

21 ENE. 1986

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS**  
**Y PETROLEOS**



**CENTRO DE INVESTIGACION**  
**CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA**

**“COMPORTAMIENTO CUALITATIVO DE LOS**  
**REGISTROS ELECTRICOS EN CAMPO**  
**ORIENTE”**

**TESIS DE GRADO**  
**PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:**  
**INGENIERO DE PETROLEO**

**PRESENTADA POR:**  
**ARTURO ANDRADE BASURTO**

**1985**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. RICARDO GALLEGOS O.,  
Profesor de la Facultad  
de Ingeniería de Petróleo  
por su gran ayuda en la  
adquisición de información  
en el Ministerio de Hidrocarburos.

Al Ing. HEINZ TERAN M.,  
Director de Tesis, por su  
ayuda y colaboración para  
la realización de este trabajo.

A los Ingenieros que laboran  
en el Dpto. de Evaluación  
de Formación del Ministerio  
de Hidrocarburo que colaboraron  
en la elaboración de esta Tesis.

ARTURO ANDRADE BASURTO

DEDICATORIA

*A mi Madre y en memoria de mi Padre,  
que con abnegación supo enrumbarme  
hasta la culminación de mis estudios.*

Ing. ENRIQUE LUNA ALCIVAR  
Subdecano Facultad de  
IGMP

Ing. HEINZ TERAN MITE  
Director de Tesis

Ing. CARLOS ARNAO  
Miembro Principal

Ing. KLEBER MALAVE  
Miembro Principal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

ARTURO ANDRADE BASURTO

## RESUMEN

Este trabajo originado en la Facultad de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos de la ESPOL con el apoyo del Centro de Investigación Científica de la Institución, se llevó a cabo debido a los importantes objetivos que reviste la interpretación de los perfiles de pozos en la exploración y explotación de los yacimientos hidrocarburíferos.

El primer capítulo trata sobre una breve descripción de la Geología en forma muy generalizada de las formaciones presentes en todo el Oriente Ecuatoriano con el objeto de tener una idea clara sobre la geología de la región, para luego centralizarla en el área de estudio al campo y del Oriente Ecuatoriano.

Utilizando los registros corridos en dichos pozos se realizaron cinco correlaciones estratigráficas con el objeto de generar la respectiva columna estratigráfica del Campo Y, comprendidas las formaciones del cretácico que son las que revisten mayor importancia de estudio en el Oriente Ecuatoriano.

En el segundo capítulo se analiza cada una de las herramientas eléctricas de investigación profunda, mediano y corto alcance, con el objeto de conocer el principio de funcionamiento de cada una de ellas, para luego utilizando los registros de pozos de otros campos delinear su comportamiento en base a las características geométricas de los registros. Además se analiza cada una de las herramientas que actualmente ofrece la Industria con sus

nuevos adelantos tecnológicos por cada una de las compañías que actualmente se encuentran laborando en el país en el área de registros eléctricos, con el conocimiento de su aplicación con miras de tener un mayor control y confiabilidad de los resultados.

El tercer capítulo se realiza una interpretación cualitativa de los registros eléctricos tomados en el campo problema determinando las características geométricas y por ende el ambiente de depositación de dichas arenas y los factores que influyen en cada uno de los perfiles tomados.

En el cuarto capítulo conociendo el comportamiento de las curvas frente a las formaciones ya conocidas y los fluidos presentes en la toma delinear un programa selectivo de combinación más apropiadas para pozos de desarrollo y exploratorio que sea importante en la evaluación y terminación del pozo.

En el quinto capítulo se hace un análisis de costo de todos los registros corridos en cada pozo para evaluar en qué porcentaje incide en el costo total del pozo.

## INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
RESUMEN .....	VI
INDICE GENERAL .....	VIII
INDICE DE ABREVIATURAS .....	X
INDICE DE FIGURAS .....	XII
INDICE DE TABLAS .....	XIV
INDICE DE GRAFICOS .....	XV
INTRODUCCION .....	16
I. BREVE DESCRIPCION DE LA GEOLOGIA DE LA REGION DEL CAMPO PROBLEMA .....	17
1.1 Era Peleozica .....	17
1.2 Era Masozoica .....	20
1.3 Características geológicas de la Arenisca "U" .....	29
1.4 Características geológicas de la Arenisca "T" .....	34
II. REGISTROS ELECTRICOS COMUNES .....	45
2.1 Registros de profundidad, Registros de me diano alcance, Registros de Pared .....	48
2.2 Características más comunes de los regis tros eléctricos que se toman en el Orien te .....	105
2.3 Características comunes de los registros eléctricos que ofrece la industria actual mente.....	117
III. TIPOS DE REGISTROS Y CARACTERISTICAS GEOMETRI CAS EN LAS DIFERENTES FORMACIONES EN CAMPO PROBLEMA .....	127
IV. COMBINACIONES MAS APROPIADAS PARA LA SELECCION DE UN PROGRAMA DE REGISTROS ELECTRICOS .....	141
V. ANALISIS DE COSTROS DE LOS PROGRAMAS DE LOS RE GISTROS ELECTRICOS .....	147

	<u>Página</u>
CONCLUSIONES .....	154
RECOMENDACIONES .....	156
APENDICES .....	158
ANEXO: GRAFICOS .....	
BIBLIOGRAFIA .....	175

\*\*\*\*

## INDICE DE ABREVIATURAS

<u>Símbolos</u>	<u>Descripción</u>
C	Conductividad
Cl	Ion Cloro
D <sub>i</sub>	Diámetro de Invasión
d	Diámetro del pozo
E <sub>c</sub>	Potencial Electroquímico
E <sub>d</sub>	Potencial de Contacto
E <sub>k</sub>	Potencial Electrocinético
E <sub>sh</sub>	Potencial de Lutitas
h	Espesor de capa
K	Coefficiente del SP
Na	Ion Sodio
R	Resistividad
R <sub>i</sub>	Resistividad de la Zona Invasida
R <sub>m</sub>	Resistividad del Lodo
R <sub>mc</sub>	Resistividad de Costra de Lodo
R <sub>m<sub>f</sub></sub>	Resistividad del filtrado de lodo
R <sub>OS</sub>	Saturación de Aceite residual
R <sub>o</sub>	Resistividad de formación saturada 100% de agua.
R <sub>s</sub>	Resistividad de la capa adyacente
R <sub>t</sub>	Resistividad verdadera
R <sub>w</sub>	Resistividad del agua de formación

<i>Rxo</i>	<i>Resistividad de la zona lavada</i>
<i>SP</i>	<i>Potencial Espontáneo</i>
<i>SSP</i>	<i>Potencial Espontáneo Estático</i>
<i>tmc</i>	<i>Espesor de Costra de Lodo</i>

## INDICE DE FIGURAS

No.	DESCRIPCION	PAGINA
1	Columna estratigráfica (Oriente-Ecuador)	18
2	Localización del Campo Y	27
3	Columna estratigráfica de la Formación Napo del Campo Y (Oriente)	39
4	Representación esquemática de la distribución de potenciales y corriente dentro y alrededor de las capas permeables.	50
5	Circuito esquemático de un Registrador de SP	55
6	Circuito esquemático de la Sonda de Inducción	60
7	Circuito esquemático de la Sonda de Doble Inducción y enfocada.	66
8	Sonda de Lateroperfil-3	71
9	Representación esquemática de las líneas de Flujo de Corriente del Latero Perfil 7.	79
10	Disposición de los electrodos de la sonda del Microperfil.	86
11	Interpretación cualitativa del registro Microperfil.	89
12	Dispositivo Microlateroperfil	94
13	Dispositivo de Proximidad	98
14	Dispositivo de Microesférico enfocado	103
15	Registro del SP de la Arenisca "U" Principal de la Formación Napo de los Pozos ATACAPI, AGUARICO Y PARAHUACO.	109
16	Registros de Inducción de la Arenisca "U" principal de la Formación Napo de los Pozos, ATACAPI, AGUARICO y PARAHUACO.	110
17	Registros del Microlog de la Arenisca "U" Principal de la Formación Napo de los Pozos ATACAPI, AGUARICO y PARAHUACO.	111

No.	DESCRIPCIÓN	Página
18	Registros del SP de la Arenisca "T" principal de la Formación Napo de los Pozos ATACAPI. AGUARICO y PARAHUACO.	113
19	Registros de Inducción de la Arenisca "T" principal de la Formación Napo de los Pozos ATACAPI. AGUARICO u PARAHUACO.	114
20	Registros de Microlog de la Arenisca "T" principal de la Formación Napo de los Pozos ATACAPI, AGUARICO y PARAHUACO.	115
21	Registros SP de la Arenisca "U" principal de la Formación Napo del campo Y.	131
22	Registros de Inducción de la Arenisca "U" principal de la Formación Napo del Campo Y.	132
23	Registros del Microlog de la Arenisca "U" principal de la Formación Napo del Campo Y.	133
24	Registros SP de la Arenisca "T" principal de la Formación Napo del Campo Y.	138
25	Registros de Inducción de la Arenisca "T" principal de la Formación Napo del Campo Y.	139
26	Registros del Microlog de la Arenisca "T" principal de la Formación Napo del Campo Y.	140

## INDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCION	Página
1	Intervalos probados de la Arenisca "U" y "T" principal del Campo Y.	41
2	Tabla de Salinidades tanto calculadas como probadas del agua de la Formación Napo, Arenas "U" y "T".	42
3	Niveles litológicos obtenidos de las correlaciones estratigráficas.	43
4	Datos básicos y características petrofísicas de la Arenisca "U" y "T" principal del Campo Y.	44
5	Cargos básicos de operaciones de registros tomados en el Campo Y.	151

## INDICE DE GRAFICOS

Nº	DESCRIPCION
1	Correlación estratigráfica entre los Pozos Y-9, Y-1 y Y-4 de la arenisca "U" y "T" principal de la Formación Napo.
2	Correlación estratigráfica entre los Pozos Y-6, Y-1 y Y-12 de la arenisca "U" y "T" principal de la Formación Napo.
3	Correlación estratigráfica entre los Pozos Y-5 , Y-12 y Y-2 de la arenisca "U" y "T" principal de la Formación Napo.
4	Correlación estratigráfica entre los Pozos Y-6, Y-10 y Y-3 de la arenisca "U" y "T" principal de la Formación Napo.
5	Correlación estratigráfica entre los Pozos Y-10, Y-4 y Y-2 de la arenisca "U" y "T" principal de la Formación Napo.

## INTRODUCCION

El objetivo principal es la determinación de las características más sobresalientes de los registros eléctricos que se corren en una región determinada y establecer un programa de registros que, permitiendo una correcta evaluación de formación y completación de pozos, sea también económico.

Los perfiles eléctricos tienen una importancia diferente en lo que respecta a la evaluación de las formaciones que se tienen en un pozo exploratorio y de las que se tienen en un pozo de desarrollo, de tal manera que lo que perseguimos es conocer el comportamiento de los registros eléctricos en formaciones conocidas para, de acuerdo a su manifestación, recomendar los que deben ser corrido y esperar que los mismos manifiesten las características más sobresalientes de las formaciones para una mejor evaluación.

Existen innumerables tipos de perfiles eléctricos que pueden ser tomados, para que de alguna manera se pueda fijar una combinación mínima requerida, que sea útil en el estudio y toma de decisión en un pozo a completarse y al mismo tiempo que resulte lo menos costoso posible.

## CAPITULO I

### BREVE DESCRIPCION DE LA GEOLOGIA DEL CAMPO PROBLEMA

#### 1.1 ERA PALEOZOICA

Los únicos sedimentos paleozoicos seguros del Ecuador corresponden a la Formación Pumbuiza y la Formación Macuma que han sido definidas en el Norte de la Sierra del Cutucú (Sur-Oriente). La descripción geológica se la ha realizado en base de la Fig. 1.

##### 1.1.1 Formación Pumbuiza

Se encuentra aflorando a lo largo del Río Pumbuiza, afluente del Río Morona, al Norte de la Sierra del Cutucú, en el Oriente Ecuatoriano.

La litología se encuentra formada por lutitas arcillosas en capas finas de color gris a oscuro negro, que localmente pasan a areniscas de grano fino a medio de color gris claro a verdoso, y en partes a calizas. Todos estos estratos están muy plegados y fallados, siendo muy difícil establecer su espesor, que aproximadamente es de 2.000'.

Estratigráficamente se encuentra localizada debajo de la Formación Macuma, pero sus contactos no han sido establecido; aun

COLUMNA ESTRATIGRAFICA. ORIENTE - ECUADOR. GENERALIZADA (SIN ESCALA)							
ERA	EDAD	FORMACION	MEDIO AMBIENTE	ESFES	REGISTRO GRAFICO.	LITOLOGIA	OBSERVACIONES
MESOZOICA	CRETACICO MEDIO A SUPERIOR	BASAL TENA	MARINO SOMERO.			Arcillolita ARENA.	Delgada Arena Basal. Conteniendo Gas y Oil.
		NAPO	MARINO Transgresivo con facies Regresivas en parte.	500' ± 2000'		LUTITA CALIZA Y ARENISCA	ARENAS M-1, M-2 Areniscas G-2, U Arenisca T CONTENIENDO PETROLEO.
	CRETACICO INFERIOR	HOLLIN	MARINO Transgresivo	200' ± 600'		ARENISCA.	PRINCIPAL RESERVORIO
	JURASICO MEDIO A SUPERIOR.	CHAPIZA	Continental	2100' ± 500'		Material Volcanico. Arenisca y Arcillolitas Veta gruesa de yeso.	Manifestación de petróleo no conocidas.
	JURASICO INFERIOR	SANTIAGO	MARINO	3500'		Principalmente Caliza Marina Lutitas y Arenisca.	Indicaciones de petróleo en los afloramientos del sur - oriente.
PALEOZOICA	PERMIANO A PENNSILVANIENSE.	MACUMA	MARINO	± 2600'		Caliza fina, gruesa gris oscuro-blanca. Dolomita Lutita y Arenisca marina. Caliza silíceas	POSIBLE ROCA MADRE.
	Mississippiense Devoniano y Siluriano.Sup.	PUMBUIZA	MARINO	± 2000'		LUTITA CON ARENISCA EN PARTE CALIZA.	No existen significativas manifestaciones de petróleo.
		BASAMENTO					

Fig. 1

que las observaciones fotogeológicas hacen suponer que se trata de una discordancia que se encuentra a partir de los 14.500'.

El ambiente de depositación de la Formación Pumbuiza es marino, aunque carezca de fósiles se han encontrado bloques aislados con ejemplares de *Lingula*, atribuidos a la Formación (1).

### 1.1.2 Formación Macuma

El único afloramiento de esta unidad se encuentra ubicado en el Cerro Macuma, en la Región Sur-Oriental, donde se puede distinguir dos miembros: Inferios y Superior.

#### Macuma Inferior

Está constituido por calizas silíceas con colores que varían de gris a azul oscuro, intercaladas con horizontes de areniscas cuarcíticas de color gris claro o verdoso de grano fino, y dolomitas de color gris claro, masivas con porosidad secundaria por disolución de carbonatos.

Esta caliza inferior se caracteriza por ser fosilífera, su espesor aproximado es de 600'.

#### Macuma Superior

Está constituido de calizas finas y gruesas macizas, variando en color de gris oscuro a blanco, con la particularidad de

que las más oscuras son más silíceas y más finas, y se convierten en margosas duras no calcáreas hacia el tope; en las calizas blancas predominan los fósiles y son las más gruesas.

Las calizas de esta formación se diferencian de la Napo por la coloración más rojiza de esta última.

Se ha calculado un espesor promedio de 2.000' para este miembro. El ambiente de depositación de la Formación Macuma es marino.

## 1.2 ERA MESOZOICA

Los estudios realizados por los geólogos de la Shell Co. (1) dieron en conclusión que el mesozoico se encuentra formado por los sedimentos de las Formaciones: Santiago, Chapiza, Hollín, Napo y la Basal Tena.

### 1.2.1 Formación Santiago

Esta formación corresponde al Jurásico inferior, se encuentra localizada en la parte Occidental de la Cordillera del Cutucú y se extiende hasta el Sur por la Cordillera del Condor. En la parte Sur-Este del país en la Región Oriental está atravesada por los Ríos Mangosiza, Huanbiza, Santiago (curso superior) Zamora y Namangoza (curso inferior).

La litología se encuentra constituida por calizas silíceas de color gris a negro con partes iguales de areniscas calcáreas, caracterizadas ambas por intercalaciones de lutitas duras, de color gris claro hasta negro, depositadas preferentemente en capas delgadas y plegadas. Las calizas contienen sílice en forma de nódulos agrupados en planos concordantes con la estratificación.

La potencia media estimada es mayor de 3.500' , considerando que su ambiente de depositación es marino.

#### 1.2.2 Formación Chapiza

Esta formación corresponde al Jurásico medio-superior, la misma que aflora en el flanco oriental de la Cordillera del Cutucú, existiendo buenos cortes localizados en los lechos de los Ríos Chapiza y Yaupi.

La litología de esta formación se encuentra constituida por areniscas rojizas y de grano fino, alternantes con lutitas laminadas y horizontes de arcillas rojas a grises, con algunas capas de evaporitas (yeso); e intercalaciones de areniscas lenticulares de colores claros.

El ambiente de depositación de la Formación Chapiza es continental.

Como esta formación está bastante distorsionada, fallada y a veces presenta intrusiones, se han podido diferenciar tres miembros: Chapiza Inferior, Chapiza Medio y Chapiza Superior.

#### Chapiza Inferior

Está formado por areniscas y lutitas de color rojo característico que cambian localmente de pardo rojizo a rojo ladrillo.

Se encuentran interestratificadas con pequeños estratos de anhidritas, vetas gruesas de yeso, concreciones de dolomías y fuentes de agua salada.

#### Chapiza Medio

Está formado por la misma litología anterior, faltando la anhidrita y el yeso.

#### Chapiza Superior (Misahualli)

Está formado por areniscas feldespáticas, tobas volcánicas de color gris verdoso y violeta, areniscas lutíticas y conglomerados rojos que se encuentran afectados por diques y silts acompañados por extrusiones volcánicas. Se distinguen de los otros miembros por la presencia de mantos de lavas y masas piroclásticas, lo cual explica que durante la depositación de este miembro hubo actividad ígnea intensa tanto extrusiva como intrusiva.

El ambiente de depositación de la Formación Chapiza en general fue continental, con presencia de ondulitas (Ripple-Marks) y -estratificación cruzada en las areniscas, además de los productos de evaporación (anhidrita y yeso) que son el resultado de la regresión marina, debido al levantamiento epirogénico continental.

Su espesor varía de 2.100 a 7.500' .

### 1.2.3 Formación Hollín

Esta formación corresponde al Cretácico inferior, siendo los Geólogos Wasson y Sinclair, en 1927 (1), los primeros en denominar "Areniscas de Hollín" a una serie de areniscas blancas -diagenetizadas, con estratificaciones cruzadas y normales, las cuales provienen de un ambiente de sedimentación de dunas o -deltas fluviales en las cercanías del mar o en sus playas mismas. Esta unidad se encuentra aflorando en el Rio Hollín, al Este del Tena.

La litología está formada por areniscas de color blanco de -grano grueso bastantes permeables, observándose en ciertos lugares exudaciones de petróleo, tal es el caso de un barranco localizado a 8 Km. al Este del Archidona.

Estas areniscas se encuentran intercaladas con capas de luti-

tas arenáceas, micáceas y carbonáceas.

La alta permeabilidad de las areniscas que componen esta forma ción le han permitido constituirse en una de las formaciones petrolíferas más importantes del Oriente Ecuatoriano, presentando espesores que se estiman varían de 200 a 600' .

La Formación Hollín fue depositado en un ambiente Lacustre-Mari no.

#### 1.2.4 Formación Napo

Wasson y Sinclair (1) fueron los primeros en designar con este nombre a una serie de calizas que presentan los afloramientos tipos, en los barrancos del Alto Napo, en la Región Oriental . Su edad corresponde al cretácico Medio-Superior. El espesor - aproximado varía de 500' a 2.000' .

J. Tschopp diferencia en esta formación tres miembros basados en los estudios litológicos de campo y en el estudio de las - secciones de perforaciones.

#### Napo Inferior

Es una secuencia que empieza con areniscas y continúa con una alternancia de lutitas arenosas gris verdosas, gris oscuras o

negras y una cantidad menor de caliza. Las areniscas ocurren en tres niveles principales denominados Arenisca Inferior, Me día y superior; las lutitas se denominan estratos guías y per sisten en todo el Oriente Ecuatoriano.

Las areniscas de la Napo Inferior según la división litológica de la Shell Co. (1) se las denominó Areniscas T., apareciendo localmente una caliza basal C.

El espesor de la Napo Inferior es de 100' a 500'.

#### Napo Medio

Se presentan calizas macizas o en capas gruesas de color gris claro de espesor constante, caracterizadas por la presencia de fósiles. La unidad Napo Medio se subdivide en tres niveles, una caliza inferior (caliza "B") y una caliza superior (caliza "A") separadas por lutitas, areniscas y capas calcáreas, donde la arenisca principal es llamada Arenisca "U" y en ciertos campos aparece la arenisca G-2.

El espesor aproximado de la Napo Medio es de 200' a 600'.

#### Napo Superior

Se caracteriza por presentar lutitas duras gris verdosas, gris oscuros hasta negras, interestratificadas con pocas capas de

calizas gris oscuros parcialmente fosilíferas, encontrando en ciertos campos del Oriente Ecuatoriano en este miembro las denominadas Areniscas M1 y M2, con delgadas capas de caliza - igualmente denominadas M1 y M2, de color gris claro a oscuro. El espesor promedio de este miembro varía de 300' a 900' . La parte basal Tena se incluye algunas veces en la Napo Superior, constituyendo la cubierta normal de la Formación Napo en todo el Oriente Ecuatoriano, que corresponde a una arenisca de color gris verdoso.

Este miembro se depositó en un ambiente continental de agua dulce a marino somero de agua salobre.

#### Generalidades del Campo Y

El campo Y se encuentra situado en la Subregión Centro-Oriental, se descubrió por la perforación del Pozo Y-1 en el año de 1970, como se muestra en la Figura 2.

Su producción fue de 164 BPPD de la arena U, 520 BPPD de la arena T de la Formación Napo y 340 BPPD de la Formación Hollín. El campo fue desarrollado y explotado a través de la perforación de 9 pozos sobre su estructura que son: Y-1, Y-2, Y-3, Y-4, Y-5, Y-6, Y-9, Y-10, Y-12.

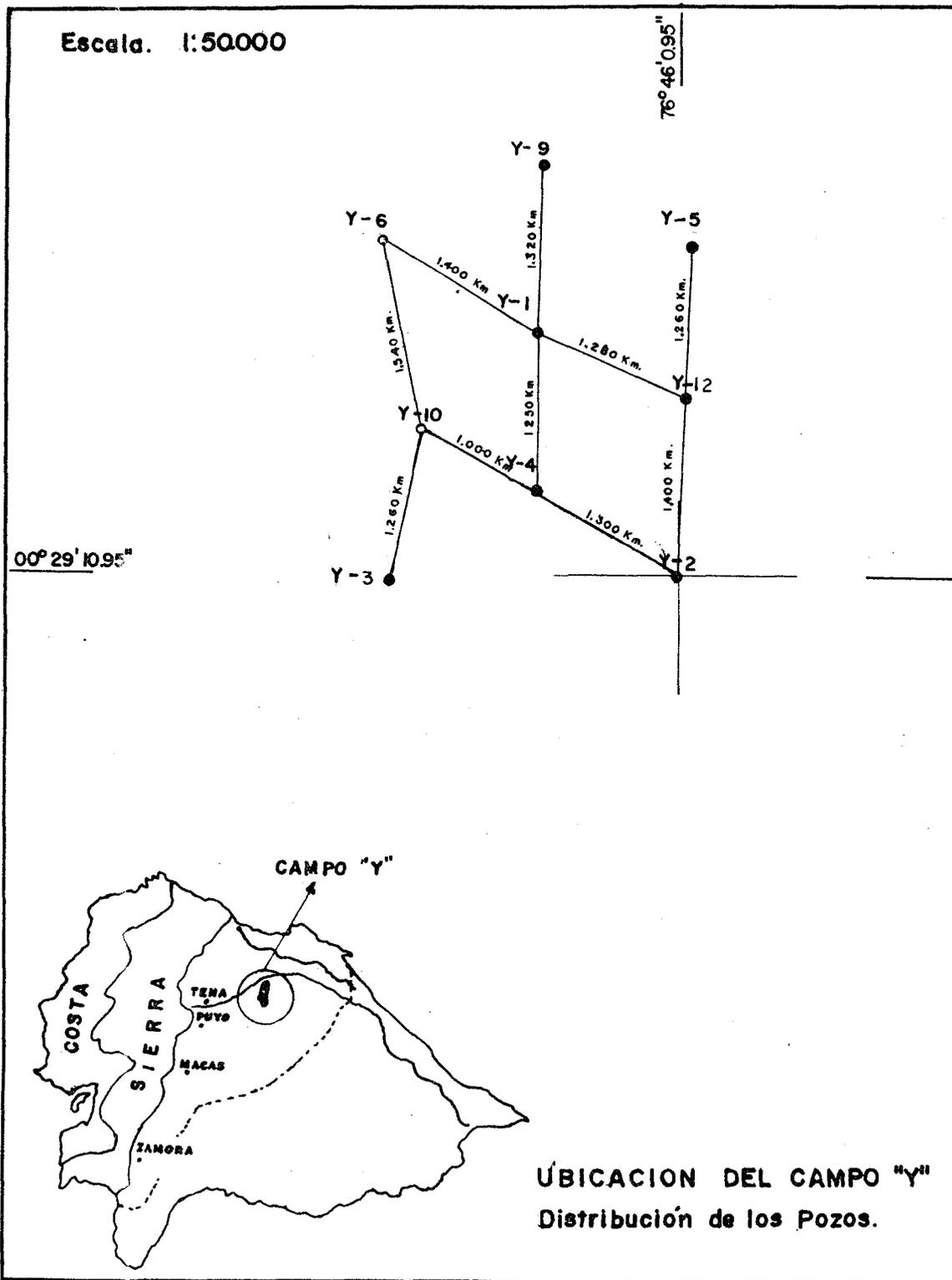


Fig. 2

El campo se puso en producción en diciembre de 1980. De los 9 pozos - dos fueron abandonados, el V-6 y el V-10; pero otros pozos se encuentran produciendo ayudados por bombeo artificial.

De acuerdo a la información obtenida del reporte del campo y realizado por (3), se pudo establecer que la arena U de la Formación Napo - contiene un petróleo pesado ( $18.6^{\circ}$ API); la arena T de la Formación - Napo y la Formación Hollín contienen petróleo del  $29^{\circ}$  y  $27.5^{\circ}$ API respectivamente.

De las pruebas realizadas a los núcleos se pudo determinar que la permeabilidad promedio de la Arenisca U principal es de 1.000 md. y de la Arenisca T principal es de 600 md. De las pruebas de formación se determinó la presión promedio. A 8.750 pies BNM de, la arena U - fue de 4.050 psi. y de la arena T de 4.180 psi, a 9.000 pies BNM.

### 1.3 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA ARENISCA "U"

La Arenisca "U" se encuentra limitada en la parte inferior por el tope de la Caliza "B" y en la parte superior por una serie de estratos de lutitas y calizas arcillosas que corresponde a la Caliza "A".

Para desarrollar dicho trabajo ha sido imperativo seguir los siguientes pasos:

#### Análisis Litológico

Poco son los datos que se han podido recopilar acerca de la descripción de los rípios de perforación (3) de la Arenisca "U".

#### Y-1

Se trata de una arenisca cuarzosa de grano fino al tope con intercalaciones de lutitas. En el tope de la zona de la arenisca "U" existen estratos calcáreos muy glauconíticos.

#### Y-2

Mediante el análisis de testigo tomado en la zona de "U" se pudo establecer que se trata de una arenisca cuarzosa de grano mediano a grueso al tope; y de grano fino a muy fino a la base. La lutita asociada contiene faunas características de un ambiente marino a poco profundo, cerca de la línea de costa.

Y-9

Por medio de muestras laterales se pudo establecer que se trata de una arenisca cuarzosa de grano fino a muy fino, con algunas intercalaciones de lutitas.

Y-10

Mediante el análisis de testigo se desprende que es una arenisca cuarzosa, de matriz sílica, de grano fino a muy fino en la base.

Debido a la distribución litológicas, las calizas seguidas de la lutita, arenisca y nuevamente lutita se sugiere un ambiente de plataforma continental graduado de somero a profundo, interpretado como ambiente de playa.

Correlaciones estratigráficas

Se realizaron 5 cortes estratigráficos usando como línea de referencia el tope de la zona de arena "U". En cada pozo se anotan: Las pruebas de producción, salinidad del agua de formación, minerales (Glauconita), porosidad, saturación de agua y ambiente de deposición.

La primera correlación estratigráfica se la realizó entre los Pozos Y-9, Y-1, Y-4 con una dirección Norte-Sur del campo. Se puede observar un ligero adelgazamiento de la arenisca principal cerca del Pozo Y-4 que coincide con el crecimiento calcáreo que se desplazó hasta el

Pozo Y-5. Este alto calcáreo ocasionó una barrera para la no deposición de la arena en el Pozo Y-12 y el Pozo Y-10.

Por medio de este corte, como se muestra en el Gráfico 1 se logró separar las arenas de los pozos Y-9 y Y-1 debido a que la salinidad en el Pozo Y-9 es alrededor de 13.000 ppm NaCl medido en la prueba inicial y en el Pozo Y-1 es de 35.000 ppm NaCl (calculado), además si se observa la curva del SP muestran ambientes diferentes en ambos pozos.

Según la forma del SP el ambiente de la arenisca principal "U" del Pozo Y-9 corresponde a un depósito de laguna, mientras que según la forma del SP en el Pozo Y-1 la arenisca "U" principal corresponde a un canal distributivo, mientras que en el Pozo Y-4 corresponde a un canal distributivo, por lo que existe una relación entre los Pozos Y-1 y Y-4.

La segunda correlación estratigráfica se la realiza entre los pozos Y-6, Y-1, Y-12 en la dirección Nor-Oeste a Sur-Este del campo. Debido al alto calcáreo expuesto en el corte anterior se observa el adelgazamiento de la arenisca principal "U" en el Pozo Y-12.

Por medio del corte realizado en el Gráfico 2 se logró separar los Pozos Y-6 y el Y-1 debido a que muestran salinidades diferentes; el

Pozo Y-6 de 63.000 ppm de ClNa en comparación con 35.000 ppm de ClNa del Pozo Y-1, por tanto se realizó la comparación de la curva de SP para determinar el ambiente de depositación entre ambos pozos, es así, que la forma del SP en el Pozo Y-6 de la arenisca "U" principal es de ambiente de barra de desembocadura, por lo que no existe una transmisibilidad de fluidos y el agua del Pozo Y-6 se encuentra estancada, sin movimiento; mientras que el Pozo Y-12 es de canal de pantano de acuerdo a la forma del SP (5).

La tercera correlación se la realizó en la dirección Norte-Sur y ocupa el límite más oriental del campo, como se observa en el Gráfico 3 que comprende los Pozos Y-5, Y-12, Y-2. Se observa el adelgazamiento más notable en el Pozo Y-12 que en el Y-5, aunque ambos han sido afectados por el alto estructural de la zona de caliza ante puesto a la depositación de la arenisca "U" principal, por lo que el Pozo Y-12 debió haberse depositado como una ligera capa de arena de playa, inundada para formar un canal de pantano, por lo que los ambientes de depositación según la forma del SP tienen su similitud que corresponden a un canal distributivo, y lo ratifica los valores de la salinidad del agua de formación, es así en el Pozo Y-5 tenemos 44.000 ppm de ClNa y 36.000 ppm de ClNa en el Pozo Y-2 en la arenisca principal "U".

La cuarta correlación estratigráfica se la realizó en la dirección Norte-Sur, como se observa en el Gráfico 4; que incluyen los Pozos -

Y-6, Y-10, y Y-3. Sin lugar a duda es posible la separación de las tres arenas "U" principal debido a:

La salinidad en los tres pozos son muy diferentes, es así en el Pozo Y-6 tiene una salinidad de 63.000 ppm de ClNa y el Y-10 tiene 49.900 ppm de ClNa, ambos pozos son secos de acuerdo a las pruebas realizadas; mientras que en el Pozo Y-3 tiene una salinidad de 37.800 ppm de ClNa en una zona de arenisca de gran espesor.

Otra de las razones que motiva la separación de las tres arenas es el ambiente de depositación de la arenisca "U" principal por la forma del SP (5). La forma del SP en el Pozo Y-6 de la arenisca principal "U" es característica de un ambiente de barra de desembocadura, mientras que en el Pozo Y-10 el ambiente es de un canal distributivo abandonado y finalmente en el Pozo Y-3 la forma del SP es representativo de un canal distributivo, por lo tanto las tres arenas han sido separadas.

El quinto corte estratigráfico fue realizado en la dirección Nor-Oeste a Sur-Este en el cual se incluyen los Pozos Y-10, Y-4 y Y-2; se puede apreciar un crecimiento notable de la caliza subyacente de la arena "U" en el Pozo Y-4, se observa una pérdida de espesor de la arenisca "U" hacia el Occidente en el Pozo Y-10 el mismo que se encuentra separado del resto de los pozos del campo "Y" porque se depositó en primer término como canal distributivo para luego quedar abandonado, la eviden

cia se acentúa debido por la diferente salinidad del agua que es de 49.900 ppm de ClNa mientras que en el Pozo Y-4 la salinidad del agua de formación es de 27.000 ppm de ClNa y su ambiente de depositación lo confirma por medio de la forma de la curva del SP (5) que es de ambiente de un canal distributivo, de igual manera se manifiesta el Pozo Y-2 que posee el mismo ambiente y la salinidad es más o menos concordante lo cual indica que existe transmisibilidad entre la arena "U" principal de los Pozos Y-4 y Y-2, como se puede observar en el Gráfico 5.

#### 1.4 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA ARENISCA "T"

La Arenisca "T" se encuentra limitada en la parte inferior por un intervalo calcáreo depositado sobre una lutita de origen posiblemente marino, lo que se puede observar en todos los pozos del campo "Y"., en la parte superior de dicha arena termina en una caliza "B", subyacente de la lutita basal de la zona de arena "U". La arenisca "T" de la Formación Napo en que nos basaremos para nuestro estudio se llamará desde ahora ARENISCA "T" PRINCIPAL.

Se seguirá la misma metodología de la arenisca "U" para el desarrollo de este trabajo.

#### Análisis Litológico

##### Y-1

Por medio del análisis de rípio se ha podido definir que la arenisca

principal "T" se trata de una arenisca cuarzosa de grano medio a fino en el tope, a muy fino en la base. Hacia el tope de la zona se en encuentran estratos de arenas, lutitas y calcáreos muy glauconíticos.

#### Y-2

Mediante el testigo convencional no se logró llegar a la arenisca principal "T" que podría estar considerada como una zona calcárea, mientras que la parte superior está compuesta de arenisca glauconíticas.

#### Y-9

Por medio de nuestras laterales se demuestra la existencia de una arenisca cuarzosa de grano muy fino, con matriz irregularmente arcillosa, con intercalaciones de lutitas.

#### Correlaciones Estratigráficas

En base a las 5 correlaciones estratigráficas que se utilizaron para la arenisca "U", en el mismo orden se realizarán el estudio de la arenisca "T" principal; en cada pozo de la misma manera se anotarán datos de: Pruebas de producción, salinidad del agua de formación, porosidad, saturación de agua y ambiente de depositación. La primera correlación que comprende los Pozos Y-9, Y-1, Y-4, se puede observar que la arenisca principal "T" se encuentra separada en los tres pozos en dos arenas por medio de un lente grueso de lutitas, siendo más notorio en el Pozo Y-1, pero conservando el lente superior su cierta

similitud en cuanto al depósito con el Pozo Y-4; de la misma manera el Pozo Y-9 vuelve a semejarse al Y-4, en consecuencia se analizó que los tres ambientes están interrelacionados a canales de deposición y sus salinidades lo confirman, es así que los Pozos Y-9 y Y-1 corresponden a canales distributarios en base a la forma de la curva del SP, y sus salinidades son del orden de 13.800 y 21.000 ppm de ClNa respectivamente; mientras que el Pozo Y-4 tiene un ambiente de canal interdistributivo con una salinidad de 32.000 ppm de ClNa; los detalles pueden ser expuestos en base al Gráfico 1.

