



622.338
A447
54



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

LO DOS EMISIONADOS BAJO CONTROL de Cel.

TESIS DE GRADO

**Previa a la Obtención del Título de
INGENIERO GEOLOGO Y DE PETROLEOS**

POR:

CELIANO ALMEIDA DOMINGUEZ

1968

AL HONORABLE JURADO CALIFICADOR:

La presente Tesis es el resultado de experiencias tomadas en el auténtico sitio de trabajo y con entera responsabilidad mía, asignada por el Ingeniero Jefe de la Sección Perforación de la Unidad de Operaciones de Oriente de la Corporación Venezolana del Petróleo, en el Estado de Anzoátegui de esa hermana República, señor Ing. Winston González.

El programa de perforación de 34 pozos en el área Muta-Acema, comenzó el mes de Abril de 1968, mes en que se iniciaba también un ciclo de entrenamiento para cinco estudiantes ecuatorianos en Venezuela, dos de los cuales fuimos asignados a Ingeniería de Petróleo y designados a su vez a la C. V. P.

Desde el día mismo de nuestra llegada al Campamento Petrolero de San Tomé, nos dirigimos al área Muta Acema, cuando se perforaban los primeros pozos del programa como fueron el 11-M-217 y 11-M-218.

Mi entrenamiento a cargo del Ing. Nómulo Bermúdez, continuó hasta los pozos 11-M-220, 11-M-221 y 11-M-224, luego de los cuales y en los primeros días del mes de Julio, el Ing. Bermúdez previa autorización del Ing. González, me encargó su puesto en el taladro R-9 de la Santa Fé Drilling Co. En estas circunstancias cuidé del trabajo en cuatro pozos que fueron: 11-M-226, 11-M-228, 11-M-232 y 11-M-235, hasta mediados del mes de Octubre del mismo año, ya que pasé a continuar con mi entrenamiento en tareas de completación de pozos.

Quiero dejar constancia de lo benéfico que significa para el país nuestro, el enviar estudiantes recién

egresados de las Instituciones de Educación Técnica Superior, a especializarse en naciones donde las diferentes ramas de la Ingeniería son más desarrolladas.

Específicamente, en caso de egresados de Ingeniería de Petróleo, es indispensable conocer la política nacionalista de los países latinos, en donde la industria de los hidrocarburos ha alcanzado un gran auge, lo cual significa la principal fuente de ingresos a la economía de esas naciones. La técnica y política petroleras han madurado en Sudamérica y es necesaria una explotación directa por parte de los respectivos gobiernos. La mayoría de los países productores de petróleo en Latinoamérica, tienen empresas estatales aunque con capitales excesivamente pequeños, si comparamos con los de las grandes empresas petroleras del mundo. El Ecuador debe inmediatamente especializar técnicos y capacitarles para dirigir acertadamente la explotación en nuestro país, ya sea por medio de las empresas concesionarias o por medio de una decidida y eficiente empresa estatal.

Mi sincero agradecimiento a los Ingenieros D. Valladares y N. Días de la Unidad de Oriente de la Corporación Venezolana del Petróleo y al Ingeniero Gastón Vásquez, Catedrático del Departamento de Geología, Minas y Petróleos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- . -

DESARROLLO DE TEMAS

I

ESTUDIO ACERCA DE LOS LODOS EMULSIONADOS DE BAJO CONTENIDO DE CAL.-

1. PROPIEDADES FISICAS Y PRUEBAS PARA SU DETERMINACION.
2. MANTENIMIENTO REALIZADO EN EL CAMPO.
3. EXPERIENCIA DE CAMPO.

II

ESTUDIO ACERCA DE LA RATA DE PENETRACION.-

1. FACTORES QUE AFECTAN LA RATA DE PENETRACION.
2. CONDICIONES DEL LODO A PROFUNDIDADES MAYORES A 6.000 PIES.
3. RELACION ENTRE LA RATA DE PENETRACION Y LAS CONDICIONES DEL LODO.
4. PROBLEMAS QUE PUEDEN SURGIR POR UN MAL TRATAMIENTO DEL LODO.

III

CONCLUSIONES.-

IV

RECOMENDACIONES.-

1. CONDICIONES ACONSEJABLES DEL LODO A DIFERENTES PROFUNDIDADES.
2. MANTENIMIENTO RECOMENDABLE DEL LODO EN LA PERFORACION.

V

BIBLIOGRAFIA.-

VI

INDICE.-

INDICE DE GRAFICOS

FACTORES QUE AFECTAN LA RATA DE PENETRACION

	Fig.
- Curvas de peso sobre la mecha	1, 2, 3, y 4
- Curvas de velocidad de la mesa rotaria	5, y 6
- Curva de rata de penetración	7

CONDICIONES DEL LODO A PROFUNDIDADES MAYORES A 6,000 PIES

	Fig.
- Curvas de densidad	8 y 9
- Curvas de viscosidad	10 y 11
- Curvas de condiciones plásticas	12 y 13
- Curvas de alcalinidad	14 y 15
- Curvas de contenido de cal	16 y 17
- Curvas de filtrado	18 y 19
- Curvas de contenido de petróleo y sólidos	20 y 21

RELACION ENTRE LA RATA DE PENETRACION Y LAS CONDICIONES DEL LODO

- Curva de penetración del pozo 11-M-226	22
- Curva de penetración del pozo 11-M-228	23
- Curva de penetración del pozo 11-M-232	24
- Curva de penetración del pozo 11-M-235	25

CONDICIONES ACONSEJABLES DEL LODO EN LA PERFORACION

- Curva de densidad	26
---------------------	----

	Fig.
- Curva de viscosidad	27
- Curvas de condiciones plásticas	28
- Curvas de alcalinidad	29
- Curva de contenido de cal	30
- Curva de filtrado	31
- Curva de contenido de petróleos y sólidos	32

Tratándose de lodos de agua dulce, la transformación de lodo emulsionado es el simple procedimiento de añadir petróleo y emulsificadores en una o dos circulaciones mientras se está perforando, el efecto principal del petróleo está en el control del peso de la columna hidrostática y también en el control de la pérdida de agua.

Los lodos emulsionados de bajo contenido de cal, son lodos emulsionados de agua dulce a los que se les agrega cal que es la fuente para producir calcio en el filtrado y para conseguir ciertas propiedades especiales, como baja viscosidad, tolerancia en los sólidos, resistencia a la contaminación, etc. A estos lodos se les añade además soda cáustica, dispersantes orgánicos y agentes para controlar la pérdida de agua.

Los lodos a base de calcio son empleados para perforar lutitas hidratables o formaciones de arcilla. La hidratación de estos dos tipos de formaciones en las paredes del pozo, traen como consecuencia un aumento considerable de su volumen y como resultado la tubería es atrapada, sobre todo en los viajes para cambiar la barrena; estos lodos retardan el crecimiento de las arcillas y lutitas porque el calcio contenido en el filtrado tiende a endurecer las paredes del pozo; además, este tipo de lodo con una baja viscosidad permite un peso máximo necesario para controlar las presiones anormales de la formación.

ESTUDIO ACERCA DE LOS LODOS EMULSIONADOS DE BAJO
CONTENIDO DE CAL.

- . -

1. PROPIEDADES FISICAS Y PRUEBAS PARA SU DETERMINACION.

Un lodo de perforación debe estar en buenas condiciones para resolver los problemas que se presentan al atravesar con la barrera los distintos estratos y deben asociarse estos con las condiciones de perforación, para que el significado de cada prueba tenga un verdadero valor en el conjunto de las mismas.

Para realizar estas pruebas, existen diferentes aparatos y procedimientos que se utilizan en el campo o en el laboratorio y que ayudan en un momento determinado a conocer exactamente las propiedades del lodo que está circulando y a cualquier profundidad del pozo que se esté perforando.

Seguidamente, mencionaremos las propiedades físicas principales de los lodos que estamos estudiando, su forma de prueba y los aparatos que se utilizan.

Densidad

Por la propiedad que define el peso de la columna hidrostática y es necesario para controlar las presiones de fondo. La densidad se mide en lbs./gal. y en lbs./ft³ y se utiliza una balanza la cual debe ser calibrada antes de su uso. Para calibrarla se llena el recipiente con agua en el un extremo de la balanza y se limpia exteriormente, se coloca en el soporte y debe leerse 8.33 lbs./gal.; si no se estabiliza se lo calibra con un tornillo, que está al extremo del brazo de la balanza.

Viscosidad

La función principal de la viscosidad es acarrear los ripios desde el fondo del pozo hasta la superficie, - por lo cual es necesario que tenga cierto valor mínimo para una velocidad de subida y los ripios no tiendan a caer nuevamente; un alto valor de la viscosidad hará que el lodo no libere las burbujas de gas en la superficie y la recirculación de las burbujas puede ocasionar reventones; además, un lodo altamente viscoso no se libera del material abrasivo y causa un gran desgaste en el equipo.

El procedimiento más común para medir la viscosidad, es por medio del embudo Marsh en segundos de tiempo, aunque sus valores no tienen significado particular, suministran un medio rápido y simple para determinar si las condiciones del lodo están dentro de la experiencia calificada como aceptable.

Para medir la viscosidad en poises se utiliza el viscosímetro rotacional, que nos da valores para la viscosidad aparente, viscosidad plástica y punto cedente.

Potencial de Hidrógeno

Comúnmente expresado como pH, indica la concentración de iones de hidrógeno, lo que nos da el grado de acidez o alcalinidad del lodo. La medida del pH se utiliza como una ayuda para indicar la presencia de contaminantes como cemento, anhídrita, etc. y también para mantener la alcalinidad óptima dependiente del tipo de lodo que se esté utilizando.

El método más sencillo para determinar el pH en los lodos de perforación, es el uso de papel de papel que tiene colorantes que se manifiestan a distintos valores del pH, con solo ponérselos en contacto con el fluido. El comparar el color con la carta de colores tipo, nos da el logaritmo negativo de la concentración hidrógeno.

Alcalinidad y contenido de cal

Hemos anotado que la alcalinidad o acidez se indica según el valor del pH, pero las propiedades de un lodo pueden variar a pesar de tener un pH constante, y se debe a la cantidad de iones presentes. El análisis del filtrado del lodo, determina el carácter de la alcalinidad y ayuda a mantener las propiedades físicas deseadas.

Pérdida de agua

Llamada comúnmente filtración o filtrado, es una de las propiedades más sobresalientes de los lodos emulsionados de bajo contenido de cal; consiste en la formación de una costra sobre las paredes del pozo y debe ser lo más impermeable posible para que la filtración del agua del lodo a la formación sea a su vez lo más baja posible.

Es necesario reducir la cantidad de filtración de agua porque ésta causa serios daños en la formación, así como el hinchamiento de arcillas, lo cual produce el apretamiento de la tubería; la presencia de agua disminuye además, la permeabilidad efectiva de las arenas al fluir petróleo o gas; la presencia de filtrado puede hacer irreal la lectura de los registros eléctricos, puesto que dichas lecturas dependen del contenido de fluido en los estratos inmediatamente adyacentes al pozo; el filtrado además, -

altera también la realidad en los núcleos laterales; muchas ocasiones los derrumbes pueden atribuirse al humedecimiento de las lutitas provocados por la filtración de agua del lodo a la formación.

La costra formada en las paredes del pozo, debe ser lo suficientemente fina para que no obstaculice el bombeo para la circulación del lodo.

Uno de los criterios más importantes para juzgar un lodo en circulación, es el volumen del filtrado y el espesor de la costra. El aparato para medir esta propiedad es la prensa-filtro, este filtro emplea como fuente de presión, una pequeña bombona con gas nitrógeno, una válvula de seguridad regula la presión de la bombona. Para realizar una prueba al lodo se aplica a la muestra 100 lbs./plg² durante 30 minutos.

El resultado se obtiene del volumen que marca una probeta graduada y se reporta en centímetros cúbicos; el espesor de la costra se reporta en 1/32 de pulgada; una buena costra es fina, apretada y como gelatinosa, una mala costra es gruesa y se rompe fácilmente al doblar el papel filtro.

Contenido de aceite, agua y sólidos

El conocimiento de la cantidad de sólidos y líquidos contenidos en un lodo de perforación, es de gran importancia para controlar sus propiedades, pues nos indicará la necesidad de aumentar o disminuir agua, petróleo o reactivos que intervienen en el lodo.

Cuando el lodo contiene solamente agua y sólidos, las cantidades de estos se pueden encontrar por simple evaporación, pero cuando se requiere conocer cuánto petróleo presente hay, es necesario destilar un volumen determinado del fluido, puesto que los vapores condensados nos indicarán los porcentajes del agua y petróleo existentes en el lodo.

El aparato que se utiliza en este caso, es una retorta y cuyo recipiente para la prueba es de 10 c.c., la cual no será mayor de 30 minutos y la lectura nos indicará fácilmente el porcentaje de agua, petróleo y sólidos que están en circulación.

Contenido de arena

Es de gran interés el determinar el porcentaje de arena en el lodo por el daño que causa su presencia, sobre todo por el carácter abrasivo de la misma y cuya consecuencia es el rápido desgaste del equipo.

Es necesario que el contenido de arena en un lodo se mantenga lo más bajo posible, ya que una proporción muy alta puede ocasionar también dificultades en ciertos sitios del sistema de circulación y cuando las otras propiedades de lodo no son óptimas, puede ocurrir el asentamiento de gran cantidad de arena lo que dificulta grandemente la perforación.

El equipo para esta prueba consta de una malla # 200, un embudo y un pequeño tubo cónico de vidrio graduado en su parte inferior, que permite leer directamente el porcentaje de arena existente en el lodo.

2. MANTENIMIENTO REALIZADO EN EL CAMPO

El sistema de lodo debe revisarse constantemente - para mantener las propiedades requeridas en un buen fluido de perforación; el well-checker o chequeador del lodo, rutinariamente realiza pruebas de laboratorio a determinados intervalos de tiempo o de penetración; los resultados de las respectivas pruebas se registran en un reporte.

El mantenimiento de las condiciones del lodo de perforación, está a cargo del Ing. del Pozo, quien seguirá las instrucciones de un programa elaborado según experiencias en la perforación del mismo campo y con el mismo tipo de lodo, y tendiendo siempre a alcanzar la mayor economía posible.

Para la preparación misma del lodo emulsionado, es necesario asegurarse que el lodo básico esté en buenas condiciones, puesto que el añadir petróleo no va a corregir las malas propiedades del lodo, sino que le va a dar ciertas características que originalmente no las poseía; además, la adición de petróleo incrementará el volumen, por lo cual, es necesario también asegurarse que el volumen final del lodo no nos va a traer malas consecuencias.

Después que el volumen y las propiedades del lodo emulsionado se han utilizado, el petróleo y el emulsificador se añadirán juntos a la bomba de succión, en una o dos circulaciones; cabe anotar que durante la mezcla la perforación continúa en una forma completamente normal.

Después que la cantidad de petróleo ha sido colocada en el sistema de lodo, se chequea la viscosidad para ver si es necesario agregarle más petróleo o no; más tarde

se seguirán chequeando las demás propiedades según las cuales se continuará añadiendo los aditivos correspondientes.

La experiencia en distintos campos petrolíferos ha hecho que se establezcan ciertos factores básicos, para la preparación y mantenimiento de los lodos emulsionados; los mencionamos a continuación⁽¹⁾:

i. Un lodo base agua, al cual se le va a añadir petróleo para hacerle lodo emulsionado, debe poseer las propiedades correctas antes de añadirle el petróleo, el cual no debe ser considerado como que va a corregir las propiedades alteradas del lodo. Lo único que puede suceder es que mejora el comportamiento de cada tratamiento del lodo.

ii. La cantidad de petróleo a añadirse al lodo, varía entre el 5 y 30%, lógicamente dependiendo de las propiedades deseadas. El mejoramiento en las propiedades lubricantes del fluido de perforación, se nota con un 5 a 10% de petróleo en volumen de lodo; a este porcentaje se agrega también la merma en la pérdida de agua. La mayoría de los lodos emulsionados contienen del 10 al 20% de petróleo en volumen total del lodo.

iii. El petróleo puede ser agregado a la bomba de succión o a los tanques donde se le mezclará con la ayuda de los cañones de lodo, y debe ser lentamente para que se distribuya por igual en todo el sistema de lodo. Si el petróleo es añadido a un lodo pesado, la operación debe controlarse minuciosamente para prevenir la caída de la cabeza hidrostática de la columna de lodo.

iv. El filtrado de los lodos emulsionados debe ser cuidadosamente observado durante la perforación, es el mejor indicio para conocer la calidad de la emulsión y la estabilidad del lodo.

v. El mantenimiento de un lodo emulsionado es el mismo que se le hizo, antes de que el petróleo fuera añadido. Si la concentración de petróleo cae bajo el valor deseado, se le puede agregar una mayor cantidad con el agente emulsificador respectivo; y,

vi. La selección de los aditivos para el tratamiento químico, debe hacerse tomando en cuenta los siguientes puntos:

- a). La calidad y cantidad de agua y materiales disponibles para preparar y mantener un lodo excelente;
- b). Servicio técnico disponible mientras dure la perforación;
- c). Conocimiento de la composición, textura y estructura de las formaciones a ser perforadas;
- d). Disponer de equipo de laboratorio en perfectas condiciones y completo;
- e). Disponer de un programa de la tubería de revestimiento a ser usada en el pozo que se está perforando;
- f). Datos geológicos obtenidos de núcleos y perfiles eléctricos de todos los tipos;

- g). Información sobre las posibles presiones de fondo a ser encontradas durante la perforación;
- h). Datos sobre la presencia de contaminantes del lodo como agua salada, anhidrita, yeso, cemento, etc.; y,
- i). Posibilidad de pérdida de circulación, ya sea por fracturas o por presión.

Itinerario del lodo de perforación

En el tratamiento del lodo en pozos profundos, podemos considerar tres etapas:

i. La primera etapa que corresponde a la perforación, desde la superficie hasta la profundidad a la cual va a llegar el revestidor de superficie; la rata de penetración en esta etapa es muy alta y el ingeniero debe estar presente para controlar el cuidado del lodo, la corrida del revestidor superficial y la labor de cementación de dicho revestidor; se ha llegado a establecer que para pozos profundos, esta tubería de revestimiento tendrá una longitud de más o menos 1.500'.

El lodo utilizado en esta etapa es agua solamente, sin embargo, es conveniente agregar unos 20 sacos de bentonita y 5 de cal, cuando se encuentra a unos 1.000 ó 1.100 pies de profundidad, para evitar que haya dificultad en el corrimiento del revestidor de superficie.

ii. La siguiente etapa tiene una rata de penetración menor, por la dureza misma de la formación, y sería durante el ciclo que se perfora desde el

revestidor superficial hasta la formación donde no requiere hacer el breakover; el lodo sigue siendo bentonítico y con un gran chorro de agua, no hay necesidad de echarle ningún otro ingrediente al lodo; y,

iii. La tercera y última etapa es la que va desde el breakover hasta llegar a la profundidad final y es la más larga y la más importante; la rata de penetración disminuye continuamente y es necesario hacer pruebas y tratamientos con mucho cuidado para mantener el lodo en excelentes condiciones, ya que este período de la perforación se llegará a las zonas productoras de hidrocarburos, zonas de agua salada, etc.

El breakover

Es la conversión del lodo bentonítico a lodo emulsionado de cal, se realiza más o menos a los 6.000' de profundidad o cuando se comienza a perforar una formación geológica a la cual dañaría el lodo a base de agua y bentonita.

Para comenzar el breakover, se necesita mantener el contenido de sólidos lo más bajo posible y la viscosidad entre 35 y 40 seg. marsh; si los sólidos son muy altos, es conveniente diluirlos con agua para evitar un excesivo aumento en la viscosidad. Generalmente el cambio del lodo ocurre en una circulación aunque a veces, son necesarias dos o más circulaciones y aún días para poder estabilizar el lodo.

Los principales pasos a seguirse para efectuar el breakover, son los siguientes:

- i. Como primera medida es conveniente una prueba piloto, de ser posible se agrega el agua antes

de agregar la química, así como también se debe mantener un flujo de agua constante a los tanques de lodo, puesto que el control de la presión y temperatura ayudan a una feliz culminación del breakover.

ii. Después de determinar la cantidad de química necesaria para la operación, se cierran todas las pistolas de los tanques, dejando abiertas solamente las de mezclar el lodo, con lo cual se trata de no flocular el contenido en los otros tanques y a la vez que permite un flujo fácil entre ellos.

iii. Se empieza a mezclar la química simultáneamente si es que es posible; la rata de mezcla depende de la rata de circulación; si el lodo se hace demasiado viscoso, se puede hacerlo bombeable graduando la rata de la mezcla.

iv. Cuando el lodo convertido regresa a los tanques, puede suceder una floculación del lodo en dichos tanques, para evitar lo cual se ponen a trabajar todas las pistolas de agitación; y,

v. Después que ha sido mezclada toda la química así como la cal, se trata de estabilizar el lodo - hasta las condiciones que establezca el programa de perforación. Cuando se llega a la zona productora es necesario tener controlada ya, la pérdida de agua para lo cual se habrá agregado el agente requerido para gobernar el filtrado del lodo.

Tratamientos

Conforme se va perforando, el volumen del pozo -

requiere mayor cantidad de lodo, para lo cual constantemente hay necesidad de mezclar los ingredientes necesarios en el tanque respectivo.

Hemos mencionado que en la primera etapa interviene bentonita y cal, en la segunda etapa es necesario el agua en relación a la rata de penetración, para el break-over intervienen petróleo, cal, soda cáustica y quebracho, y en la tercera etapa y a su vez cuando se llega a la zona productora, interviene C.M.C, driscose o sellex, para aumentar la viscosidad y disminuir la pérdida de agua. Cuando se está perforando y por consiguiente el lodo se encuentra en circulación, el continuo aumento de sólidos que provienen de las zonas que se está atravesando y que no han sido retenidos en el vibrador, degeneran las propiedades del fluido causando inconvenientes, como desgaste de las bombas, reducción de la rata de penetración, reducción en el tiempo de duración de la mecha, etc., entonces, el sistema debe ser vaciado periódicamente en otro tanque de reserva, mientras tanto es necesidad el seguir añadiendo agua y químicos para mantener el volumen requerido.

Para poner tratamientos al lodo es indispensable conocer su volumen, el que está compuesto del hoyo y de los tanques; si el breakover se hace a una profundidad de 6,000' se calcula el volumen para esa profundidad con un diámetro de 9 5/8 que es el diámetro de la mecha. Cada tanque trae indicada su capacidad en barriles por cada pulgada de espesor.

3. EXPERIENCIA DE CAMPO

Es responsabilidad del Ingeniero de Petróleos, encargado de la perforación, la elaboración de un informe -

diario de las actividades desarrolladas en el lugar donde se encuentra el taladro.

A continuación, tres informes diarios del pozo - 11-M228, a diferentes profundidades y con características también diferentes del lodo:

Informe del 20 de Julio de 1968

11-M-228	-	1500' o 1500/6 DTJ	15/300	1/2h.	1/4	-150
ANN		10	1600/48		1/4	-250
Sta. Fe (R-9)		14 3/4			1/4	-500
12183					1/2	-750
ADC:80347					1	-100
					1	-125

Observaciones

Se inició la perforación del pozo a las 9 pm. del día 19 de Julio de 1968.

9 horas: perforando desde 0 hasta 1500', y

tomando desviaciones.

1/2 horas: circulando.

1/2 " haciendo viaje corto.

lodo: agua-bentonita

Informe del 23 de julio, luego de realizado el
breakover.

