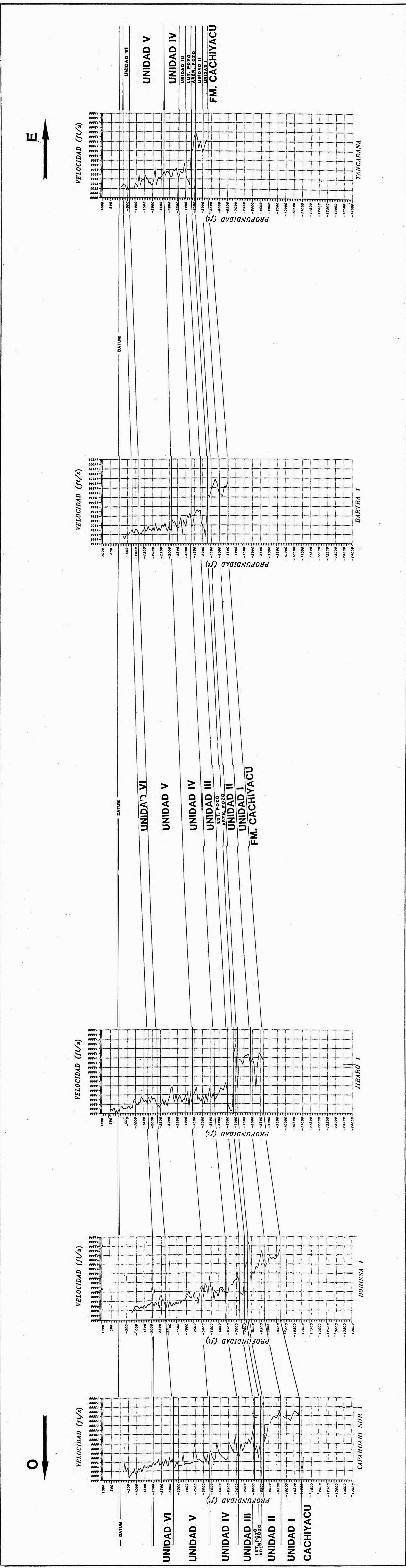
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA

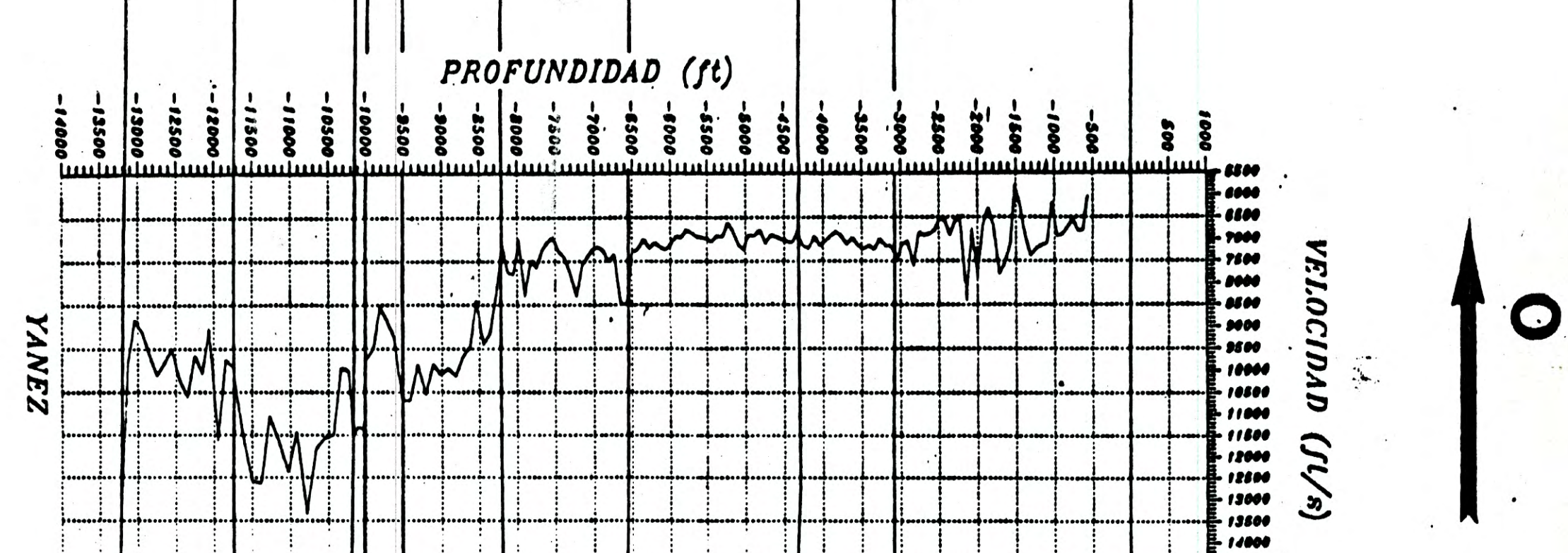
OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU
PERU
INSTRUMENTOS DE EXPLORACION

ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TERCARIAS
A PARTIR DE REGISTROS SONICOS EN EL LOTE TAB
CIENCIA MARION - NOR ORIENTE PERUANO
TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO
JUAN FRANCISCO CHANG CHING
AÑO 1995

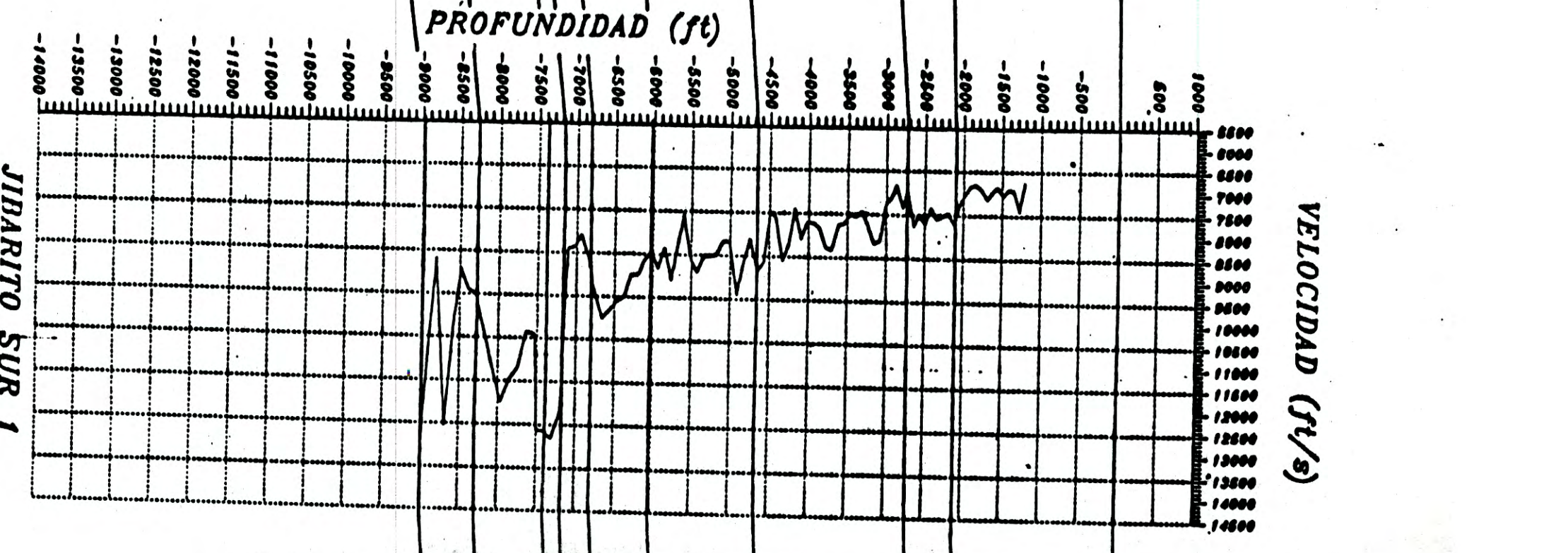
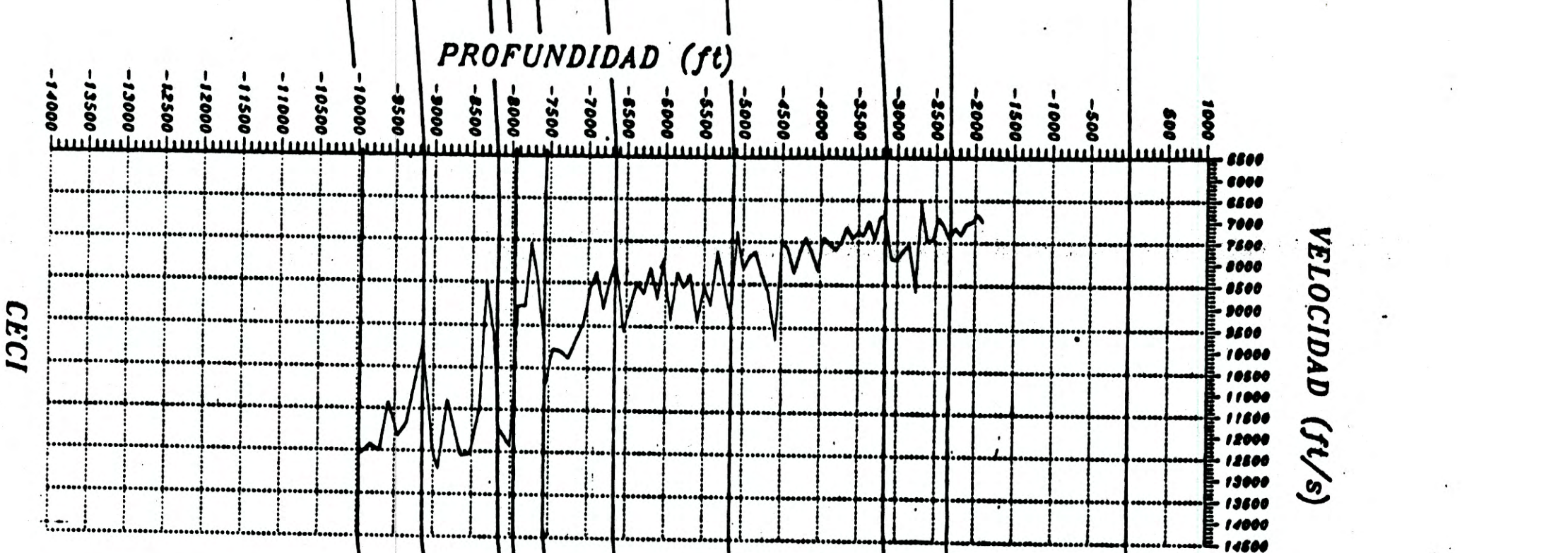