La segunda correlación intervienen los Pozos Y-6, Y-1, Y-12; como se puede apreciar en el Gráfico 2, la arena se desarrolla uniformemente entre los Pozos Y-12 y Y-1 con un espesor constante correspondiendo a un depósito de canal distributivo, para luego declinar su espesor en el Pozo Y-6 que corresponde a un canal interdistributivo de acuerdo a la forma del SP (5). Con respecto al Norte del Pozo Y-12, tenemos el Pozo Y-5 en el cual existe otra disminución de la arena, el cual podría definirse como un canal interdistributivo, con un comportamiento calcáreo hacia el tope de la arenisca "T".

La tercera correlación realizada en dirección Norte-Sur, entre los Pozos Y-5, Y-12, Y-2 como se muestra en el Gráfico 3. Desde el Norte se puede apreciar en el Pozo Y-5 una arena muy limpia con una alta porosidad la arenisca principal "T", para luego convertirse en más arcillosa hacia el tope de arena, el cual podría definirse como un

canal interdistributivo (5) para luego cambiar el ambiente de depositación hacia el Pozo Y-12 a un canal distributivo bien definido por tres lentes de lutitas intercalados. De la misma manera se tiene que el SP del Pozo Y-2 es muy diferente a los otros pozos correlacionados que es indicativo de un ambiente diferente de depositación ; siendo muy arcillosa que corresponde a un ambiente tipo de Delta, el mismo que incide la separación de las arenas y lo confirman los valores de la salinidad del agua de formación que son de Norte a Sur los siguientes:

Pozo Y-5, 40.000 ppm de ClNa; Pozo Y-12 con 31.000 ppm de ClNa y el Pozo Y-2 con una salinidad de 9.500 ppm de ClNa que correspondería a un tipo de agua salobre.

En la cuarta correlación intervienen los Pozos Y-6, Y-10 y Y-3 con dirección Norte-Sur, notándose una disminución del espesor de la arena principal en el Pozo Y-10 debido al incremento de la zona calcárea en dicha zona y desarrollándose más uniformemente hacia los flancos de la estructura aunque recibe aporte de sedimentos arcillosos , pero en los tres pozos el ambiente de depositación es el mismo que corresponde a los de un canal interdistributivo, como se muestra en el Gráfico 4. Es necesario hacer referencia que los Pozos Y-6 y Y-10 según las pruebas realizadas fueron secos.

En la quinta y última correlación realizada como se muestra en el Gráfico 5, intervienen los Pozos Y-10, Y-4 y Y-2 realizados en di-

rección Nor-Oeste y Sur-Este; como se puede observar en la arena del Pozo Y-10, como se dijo anteriormente, existe un aporte calcáreo desde el Oeste que hace posible la no depositación de la arena para luego aumentar el estrato de arena mucho más limpia como lo indica su porosidad en el Pozo Y-4, existiendo solo un estrato de lutita que hace posible la división de la arenisca principal "T" en dos arenas.

De acuerdo a la forma del SP se ha podido definir el ambiente de deposición (5) de ambas arenas que corresponden al tipo de un canal inter-distributivo, para luego cambiar su ambiente en el Pozo Y-2 que es muy diferente y que corresponde al de un delta. Por lo tanto tanto se lo ha separado debido a que no existe una interrelación con los dos pozos anteriores ya que su salinidad así lo confirma.

Una vez concluido el trabajo de análisis de correlación de ambas arenas "U" y "T" principal del campo "Y" se pudo definir una columna estratigráfica generalizada de la formación NAPO que se la muestra en la Figura 3.

La Tabla 1 nos indica los intervalos en que fueron probadas las arenas "U" y "T", con sus respectivos datos de producción, los mismos se encuentran ubicados en cada perfil del pozo. De igual manera fue necesario determinar las salinidades de cada arena. En consecuencia se realizaron cálculos para determinar las ppm de ClNa tanto de la

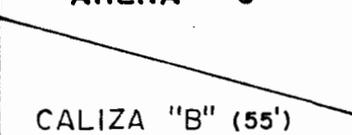
COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION NAPO DEL CAMPO "Y"(Oriente)							
(SIN ESCALA)							
ERA	EDAD	FORMACION	Espesor Promed.	LITOLOGIA	OBSERVACIONES		
MESOZOICO		Tope 9240'  NAPO  SUPERIOR	170'	 ARENA.  LUTITAS  CALIZA	NO EXISTE MANIFESTACION DE HIDROCARBURO.		
		NAPO  MEDIO  A  SUPERIOR.  9710'		60'		CALIZA "A"	AGUA SALADA.  CONTENIDO DE PETROLEO
				30'		ARENA G-2	
	36'		LUTITAS				
	125'		ARENA "U" <sup>(9534')</sup>  CALIZA "B" (55')				
		NAPO  INFERIOR  BASE, 9980'	200'	LUTITAS CALIZA ARENISCA "T" Principal. ( 70')	LUTITAS Arenisca Superior, T LUTITAS Arenisca Medias. T	CONTENIDO DE PETROLEO	
				80'			 CALIZA LUTITAS

Fig. 3

arena "U" como la "T" de cada pozo, lo cual se resume en la Tabla 2.

La Tabla 3 se obtuvo de los resultados de las correlaciones estratigráficas realizadas, la cual nos indica la litología y valores de tope y base respectivamente. Mientras que la Tabla 4 define los valores de tope y base de las areniscas Principales de la Formación Napo, que son "U" y "T" con sus respectivos datos petrofísicos de  $\phi$  y  $S_w$ .

TABLA I  
INTERVALOS PRBADOS DE LA ARENISCA "U" Y "T" PRINCIPAL DEL  
CAMPO Y

POZO	ARENA	INTERVALO PROBADO.	BOPD	GRAV. (° API)	% CUT.
Y-1	U	9572' - 9580' 9590' - 9630'	164	18.6	3.0
	T	9802' - 9818' 9836' - 9842' 9846' - 9858'	520	29.7	0.2
Y-2	U	9520' - 9564'	708	18.7	0.6
Y-3	U	9574' - 9580' 9588' - 9590'	312	18.1	1.0
Y-4	U	9550' - 9572' 9574' - 9580'	396	20	0.5
	T	9834' - 9866' 9870' - 9880'	3783	27.5	0.5
Y-5	U	9562' - 8586'	1184	18.0	0.0
	T	9848' - 9858' 9864' - 9882'	100	23,8	0.5
Y-6	U	9580' - 9595'			100
	T	9853' - 9875'			100
Y-9	U	9470' - 9495' 9504' - 9516'	222	15.6	50
	T	9744' - 9764' 9780' - 9790'	40 438	10.2 24.5	80 10
Y-10	U	9702' - 9708'			100
	T	9962' - 9965'			100
Y-12	T	9780' - 9798' 9808' - 9814' 9822' - 9838'	3480	28.7	0

TABLA II

TABLA DE SALINIDADES TANTO CALCULADAS COMO PROBADAS DEL AGUA  
DE FORMACION NAPO "ARENA U"

POZO N°	SALINIDAD PROBADA (ppm NaCl)	SALINIDAD CALCULADA (ppm NaCl)
YUCA - 1		35.000
YUCA - 2		36.000
YUCA - 3	37.800	39.000
YUCA - 4	27.000	
YUCA - 5		44.000
YUCA - 6		63.000
YUCA - 9	13.000	
YUCA -10	49.900	40.000

TABLA DE SALINIDADES TANTO CALCULADAS COMO PROBADAS DEL AGUA  
DE FORMACION NAPO "ARENA T"

POZO N°	SALINIDAD PROBADA (ppm NaCl)	SALINIDAD CALCULADA (ppm NaCl)
YUCA - 1		21.000
YUCA - 2		9.500
YUCA - 3		42.000
YUCA - 4		32.000
YUCA - 5		40.000
YUCA - 6	44.800	44.800
YUCA - 9	12705 y 40425	13.800
YUCA -10		30.000
YUCA -12		31.000

TABLA III  
NIVELES LITOLÓGICOS OBTENIDOS DE LAS CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

FORMACION	POZO	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-5	Y-6	Y-9	Y-10	Y-12
E.M.R.	500	798	804	840	825	817	782	904	831	
NAPO	Topo	9266	9194	9244	9236	9245	9250	9156	9350	9245
	Base	9990	9960	10005	9995	10016	9973	9947	10106	9966
CALIZA "A"	Topo	9434	9368	9414	9406	9416	9416	9320	9522	9418
ARENA G-2	Topo	9494	9424	9470	9462	9476	9476	9378	9580	9484
	Base	9520	9454	9506	9492	9494	9508	9408	9624	9512
ARENA "U"	Topo	9553	9500	9530	9526	9539	9544	9440	9650	9534
	Base	9630	9564	9630	9580	9586	9610	9518	9712	9597
CALIZA "B"	Topo	9640	9570	9634	9584	9594	9617	9518	9718	9605
	Base	9700	9620	9670	9684	9696	9666	9574	9771	9648
ARENA "T"	Topo	9726	9672	9724	9716	9724	9712	9616	9814	9694
	Base	9916	9860	9922	9916	9940	9898	9822	10024	9890
PROFUNDIDAD TOTAL		10423	10003'	10116'	10152	10140'	10116'	10036'	10228'	10104

TABLA IV

DATOS BASICOS Y CARACTERISTICAS PETROFISICAS DE LA ARENISCA "U"  
PRINCIPAL DEL CAMPO "y"

POZO	TOPE (pies)	BASE (pies)	ESPESOR (pies)	POROSIDAD (%)	SATURACION DE AGUA (Sw)
Y-1	9590	9630	40	20.5	16
Y-2	9520	9564	44	21.5	13
Y-3	9574	9630	56	20.0	20
Y-4	9550	9580	30	18.5	13
Y-5	9562	9586	24	20	16
Y-6	9576	9610	34	-	-
Y-9	9470	9518	48	14.5	25
Y-10	9700	9712	12	12	65
Y-12	9592	9597	5	-	-

DATOS BASICOS Y CARACTERISTICAS PETROFISICAS DE LA ARENISCA "T"  
PRINCIPAL DEL CAMPO "y"

POZO	TOPE (pies)	BASE (pies)	ESPESOR (pies)	POROSIDAD (%)	SATURACION DE AGUA (Sw)
Y-1	9792	9886	94	17	26
Y-2	9755	9826	71	13.5	50
Y-3	9802	9890	88	11.5	60
Y-4	9834	9880	46	17	13
Y-5	9847	9898	51	20	18
Y-6	9818	9876	58	-	-
Y-9	9740	9790	50	12	31
Y-10	9958	9990	32	9.5	60
Y-12	9777	9837	60	15.5	22

CAPITULO II  
REGISTROS ELECTRICOS COMUNES

GENERALIDADES

Un registro eléctrico de pozo es un registro gráfico continuo de las características eléctricas de las formaciones respecto a su profundidad, como son resistividades eléctricas, conductividad de la formación y potenciales naturales de las formaciones atravesadas, etc.

Cuando se perfora un pozo surge la necesidad de conocer:

- a) Tipo de formaciones Geológicas Atravesadas
- b) Características Petrofísicas
- c) Clases de fluidos contenidos
- d) La profundidad de cada formación
- e) Cuáles formaciones son porosas y permeables

La interpretación cualitativa de los registros de pozos tiene su aplicación práctica en:

- a) Construcción de secciones transversales
- b) Planos estructurales e isopacos
- c) Correlación de capas geológicas
- d) Determinación de fallas geológicas

El proceso de correlacionar dos o más registros dependen esencialmente de la similitud de formas de las curvas; donde las capas guías (lutitas, o - tramos arenosos) ayudan en gran parte a hacer correlaciones.

Los registros de pozos son de gran utilidad para:

- 1) El Ingeniero de Yacimientos; ya que por medio de ellos comprueba :
  - a. Pruebas de formación
  - b. Registros de lodo
  - c. Análisis de ripios
  - d. Análisis de núcleos
  
- 2) El Ingeniero de Producción; los utiliza :
  - a. En operaciones de completación de pozos
  - b. Localización de contactos agua-aceite, gas-aceite
  - c. Pruebas de formación
  - d. Colocación de obturadores
  - e. Selección de zonas de interés
  - f. Reacondicionamiento de pozos
  
- 3) El Ingeniero Geólogo; le son útiles :
  - a. En correlación de formaciones
  - b. Para la elaboración de mapas de isopacos estructurales, localización de zonas netas de pago.

c. Seleccionar los sitios más convenientes de los disparos

Entre los registros eléctricos más comunes que se utilizan tenemos:

- Para determinación de formaciones de interés petrolífero:  
El potencial espontáneo.
- Para la determinación de la Resistividad de la formación Virgen (R<sub>f</sub>):
  - a) Registro de Inducción
  - b) Registro de Doble inducción enfocada
  - c) Registro Lateroperfil - 3
  - d) Registro Lateroperfil - 7
- Para la determinación de la resistividad de la zona invadida (R<sub>i</sub>):
  - a) Registro Lateroperfil - 8
  - b) Registros Normales (R16")
- Para la determinación de la resistividad de la formación en la zo  
na lavada (R<sub>xo</sub>) :
  - a) Registro Microperfil (ML)
  - b) Registro Microlateroperfil (Mll)
  - c) Registro de Proximidad (PL)
  - d) Registro Microesférico Enfocado (MSFL)

## 2.1 REGISTROS DE PROFUNDIDAD, REGISTROS DE MEDIANO ALCANCE, REGISTROS DE PARED.

### 2.1.2 Registro de Potencial Espontáneo

El potencial espontáneo es el efecto resultante de varias fuerzas electromotrices naturales existentes en el pozo, por tanto es un registro continuo de la diferencia de potenciales entre un electrodo móvil en el pozo y un electrodo fijo en la superficie; en función de la profundidad, y expresado en milivoltios.

Para que este potencial se pueda desarrollar es necesario que el pozo esté lleno de un fluido conductor de electricidad; preferiblemente más resistivo que el agua de formación.

### Origen del Potencial Espontáneo (SP)

El potencial espontáneo (7) es el cambio de potencial debido al flujo de corrientes en el lodo y a través de las formaciones, dichas corrientes son de origen Electroquímico y Electrocinético; en consecuencia el potencial es la suma de los potenciales antes mencionados.

### El Potencial Electroquímico

Este potencial está compuesto por el potencial de lutitas, llamado también potencial de membrana, más el potencial de contacto de líquidos llamado también potencial de difusión.

### El Potencial de Lutitas (Esh)

Es debido a la estructura laminar de las lutitas que separa - soluciones de diferentes concentraciones produciéndose un flujo de corrientes, ya que, las lutitas son permeables a los iones sodio ( $\text{Na}^+$ ) y completamente impermeable a los iones cloro ( $\text{Cl}^-$ ). Por lo tanto los iones de sodio se mueven por difusión en las lutitas, de la solución más concentrada a la menos concentrada.

Este movimiento de cargas positivas produce un flujo de corrientes eléctricas, a través de la lutita, conocida como potencial de lutitas.

Esta situación se da cerca de los límites entre lutitas y estratos permeables atravesados por pozos llenos de barros conductivos. Esto se ilustra en la Figura 4, donde el estrato permeable es, por ejemplo, una arena acuífera. Se asume que tanto la inyección como el agua de la arena contienen en solución única mente cloruro de sodio, y que el agua de la arena es más salada que la del lodo. La interfase entre las zonas invadida y no invadida se representa por una línea vertical de trazos. Tanto la inyección como el filtrado de la misma que ocupa la zona invadida tiene básicamente la misma composición electroquímica y representa el papel de la solución diluida, mientras que la formación no contaminada el papel de la solución concentrada. Los

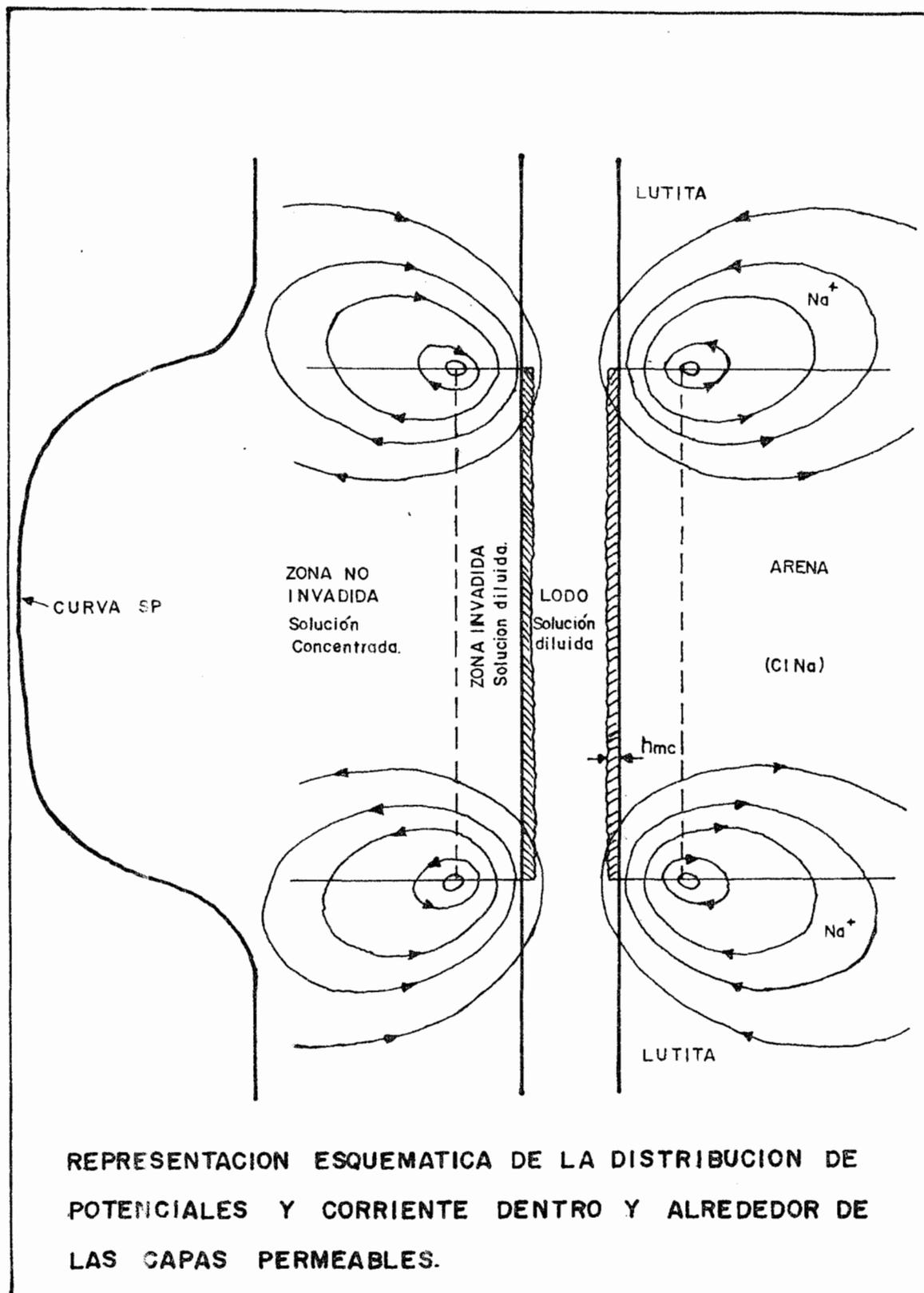


Fig. 4

anillos alrededor de los puntos comunes a la lutita, a la zona invadida y a la zona no invadida representan unas pocas de las líneas de corriente que fluyen desde la inyección o desde la zona invadida hacia la zona no invadida y desde allí hacia la lutita, para regresar entonces a la inyección o a la zona invadida, tal como señalan las flechas.

#### Potencial de Contacto de Líquidos (Ed)

Está originado por las dos soluciones de diferentes concentraciones ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ). En consecuencia los iones tienden a migrar, por difusión desde la solución concentrada hacia la solución menos concentrada (diluída); como es conocido que los iones negativos de cloro tienen una movilidad mayor que los iones positivos de sodio. En consecuencia tendremos una transferencia neta de cargas eléctricas negativas desde la solución más concentrada hacia la menos concentrada; por tal causa la primera se vuelve más positiva que la segunda. La fuerza electromotriz resultante se conoce como potencial de contacto de líquidos.

Cerca de los límites entre las zonas invadidas y no invadidas de los estratos permeables se presenta esta situación. Si  $E_{sh}$  es el potencial de lutitas y  $E_d$  es el potencial de contacto de líquidos para una arena dada, la suma de estos dos potenciales, se conoce como el componente electroquímico del SP, su va

lor es:

$$E_c = E_{sh} + E_d$$

$$E_c = -K \log \frac{R_{mf}}{R_w}$$

K es un factor que depende de la temperatura al nivel de límite entre capas en el que se ha producido el potencial, para arenas limpias y soluciones de cloruro de sodio. K varía desde 67 milivoltios a 50°F hasta 123 milivoltios a 300°F. Cuando las capas contienen arcillas dispersas, el valor de K disminuye.  $R_w$ ,  $R_{mf}$  son las resistividades del agua de formación y del filtrado de lodo.

El valor de K puede ser estimado en base de la siguiente fórmula:

$$K = 70.7 (TF + 460) / 537 \quad TF = ^\circ F$$

Al valor del componente electroquímico del SP frecuentemente se lo llama potencial espontáneo estático, o SSP. Su rango aproximado de variación va de los 50 milivoltios para capas con agua muy dulce., hasta los -200 milivoltios para capas que contienen agua muy saladas.

#### Potencial Electrocinético ( $E_k$ )

El paso de un electrolito a través de un medio poroso produce

una fuerza electromotriz, denominada potencial electrocinético, en consecuencia es originado por la diferencia de presión entre la columna de lodo y la formación, lo cual ocasiona movimientos de iones a través del revoque y por lo tanto una caída de potencial, que en la práctica es despreciable.

Pirson presenta una relación de tipo empírico, la cual permite estimar la magnitud del potencial electrocinético:

$$E_k = -0.0391 \Delta P (R_{mc} \cdot h_{mc} \cdot FI)^{1/2}$$

donde

$R_{mc}$  : es la resistividad de la costra de lodo, (r-m)

$h_{mc}$  : es el espesor de la costra de lodo, pulgadas

$FI$  : es la pérdida de agua en una prueba convencional, en cc/30 minutos/100 psi.

$\Delta P$  : es la diferencia de presión entre la columna de lodo y la formación psi.

#### Principio de medida

El campo potencial que se produce en la columna de lodo es el causante de los potenciales espontáneos que se observan en los pozos. La curva de SP consiste, en un registro, en función de la profundidad, de las variaciones de los potenciales espontáneos. Las mediciones son muy simples: con un voltímetro se mide la diferencia de potencial entre un electrodo M

montado sobre una sonda (llamado eléctrodo de SP) y un eléctrodo de referencia estacionario N ubicado en la suerficie. Esto se ilustra en la Figura 5.

El potencial espontáneo sólo se produce cuando la inyección es eléctricamente conductiva.

### Interpretación cualitativa

- Las curvas son simétricas con respecto al centro de capa
- La distancia horizontal, medida en milivoltios, entre el píco de la curva en el centro de la capa y el potencial en - las lutitas adyacentes, se denomina potencial espontáneo de la arena.
- Frente a las lutitas y a calizas las lecturas del SP son - bastantes uniformes tienden a seguir una línea recta, llamada línea de base de lutitas.
- En formaciones permeables se aparta de las líneas de las arcillas, dependiendo de la salinidad relativa del agua de formación y del filtrado de lodo.
- Cuando el estrato de arena es de gran espesor, el pico co - rrespondiente al centro de la misma se ensancha y aplana ,

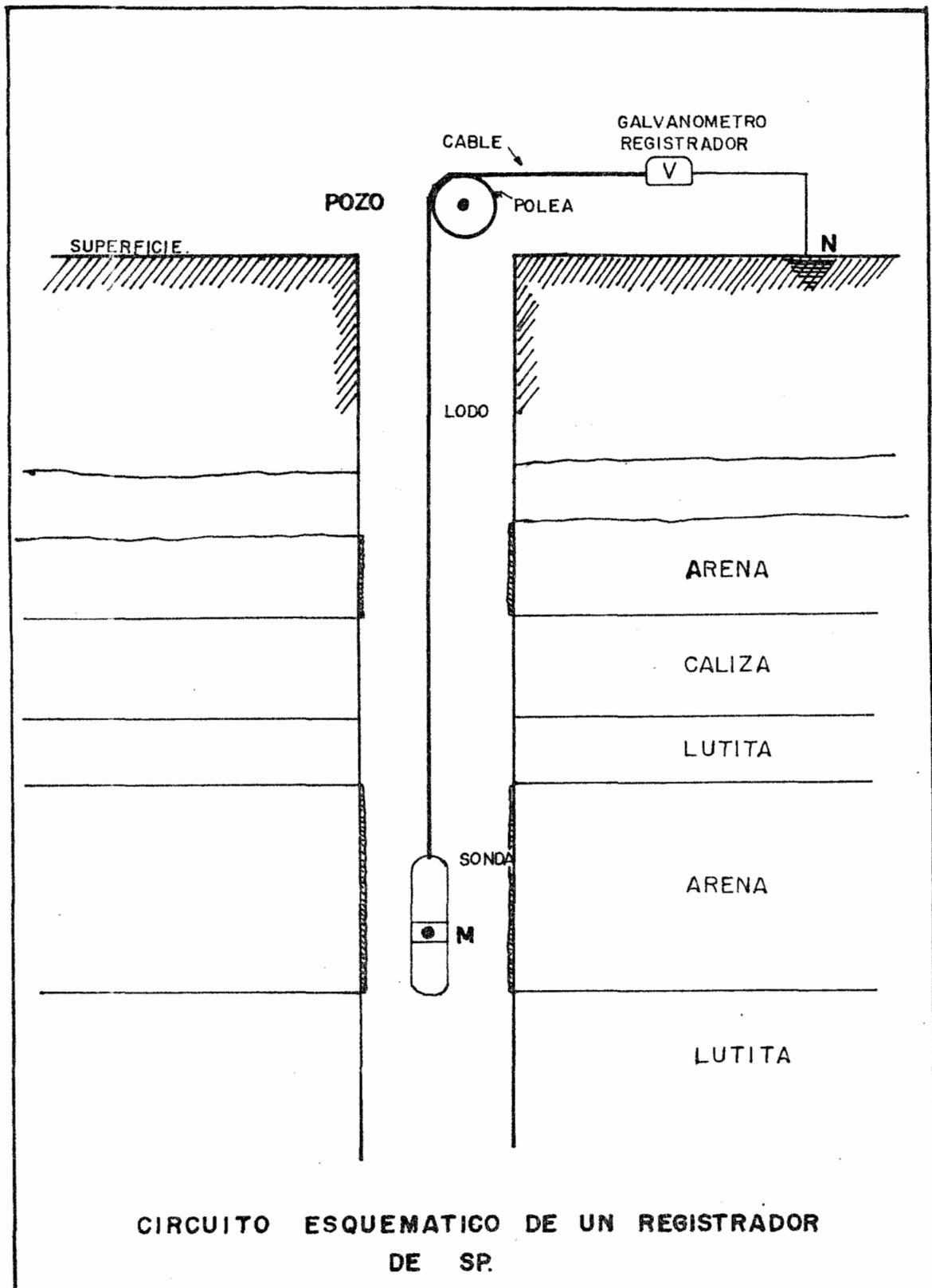


Fig. 5

formando algo así como una meseta, el valor del SP llega - casi a igualar al del SSP, que define la línea base de arena.

- El potencial espontáneo frente a capas permeables es negativo debido a que la salinidad del agua de formación es mayor que la del filtrado de lodo; será positivo debido a que la salinidad del filtrado de lodo es mayor que la del agua de formación, es un indicativo de una formación de agua dulce.
- La pendiente de una curva del SP en cualquier nivel es proporcional a la intensidad de las corrientes en el lodo en ese mismo nivel.

La intensidad de las corrientes del SP es máxima en los bordes de la formación permeable y determina un punto de inflexión en la curva.

- Cuando las formaciones son compactas la resistividad de la formación es muy alta.
- Cuando una capa de arena, muy permeable que contiene agua salada y es invadida por un filtrado dulce, el filtrado por ser más liviano que el agua salada, tiende a flotar hacia el borde superior de la arena. Además cuando una arcilla no

forma una membrana catiónica perfecta el SP no vuelve a la línea base de las arcillas.

- Cuando el filtrado de lodo es dulce y su invasión es profunda el SP se encuentra afectado notándose la redondez de la curva del SP debido a dicha invasión; y en las zonas impermeables de arcillas el SP puede tener una forma de dientes de sierra; esta anomalía es causada por la acumulación del filtrado de lodo dulce debajo de la arcilla.

#### Factores que afectan la curva del Potencial Espontáneo

La forma y amplitud de la deflexión de la curva del SP frente a una capa permeable depende de varios factores entre los cuales se destaca:

1. Espesor,  $h$ , y resistividad verdadera de la capa permeable,  $R_t$
2. Resistividad de las capas adyacentes,  $R_s$
3. Resistividad del lodo,  $R_m$ , y diámetro del hoyo,  $d$ .
4. Resistividad de la zona lavada,  $R_{xo}$ , y diámetro de invasión,  $D_i$ .
5. Presencia de arcillas dentro de las capas permeables.

### 2.1.2 Registros de Profundidad

#### Registro de Inducción

El perfil de inducción es utilizado para perfilar pozos perforados con aire, barros dulces o barros con petróleo, en base de un sistema de bobinas que se acoplan al terreno inductivamente por lo cual no es necesario ningún contacto eléctrico con la inyección o con la formación.

Esta herramienta está diseñada para registrar las conductividades profundas dentro de la formación, disminuyendo los efectos de la zona invadida, al mismo tiempo que una buena definición de las capas.

En los pozos llenos de aire o de inyecciones a base de petróleo se registran las curvas de rayos gamma y de inducción. En los pozos que contienen barros dulces a salinos se registran las curvas de potencial espontáneo, normal corto de 16", y de inducción.

#### Objetivos

El perfil de inducción mide las conductividades de las formaciones atravesadas por el pozo, y como tal su unidad de medida es el millimhos/m. En la práctica, esta lectura es recíproca y convertida en resistividad; los valores de resistividad son mayores que 1.0 y por lo tanto, para usar valores fraccio-

narios de la conductividad, se utiliza la milésima parte ohm-m es decir, el millimhos/m.

En consecuencia la medida principal de este perfil, es medir la resistividad de la zona no afectada por la invasión del filtrado de lodo, es decir la zona virgen (Rt).

Este registro es útil en formaciones blandas o moderadamente consolidada; donde las resistividades son bajas.

#### Principio de medida

Consta (2) de una bobina transmisora y una receptora, mediante un oscilador se envía a la bobina transmisora corriente alterna regulada de una frecuencia de 20.000 ciclos por segundo, de intensidad constante, lo cual crea en la formación un campo magnético que induce corrientes parásitas a la formación; estas corrientes producen su propio campo magnético, el cual induce un voltaje en la bobina receptora, proporcional a la conductividad de la formación. Las señales inducidas en la bobina receptora son amplificadas, rectificadas y transmitidas a la superficie a una computadora, como se muestra en la Figura 6.

La señal de conductividad, ya corregida por la pérdida de señal debido a la atenuación, se registra en la banda derecha -

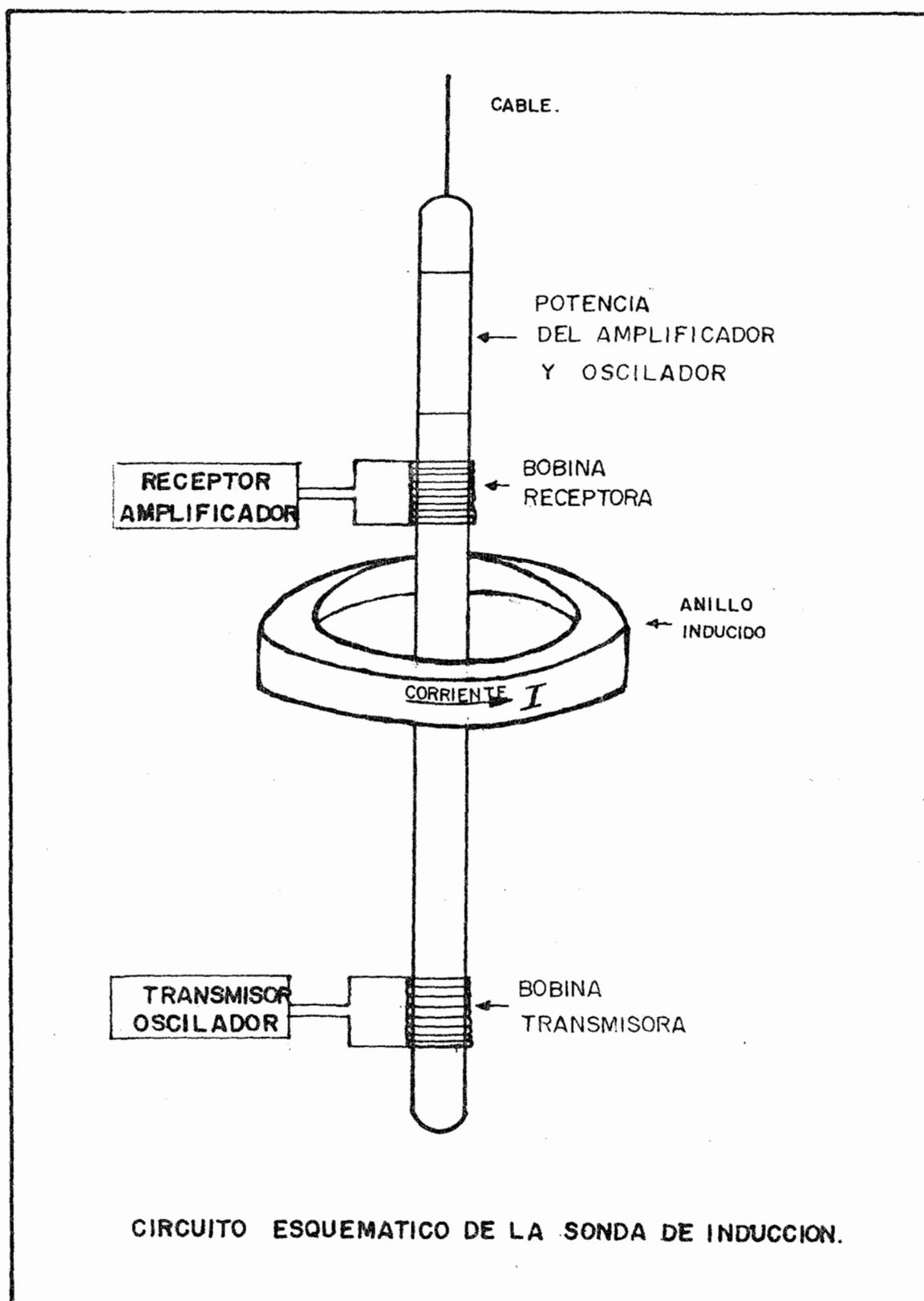


Fig. 6

del perfil en millimhos/m, usando una escala adecuada para las conductividades de las formaciones investigadas. Los valores-recíprocos de la conductividad (1000 dividido por la conductividad en millimhos/m) se registran simultáneamente sobre la banda central.

El equipo completo de inducción (7) consta además, de 3 ó 4 bobinas adicionales, cuyo objeto es minimizar el efecto del barrido y de las capas adyacentes. Según tenga 3 ó 4 bobinas extras, el equipo recibirá los siguientes nombres:

6FF40 - 4 bobinas extras, 40" de espaciamento

5FF40 - 3 bobinas extras, 40" de espaciamento

6FF28 - 4 bobinas extras, 28" de espaciamento

5FF28 - 3 bobinas extras, 28" de espaciamento

El espaciamento, que puede ser de 40" y 28", es la distancia entre las bobinas receptoras y transmisoras.

La Figura 6 representa la sonda de inducción.

#### Perfil típico

Consta de 5 curvas: Una curva litológica, SP o rayos gamma en la pista izquierda. Una curva de resistividad (6FF40), derivada de la conductividad, una curva normal corta y su amplifi

cada, todas ellas en el carril derecho, en escala normal.

Si la resistividad es baja, se debe leer en la curva de conductividad y luego obtener el valor recíproco; si la resistividad es alta, la lectura debe hacerse en la curva de resistividad.