11-M-228	6838	3	2028/16	1/2	HCT	25/300	3 1/2	2	-5000
ANN		10				3 2000/55		2 1/4	-5501
Sta. Fe (N-9)					HCT	30/300	1h	2 1/4	-6020
12183						4 2100/56		2 1/2	-6492
ADC: 80347									

Observaciones

1 hora: cambiando tubería de perforación dañada.
 1/2 " agregando 15 juntas a la tubería de perforación.
 1 " perforando de 4810 a 4900
 1/2 " tomando desviación.
 3 1/2 " perforando de 4900 a 5500
 1/2 " tomando desviación
 2 " perforando de 5500 a 5684
 2 " sacando tubería
 1 " conectando barrena #4 OSC3-T HCT. Serial - SC815 de 9 5/8 y jets de 3/8. Cortando 58' de tubería de perforación; corriendo 12 1/2 de guaya y haciendo servicio el equipo.
 1 " netiendo tubería.
 3 " perforando de 5684 a 6026
 1/2 " tomando desviación
 4 " perforando de 6026 a 6492
 1/2 " tomando desviación
 3 " perforando de 6492 a 6838

72/30/10.2/ $\frac{2}{32}$ /12/2/3/5/4/2

cal: 1,88

Informe correspondiente al 26 de Agosto de 1.968

11-M-228	12225	37	42/13	1/2	M4LQJ	75/80	3	3	3/4	132
ANN		10				37	2400/44			
Sta. Fc (R-9)					OWET	75/80	2	1/4		
12183						38	2400/44			
ADC: 80347										

Observaciones

5 1/2 Horas: perforando de 12183 a 12200
 1/2 " tomada desviación.
 5 " sacando tubería
 1/2 " conectando barrena # 38 HTC: OWE-J serial CP370 con 2 jets de 3/8 y 1 de 7/16 y metiendo las tra-barrenas.
 1/2 " haciendo servicio el equipo y corriendo 25' de guaya
 2 1/2 " metiendo tubería
 1/2 " repasando 55'
 1/2 " rimando 9'
 8 " perforando 12200 a 12225
 2 " circulando
 1/2 " haciendo viaje corto de 20 parejas

$$81.5/72/2.8/\frac{2}{32}/12/13/18$$

56/48/17

cal: 1.8

Tratamiento y pruebas de lodo en el pozo 11/M-226

Junio 29, 1968

Profundidad: 1350'

cal	4	Sx
bentonita	15	"

Se pegó el casing superficial al meter el tercer tubo; se llegó a la conclusión de que es mejor echar el tratamiento cuando la mecha está alrededor de 1000' de profundidad, puesto que la rata de penetración es alta, y al echar a 1300' y si el revestidor llega a 1500 pies, no habrá tiempo para que se mezcle bien la cal, la bentonita y el agua.

Julio 1º, 1968

Profundidad: 6050'

cal	80	Sx
quebracho	80	"
lodo	30	"
petróleo	80	Bls.

Con estas cantidades se realizó el breakover y - luego de una hora de circulación, el lodo tenía las siguientes propiedades:

Peso	72	lbs/pie ³
Viscosidad	40	seg. marsh
Viscosidad aparente	16	c.p.
Viscosidad plástica	12	c.p.
Yield point	18	

pH	.....	12	
Pm	.....	9.8	
Pf	.....	2.4	
Cal	.....	1.85	lbs/bls.
Pérdida de agua	.	7.2	c.c.
Cake	.....	2/32	pulg.
Gas oil	.....	6	c.c.
Sólidos	.....	9	c.c.

El tratamiento del lodo en esta etapa, a partir del Breakover hasta dos mechas más, se pone cada cuatro horas para poder mantener las condiciones que dice el programa. Cuando se ha llegado a los 9.000 pies, es necesario aumentar la viscosidad y disminuir la pérdida de agua para lo cual hay que añadir al lodo otros aditivos más.

Julio 3, 1968

Profundidad: 8800'

Cal	.....	20	Sx
Quebracho	.....	20	"
Lodo	.....	3	"
Petróleo	.....	20	bls.
Driscuse H.V.	...	2	Sx
C.M.C.	.....	2	"

La prueba dió como resultado:

Peso	.....	78	lbs/pie ³
Viscosidad	.....	56	seg. marsh
Viscosidad aparente	.....	24	c.p.
Viscosidad plástica	.....	18	c.p.

Punto cedente	12	
pH	12	
Pm	15.5	
Pf	3.1	
Cal	2.7	lbs/bbl.
Pérdida de agua ...	4.5	c.c.
Costa	2/32	pulg.
Gas Oil	5	c.c.
Sólidos	10	c.c.
Arena	1	%

El último tratamiento echado al pozo 11-M-2 26 y su última prueba, fueron:

Julio 15, 1968

Profundidad: 11960'

Cal	15	Sx
Quebracho	15	"
Soda	3	"
Petróleo	20	bls.
Driscose H.V.	1	Sx

La prueba correspondiente hecha a 12022 pies, y -
e indica las condiciones del lodo, lista para correr -
registros eléctricos, fue:

Peso	79	lbs./pic ³
Viscosidad	60	seg. marsh
Viscosidad aparente	32.5	c.p.
Viscosidad plástica	25	c.p.
Yield Point	15	
pH	12	

Pm	9.8	
Pf	2.7	
Gai	1.77	lbs/bls
Pérdida de agua	3.5	c.c.
Costra	2/32	pulg.
Gas Oil	9	c.c.
Sólidos	13	c.c.
Areña	0.15	%

ESTUDIO ACERCA DE LA RATA DE PENETRACION

1.- FACTORES QUE AFECTAN LA RATA DE PENETRACION

Los principales factores que afectan la rata de penetración son los siguientes:

1. Peso sobre la mecha
2. Velocidad de la mesa rotatoria
3. Fuerza Hidráulica
4. Tipo de mecha
5. Presión hidroestática
6. Tipo de formación
7. Propiedades del fluido de perforación

De todos estos factores, el que no se puede controlar con la técnica es el tipo de formación, pues, ni siquiera la experiencia adquirida en el campo ha podido influir para contrarrestar los problemas que surgen por el tipo de formación.

Peso sobre la mecha.-

Todavía no existe una teoría completa mediante la cual se puede formular el efecto del peso sobre la mecha en la rata de penetración puesto que el problema es muy complejo si es que no se tiene una información completa, la mayoría de los casos sólo se dispone de datos aproximados. A pesar de todo se ha tratado de establecer ecuaciones las cuales permiten establecer dicho efecto, por ejemplo la Drilling Research Inc. (D.R.I.)⁽²⁾ contribuyó en la mayor parte de la información acerca de las rocas que quebradas; Hartman, hizo gran parte del trabajo; estudió la penetración en la roca y concluyó que intervenían los siguientes factores:

1. Energía del impacto o golpe
2. Forma de los dientes
3. Distribución de los dientes
4. Velocidad del impacto.

Las pruebas realizadas por la D.P.I. y Martman consistieron en dejar caer una mecha pesada desde diferentes alturas sobre una muestra de roca, en la mecha colocaron manómetros para tomar las diferentes lecturas de fuerza de impacto sobre la roca; estas lecturas fueron llevadas a una curva de fuerza contra tiempo.

La figura 1 y 2 muestra 4 formas típicas de la curva de D.P.I., ellos tienen caracteres significantes notándose que la máxima fuerza desarrollada (cerca de 2,000 lbs) no varía mucho con la altura desde la cual se deja caer la mecha, representando estas alturas una medida de la energía.

De aquí se puede concluir que la variable básica en la perforación es la energía del golpe así en la figura 3 y 4 se verifica esta conclusión y como se ve, el volúmen de la roca removida depende directamente de la energía del golpe. Basados en estos resultados algunos proponen que el volúmen de roca removida se puede calcular de la siguiente manera:

$$V = (E - E_0) \cdot a \quad 1$$

Cuando E es mucho más grande que E_0 la ecuación anterior se transforma en:

$$V = a \cdot E$$

donde:

V = volúmen de la roca removida

B = energía del impacto

E_0 = energía inicial que debe ser excedida antes que haya un daño apreciable en la formación.

a = de la pendiente de la curva de V contra $(E-E_0)$, la cual es una constante que depende de la roca, forma de dientes y de otras variables.

La ecuación que acabamos de describir tiene sus limitaciones puesto que no se cumple en todos los casos, para un posible efecto de la velocidad del golpe a energía constante. Según los datos de la D.R.I., este efecto era muy pequeño para tomarse en cuenta. Según los datos de Hartman hubo que considerarse puesto que se cubrió un gran rango de seguridad.

En las figuras 3 y 4 se puede notar los resultados de Hartman, por medio de los cuales el volúmen removido de la roca a energía constante puede expresarse de la siguiente manera:

$$V = \frac{B}{v} \quad (2) \quad \text{donde:}$$

B = es una constante

v = velocidad del impacto

V = volúmen removido de la roca.

Experiencia de campo:

Los siguientes pesos fueron ejercidos sobre las respectivas barrenas durante la perforación de los cuatro pozos:

Pozo 11 - M - 226

desde:	6013	hasta:	7505	:	25.000 lbs
"	7505	"	8771	:	30.000 "
"	8771	"	8802	:	15.000 "
"	8802	"	9739	:	40.000 "
"	9739	"	10113	:	55.000 "
"	10113	"	10215	:	60.000 "
"	10215	"	10361	:	45.000 "
"	10361	"	10525	:	60.000 "
"	10525	"	10580	:	70.000 "
"	10580	"	10673	:	65.000 "
"	10673	"	10744	:	75.000 "
"	10744	"	10901	:	80.000 "
"	10901	"	10958	:	85.000 "
"	10958	"	10608	:	90.000 "
"	11608	"	11652	:	80.000 "
"	11652	"	11704	:	85.000 "
"	11704	"	11722	:	90.000 "
"	11722	"	11734	:	80.000 "
"	11734	"	11887	:	85.000 "
"	11887	"	12013	:	90.000 "

Pozo: 11 - M - 228

desde	6026	hasta	6838	:	25.000 lbs
"	6838	"	8366	:	30.000 "
"	8366	"	9334	:	35.000 "
"	9334	"	9842	:	40.000 "
"	9842	"	10313	:	45.000 "
"	10313	"	10691	:	75.000 "
"	10691	"	10983	:	80.000 "
"	10983	"	11015	:	85.000 "

desde	9087	hasta	9132	:	2,000 lbs
"	9132	"	9205	:	5,000 "
"	9205	"	9310	:	10,000 "
"	9310	"	9509	:	15,000 "
"	9509	"	9999	:	20,000 "
"	9999	"	10351	:	45,000 "
"	10351	"	10446	:	60,000 "
"	10446	"	10821	:	70,000 "
"	10821	"	11662	:	75,000 "
"	11662	"	11670	:	65,000 "
"	11670	"	12325	:	75,000 "

Pozo: 11 - M - 232

desde	6090	hasta	6869	:	30,000 "
"	6869	"	8768	:	35,000 "
"	8768	"	9704	:	40,000 "
"	9704	"	10170	:	50,000 "
"	10170	"	10361	:	70,000 "
"	10361	"	11154	:	75,000 "
"	11154	"	11314	:	80,000 "
"	11314	"	11630	:	75,000 "

"	11630	"	11651	:	10,000 "

"	11651	"	11689	:	20,000 "

"	11689	"	11710	:	15,000 "

"	11710	"	11855	:	75,000 "
"	11855	"	11960	:	60,000 "

Pozo: 11 - N - 235

desde	6095	hasta	7955	:	30.000 lbs
"	7955	"	8252	:	35.000 "
"	8252	"	9877	:	30.000 "
"	9877	"	10410	:	50.000 "
"	10410	"	10469	:	75.000 "
"	10469	"	10552	:	70.000 "
"	10552	"	12133	:	75.000 "
"	12133	"	12141	:	60.000 "
"	12141	"	12295	:	75.000 "

Velocidad de la mesa rotaria:

El efecto de la velocidad de la mesa rotaria en la tasa de penetración ha sido estudiada por algunos investigadores y sin embargo no se ha llegado a determinar correctamente.

Los resultados de prueba de la American Association of oil well Drilling contractors⁽²⁾ son mostrados en la fig. 5 según datos de campo y en la fig. 6 según datos de laboratorio. Aunque no todos las pruebas están de acuerdo con estos gráficos, pero por lo general son muy semejantes; así, la conclusión definitiva es que la tasa de perforación aumenta a una tasa decreciente cuando aumenta la velocidad de la rotaria, es decir que a altas velocidades de la rotaria la tasa de penetración no aumenta en la misma proporción como lo hace a baja velocidad de la rotaria.

Otras conclusiones de investigación reciente son que la velocidad de la rotaria afecta:

1. Desgaste de las roladoras de la mecha

2. Desgaste de los dientes de la mecha
3. Tasa de penetración
4. Costo mínimo de perforación

Considerando los efectos separadamente se puede concluir que:

1. El número total de revoluciones es independiente de la velocidad de la rotaria dentro de un cierto rango, esto es, que las rolineras dan el mismo número de vueltas que la mesa rotaria.

2. El aumento de penetración de cada revolución de la mecha decrece cuando la velocidad de la rotaria aumenta, esto, asumiendo que hay suficiente presión de la bomba en el fondo para hacer una limpieza adecuada en el fondo del hoyo.

3. Cuando las rolineras limitan la vida de la mecha, la baja de penetración por revolución a altas velocidades de la rotaria, da origen a una menor profundidad perforada por la mecha.

4. Cuando el desgaste de los dientes limitan la vida de la mecha, la profundidad perforada por mecha es más baja a altas velocidades de la rotaria debido a que la penetración por revolución es más baja y que el desgaste de los dientes es más rápida.

5. Si el peso sobre la mecha se mantiene constante, la velocidad óptima de la rotaria es más baja a valores altos de peso sobre la mecha.

6. Para un peso dado sobre la mecha los costos serán bajos si la velocidad de la rotaria es

variada de acuerdo a un programa específico, en lugar de mantenerla constante.

En la industria petrolera se ha aceptado por mucho tiempo el hecho de que la tasa de penetración aumenta con un peso sobre la mecha y una velocidad de la rotaria más alta.

A pesar de ésto, el peso sobre la mecha y la velocidad de la rotaria no deben ser limitados a valores óptimos debido a las siguientes razones:

i. A una velocidad de la rotaria y un peso más alto sobre la mecha disminuye la profundidad por mecha y la vida de ella. Esto no se justifica económicamente.

ii. El uso de alto peso sobre la mecha y velocidad de la rotaria causa usualmente una mayor desviación del hoyo.

iii. La tasa de penetración no aumenta tanto como se espera con más peso sobre la mecha y mayor velocidad de la rotaria, debido a la insuficiente limpieza de los ripios del fondo.

iv. Mayor peso sobre la mecha y velocidad de la rotaria generalmente origina el desgaste en otras partes del equipo debido a grandes desviaciones.

Estas razones fueron válidas en muchos casos, sin embargo, en los últimos años se han diseñado mechas con mejores rolineras las que han alargado la vida de la mecha bajo ciertas condiciones.

El problema de la desviación del hoyo ha sido parcialmente resuelto por:

- i. El uso de portamechas más pesados en el fondo por lo que la tubería de perforación permanece en tensión.
- ii. El uso de estabilizadores de portamechas.
- iii. Trabajos matemáticos, los cuales han mostrado como variar el número de mechas y como ubicar los estabilizadores para determinado peso sobre la mecha.
- iv. la aceptación por algunos operadores de mayores desviaciones del hoyo.

La carencia de limpieza adecuada del fondo del agujero se debe a insuficiente capacidad de bombeo en la superficie. Para aumentar la rata de penetración con alto peso sobre la mecha y velocidad de la rotaria, es necesario remover los ríjios que se encuentran debajo de la mecha. Corrientemente, muchos equipos tienen bombas con suficiente potencia hidráulica para la limpieza adecuada.

Experiencia de campo:

Las siguientes velocidades de la mesa rotaria fueron utilizados en la perforación de los pozos respectivos

Pozo: 11 - M - 226

desde	6015	hasta	8364	:	300 rpm.
"	8364	"	8741	:	360 "
"	8741	"	9646	:	200 "

desde	9516	hasta	9583	:	300 rpm.
"	9585	"	9739	:	250 "
"	9739	"	10019	:	220 "
"	10019	"	10215	:	130 "
"	10215	"	10525	:	120 "
"	10525	"	10744	:	110 "
"	10744	"	10901	:	90 "
"	10901	"	10958	:	85 "
"	10958	"	11003	:	80 "
"	11003	"	11214	:	85 "
"	11214	"	11608	:	80 "
"	11608	"	11659	:	90 "
"	11659	"	11715	:	80 "
"	11715	"	11722	:	85 "
"	11722	"	11734	:	90 "
"	11734	"	12013	:	80 "

Pozo: 11 - M - 228

desde	6026	hasta	8028	:	300 rpm.
"	8028	"	9334	:	200 "
"	9334	"	10000	:	175 "
"	10000	"	10060	:	120 "
"	10060	"	10493	:	100 "
"	10493	"	10691	:	95 "
"	10691	"	10983	:	
"	10983	"	11015	:	

se pegó la tubería

"	9206	"	9310	:	70 "
"	9310	"	9509	:	75 "
"	9509	"	9999	:	200 "
"	9999	"	10040	:	110 "
"	10040	"	10700	:	100 "
"	10700	"	10821	:	90 "
"	10821	"	11426	:	85 "
"	11426	"	11444	:	

desde	11444	hasta	11820	:	85	rp
"	11820	"	12225	:	80	"

Pozo: 11 - M - 232

desde	6090	hasta	8764	:	300	rp
"	8764	"	9704	:	250	"
"	9704	"	10170	:	200	"
"	10170	"	10595	:	100	"
"	10595	"	10985	:	90	"
"	10985	"	10154	:	80	"
"	10154	"	10314	:	75	"
"	10314	"	11585	:	80	"
"	11585	"	11630	:	75	"
"	11630	"	11651	:	60	"
"	11651	"	11660	:	80	"
"	11660	"	11710	:	60	"
"	11710	"	11855	:	75	"
"	11855	"	11960	:	50	"

Pozo: 11 - M - 235

desde	5993	hasta	9877	:	250	rp
"	9877	"	10719	:	90	"
"	10719	"	10814	:	80	"
"	10814	"	10937	:	85	"
"	10937	"	10898	:	80	"
"	10898	"	11286	:	90	"
"	11286	"	11444	:	80	"
"	11444	"	11560	:	85	"
"	11560	"	12295	:	80	"

Tipo de mecha seleccionado.-

El tipo de mecha tiene una influencia directa

la rata de penetración. La selección se basa principalmente en el total de pies perforados por mecha; también depende del número de horas en uso, puesto que en algunas formaciones se puede utilizar un tipo de mecha que perfora un número mayor de pies que otra, pero el tiempo de vida será menor y como se sabe, es de interés para la compañía disminuir el costo total de pies perforados, lo cual es un factor importante para seleccionar la mecha.

Durante la perforación de un pozo, previamente se elabora un programa de mechas, el cual sólo es alterado cuando durante la perforación surgen problemas que no se pudieran predecir.

Para la elaboración de dicho programa se deben considerar ciertas condiciones tales como:

i. Se debe usar toda la información disponible no conformándose con los registros usuales de las mechas. Se deben analizar los registros eléctricos y condiciones de desgaste de las mechas usadas en pozos vecinos.

ii. Se debe prestar igual atención a las formaciones que se pueden perforar a velocidades relativamente altas, estas son secciones en las cuales se puede aumentar la velocidad promedio total del pozo y a la vez sirve como base a una selección de mecha más amplia con la cual se puede acelerar la perforación.

iii. No se deben usar mechas para formaciones más duras que la correcta, puesto que surgen más problemas que en las segundas y la perforación con mechas del segundo tipo se hace más segura y barata.

iv. Se debe estar seguro que los operadores del equipo conozcan las razones que influyeron en la selección de la mecha. Si éstos entienden el criterio que influyó en el programa pueden hacer buenas modificaciones en el programa cuando sea necesario.

Sabemos que es necesario conseguir información acerca del área a ser perforada, siendo de mayor importancia registros de mecha y eléctricos, también sería de amplia utilidad tener un registro del desgaste de las mechas en pozos vecinos. Los registros de mechas pueden confundir en el momento de seleccionar el tipo de mecha si no se correlaciona con otra fuente de información; puesto que surgirán ciertas preguntas al respecto como por ejemplo si decrece repentinamente la rata de penetración con el cambio de formación, si decrece gradualmente con el desgaste de la mecha; si se desgastó en su tamaño original o si fue sacada porque aumentó la torción; o en fin, si un nuevo perforador cambió el tipo de mecha según su propio albedrío, etc.

Es más conveniente correlacionar los registros de mechas con los eléctricos puesto que en muchos casos se mostrará que tipo de mecha ha sido usada a través de la misma sección en otros pozos y con los registros eléctricos se pueden separar estas secciones y encontrar el tipo de mecha con el cual se hace un mejor trabajo.

En la práctica siempre se perfora un hoyo de una manera poco diferente aún del pozo más cercano debido a que las formaciones no permanecen iguales en espesor, permeabilidad y porosidad.

Como hemos anotado ya, el programa debe ser variado con respecto a su original ya sea porque surgen pro-

blemas inesperados, lo que origina una sustitución de un tipo diferente de mecha, para lo cual se deben tomar - - ciertas consideraciones. Por ejemplo, si se supone que - una última mecha corrida ha perforado un hoyo de diáme-- tro reducido cerca del fondo en una formación dura y se sabe que una sección larga de lutita subyace a la forma-- ción dura y el programa original ha establecido una me-- cha para formación suave con menor protección a su diáme-- tro que lo necesario, lo más correcto es usar una nueva mecha para formación suave con mayor protección a su diá-- metro aún cuando ésta se desgaste a cierta profundidad - antes de llegar al final de la formación de la lutita.

Experiencia de campo:

El cuadro siguiente indica el tipo de mecha que - se utilizó, a las diferentes profundidades:

Pozo: 11 - M - 226

desde	5675	hasta	10113	:	D.T.J.	Smith
"	10113	"	10744	:	OVV-J	Huges
"	10744	"	12022	:	MAL G	Security

Pozo: 11 - M - 228

desde	6026	hasta	8366	:	OSCS-J	Huges
"	8366	"	10000	:	DT-J	Smith
"	10000	"	10878	:	OVV-J	Huges
"	10878	"	11015	:	MALG-J	Security
"	8017	"	9310	:	OSCS-J	Huges
"	9310	"	9999	:	DT-J	Smith
"	9999	"	10821	:	OVV-J	Huges

desde	10821	hasta	10875	:	M41G-J	Secu
"	10875	"	11980	:	OWC-J	Huge
"	11980	"	12200	:	M41G-J	Secu
"	12200	"	12225	:	OWC-J	Huge

Pozo: 11 - B - 212

desde	9700	hasta	9704	:	OS30-J	Huge
"	9704	"	10170	:	S4TG-J	Secu
"	10170	"	10365	:	OTW-J	Huge
"	10365	"	11505	:	M41G-J	Secu
"	11505	"	11650	:	OWC-J	Huge
"	11650	"	11651	:	diamante	
"	11651	"	11689	:	OWC-J	Huge
"	11689	"	11710	:	diamante	
"	11710	"	11855	:	OWC-J	Huge

Pozo: 11 - B - 235

Las barrenas utilizadas durante la perforación de este pozo fueron de las mismas marcas y tipos utilizadas en los pozos anteriores. No es posible mencionar cuáles fueron, por no disponer de copias de los reportes diarios donde constan todas las características de las mechas que se gastaron.

La selección de los diferentes tipos de mechas que se han utilizado en la perforación de estos cuatro pozos se ha sujetado a las características de las formaciones que había de atravezarse.

Se utilizaron mechas de las casas Smith, Hughes Security, todas de tres conos. Desde más o menos los 6.000 pies, hasta los 10.000 los tipos fueron: DTJ; OS J y S4TG-J de las marcas citadas respectivamente, desde

los 10,000 pies en adelante se utilizaron mechas colamen-
te de las marcas duras y security, de los tipos O'V-J y -
V'10-0, respectivamente y equivalentes entre sí.

En el primer caso las barrenas son para formacio-
nes no consolidadas y relativamente duras, que en nuestro
caso sería la formación Frontier. En el segundo caso, las
mechas se usan para estratos bastante duros y consilida-
dos, tal sería la formación Oficina.

Presión Hidrostática.-

Para considerar el efecto de la presión hidrostá-
tica sobre la rata de penetración se deben tomar en cues-
ta que existen tres presiones, las cuales afectan la -
fractura de la roca cuando ésta se perfora.

Estas presiones son:

- i. Presión ejercida por los estratos suprayacen-
tes o presión de sobrecarga.
- ii. Presión hidrostática del fluido de perfora-
ción.
- iii. Presión de los fluidos que están en los poros
de las rocas.

De las presiones mencionadas, en la primera y la
tercera, no se puede ejercer control sobre ellas, pero -
se consideran de importancia porque se relacionan con la
segunda, la cual sí se puede controlar.