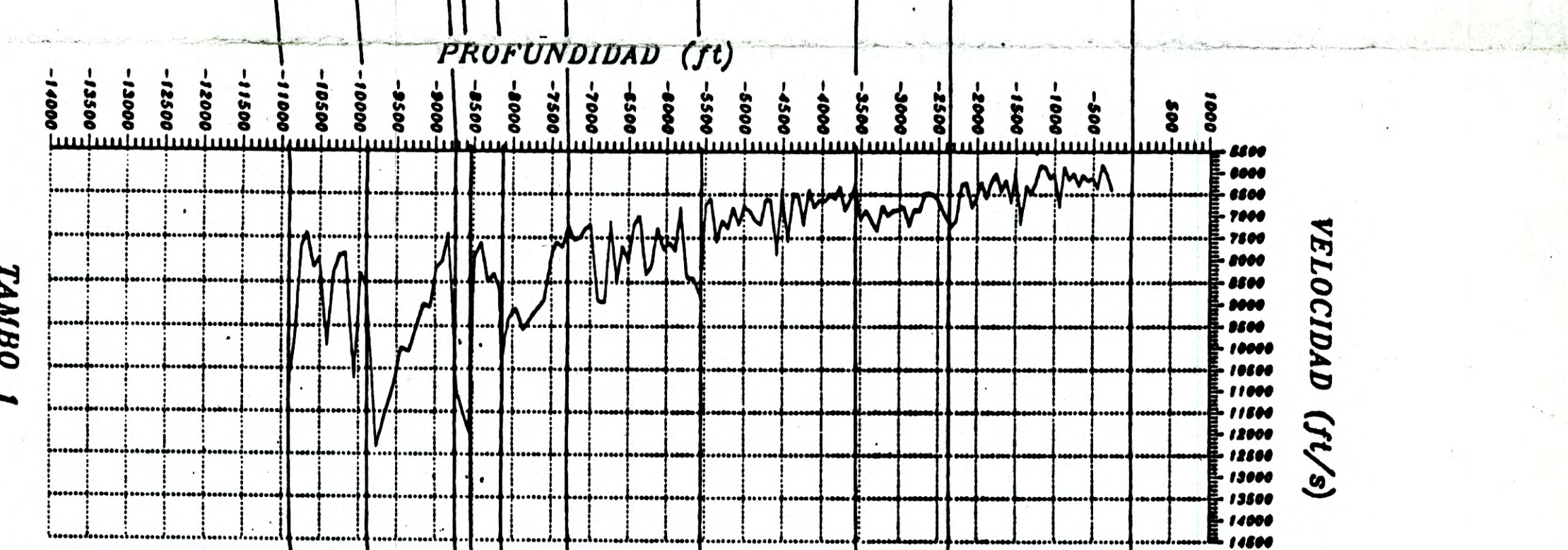
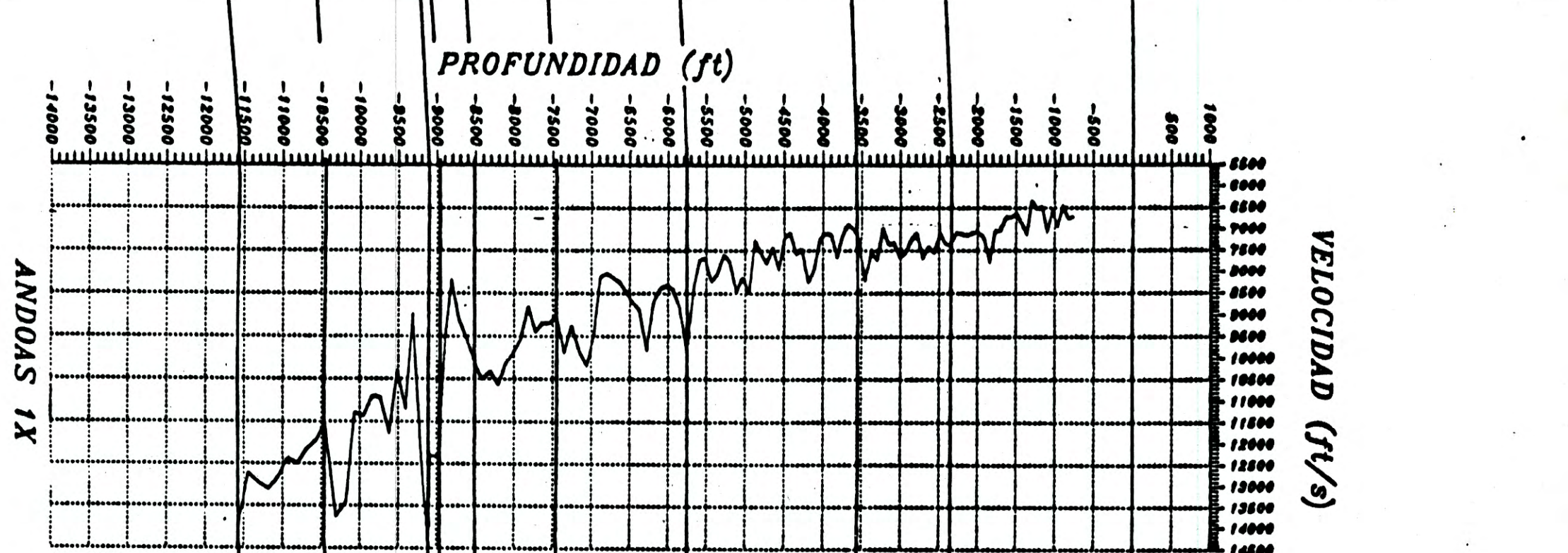
SECCION "B"
NIVEL DE REFERENCIA: NIVEL DEL MAR ESCALA H. 1:150,000