### Factores que afectan las lecturas en el Registro

#### 1. Efectos del lodo de perforación

No se recomienda el perfil de inducción en pozos que contengan barros de resistividad 2.5 veces menor que la resistividad del agua de formación, o sea, de  $R_m < 2.5 R_w$ , lodo salino.

#### 2. Efectos de la Invasión

En general se acepta que la invasión sea poco profunda en formaciones de alta conductividad; por lo tanto, y dentro de ciertos límites aceptables, la verdadera conductividad de la formación no contaminada puede obtenerse del perfil.

En formaciones de baja conductividad, la invasión puede llegar a ser hasta aproximadamente de 40" antes de que se observen los efectos de la zona invadida.

En consecuencia podremos decir que cuando la invasión es menor de 5 veces el diámetro del pozo, su efecto es poco

importante sobre las lecturas.

### 3. Efectos de espesor de capa adyacentes

El efecto de la capa adyacente será pequeño cuando su conductividad sea menor que la de la capa de interés. Pero si la conductividad de la capa adyacente fuera mayor que la de la capa de interés, las corrientes tendrían a circular a través de la primera, por lo cual sería mayor el efecto sobre la capa de interés. Este efecto se intensifica cuando aumenta el contraste de conductividades entre las capas, y el espesor de capa es menor de 5' y resistiva. Las correcciones se efectúan mediante gráficos(6).

### 4. Efecto del pozo

La respuesta a la herramienta de inducción ante los fluidos del pozo es pequeña cuando la herramienta está más o menos centralizada y la conductividad de la inyección es baja, si el diámetro del pozo es mayor de 10" es necesario hacer correcciones, por medio de gráficas.

### Condiciones óptimas y limitaciones

Las condiciones óptimas en las cuales debe usarse son:

$$\begin{array}{l}
 Di < 40'' \qquad \qquad RE > 3 R_{xo} \\
 6FF40 - h \text{ capa} > 5' \\
 6FF28 - h \text{ capa} > 3 \frac{1}{2}' \qquad \frac{Rt}{Rm} < 10
 \end{array}$$

La limitación principal de la herramienta es su baja efectividad para trabajar en formaciones de alta resistividad.

#### Registro de doble inducción enfocado

El perfil de doble inducción y enfocado es un dispositivo similar a cualquiera otro de inducción, pero en este caso, la herramienta es capaz de registrar tres curvas simultáneamente, con diferentes radios de investigación; para estimar los efectos de la invasión de manera tal que se puedan obtener valores confiables de las resistividades reales de las formaciones.

La combinación de los perfiles de doble inducción y enfocado incluye los registros simultáneos de tres curvas de resistividades enfocadas, que son:

Un dispositivo Inductivo de Investigación profunda, ILd.

Un dispositivo Inductivo de Investigación Media, ILM.

Un dispositivo Enfocado de Investigación poco profunda, FL

#### Objetivos

El objetivo fundamental de esta herramienta es sus tres mediciones enfocadas de resistividades a diferentes distancias del pozo dentro de la formación, es así que, el ILd nos permite determinar la resistividad de la zona virgen,  $R_t$ ; el ILM tiene la misma resolución vertical que el ILd e investiga la

mitad de la profundidad de investigación que el ILd, investigando el Ri, mientras que el dispositivo enfocado investiga el Rxo, de forma tal que los efectos de la invasión son eliminados. Es útil en aquellas formaciones que están profundamente invadidas por el filtrado de lodo.

#### Principio de medida

La herramienta (2) que comprende los dos sistemas de inducción, como lo muestra la Figura 7 tiene 3 bobinas transmisoras y un conjunto de bobinas receptoras. Mediante una combinación adecuada de las bobinas transmisoras y receptoras se logran una medición con características de investigación profunda y otra con características de investigación medianamente profunda. Sólo se miden y se envían a la superficie las señales de la formación que están en fase con la corriente del transmisor. Las señales enfocadas y de inducción recibidas de la formación entran a una computadora y son preservadas en un depósito de memoria para que toda las curvas se puedan registrar a sus profundidades correctas. Luego las señales pasan a una computadora que aumentan las señales de inducción compensándolas por las pérdidas de propagación que experimentan dentro de la formación. Las señales de conductividad corregidas se envían a una amplificadora de función logarítmica y entonces se registran como resistividades sobre la escala logarítmica.

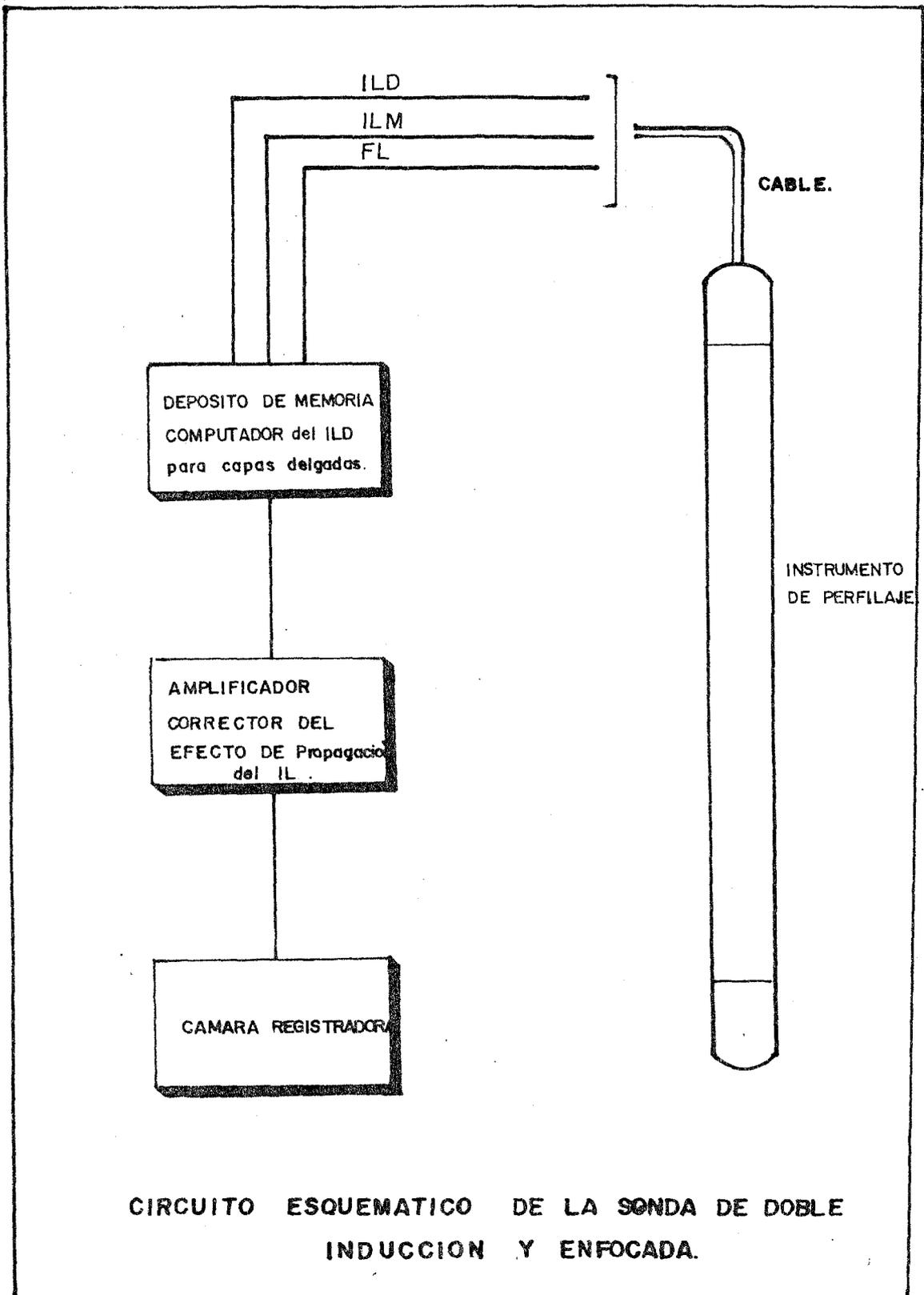


Fig. 7

### Perfil típico

El perfil presenta una curva de SP o rayos gamma, en la pista izquierda en escala lineal.

En la pista derecha se grafican las tres curvas de resistividad, identificándolas de acuerdo a su trazado en el encabezamiento del registro, la escala utilizada puede ser lineal o logarítmica de 4 ciclos.

### Factores que afectan las lecturas del Registro

Las curvas de inducción  $I_{ld}$ ,  $I_{lm}$  están afectadas por los mismos factores que afectan al perfil de inducción, como son:

Efectos del espesor de capas, Efectos del pozo, Efecto de invasión.

#### 1. Efecto de espesor de capas

Es una función del modo en que la señal es controlada o enfocada dentro de la formación y del contraste entre las resistividades de la formación de interés y de la formación adyacente.

La respuesta del perfil enfocado de investigación poco profunda, frente a las capas delgadas, es superior a la de la curva normal de 16" que se corre con el perfil de -

inducción eléctrica. Con los electrodos laterales se logra el enfoque de la corriente que fluye a través de la formación, lo cual disminuye los efectos de la formación adyacente, en consecuencia para espesores de capas mayores de 1' y en las que el contraste de resistividades entre la formación de interés y la formación adyacente sea inferior a 10, las correcciones por efectos de espesor de capas no se realiza.

Cuando el enfoque se realiza por el sistema de inducción de investigación medianamente profunda provee buenos valores de resistividad de la formación cuando las formaciones tienen un espesor de más de 5' a 6'. Generalmente no se necesitan correcciones por espesor de capas, excepto cuando el espesor de la formación es inferior a 5' y el contraste de resistividades entre la formación de interés y la formación adyacente es grande.

El perfil de inducción de investigación profunda, IId, ha reducido la definición vertical cuando la herramienta pasa a través de una formación delgada y rodeada por formaciones con resistividades contrastante. El mejoramiento se logra mediante un tratamiento especial de la señal recibida, el que se efectúa mediante una computadora analógica.

## 2. Efectos del pozo

Los efectos del pozo dependen de las características de investigación y del método de medición de cada sistema.

Los efectos del pozo se reducen a un mínimo mediante la calibración del perfil enfocado que hace que la respuesta registrada por éste sea para determinado diámetro del pozo.

Mientras que para los dos sistemas de inducción están diseñados para reducir al mínimo los efectos del pozo.

### Registro Lateroperfil-3

El objetivo principal de este registro es la determinación de la resistividad ( $R_t$ ) de la zona no contaminada, en consecuencia es un registro de largo alcance, que usa corrientes enfocadas para controlar la trayectoria de la corriente de medición, que afecta una porción del terreno, en una extensión vertical limitada y no se encuentra afectada por la columna de barro mayormente.

Este registro se lo utiliza especialmente en capas muy delgadas y muy resistivas, en presencia de fluidos de perforación muy salinos, la medición está casi libre de los efectos de las capas adyacentes.

### Principio de medida

Esta herramienta (4) consta de 3 electrodos alargados  $A_1 - A_0$   $A_2$  la corriente es alimentada a través del electrodo central de medida  $A_0$ , la misma que es forzada a fluir en un trozo casi horizontal de formación, cuyo espesor es de aproximadamente igual a la distancia entre  $0_1 - 0_2$ , puntos que están en el medio del espacio que separa el electrodo central de los electrodos auxiliares, y al mismo tiempo se envía una corriente de control a través de los electrodos guardas,  $A_1 - A_2$ , de forma tal que la diferencia de potencial entre  $A_1 - A_0$  se mantenga nula, lo que obliga a la corriente de medida a penetrar horizontalmente en la formación, y dicha magnitud de corriente  $I_0$  es proporcional a la conductividad de la formación.

Los electrodos de guarda (enfocadores)  $A_1 - A_2$  tienen una longitud máxima de 5' a 6', y mientras mayor sea los electrodos mayor será la profundidad de investigación de la herramienta siendo el radio de investigación de la sonda unas tres veces la longitud del electrodo de guarda.

Los espaciamientos del Lateroperfil-3 generalmente usados son de 6", 12", 24" dependiendo de la importancia del detalle, que sería el espesor  $0_1 - 0_2$  de la hoja de corriente  $I_0$ . Por medio de la medida de la diferencia de Potencial entre el electrodo

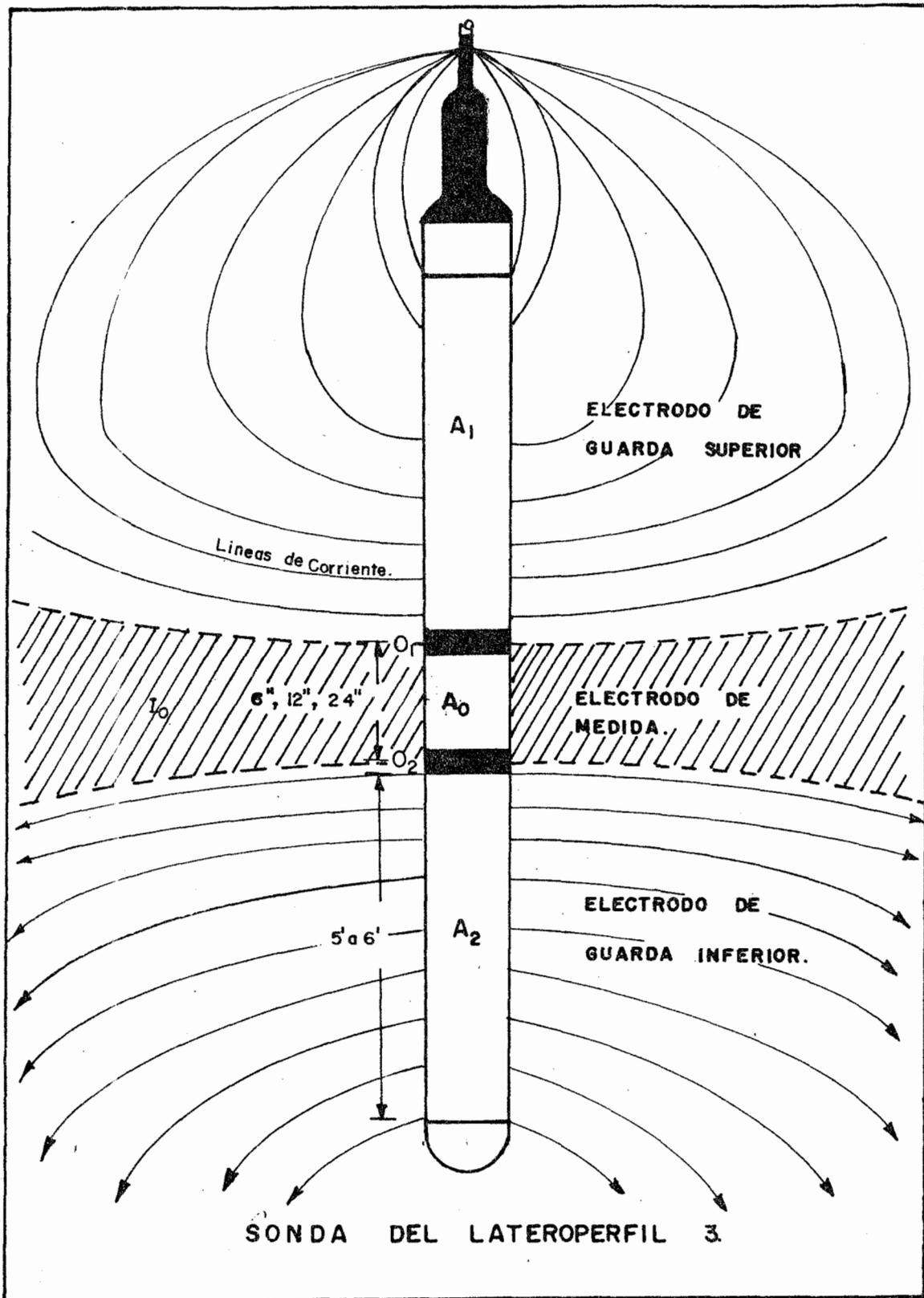


Fig. 8

do central y un electrodo ubicado a cierta distancia puede de terminarse la resistividad aparente. Como resultado el Latero perfil-3 tiene una mejor resolución vertical mostrando más detalles que el Lateroperfil-7, y las influencias del pozo y la zona invadida son menores. La Figura 8 describe la sonda del Lateroperfil-3.

### Perfil Típico

En la pista izquierda se registra una curva litológica generalmente de rayos gamma, ya que el SP es poco efectiva en lodos salados, aunque se puede correr el SP colocando los electrodos de SP a una profundidad mayor de 8 metros de la sonda donde van colocados los electrodos del Lateroperfil-3 debido a la gran masa de la sonda metálica del Lateroperfil, la misma que es graficada en escala lineal.

En la pista derecha en una escala híbrida (lineal-exponencial) en las primeras cinco divisiones de la banda la resistividad aumenta linealmente desde 0 hasta 250 ohms-m, mientras que en las otras cinco divisiones aumenta en forma exponencial desde 250 ohms-m hasta el infinito.

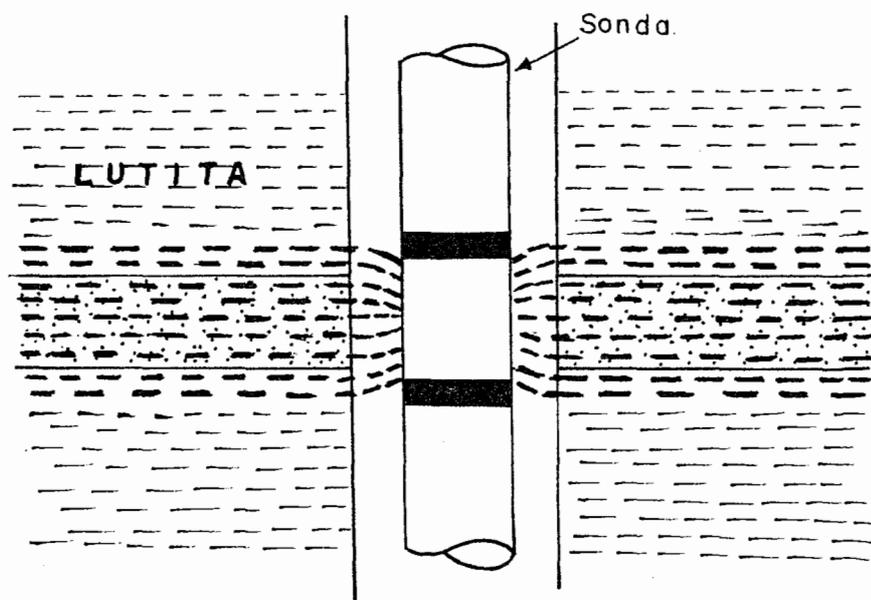
### Factores que afectan las lecturas del Registro (2)

Las cantidades de corrientes que circulan por una u otra capa dependen del espesor de la capa considerada y de los valores

de resistividad de toda las capas.

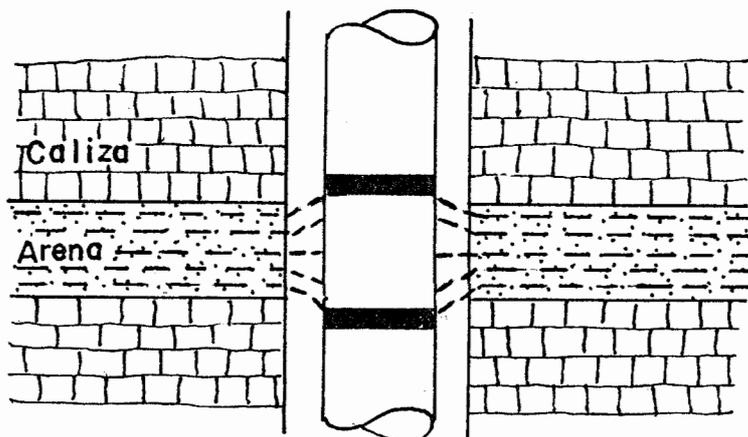
### Efectos de las capas adyacentes

Cuando las capas adyacentes son de baja resistividad causarán una disminución en las mediciones de resistividad aparente ( $R_a$ ). Al disminuir el espesor de la capa considerada también disminuiría progresivamente la resistividad medida, como se observa en la siguiente figura.



Cuando las capas adyacentes son más resistivas, la corriente de medición las evitará, circulando a través de la de formación conductiva. Al ocurrir esto, el área de sección del disco de corriente de medición se reducirá, causando un aumento en la resistencia; en consecuencia cuanto más pequeño sean los valores de la razón  $R_t/R_s$  y del espesor de capa, mayor será el aumento en la resistividad aparente.

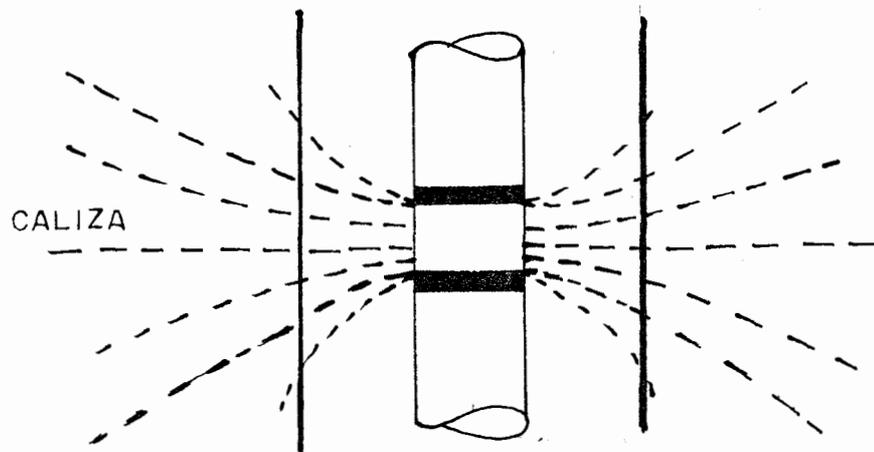
La figura siguiente denota sus consecuencias.



#### Efectos por el diámetro del pozo

El efecto del diámetro del pozo sobre las mediciones de resistividad aparente por el lateroperfil puede despreciarse cuando el pozo es de una medida normal y está lleno de fluido de perforación muy salado.

En una capa resistiva de gran espesor atravesada por un pozo de gran diámetro lleno de un fluido muy conductivo ( $R_t > R_m$ ) el disco de corriente de medida tenderá a evitar penetrar en la formación resistiva que enfrenta al electrodo central, por lo tanto el disco de corriente se ensanchará dentro del pozo; el efecto de esta expansión, aumentará el área de sección del disco de corriente de medición causando una reducción en la medición de la resistividad aparente, como se observa en la figura siguiente.



### Efectos de invasión en el Lateroperfil

Cuando la invasión es somera registra mediciones de resistividad que se aproximan bastante a la resistividad real de la formación  $R_a \cong R_t$ .

Cuando la invasión es profunda es necesario hacer correcciones debido a la diferencia de potencial que se mide y es la suma total de las caídas de potencial tanto a través de la zona invadida como de la zona no contaminada ( $R_t$ ).

Valores promedios de corrección (2) para diferentes diámetros de invasión:

Diámetro de invasión	Corrección
$D_i = 2.5 d_h$	$R_a = 0.2 R_{xo} + 0.8 R_t$
$D_i = 5.0 d_h$	$R_a = 0.4 R_{xo} + 0.6 R_t$
$D_i = 10.0 d_h$	$R_a = 0.6 R_{xo} + 0.4 R_t$

El diámetro de invasión se puede estimar de acuerdo a la porosidad:

Porosidad (%)	Diámetro de invasión
5 - 10	$D_i = 10 dh$
10 - 15	$D_i = 5 dh$
15 - 20	$D_i = 2.5 dh$

La influencia de la invasión sobre las mediciones de resistividad aparente ( $R_a$ ) será menor cuando más largo sean los electrodos enfocadores que se utilicen en los instrumentos de perfilaje enfocado.

#### Condiciones óptimas y sus limitaciones

El lateroperfil-3 es especialmente adecuado en lodos salinos y el espesor de capa a investigarse debe ser mayor de 1' y la resistividad de la zona no contaminada con relación a la resistividad del lodo de perforación debe ser mayor de 50, obteniéndose buenos resultados debido a este contraste de resistividad.

#### Registro Lateroperfil - 7

El objetivo principal de esta herramienta es la medición de la resistividad de la zona no contaminada ( $R_t$ ). Es un registro de largo alcance, usando electrodos donde la corriente investigadora es forzada a través de las formaciones, en forma de lámina de espesor predeterminada, de tal manera que mide una extensión vertical limitada, sin los efectos del lodo de perfora

ción.

Este registro se lo utiliza especialmente en capas mucho más anchas que la utilizada por el lateroperfil-3, además muy resistivas, en presencia de fluido de perforación muy salina.

#### Principio de Medida

La herramienta (4) consta de un electrodo central,  $A_0$  y tres pares de electrodos de enfoque  $M_1 - M_2$ ,  $M'_1 - M'_2$ ,  $A_1 - A_2$ , los electrodos de cada par están colocados simétricamente con respecto a  $A_0$  y están conectados entre sí por un cable en cortocircuito los electrodos del mismo par (mantienen el mismo potencial).

Se envía una corriente constante  $I_0$  por el electrodo  $A_0$ . Corrientes adicionales de la misma polaridad se alimentan a través de electrodos auxiliares  $A_1$  y  $A_2$ . La intensidad de esta corriente es automática y continuamente ajustada en forma tal que la diferencia de potencial entre los electrodos  $M_1 - M'_1$  y  $M_2 - M'_2$  es mantenida prácticamente igual a cero, ninguna corriente fluye desde  $A_0$  en el pozo entre  $M_1 - M'_1$  y  $M_2 - M'_2$ , por lo tanto la corriente de  $A_0$  debe penetrar horizontalmente en las formaciones.

De acuerdo con este sistema de corriente de Ao está impedida de fluir hacia arriba más allá del punto intermedio entre los electrodos  $M_1 - M'_1$  o hacia abajo, más allá del punto intermedio entre los electrodos  $M_2 - M'_2$ , como si estos niveles estuviesen colocados tapones aisladores.

El espesor de la hoja de corriente  $I_0$  es de 32" (distancia entre  $O_1 - O_2$ ), el largo de sonda ( $A_1 - A_2$ ) es de 80", el radio de investigación es de 120"; la Figura 9 es una representación de la sonda del lateroperfil-7.

#### Perfil típico

En la pista izquierda en escala lineal se registra una curva litológica, generalmente de rayos gamma, ya que el SP registrado con estas herramientas es muy defectuoso, una curva de resistividad se presenta en la pista derecha en escala logarítmica (0.2 a 1.000) ohms-m.

#### Factores que afectan las lecturas del Registro

Como la corriente de medida es enfocada y el espaciamiento entre los electrodos es pequeño (32"), el efecto de las zonas vecinas y de espesor de capas es reducido a un mínimo.

Cuando la resistividad del lodo es alto y el diámetro del pozo es grande, en este caso es necesario corregir las lecturas en

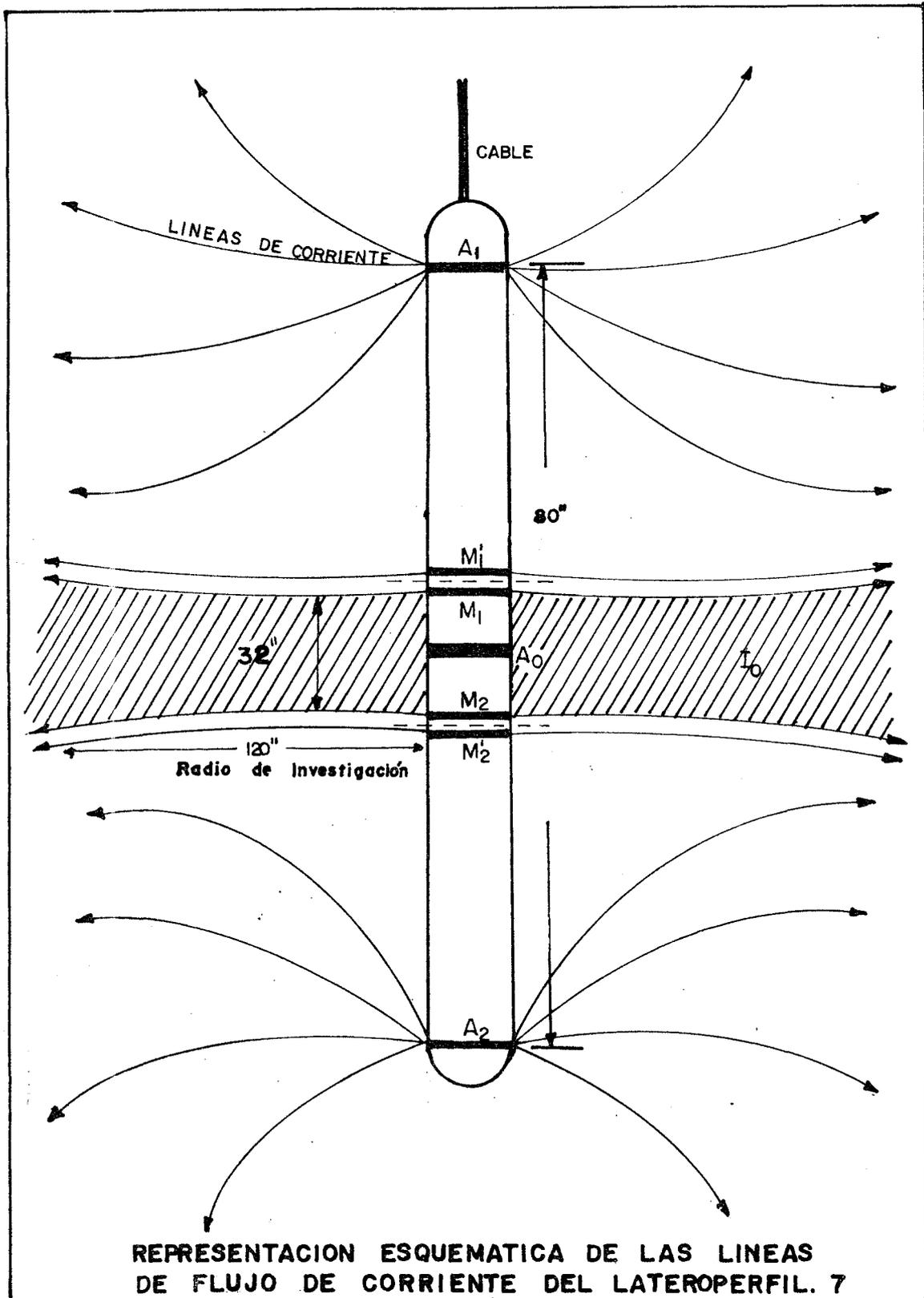


Fig. 9

base de las cartas de interpretación (6).

El diámetro de invasión puede tener efectos considerables sobre las lecturas si ésta es profunda determinando  $R_{xo}$ .

#### Condiciones óptimas y limitaciones

Las condiciones más apropiadas para el uso del lateroperfil-7 son las siguientes: El espesor de la capa debe ser mayor de 3', el fluido de perforación debe de ser salino y la formación de alta resistividad, además si la relación entre la resistividad de la zona lavada es menor que la resistividad de la zona no contaminada ( $R_{xo} < R_t$ ), cuando la resistividad de la zona no contaminada con relación a la resistividad del lodo es mayor a 50 ( $R_t/R_m > 50$ ).

#### 2.1.3 Registros de Mediano alcance

##### Registro Lateroperfil-8

El objetivo principal de esta herramienta es la medición de la resistividad de la zona invadida, usando electrodos que fuerzan la corriente de medida dentro de la formación en forma de lámina de espesor predeterminado, de tal manera que sólo se mide una extensión vertical limitada, sin los efectos del lodo de perforación.

### Principio de Medida

Es una herramienta (4) similar a los lateroperfiles 3 y 7, por cuanto tiene el mismo principio de enfocamiento, pero el espaciamiento entre los electrodos es menor. El espesor del haz de corriente  $I_0$  es de 14" (35.5 cm) y la distancia entre los electrodos compensadores es de casi 40" y el electrodo de retorno de la corriente está colocado a poca distancia de  $A_0$ . Debido a esta configuración, el lateroperfil-8 tiene un detalle vertical muy fino y se encuentra más afectado por los efectos del pozo y de la zona invadida.

Los electrodos pequeños van colocados en la sonda de la herramienta de Doble Inducción o Doble Lateroperfil.

### Perfil Típico

El perfil del lateroperfil-8 se corre con el perfil de Doble inducción, representando una mejora con respecto a la normal corta ya conocida. La escala utilizada es logarítmica de 4 ciclos, donde en la pista izquierda del perfil se registra una curva litológica de rayos gamma o SP, en la pista derecha 3 curvas de resistividad, una de investigación profunda (Ild, similar al 6FF40), otra de investigación mediana (IIm) y por último el perfil de resistividad lateroperfil 8 (LL8).

### Factores que afectan las lecturas del Registro

Los principales factores que afectan las lecturas son el diámetro del pozo, la resistividad del lodo y el diámetro de invasión.

Los efectos del pozo y del lodo pueden ser corregidos en base a gráficos de las cartas de interpretación (6).

El diámetro de invasión afecta la lectura, cuando es relativamente bajo, nos determina la resistividad verdadera de la formación ( $R_t$ ); pero cuando la invasión es profunda el lateroperfil-8 nos determina la resistividad de la zona invadida ( $R_i$ ).

El espesor de la capa y las zonas vecinas tienen muy poco efecto ya que la corriente de medida es enfocada, teniendo buena resolución vertical este perfil.

### Condiciones óptimas y limitaciones

Este perfil es especial para pozos con lodos salados y el espesor de la capa debe ser mayor de 14", la limitación que existe está en que  $RLL8/R_m$  debe ser menor de 50 y el diámetro del pozo menor de 12", en caso contrario será necesario correcciones para ambos factores por medio de cartas (6).

#### 2.1.4 Registros de Pared

##### Registro Microperfil (ML)

El propósito principal de este registro (7) fue el de dar las características de las formaciones en las zonas más cercanas al pozo, fue diseñado de tal manera que su radio de investigación fuera pequeño, sin ser afectada por los fluidos en el pozo y que por consiguiente se encuentre en contacto con las formaciones que atraviesa, por medio de dos patines que se operan hidráulicamente.

Las lecturas se efectúan mediante dos dispositivos de espaciamiento muy pequeño, uno normal de 2" y otro lateral de 1.5" de espaciamiento.

##### Objetivos

- Por medio del microperfil se podrá determinar la resistividad de la zona lavada (Rx0) y por ende la porosidad efectiva.
- El microperfil determina efectivamente los límites de la formación y permite una evaluación del espesor neto de la zona productiva, estableciendo los estratos productores interestratificados que no se pueden reconocer con los perfiles convencionales.

- Determina el espesor de la costra de lodo ( $t_{mc}$ ) en las zonas permeables.
- Medir la resistividad del lodo ( $R_m$ ) en el pozo, con tal fin las medidas se hacen en el viaje hacia abajo cuando la sonda todavía está en posición cerrada. Medidas bastante precisas de  $R_m$  se obtienen especialmente en las partes agrandadas del pozo, por medio de los electrodos de la microinversa.
- Determina la presencia y el grado de continuidad en zonas impermeables dentro de secciones de la roca de acumulación, es de gran importancia en los estudios de inyección de fluídos que se hacen con el fin de aumentar la recuperación del petróleo.

#### Principio de Medición

El registro (4) está constituido por 2 curvas que son tomadas simultáneamente a la profundidad. La primera es una curva normal que se toma con los electrodos A-M2 y un electrodo de referencia, que tiene un espaciamento de 2" (llamada también mícronormal) y la otra es una curva lateral que se toma con los electrodos A-M1-M2 y tiene un espaciamento A0 de 1.5", siendo 0 el punto medio entre M1-M2 (llamada esta curva microinversa).

Por medio del electrodo A, se envía a la formación una corriente de intensidad conocida, la cual crea diferencias de potencial entre los electrodos M1-M2 y entre M2 y el electrodo de referencia en la superficie.

El radio de investigación de la microinversa es de 1.5" y el de la micronormal es de 2" a 4", la primera responde básicamente a la costra de lodo (tmc) y la segunda principalmente a la zona lavada.