Se han hecho pruebas de laboratorio y se ha este-
blecido que la rata de penetración actúa como función de

la diferencia entre la presión de la columna de lodo y de la formación, siempre en el caso en que la primera sea mayor que la segunda, además se dedujo que:

i. La rata de penetración varía más bien de acuerdo a la diferencia de presión entre la columna de lodo y la de la formación que a la presión hidrostática del lodo.

ii. La rata de penetración es independiente de la presión de la columna de lodo en el caso en que la diferencia entre la presión de la columna de lodo y la de la formación sea constante.

Luego de haber sido analizadas todas las presiones que afectan la fractura de una roca se puede concluir que el efecto de la presión hidrostática en la rata de penetración dependerá de:

- i. Volúmen poroso de roca, ya que éste limita el aumento de compactación que pueda ocurrir.
- ii. Permeabilidad de la roca, debido a que ésta es una medida del tiempo necesario para igualar las presiones a través de la roca, si hay diferencia inicial.
- iii. Peso del fluido de perforación, debido a que determina la presión hidrostática.
- iv. La presión de los fluidos de los pozos, lo que determina la presión efectiva.
- v. La formación de una capa de ripios en la superficie perforada porque se origina una re-

trituration de los ripios.

Para controlar el efecto de la presión hidrostática informaremos lo siguiente: al hacer la limpieza en el fondo del hoyo se ayuda a remover los ripios permitiendo que los dientes de la mecha penetren relativamente sin dañar la formación. También en algunos casos se deben usar altas velocidades en los orificios ayudando así a arrastrar la cortadura de la formación cuando hay grandes diferencias de presión para lo cual es conveniente usar un fluido de perforación de peso apropiado, para encontrar este peso se investiga todo lo concerniente a gradiente de presión de la formación antes de perforar. Frecuentemente con buenas propiedades del fluido de perforación la presión hidrostática no debe ser mayor de 200 l.p.p.c. que la presión de la formación.

Tipo de formación.-

Para analizar el efecto del tipo de formación es lógico que una formación las llamadas suaves se perforan con una tasa de penetración mayor que otra formación llamada dura.

Además, se debe tomar en cuenta algunas propiedades de esas rocas, como es la presión ejercida por los estratos suprayacentes o presión de sobrecargo o la formación que se desea perforar; como se discutió anteriormente esta presión se relaciona con la presión de la columna de lodo y con la de los fluidos que se encuentran en los poros de la roca.

Es necesario tomar en cuenta también el efecto de la variación de permeabilidad para lo cual se han hecho pruebas de arenas cuyas permeabilidades variaron desde -

150 m.d. hasta 450 m.d. En las pruebas correspondientes se tomaron núcleos cuyas permeabilidades variaron de 175 m.d. hasta 225 m.d. y otros de 325 m.d. hasta 425 m.d. y los resultados indicaron que la permeabilidad no tiene ningún efecto en los resultados de perforación para lo cual se usaron tres tipos diferentes de barro, de propiedades específicas y tasas de filtración de 18, 14 y 7 c.c.

Fuerza Hidráulica. -

Es el resultado de la tasa de circulación por la presión y se mide en caballos de fuerza hidráulica, los cuales al ser medidos en la superficie constituyen el caballaje total provisto por las bombas: estudios hechos por la compañía Humble Oil & Refining Co.⁽³⁾ demostró que existe una tasa de circulación óptima para obtener la mayor limpieza del fondo del hoyo; esta tasa de circulación puede ser sobre o debajo de la requerida para una velocidad anular adecuada, también demostró que la tasa de penetración es proporcional a la fuerza de impacto a través de la mecha más bien al caballaje de la misma.

Estas dos difieren en que impacto involucra el producto de la tasa de circulación por la velocidad y el caballaje hidráulico de la mecha es el producto de la tasa de circulación por el cuadrado de la velocidad. Generalmente el aumento bien en el caballaje o en el impacto aumentará la tasa de penetración. En ambos casos, el propósito básico es limpiar el fondo del hoyo de virutas para evitar la pulverización; ninguna de las dos funciones se cree que aumentan el hoyo. Es fácil ver que se puede llegar a un punto, indiferente del método

donde no tendrá efecto sobre la rata de penetración un posterior aumento en el caballaje o impacto. Este es el punto donde las virutas son removidas instantaneamente-después de ser generados.

Tipo de fluido de perforación. -

El efecto del tipo de fluido de perforación depende principalmente de sus propiedades, de las cuales-la que más influye directamente sobre la rata de penetración, es la densidad del fluido de perforación.

Las observaciones realizadas en el campo han indicado cierta reducción de la rata de penetración por el cambio del tipo de fluido utilizado para perforar. - La compañía Humble Oil & Refining Co.⁽³⁾ realizó investigaciones acerca del presente tema comenzando con la medida de la rata de penetración relativa o sea de la relación entre la rata de penetración obtenida con barro y la que se obtiene con agua. Los datos fueron obtenidos-perforando alternadamente en barro primero y luego con agua en secciones cortas.

En resumen el efecto acumulativo de todos los factores que afectan la rata de penetración se puede observar en la fig. 7, la cual se preparó con datos de prueba de laboratorio y ella muestra que llevando un valor óptimo de todos los efectos individuales la rata de penetración aumentó de un valor de 5 pies/hora a otro de 40 pies/hora. Un aumento de esta magnitud se logra gracias a la aplicación de mejoras en las prácticas de perforación durante un período de varios años; así mencionaremos que hace pocos años un pozo de 4.000 pies en Texas se perforó en 30 días, actualmente se requieren solamente de 7 a 8 días.

Analizando el gráfico correspondiente podemos notar que, el efecto del peso sobre la mecha en la rata de penetración es de mayor importancia que el de los otros factores analizados, siguiendo en magnitud del tipo de fluido de perforación y en menor escala la velocidad de la rotaria y las propiedades del fluido de perforación, hacemos notar que se supone que la hidráulica fue utilizada como óptima.

También se puede demostrar que las mejoras en la práctica de perforación aumentan la rata de penetración, es decir que para pozos de una misma área y a una profundidad igual se puede disminuir el tiempo de perforación, tal como se nota en la figura, la cual señala los resultados obtenidos en diferentes pozos que se perforaron con propiedades del barro diferentes para cada uno, las cuales fueron:

Pozo	Peso lb/gal	Viscosidad Seg. ATI	Filtrado c.c.	Sólidos %
1	10.6	68	10	30
2	10.2	44	14	13
3	9.8	41	25	7

Según estos datos se puede observar que el Pozo 3 con peso, viscosidad y sólidos menores y una filtración mayor se perforó en un tiempo menor que los otros, lo que indica que la rata de penetración fue mayor en este pozo.

2.- CONDICIONES DEL LODO A PROFUNDIDADES MAYORES A 5.000 PIES

Los cálculos para tratamientos de lodos en el caso de pozos profundos cuando se han hecho en el laboratorio, apenas se aproximan a la realidad del trabajo de campo, es necesario pues, tener un análisis de las propiedades del fluido en pozos perforados en distintas áreas, tomando estadísticas de las variaciones de las diferentes propiedades según las condiciones que muchas veces son completamente inesperadas.

El trabajo realizado en la presente tesis se refiere a las condiciones en cuatro pozos profundos perforados en el área Mata-Acoma de la Corporación Venezolana del petróleo en el estado de Monagas.

Es de carácter técnico absoluto el elaborar un programa de lodo para adjuntarlo al programa general de la perforación de un pozo de petróleo, este programa cuando se trata de pozos de desarrollo son específicos puesto que se conoce ya los horizontes estratigráficos a perforarse y su posible profundidad, pero en todo caso el estudio geológico es primordial para la clase de lodo a usarse y para la elaboración del programa respectivo.

Como el presente trabajo es tomado de trabajos de campo, es necesario dar a conocer un resumen de la estratigrafía del territorio en mención, es decir del área Mata del estado Monagas en la república de Venezuela.

Estratigrafía del área Mata.-

La secuencia estratigráfica presente en el bloque

concesionario, lo podemos establecer en el siguiente cuadro:

<u>EDAD</u>	<u>FORMACION</u>	<u>Espesor PROMEDIO</u>
Pleistoceno	Mesa	500'
-----	Discordancia	- - - -
Mio-plioceno	Las Piedras	5,000'
Mioceno	Freites	5,800'
Oligo - mioceno	Oficina	3,300'
Eoceno - Mioceno	Grupo Mercurio	500' (?)
-----	Discordancia	- - - -
-----		Tigre 2,000' (?)
Cretácico	Grupo Temalador	Canou
-----	Discordancia	- - - -
Precámbrico	Basamento	

Las arenas productoras conocidas hasta la fecha se encuentran en la formación Oficina y en las arenas del grupo Mercurio. La Formación Freites son lutitas con algunas intercalaciones de arenas sin interés económico, igualmente Las Piedras son arenas bien desarrolladas sin indicios de petróleo.

Formación Mesa.-

Está constituida por areniscas conglomeradas y arcillitas de origen continental, forma la superficie de toda el área de la concesión. Se encuentra en discordancia sobre la formación Las Piedras, de edad pleistocena.

Formación Las Piedras.-

Constituyen esta formación areniscas friables de

grano grueso, areniscas micáceas de grano fino, lutitas gris verdosas y algunos lignitos de ambiente de agua salobre a continental, de edad Mio'Plioceno.

Formación Freites.-

Esta formación consta de lutitas gris-verdosas, y es uniforme en toda el área. Contiene interestratificadas algunas areniscas delgadas, de grano fino, glauconí-ticas, de origen marino.

Formación Oficina.-

Está constituida de areniscas, lutitas, lignitas y algunas zonas calcáreas interestratificadas. Las areniscas varían de grano fino a grueso y algunas son glauconí-ficas.

El contacto entre las formaciones Freites y Oficina es concordante y transicional, ya que en la parte superior de Oficina las arenas desaparecen y son reemplazadas por lutitas. Tiene una edad, Oligo-Mioceno, con un espesor promedio en el Área Mata de 2.500 a 3000 pies.

Grupo Beracure.-

Lo forman areniscas macizas con intercalaciones delgadas de lutitas. No se pueden dar más detalles de este grupo, ya que los pozos se han perforado en esta área no lo atraviezan, se supone que descansa discordante sobre el cretáceo.

Basamento.-

Es una continuación del complejo igneo metamórfico

co del Escudo de Guayana.

Programa del lodo de perforación.-

Tomando en cuenta estrictamente la columna estratigráfica se elaboró el programa de lodos a seguirse durante la perforación y que es el siguiente:

i. Se comenzará la perforación con agua y se continuará hasta aproximadamente 1.400' agregando bentonita durante la perforación y cuando se circule para meter el revestidor de superficie.

ii. Se sigue la perforación con lodo natural (tratado con bentonita cuando fuere necesario) hasta cerca de 6.000'. Se tratará de mantener las siguientes características:

Peso: No mayor de 76 lbs/pie³

Viscosidad: 30-35 segundos Marsh

Filtración: 10-15 c.c./30 min.

% Gas-oil: 3-5-

Como este lodo no posee las propiedades de un lodo de emulsión pueden suceder problemas tales como derrumbes de las paredes del hoyo, dificultades al sacar la tubería; al observarse ésto debe prepararse un lodo como se describe a continuación.

iii. En el cambio de barrena más cercano a los 7.000 pies se convertirá el lodo a un sistema de emulsión de bajo contenido de cal que debe tener las siguientes características.

Peso : 98-80 lbs/pie³

Viscosidad : 35-50 segundos Marsh

Filtración : Se irá bajando paulatinamente des de 10 c.c./30 min. hasta llegar a 10.000 pies.

% Gas-oil : 60-82

iv. A partir de los 10.000 pies el lodo deberá en lo posible tener las siguientes características:

- Peso : 79 - 83 lbs/pie³
- Viscosidad : 50 - 60 segundos Marsh
- Filtración : 3.5 cc/30 minutos o menos
- % Gas oil : 10 - 12

Mientras se perfora casi siempre hay causas impre- vistas en cuyo caso lógicamente el ingeniero del pozo po- drá variar las condiciones del lodo cuando esas circuns- tancias lo requieren.

Tratando de seguir el programa de lodos se lleva- rán a cabo los tratamientos respectivos en la perforación de 28 pozos de los cuales hemos tomado los cuatro que men- cionamos desde el inicio del presente trabajo.

Las curvas de las propiedades del lodo en sus dife- rentes profundidades nos indicarán cuáles son las mejores condiciones y lógicamente cuál es el menor costo.

Pruebas de Peso.-

Las figuras Nos. 8 y 9 nos dan las curvas pero pro- fundidad de los pozos 11-M-226 y 11-M-228 y 11-M-232 y 11-M-235 respectivamente.

Es necesario anotar que no se han puesto los pun- tos cuyo peso es inmediato al inicio de la perforación -

con una nueva barrena, puesto que la "pildora" de bari que se echa antes de sacar tubería para cambiar la barrena no se ha emulsionado completamente.

El material pesante se echa minutos antes de sacar tubería ya que formará una mayor cabeza hidrostática mientras la tubería está afuera y el lodo no está circulando la operación puede demorar de 6 a 8 horas.

Pruebas de Viscosidad.-

Las figuras Nos. 10 y 11, nos indican las curvas de viscosidad - profundidad.

Esta viscosidad es en segundos Marsh; también en este caso al igual que en las demás pruebas, los datos se refieren a cuando el lodo está completamente emulsionado puesto que al comenzar la circulación en el caso de una nueva barrena, los valores son sumamente altos y llegan hasta 100 y 120 segundos Marsh; igualmente hay variación en el "gas trip" o el viaje del gas acumulado en el pozo mientras no había circulación, la viscosidad en este caso es de un valor más bajo de lo normal por la presencia de gas, por lo tanto, los valores no son reales mientras el lodo no haya circulado algunas horas.

Pruebas de Viscosidad plástica - viscosidad aparente y yield-point.-

Las figuras Nos. 12 y 13 dan las curvas con relación a la profundidad.

Se han hecho las tres curvas en conjunto respectivamente para cada pozo por cuanto está íntimamente relacionado el cálculo para hallar los valores ya sea de la viscosidad plástica, viscosidad aparente y yield-point.

La lectura a 600 revoluciones en el viscosímetro y dividido por 2 nos da la viscosidad aparente; restando del valor a 600 revoluciones la lectura a 300 revoluciones nos da la viscosidad plástica. El yield point o punto cedente es la diferencia entre la lectura a 300 revoluciones y la viscosidad plástica.

Pruebas del p.H

En este caso hemos creído que no vale la pena trazar el gráfico ya que la curva sería prácticamente una línea recta y casi siempre se ha mantenido en 12 y poquísimas veces ha variado hasta 11 y 11½

La variación de los valores del p.H, fue escasa, porque se necesitaría una excesiva cantidad de soda cáustica, para aumentar la alcalinidad del lodo, generalmente se usan de 2 a 3 sacos y como la alcalinidad está influenciada por el quebracho cuya cantidad está también regulada en los tratamientos del lodo, no cambió mucho el valor del p.H. durante la perforación del pozo.

Pruebas de Pm y Pf.-

Hemos dicho ya que Pm y Pf se refieren a la alcalinidad del lodo y del filtrado respectivamente y a partir de los cuales se puede encontrar el contenido de cal.

Estos valores son a veces muy difíciles de sujetar se al programa porque oscilan rápidamente según el contenido de cal, de soda cáustica y quebracho, las figuras 14 y 15 indican la relación entre estas condiciones y la profundidad.

Pruebas del contenido de cal.-

Como todas las demás curvas el contenido de cal en

libras por barril está en relación con la profundidad y se encuentra a partir de los valores del Pm y Pf.

Es importante el contenido de cal, porque su función primordial es la de formar la costra de lodo en las paredes del pozo que se está perforando. Las curvas de las figuras Nos. 16 y 17, indican la variación con respecto a la profundidad.

Pruebas de la costra del lodo.-

En este caso también se ha omitido el hacer gráficos puesto que su valor fluctúa en pequeñísimos valores - por lo general es de 2/32 de pulgada, lógicamente una costra de un espesor por sobre los 2/32 de pulgada indica un alto contenido de cal y es necesario controlar su valor normal no solamente por economizar el costo en cal sino por los problemas que pueden surgir dentro del pozo.

El espesor de la costra no varía en cantidades - apreciables, puesto que los tratamientos son estimados - ya según experiencias en otros pozos y las demás condiciones del lodo están señadas al programa de perforación; una variación de la costra de lodo significa una gran - variación en el contenido de cal, lo cual es controlado durante toda la perforación del pozo.

Pruebas de filtración.-

El filtrado o pérdida de agua como también se lo conoce, es una de las propiedades que nos indica la cali - didad del lodo que está circulando en determinado momento de la perforación; el mayor cuidado en seguir el programa de perforación se inclina a peso, viscosidad y pérdida de agua.

Es menester no excederse hacia un bajo valor, en el control de la pérdida de agua, pues porque si bien es cierto que es menos probable el surgimiento de problemas de apresamiento de tubería por hinchamiento de las arcillas, en cambio redundan en una elevación en el costo del mantenimiento del fluido de perforación por el alto precio de los materiales que controlan el filtrado.

Las figuras Nos. 18 y 19 indican los valores obtenidos en la perforación de los cuatro pozos. El filtrado está controlado por los tratamientos respectivos, las cantidades de petróleo y quebracho ayudan a disminuir el valor del filtrado, pero hay compuestos químicos para controlar exclusivamente la pérdida de agua, este compuesto químico que puede ser el C.M.C., el Driscose regular, etc., se lo ha hecho al lado sobre todo cuando la perforación está llegando a las arcillas hidratables; con un saco en cada tratamiento se puede controlar en gran forma el filtrado del lodo.

Pruebas de contenido de sólidos y gas-oil.-

En los lodos emulsionados, el papel que desempeña el petróleo es básico; al unirse con el quebracho ayuda a mejorar la propiedad del filtrado, por si solo ayuda a controlar la cabeza hidrostática y la viscosidad. El contenido de petróleo y de sólidos se mide en porcentaje en volúmen; los sólidos también deben ser controlados porque un gran porcentaje de ellos alteran las demás propiedades. Cuando el valor de contenido de sólidos es elevado se puede controlar con el volúmen de agua. Las figuras Nos. 20 y 21, nos indican la variación de estas condiciones con respecto a la profundidad.

Pruebas de contenido de arena.-

Es conocido que las arenas corroen la tubería y -

demás conexiones del sistema de circulación, luego es necesario conocer su contenido: como en los pozos de nuestra investigación apenas variaba en 1 y 1.5% en volúmen no hemos hecho ningún gráfico, puesto que más bien depende de la eficacia de los desarenadores que purifican el lodo de las arenas que han pasado por entre las mallas del vibrador.

El número de pruebas de contenido de arena es el mismo número de pruebas que se han hecho al lado durante toda la perforación y está en función directa de la profundidad final y del tiempo que dure la perforación, pues existieron problemas que duraron algunos días, lógicamente el número de pruebas aumentaron porque hubo que cuidar del lodo mientras no se estuvo perforando.

3.- RELACION ENTRE LA RATA DE PENETRACION Y LAS CONDICIONES DEL LODO.-

Hemos indicado ya en uno de los capítulos anteriores acerca de los factores que afectan la rata de penetración, además el análisis específico de las condiciones del fluido correspondiente a los pozos de nuestro estudio, por lo cual en este caso será solamente necesario referirnos a la rata de penetración por medio de curvas cuyas coordenadas son tiempo y pies perforados.

A pesar de contar con datos referentes a los diversos factores que afectan la rata de penetración como velocidad de rotaria, peso sobre la mecha, etc, simplemente se hará referencia al número de pies perforados para encontrar cuál de los pozos gastó menos tiempo en perforarse según su profundidad y según sus condiciones de lodo.

anular y equilibrarse con la presión de la formación. Causa importante que origina la pérdida de circulación es la permeabilidad alta de algunas formaciones y por el espacio de sus poros que son lo suficientemente grandes para dejar pasar las partículas sólidas del lodo impidiendo la formación de la costra que evitaría la filtración del lodo. Tratándose de las propiedades del fluido, la pérdida de circulación puede ocurrir por una excesiva presión de la columna hidrostática que vence a las presiones de la formación.

De este problema pueden derivarse otros que en total son grandes cantidades de dinero perdido, por ejemplo: la caída del nivel del lodo en el espacio anular hace disminuir el peso de la columna del lodo y puede originar un reventón. La pérdida de tiempo en estos casos puede ser excesiva y además es imposible tener datos de las formaciones perforadoras porque no se pueden obtener los rípios. Puede acontecer apresamiento de la tubería de perforación por los derrumbes que pueden suceder en las paredes del hoyo. Cuando este problema es en una zona potencialmente productiva, puede dañar lógicamente la productividad del estrato.

Las zonas más comunes por son las falladas y las que cor ya que estas pueden abrirse columna de lodo excede a la f mantuvo cerradas. Es import vo peso del lodo algunas f originar zendas pérdidas

Para controlar J con el pozo 11-M ter modificar las pro el petróleo en que a camente la densidad, los 11.400 pies el peso del

La unidad utilizada en lo que se refiere a profundidad, es el pie, y en lo que se refiere a tiempo será la hora, es lo más generalizado expresar la rata de penetración en pies por hora aunque existen compañías que lo hacen en minutos por pie perforado.

Las figuras Nos. 22, 23, 24 y 25, indican la rata de penetración, para cada uno de los pozos durante todo el tiempo que duró la perforación; incluyendo la perforación desviada luego del apresamiento de tubería en el pozo: 11 - M - 228.

4.- PROBLEMAS QUE PUEDEN SURGIR POR UN MAL TRATAMIENTO DEL LODO.-

Muchos problemas que acontecen durante la perforación y que suman grandes cantidades de dinero pueden evitarse con un buen mantenimiento y con un buen control de las propiedades del lodo; entre los principales problemas que pueden surgir tenemos:

1. Pérdida de circulación
2. Reventones
3. Apresamiento de tubería.

Pérdida de circulación.-

Es un problema que surge al filtrarse el lodo a la formación y no hay retorno del lodo a la superficie mientras el taladro y las bombas siguen trabajando. Cuando se presenta este problema es mejor parar la perforación, porque puede bajar el nivel del lodo en el espacio

aire, gas o lodo aireada, también la inyección de tapones puede solucionar el problema, estos materiales se inyectan con un volúmen calculado de fluido desplazante para ubicar el tapón a la profundidad deseada y no necesariamente en el fondo del pozo. Uno de los métodos más comunes para combatir la pérdida de circulación es la inyección en el lodo de materiales sellantes, sin embargo, estos materiales sellantes pueden causar inconvenientes en las propiedades del lodo y en el equipo de bombeo. Los materiales sellantes más usados son los siguientes:

1. Materiales fibrosos: heno, aserrín, cáscaras de arroz, semillas de algodón, corcho, fibra, etc.
2. Materiales granulares para puentes: conchas de nueces, perlitas, plásticos redondos, etc.

Los más efectivos son los materiales fibrosos y laminados cuando se trata de rocas permeables de granos gruesos y cuyos espacios vacíos son relativamente pequeños, si los espacios vacíos son más grandes se requiere material granulado porque éste tendrá la suficiente resistencia como para formar un puente a través de los espacios vacíos.

Experiencia de campo.-

Problema de pérdida de circulación existió en el Pozo 11-N-232, a la profundidad de 11.710 pies, se perdieron 100 barriles, se demoró una hora y media para establecer nuevamente circulación para la cual se echaron en los tanques de lodo 15 sacos de mica, 10 sacos de cá

cara de arroz y 10 sacos de tup plug. Al establecer la circulación como ya se había perforado 8 horas se comenzó a sacar tubería para cambiar la barrena, sin embargo, cuando la tubería llegó a fondo hubo que reparar 78 pies y al llegar a la profundidad de 11.674 pies se perdió circulación otra vez y desaparecieron de los tanques unos 150 barriles, se inyectó material sellante igual que en el caso anterior y en el lapso de dos horas se pudo establecer la circulación para seguir perforando.

Otro de los métodos para combatir la pérdida de circulación es la formación de puentes puesto que las fracturas requieren un material granular que posea suficiente resistencia para llenar el vacío de la abertura.