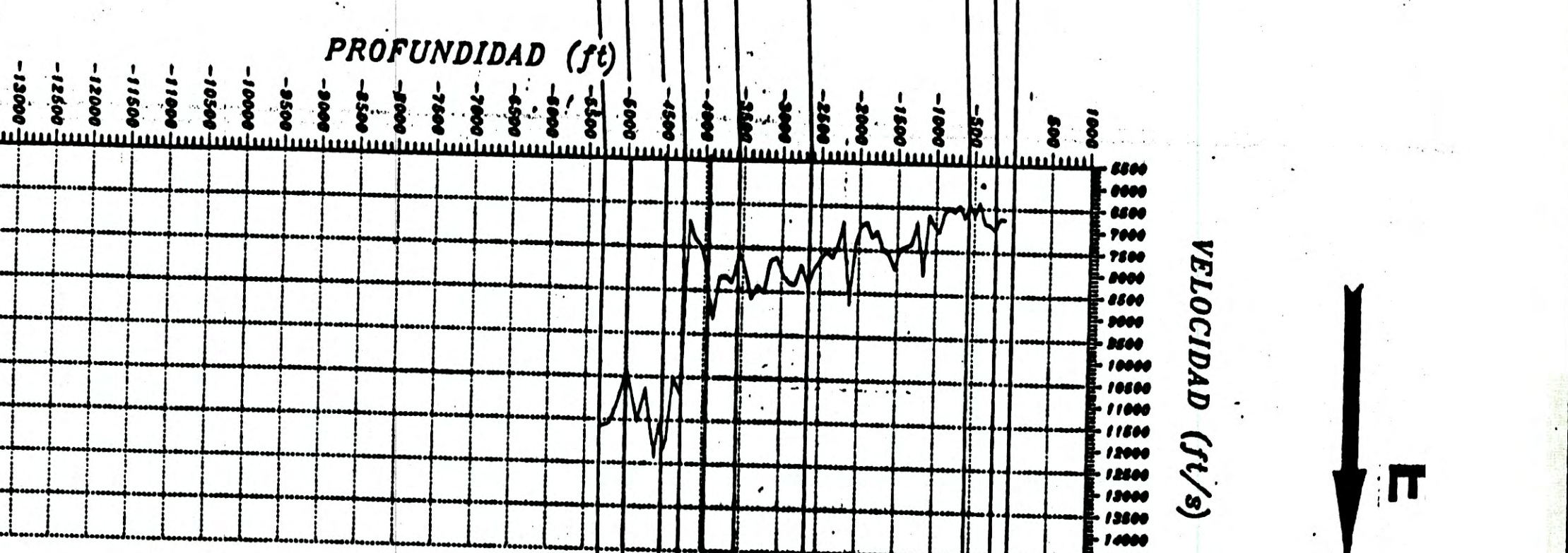
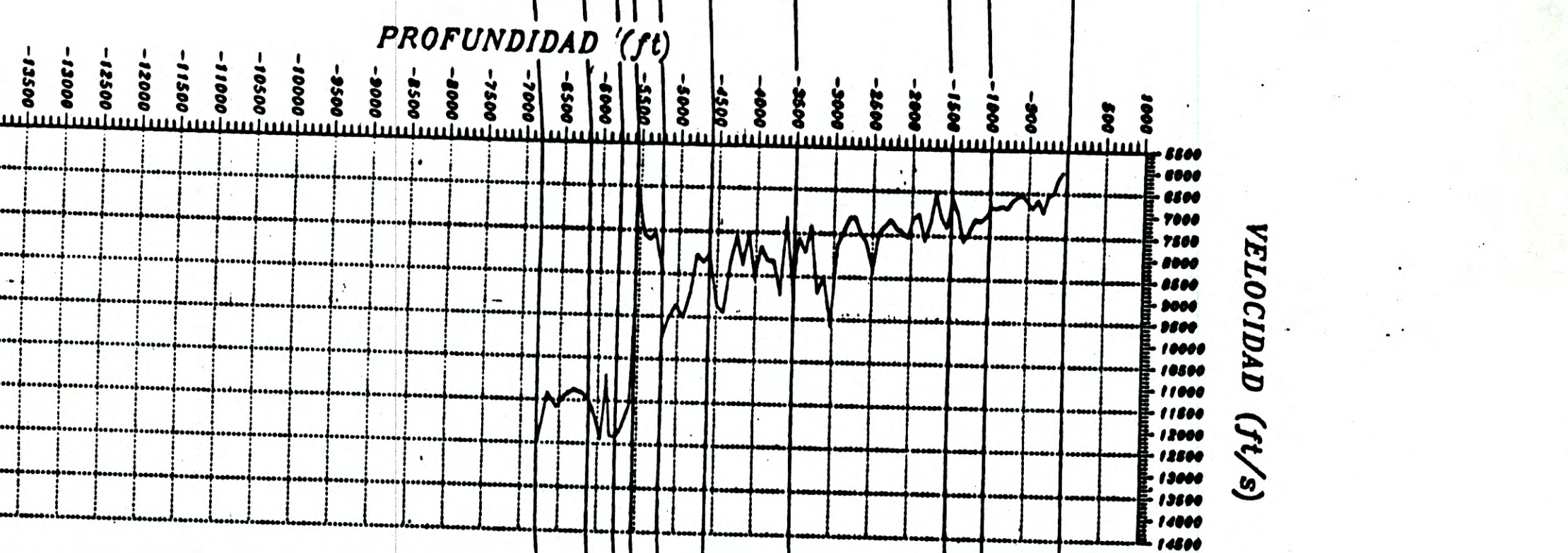




UNIDAD VI
UNIDAD V
UNIDAD IV
UNIDAD III
UNIDAD II
UNIDAD I
FM. CACHUYACU



UNIDAD VI
UNIDAD V
UNIDAD IV
UNIDAD III
UNIDAD II
UNIDAD I
FM. CACHUYACU



UNIDAD VI
UNIDAD V
UNIDAD IV
UNIDAD III
UNIDAD II
UNIDAD I
FM. CACHUYACU

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLIO

OCCIDENTAL PETROLEUM CORP. OF PERU
DEPARTAMENTO DE EXPLORACION

ESTUDIO DE VELOCIDADES EN LAS UNIDADES TROPICANAS
A PARTIR DE REGISTROS SONIDOS EN LOS CAS
CUBICA MADISON - NOR ORENTE PERUANO
TIPO PRESIONADA PARA OVAL A TRAZO RECTANGULAR DE ANCHURA REDONDA
ANCHO 100 CM

SECCION "D"
MANTO DE REFERENCIA: MANTO DEL MAR
ESCALA: 1:1150000

50 MAR 14 44
1:30