La mayoría de las sondas están compuesta por un patín de electrodos y el patín de apoyo, ubicados en posición opuesta entre sí; se operan en forma hidráulica desde los controles de superficie y pueden abrirse o retraerse en cualquier punto del pozo. La distancia entre las caras exteriores de las almohadillas se registra en forma continua mientras se registra el microperfil obteniéndose el llamado perfil microcalibrador, que no es más que el registro continuo del diámetro del pozo.

En la Figura 10 se muestra la sección de patines de la sonda del microperfil.

### Perfil Típico

En la pista izquierda en escala lineal, se registra la Curva de calibración y una línea trazada eléctricamente, que representa

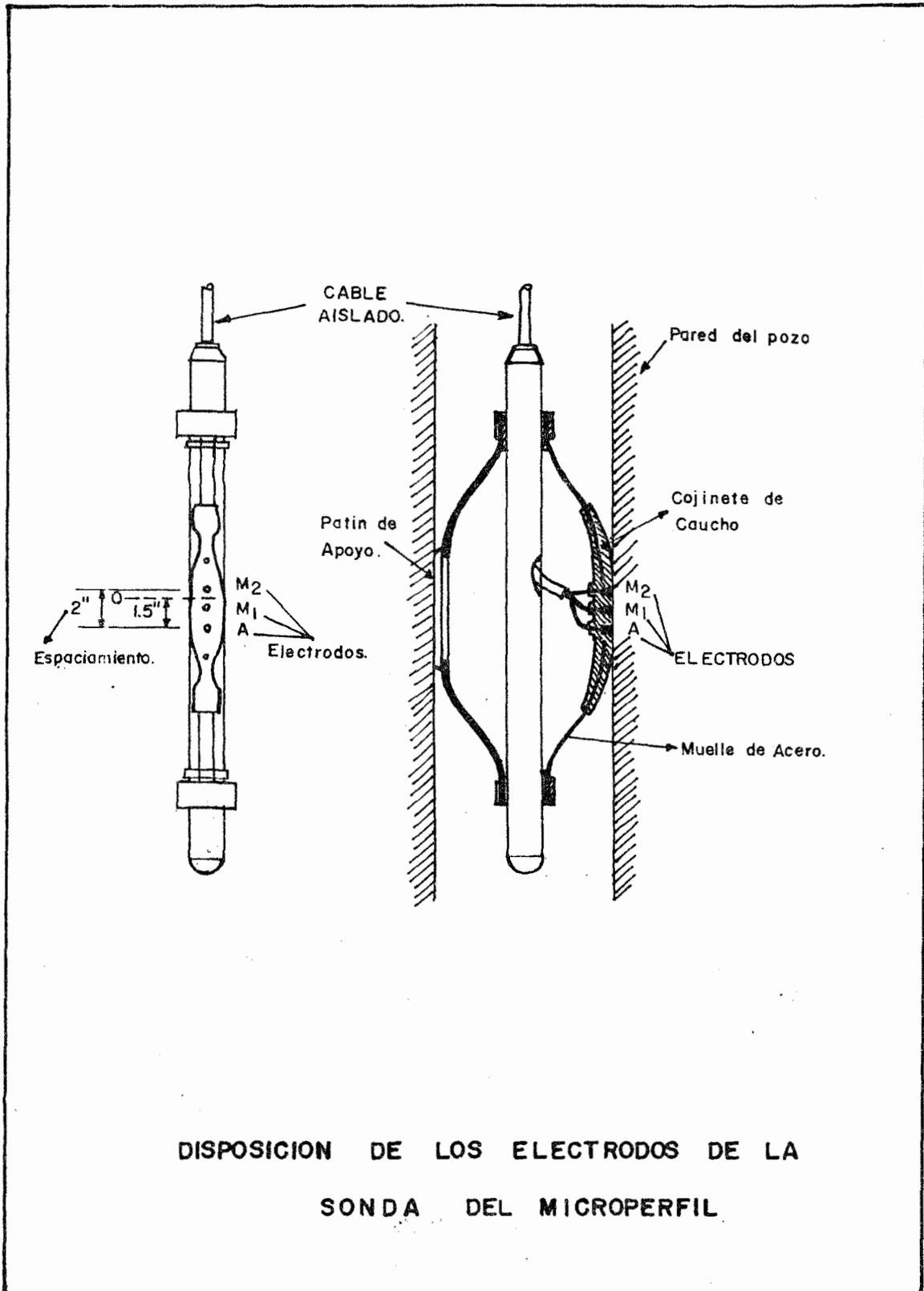


Fig. 10.

el diámetro de la broca. La diferencia entre las dos líneas - permite conocer el espesor de la costra de lodo.

En la pista derecha se registra la curva micronormal (línea - punteada) y la curva microinversa (línea continua).

### Interpretación Cualitativa

Las características del microperfil, con base a las observaciones y análisis de la Figura 11, son las siguientes:

1. En zonas muy apretadas o duras (calizas, dolomitas y anhídritas compactas), ambas curvas tenderán a leer valores al tos de resistividad, indicando ausencia de permeabilidad (separación negativa), y la curva será bastante dentada e irregular debido a la desviación de la corriente alrededor del cojinete.
2. En una sección de lutita, debido a la falta de permeabilidad, no ocurre introducción del filtrado de lodo y por lo tanto no se forma costra de lodo. Como resultado las curvas de 1" x 1" y 2" se superponen, o presentarán una separación ligeramente negativa.
3. Cuando el valor de  $R_{mc}$  es en general una a dos veces el va lor de  $R_m$  y casi siempre menor que  $R_{xo}$ . En consecuencia ;

la micronormal generalmente leerá mayor valor que la micro inversa en presencia de una formación permeable. A esto se le llama separación positiva.

4. El registro microperfil cuando hay presencia de una zona permeable y porosa responde con una separación positiva entre las dos curvas la cual se tiene cuando la curva micronormal leerá un valor mayor que la microinversa.
5. En arenas de alta porosidad y permeabilidad que contienen agua salada, en general ocurre poca o ninguna invasión, por lo que tendremos una separación negativa, en donde la curva de 2" investiga  $R_o$  (resistividad de la formación saturada 100% de agua) y la curva de 1" x 1" la resistividad de la costra de lodo  $R_{mc}$ , donde esta es mayor que la  $R_o$ , debido al uso de lodos de baja pérdida de agua.
6. Si la porosidad y la permeabilidad vertical de una formación es muy alta y la formación contiene agua mucho más salada que el filtrado de lodo, éste tiende a flotar sobre el agua de formación, acumulándose en el tope de la zona porosa; en esta circunstancia el microperfil mostrará separación positiva en el tope de la formación y ninguna separación (o negativa en algunos casos) hacia la base.

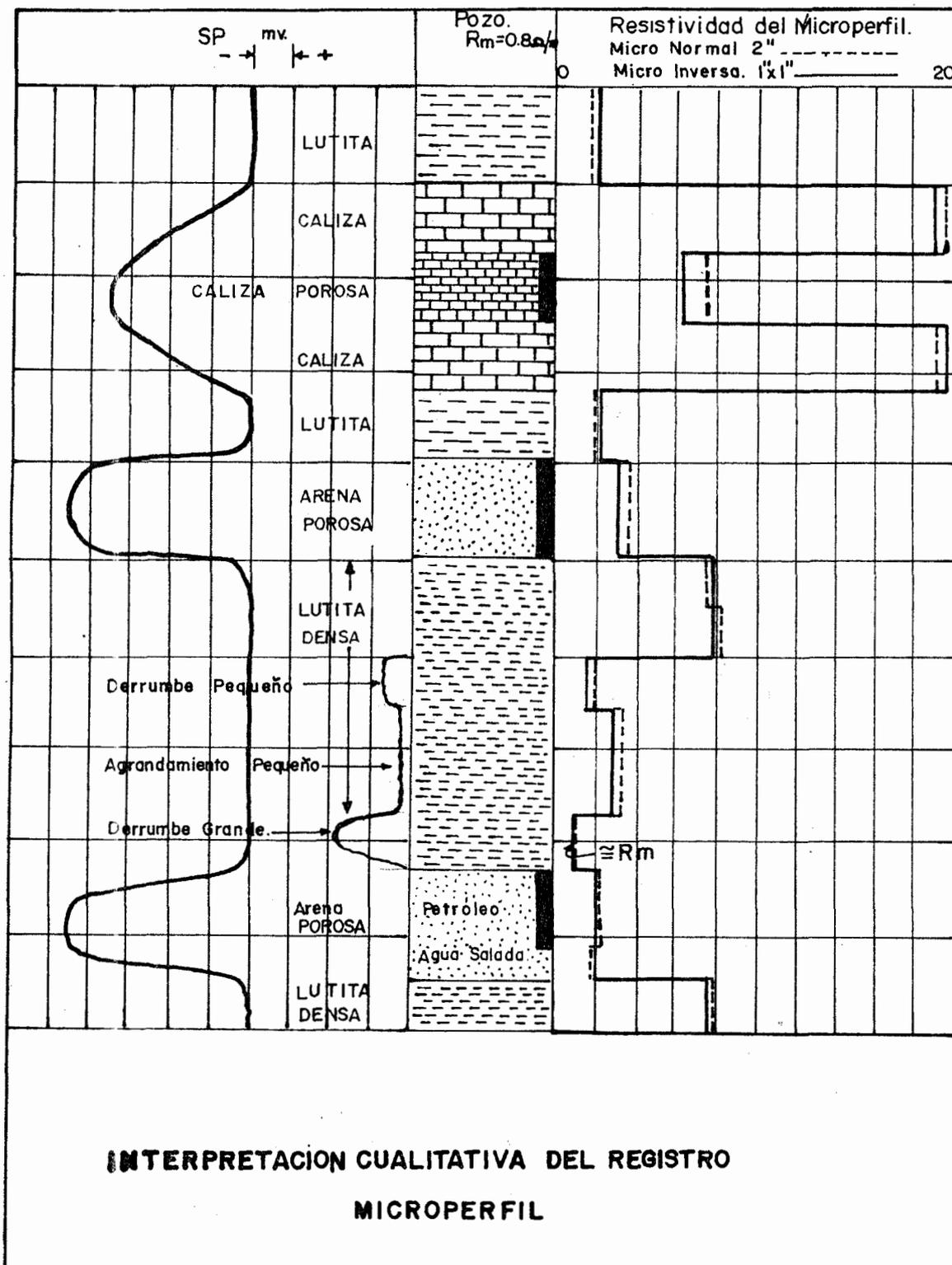


Fig. 11

7. Con el microperfil existe la posibilidad de determinar la presencia de un ensanchamiento del pozo. Estos espacios se llenan con lodo y la resistividad registrada es aproximadamente la del lodo, la cual es más baja que la resistividad de la costra. Por lo tanto las curvas registradas coinciden una con la otra.

### Factores que afectan al Registro Microperfil

1. El diámetro del pozo

Tiene efecto sobre las lecturas, pero pequeño. Las compañías de servicio generalmente incluyen estas correcciones en sus cartas de interpretación; para lo cual existen sondas de 4.5" hasta 16" de diámetro.

2. Resistividad del lodo de perforación

Afecta únicamente a la resistividad del registro cuando no hay un buen contacto entre la almohadilla y la pared del pozo, pues en este caso se producen fugas de corriente.

3. El espesor y la resistividad de la costra de lodo

Son los responsables por los mayores efectos sobre las lecturas para la determinación del Rxo; para lo cual existen gráficas en las cartas de interpretación para sus correcciones.

#### 4. El diámetro de invasión

Para que no afecte el valor de la lectura, el diámetro de invasión debe de ser mayor de 4", ya que este registro responde en alto porcentaje a las condiciones de la zona lavada y por consiguiente su medida viene afectada por la magnitud del aceite residual (ROS).

Por lo tanto hay que hacer una corrección para este parámetro cuando se trata de determinar la porosidad de la formación.

Para formaciones humectadas de agua se puede aproximar ROS según la densidad del petróleo de acuerdo a la siguiente Tabla (4):

	°API	(ROS)%
Petróleo Liviano	40 - 50	0 - 10
Petróleo Medios	20 - 40	10 - 20
Petróleo Pesados	10 - 20	20 - 30
Gas Natural		30 - 40

#### Condiciones óptimas y Limitaciones

La utilidad del microperfil dependerá mayormente de la precisión en la medición de la Rmc. Por consiguiente para obtener buenos valores de Rxo, se requiere trabajar bajo las si -

guientes condiciones:

$$1/4'' < t_{mc} < 1/2''$$

$$R_{xo}/R_{mc} < 25$$

$$\emptyset = 15 \text{ a } 20\%$$

$$D_i > 4''$$

### Registro Microlateroperfil (MLL)

Es una herramienta de pared compuesto de un patín de electrodos y un patín de apoyo ubicados en forma opuesta uno con respecto al otro, que posee mecanismos de enfoque de corriente, para tratar de eliminar en su mayor parte el efecto de la costra de lodo.

El microlateroperfil se usa más ampliamente en pozos perforados con lodos poco resistivos (conductivos). Cuando la resistividad del filtrado de lodo es aproximadamente igual o menor que la resistividad del agua de formación. En consecuencia el contraste de resistividad entre las resistividades de la formación y de la costra de lodo es alta. Para tales condiciones los revoques no son por lo general muy gruesos.

### Objetivo

El microlateroperfil se usa para medir la resistividad de la zona lavada ( $R_{xo}$ ), la que a su vez puede utilizarse para determinar la porosidad y para estimar la saturación de agua.

### Principio de Medición

El sistema de medida (4) comprende un electrodo central  $A_0$  de pequeño diámetro y 3 electrodos circulares en forma de anillos  $M_1 - M_2$  y  $A_1$ , concéntricos en  $A_0$ , espaciados  $9/16''$  entre anillos sucesivos; todo los electrodos van colocados sobre una almohadilla que se apoya contra las paredes del pozo mediante un mecanismo de resortes.

Por el electrodo emisor  $A_0$  se emite una corriente constante  $I_0$  conocida hacia la formación y otra corriente de la misma polaridad que se ajusta automáticamente por medio de un electrodo exterior de enfoque  $A_1$ , de tal manera que la diferencia de potencial entre los electrodos  $M_1 - M_2$  se mantenga básicamente nula.

La corriente emitida a través del electrodo  $A_1$ , obliga a la corriente emitida en  $A_0$  a penetrar perpendicularmente a la formación en forma de haz, con un diámetro que es aproximadamente el diámetro promedio de los anillos  $M_1 - M_2$ , es decir  $2''$  para luego divergir a pocas pulgadas de la almohadilla.

La lectura del microlateroperfil está influenciada mayormente por la formación abarcada dentro de este delgado haz con una profundidad de investigación de  $3''$ , siempre que el diámetro de invasión sea mayor de  $4''$ .

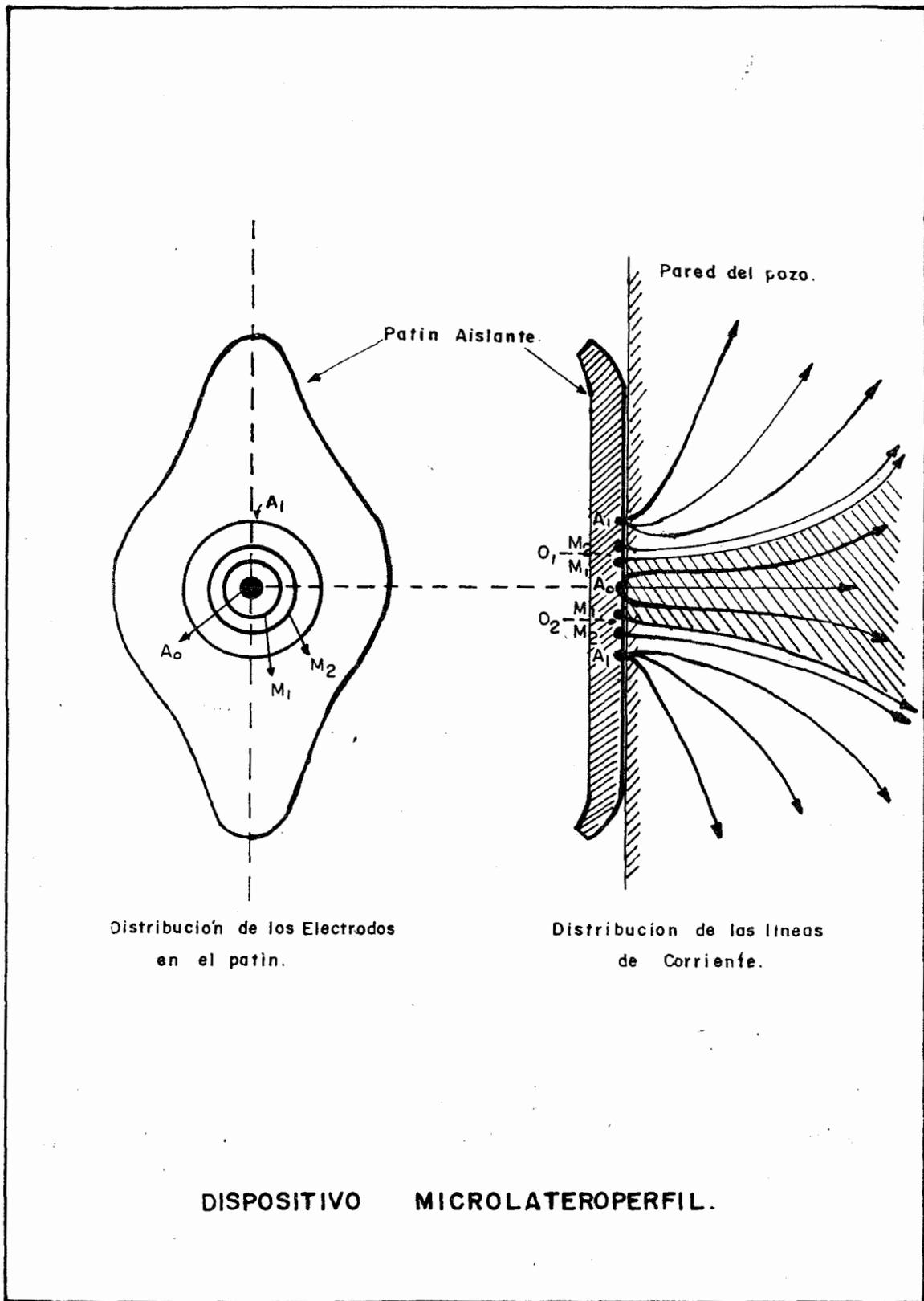


Fig. 12.

En la Figura 12 se detalla el patín del microlateroperfil con sus electrodos de corrientes.

### Perfil Típico

En la pista izquierda en escala lineal, se grafica el perfil de calibración del pozo (caliper), el perfil del diámetro de la broca, además una curva litológica de rayos gamma.

En la pista derecha la curva de resistividad del microlateroperfil, ya sea en escala lineal o logarítmica.

### Interpretación Cualitativa

- En formaciones porosas y permeables, la curva de resistividad da directamente el valor de  $R_{xo}$ , siempre y cuando el diámetro de invasión sea mayor de 4", obteniéndose lecturas muy bajas.
- En formaciones duras impermeables se obtiene generalmente lecturas muy altas.
- En las lutitas si no hay derrumbes y la almohadilla está bien apoyada contra la pared del pozo, se obtiene directamente el valor de la resistividad ( $R_{sh}$ ).

### Factores que afectan las lecturas del Registro

Si el espesor de la costra de lodo es mayor de media pulgada - las lecturas deben corregirse en las cartas de interpretación (6) formuladas por las compañías, para obtener el valor de Rxo.

### Condiciones óptimas y Limitaciones

Este equipo responde en zonas de baja porosidad, con fluidos de perforación conductivo, en formaciones donde el contraste de resistividad entre la resistividad de la formación y la resistividad de la costra de lodo es mayor que 100.

Además el espesor de la costra de lodo no debe exceder de 3/8" y el diámetro de invasión sea mayor de 4".

El registro microlateroperfil es ideal cuando existe lodos salados que producen invasión moderada a profunda y revoques delgados, por tal motivo tiene la característica de tener buena definición vertical, produciendo un registro con demasiados detalles, dificultando la técnica de la lectura.

### Registro de Proximidad (PL)

#### Introducción

Es una herramienta de pared diseñada para medir la resistividad de la zona lavada (Rxo), y se lo recomienda para las inyecciones.

ciones de lodos más resistivas y espesores de costra de los - dos gruesos y en formaciones de baja porosidad. Esta sonda en principio es similar al microlateroperfil con la diferencia que los electrodos están montados sobre una almohadilla más ancha la cual es aplicada sobre la pared del pozo; el sistema es enfocado automáticamente por electrodos monitores.

#### Principio de Medida

En este sistema de perfilaje consta de un patín de electrodos y un patín de apoyo ubicados en forma opuesta uno con respecto al otro. El patín de medida comprende 3 tipos de electrodos: electrodo de medida, monitor y de guarda, colocados todos en una almohadilla que se apoya contra la pared del pozo mediante un sistema de brazos y resortes.

El principio de medición es similar al microlateroperfil porque también lleva un sistema de enfoque automático de corriente mediante el electrodo monitor, y en consecuencia, la corriente de medida penetra mucho más en la formación llegando a alcanzar hasta 16", por lo tanto el sistema de enfoque del perfil de proximidad es más poderoso que el microlateroperfil, y en tales circunstancias, la respuesta va a depender del diámetro de invasión del filtrado de lodo. La Figura (13) representa la sonda del proximity.

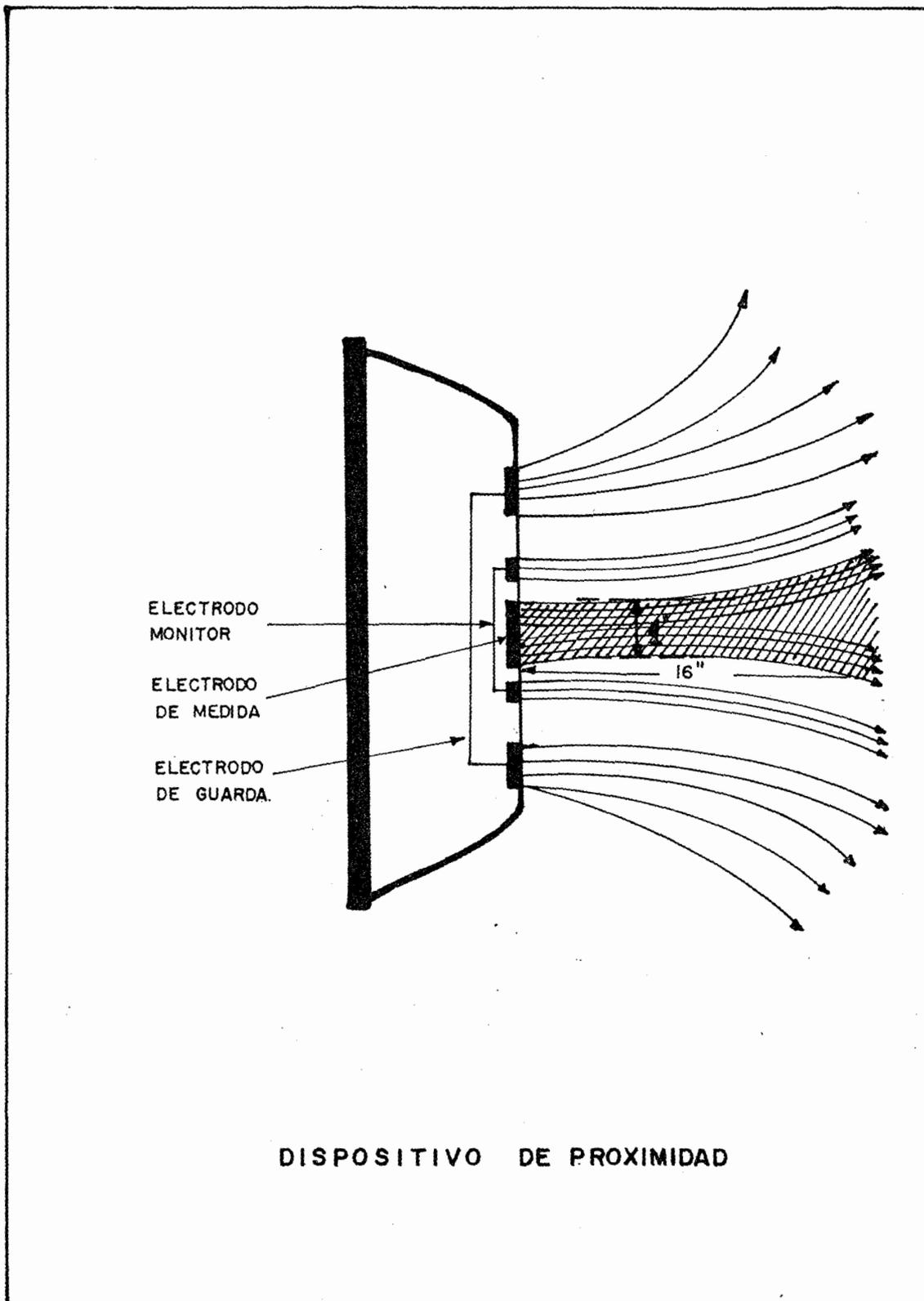


Fig. 13

### Perfil Típico

En este sistema de perfilaje se registran simultáneamente tres mediciones, en la pista izquierda se registra una curva para correlaciones litológicas, una de rayos gamma o de potencial espontáneo; una de calibrador (caliper), para determinar las variaciones en el diámetro del pozo en escala lineal.

La curva de resistividad enfocada de proximidad se registra en el carril derecho en escala logarítmica que comprende 4 ciclos, desde 0.2 hasta 2.000 ohm-m el perfil de proximidad.

### Interpretación Cualitativa

En formaciones porosas, la curva da un valor intermedio entre  $R_{xo}$  y  $R_t$ , pero más cerca de  $R_{xo}$ , siempre y cuando el diámetro de invasión ( $D_i$ ) sea mayor de 40". Cuando la invasión es muy somera la resistividad del proximity nos dará el valor de  $R_t$ .

Las lecturas muy elevadas son típicas de formaciones duras impermeables (calizas). En lutitas si no hay derrumbes, la lectura da directamente ( $R_{sh}$ ), la resistividad de la zona de lutita. Puede usarse para delimitar capas, ya que tiene buena resolución vertical.

### Factores que afectan las lecturas del Registro

El perfil de proximidad se encuentra afectado básicamente por la costra de lodo y por el diámetro de invasión.

La corrección por la costra de lodo sólo será necesaria si el espesor de la costra de lodo es mayor de  $3/4''$ , y si el diámetro de invasión es menor de  $40''$ , la lectura se encuentra afectada por el valor de  $R_t$ .

### Condiciones Óptimas y Limitaciones

Si el espesor de la costra de lodo es mayor de  $3/8''$  y menor de  $3/4''$  y el diámetro de invasión mayor de  $40''$ , en formaciones de baja porosidad.

La limitación principal está en función directa del diámetro de invasión y no debe usarse en formaciones de alta porosidad.

Cuando las formaciones son mayores de  $1'$  de espesor, el efecto de las capas adyacentes sobre el perfil de proximidad, es despreciable.

### Registro Microesférico Enfocado (MSFL)

#### Introducción

Es una herramienta de pared y de corriente enfocada, es adecuada para cualquier tipo de formación, sin los negativos

efectos de la costra de lodo y sin necesidad de una invasión profunda como lo requiere el proximity log. Además es utilizado para cualquier tipo de lodo, dulce o salado.

### Objetivo

Esta herramienta (4) es de reciente aparición en el mercado y, diseñada para medir la resistividad de la zona lavada, Rxo, de mejor optimización que el proximity y del microlateroperfil. Además es utilizado para delimitar capas permeables, pues tiene buena definición vertical.

### Principio de Medida

Consta de 5 electrodos  $A_0$ ,  $M_0$ ,  $A_1$ ,  $M_1$  y  $M_2$  colocados todos sobre una almohadilla que se apoya contra la pared del pozo.

Por medio del electrodo central  $A_0$ , se emite dos corrientes  $I_0$  y  $I_a$ , cuya suma se ajusta de tal forma de medida se mantenga igual a un voltaje de referencia constante.

La corriente  $I_0$  es ajustado independientemente de tal manera que el voltaje monitor, diferencia de potencial, sea igual a cero. En consecuencia la corriente  $I_0$  es proporcional a la conductividad de una sección de la formación situada casi instantáneamente después de la costra de lodo y el valor de  $I_0$  medido es convertido en resistividad.

El haz de corriente enviado a la formación es inicialmente - muy delgado divergiendo rápidamente, por lo tanto, la profundidad de investigación es un poco mayor que el microlatero - perfil, y debido a que el haz es muy concentrado al comienzo, el efecto del revoque es minimizado de un valor intermedio entre el microlateroperfil y el proximity.

La corriente  $I_a$ , fluye mayormente dentro de la costra de lodo por lo tanto se encuentra fuertemente influenciada por ella, esta propiedad se utiliza para registrar una señal en forma - de conductividad que es proporcional al espesor de la costra de lodo.

En la Figura (14) nos muestra la sonda con sus electrodos de corriente del microesférico enfocado.

#### Perfil Típico

En la pista izquierda se registra una curva de conductividad, que es proporcional al espesor de la costra de lodo, más una - curva litológica, SP o rayos gamma, en escala lineal. En la pista derecha se muestra una curva de resistividad, en escala logarítmica de 4 ciclos, desde 0.2 hasta 2.000 ohm-m.



### Factores que afectan las lecturas del Registro

Las lecturas se encuentran afectadas para valores de espesores de costra de lodo mayores de  $3/4''$  y para valores elevados de la relación de resistividades entre la resistividad de la formación y la resistividad de la costra de lodo.

Cuando el diámetro de invasión es demasiado pequeño afectan las lecturas y serán afectadas por la resistividad de la zona no contaminada.

Las correcciones se realizan en base a las cartas de interpretación. (6).

### Condiciones óptimas y Limitaciones

El espesor de la costra de lodo no debe de ser mayor de  $3/4''$  y los valores de  $R_{msfl}/R_{mc}$  menores de 20 con el objeto de que las lecturas se encuentren poco afectadas por la costra de lodo. El diámetro de invasión debe de ser mayor de  $8''$  para no tener efectos de Rt.

Este registro puede aplicarse para cualquier tipo de formación, la principal limitación es que no permite obtener valores representativos del espesor del revoque, ya que la curva indicadora es muy afectada por la rugosidad de las paredes del pozo.

## 2.2 CARACTERISTICAS MAS COMUNES DE LOS REGISTROS ELECTRICOS QUE SE TOMAN EN EL ORIENTE.

Las características de los registros que nos basaremos para nuestro estudio estarán relacionados con las formaciones productoras del Oriente Ecuatoriano de los Campos de ATACAPI, AGUARICO Y PARAHUACO.

Del campo Atacapi se ha tomado para su estudio el pozo Atacapi N°4 , con el objeto de analizar las dos arenas de la formación Napo, la arenisca U y T, por separado, utilizando los registros más comunes de identificación litológica y de correlación; la misma metodología se utilizará para los otros dos campos.

La arenisca U encontrada en este pozo y analizada de acuerdo a la forma del SP nos determina un tipo de secuencia de depositación, al de un canal interdistributivo en el cual se observa un "lente grueso de lutita el mismo que reduce el potencial natural de la arenisca "U".

De acuerdo a los datos obtenidos, las propiedades del lodo utilizado es de tipo bentonítico, que es muy usual su empleo por ser el más económico y por su característica de alta viscosidad con el cual protege las paredes del pozo y por tener una pérdida de filtrado de lodo aceptable que no afecta a los valores de resistividades obtenidas por las sondas utilizadas; en especial al Proximity-Microlog.

Si analizamos el perfil del registro de inducción observamos en la zona de interés los valores de resistividades se incrementan indicando alta resistividad debido principalmente por 3 factores que hay que considerar: la porosidad, fluido dentro de la formación y la formación misma; estos tres parámetros hay que conjugarlos para determinar la zona de interés hidrocarbúfera. En consecuencia necesitamos de otro registro que nos de dicha información, para el cual nos valemos del Proximity-Microlog, el nos delimita las zonas permeables y porosas y por medio de él confirmar la estratificación de lutitas la misma que hace disminuir el valor del SP y la resistividad superior de la arena; en consecuencia podemos decir que la estratificación de lutita divide a la arena "U" en dos secciones bien diferenciadas, siendo buen prospecto ambas secciones para contener Hidrocarburos, pero con mayor certeza la arena inferior por su espesor y su alta resistividad. Hay que indicar que las formaciones porosas a estas profundidades contienen por lo general agua salada la misma que hace, en consecuencia, reducir el valor de la resistividad de la formación.

La arena inferior aumenta su resistividad más que la superior debido a la presencia de hidrocarburo y posiblemente a su menor porosidad comparada con la arena superior.

Es necesario hacer notar que debajo de estratificación de la lutita a los 9.360', existe una zona de agua salada el cual lo indica el re-

gistro de inducción con su baja resistividad hasta los 9.365'.

De la misma manera analizamos el pozo Aguarico N°13 del campo Aguarico y determinamos su comportamiento en base a los mismos registros considerados para el estudio.

La Arenisca "U" es de buen espesor casi podríamos considerarla una sección limpia a excepción a los 9.164' que existe una pequeña estratificación de lutita que la detectamos tanto en el SP como en los de resistividad (ISF), y por medio del Proximity-Microlog nos indica - que todo el espesor considerado es permable y poroso; lo que nos induce a probar la formación en todo su espesor ya que la respuesta - del registro de resistividad es buena, debido a la presencia de un - buen tipo de lodo y a la inexistencia de invasión de filtrado considerable.

En conclusión podemos decir que el perfil del SP se desarrolla perfectamente y por su forma nos induce a decir que se trata de un tipo de ambiente de depositación al de Canal Distributivo, y por medio - de los registros de resistividad se deduce la presencia de una alta-resistividad casi uniforme en todo su espesor.

Por último nos pasaremos a analizar el Pozo Parahuaco N°2 perforado en dicho campo de la misma manera antes expuesta.

Por medio del perfil del SP observamos algo muy diferente por su forma con respecto a la misma arena en los otros campos tratados debido a que su ambiente de depositación corresponde al de un Delta, la misma que nos indica la presencia de agua salobre como fluido en dichas arenas, y la presencia de estratificaciones de lutitas en dos zonas bien marcadas, la misma que divide en tres arenas de interés para nuestro estudio.

Analizando el perfil de resistividad (IES) nos damos cuenta que es la arena inferior de todo el espesor considerado el que reviste mayor interés debido a su alta resistividad, permitiendo poner mayor énfasis para el análisis de hidrocarburo; mientras que en las otras dos arenas superiores muestran del perfil de inducción baja resistividad que nos da la certeza de tratarse de arenas saturadas de agua. Este trabajo se llevó a cabo en base de los perfiles antes mencionados los mismos que se presentan en las Figuras 15, 16 y 17.

Una vez analizada la arena "U" de la formación NAPO de estos tres pozos, realizaremos el mismo trabajo para la arena "T" correspondiente a la misma formación, para los mismos pozos y en el mismo orden.