Los materiales para formar puentes debidamente concebidos sellan las fracturas de diámetro más grandes que las mismas partículas de dichos materiales; se dice, que el puente se inicia cuando dos de las partículas más grandes coinciden en la fractura al mismo tiempo y se sostienen mutuamente. Otras partículas más pequeñas se alojan en las aberturas entre las partículas más grandes. Este proceso continuará hasta que las aberturas se hagan tan pequeñas que el problema se convierte en como si fuera una filtración. Todo este proceso implica la consideración de como se distribuyen los tamaños de las partículas de tal manera que las más pequeñas se fijen en los espacios vacíos.

Las mezclas de diversos tipos de materiales tienen sus ventajas en ciertos casos, así por ejemplo, semillas de algodón, papel celofán, etc. pueden ser una ayuda para cellar los espacios vacíos después de que se ha formado un puente.

Se hace sucesorio también considerar la dureza de

los materiales sellantes para no causar desgaste del equipo.

Reventones.-

Sus problemas que a más de causar grandes pérdidas económicas pueden también causar pérdida de vidas y sucede cuando se encuentra un estrato cuya presión de formación excede la presión de la columna del lodo, lo cual hace que los fluidos del interior revienten por el pozo hacia la superficie. Por el espectacular costo que puede acarrear este problema es muy temido y el principal factor para evitarlo es justamente controlando la densidad del lodo; sin embargo, un factor principal en el origen de los reventones es en muchos casos una sacada demasiado rápida de la tubería, puesto que originaría una succión en el fondo del pozo, la magnitud de esta succión depende de la velocidad con que se saca la tubería, de la viscosidad del lodo y de su fuerza de gelatinización.

Existen preventores de reventones que constantemente son revisados, sobre todo cuando se llega a los horizontes productores, se mantiene para los casos en que la tubería está afuera y para cuando se está perforando, el preventor, en este caso, se cierra ligeramente alrededor de la tubería. así pues, cuando cada junta es empujada hacia el fondo el lodo es bombeado por el espacio anular entre el preventor y la tubería, hay que tener mucho cuidado en las súbitas presencias de gas al aplicar presión en el preventor, porque puede cortar la tubería.

Experiencia en el campo:

Una experiencia práctica sucedió con el pozo 11-M-251 de la corporación venezolana del petróleo en que a una profundidad alrededor de los 11.400 pies el peso del

lodo bajó de 80 libras por pie cúbico a 65 libras por pie cúbico, las burbujas de gas se desbordaron de los tanques de lodo y la perforación se suspendió por el inminente peligro, al cabo de cuatro horas se pudo controlar el flujo de gas volviendo el peso del lodo a 78 libras por pie cúbico, para lo cual se utilizaron 800 sacos de barita.

apresamiento de tubería.-

Este problema sucede por hinchamiento de las arcillas o floculación del barro, aunque pueden también haber causas de un orden diferente, también ocasionan grandes pérdidas económicas por pérdida de material que puede quedar en el fondo del pozo, perderse la perforación y lógicamente el tiempo.

Es muy común el pack-off cuando el lodo ha tenido un mal tratamiento, casos concretos el echar de un solo golpe el driscose sobre todo el de alta viscosidad, la experiencia ha enseñado a echarle uno o dos sacos de driscose si es posible tan lento mientras dure una circulación; si el driscose está en exceso así sea en unos dos o tres sacos más de lo normal, el pack-off será inevitable y demorarán algunas horas en volver a normalizar la perforación.

El exceso de petróleo y quebracho juntos también puede flocular el lodo y causar pack-off, como en el caso del exceso de driscose, además, en el tratamiento no se mezcla el petróleo y driscose puros porque, en los mismos tanques se forma una masa sólida que taponan las válvulas y las cañerías de bombeo.

Los lodos emulsionados de bajo contenido de cal se

se aplican principalmente a las lutitas hidratables por el carácter expansivo de éstas; razón por la cual la propiedad de pérdida de agua juega papel importante en las pruebas del lodo.

Existen áreas que contienen estratos de lutitas - las cuales a su vez contienen bentonita u otras arcillas, que continuamente absorben agua y se hinchan; y otras - que se entumescen y se desprenden en el hoyo; estos estratos de lutitas desmoronables constituyen un riesgo muy grave por sus mismas consecuencias de atascamiento de la tubería, aumenta de la solidez del barro.

Cuando se trata de lutitas desmoronables hay algunos tratamientos que a veces dan resultados satisfactorios como por ejemplo:

1. Aumentar el contenido de cal para formar una mayor costra del lodo, así habrá poca filtración y no habrá desmoronamiento de las arcillas.
2. Se puede aumentar la rata de circulación y lograr así un rápido retiro de las partículas desprendidas.
3. También se logra retener este desprendimiento aumentando cuidadosamente la densidad del barro, porque habrá un mayor soporte para las paredes del pozo; y
4. Aspecto principal es la pérdida de agua para que no haya el filtrado a la formación.

Experiencia de campo:

En el pozo 11-M-228 un apresamiento de tubería -

que ocasionó operaciones de pezca que demoraron algunos días y que ocasionó una pérdida alrededor de 200.000 dólares.

El trabajo práctico de este tema lo tomamos del pozo mencionado, transcribiendo los informes diarios - elaborados por el autor de la presente tesis y que indican la secuencia técnica a seguirse ante la oposición - de un problema de tal magnitud. Los informes son estrictamente los que se refieren al apresamiento de la tubería.

FECHA: 3 - 07 - 68

11015 - 10h. - 32pies/5 1/2h. - M4LG-J - 90/85 - 3 3/4 a11015
 10h. 1² 2400/46
 M4LG-T 2 1/2h.
 13

OBSERVACIONES:

- 5 1/2 horas: Perforando de 10903 a 11015 pies
- 1/2 " : tomando desviación
- 3 " : sacando tubería
- 1/2 " : conectando barrena # 13. Sec. con 3 jets de 3/8
- 1/2 " : probando válvula de seguridad
- 1 " : metiendo tubería
- 2 " : arreglando grapa que sostiene guaya de perforación en el tambor del malacate y cortando 185 pies de guaya de perforación
- 1 1/2 " : metiendo tubería
- 1/2 " : se comenzó a repasar 45 pies y se pegó tubería
- 9 " : tratando de despegar tubería

Las condiciones del lodo al comenzar este accidente fueron:

$$79/67/3.2/\frac{2}{32}/ 12/8/12$$

Condiciones plásticas 38/29/18

Cal 2.0 lbs./bbl.

FECHA: 31 - 07 - 68

11015 - 11d. - M41G-J - 2 1/2 - -
10h. 13

OBSERVACIONES:

- 3 horas : trabajando con la tubería pegada
- 2 " : desplazando píldora de petróleo
- 1 " : bombeando 100 bls. de petróleo con 100 galones de pipe-lax. Se desplazó con 100 bls. de barro.
- 12 " : bombeando 1 bbl. de petróleo cada 15 minutos
- 2 1/2 " : desplazando píldora de petróleo
- 1/2 " : vistiendo G.O. de Venezuela
- 1 " : bajando string-shot a 10933' con 400 gramos/pie, sin resultado
- 1 " : sacando string-shot
- 1 2 " : bajando equipo para determinar punto libre. Carga 400 gr/pie

Condiciones del lodo:

75/65/3.4/ $\frac{2}{32}$ / 12/12/13

31/24/14

1.75 lbs./bbl.

FECHA: 01 - 08 - 68

11015 - 12 d. - M4LG-J - 2 1/2 -
10 h. 13

OBSERVACIONES:

- 1 hora : Bajando string-shot y equipo de chequear - punto libre. Se chequeó tubería libre hasta 10900 pies. Equipo sufrió desperfecto y no trabajó.
- 2 " : subiendo string-shot y equipo de chequear-punto libre.
- 5 " : trabajando con el string-shot y disparando a 11000, 10970, 10754 sin resultado, Se usó carga 400 gr/pie
- 3 1/2 " : trabajando con tubería pegada
- 2 1/2 " : vistiendo Lane-wells.
- 1 " : bajando equipo de chequear punto libre
- 4 " : localizando tubería pegada a 10.344 pies
- 1 " : subiendo equipo de chequear punto libre
- 2 " : bajando string-shot y disparando a 10337 - pies. Se usó 7 pelos con carga de 490gr/pies. Resultado satisfactorio
- 1 " : subiendo string-shot
- 1/2 " : desvistiendo Lane-wells
- 1/2 " : sacando tubería

Condiciones del lodo:

77/69/3.4./ $\frac{2}{32}$ /12/12/13

34/26/16

1.72 lbs./bb1.

FECHA: 02 - 08 - 68

11015 - 13 d. - M4LG-J - 2 1/2 - -
10 h. 13

OBSERVACIONES:

- 3 horas : Sacando 106 parejas de tuberías de perforación y 11 lastrabarrenas.
- 1/2 " : conectando martillo
- 4 " : metiendo tubería
- 1 " : Pack-off y rompiendo circulación
- 1/2 " : pescando a 10.337 pies
- 1 " : circulando
- 4. " : trabajando con martillo sin resultado. Se templó con 250.000 lbs.
- 2 " : trabajando con martillo con progreso 16 - pies
- 7 " : trabajando con martillo sin progreso
- 1 " : vistiendo Lane-Wells

• Condiciones dellodo:

78/66/2,7/ $\frac{2}{32}$ /

44/34/20

1.55 lbs./b

FECHA: 03 - 08 - 68

11015 , 14 d. - M4LG-J - 2 1/2 - -
10 h. - 13
M4LG-J - 5 1/2
14

OBSERVACIONES:

- 3 horas : Bajando string-shot y disparando tres barras más abajo del pescado a 10421 pies.- Sin resultado. Se usaron 8 pelos con carga de 560 lb/pie se disparó sin resultado. Se templó con 230.000 lbs.
- 3 " : Se sacó string-shot y se bajó luego. Se disparó martillo con resultado satisfactorio.
- 1/2 " : desvistiendo Lane-Wells.
- 4 1/2 " : sacando tubería con cadena y desconectando martillo.
- 2 " : conectando barrena No. 14 y metiendo tubería.
- 3 1/2 " : trabajando con pack-off.
- 1 " : repasando 70 pies, a 602 del pescado de el lastrabarrenas.
- 6 1/2 " : circulando y acondicionando el hueco para wash-pipe.

Condiciones del lodo:

$77/60/3.6/\frac{2}{32}/11.5/13/13$

40/28/20

1.85 lbs./bbl.

FECHA: 04 - 08 - 68

11015 15 d. - M4LG-J - 2 1/2 h. - -
10 h. 14

OBSERVACIONES:

- 3 horas : Sacando tubería con cadena
- 3 " : bajando tubería lavadora total de 12 tubos-
y una longitud de 386 pies.
- 3 " : bajando tubería lavadora lentamente. Llegó-
a 8076 pies. Hubo pack-off no se estableció
circulación y se sacó tubería.
- 7 " : sacando tubería lavadora con cadena. Por -
los 6.048 pies, se estableció circulación.

Condiciones del lodo:

77/60/3.6/ $\frac{2}{32}$ / 11.5/13/13

40/30/20

1.85 lbs./bbl.

FECHA: 05 - 08 - 68

11015	16 d.	-	M4LG-J	-	5 3/4h.	4	-	9200
	10 h.		14			3 3/4		9000
						3 3/4		8800

OBSERVACIONES:

4 horas : Se terminó de sacar tubería lavadora
4 " : conectando barrena No. 14 y metiendo tubería de perforación.
4 " : trabajando con pack-off
4 " : circulando
3/4 " : sacando dos parejas y tomando desviación a 9.200 pies
3/4 " : sacando dos parejas y tomando desviación a 9.000 pies
3/4 " : sacando dos parejas y tomando desviación a 8.800 pies
2 3/4 " : sacando tubería
3 " : metiendo tubería de perforación abierta - para cementar el pozo y circulando.

Condiciones del lodo:

80/62/3.5/ $\frac{2}{3}$ /11.5/13 /14

41/32/18

1.8 lbs./bb1.

FECHA: 06 - 08 - 68

8.617 17 d. - OSC3-J - 1 h. - -
10 h. 15

OBSERVACIONES:

- 1/4 horas : Circulando
- 3/4 " : se comentó el pozo. Se puso un tapón en el intervalo 9.250 - 8.800 pies. Se bombearon 33 bls. de mud-sweep., luego 250 sacos de cemento V.H. mezclados con 50 - sacos de arena. Luego se bombearon 7bbbls. de mud-sweep y se desplazó con 117 bls.- de lodo.
- 3 " : sacando tubería
- 17 " : esperando frazgado
- 1/2 " : conectando barrena No. 15 y metiendo tubería con una sola barra.
- 1 1/2 " : se consiguió puente de cemento a 8.617 - pies y se rompió circulación
- 1/2 " : limpiando 50 pies de cemento.

Condiciones del lodo:

80/62/3,5/ $\frac{2}{32}$ /11.5/13/14

41/32/18

1.8 lbs./bbbl.

A partir del siguiente día, posterior a la última fecha que hemos anotado, se perforó el cemento hasta 9.143 pies donde se conectó Dina-Drill para desviar la perforación hasta 5 1/2 grados, continuó la perforación hasta la profundidad total de 12.225 pies y no hubo - - otro contratiempo.

En suma: se perdieron 16 días, 20 horas; se quedaron en el fondo del pozo 21 lastrabarrenas, una broca nueva; costó el alquiler de compañía de registro; se - - contrató la compañía para la cementación, etc., etc..

III

C O N C L U S I O N E S

- . -

Habiendo analizado las condiciones del lodo y la rata de penetración en los cuatro pozos, respectivamente, hemos de concluir lo siguiente:

1°. En el pozo 11-M-226, se pegó el revestidor superficial a la altura del tercer tubo, - teniendo como causa exclusivamente las malas condiciones del lodo, puesto que los cinco sacos de cal y veinte de bentonita, se echarón a los tanques cuando ya se perforaba los 1.400 pies. La perforación para meter el revestidor superficial se suspendió a los 1.504 pies, la perforación de 100 pies indicaba un tiempo más o menos de media hora, lo cual no era suficiente como para emulsionar el lodo.

Se perdieron alrededor de tres horas, porque fue necesario meter otra vez la barrena para agrandar el hoyo y como es lógico circulando el lodo.

2°. En el apresamiento de tubería del pozo 11-M-228, las condiciones del lodo que no estaban sujetas al programa de perforación, fueron:

Viscosidad que tenía 67 segundos marsh y petróleo 8%, para el primer caso a 11015 pies de profundidad se requerían 60 seg. marsh y para el segundo 10% de petróleo.

Sin embargo, hubo una causa importantísima a la que se atribuyó el origen de tan tremendo problema y es la equivocación -llámese así el descuido o falta de experiencia- del personal mecánico que manejaba el taldro; ellos contaban con una profundidad de 11015 pies, para comenzar a perforar con la barrena No. 13; al -

perder dos horas arreglando la grapa del tambor del malacate que sostiene el un extremo de la guaya de perforación y luego de superado el problema, apresuraron la bajada de la tubería. Como los últimos pies perforados por una barrena ya gastada, tienen menor diámetro, la nueva mecha entró ajustada y la excesiva rapidez la llevó a la parte más profunda del hoyo que indudablemente tenía la forma de un cono; la profundidad verdadera según la compañía de registros, se hallaba a 10.970 pies.

Hemos mencionado ya que, condiciones importantes del lodo, como son viscosidad, y contenido de petróleo, no fueron lo suficientemente correctas y contribuyeron aunque en muy pequeña parte a empeorar el problema.

3°. El peso de la columna hidrostática va aumentando en relación directa a la profundidad y es conveniente aumentar también la viscosidad por las posibles presiones de fondo, superiores al peso de la columna hidrostática. Es fácil darnos cuenta en las curvas de densidad, de las variaciones en el pozo 11-M-228, estas variaciones se desprenden de un mal tratamiento y de un chequeo descuidado del lodo, igualmente podemos afirmar del pozo 11-M-226, en que la bentonita se echó en cierta desproporción.

4°. La viscosidad también aumenta su valor conforme aumenta la profundidad, la mejor secuencia es la del pozo 11-M-232.

Las condiciones plásticas como son, viscosidad aparente, viscosidad plástica y punto cedente, están

lógicamente en relación con la viscosidad medida en segundos marsh; los altos y bajos de las curvas respectivas, nos indican la alteración de las propiedades de un lodo que no está muy bien cuidado.

5°. Los valores de Pm, Pf y contenido de cal no necesariamente deben tener una gran variación mientras se perfora; dentro de los cuatro pozos ya determinadas profundidades, mientras en uno suben los valores de Pm y Pf, en otro descienden, cosa igual sucede con el contenido de cal. El punto más bajo de esta última condiciones del lodo, no causó problema alguno en ningún pozo y fue de 1.5 libras por barril.

6°. La condición de pérdida de agua va descendiendo de valor conforme aumenta la profundidad, las variaciones de esta propiedad cuando está dentro de unidades consecutivas no tiene peligro alguno, tal es el caso por ejemplo, del pozo 11-M-232 que a los 10.920 pies de profundidad en que el filtrado es de 3.0 sube a 3.4. En el pozo 11-M-235 el valor más bajo de la pérdida de agua fue de 30 y no hubo ningún inconveniente; si se hubiera llevado a puntos inferiores a 3.0, habría existido un mayor rango de seguridad en lo referente a apresamiento de tubería por causa del filtrado, pero en cambio sin necesidad se habría aumentado el costo de perforación; y,

7°. El contenido de petróleo y sólidos va aumentando también conforme aumenta la profundidad del pozo. Estas condiciones están relacionadas porque se puede conocer en una sola prueba en la retorta, pero no tiene ninguna relación en la emulsión misma del lodo ya que sus valores pueden cambiar indistintamente.

El porcentaje de petróleo varía según la cantidad de barriles que se vierta en el tanque en cada tratamiento y, mientras que el contenido de sólidos cambia según la eficiencia de trabajo de los desarenadores, según la formación que se está atravesando, etc. En el pozo 11-M-232 a 10.950 pies, el contenido de sólidos baja de 22% a 15%, mientras el contenido de petróleo sube de 11% a 14%.

IV

R E C O M B N D A C I O N E S

- . -

1°. CONDICIONES ACONSEJABLES DEL LODO A DIFERENTES PROFUNDIDADES

Como es de suponer, las condiciones del lodo en cualquier pozo y en cualquier circunstancia, son función directa de su tratamiento, así pues hemos construido las siguientes curvas, haciendo un resumen de las condiciones indicadas en el segundo tema del capítulo II; estas curvas vienen en las figuras Nos. 26 hasta 32 e indican el progreso de cada una de las propiedades del lodo, según la profundidad. No es correcto dar un gradiente definido para el cambio de las condiciones del lodo, porque siempre la perforación está sujeta a problemas inesperados y novedades dentro del tipo de formación.

- a). La viscosidad deberá alcanzar alrededor de las 80 libras por pie cúbico más o menos a los 9.500 pies, y luego aumentará levemente casi hasta estabilizarse a 81 libras por pie cúbico a los 12.000 pies;
- b). La viscosidad y las condiciones plásticas aumentarán progresivamente hasta los 10.500 pies como indican las curvas respectivas; desde esta profundidad en adelante, se tratará de mantenerlas casi constantes;
- c). Las condiciones de Pm, Pf y contenido de cal, no variarán en gran forma desde los 8.000 pies en adelante y los valores serán relativamente bajos;

- d). Hemos hablado ya de la condición del filtrado; la curva nos indica que puede estabilizarse en 3 c.c. a los 10.500 pies, - puede bajar su valor pero no hay necesidad; y,
- e). El contenido de sólidos y de petróleo no - deben elevarse ni sobre 15% ni sobre 10% , respectivamente entre los 10.000 y 11.500 pies, donde se encuentran las formaciones petrolíferas.

2°. MANTENIMIENTO RECOMENDABLE DEL LODO EN LA PERFORACION

Los lodos emulsionados de bajo contenido de cal, tienen soda cáustica en valores que oscilan entre 10 y - 12, y tienen menos cantidad de arcilla que los lodos de alto contenido de cal y alto pH.; estos lodos de bajo - contenido de cal tienen una tolerancia reducida a los - contaminadores y tienden hacia mayores viscosidades, los tratamientos deben ser frecuentes; el contenido de cal en el filtrado es más inhibitorio a la intumescencia de la arcilla haciéndolo deseable en la perforación de hititas bentoníticas.

En la primera etapa de la formación cuando se - utiliza agua como fluido y es conveniente utilizar unos 15 o 20 sacos de bentonita, cuando se está a una profundidad de 1.000 pies, ya que a un promedio de 200 pies . por horam en dos horas se llegaría a la profundidad de correr el revestidor de superficie, y el lodo podría mantener cierta gelatinidad, porque se había ya puesto en íntimo contacto la bentonita y el agua.

La experiencia del pozo 11-M-226 hizo que en los posteriores se siga el procedimiento que acabamos de explicar, ya que al echar la bentonita cuando se perforaba ya a 1.300 pies y para correr revestidor a 1.500 pies, la tubería se pegó cuando se metía el tercer tubo revestidor y causó pérdida de unas tres horas de tiempo.

Para el breackover se hicieron los cálculos respectivos tomando en cuenta el volumen de los tanques y del pozo que se está perforando, lógicamente descontando el volumen ocupado por la tubería de perforación, se llegó a la conclusión, tomando en cuenta la rata de penetración de alrededor de 1.000 pies por hora a una profundidad de 6.000 pies, de que el mejor tratamiento era de:

80 sacos de cal,
80 sacos de quebracho,
30 sacos de soda cáustica, y
80 barriles de petróleo.

Sé seguiría con un tratamiento cada cuatro horas hasta los 8.500 pies y que serían las siguientes cantidades:

40 sacos de cal,
40 sacos de quebracho,
9 sacos de soda cáustica, y
40 barriles de petróleo.

Este tratamiento se utilizó hasta en los pozos 11-M-226 y 11/M-228, pero si bien no hubo problema alguno, resultaba en un costo excesivo sin ninguna nece-

sidad; en efecto, para los pozos 11-M232 y 11-M-235, el breakover se hizo solamente con:

60 sacos de cal,
60 sacos de quebracho,
30 sacos de soda cáustica, y
60 barriles de petróleo.

Es necesario anotar, que primero se hizo echando los materiales con la mitad de las cantidades anotadas, ahora bien, inmediatamente luego de haberse bombeado este primer lodo, se preparaba en el tanque lodo con la otra mitad del material, y luego el tratamiento continuaba a razón de:

30 sacos de cal,
30 sacos de quebracho,
4 sacos de soda cáustica, y
30 barriles de petróleo.

Era un descuido peligroso en sumo, sostenerse a la secuencia nada fundamentada de un tratamiento cada cuatro horas durante la perforación y hasta la profundidad determinada, entonces era necesario hacer las pruebas de lodo luego de unas tres horas del tratamiento, - porque entonces se habrían ya mezclado los ingredientes en una circulación; conociendo las condiciones del lodo, se tiene un criterio más exacto acerca de cuál sería el tratamiento que se deberá echar en los tanques de lodo.

Más o menos a la profundidad de los 9.000 pies está la formación oficina, que tiene los horizontes productores y es necesario cambiar las condiciones del -

lodo aumentando el porcentaje de petróleo, elevando la densidad, viscosidad y disminuyendo la pérdida de agua, sobre todo ésta última; para controlar este cuidado del lodo a esta profundidad, es necesario echarle driscose. El driscose es de dos clases: el de alta viscosidad y el regular; el primero es para aumentar la viscosidad y el segundo especialmente para controlar la pérdida de agua.

En los primeros pozos perforados en el área Mata, incluyendo el 11-M-226, se usó cuatro sacos de driscose alta viscosidad y cuatro sacos driscose regular, - en los pozos siguientes entre los cuales están el 11-M-228 11-M-232 y 11-M-235, se utilizó solamente dos sacos de driscose de alta viscosidad y uno solo de regular, puesto que se comprobó que controlando las cantidades de petróleo y de quebracho, se podría bajar la pérdida de agua y así se podía economizar la cantidad de driscose, pues cada saco tiene el valor de diez dólares en el oriente venezolano.

Una experiencia importante tomada de estas perforaciones fue, que es necesario echar el driscose si se quiere con cierta lentitud, cada saco en una hora - para que el material logre mezclarse en una forma homogénea, pues hubo casos en que se echaron los sacos de driscose en menos de diez minutos y hubo pack-off que demoró la perforación unas dos horas, además en los tanques de lodo quedan grandes masas que es necesario utilizar métodos manuales para destruirlos, si es posible uno por uno, lo que acarrea una operación bastante engorrosa y de pérdida de tiempo para el personal; naturalmente, problemas como éste provienen del obrero encargado de echar los químicos a los tanques, hacer trabajar

las bombas, etc., etc., que en algunas compañías perforadoras se lo confía al encuellador.

A partir de los 8.500 pies, disminuía la rata de penetración de 100 a 120 pies por hora a 30 y 31 - pies por hora; entonces era aconsejable poner un tratamiento de lodo en cada barrena nueva. Algunos ingenieros acostumbraron el poner en tratamiento a penas comienza a perforar con la nueva mecha, lo cual dura alrededor de 8 a 10 horas; el argumento para esta actitud especifican ellos, era porque entonces habría tiempo para hacerle una prueba al lodo, luego de unas cuatro horas cuando el lodo se encuentre ya homogéneo y quedaría suficiente tiempo como para echarle otro tratamiento y el lodo se homogenizaría ya al sacar la tubería; sin embargo, en los pozos 11-M-232 y 235, dio excelentes resultados cuando ya se trataba de un tratamiento por mecha, al echar los químicos a tres horas de haberse comenzado a perforar, luego quedaría de 5 a 7 horas para que se emulsione y homogenice completamente, entonces minutos antes de sacar la tubería, era indispensable hacerle una prueba para conocer las condiciones del lodo en que se encuentra, para quedarse en reposo mientras dura la operación de cambiar la barrena alrededor de seis horas.

Hemos argumentado para esta actitud y es una de las finalidades de esta tesis, las siguientes razones:

- i. Cuando se comienza a perforar, las bombas y el equipo en general, no han establecido un ritmo fijo de trabajo.

- ii. Las condiciones del lodo no son tan homogéneas puesto que ha permanecido en reposo alrededor de seis horas, y un tratamiento en esta situación, formaría diversas píldoras de lodo que durante la circulación tendrían diferentes propiedades;
- iii. Es conveniente esperar por lo menos una - circulación hasta que se haya estabilizado el lodo en reposo, puesto que por más excelente que sea su condiciones de viscosidad, habrá algunos rípios que tengan mayor peso y lentamente se irán al fondo, alterando - las propiedades de esa sección del lodo; y
- iv. Es conveniente echarle el tratamiento al - lodo luego del gas-trip, porque es una cantidad de lodo con poco peso y poca viscosidad que necesita mejorarse en los tanques de lodo.

Los químicos deben mezclarse en un solo tanque y formar el lodo para luego bombearse lentamente hasta los tanques de circulación; algunos ingenieros acostumban poner una pequeña conexión para echar el petróleo en un chorro constante durante todo el tiempo de la - perforación; pero en nuestro trabajo, se mezclaban - determinado número de barriles junto con la cal, la soda cáustica y el quebracho y no hubo ningún inconveniente. Como las compañías perforadoras en este campo trabajaban por pie perforado, el tiempo era un factor primordialísimo para ellas y hacer conexiones para trasladar petróleo desde el tanque respectivo al tanque de lodo y para que sea un chorrillo constante, desde luego

que era un inconveniente y una tarea completamente innecesaria.

En los pozos 11-M-232 y 11-M-235, el driscose regular se cambió por C.M. C. que es casi de la misma naturaleza química, aunque es más efectivo para controlar la pérdida de agua.

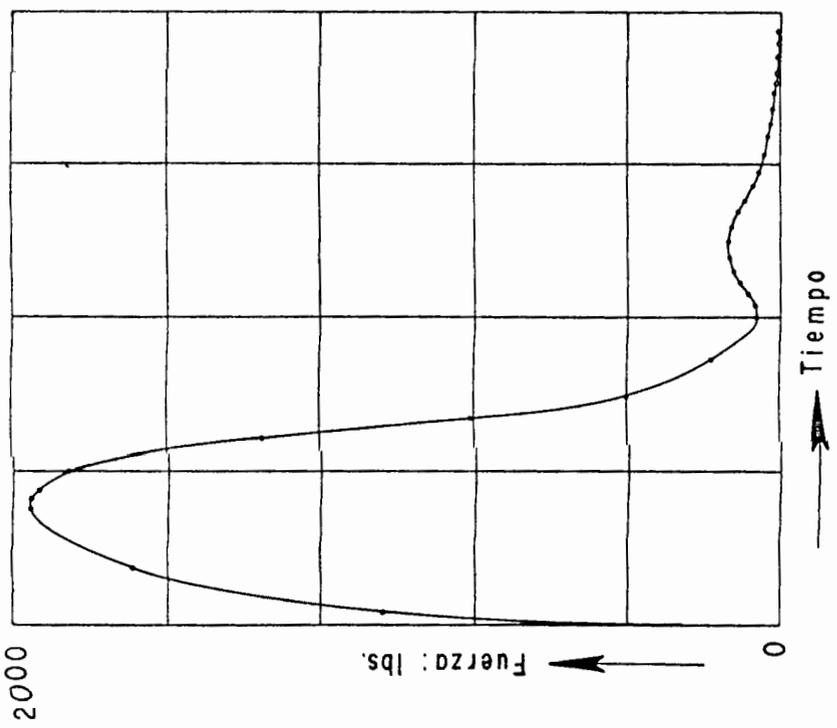
Cuando ya se ha estabilizado un lodo a una profundidad de más o menos 9.500 pies y como la rata de penetración ya es lenta, el trabajo de controlar el lodo es una tarea rutinaria como fue en el pozo 11-M-226 y 11-M-232, lógicamente el ingeniero encargado no debe cuidarse, porque pueden haber acontecimientos imprevisos como por ejemplo pérdida de circulación o cierta irresponsabilidad por parte de los obreros. Dentro del tratamiento, es necesario anotar que la barita es mejor echarle una píldora antes de sacar tubería para que refuerce la columna hidrostática del fluido mientras se encuentra sin circulación dentro del pozo.

Los tratamientos echados a los pozos podemos interpretarlo en curvas cantidad de químicos profundidad, y según hemos visto las curvas de propiedades del lodo, nos daremos cuenta cuál es el tratamiento recomendable en la perforación con estos lodos emulsionados, recordaremos que el pozo 11-M-228, tuvo el problema del apresamiento de tubería, que hizo permanecer al lodo en muchas horas seguidas en completo reposo; además, en el pozo 11-M-232 se sacaron núcleos haciendo la perforación más lenta y por ende necesitando algún tratamiento adicional al sistema.

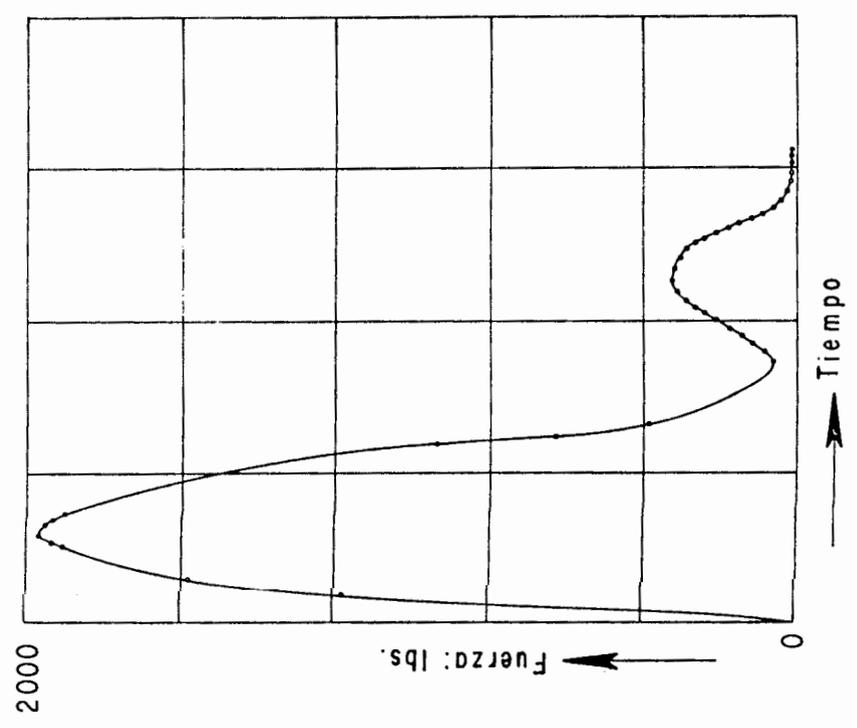
Los pozos prácticamente que se perforaron en una secuencia normal, fueron el 11-M-226 y 11-M-235.

- . -

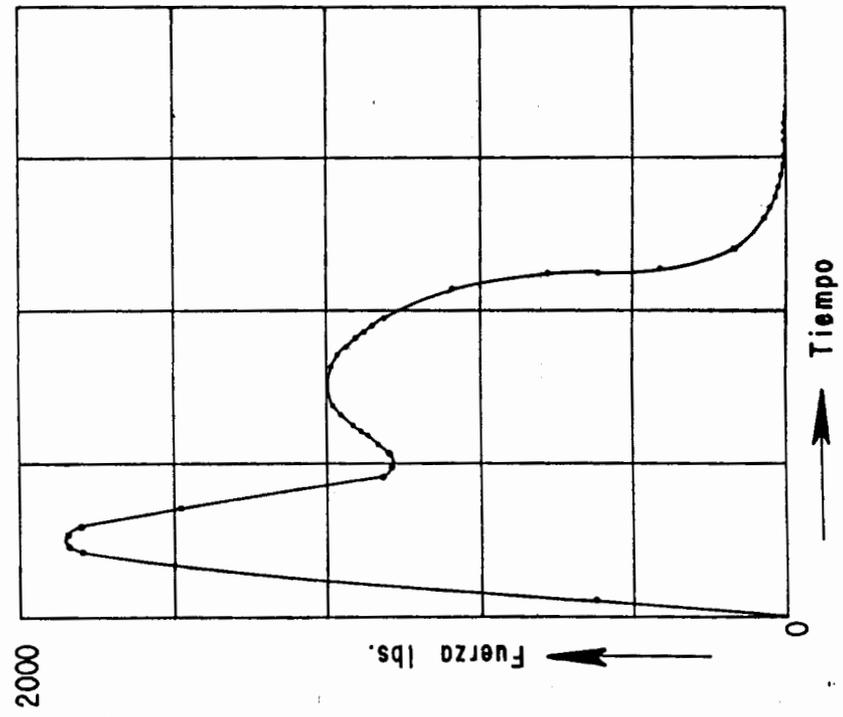
SECCION DE GRAFICOS



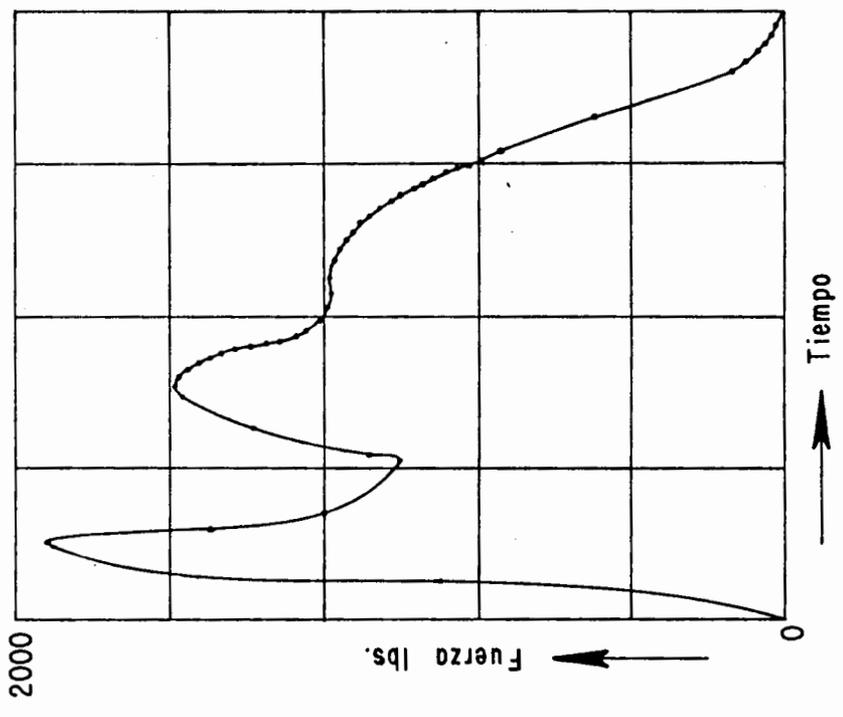
a_ Altura de caída: 1 y 9/16 pulgadas



b_ Altura de caída: 2 y 3/4 pulgadas

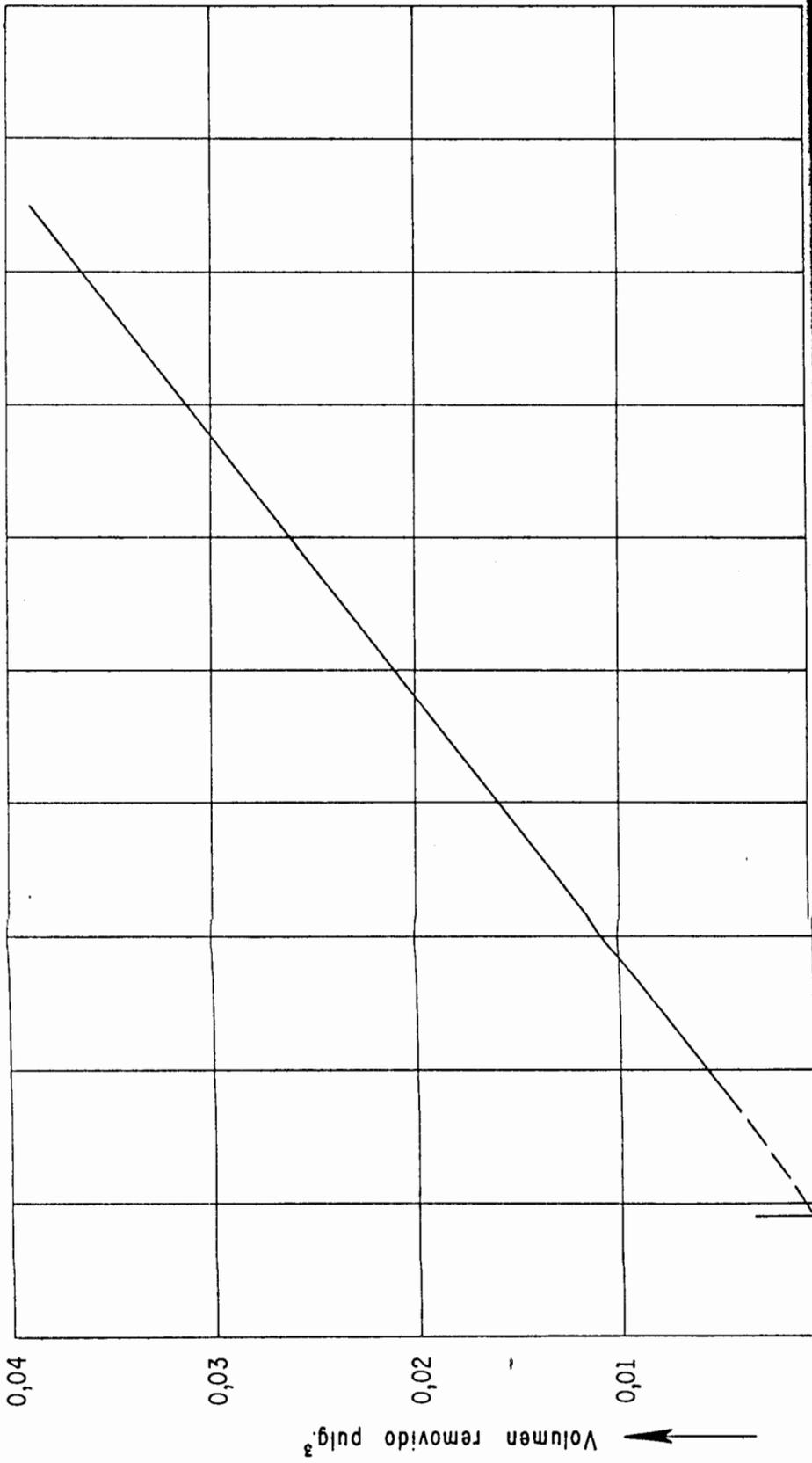


a— Altura de caída : 4 y 1/2 pulgadas



b— Altura de caída : 7 y 5/16 pulgadas

Fig. Nº 2



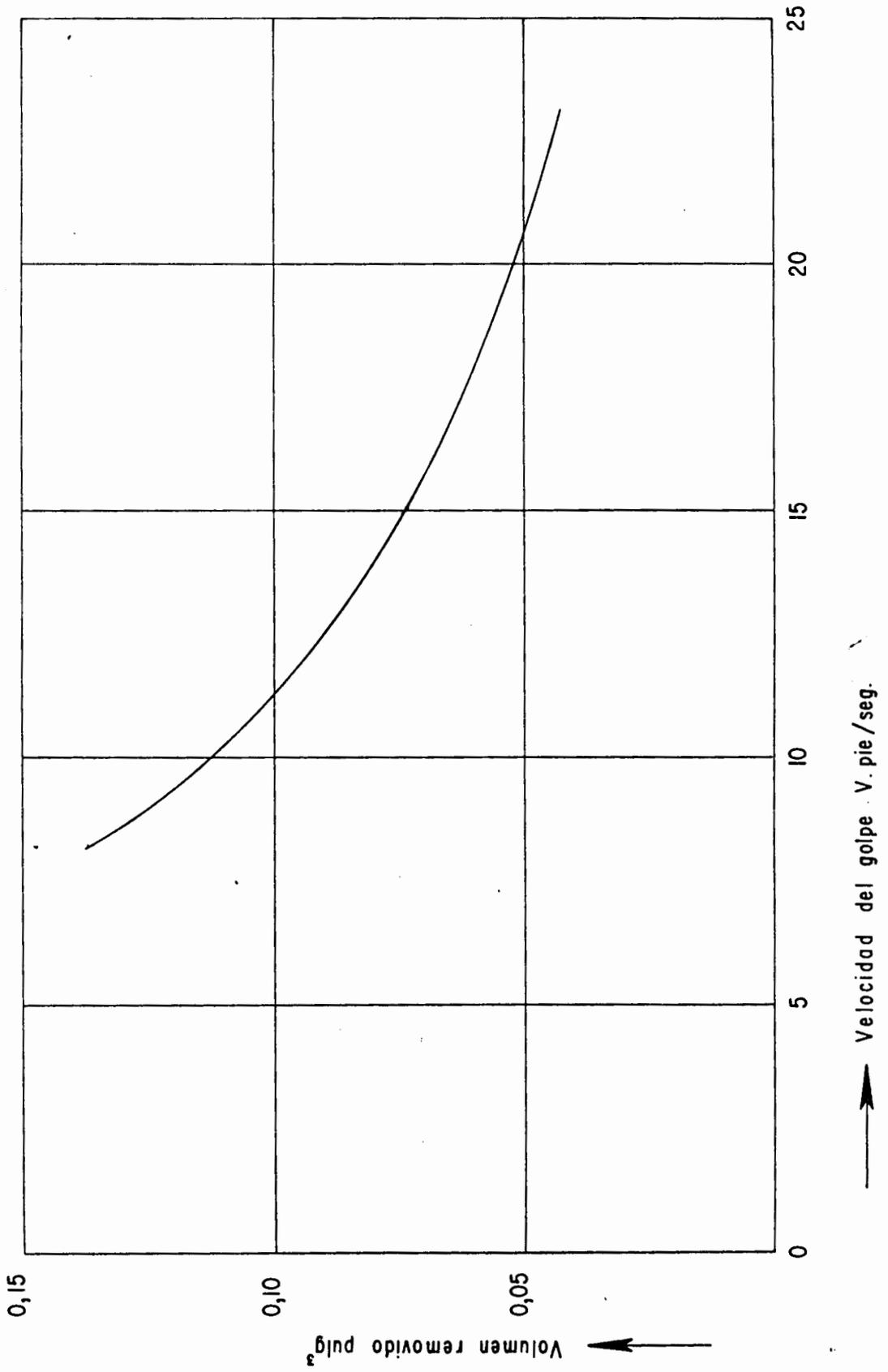


Fig N° 4

Efecto de la velocidad de la rotaria sobre la
rata de penetración a diferentes pesos sobre la mecha.

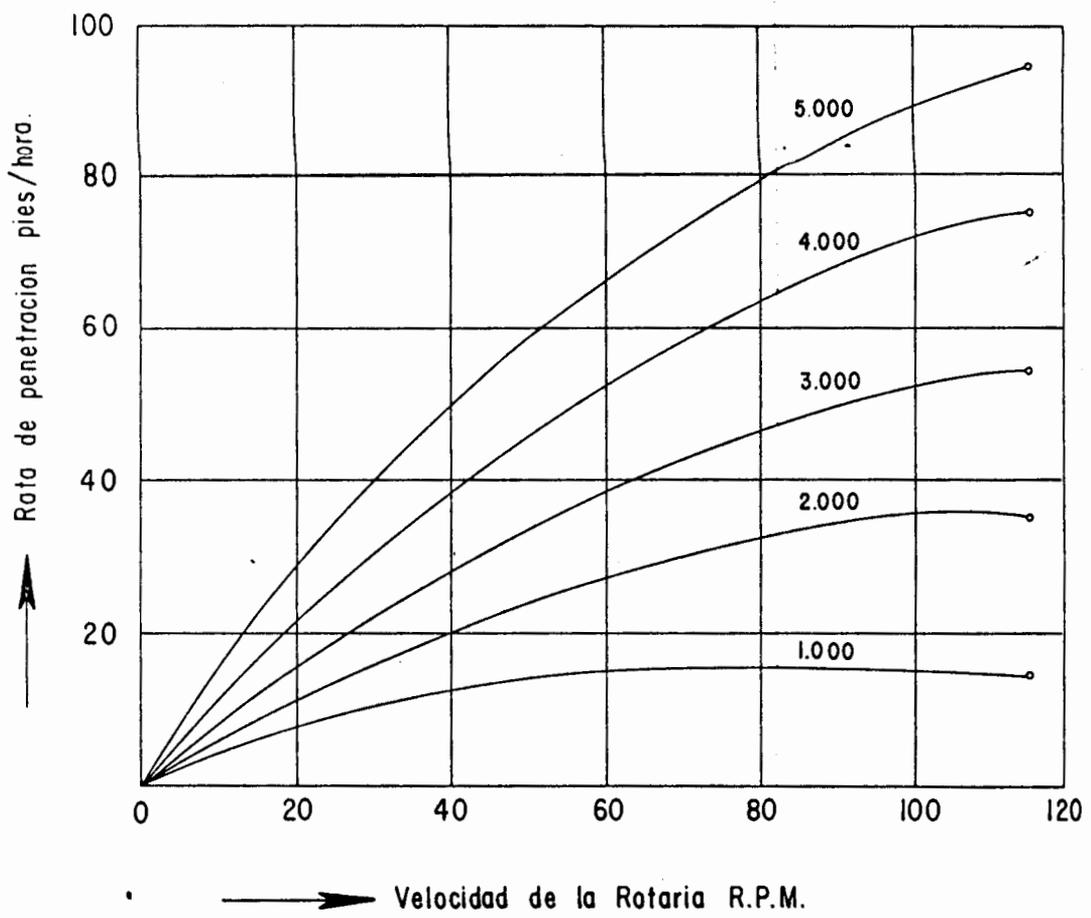


Fig. Nº 5

Efecto de la rotaria y de su velocidad sobre la rata de penetración a diferentes pesos sobre la mecha.