De acuerdo al análisis del perfil del SP para el Pozo ATACAPI y delimitada la arena, observamos que según su forma corresponde al ambiente de un canal interdistributivo, desarrollándose el SP bien en su parte superior y luego decae a partir de los 9.540' debido primeramen

ARENISCA "U" PRINCIPAL FORMACION NAPO  
(ORIENTE)

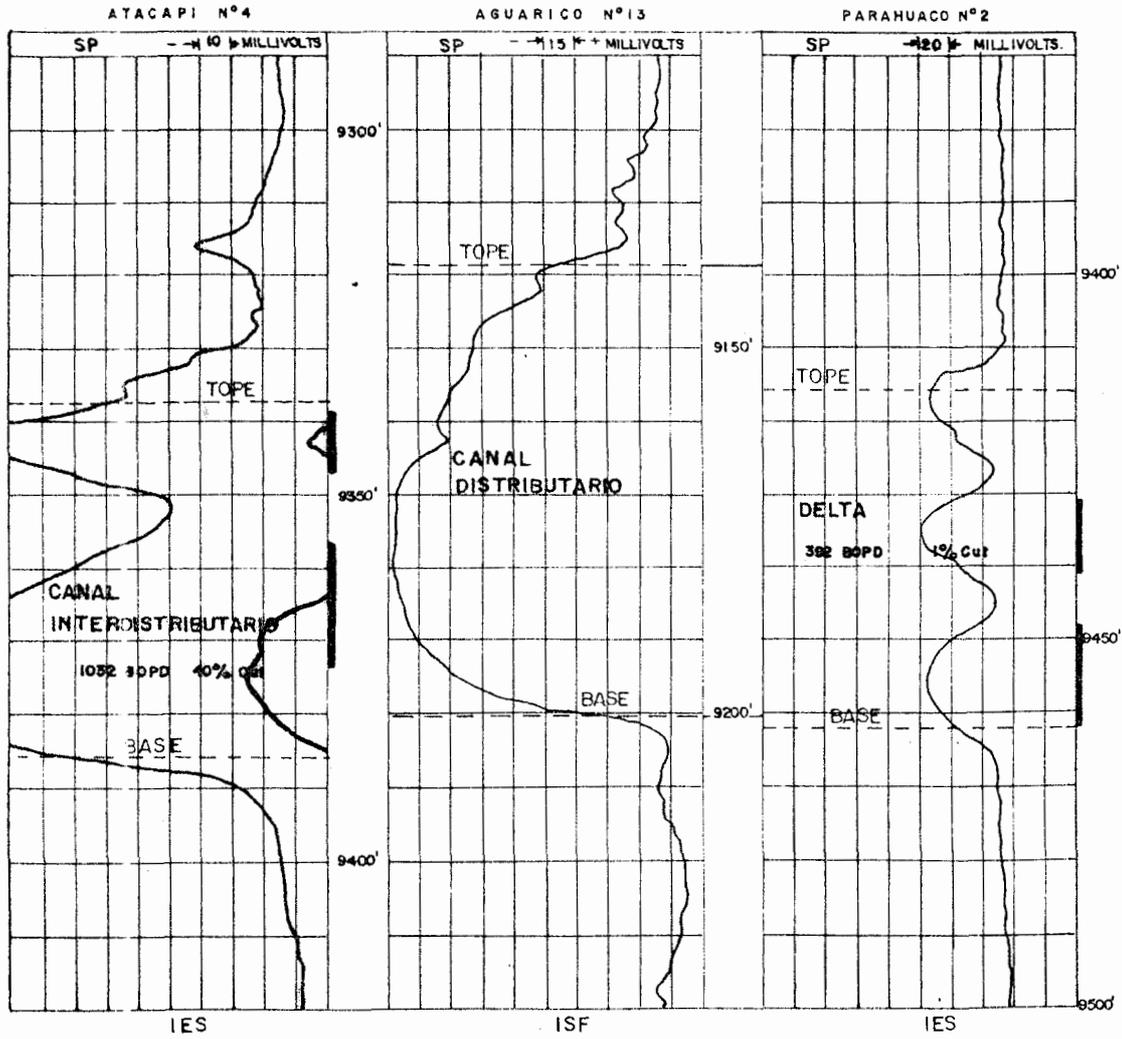


Fig. 15

ESCALA 1/200

ARENISCA "U" PRINCIPAL FORMACION NAPO  
(ORIENTE)

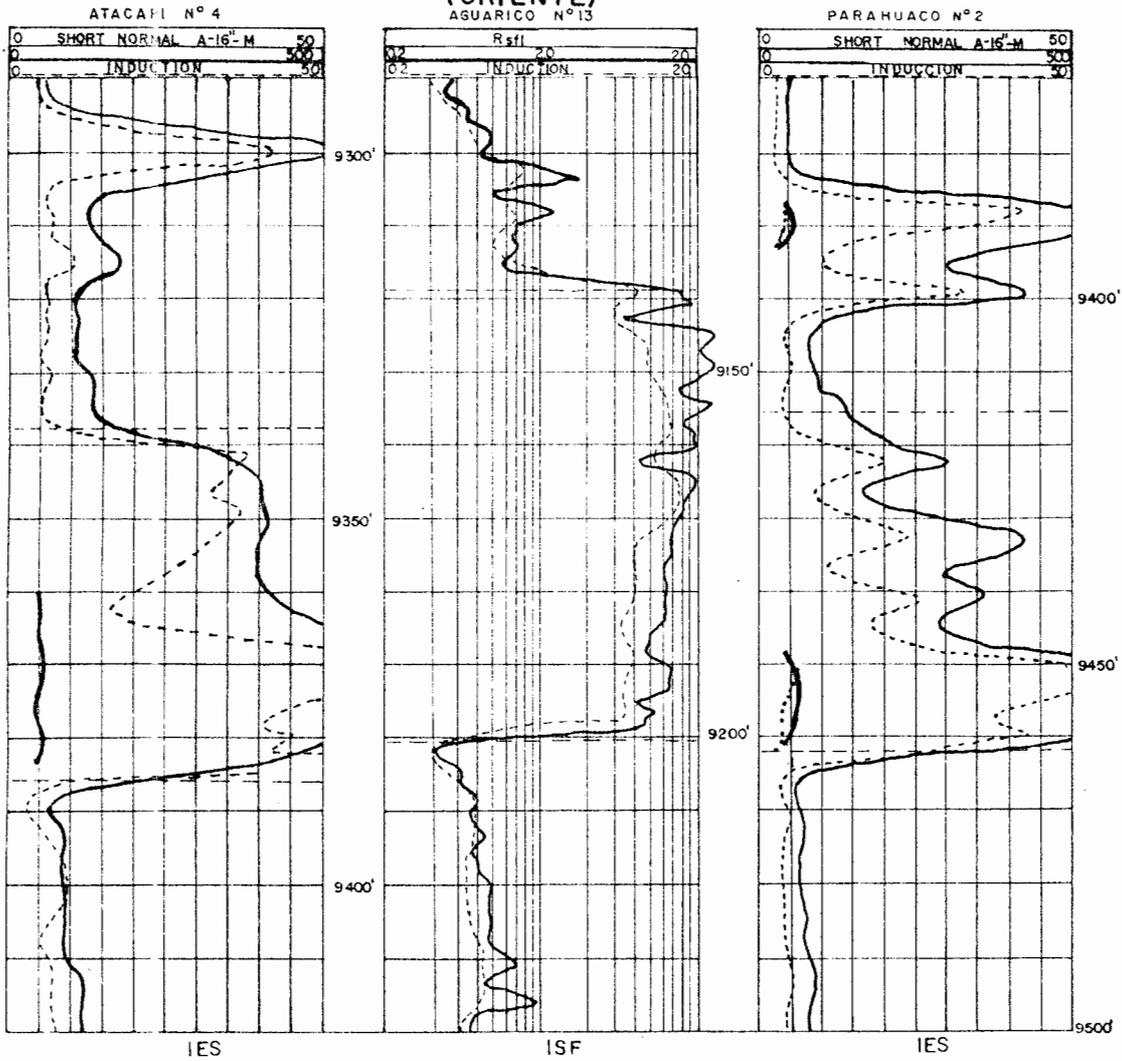


Fig. 16

ESCALA 1/200

ARENISCA "U" PRINCIPAL FORMACION NAPO  
(ORIENTE)

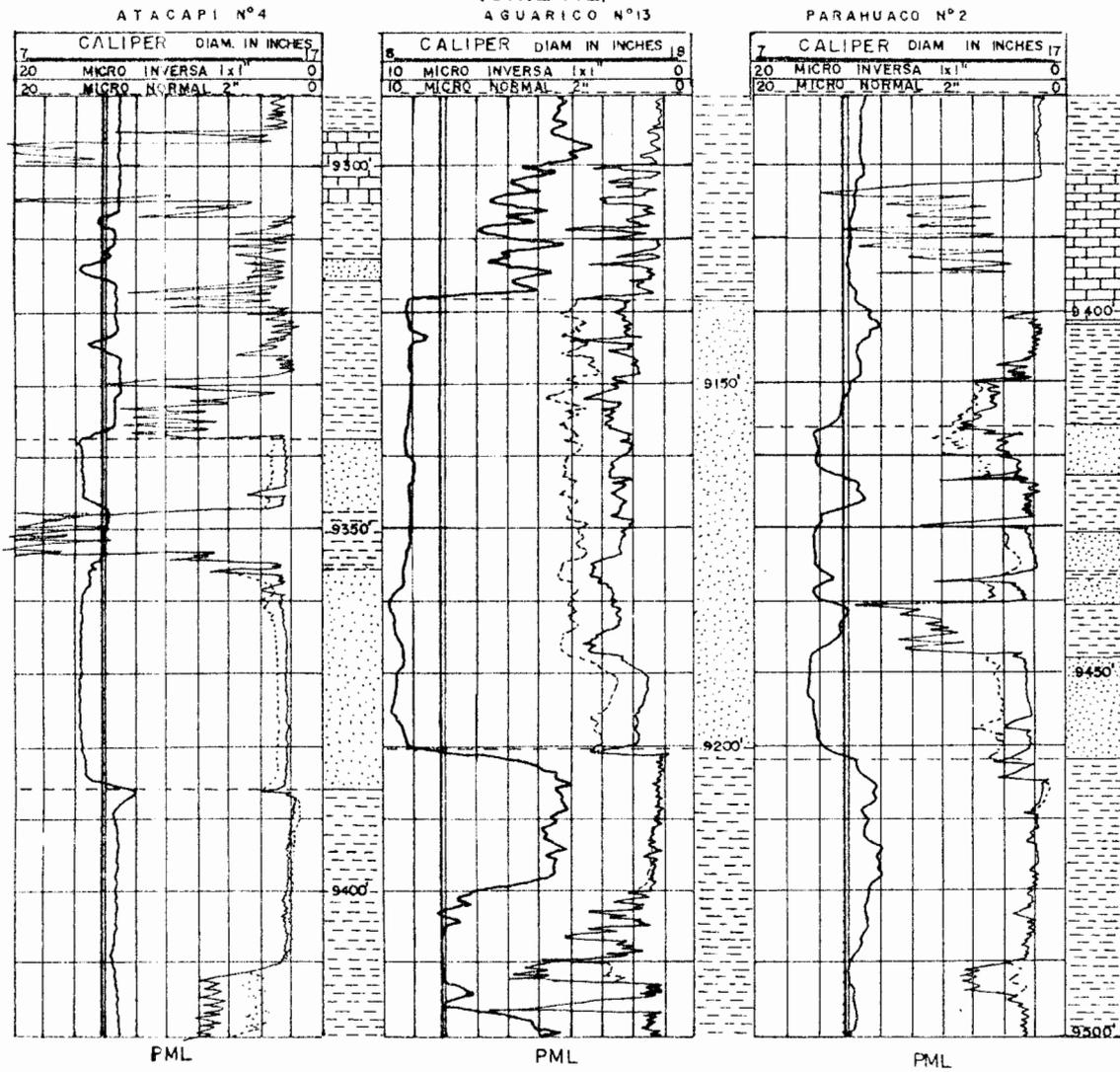


Fig. 17

ESCALA 1/200

te a la presencia de un espesor considerable de lutita; pero si nos desplazamos hacia los 9.500' observamos la presencia de una arena sucia debido a las lutitas intercaladas y diseminadas en las formaciones arenosas la misma que hace disminuir considerablemente el SP, lo cual es confirmado con el perfil del Proximity-Microlog que delimita las zonas permeables en dichas zonas; en consecuencia el área de interés estará en la parte superior de la arena delimitada.

La característica que nos muestra el perfil del SP en la arenisca "T" del Pozo Aguatico de acuerdo a su forma nos induce a decir que se trata de una arena de ambiente de depositación de un canal distributivo, donde la arena delimitada por su respectivo tope-base, se encuentran dos estratificaciones de lutitas de pequeño espesor que incurre a la división de la arena en 3 zonas bien delimitadas, pero siempre es necesario la ayuda de los registros de resistividad en especial del Proximity-Microlog que determina las zonas permeables y porosas e indica que existe una estratificación intermedia pero que no es muy significativa.

Si analizamos el perfil de inducción observamos que la más alta resistividad de la arena se encuentra desde los 9.370 hasta los 9.400' que es muy significativa para prospectar Hidrocarburos.

Por último analizando el Pozo Parahuacu en base a la forma del perfil del SP en la arena en estudio corresponde al de un ambiente Tipo Delta,

ARENISCA "T" PRINCIPAL FORMACION NAPO  
(ORIENTE)

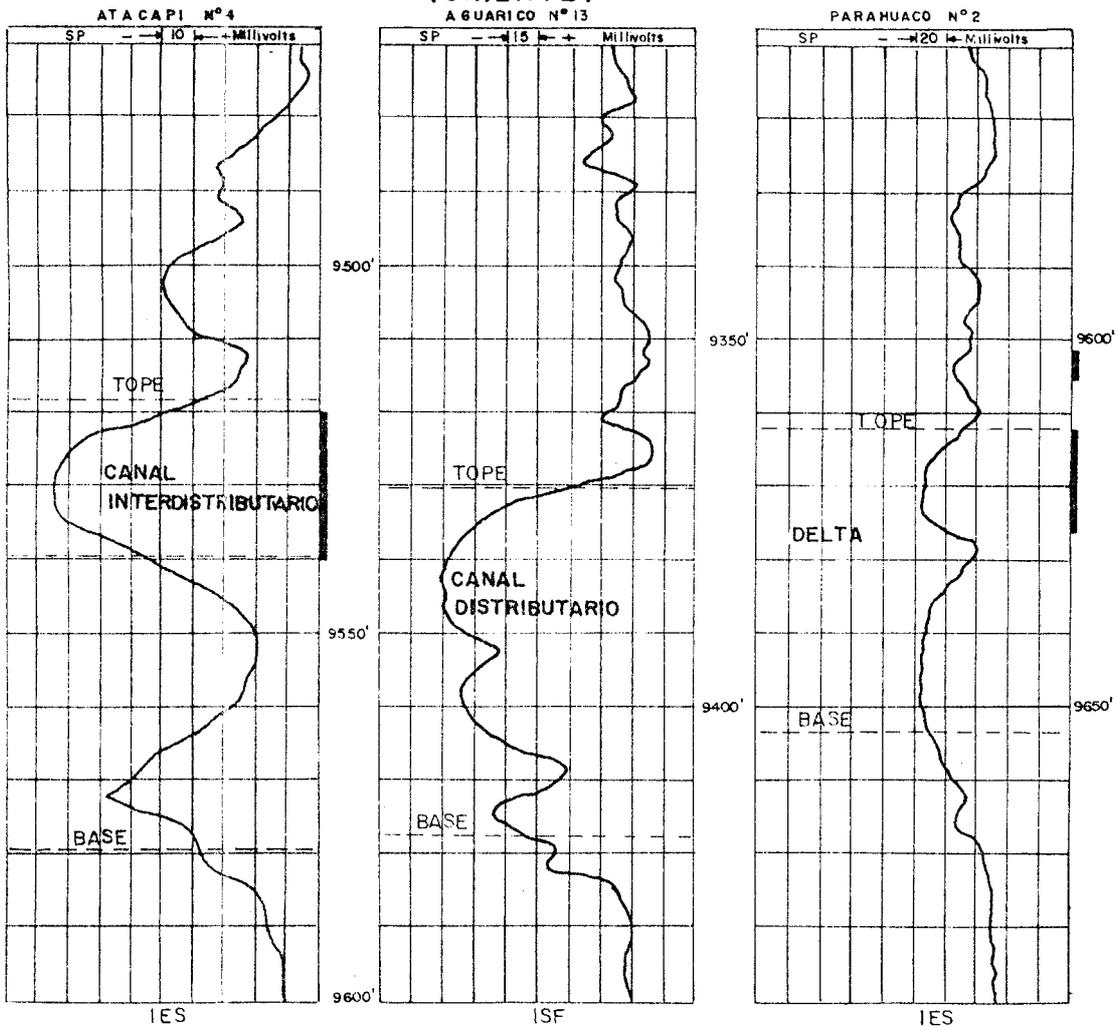


Fig. 18

ESCALA 1/200

ARENISCA T<sup>1</sup> PRINCIPAL FORMACION NAPO  
(ORIENTE)

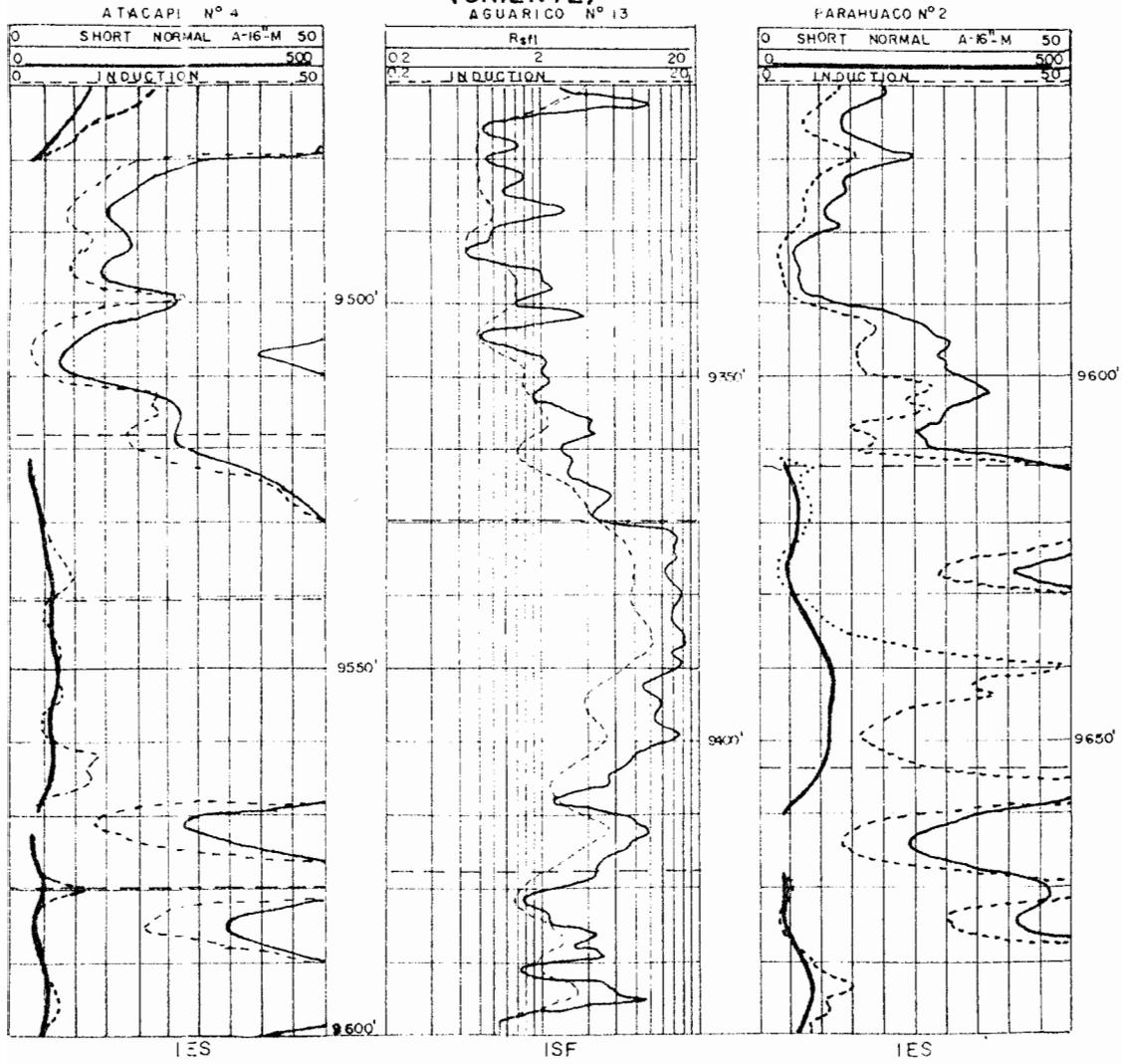


Fig. 19

ESCALA 1/200

ARENISCA "T" PRINCIPAL FORMACION NAPO  
(ORIENTE)

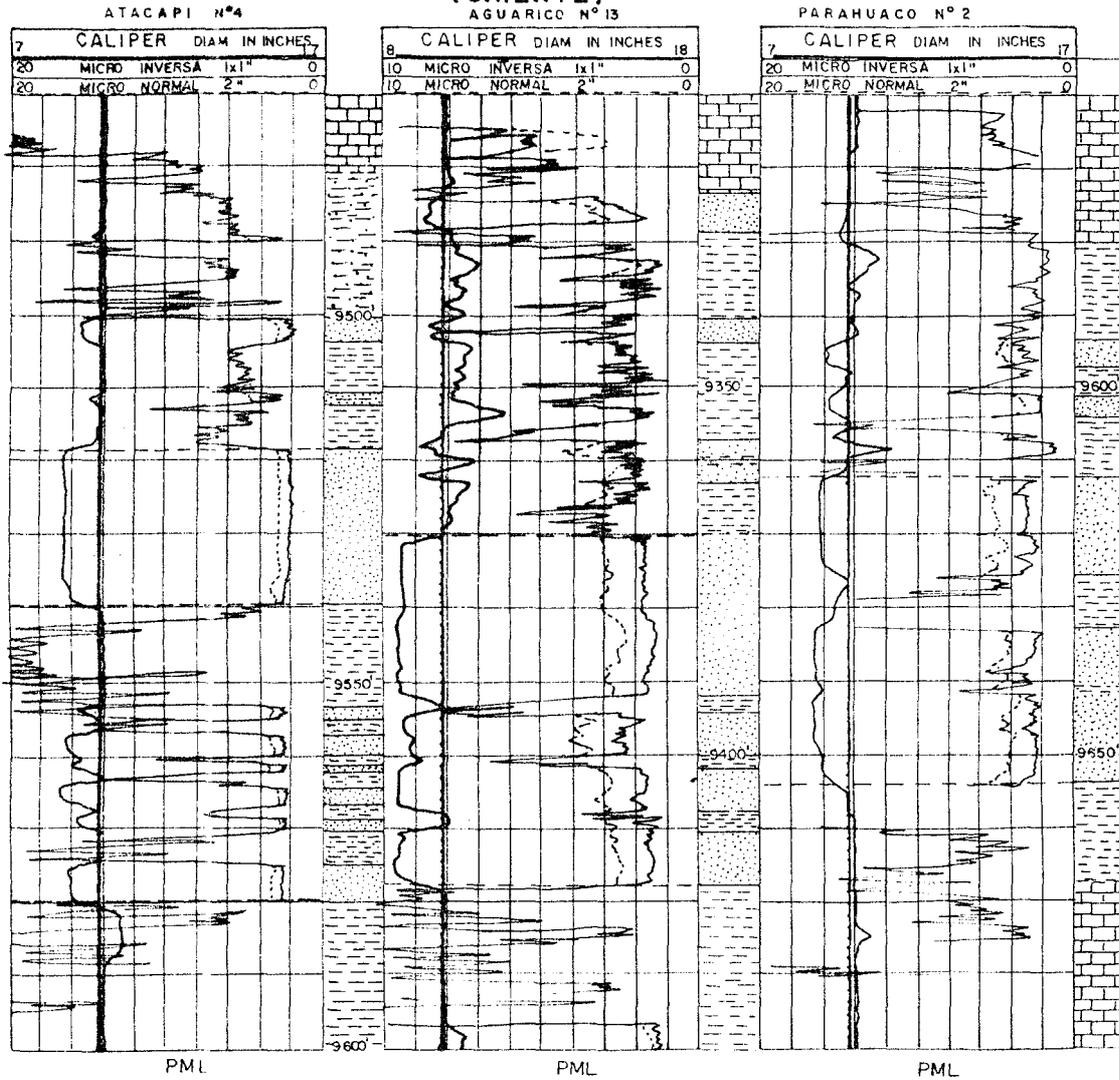


Fig. 20

ESCALA 1/200

teniendo un estrato de lutita que subdivide al espesor total de la arena "U" para su estudio; por medio de los registros de resistividad seleccionamos la arena de interés, pero en este caso ambas arenas nos induce a estudiarlas por sus altos valores de resistividades permeables y porosas, existiendo por consiguiente la posibilidad de la presencia de hidrocarburos.

Una vez que se ha hecho el análisis correspondiente para la arena "T" fue necesario en base a la ayuda de los perfiles antes mencionados - que se encuentran a las Figuras 18, 19 y 20.

Terminado el análisis independiente tanto de la arena "U" como de la arena "T" para cada pozo de acuerdo a su comportamiento en base del tipo de registro que se utilizaron podemos decir lo siguiente:

Un registro SP que se tome en cualquier pozo de un campo difiere en su forma básicamente con el tipo de ambiente de depositación de formación en cuestión. Si en este caso nos referimos a las arenas "U" y "T" vemos diferentes respuestas debido al intercambio iónicos de los fluidos que existe en el Pozo y en la formación, por tanto no podemos decir que este mismo comportamiento se debe presentar en otros pozos de otros campos aunque se trate de la misma arena en estudio. En consecuencia el registro responde directamente a lo que se encuentra presente a su paso en la toma del perfil. De igual manera si nos referimos a los registros de resistividad éstos responden al tipo de fluido presente en la roca indicándonos además de que la roca es permeable,

Impermeable el tipo de fluido presente en ella, por lo tanto lo que podemos decir sobre las características más comunes de los registros eléctricos es que la resistividad de una roca aumenta al aumentar su contenido de petróleo, y si su porosidad efectiva, es pequeña, y si la resistividad del agua de formación es grande, otra característica es la presencia de lutitas o arcillas en una formación arenosa, contribuyen a aumentar la conductividad (disminuir la resistividad) eléctrica de las formaciones por lo que las porosidades en estos casos serán muy altos.

### 2.3 CARACTERISTICAS COMUNES DE LOS REGISTROS ELECTRICOS QUE OFRECE LA INDUSTRIA ACTUALMENTE.

Como los registros eléctricos intervienen desde la etapa de la perforación del pozo, en la completación y cementación, durante la evaluación a pozo abierto y posteriormente para el estudio detallado del yacimiento y de la producción del mismo ha sido necesario establecer un mecanismo en el cual se puede delinear un patrón característico de cada herramienta tanto en su utilidad y limitaciones para el mejor manejo y confiabilidad de los resultados.

De acuerdo a la disponibilidad de la información obtenida por medio de las compañías que realizan este tipo de trabajo como son SCHLUMBERGER (Cuadro 1), DRESSER ATLAS (Cuadro 2), THE GO COMPANY (Cuadro 3), ha sido posible elaborar en síntesis por cada herramienta-Compañía el tipo de curvas que se obtienen, además las especificaciones del cañón

(diámetro, presión y temperatura máxima a la cual puede trabajar) y por último las limitaciones óptimas para su mejor funcionamiento y obtener buenos resultados de los mismos; además la utilidad de cada herramienta, esto es la información tanto cualitativa o cuantitativa, que se pueda obtener de la misma.

De toda esta información que se encuentra en los Cuadros 1, 2 y 3 se ha podido definir las siguientes características más comunes por cada equipo:

El nombre del equipo puede cambiar de cierta manera de acuerdo a la compañía operadora, pero el principio de medida es el mismo, variando en el incremento de curvas, y disminuyendo los factores que afectan a las lecturas debido a la implementación de programas de computación de las curvas de corrección que simplifican el manejo de la información; es así: se puede utilizar los registros de inducción para cualquier tipo de fluido de perforación, agua dulce, oil, aire, pero para el registro de la curva normal corto se requiere un fluido conductor y por ello se utiliza un lodo moderadamente conductor y la información obtenida nos determina cuantitativamente las resistividades de las formaciones dependiendo la herramienta utilizada, y cualitativamente es útil para correlaciones litológicas; es necesario destacar que el efecto de la costra de lodo es minimizada debido a que la inducción es a base de bobinas y por último es importante mencionar que este tipo de registro en zonas donde las resistividades son de mediana a alta.

Los registros de corriente enfocada a base de electrodos son muy útiles en formaciones de alta resistividad y el lodo conductivo (salados), y entre ellos se incluyen dos dispositivos laterolog 3, 7 que son de largo alcance y determinan cuantitativamente la resistividad de las zonas no contaminadas ( $R_t$ ), debido a su mayor grado de resolución vertical que los de inducción es útil cualitativamente en la definición de capas (correlación); en estos registros de resistividad no se corre el SP debido a la salinidad del lodo; la única limitación grande es debido a la invasión, la misma que debe ser somera para que la información del registro sea buena.

Por último tratamos con los registros de pared (patín) que son muy útiles en la determinación de la resistividad cercana al pozo, siendo utilizadas cuando el pozo contiene un fluido a base de agua conductiva, es muy importante donde existan grandes pérdidas de filtrado por tanto su selección depende del conocimiento de la característica geológica de la formación para saber qué tipo de herramienta se debe usar; tenemos que el proximity log es el más usual y combinaciones con el Microlog., ellos nos determinan cualitativas las zonas permeables y definen las capas de rocas para los estudios de correlaciones.

En consecuencia es muy importante tener conocimiento del tipo de herramienta con que trabajan las compañías para evitar errores posteriores en la determinación de resultados.

NOMBRE DE LA HERRAMIENTA	CURVAS	ESPECIFICACION DEL CANON			CONDICIONES	U S O S
		OD (pul)	Pres. Max. (psi)	Tem. Max. °F		
INDUCTION ELECTRIC SURVEY (I.E.S.)	- SP (mv)	3 7/8	20.000	350	1. Lodos medianamente conductivos, el IL puede ser corrido en huecos con lodo base aceite o aire. 2. La resistividad del lodo es Mediana a baja. 3. Puede ser combinada con G/R.	1. Determina Conductividad y Resistividad de la formación Rt, Ri. 2. Correlación litológica. 3. Evaluación de Formaciones.
	- R 16" (ohm-m)	2 3/4	20.000	350		
	- RILD (ohm-m)	3 3/8	25.000	500		
	- CILD (mmho/m)					
INDUCTION SPHERICALLY FOCUSED LOG. (ISF)	- SP (mv)	3 1/2	20.000	350	1. Lodos conductivos (Rt ≤ 2.5 Rxo) IL puede ser corrido en hueco con lodo base-oil, o aire. 2. La resistividad de formación es mediana a baja 3. Puede ser combinado con el GR, sonico compensado (BHC) Micro SFL/Caliper.	1. Determina conductividad y Resistividad de la Formación Rt, Rxo. 2. Correlación litológica.
	- RSFL (ohm-m)					
	- RILD (ohm-m)					
	- CILD (mmho/m)					
DUAL INDUCTION SPHERICALLY FOCUSED LOG. (DISF)	- SP (mv)	3 3/8	18.000	340	1. Lodos conductivos, el IL puede ser corrido en huecos con lodo base, aceite o aire. 2. Sólo cuando la Resistividad de formación es mediana y el lodo es dulce.	1. Determina la Resistividad de la Formación Rt, Ri, Rxo. 2. Correlación por tener buena resolución vertical. 3. En zonas de invasión profunda.
	- RILD (ohm-m)					
	- RILM (ohm-m)	3 7/8	20.000	350		
	- RLLS (ohm-m)					
	- RSFL (ohm-m)					

3. Puede ser usado con el Gamma Ray, SONICO, CALIPER.

DUAL-LATEROLOG (DLL)	SP (mv)	3 5/8	20.000	350	1. Lodos medianamente conductivos a base de agua.	1. Determinar la Resistividad de la Formación Rt, Rxo.
- RLLd (ohm-m)	5 1/4	20.000	350	2. En zonas donde Rxo/Rt es relativamente bajo, o sea donde las formaciones son puras (resistivas).	2. Buena reducción vertical.	
- RLLs (ohm-m)	4 1/2	25.000	500	3. Puede ser combinado con el Gamma-Ray, Caliper, MSFL.	3. Correlaciones	

MICROLOG (ML)	Caliper (pul)	5 1/16	20.000	350	1. Lodos dulces	1. Identifica las zonas permeables.
- R1x1" (ohm-m)	4 5/8	20.000	350	2. De formación moderadamente invadida Di > 4"	2. Provee en detalle las zonas de arenas.	
- R2" (ohm-m)				3. Puede ser corrida con el Caliper.	3. Determina la resistividad Rm, Rxo.	
				4. En formaciones de moderada resistividad entre 2 a 10 veces Rm.	4. Determina la presencia de Costria de Lodo.	
				5. Rxo/Rmc < 15 y $\phi > 15\%$	5. El sector de investigación de R 2" = 2" a 4" y R 4"x1" = 1.5"	
				6. El tmc < 1/2" > 1/4"		

MICROLATEROLOG (MLL)	Caliper (pul)	5 1/16	20.000	350	1. Lodos salados	1. Determinación de Rxo para altos valores de Rxo Rmc
- RIXI" (ohm-m)	4 5/8	20.000	350	2. Puede ser combinado con ML.	2. Si la Costria de lodo no excede 3/8".	2. En formación de baja porosidad.
- R2" (ohm-m)				3. Si la Costria de lodo no excede 3/8".	4. Rxo / Rmc > 15	3. El radio de investigación es 3".
- RMLL (ohm-m)				5. El diámetro de invasión 4" a 6".		

PROXIMITY-LOG  
(PL)

- Caliper (pulg)
- R<sub>1</sub>"x1" (ohm-m)
- R<sub>2</sub>" (ohm-m)
- RPL (ohm-m)

5 1/2 20.000 350

1. Lodos dulces 1. Determinación de Rxo
2. Cuando el espesor de la Costra de Lodo oxida entre 3/8" a 3/4". 2. Zonas permeables
3. El diámetro de invasión debe de ser de 40" tendremos Rxo. 3. Espesor de Costra de Lodo.
4. El diámetro de invasión es somero, tendremos Rt. 4. Buena producción vertical.
5. Si el radio de invasión es > de 16". 5. Si el radio de invasión es > de 16".

MICRO-SPHERICALLY

- Caliper (pulg)
- RMSFL (ohm-m)

5 1/4 20.000 350

1. Lodos. Moderadamente conductivos. 1. Puede ser combinado con: ISF, DLL, FDC. y en el futuro por otros más.
2. El diámetro de invasión es > de 8". 2. Determina Rxo, en fortificaciones de poca invasión y espesores mayores de 3/8".
3. Es muy útil en formaciones de alta resistividad.

CUADRO N°2

D R E S S E R A T L A S

NOMBRE DE LA HERRAMIENTA	CURVAS	ESPECIFICACION DEL CANON		CONDICIONES	U S O S
		OD (in)	Pres. Max Temp. Max. (psic) (°F)		
INDUCTION ELECTRICAL LOG. (IEL)	SP (mv)	3 5/8	18.000	1. Lodos dulces, oil, aire. 2. Informaciones de mediana a alta $\phi$ . 3. Las medidas son tomadas a 1.2 m del fondo del Pozo. 4. No se recomienda - cuando: $R_m < 2.5 R_w$ 5. Cuando la formación es de alta conductividad la Invasión debe de ser poco profunda $< 37''$ pero si es lo contrario la invasión debe de ser $> 40''$ .	1. Determina la conductividad y resistividad de la formación Rt, Ri. 2. Control de Profundidad. 3. Correlaciones Litológicas. 4. Evaluación de Formación.
	R16" (ohm-m)	2 11/16	350		
	RILD (ohm-m) CILD (ohm-m)	3 3/8	400		
DUAL INDUCTION FOCUSED LOG. (DIFL)	SP (mv)	3 5/8	18.000	1. Lodos dulces, oil, aire. 2. Para formaciones de mediana a baja $\phi$ , osea de alta resistividad. 3. Si la Invasión es de 40" a 50". 4. Puede ser combinado con el GR.	1. Determina la resistividad de las formaciones Rt. Rxo, Ri. 2. Usado para correlaciones teniendo buena resolución vertical.
	RILD (ohm-m)	3 3/8	400		
	RILM (ohm-m)				
	RFL (ohm-m)				

DUAL LATEROLOG.  
(DLL)

GAMMA - RAV  
RLLd (ohm-m)  
RLLS (ohm-m)

3 5/8 20.000 400

1. Lodo de agua salada
2. En zonas donde Rxo/Rt es relativamente bajo, o sea en formaciones duras, resistivas.

1. Determina la Resistividad de las formaciones.
2. En espesores de capas finas debido a su mayor resolución vertical.
3. Correlación

MINILOG.  
(ML)

CALIPER (pulg)  
SP (mv)  
R1" x 1" (ohm-m)  
R2" (ohm-m)

5 1/4" 18.000 350

1. Lodos dulces
2. Espesor de Costra < 1/2".
3. El radio de invasión debe de ser > de 2".

1. Determina la resistividad de la zona lavada Rxo, y la resistividad de la Costra de lodo. Rcm. ó Rm.
2. Es un indicativo de permeabilidad.
3. Determina los espesores netos.
4. El tamaño del espesor de la Costra de lodo.

MICROLATEROLOG.  
(MLL)

CALIPER (pulg)  
GAMMA RAV  
RMLL (ohm-m)

4 1/2 20.000 300

1. Puede ser corrido en lodos salados y dulces.
2. El espesor de costra de lodo debe de ser < 1/4".
3. Puede ser combinado con el ML.

1. Determina la resistividad de la formación Rxo.
2. El radio de investigación es 3".
3. Puede ser combinado con el ML.
4. El tamaño del espesor de la Costra de lodo.

PROXIMITY LOG.  
(PL)

CALIPER (pulg)  
R1" x 1" (ohm-m)  
R2" (ohm-m)  
Rpl (ohm-m)

4 1/2 20.000 300

1. Lodos dulces y moderadamente salados.
2. Para costra de lodo grueso.
3. Para la invasión profunda.

1. Determinación de la resistividad de Rxo.
2. Puede ser combinado con el ML.

CUADRO N°3

THE GO COMPANY

NOMBRE DE LA HERRA - MIENTA.	CURVAS	CONDICIONES	U S O S
INDUCTION ELECTRICAL-LOG (IEL)	SP (mv) R16" (ohm-m) RILD (ohm-m) CILD (MMHOS)	1. Lodo dulce, aire, oil 2. Para resistividades de formación < de 50 ohm-m. 3. Cuando la Rm <sub>f</sub> > 2.5 Rw. 4. R16 necesita lodo con ductivo. 5. Ø debe ser de alta a mediana.	1. Determina valores de mediana a alta conductividad de la formación. 2. Determina la resistividad Rt, Ri. 3. Correlación (buena de finición de espesor de capa).
DUAL-INDUCTION LATEROLOG (DIL)	SP (mv) RILD (ohm-m) RILM (ohm-m) RLL (ohm-m)	1. Lodos dulces, oil, ai, re. 2. Para resistividades de formación < 50 (ohm-m). 3. Cuando Rm <sub>f</sub> > 2.5 Rw 4. El laterolog necesita lodo conductivo.	1. Determina las resistividades de las formaciones Rt, Ri, Rxo. 2. En formaciones de Invasión profunda. 3. Correlación (buena de finición de capa).
DUAL-LATEROLOG (DLL)	GR CALIPER (pulg) RLLs (ohm-m) RLLd (ohm-m)	1. Lodos salados 2. Para resistividades de formación de alta a baja.	1. Determina valores de resistividad Rt, Rxo. 2. Evaluación de formaciones. 3. Correlaciones 4. En zonas de capas finas

MICRO ELECTRIC LOG  
(MEL)

GR o SP  
R1"xI" (ohm-m)  
R2" (ohm-m)

- 1. Lodos dulces
  - 2. Para tamaño de hueco de 6" a 16".
  - 3. El radio de investigación R1"xI" = 1.5" y R2" = 4".
  - 4. Para  $\phi > 15\%$
  - 5. Es sensitiva a irregularidades del pozo de 1/8".
- 1. Identifica las zonas permeables.
  - 2. Util para definir espesores netos.
  - 3. Determina el espesor de la Costra de lodo.
  - 4. Determina las resistividades de: Rm, Rmc, Rxo.
  - 5. Tiene buena resolución vertical.
  - 6. Puede ser usado con el CALIPER.

MICRO LATEROLOG  
(MLL)

CALIPER (pulg)  
G.R.  
RMLL (ohm-m)  
RLLS (ohm-m)  
RLld (ohm-m)

- 1. Lodo de agua salada o también en agua dulce cuando la invasión es profunda.
  - 2. De formaciones de  $\phi$  media o baja.
  - 3. Rmf  $\cong$  Rw
- 1. Resistividad de: Rt, Ri, Rxo

CAPITULO III  
TIPOS DE REGISTROS Y CARACTERISTICAS GEOMETRICAS EN LAS  
DIFERENTES FORMACIONES DEL CAMPO PROBLEMA

En este trabajo se aplican, brevemente, algunos conceptos básicos necesarios en las correlaciones geológicas, mostrando los correspondientes patrones eléctricos que se han establecido, en base de los registros de los pozos del Campo problema.

El objetivo es de importancia en la aplicación en correlaciones e interpretación geológica básica para los trabajos de desarrollo de Campos petroleros y estudios detallados de los yacimientos.

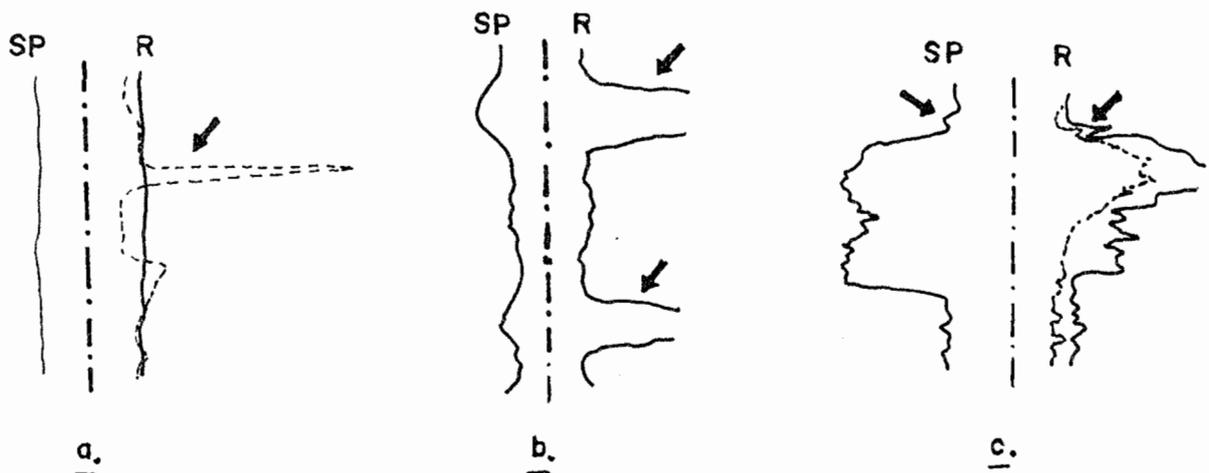
Las características geométricas más sobresalientes en base a las respuestas de los registros de Pozos (10) particularmente del registro eléctrico convencional tenemos:

Caliza

Puede encontrarse asociada con cualquier otro tipo litológico. La presencia del Carbonato compacto origina que en general la curva de SP no deflexione y por el contrario, esa compacticidad origina un valor alto en la resistividad que en ocasiones se detecta mejor por la curva de inducción.

Otras veces su presencia también se identifica con una deflexión pequeña de la Curva SP y aumento en su valor de resistividad.

Cuando su espesor es muy pequeño el valor de resistividad no es tan notorio, sin embargo, siempre es mayor que el de los cuerpos que lo circundan, comúnmente limos y arcillas. El patrón eléctrico de los 3 casos mencionados se presentan en la Figura a, b y c. siguientes.

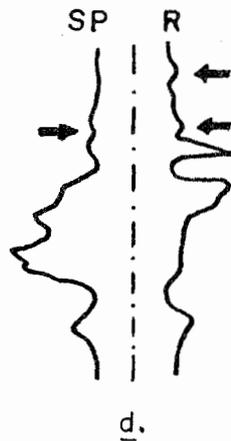


### Limos

Debido probablemente al tamaño de sus granos ligeramente más gruesos que la arcilla y como generalmente se encuentran asociadas con ésta, el valor de resistividad es sensiblemente más alto que el de la lutita.

La curva de SP aunque prácticamente no deflexiona no conserva el valor de la línea base de las lutitas; probablemente admite una pequeña invasión del filtrado de lodo.

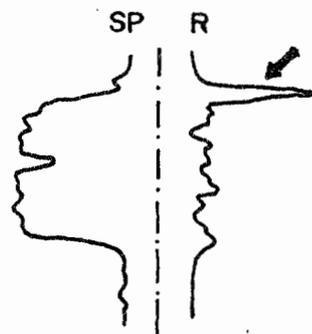
Se localiza generalmente cubriendo cuerpos regresivos, su patrón se presenta en la Figura d, subsiguiente.



### Arenisca Calcárea

Este cuerpo es característico en su valor de resistividad, ya que su aspecto calcáreo ocasiona una pérdida en su porosidad, originando que la curva de SP prácticamente no deflexione, por lo contrario, el valor de resistividad debido a la compacticidad, presenta valores altos.

Su patrón es parecido al de la caliza mostrada en a, sólo que la arenisca calcárea debe aparecer siempre en la cima de un cuerpo arenoso como se muestra en la siguiente figura.



Se han establecido los patrones de referencias eléctricos más importantes para un mejor análisis de las dos arenas de la Formación Napo, del campo Y. Para lo cual se ha requerido separar el espesor principal de la arenisca "U" y "T" en un tipo de curva eléctrica característica, en las figuras 21, 22 y 23 las mismas que corresponden al SP, inducción y al Microlog respectivamente, de todos los pozos del campo.

Según el análisis realizado se pudo determinar de acuerdo a la forma geométrica del SP los ambientes de depositación a cada uno de los pozos, los mismos que se lo enuncia en el Capítulo 1; es necesario tomar en cuenta que existen otros factores que inciden en el comportamiento para la respuesta en el perfil como son la saturación de fluidos presente en dicha formación, el espesor de la misma, intercalaciones de estratos arcillosos, invasión de fluidos hacia la formación y las resistividades de las capas adyacentes.

Cada uno de estos parámetros anotados anteriormente influyen en determinada magnitud tanto para el SP como para los registros de resistividad, en consecuencia no se puede definir por separado el comportamiento geométrico del SP ya que es necesario de la información de los registros de resistividad.

Al analizar el comportamiento de los tres primeros pozos se observa: Tienen un espesor de arena similar, con una porosidad promedio de un 20%, siendo la permeabilidad en el primer pozo mayor que en las otras dos lo -

cual ratifica el registro del microlog con la ayuda del caliper mostrando un incremento considerable de costra de lodo, más aún por medio del registro de Inducción, mientras que el normal corto manifiesta poca invasión de filtrado de lodo hacia la formación lo que hace posible una buena respuesta de los registros; además no existen intercalaciones apreciable de sedimentos arcilloso ni calcáreo, considerándose arenas limpias.

El SP presenta en el primer pozo la parte inferior un poco reducida debido al contenido de lutitas interestratificadas más no así en la parte superior.

Al referirnos a los Pozos Y-4, Y-5 y Y-6 se puede notar una reducción de la geometría del SP debido al efecto de la disminución del espesor de capa - que es más notable en el Pozo Y-4 donde la porosidad es de 18.5% y la salinidad del agua de formación es menor comparada con los otros dos pozos, además en estas arenas en los tres pozos existen intercalación de lutitas que hacen declinar el desarrollo de la curva del potencial espontáneo, y se observa su presencia fuertemente en el Pozo Y-6 a los 9.600'.

En los tres pozos la arena es altamente permeable y su efecto incide en el Pozo Y-6 donde se nota la presencia de invasión moderada del filtrado de lodo debido a que la curva del normal corto lee un valor de resistividad diferente al de la curva de Inducción; además las curvas leen un valor alto de resistividad en la parte superior debido posiblemente a la presencia de la arenisca calcárea para luego destinar por efecto del cambio litológico del Estrato.

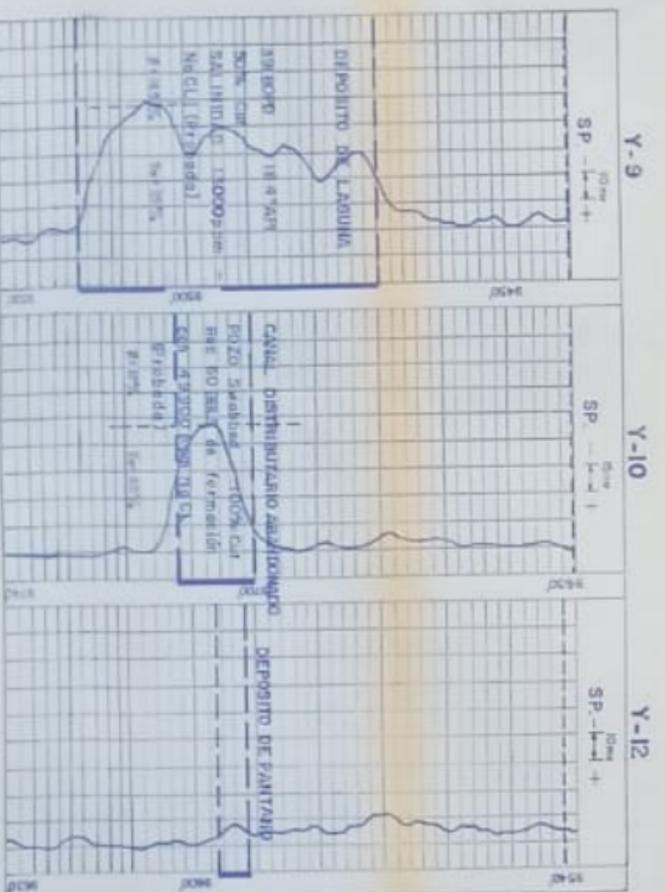
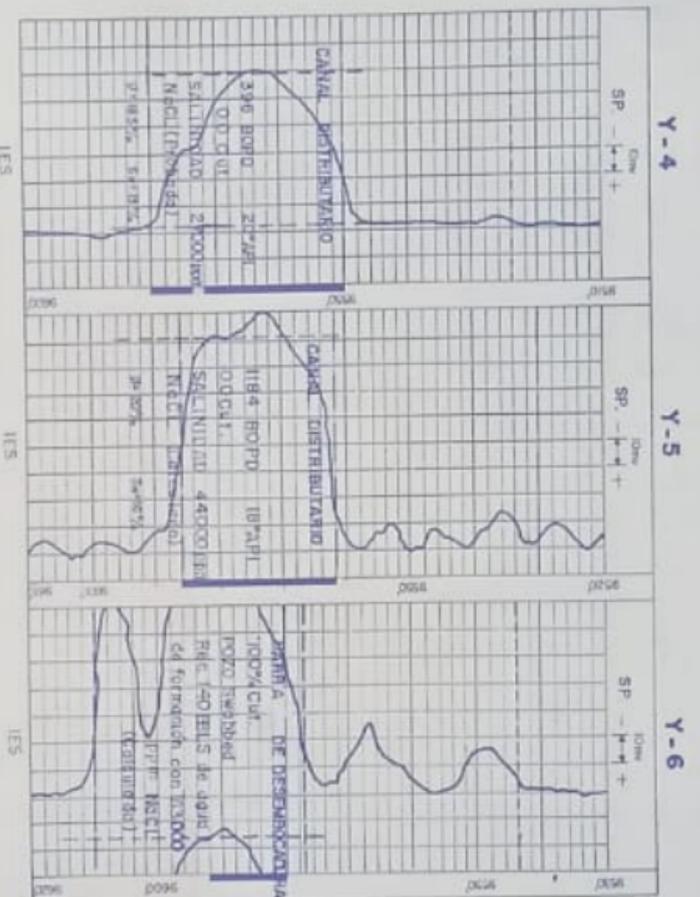
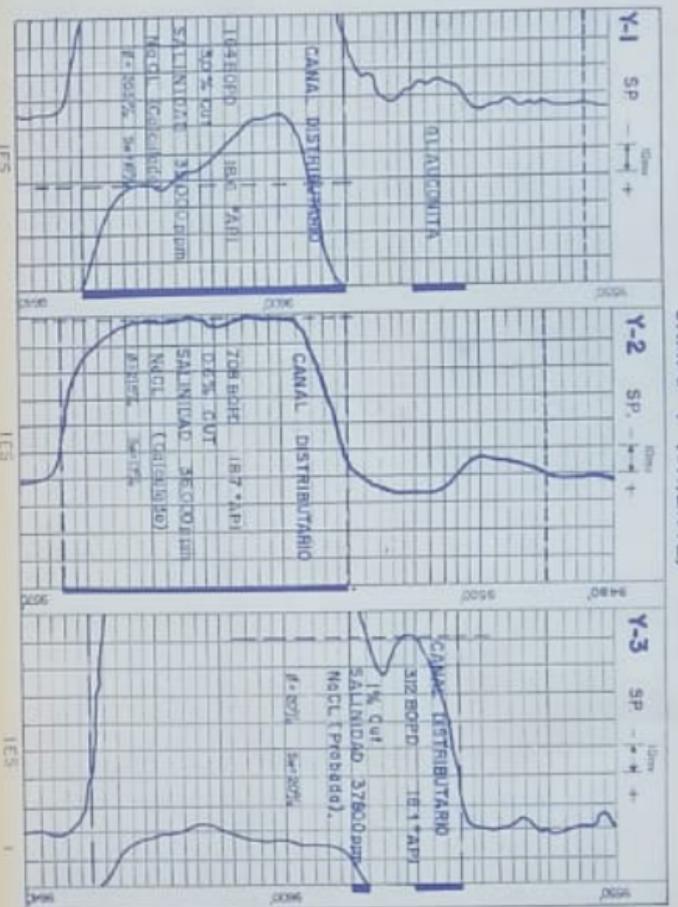
Es necesario hacer notar que los registros en los Pozos Y-1, Y-2, Y-3, Y-5 y Y-6 por arriba de la arena muestran un pequeño incremento de la curva del SP y aumento de resistividad, esto puede deberse a la depositación de limo a arenisca calcárea que ocurre fundamentalmente al término de las regresiones marinas.

Referente a los Pozos Y-9, Y-10 y Y-12 se observa una disminución del incremento de estrato debido a la depositación de zonas calcáreas, pero en la zona de interés se observa que la arena reduce su porosidad debido fundamentalmente a la presencia de sedimentos lutíticos, notándose en el Pozo Y-9 que el agua de formación tiene una salinidad de 13.000 ppm que incide en el desarrollo del potencial espontáneo, mientras que en el Pozo Y-10 el estrato de arena es menor, pero la salinidad del agua de formación ayuda al desarrollo del potencial espontáneo por su alta saturación de agua que es del 65%; tratándose de una arena permeable de baja porosidad ayudaría a la invasión de filtrado de lodo, por lo cual es notorio en los registros de Inducción-Normal Corto su separación.

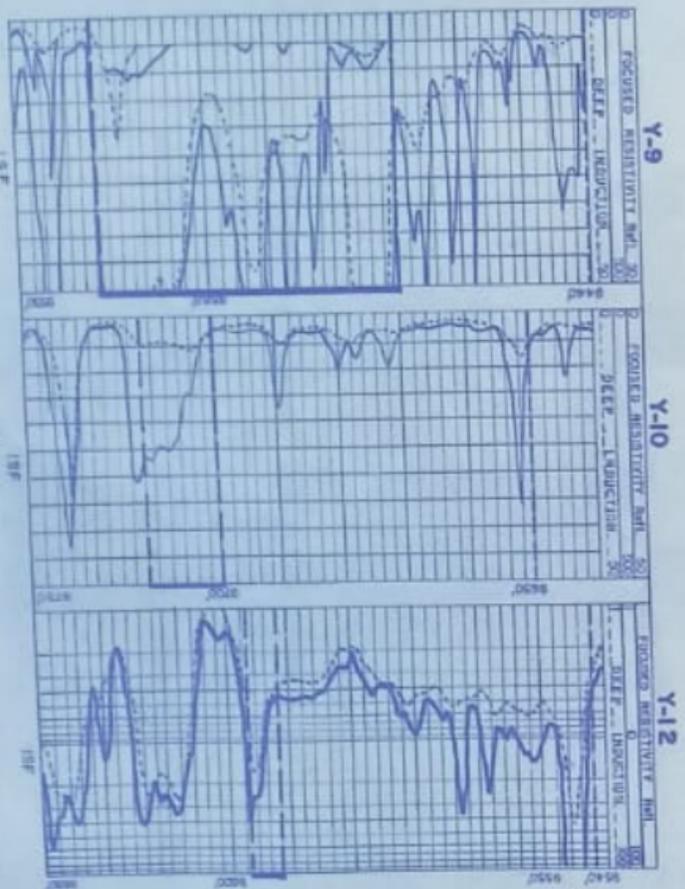
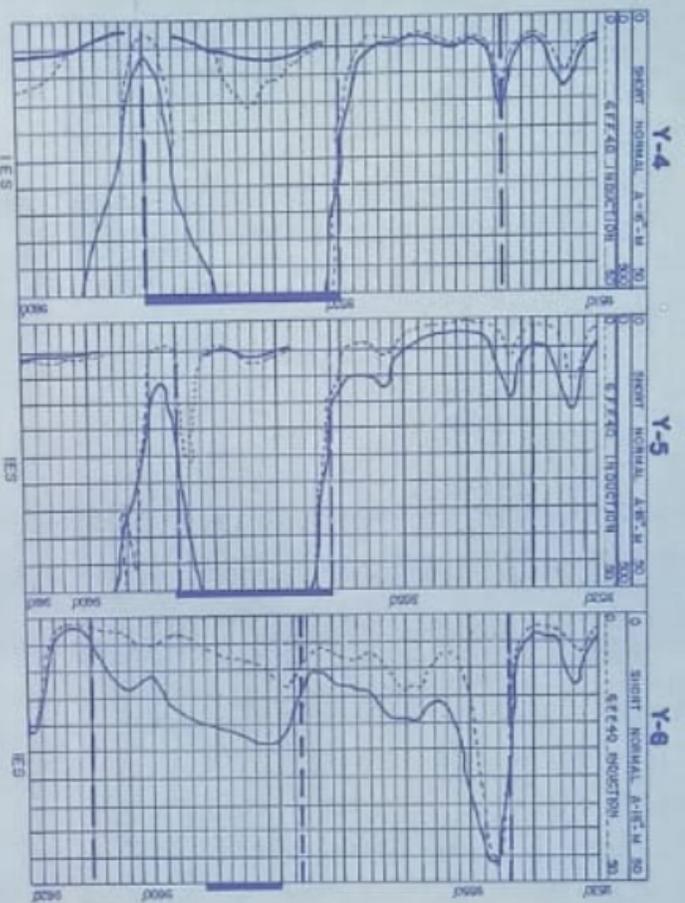
Con relación a la parte superior de los estratos de la arena "U" en los Pozos Y-10 y Y-12 se nota un derrumbe apreciable de la zona de caliza por medio del registro calibrador.

Con respecto al Pozo Y-12 el estrato de arena es mucho más reducido por lo tanto el potencial espontáneo disminuye su comportamiento, pero en cuanto a la resistividad se nota un incremento posiblemente debido a la presencia

ARENISCA U<sup>o</sup> PRINCIPAL DE LA FORMACION NAPO  
CAMPO Y<sup>o</sup> (ORIENTE)



ARENISCA 'U' PRINCIPAL DE LA FORMACION NAPO  
CAMPO 'Y' (ORIENTE)



ARENISCA 'U' PRINCIPAL DE LA FORMACION NAPO  
CAMPO 'Y' (ORIENTE)

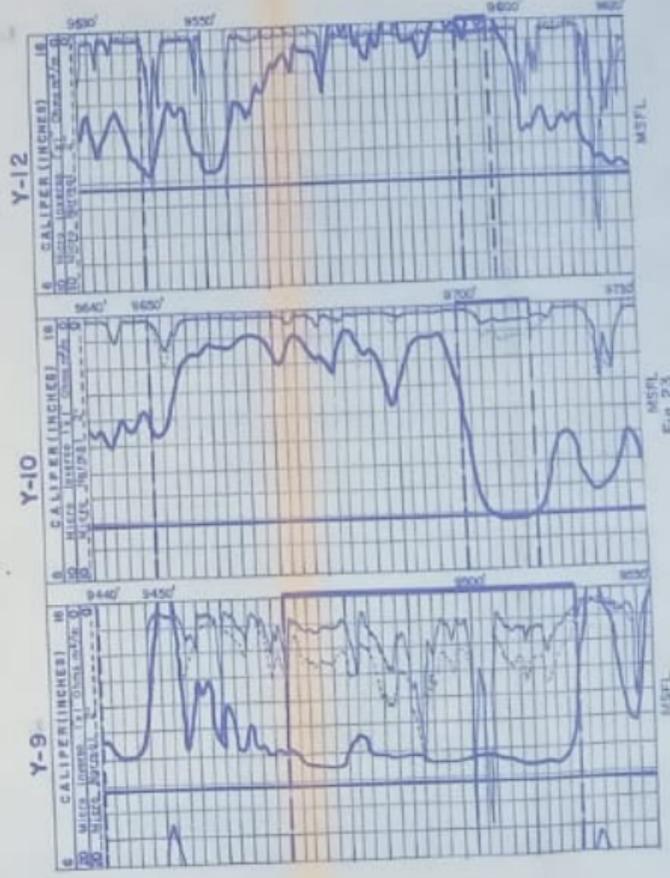
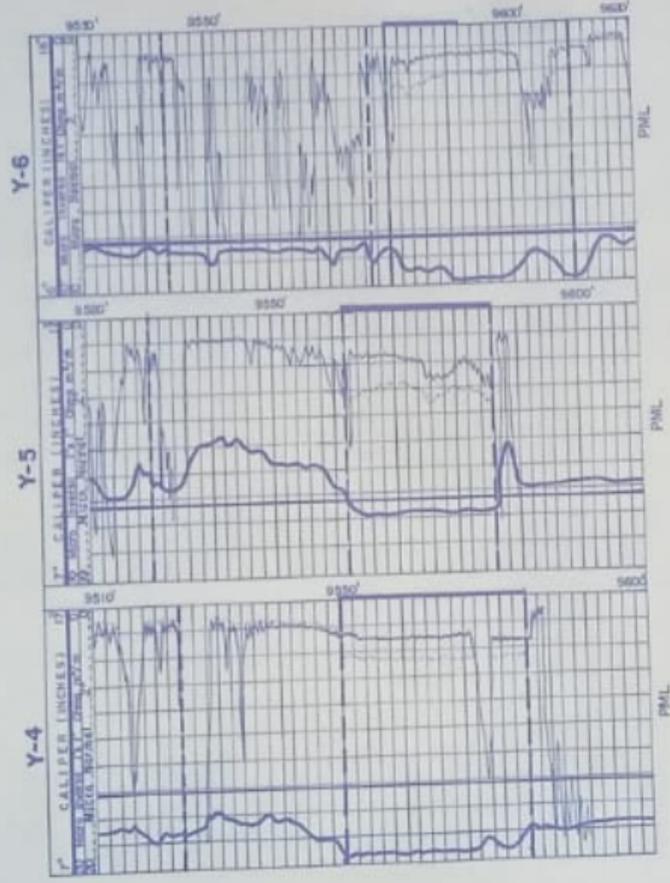
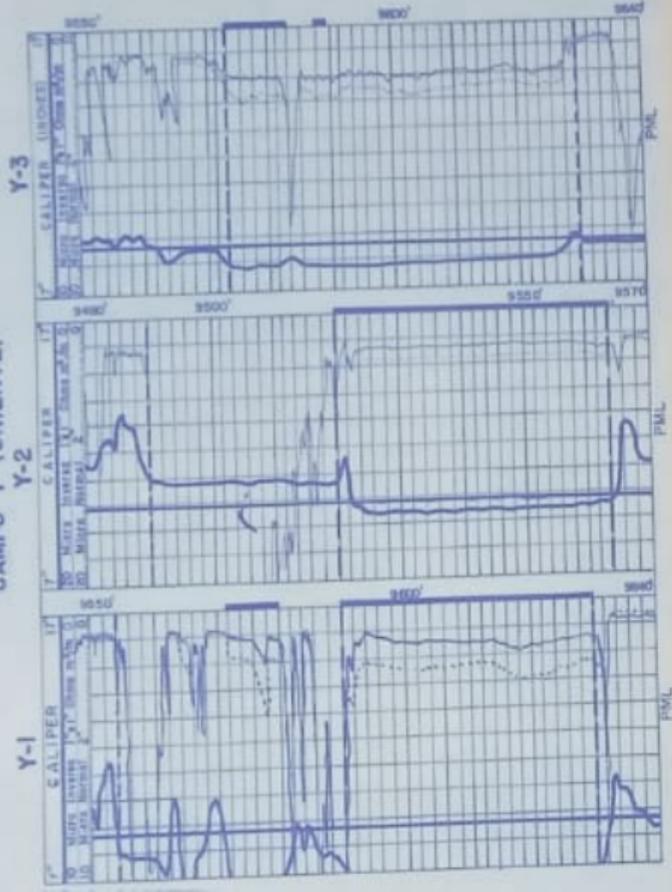


Fig 23

de una arenisca calcárea de baja porosidad.

De igual manera como se hizo para la arena "U" el análisis de comportamiento de las curvas, se realizará para la zona de la arenisca "T"; las curvas que servirán de ayuda para dicho análisis se presentan en las Figuras 24, 25 y 26.

En los tres primeros pozos se observa que la porosidad va disminuyendo y la saturación de agua aumenta hacia el Pozo Y-3, pero es más acentuada la disminución del SP en el Pozo Y-2 donde el contenido de intercalaciones lutíticas es mayor y la salinidad del agua es menor con respecto a los otros dos pozos, por lo tanto es otro factor de incidencia en el potencial espontáneo. El Pozo Y-3 se caracteriza de tener una mayor permeabilidad y menor porosidad que incide en la invasión de filtrado como lo muestra el registro de inducción.

Con relación a los Pozos Y-4, Y-5 y Y-6 se observa que los estratos son de gran espesor con intercalaciones de lutitas que disminuyen el potencial espontáneo en cierta forma a cada uno de ellos a través de todo el estrato considerado. La salinidad del agua de formación aumenta hacia el Pozo Y-6 y se observa que la curva de resistividad disminuye una mayor proporción en el Pozo Y-6 con respecto a los Pozos Y-4 y Y-5; por lo tanto es importante interpretar apriori con la mejor aproximación el tipo de fluido presente en la formación para poder analizar sus efectos en la respuesta de estos registros.

En cuanto a los Pozos Y-9, Y-10 y Y-12 se nota una declinación bien marcada del potencial espontáneo en los Pozos Y-9 y Y-12 debido a la presencia de lutitas interestratificada en el cuerpo de arena en referencia, aunque la invasión de filtrado no es notoria en dichos pozos, mientras que en el Pozo Y-10 se desarrolla el potencial espontáneo por el aumento de saturación de agua de formación y su salinidad misma, lo cual contribuye a la brusca declinación del valor de resistividad en la zona de interés.

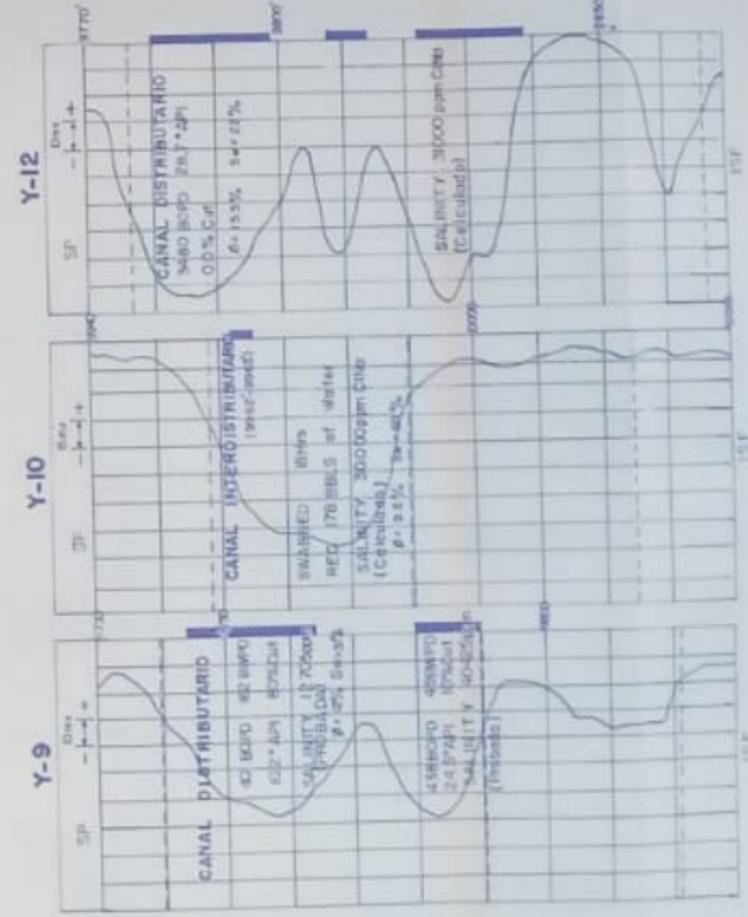
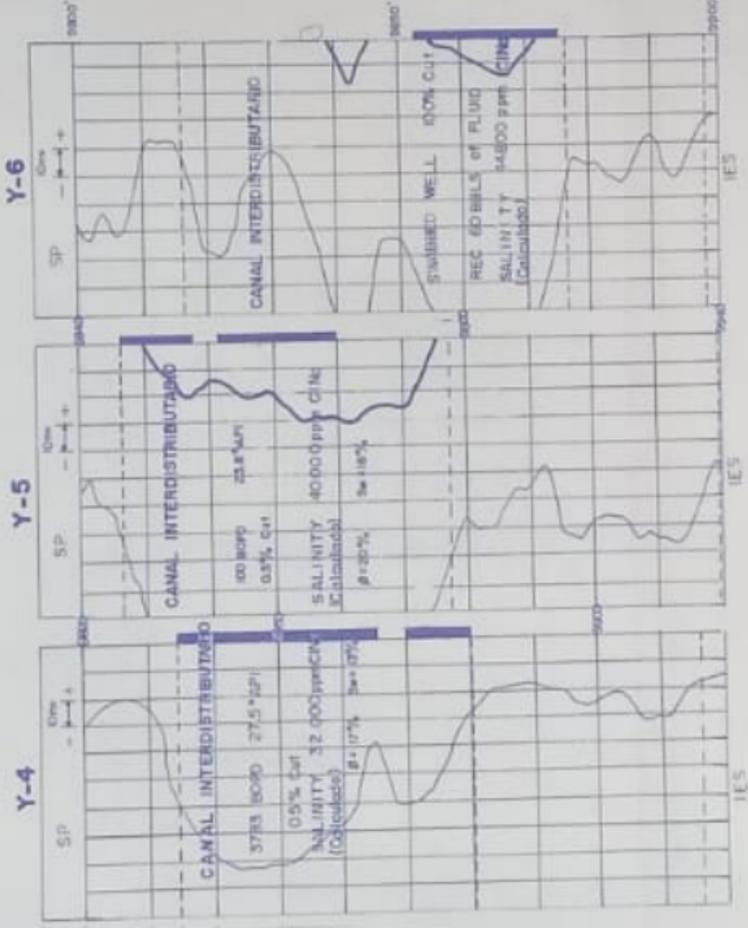
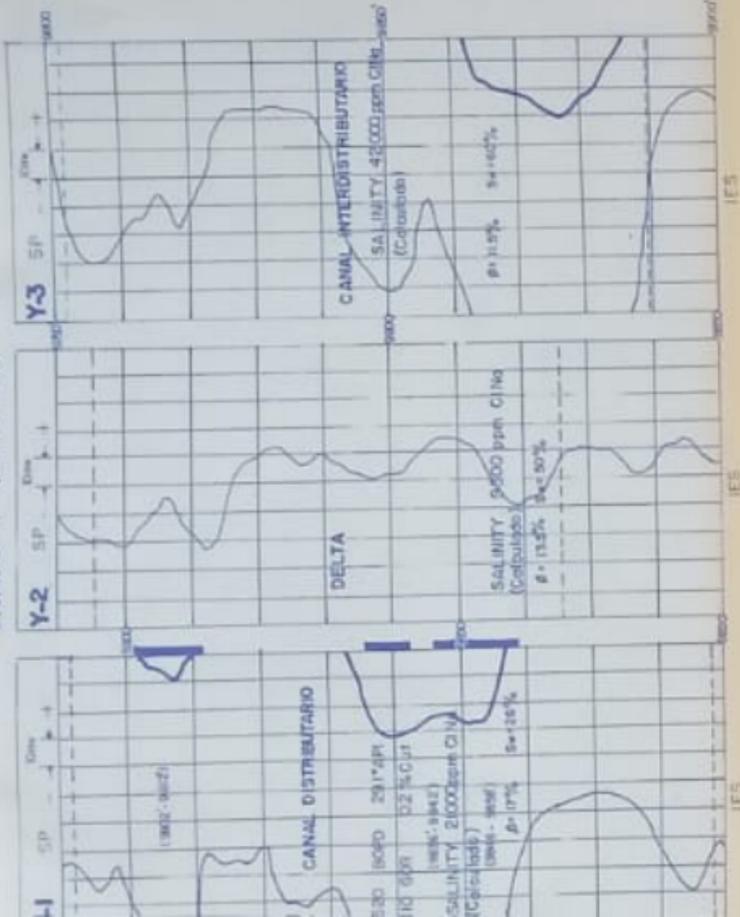
CAPITULO IV  
COMBINACIONES MAS APROPIADAS PARA LA SELECCION DE UN PROGRAMA  
DE REGISTROS ELECTRICOS

Para la realización de un programa de registros eléctricos es necesario tomar en consideración primeramente si el pozo a programarse es exploratorio o de desarrollo porque incide en el número de tomas de registros, debido al tipo de información que se desee obtener del mismo.