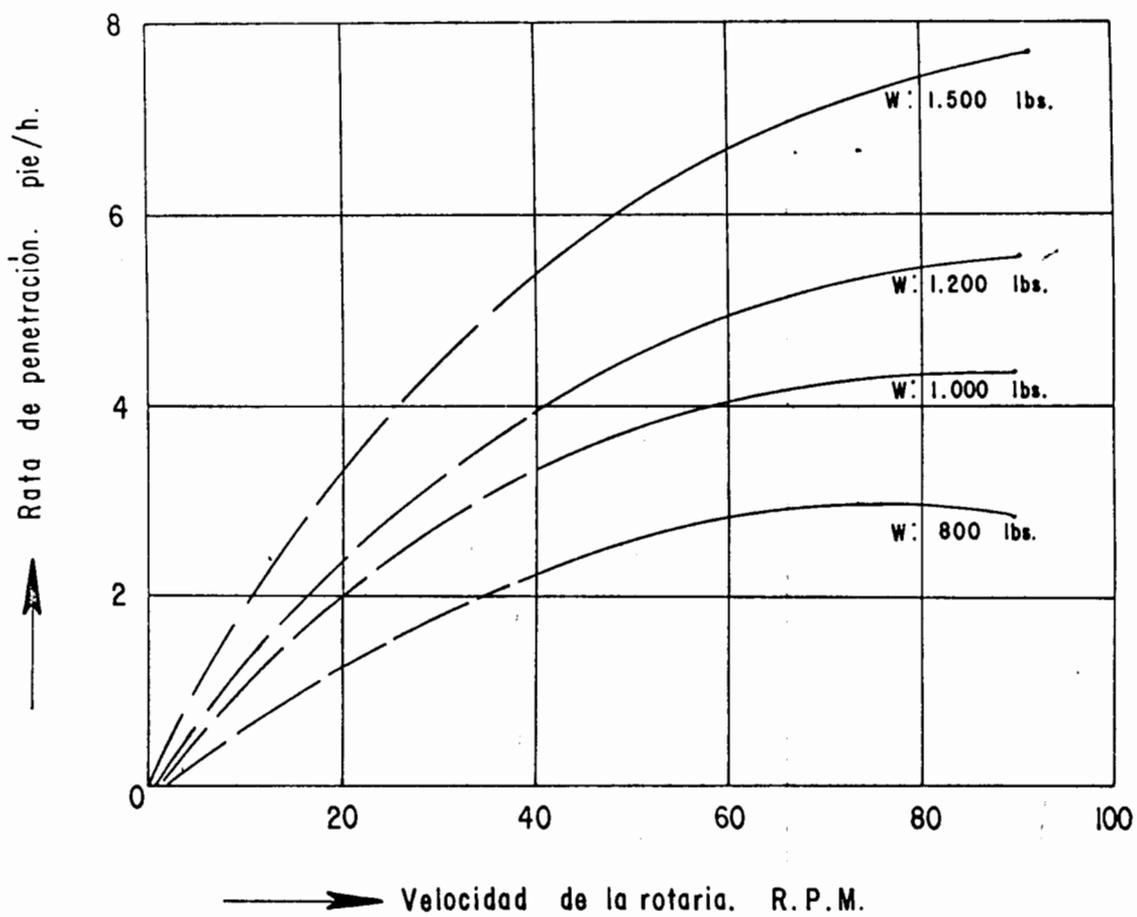


Fig. N° 6

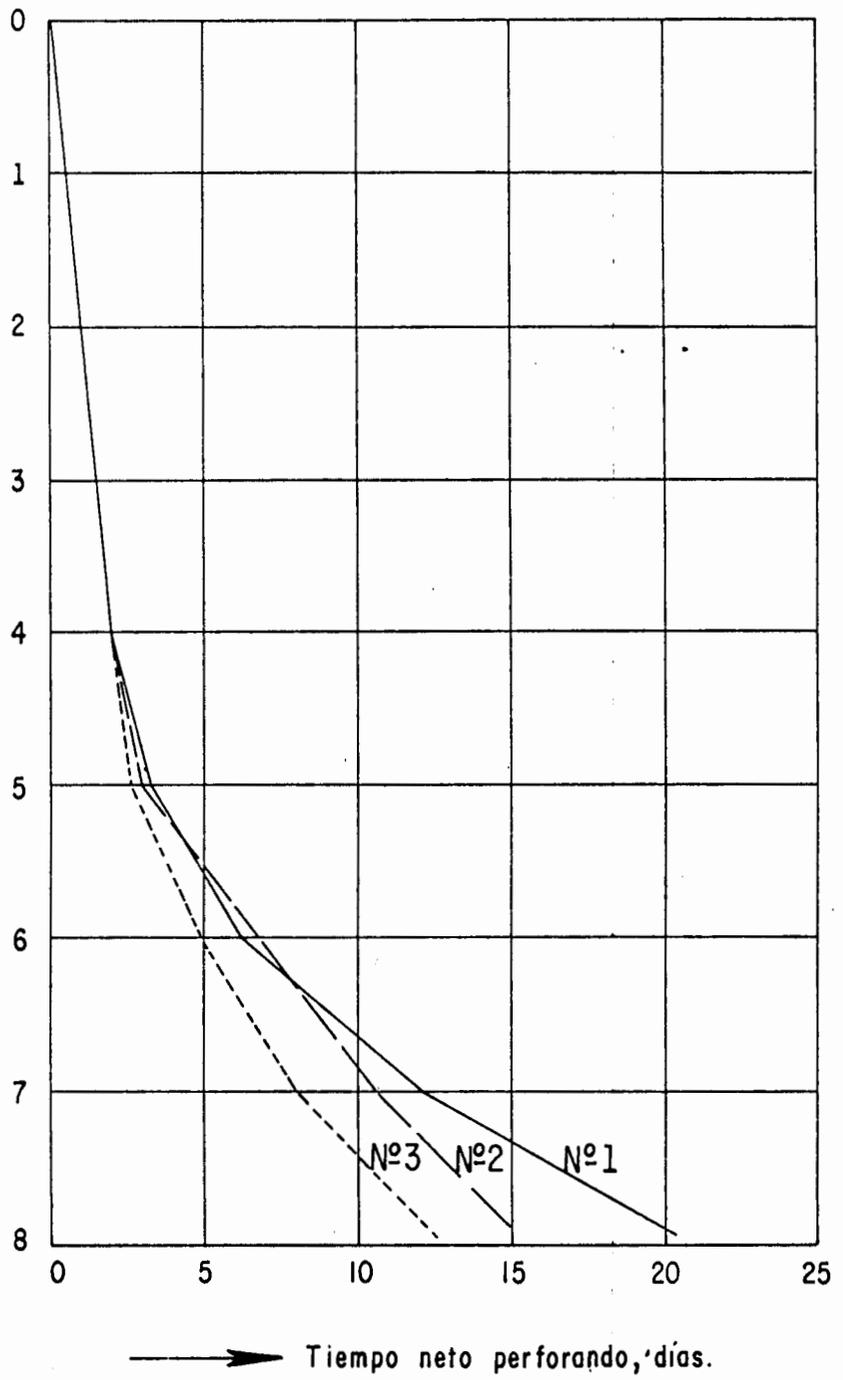
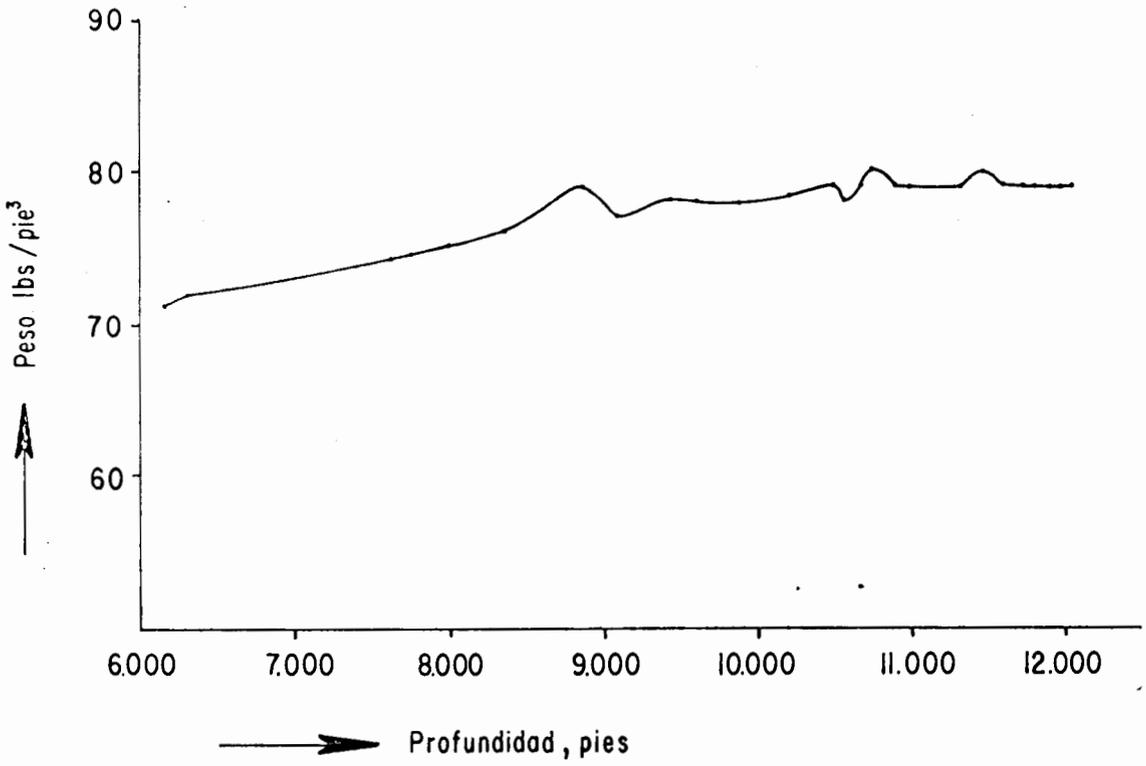
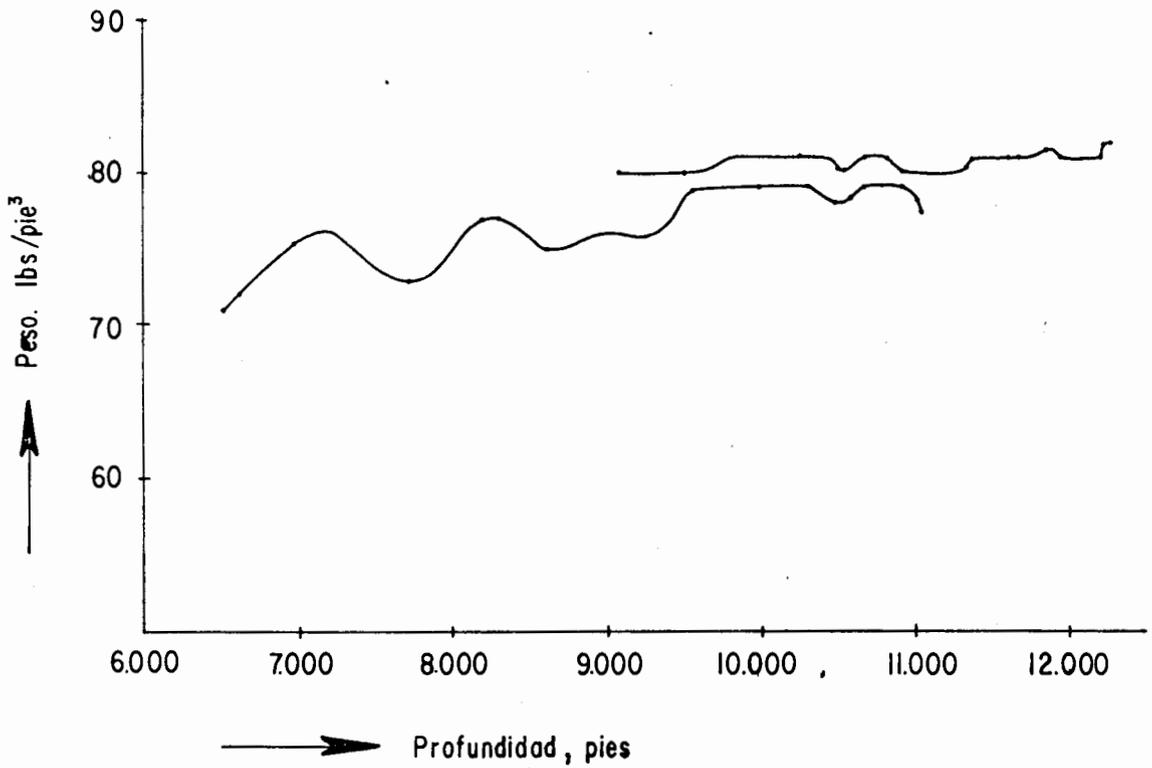