Es importante tomar en cuenta, si la zona a estudiarse existen datos disponibles de la geología del subsuelo ya sea en el sitio o áreas cercanas a las mismas para dar una idea del tipo de formaciones a que estarán expuestas las herramientas, sean éstas de resistividades o de inducción como también de presiones y temperatura, ya que cada herramienta trabaja bajo ciertas condiciones de especificación, las mismas que deben ser informadas a la compañía que realiza dicho trabajo. Otro dato importante para la planificación de un programa de registros eléctricos es el tipo de fluido que se tendrá en el programa de perforación del pozo, sean estos a base de agua (dulce, salada), oil, aire, y por último el tamaño del hueco que será programado, para la selección del diámetro del cañón.

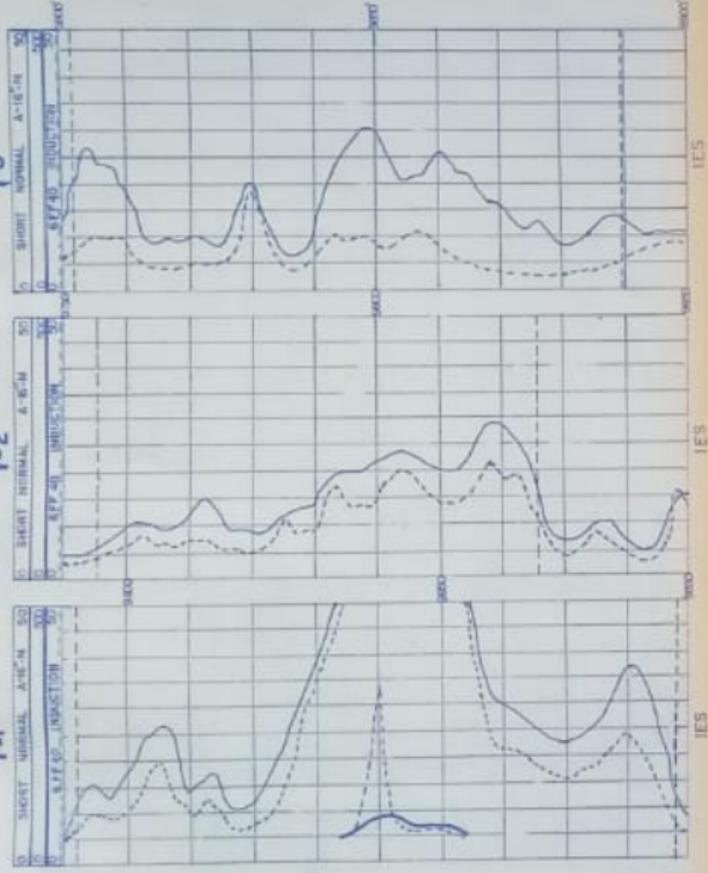
Todo este programa que fue preparado con anticipación considerando los parámetros antes descritos podrán ser cambiados en última instancia cuando el pozo ha sido perforado teniendo mayor grado de información como son el

# ARENISCA 'T' PRINCIPAL FORMACION NAPO CAMPO 'Y' (ORIENTE)

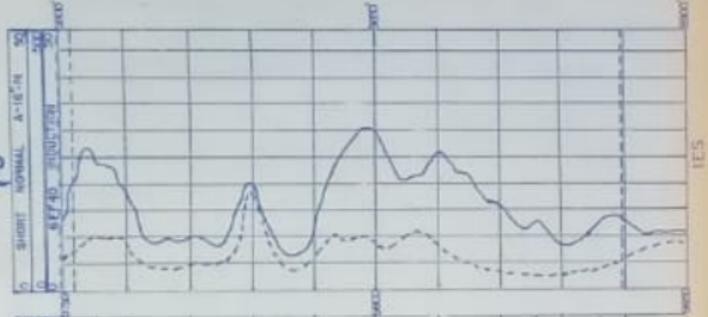


ARENISCA 'T' PRINCIPAL FORMACION NAPO  
CAMPO Y (ORIENTE)

Y-1

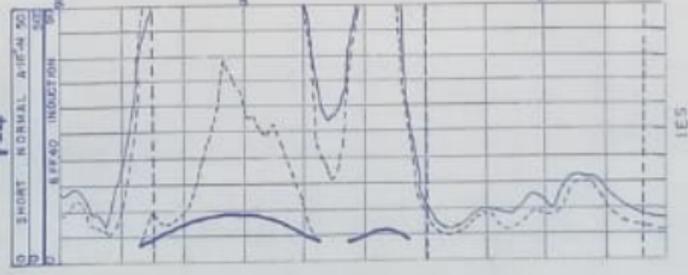


Y-3

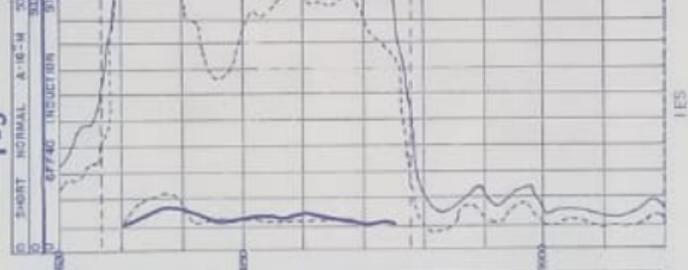


139

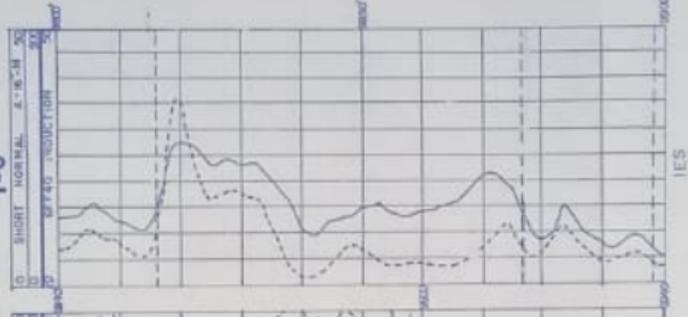
Y-4



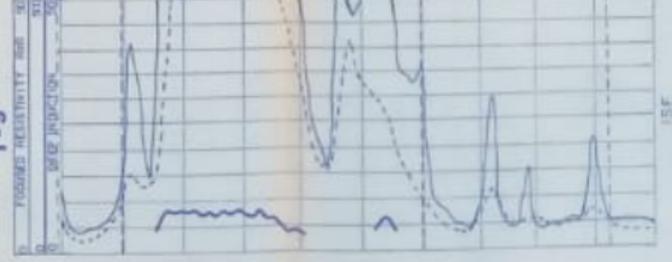
Y-5



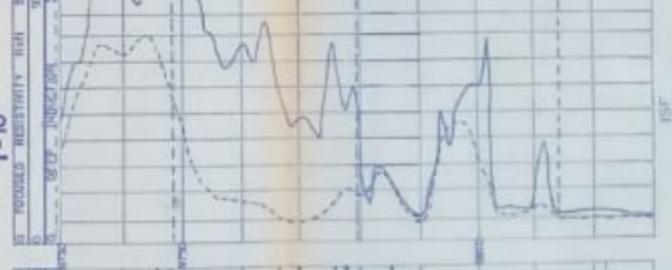
Y-6



Y-9



Y-10



Y-12

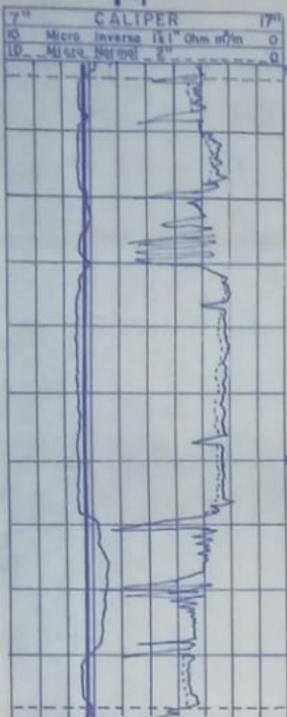


139

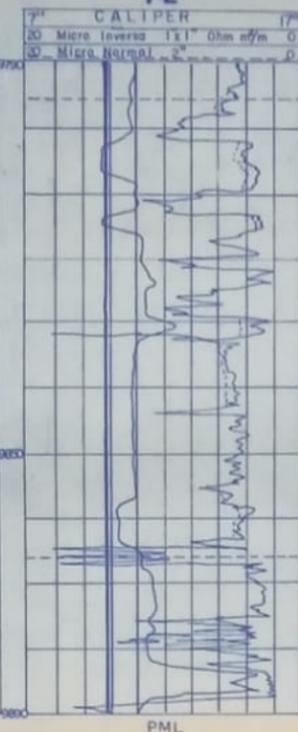
Fig 25

ARENISCA "T" PRINCIPAL FORMACION NAPO  
CAMPO Y (ORIENTE)

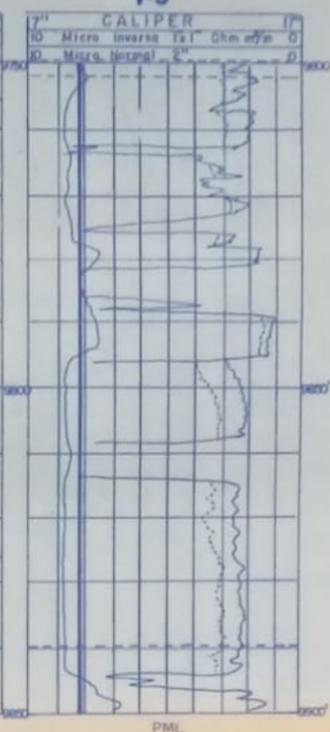
Y-1



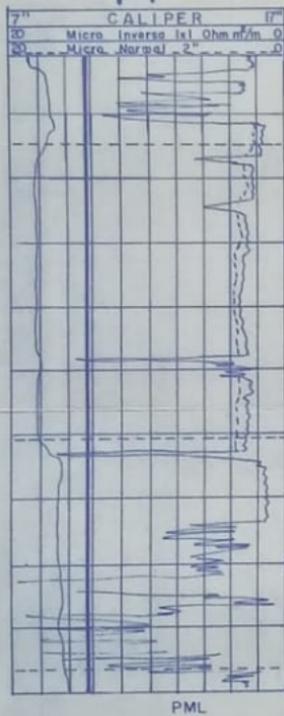
Y-2



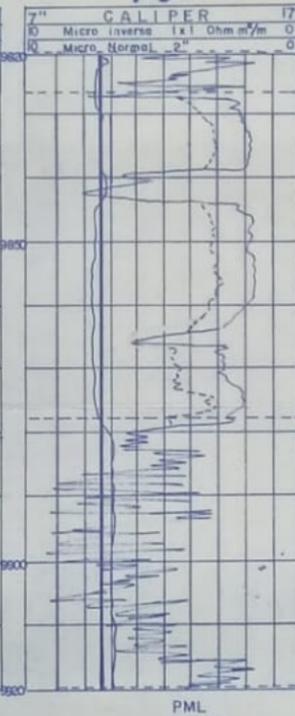
Y-3



Y-4



Y-5



Y-6

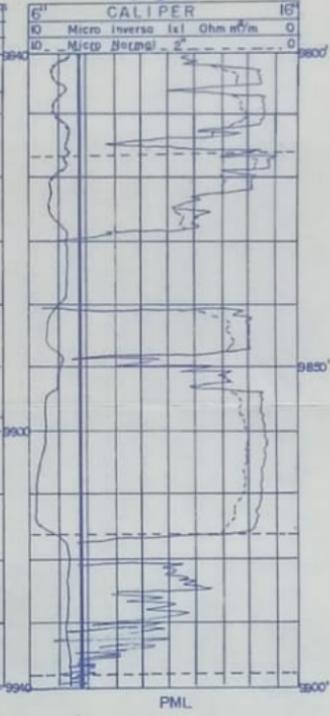


Fig. 26

141

140

del registro de rípió y el del tiempo de perforación en función de profundidad, que es característico de la dureza de la formación.

Es necesario recalcar que el tipo de perfil dependerá de la configuración de los electrodos en función del espesor de los estratos de las formaciones.

En vista que se conoce bien los principios básicos de medida de las herramientas y sus limitaciones para su empleo se llevará a cabo 4 programas de registros eléctricos para uso exclusivo del Campo "Y", dos programas para un pozo de carácter exploratorio y dos de carácter de desarrollo con el objeto de observar las mejores combinaciones para pozos que utilizan fluidos de perforación a base de agua dulce-salado, porque son los más utilizados en los pozos perforados en los campos de nuestro país.

Según la información obtenida de los registros del Campo Y el tipo de lodo utilizado han sido de carácter bentonítico, ligrosulfanato y polímero, la característica de cada uno de ellos es la de estabilizar las formaciones; por tanto tenemos una información muy interesante para la planificación de un lodo de buena característica para estos tipos de formaciones.

Una vez formulado todos los parámetros que inciden en la preparación de un programa de registro eléctrico se proceden a la realización del mismo:

PROGRAMA DE REGISTROS ELECTRICOS PARA UN POZO EXPLORATORIO EN EL  
ORIENTE ECUATORIANO

---

Profundidad del fondo del pozo	10.400'
Tamaño de la broca	8 3/4"
Tipo de fluido utilizado	Bentonita
Dens: Viscos.	10:46
PH : Pérdida de fluido	8:8.5
Temp. BHT	215°F
Rm : BHT	0.70

Bajo estas condiciones del tipo de fluido de perforación y conociendo las profundidades de las zonas de interés promedio en el Oriente Ecuatoriano, se delimitará las profundidades de las corridas de los registros de acuerdo al interés.

REGISTROS A TOMARSE COMBINACION #1

TIPO	<u>Escala</u>	DE(pies)	A(pies)
Induction-GR	1:500	2.000	10.400
Induction-SFL-GR	1:200	8.000	10.400
MSFL-SP	1:500	2.000	10.400
MSFL-GR	1:200	8.000	10.400
Proximity-ML	1:500	2.000	10.400
Proximity-ML	1:200	8.000	10.400

## REGISTROS A TOMARSE COMBINACION #2

TIPO	<u>Escala</u>	DE(pies)	A(pies)
ISF - GR	1:500	2.000	10.400
DISF - Caliper	1:500	2.000	10.400
DISF - Caliper	1:200	8.000	10.400
MLL - GR	1:500	2.000	10.400
MLL - GR	1:200	8.000	10.400
Proximity - ML	1:200	8.000	10.400

PROGRAMA DE REGISTRO ELECTRICO PARA UN POZO DE DESARROLLO  
EN EL ORIENTE ECUATORIANO

---

Tomando como base las mismas condiciones iniciales del fluido de perforación programado para el pozo Exploratorio.

Para la elaboración de un programa de Registro eléctrico de un pozo de desarrollo también hay que tomar en consideración los parámetros antes expuestos, pero el número de tomas de registros es menor debido a que se tiene mayor información de los registros tomados en los pozos exploratorio y sólo es necesario información de detalle de las zonas de interés, pero es importante tener uno o más registros de todo el pozo, pero en una escala menor (1:500); esto es requerido con el objeto de llevar un archivo completo del pozo.

En consecuencia se planificaron dos programas para pozo de desarrollo en el Oriente Ecuatoriano.

REGISTROS A TOMARSE COMBINACION #1

TIPO	<u>Escala</u>	DE(pies)	A(pies)
Induction - SP	1:500	2.000	10.400
DISF - GR	1:200	8.000	10.400
Proximity - ML	1:200	8.000	10.400

REGISTROS A TOMARSE COMBINACION #2

DLL - GR	1:500	2.000	10.400
MLL - SP	1:200	8.000	10.400
ISF - GR	1:200	8.000	10.400

Una vez realizado los programas propuestos tanto para pozo exploratorio como de desarrollo se verá la diferencia en el número de tomas de los registros por tanto incide en los costos totales del pozo a aplicarse; hay que tener en cuenta que es importante el factor económico, pero también hay que considerar que al disminuir el número de registros también debilita la información por tanto es necesario llevar a cabo un estudio bien detallado al programar una buena combinación de registros.

Es necesario hacer notar que no se ha hablado de ningún otro tipo de registro a parte de los eléctricos debido a que la información es básicamente

te de las características resistivas de las rocas en base a la conducción eléctrica.

Al utilizar estos tipos de registros eléctricos tomar como un rango límite de la resistividad del lodo de perforación que debe estar entre 2 a 7 veces la resistividad del agua de formación, con el objeto de tener un margin de seguridad en la toma de registro eléctrico; y esto se lo puede hacer en base de información de datos obtenidos del campo en estudio o de zonas similares.

CAPITULO V  
ANALISIS DE COSTOS DE LOS PROGRAMAS DE REGISTROS ELECTRICOS

La selección de un programa de registros eléctricos juega un papel importante en los costos totales, de la perforación de un pozo en la búsqueda de hidrocarburos; por tanto es de vital importancia una buena selección utilizando las herramientas más útiles de acuerdo a los principios físicos en que ellos se basan.

En el Campo Y se realizó el análisis de costo de los registros eléctricos que fueron corridos en todos los pozos del campo, para lo cual se presentará un breve esquema de contrato con la compañía contratista (Schlumberger) de acuerdo (8) a la lista de precios del año 1983, considerando un contrato de servicio exclusivo para el cliente; durante un mes calendario.

1. EQUIPO

A. CARGO POR UNIDAD DE SERVICIO (mensual)

- |                                                       |                 |
|-------------------------------------------------------|-----------------|
| - Unidad de Servicio Camión                           | US \$ 13.000 .- |
| - Bobina de Repuesto con Monocable para las Unidades. | US \$ 3.000 .-  |

El cargo por unidad de servicio, para cualquier mes calendario, será reducido en un 20% de los cargos por operaciones facturados durante el mes.

$$\text{US \$ } 16.000 \times 20\% = 3.200 \text{ US \$}$$

$$16.000 - 3.200 = 12.800 \text{ US \$}$$

B. CARGO POR HERRAMIENTAS

Para cada herramienta asignada para uso del cliente el cargo mensual facturado será de acuerdo a la siguiente tabla.

IES	Inductivo Eléctrico	US \$ 4.450.-
ISF	Inductivo Enfoque Esférico	US \$ 6.000.-
PML	Proximidad - Microlog.	US \$ 3.000.-
MSFL	Micro Enfoque Esférico	US \$ 4.200.-
		<u>US \$ 17.650.-</u>

2. PERSONAL

A. CARGO POR PERSONAL

Se asignará una cuadrilla de operaciones compuesta por un ingeniero y operadores de servicio para uso exclusivo del cliente.

El cargo mínimo por cuadrillas de operaciones es de US \$ 27.000.- por mes calendario que da derecho a 15 personal-días activos.

El cargo por cuadrilla por unidad de servicio para cualquier mes calendario serán reducidos en un 20% de los cargos por operaciones facturados durante el mes.

$$\text{US \$ } 27.000 \times 20\% = \text{US \$ } 5.400$$

$$27.000 - 5.400 = \text{US \$ } 21.600$$

### 3. CARGOS BASICOS DE OPERACIONES Y MOVILIZACION

Se facturará un cargo básico de US \$ 2.250 para una serie de operaciones efectuadas sucesivamente durante un viaje al sitio de la perforación.

US \$ 2.250.-

### 4. CARGO BASICO DE OPERACIONES

Los cargos básicos de operaciones se facturarán en base de la siguiente tabla.

4.1 El cargo por profundidad se aplica desde la superficie hasta la medida más profunda del pozo.

4.2 El cargo por registro se aplica desde cualquier profundidad hasta la medida más profunda, o sea será aplicado a intervalo perfilado aplicando siempre el cargo mínimo, cuando éstos son necesarios.

La siguiente tabla es utilizada para definir los cargos básicos de operaciones.

CODIGO	OPERACION	CARGO POR PROFUNDIDAD			CARGO POR REGISTRO		
		por pie	por m.	mín.	por pie	por m.	mínimo
		\$	\$	\$	\$	\$	\$
IES	Inductivo Elect.	0.83	2.72	1660	0.83	2.72	1660
ISF	Inductivo Enfoque Esférico.	0.90	2.95	1800	0.90	2.95	1800
PML	Proximity-Microl.	0.85	2.79	1700	0.85	2.79	1700
MSFL	Micro Enfoque Esférico.	0.85	2.79	1700	0.85	2.79	1700

##### 5. GARANTIA MINIMA SOBRE EL CONTRATO

Por la unidad de servicio asignada al cliente, se aplicará una garantía mínima mensual por los cargos operativos de US \$ 60.000.

En base al análisis de los gastos que traen consigo la toma de registros eléctricos se desglosarán en base a la siguiente planilla, incluyendo los gastos totales de los cargos básicos de operaciones que están estipulado en la Tabla 5.

TABLA V  
CARGOS BASICOS DE OPERACIONES DE REGISTROS TOMADOS EN EL CAMPO "Y"

OPERACION	CARGO POR PIE \$.	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-5	Y-6	Y-9	Y-10	Y-12
PROFUNDIDAD (1)	IES	10425'	10456'	10115'	10151'	10130'	10112'		10222'	
	PML	10425'	10456'	10115'	10151'	10130'	10112'			
	ISF					10125'	10115'	10033'	10222'	10104'
	MSFL							10033'	10222'	10104'
REGISTRO (2)	IES	1775'	1906'	1515'	2151'	2130'	2612'			
	PML	1725'	1856'	1515'	1501'	2130'	2112'			
	ISF					1825'	3265'	1433'	8194'	2304'
	MSFL							1433'	1522'	1844'
CODIGO OPERACION	CARGO POR PROFUNDIDAD (1) CARGO POR REGISTRO (2)									
IES	INDUCTIVO (1) ELECTRICO. (2)	8652.75	8678.48	8395.45	8425.33	8407.9	8392.96		8484.26	59437.13
PML	PROXIMIDAD (1) MICROPERFIL (2)	1660	1660	1660	1785.33	1767.9	2167.96		1660	12361.19
ISF	INDUCTIVO (1) ENFOQUE ESFERICO. (2)	8861.25	8887.6	8597.75	8628.35	8610.5	8595.2			52180.63
MSFL	MICRO ENFOQUE ESFERICO (1) ENFOQUE ESFERICO (2)	1700	1700	1700	1700	9112.5	1795.2	9029.7	9199.8	10405.7
TOTAL		20,874	20,926,08	20,353,2	20,539,01	31,509,3	32,993,32	21,057,75	37,073,6	226,815,62

\$.

PLANTILLA DE COSTO DE REGISTROS ELECTRICOS PARA EL CAMPO Y

A. Cargo por Unidad de Servicio	\$ 12.800.-
B. Cargo por Herramientas	\$ 17.650.-
C. Cargo por Personal	\$ 21.600.-
D. Cargo básico de operación de Movilización	\$ 2.250.-
E. Cargo básico de Operaciones de Registro	<u>\$226.815,62</u>
	\$ 281.115,62

Este total es considerado tomando los 9 pozos analizados sólo en registros eléctricos, no considerando los registros radiactivos, cementación, sónicos y cañones del pozo.

El análisis de costos es muy importante en un programa de registro de pozo ya sea de Desarrollo o Exploratorio, porque intervienen en los costos totales de la perforación de un pozo; es así que un pozo en el Oriente ecuatoriano de 10000' de profundidad, de diámetro de casi mg superficial de 10 <sup>3/4</sup> de pulgada, y terminado con broca de 8 3/4 de pulgada, el costo promedio para un pozo de desarrollo según datos estadísticos en el año comprendido entre 1979 a 1980 era de \$ 1'100.000 y de 1981 a 1983 era de \$2'000.000 interviniendo en dichos costos: Transporte del equipo de perforación y locación, perforación del pozo, Brocas utilizadas, químicos para el lodo de perforación, cemento, tubería de revestimiento del pozo, pruebas de formación, registros eléctricos; de todo estos trabajos realizados, la toma de registro intervenía, pa-

ra estos mismos años, en 10% del costo total del pozo, pero a medida que han pasado los años las empresas especializadas en estos tipos - de trabajos han ido perfeccionando sus equipos, con el objeto de darle al cliente mayor información del pozo y confiabilidad de los re - sultados, en consecuencia esto ha dado a las empresas petroleras una mejor visión y utilidad a dicha información, por lo cual ha incrementado el porcentaje del costo total del pozo para la toma de registro.

Según el análisis de la Tabla N°1 el costo por pozo en base a los registros eléctricos que se han tomado en el campo "Y" están en el rango de los 20.000 a 40.000 US \$, o sea que sólo influye el 4% del costo total del pozo en la toma de registros eléctricos, el 6% comprende la toma de registros radiactivos, sónicos, cañoneo de la tubería y servicios auxiliares al pozo.

## CONCLUSIONES

1. Las condiciones en que fueron tomados los registros es variable en cuanto al tipo de fluido del pozo, como son: Bentonítico, Lignosulfonato y Polímero, los mismos que no contribuyeron mayormente a distorsionar los registros eléctricos.
2. La formación en la arena "U", en cuanto a su porosidad es más uniforme, en el orden del 20%, mientras que en la arena "T" la porosidad fluctúa en el orden del 10 al 20% debido a la presencia de arcillosidad en dichas arenas.
3. La presencia de hidrocarburo en la arena "U" es del orden de los 18.6° API, mientras que en la arena "T" contiene un petróleo más liviano de 29.0° API.
4. El comportamiento de los registros de SP, Inducción y Microperfil se los puede considerar normal para los fines con que fueron utilizados - en este estudio.
5. Tomando en consideración los registros ISF corrido en los pozos Y-9 , Y-10 y Y-12 se establece que dan un perfil con mayor definición vertical que una curva normal corta que podrían ayudar mejor en la determinación de la forma de completación de pozos y en la planificación futura de trabajos de ingeniería de yacimientos.

6. Según el estudio realizado por pozo se pudo determinar que los registros utilizados inciden en un 3 al 4 por ciento del costo total del pozo.
  
7. Se ha podido definir que los canales distributarios son aquellos donde las arenas tienen mayor espesor y los canales interdistributarios o sa  
banas de arenas es donde el espesor depositado es menor tomando en con  
sideración la similitud de la salinidad del agua de formación.

## RECOMENDACIONES

1. Continuar los estudios sobre estas formaciones en cuanto a la evaluación cuantitativa con el objeto de completar el trabajo en dicho campo.
2. Se recomienda utilizar nuevas herramientas de registros eléctricos que actualmente ofrece la industria como el caso de los registros de Inducción esférico enfocado y el doble lateroperfil, por tener mayor información del pozo y mejor resolución de los estratos.
3. Se debe tener un mayor control y uso de la información de los registros de pozos ya que de ella podemos obtener la oportunidad de realizar estudios como el presente que pretenden interpretar características y parámetros particulares de las arenas "U" y "T" de la Formación Napo.
4. Las compañías de servicio que realizan estos tipos de trabajo deberían de aportar a una persona calificada en el campo de la evaluación de las formaciones que colabore mancomunadamente con el personal de CEPE en la realización de los programas pre-establecidos, como en la decisión del cañones del pozo, con el objeto de darle un soporte técnico a la decisión a ser tomada.
5. Se debe tomar en todos los pozos muestras laterales (CORE) de la zona de interés hasta tener un amplio conocimiento de las características fí

sicas del yacimiento y de su ambiente sedimentológico y paleontológico de acumulación.

6. Se deben de llevar a cabo estudios en zonas diferentes a las arenas "U" y "T" de la Formación Napo, específicamente en zonas de calizas, que pudieran contener yacimientos petrolíferos de interés.

A P E N D I C E S



Pozo : Y-5      Prof : 9580'      Formación: NAPO      Arena: U  
 SSP : -80 mv       $Rm_f$  :  $1.35 \Omega \cdot m$  a  $85^\circ F$        $Rm_{fF}$  :  $0.634 \Omega \cdot m$  a  $180.8^\circ F$   
 $\frac{Rm_{fe}}{Rwe}$  : 8.9       $Rm_{fe}$  :  $0.85 * Rm_{fF}$  :  $0.538 \Omega \cdot m$   
 $Rwe$  :  $0.061 \Omega \cdot m$        $Rw$  :  $0.065 \Omega \cdot m$       ppm ClNa : 44.000

Pozo : Y-6      Prof : 9590'      Formación : NAPO      Arena: U  
 SSP : -85mv       $Rm_f$  :  $1.42 \Omega \cdot m$  a  $84^\circ F$        $Rm_{fF}$  :  $0.662 \Omega \cdot m$  a  $180^\circ F$   
 $\frac{Rm_{fe}}{Rwe}$  : 11       $Rm_{fe}$  :  $0.85 * Rm_{fF}$  :  $0.56 \Omega \cdot m$   
 $Rwe$  : 0.050       $Rw$  :  $0.049 \Omega \cdot m$       ppm ClNa : 63.000

Pozo : Y-9      Prof : 9506'      Formación : NAPO      Arena: U  
 SSP : -48 mv       $Rm_f$  :  $1.99 \Omega \cdot m$  a  $75^\circ F$        $Rm_{fF}$  :  $0.877 \Omega \cdot m$  a  $170.06^\circ F$   
 $\frac{Rm_{fe}}{Rwe}$  : 3.81       $Rm_{fe} = 0.85 * Rm_{fF}$  :  $0.745 \Omega \cdot m$   
 $Rwe$  :  $0.195 \Omega \cdot m$        $Rw$  :  $0.21 \Omega \cdot m$       ppm ClNa = 13.000

Pozo : Y-10      Prof : 9708'      Formación : NAPO      Arena: U  
 SSP : -90 mv       $Rm_f$  :  $2.4 \Omega \cdot m$  a  $82^\circ F$        $Rm_{fF}$  :  $1.09 \Omega \cdot m$  a  $179.08^\circ F$   
 $\frac{Rm_{fe}}{Rwe}$  : 11.8       $Rm_{fe} = 0.85 * Rm_{fF}$  :  $0.926 \Omega \cdot m$   
 $Rwe$  :  $0.077 \Omega \cdot m$        $Rw$  :  $0.076 \Omega \cdot m$       ppm ClNa : 40.000

CALCULOS DE LA RESISTIVIDAD DEL AGUA DE FORMACION EN BASE DEL  
POTENCIAL ESPONTANEO DE LA ARENISCA "T" PRINCIPAL

Pozo : Y-1                  Prof : 9850                  Formación: NAPO  
 Arena : T                  SSP : -60 mv                  Rm<sub>f</sub> : 1.56 Ω-m a 74°F  
 Rm<sub>f</sub> : 0.669 a 172.5°F                   $\frac{Rm_f}{Rwe}$  : 5.45  
 Rm<sub>fe</sub> = 0.85 x Rm<sub>f</sub> = 0.568 Ω -m      Rwe : 0.10 Ω -m      Rw : 0.13 Ω -m  
 ppm NaCl : 21.000

Pozo : Y-2                  Prof : 9820'                  Formación: NAPO  
 Arena: "T"                  SSP : -31 mv                  Rm<sub>f</sub> : 1.27 Ω-m a 80°F  
 Rm<sub>f</sub> : 0.570 a 1.782°F                   $\frac{Rm_f}{Rwe}$  = 2.4  
 Rm<sub>fe</sub> = 0.85 x Rm<sub>f</sub> = 0.484 Ω -m      Rwe = 0.20 Ω -m      Rw = 0.26 Ω -m  
 ppm NaCl : 9500

Pozo : Y-3                  Prof. : 9865'                  Formación : NAPO  
 Arena: T                  SSP : -72                  Rm<sub>f</sub> : 1.32 Ω-m a 76°F  
 R<sub>f</sub> = 0.574 Ω-m a 174.6°F                   $\frac{Rm_f}{Rwe}$  = 7.1  
 Rm<sub>fe</sub> = 0.85 x Rm<sub>f</sub> = 0.488 Ω -m      Rwe : 0.068 Ω -m      Rw : 0.070 Ω -m  
 ppm NaCl : 42.000

Pozo : Y-4                      Prof: 9860'                      Formación: NAPO  
 Arena : T                      SSP : -64                      Rmf : 1.33  $\Omega$ -m a 78°F  
 Rmf<sub>F</sub> : 0.587  $\Omega$ -m a 176.6°F                       $\frac{Rmfe}{Rwe} = 6.0$   
 Rmfe = 0.85 x Rmf<sub>F</sub> = 0.490  $\Omega$  -m                      Rwe = 0.081  $\Omega$  -m                      Rw :  $\frac{0.084}{-m}$

ppm NaCl : 32.000

Pozo : Y-5                      Prof : 9890'                      Formación: NAPO  
 Arena: T                      SSP : -75                      Rmf : 1.35  $\Omega$ -m a 85°F  
 Rmf<sub>F</sub> : 0.624  $\Omega$ -m a 183.°F                       $\frac{Rmfe}{Rwe} = 7.9$   
 Rmfe : 0.85 x Rmf<sub>F</sub> = 0.53  $\Omega$  -m                      Rwe = 0.067  $\Omega$  -m                      Rw =  $\frac{0.07}{-m}$

ppm NaCl : 40.000

Pozo : Y-6                      Prof : 9870'                      Formación: NAPO  
 Arena: T                      SSP : -85 mv                      Rmf : 1.42  $\Omega$ -m a 84°F  
 Rmf<sub>F</sub> : 0.652  $\Omega$ -m a 182.7°F                       $\frac{Rmfe}{Rwe} = 10$   
 Rmfe = 0.85 x Rmf<sub>F</sub> = 0.554  $\Omega$  -m                      Rwe : 0.055  $\Omega$  -m                      Rw : 0.065  $\Omega$  -m  
 ppm NaCl : 44.800

Pozo : Y-9                      Prof : 9760'                      Formación: NAPO  
 Arena : T                      SSP : -57 mv                      Rmf : 1.99  $\Omega$ -m a 75°F  
 Rmf<sub>F</sub> : 0.864  $\Omega$ -m a 172.6°F                       $\frac{Rmfe}{Rwe} = 4.4$   
 Rmfe = 0.35 x Rmf<sub>F</sub> = 0.735  $\Omega$ -m                      Rwe : 0.166  $\Omega$ -m                      Rw : 0.10  $\Omega$ -m  
 ppm NaCl : 13.800

Pozo : Y-10                      Prof : 9970'                      Formación: NAPO  
 Arena : T                      SSP : -800                      Rmf : 3.58  $\Omega$ -m a 82°F  
 Rmf<sub>F</sub> : 1.62  $\Omega$ -m a 181.7°F                      K = 0.133 T + 60 : 84.16                       $\frac{Rmfe}{Rwe} = 15,6$   
 Rmfe : 0.35 x Rmf<sub>F</sub> = 1.377  $\Omega$ -m                      Rwe = 0.088  $\Omega$ -m                      Rw : 0.09  $\Omega$ -m  
 ppm NaCl : 30.000

Pozo : Y-12                      Prof : 9825'                      Formación: NAPO  
 Arena : T                      SSP - 80 mx                      Rmf : 1.80  $\Omega$ -m a 92°F  
 Rmf<sub>F</sub> : 0.87  $\Omega$ -m a 190,2°F                       $\frac{Rmfe}{Rwe} = 8,9$   
 Rmfe = 0.85 x Rmf = 0.740  $\Omega$ -m                      Rwe : 0.083  $\Omega$ -m                      Rw : 0.085  $\Omega$ -m  
 ppm NaCl : 31.000

APENDICE B

DATOS OBTENIDOS DEL ENCABEZAMIENTO DE LOS REGISTROS TOMADOS EN  
EL CAMPO Y

DATOS	1	2	3	4	5	6	9	10	12
Fecha de toma del Perfil.	24/11/70	21/5/79	24/8/79	23/9/79	31/10/79	20/1/80	17/11/80	17/7/81	15/4/80
Prof. Total	10426'	10458'	10116'	10152'	10130'	10113'	10136'	10230'	10104'
Casing, Superficial Tamaño/Profund.	5" / 8 1825'	10 <sup>3</sup> / 4 1822'	10 <sup>3</sup> / 4 1824'	10 <sup>3</sup> / 4 1820'	10 <sup>3</sup> / 4 1840'	10 <sup>3</sup> / 4 1840'	10 <sup>3</sup> / 4 2225'	10 <sup>3</sup> / 4 2028'	10 <sup>3</sup> / 4 2030'
Tipo de Lodo	Polímero	Bentoni- ta.	Bentoni- ta.	Unical	Ligno sul- fon.	Ligno sul- fonato.	Polímero	Fresh.	Polímero
Dens.	9.4-34	9.6-48	10-45	9.7-40	16.2-59	10.4-68	9.9-46	9.9-4.6	10-40
PH	7.0-26.2 ml	8-9 ml	8-10 ml	8.4-7.1 ml	8.4-10 ml	8.5-7.2 ml	8.5-9.0 ml	8.2-7.8 ml	8.5-10 ml
Rm a MEAS Temp.	1.44 108°F	1.51-80 °F	1.55-82 °F	0.84-107 °F	1.70-94 °F	1.49-90 °F	2.14-75 °F	2.38-108 °F	2.09-92 °F
Rmf a MEAS Temp.	1.56-74 °F	1.27-80 °F	1.32-76 °F	1.33-78 °F	1.35-78 °F	1.42-84 °F	1.99-75 °F	2.46-82 °F	1.80-92 °F
Rmc a MEAS Temp.	2.10-74 °F	1.95-76 °F	1.97-76 °F	1.90-78 °F	2.15-85 °F	2.01-84 °F	2.6-75 °F	3.58-82 °F	2.65-92 °F
Rm a BHT	0.79-197 °F	0.67-196 °F	0.64-200 °F	0.44-202 °F	0.7-202 °F	0.63-210 °F	0.83-202 °F	1.3-204 °F	0.89-215 °F
Tamaño de Broca	8 3/4"	9 7/8"	8 3/4"	9 7/8"	8 1/2"	8 3/4"	9 7/8"	9 7/8"	9 7/8"



COMPANY T

WELL Y I (WILDCAT)

FIELD Y

COUNTY Ecuador STATE N

LOCATION \_\_\_\_\_ Other Services: \_\_\_\_\_

Sec. \_\_\_\_\_ Twp. \_\_\_\_\_ Rge. \_\_\_\_\_

Permanent Datum: GROUND LEVEL Elev. 873' Elev: K.B. 890'

Log Measured From: Rotary Table 16 Ft. Above Perm. Datum. D.F. 889

Drilling Measured From: Rotary Table. G.L. 873

Date	24 NOV. 1970						
Run No.							
Depth-Driller	10.423'						
Depth-Logger	10.426'						
Btm. Log interval	10.425'						
Top Log interval	8650'						
Casing-Driller	9 5/8" @ 1825			@	@	@	@
Casing-Logger	1828'						
Bit Size	8 3/4"						
Type Fluid in hole	POLIMERO						
Dens	9.4	34					
Visc.							
pH	7.0	26.2 ml		ml		ml	ml
Fluid Loss							
Source of Sample							
Rm @ Meas. Temp.	1.44 @ 108 °F		@ °F				
Rmf @ Meas. Temp.	1.56 @ 74 °F		@ °F				
Rmc @ Meas. Temp.	2.10 @ 74 °F		@ °F				
Source: Rmf Rmc							
Rm @ BHT	0.79 @ 197 °F		@ °F				
Time Since Circ.							
Max. Rec. Temp.				°F	°F	°F	°F
Equip.							
Location							
Recorded By							
Witnessed By							



COMPANY T

WELL Y 2

FIELD Y

COUNTY Ecuador STATE N

LOCATION LAT. 0° 29' 14.6646" S  
 LONG. 76° 45' 58.8096" W  
 Sec. \_\_\_\_\_ Twp. \_\_\_\_\_ Rge. \_\_\_\_\_

Other Services:  
FDC - C/PML

Permanent Datum: Ground Level Elev. 781.5  
 Log Measured From: Rotary Table 16 Ft. Above Perm. Datum.  
 Drilling Measured From: Rotary Table

Elev: K.B. 798.  
 D.F. 797.6'  
 G.L. 781.5'

Date	27 May. 1979					
Run No.						
Depth-Driller	10464'					
Depth-Logger	10458'					
Btm. Log interval	10456'					
Top Log interval	8600'					
Casing-Driller	10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> @ 1822'	@	@	@		
Casing-Logger	1830'					
Bit Size	97/8"					
Type Fluid in hole	BENTONITA					
Dens	9.6	Visc.	48			
pH	8	Fluid Loss	9 ml	ml	ml	ml
Source of Sample	Flow Line					
Rm a Meas. Temp.	1.51 @ 80 °F	@	°F	@	°F	@
Rmf a Meas. Temp.	1.27 @ 80 °F	@	°F	@	°F	@
Rmc a Meas. Temp.	1.95 @ 76 °F	@	°F	@	°F	@
Source: Rmf Rmc	Press					
Rm a BHT	0.67 @ 196 °F	@	°F	@	°F	@
Time Since Circ.	8 hrs.					
Max. Rec. Temp.	196 °F		°F		°F	
Equip.   Location						
Recorded By						
Witnessed By						



COMPANY T

WELL Y 3

FIELD Y

COUNTY Ecuador STATE N

LOCATION LAT. 00°29' 14.8366" S  
 LONG. 76°47' 12.9142" W  
 Sec. \_\_\_\_\_ Twp. \_\_\_\_\_ Rge. \_\_\_\_\_

Other Services:

Permanent Datum: Ground Level Elev. 787.769' Elev: K.B. 804.  
 Log Measured From: Mesa Rotaria. 15.9' Ft. Above Perm. Datum. D.F. 803.642'  
 Drilling Measured From: Mesa Rotaria. G.L. 787.769'

Date	24. AUG. 1979				
Run No.	1				
Depth-Driller	10.100'				
Depth-Logger	10.116'				
Btm. Log interval	10.115'				
Top Log interval	8.600'				
Casing-Driller	10 3/4" @ 1824'	@	@	@	@
Casing-Logger	1824'				
Bit Size	8 3/4"				
Type Fluid in hole	BENTONITA				
Dens	10	45			
Visc.	8	10 ml	ml	ml	ml
pH	Fluid Loss				
Source of Sample	Linea de Flujo				
Rm @ Meas. Temp.	1.55 @ 82 °F	@ °F	@ °F	@ °F	@ °F
Rmf @ Meas. Temp.	1.32 @ 76 °F	@ °F	@ °F	@ °F	@ °F
Rmc @ Meas. Temp.	1.97 @ 76 °F	@ °F	@ °F	@ °F	@ °F
Source: Rmf, Rmc	LODO / Press				
Rm @ BHT	0.64 @ 200 °F	@ °F	@ °F	@ °F	@ °F
Time Since Circ.					
Max. Rec. Temp.	200 °F	°F	°F	°F	°F
Equip. Location	494 / LGA.				
Recorded By					
Witnessed By					



COMPANY T

WELL Y 4

FIELD Y

COUNTY Ecuador STATE N

LOCATION \_\_\_\_\_ Other Services: \_\_\_\_\_

Sec. \_\_\_\_\_ Twp. \_\_\_\_\_ Rge. \_\_\_\_\_

Permanent Datum: GROUND LEVEL Elev. 823.7' Elev: K.B. 839.5'  
 Log Measured From: Rotary Table 14.8 Ft. Above Perm. Datum. D.F. 838.5'  
 Drilling Measured From: Rotary Table G.L. 823.7'

Date	23 Sept. 1979					
Run No.						
Depth-Driller	10150'					
Depth-Logger	10152'					
Btm. Log interval	10151'					
Top Log interval	8000'					
Casing-Driller	10 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> @ 1820	@	@	@	@	@
Casing-Logger	1825'					
Bit Size	9 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> "					
Type Fluid in hole	UNICAL					
Dens	9.7	Visc.	40			
pH	8.4	Fluid Loss	7.1 ml	ml	ml	ml
Source of Sample	FLOW LINE					
Rm a Meas. Temp.	0.845 @ 107 °F	@	°F	@	°F	@
Rmf a Meas. Temp.	1.33 @ 78 °F	@	°F	@	°F	@
Rmc a Meas. Temp.	1.90 @ 78 °F	@	°F	@	°F	@
Source: Rmf Rmc						
Rm a BHT	0.447 @ 202 °F	@	°F	@	°F	@
Time Since Circ.	2300					
Max. Rec. Temp.	202 / °F		°F		°F	
Equip.   Location						
Recorded By						
Witnessed By						



COMPANY \_\_\_\_\_ T \_\_\_\_\_  
 WELL \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_  
 FIELD \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_  
 COUNTY \_\_\_\_\_ Ecuador \_\_\_\_\_ STATE \_\_\_\_\_ N \_\_\_\_\_

LOCATION LONG. 76° 45' 25.2516" W  
 LAT. 0° 27' 46.8629" S  
 Sec. \_\_\_\_\_ Twp. \_\_\_\_\_ Rge. \_\_\_\_\_

Other Services:

Permanent Datum: GROUND LEVEL Elev. 809.55'  
 Log Measured From: ROTARY Table 15.6 Ft. Above Perm. Datum.  
 Drilling Measured From: ROTARY TABLE

Elev: K.B. 825.16'  
 D.F. 825.16'  
 G.L. 809.55'

Date	31. Oct. 1979						
Run No.							
Depth-Driller	10120'						
Depth-Logger	10130'						
Btm. Log interval	10130'						
Top Log interval	8000'						
Casing-Driller	1838' @ 9 5/8"			@	@	@	@
Casing-Logger	1840'						
Bit Size	8 1/2"						
Type Fluid in hole	Lignosulfonate						
Dens	Visc.	16. 2   59					
pH	Field Loss	8.4   10 ml		ml	ml	ml	ml
Source of Sample	FLOW LINE						
Rm a Meas. Temp.	1.70 @ 94 °F		@ °F				
Rmf a Meas. Temp.	1.35 @ 85 °F		@ °F				
Rmc a Meas. Temp.	2.15 @ 85 °F		@ °F				
Source: Rmf Rmc							
Rm a BHT	0.7 @ 202 °F		@ °F				
Time Since Circ.							
Max. Rec. Temp.	202 °F		°F	°F	°F	°F	°F
Equip.	Location						
Recorded By							
Witnessed By							



COMPANY \_\_\_\_\_ T \_\_\_\_\_

WELL \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_ 6 \_\_\_\_\_

FIELD \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_

COUNTY \_\_\_\_\_ Ecuador \_\_\_\_\_ STATE \_\_\_\_\_ N \_\_\_\_\_

LOCATION  
 Sec. \_\_\_\_\_ Twp. \_\_\_\_\_ Rge. \_\_\_\_\_

Other Services:

Permanent Datum: GROUND LEVEL Elev. 800.84'  
 Log Measured From: Rotary Table 16 Ft. Above Perm. Datum.  
 Drilling Measured From: Rotary Table

Elev: K.B. 817  
 D.F. 816.58'  
 G.L. 800.84'

Date	20 Enero 1980					
Run No.						
Depth-Driller	10 110'					
Depth-Logger	10 113'					
Btm. Log Interval	10 112'					
Top Log Interval	7 500'					
Casing-Driller	10 3/4 @ 1840			@	@	@
Casing-Logger	1850'					
Bit Size	8 3/4					
Type Fluid in hole	Lignosulfonate					
Dens	Visc.	10.4 68				
pH	Fluid Loss	8.5 7.2 ml		ml	ml	ml
Source of Sample	Flow Line					
Rm a Meas. Temp.	1.49 @ 90 °F		@ °F	@ °F	@ °F	
Rmf a Meas. Temp.	1.42 @ 84 °F		@ °F	@ °F	@ °F	
Rmc a Meas. Temp.	2.01 @ 84 °F		@ °F	@ °F	@ °F	
Source: Rmf Rmc	MUD / PRESS					
Rm a BHT	0.63 @ 210 °F		@ °F	@ °F	@ °F	
Time Since Circ.						
Max. Rec. Temp.	210' °F		°F	°F	°F	°F
Equip.	Location					
Recorded By						
Witnessed By						



COMPANY T

WELL Y 9

FIELD Y

COUNTY Ecuador STATE N

LOCATION Long: 76° 46' 35.4328"  
 Lat. 0° 27' 25.5443"

Other Services:

Sec. \_\_\_\_\_ Twp. \_\_\_\_\_ Rge. \_\_\_\_\_

Permanent Datum: GRAUND LEVEL Elev. 763.9 Elev: K.B. 782  
 Log Measured From: R.T.E 17.1 Ft. Above Perm. Datum. D.F. 781  
 Drilling Measured From: R.T.E G.L. 7639

Date	7 Nov. / 80					
Run No.						
Depth-Driller	10035					
Depth-Logger	10036					
Btm. Log Interval	10035					
Top Log Interval	8600					
Casing-Driller	10 3/4	@2225	@	@	@	
Casing-Logger	222.4					
Bit Size	9 7/8					
Type Fluid in hole	POLYMER					
Dens	9.9	46				
Visc.						
pH	8.5	9.0 ml		ml	ml	ml
Fluid Loss						
Source of Sample	FLOWLINE					
Rm a Meas. Temp.	2.14	@ 75 °F	@	@	@	@ °F
Rmf a Meas. Temp.	1.99	@ 75 °F	@	@	@	@ °F
Rmc a Meas. Temp.	2.60	@ 75 °F	@	@	@	@ °F
Source: Rmf Rmc						
Rm a BHT	0.836	@ 202 °F	@	@	@	@ °F
Time Since Circ.						
Max. Rec. Temp.	202	°F		°F	°F	°F
Equip.						
Location						
Recorded By						
Witnessed By						



COMPANY T

WELL Y 10

FIELD Y

COUNTY Ecuador STATE N

LOCATION Long: 0° 28' 35" S  
 Lat: 76° 47' 03" W

Other Services:

Sec. \_\_\_\_\_ Twp. \_\_\_\_\_ Rge. \_\_\_\_\_

Permanent Datum: GRAUND LEVEL Elev. 888.48 Elev: K.B. 904.  
 Log Measured From: Rotary Table 16' Ft. Above Perm. Datum. D.F. 904.17  
 Drilling Measured From: R. T. E G.L. 888.48

Date	11/7/81					
Run No.						
Depth-Driller	10228'					
Depth-Logger	10230					
Btm. Log Interval	10222					
Top Log Interval	2028					
Casing-Driller	2028	@ 10 3/4	@	@	@	@
Casing-Logger	2028					
Bit Size	9 7/8					
Type Fluid in hole	FRESH MUD					
Dens	9.9	Visc.	46			
pH	8.2	Fluid Loss	7.8 ml		ml	ml
Source of Sample	FLOW LINE					
Rm @ Meas. Temp.	2.38	@ 108 °F	@	@	@	@
Rmf @ Meas. Temp.	2.46	@ 82 °F	@	@	@	@
Rmc @ Meas. Temp.	3.58	@ 82 °F	@	@	@	@
Source: Rmf	Rmc					
Rm @ BHT	1.3	@ 204 °F	@	@	@	@
Time Since Circ.						
Max. Rec. Temp.	204	°F	°F	°F	°F	°F
Equip.	Location					
Recorded By						
Witnessed By						

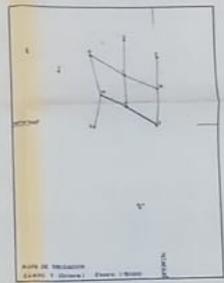
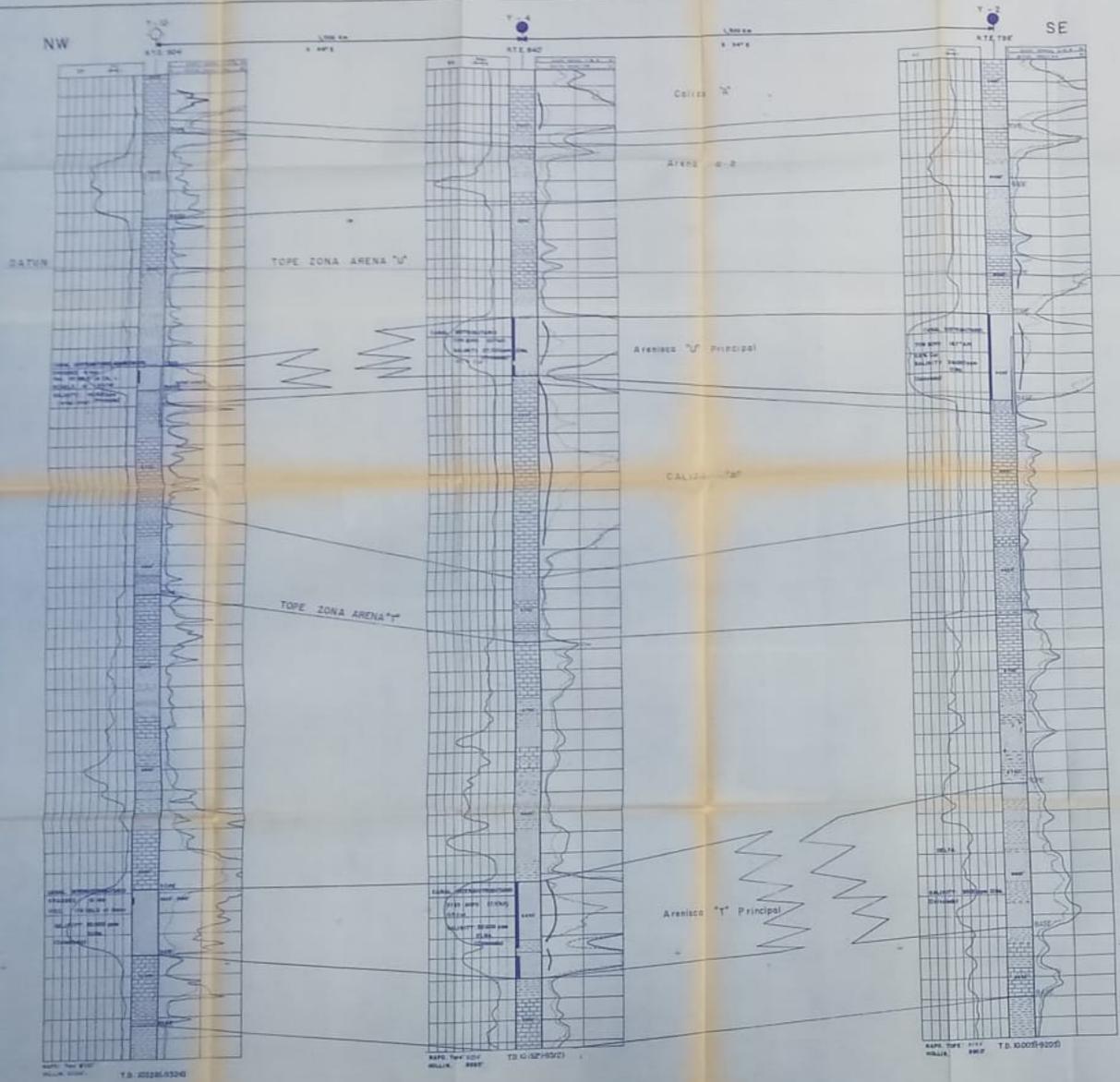


COMPANY _____ T _____	
WELL _____ Y _____ 12 _____	
FIELD _____ Y _____	
COUNTY _____ Ecuador _____ STATE _____ N _____	
LOCATION Long: 76° 45' 58.5165" W Lat: 0° 28' 28.8038" S Sec. _____ Twp. _____ Rge. _____	Other Services:
Permanent Datum: <u>GROUND LEVEL</u> Elev. <u>814.665'</u> Log Measured From: <u>Rotary Table 15.75</u> Ft. Above Perm. Datum. Drilling Measured From: <u>Rotary Table</u>	Elev: K.B. <u>831.416'</u> D.F. <u>830.416'</u> G.L. <u>814.665'</u>
Date	15 Abril /80
Run No.	
Depth-Driller	10 100'
Depth-Logger	10 104'
Btm. Log Interval	10 104'
Top Log Interval	
Casing-Driller	2030' @ 10 3/4" @ @ @
Casing-Logger	2030'
Bit Size	9 7/8"
Type Fluid in hole	POLIMERO
Dens	10
Visc.	40
pH	8.5
Fluid Loss	10 ml
Source of Sample	FLOW LINE
Rm a Meas. Temp.	2.09 @ 92 °F @ °F @ °F
Rmf a Meas. Temp.	1.80 @ 92 °F @ °F @ °F
Rmc a Meas. Temp.	2.65 @ 92 °F @ °F @ °F
Source: Rmf Rmc	
Rm a BHT	0.89 @ 215 °F @ °F @ °F
Time Since Circ.	
Max. Rec. Temp.	215 °F °F °F °F
Equip.	
Location	
Recorded By	
Witnessed By	

## BIBLIOGRAFIA

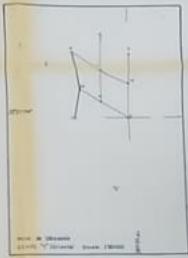
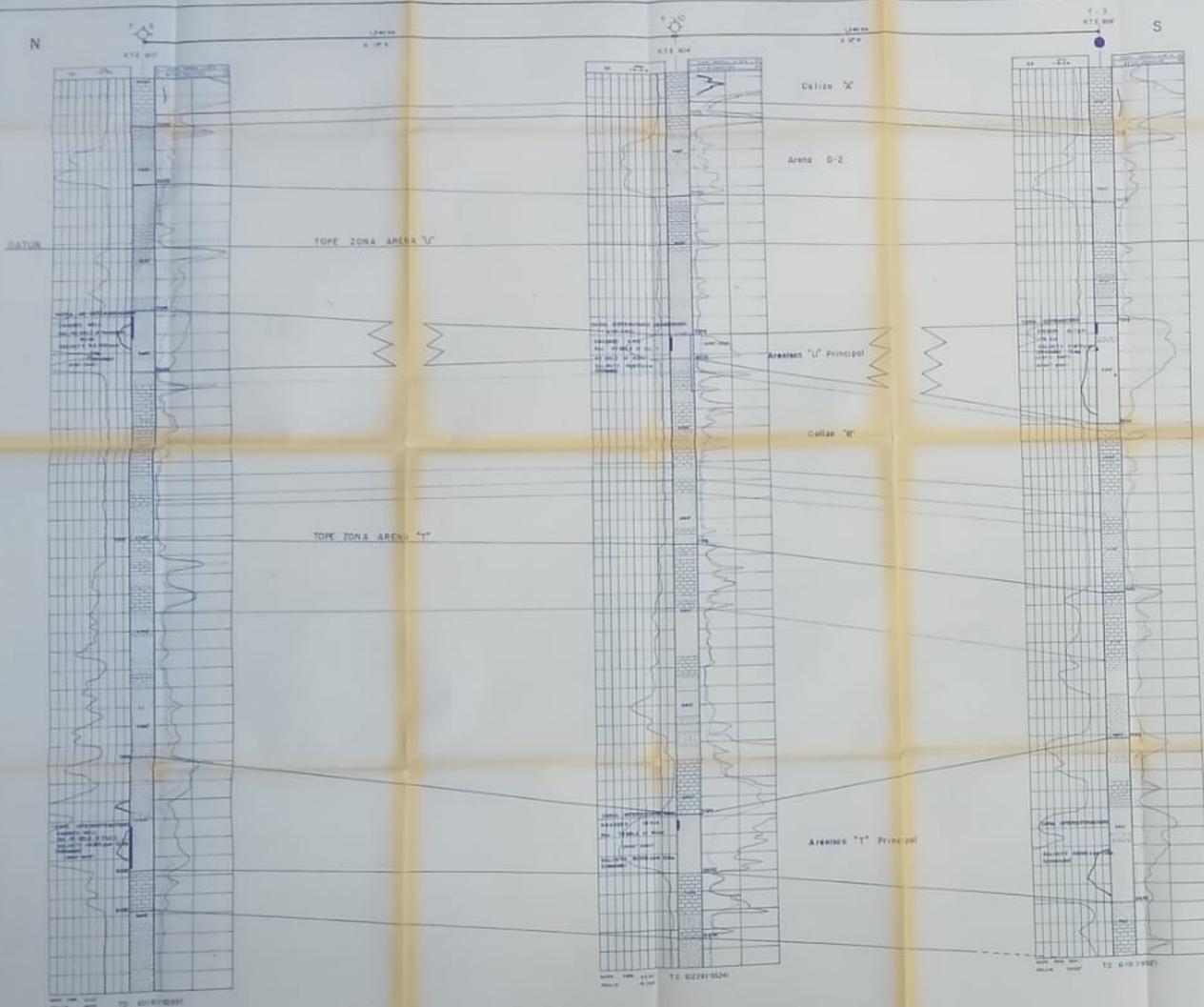
1. BRISTOW C.R., HOFFSTETTER ROBERT. *Lexique stratigraphique, international, Volumen 5 América Latina, Centro Nacional de la Investigación Científica, 1977.*
2. DRESSER, A. *Introducción al perfilaje, Dresser Industries, USA, 1974.*
3. FRANL3 CONSULTANT, *Informe Petrofísico del Campo YUCA, diciembre, 1982.*
4. LAZARDE, H. *Interpretación de Perfiles de Pozos, Escuela de Ing. de Petróleo de Univ. de Zulia, Venezuela, 1978.*
5. S. SAITA, *SP Log Shape characteristics and their enviromental interpretation, USA, 1972.*
6. SCHLUMBERGER. *Log Interpretation charts, USA, 1977*
7. SCHLUMBERGER. *Log Interpretation Volumen 1, USA, 1974*
8. SCHLUMBERGER. *Lista de precios para América del Sur, (Servicios en tierra), Enero 1983.*
9. TAMAYO R. *Reporte geológico del Campo YUCA N°EUA-206, Julio 1983.*

10. V. VALLE. G; J.D. PEREZ. *Marcas eléctricas de Correlación Geológica y su identificación*, *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, Julio 1976.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
 FACULTAD DE INGENIERIA DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO  
 CORRELACION ESTRATIGRAFICA ENTRE LOS  
 POZOS Y-D, Y-4, Y-2 DE LA ARENISCA  
 "V" "V" PRINCIPAL DE LA FORMACION  
 NAPO  
 TESIS DE GRADO  
 Presente a la obtencion del Titulo de  
 INGENIERO DE PETROLEO  
 REALIZADA POR  
 JAYRIM ANASTASIO  
 COPIA N. 1 1980 Fecha: diciembre 1980 GRAFICO N. 8

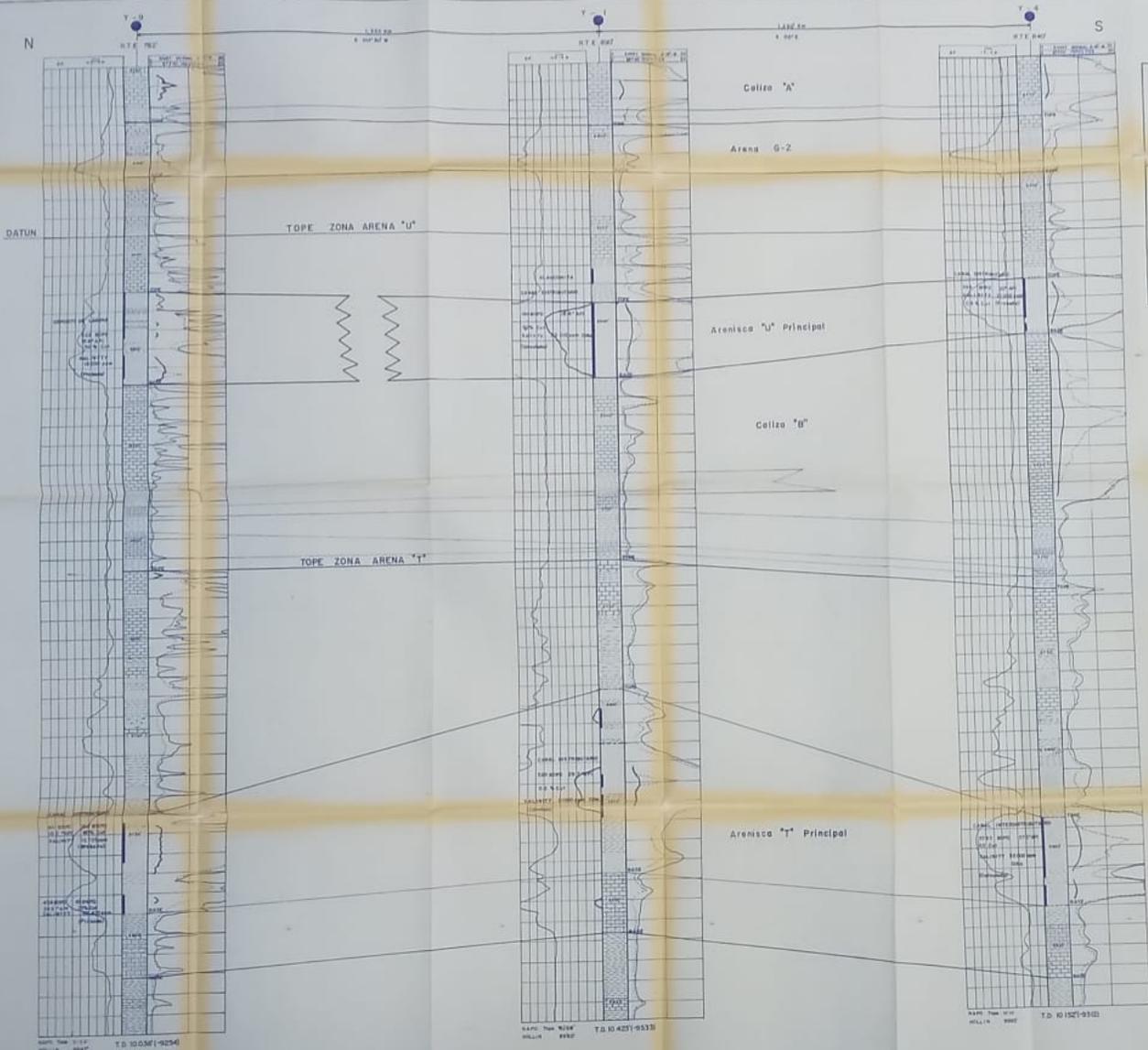




**LEYENDA**

- POCO PROD. (Well symbol)
- POCO PROD. (Well symbol)
- ▬ INTERVALO (Interval)
- ▬ ZONA (Zone)
- TO PERFORACION TOTAL (Total perforation)
- KTE. ELEVACION EN LA BARRA METRO (KTE. Elevation in the bar meter)

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINERÍA Y PETRÓLEO  
**CORRELACION ESTRATIGRAFICA ENTRE LOS  
 POZOS Y-R, Y-D, Y-S DE LA ARENOSA  
 "U" Y "T" PRINCIPAL DE LA FORMACION  
 NAPO**  
 TESIS DE GRADO  
 PRESENTADA A LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
 INGENIERO DE PETRÓLEO  
 AUTOR: [Name]  
 TÍTULO: [Title]  
 FECHA DE ENTREGA: [Date]



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERIA DE GEOLOGIA MINAS Y  
PETROLEO

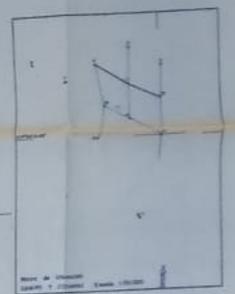
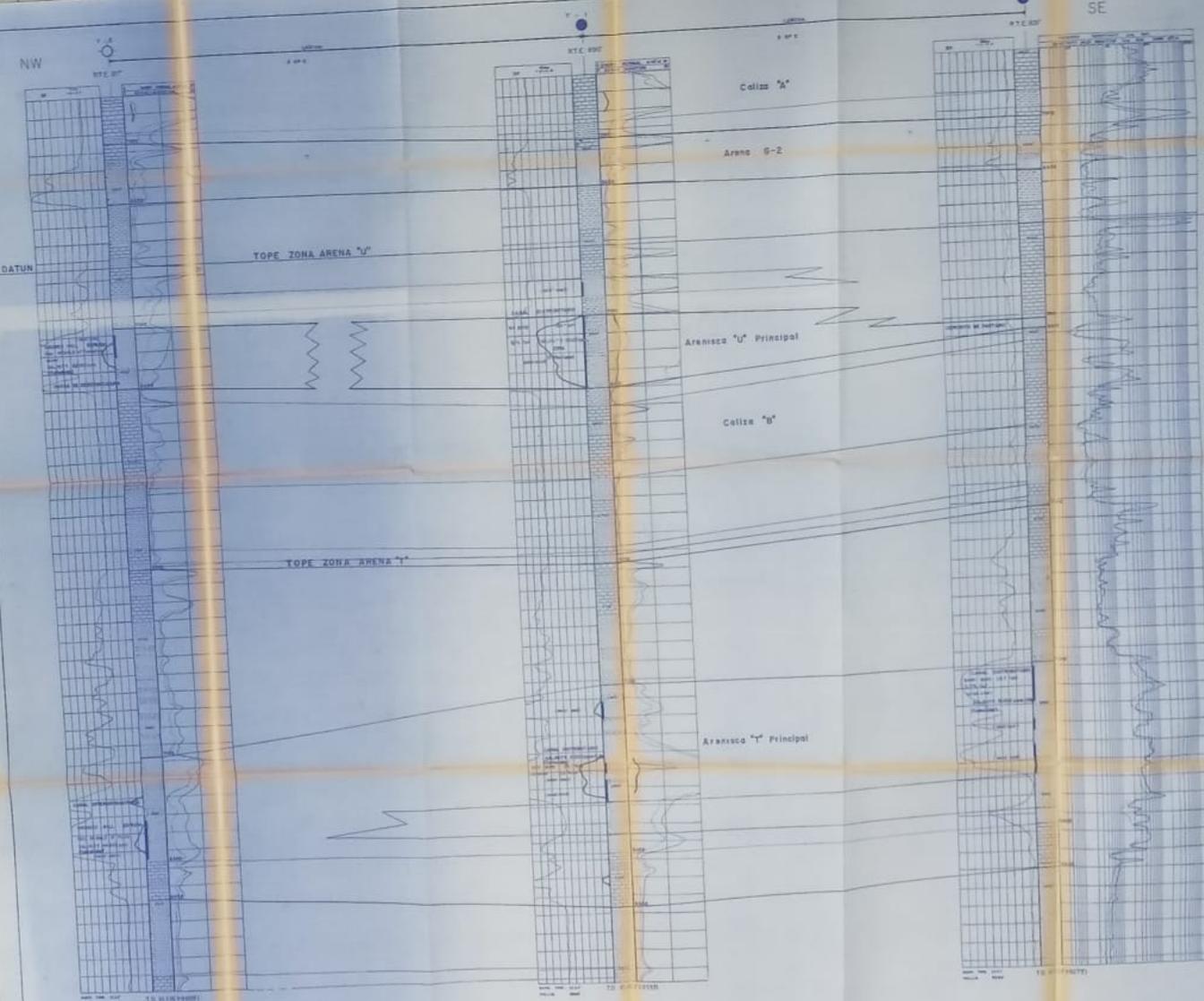
CORRELACION ESTRATIGRAFICA ENTRE LOS  
POZOS Y-3, Y-1, Y-4 DE LA ARENISCAS  
"U", "T" PRINCIPAL DE LA FORMACION  
NAPO

TEMA DE GRADO

Presente a la COMISION DEL TITULO DE  
INGENIERO DE PETROLEO

INGENIERO: JUAN CARLOS GARCIA  
AYUDANTE: JUAN CARLOS GARCIA

ESCALA: 1:5000



- LEYENDA**
- WELL TYPE
  - WELL PROFILE
  - BOREHOLE PROFILE
  - DATE
  - T.O. IMPERMEABILIDAD TOTAL
  - ELEVACION DE LA MESA METRICA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
 FACULTAD DE INGENIERIA DE RECURSOS MINERALES Y PETROLEROS  
 CORRELACION ESTRATIGRAFICA ENTRE LOS  
 PUNOS Y-6, Y-7, Y-12 DE LA ARENISCAS  
 "U" Y "Y" PRINCIPAL DE LA FORMACION  
 "A" DE  
 TUBO DE SONDA  
 PUNO Y-6, Y-7, Y-12 DE LA  
 ESTACION DE PUNOS  
 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
 TUBO DE SONDA Y-6, Y-7, Y-12 DE LA ESTACION DE PUNOS