Fig. Nº 7

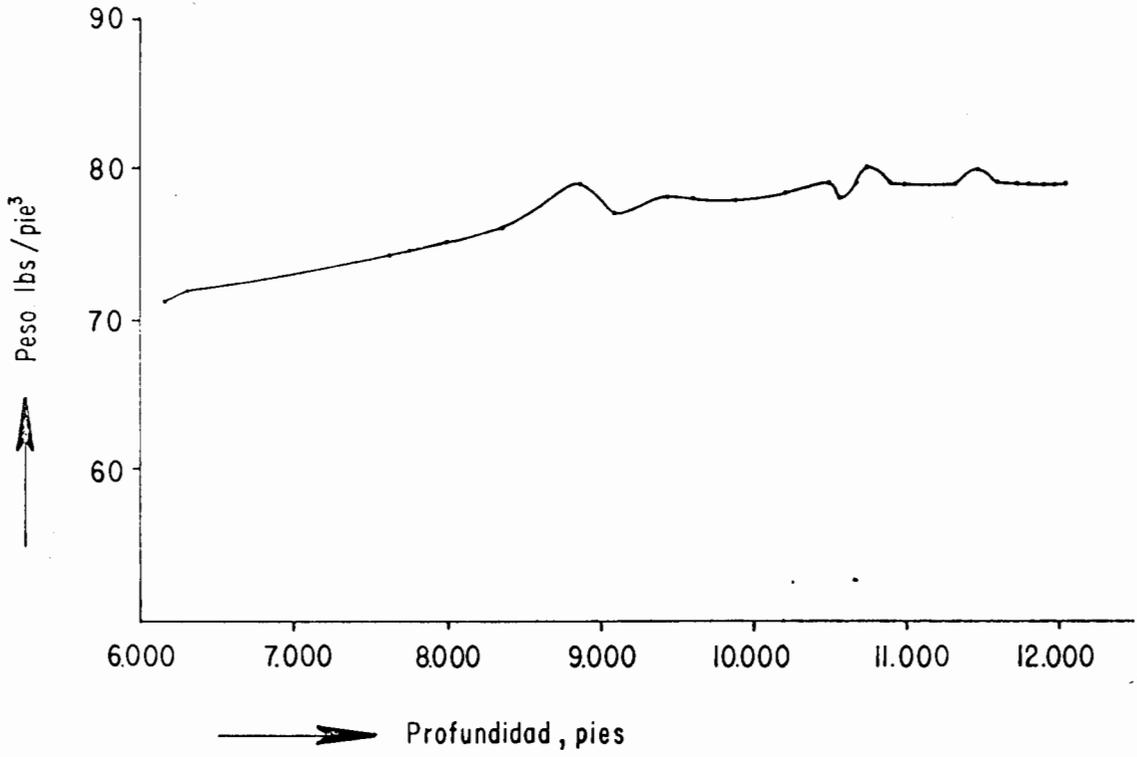
POZO: 11-M-226



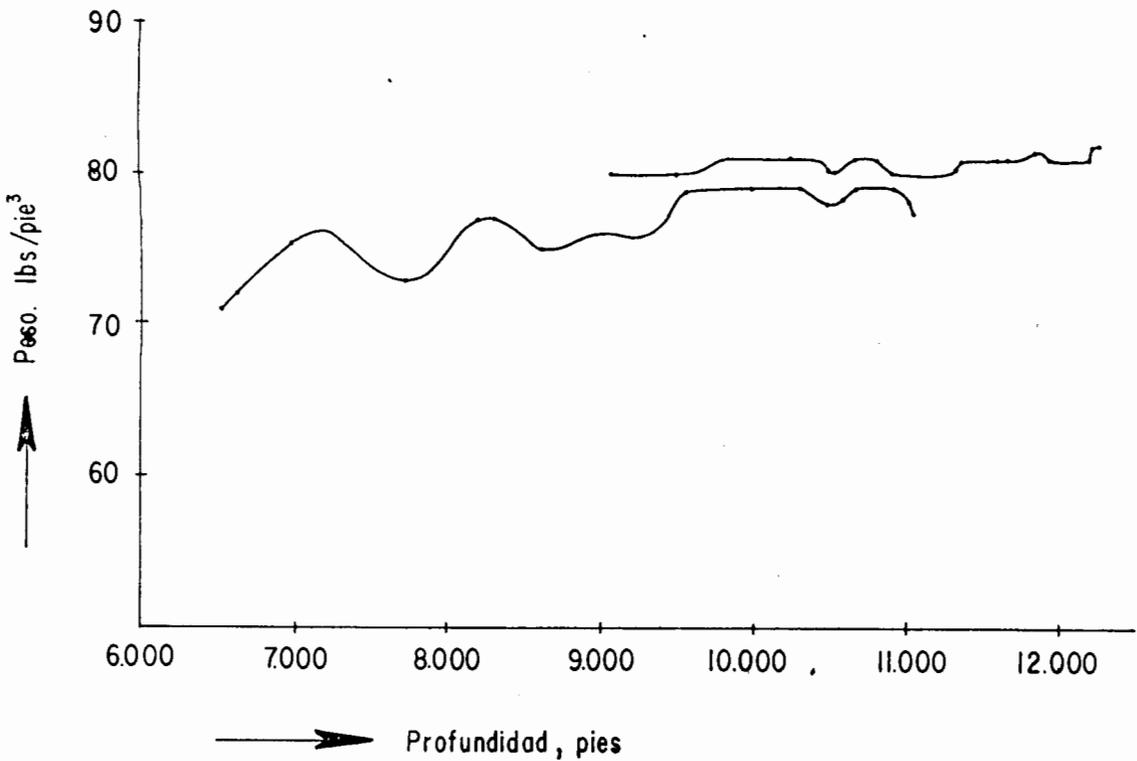
POZO: 11-M-228



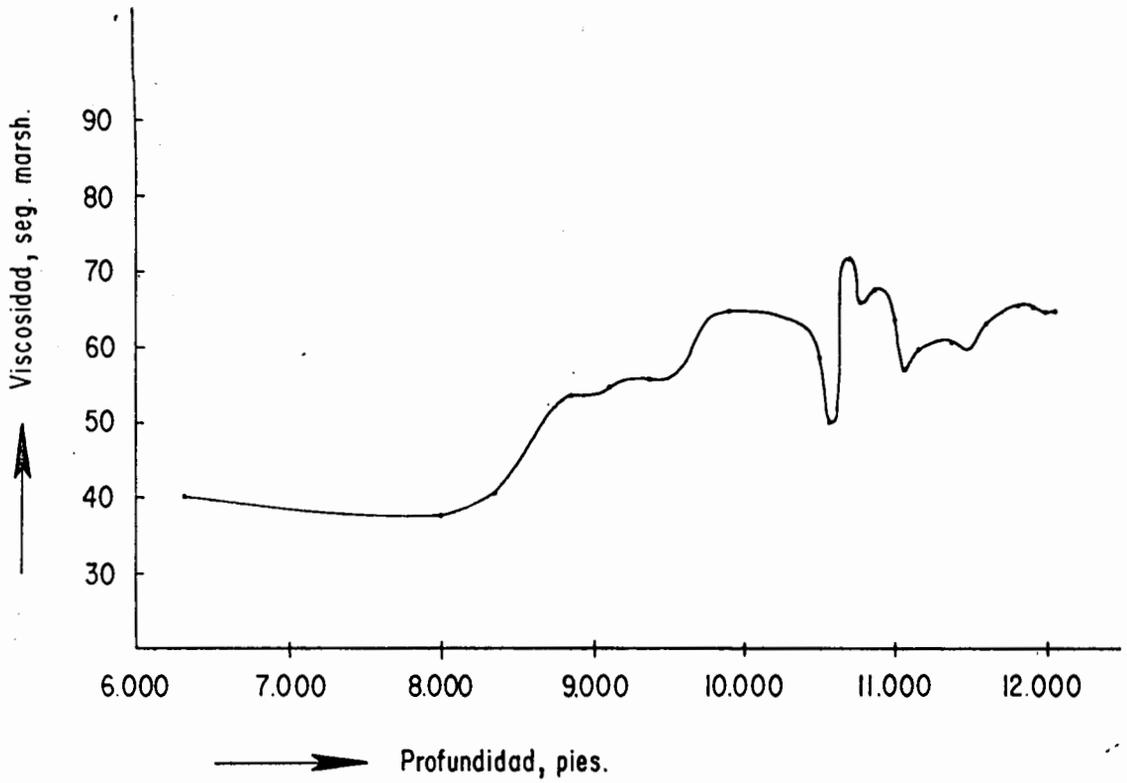
POZO: 11-M-226



POZO: 11-M-228



POZO: 11-M-226



POZO: 11-M-228

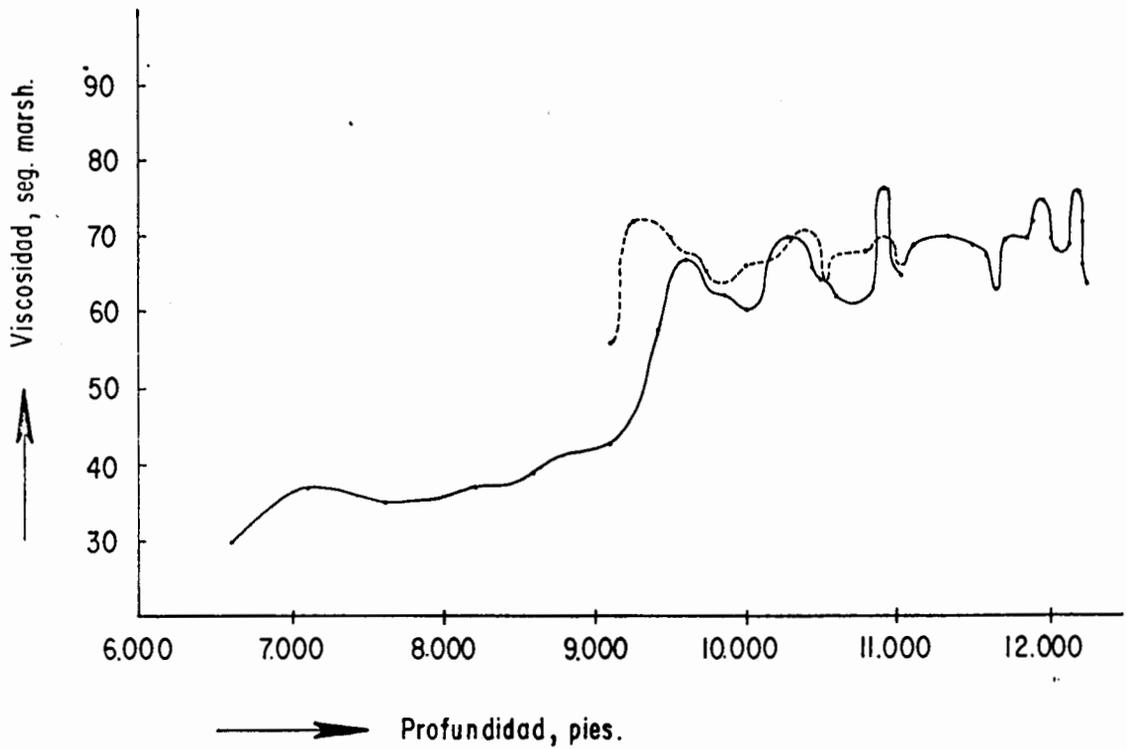


Fig. N° 10

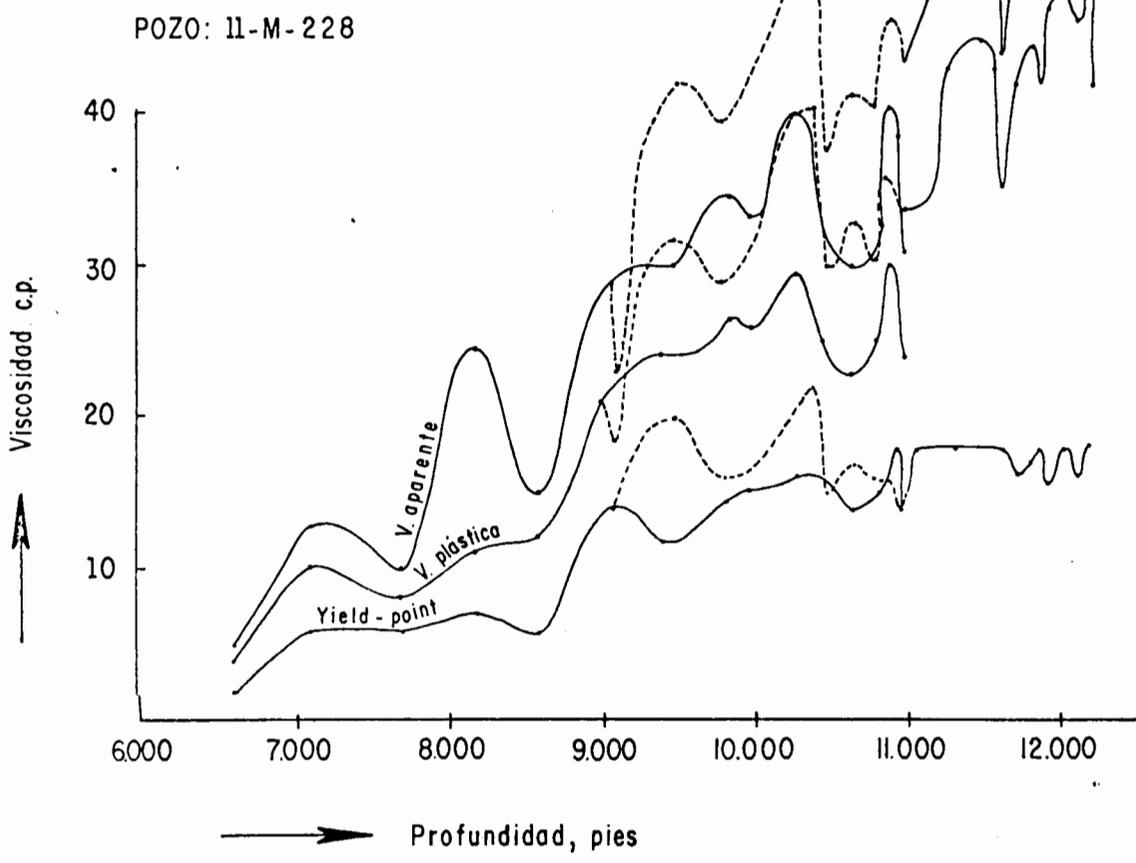
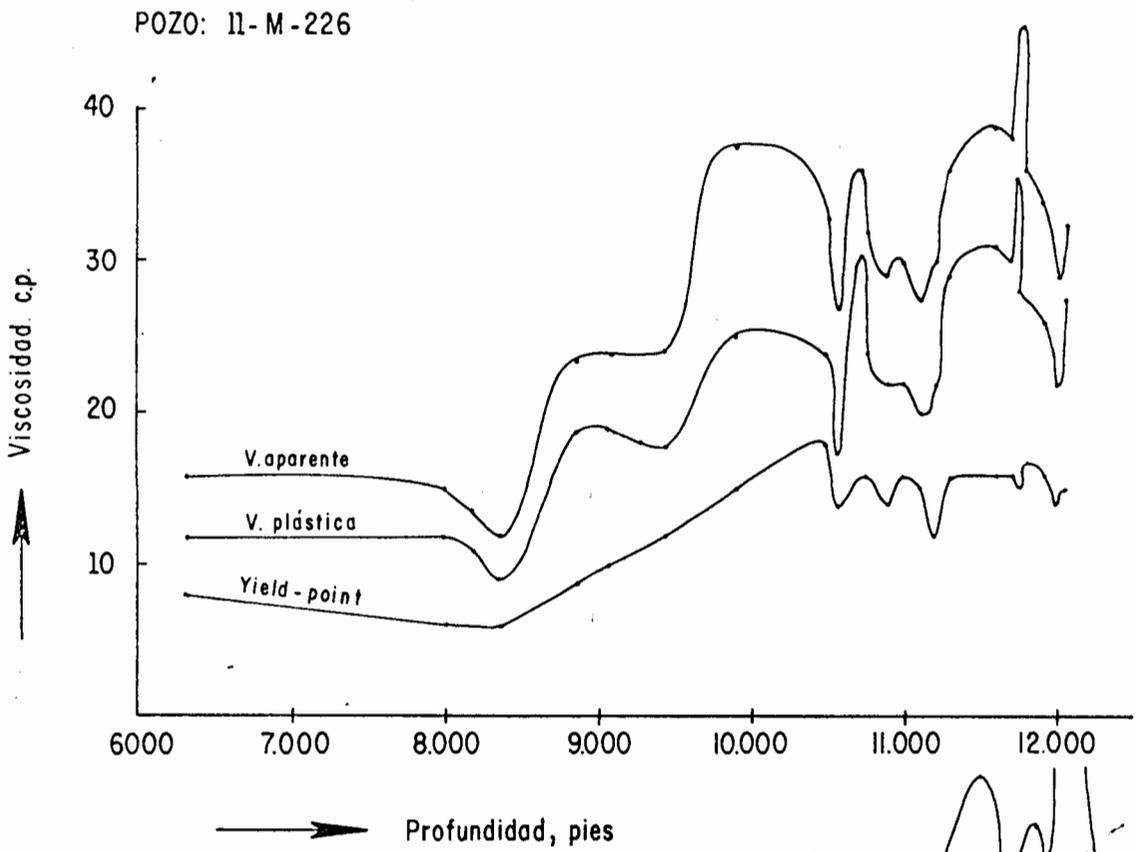
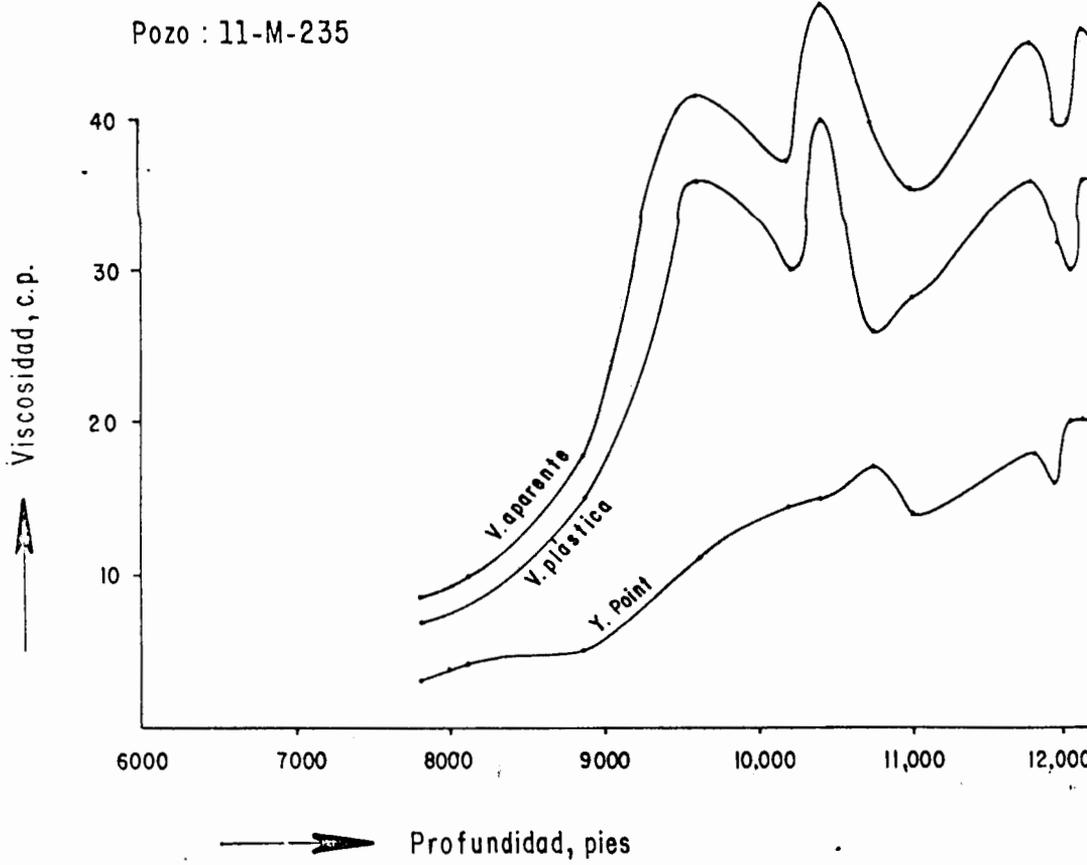
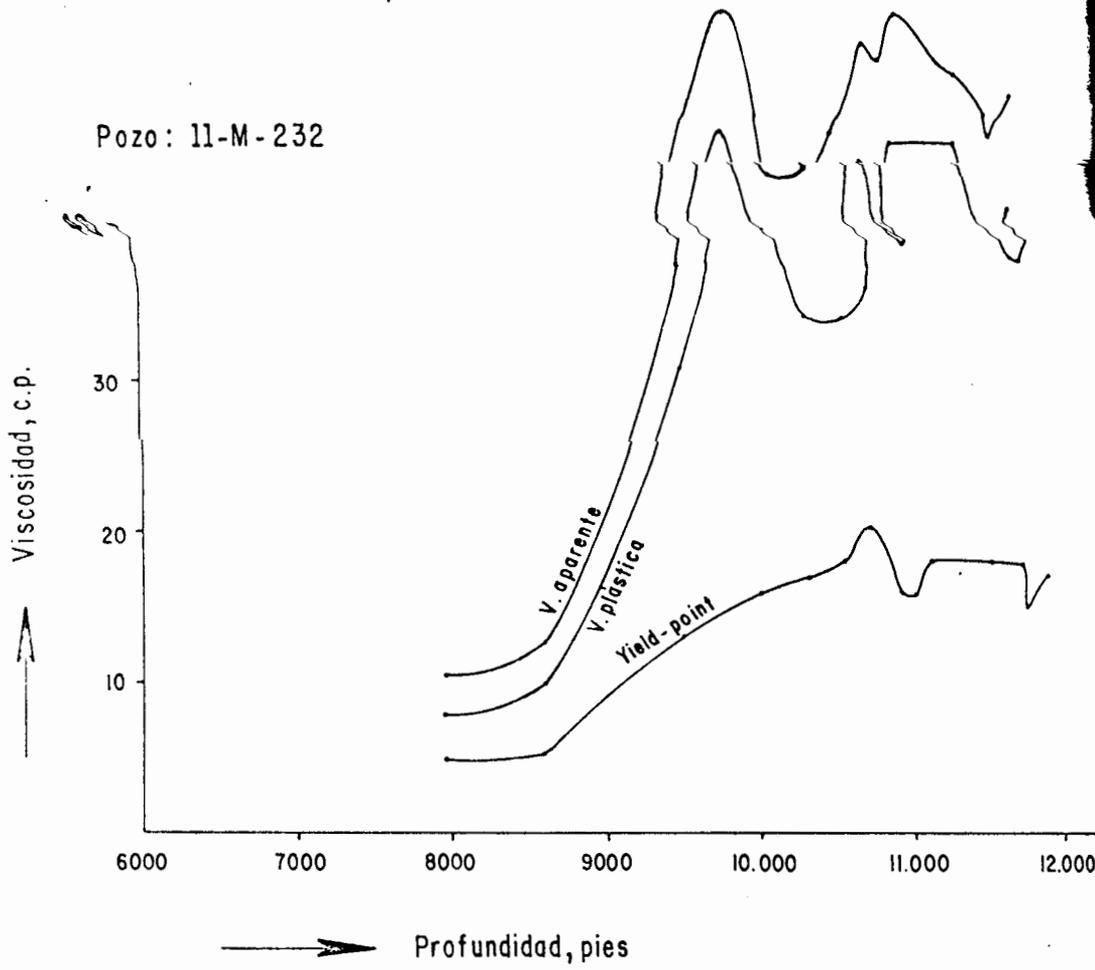
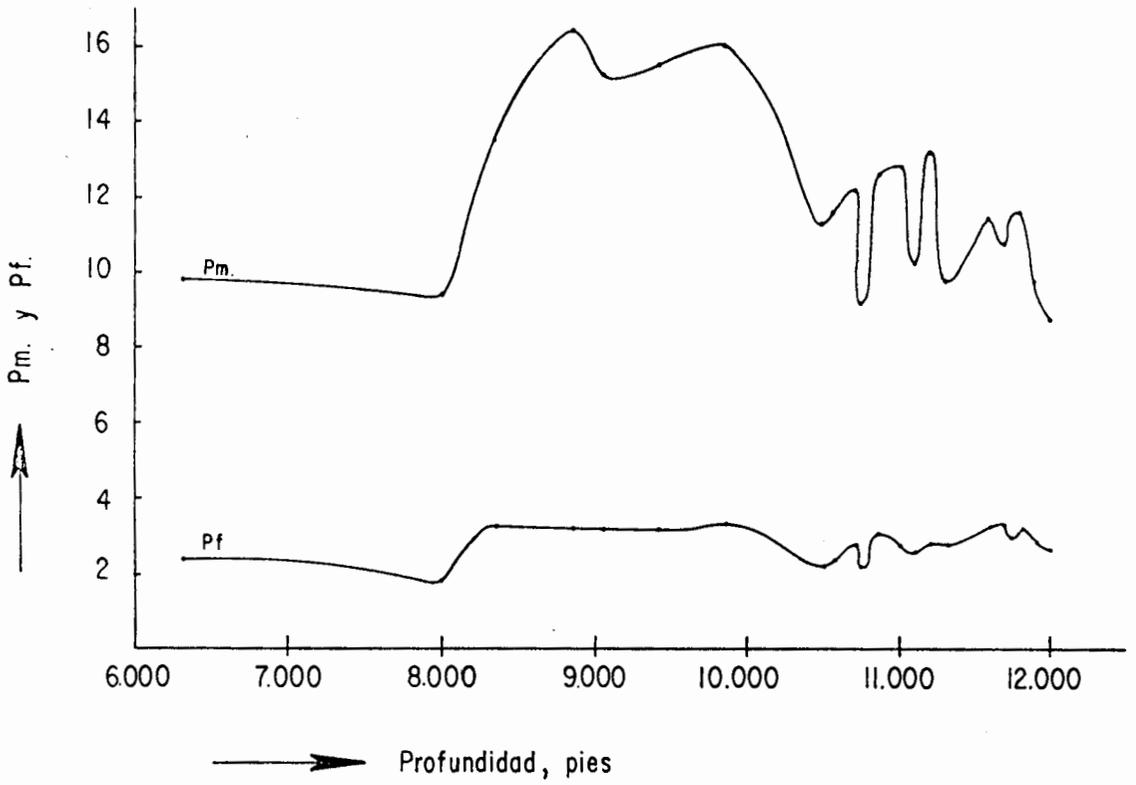


Fig. N° 12



POZO: 11-M-226



POZO: 11-M-228

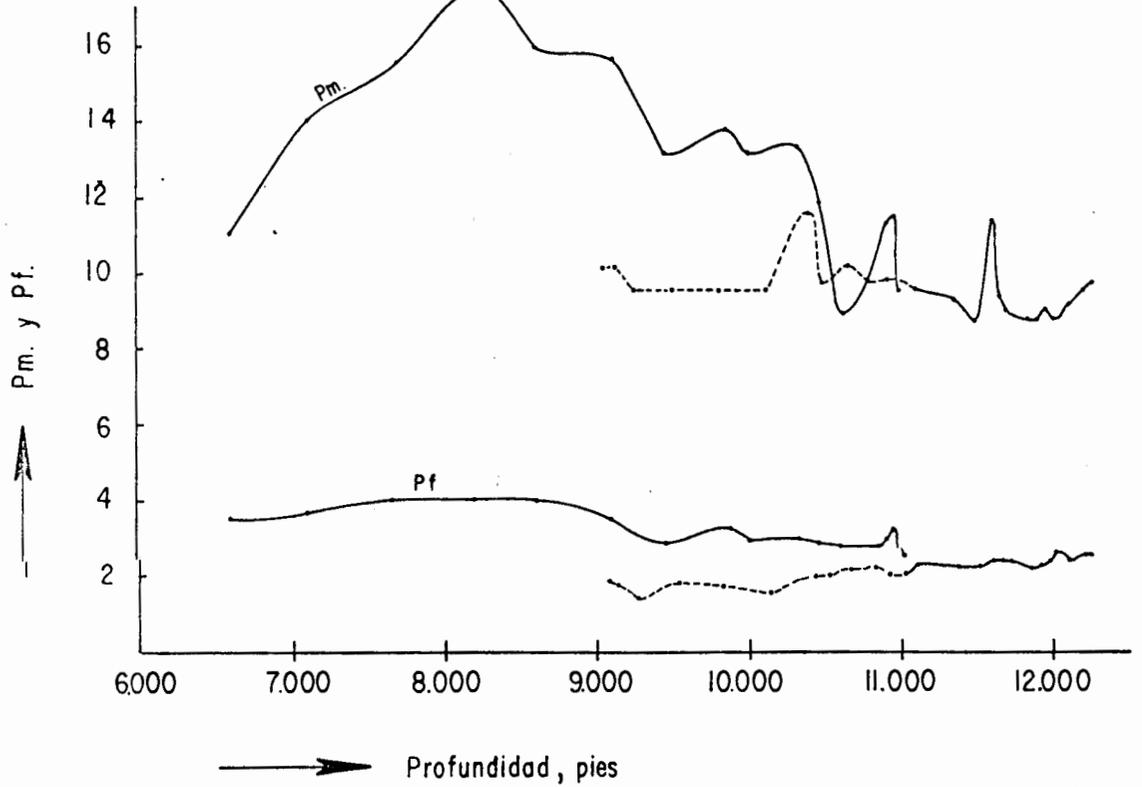
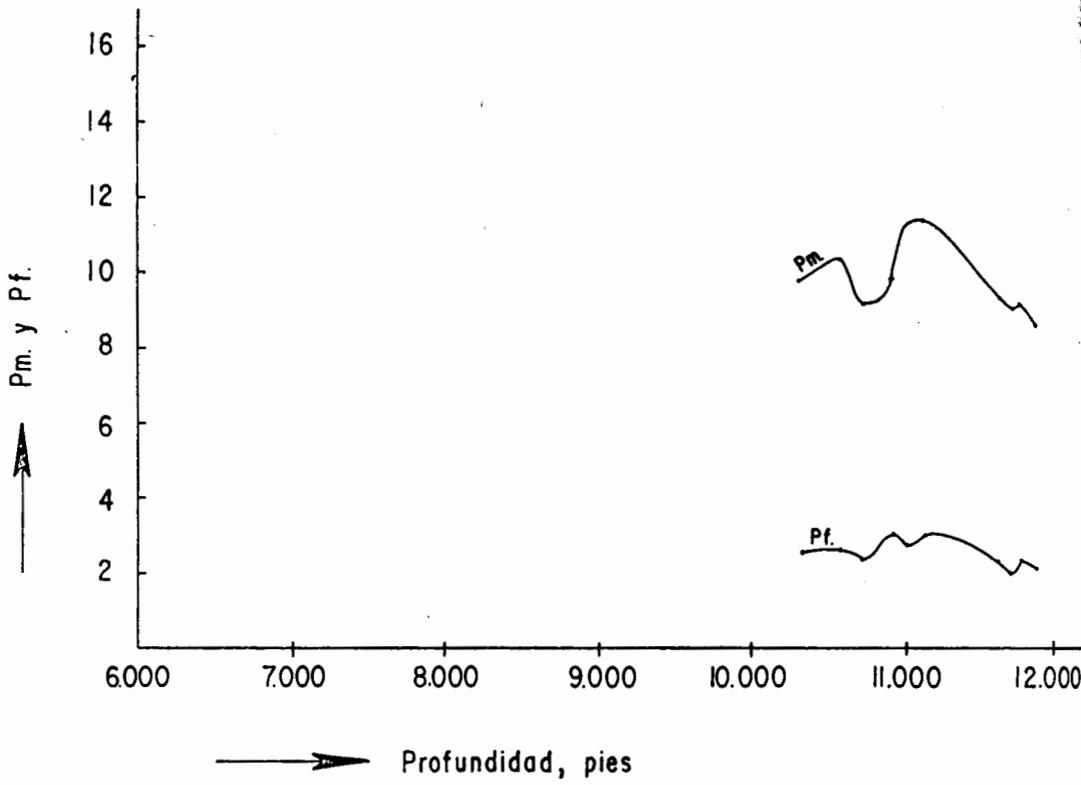


Fig. N° 14

POZO: 11-M-232



POZO: 11-M-235

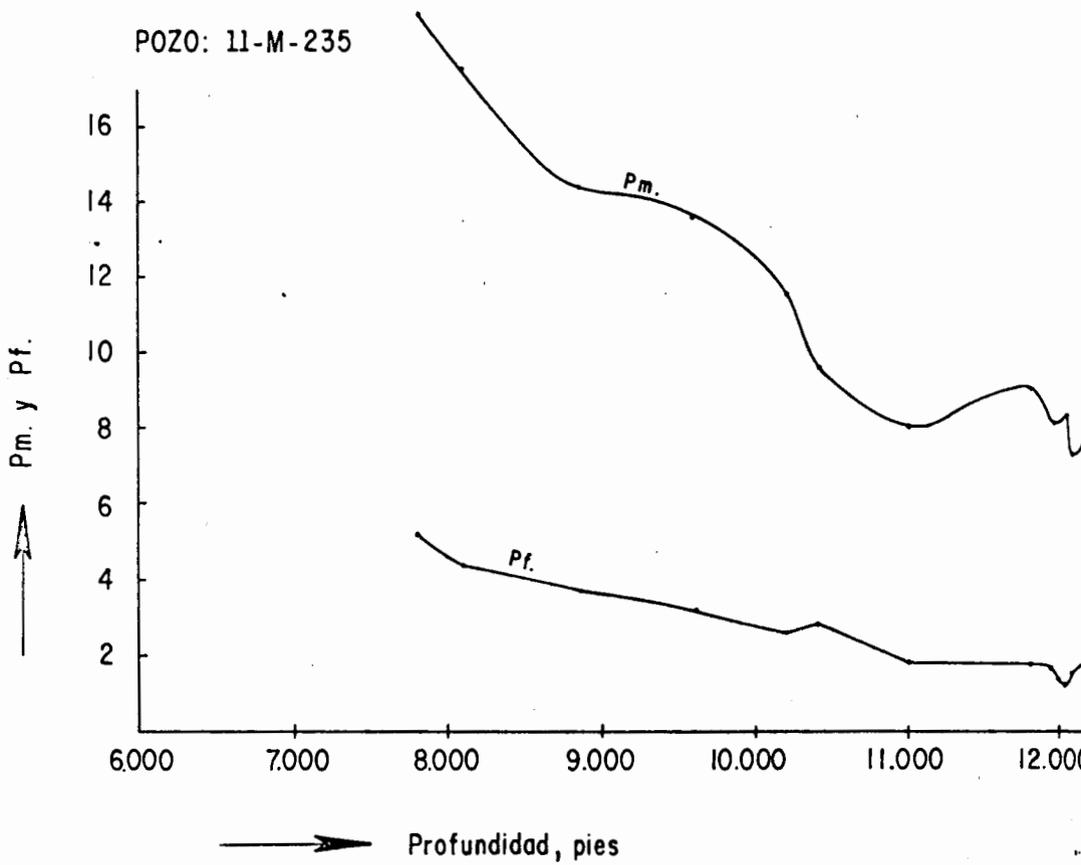
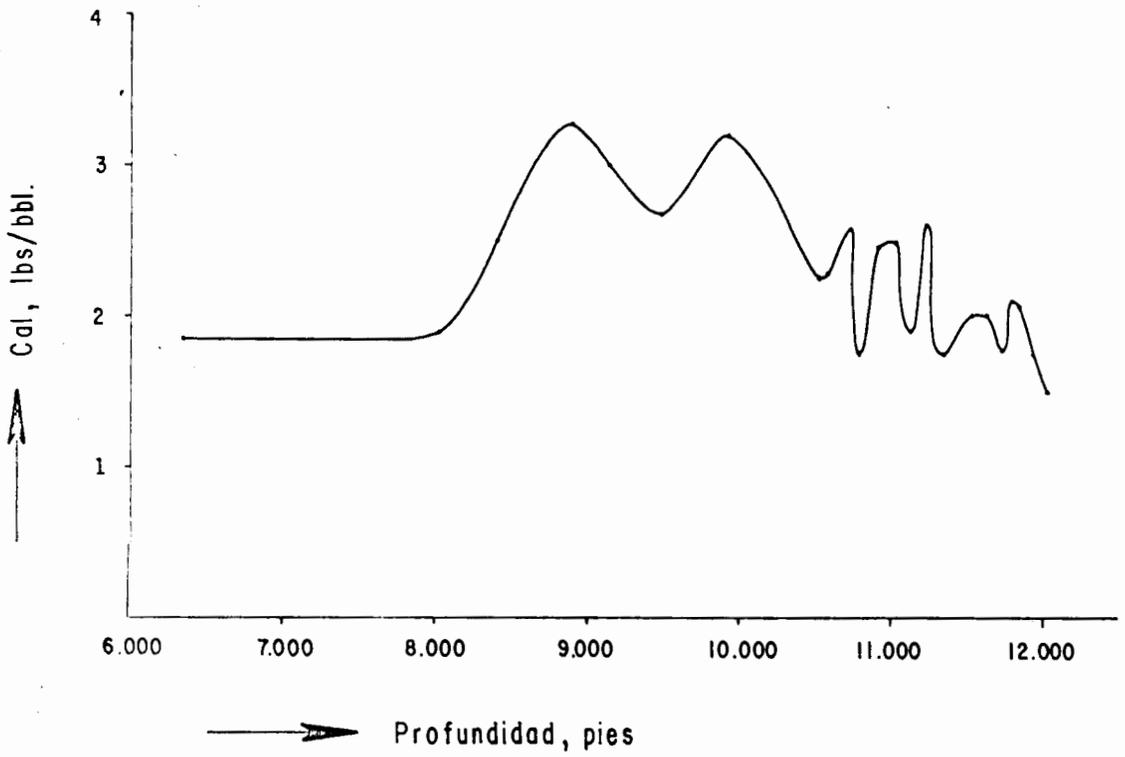


Fig. N° 15

Pozo : 11-M-226



Pozo: 11-M-228

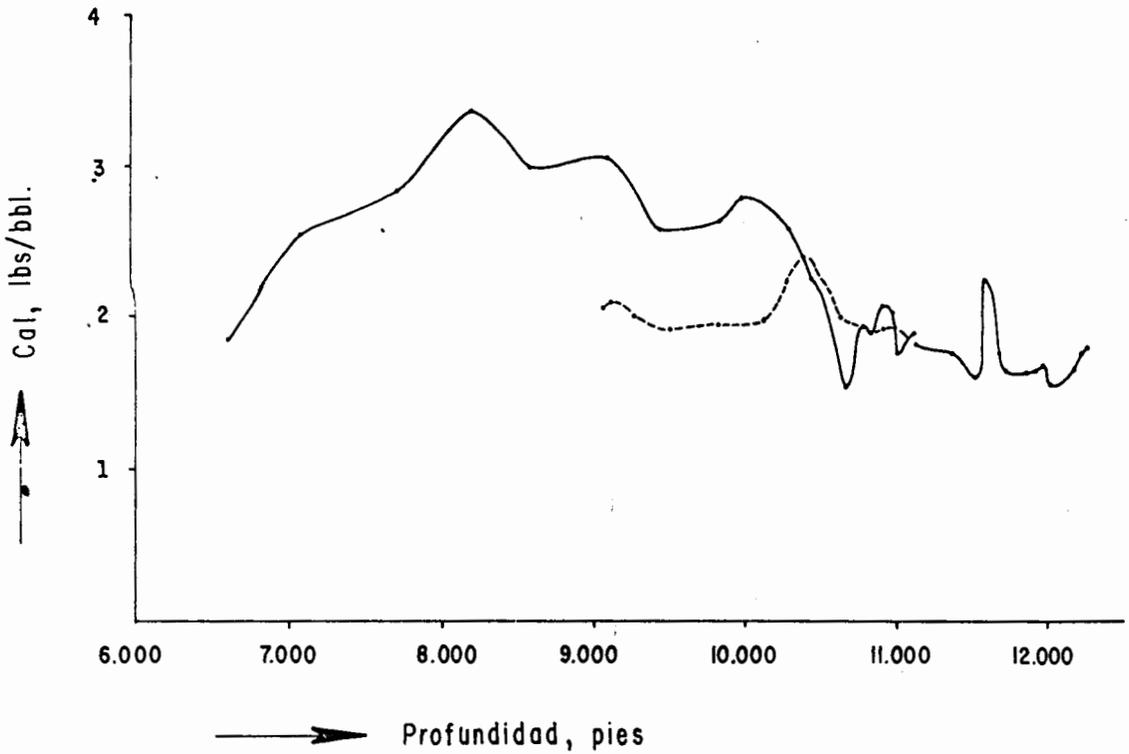
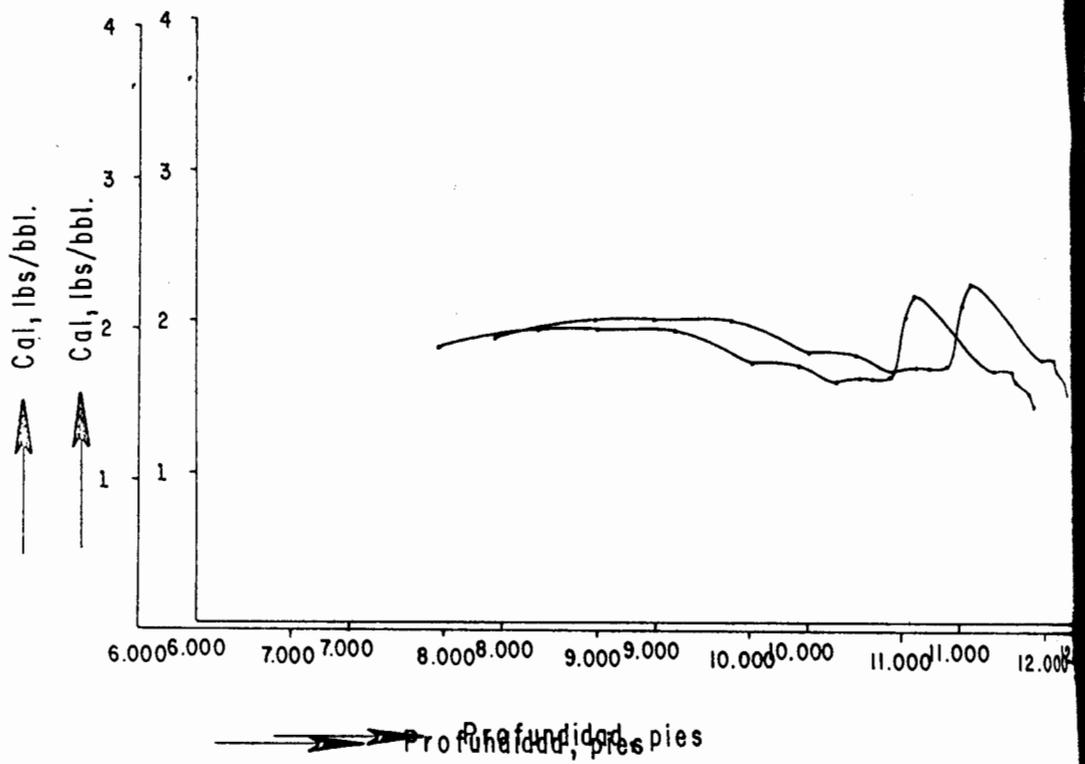


Fig. Nº 16

Pozo No. 11-232



Pozo No. 11-235

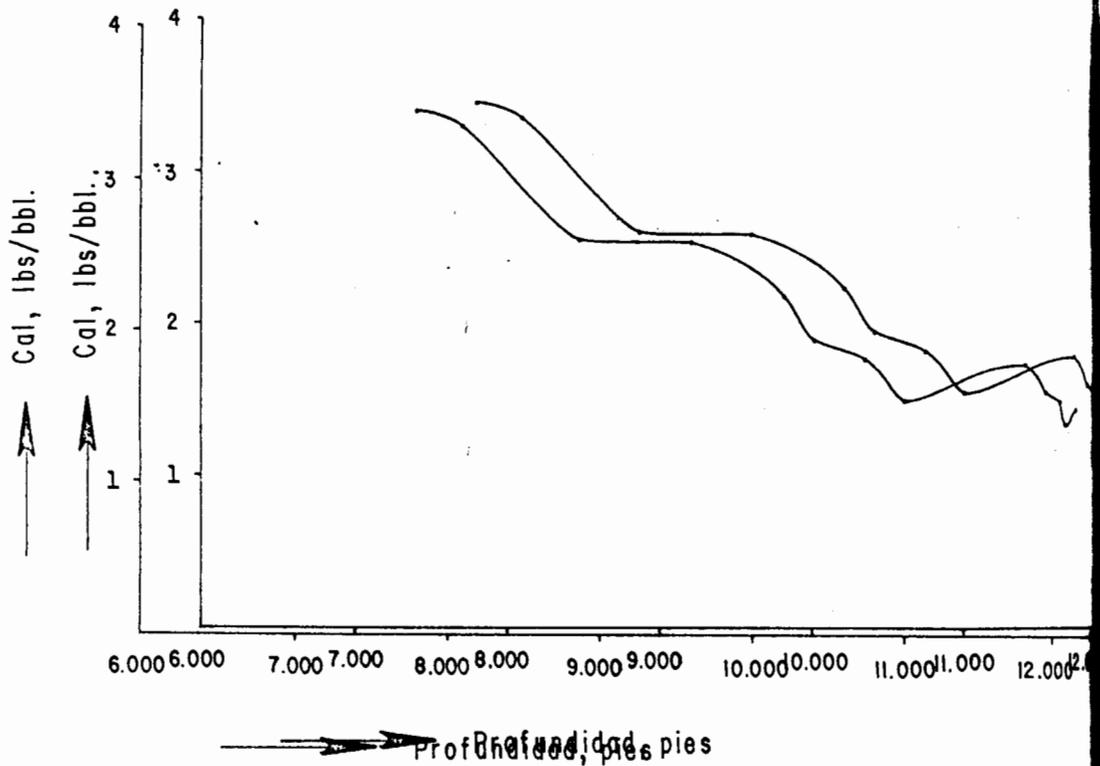
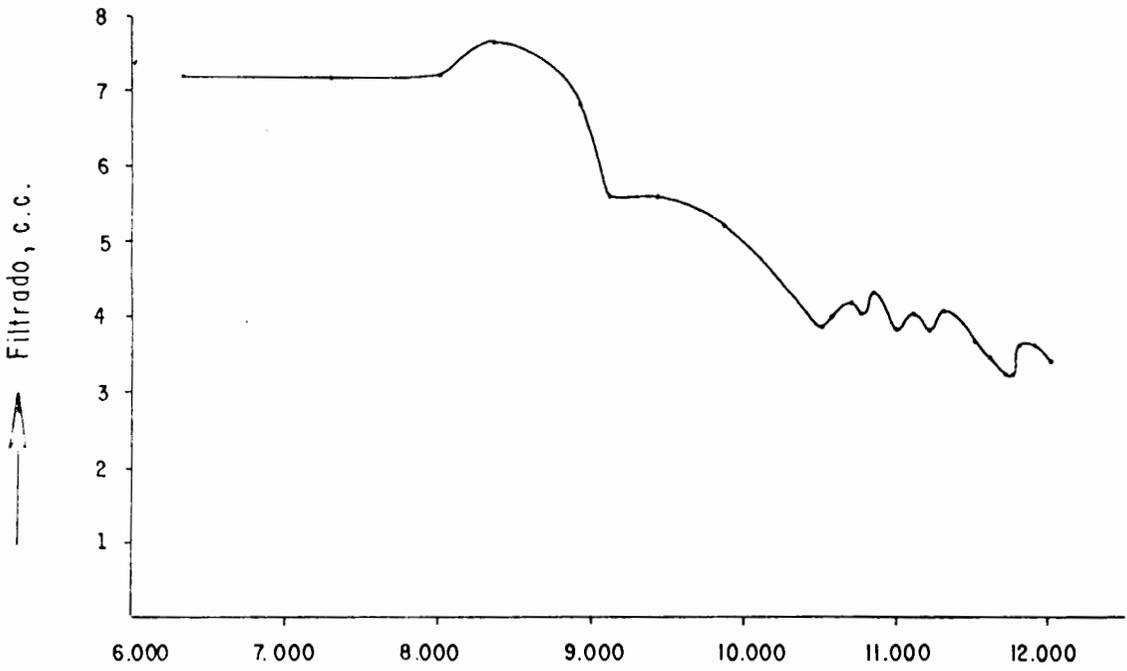


Fig. No. 17

Pozo: 11-M - 226



Pozo: 11-M - 228

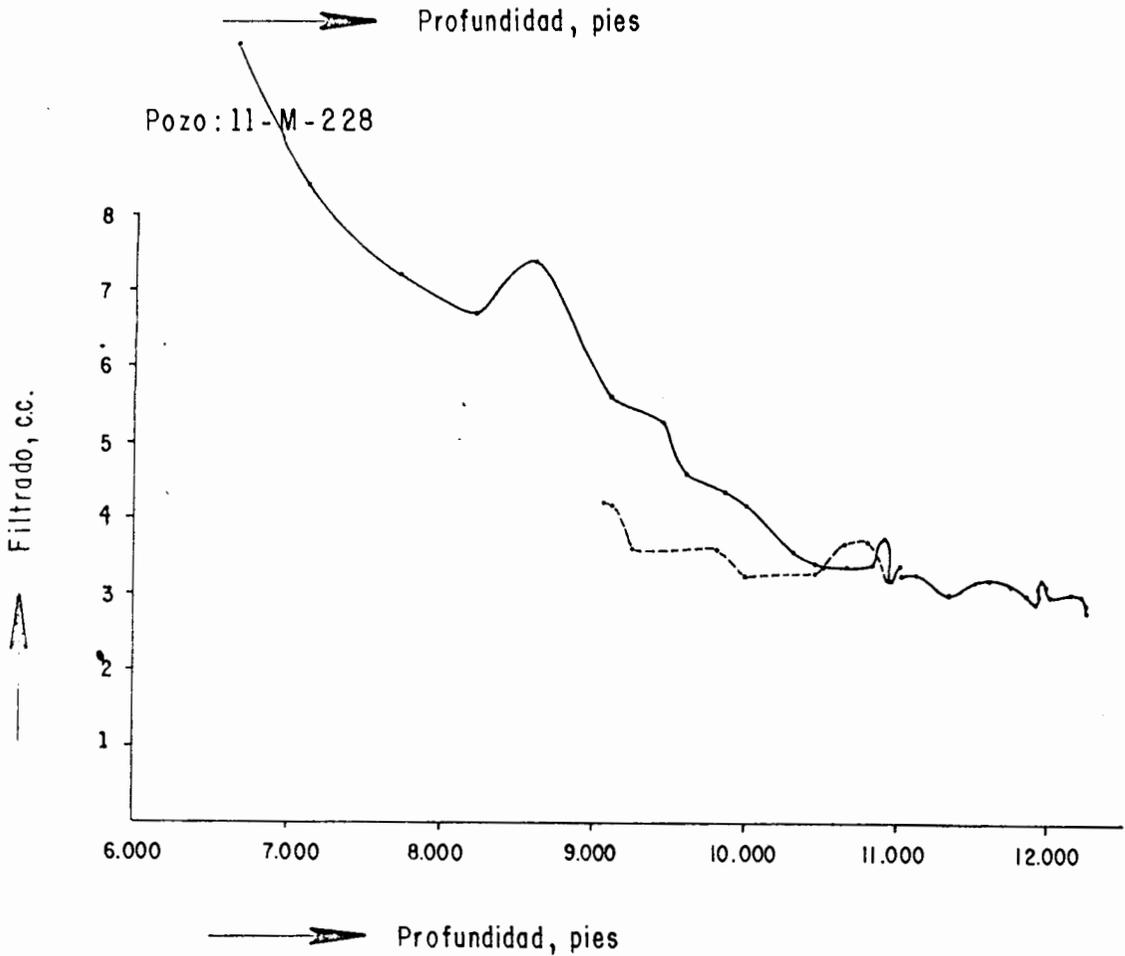
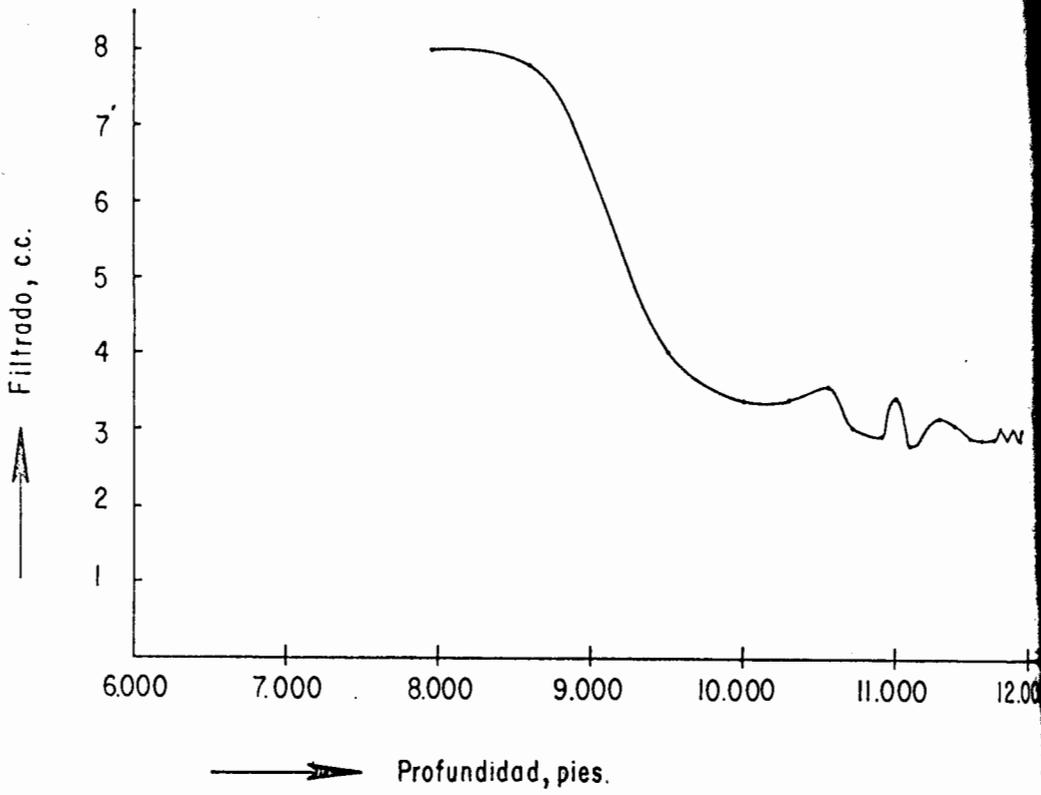


Fig. N° 18

POZO: 11-M-232



POZO: 11-M-235

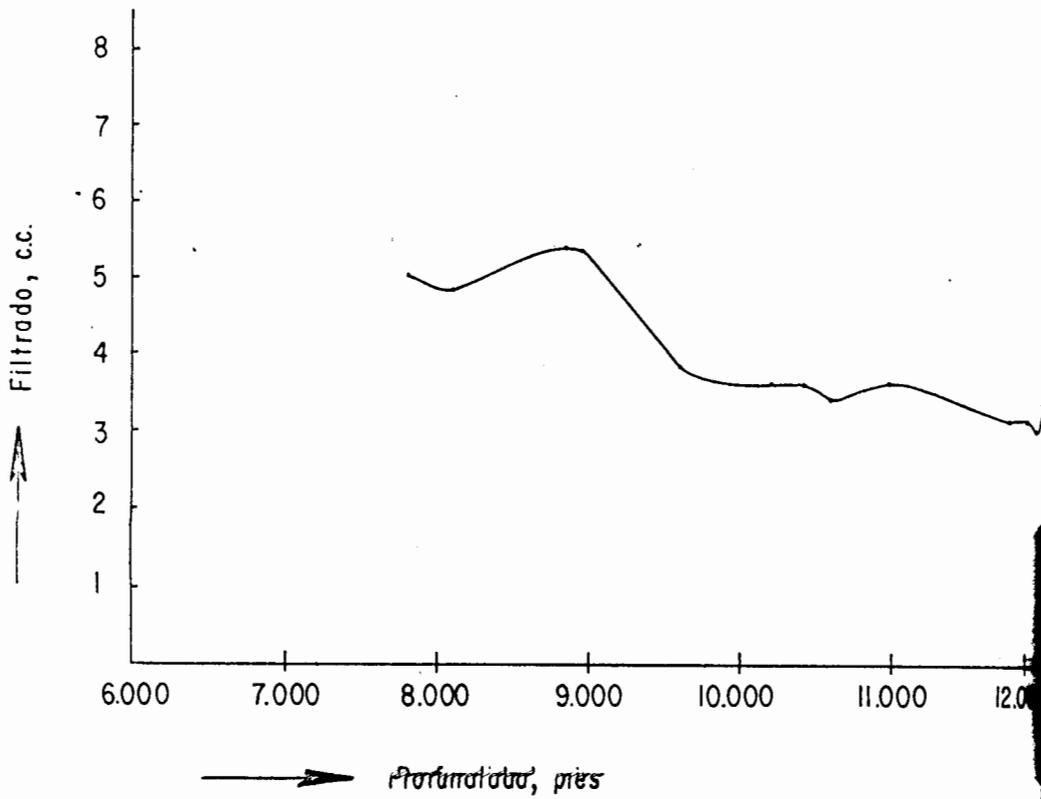
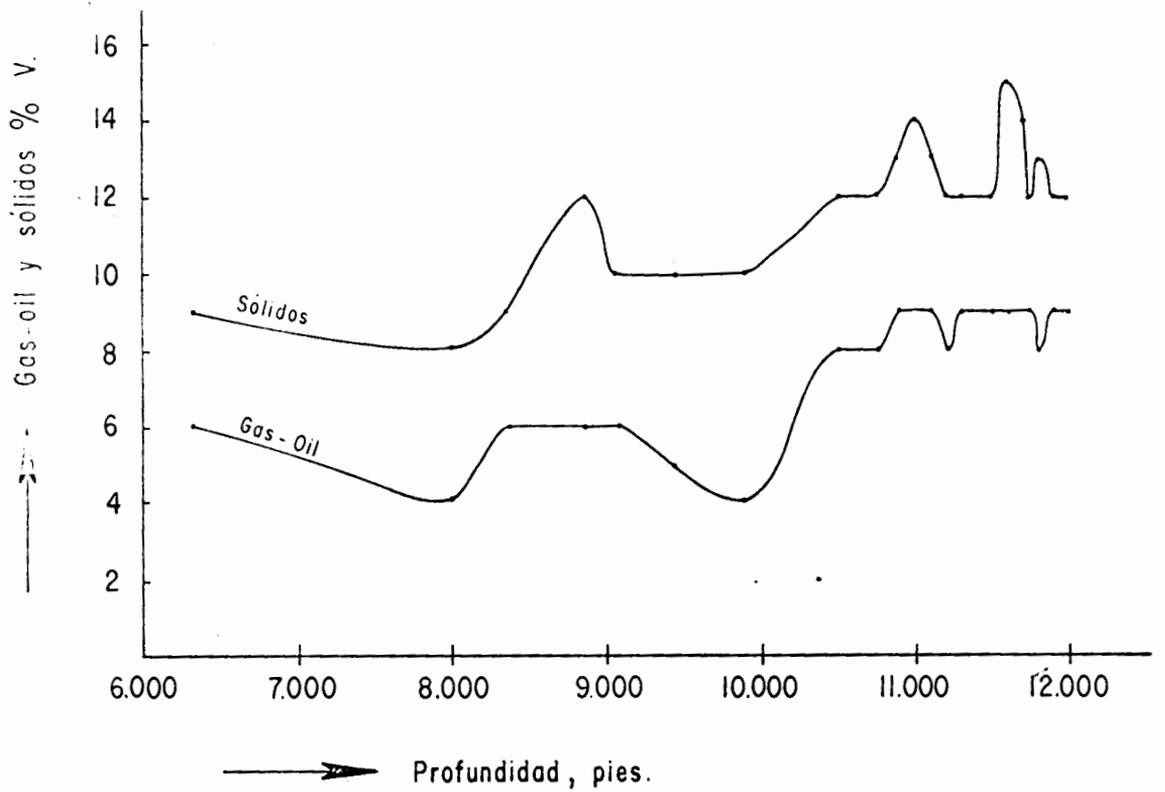
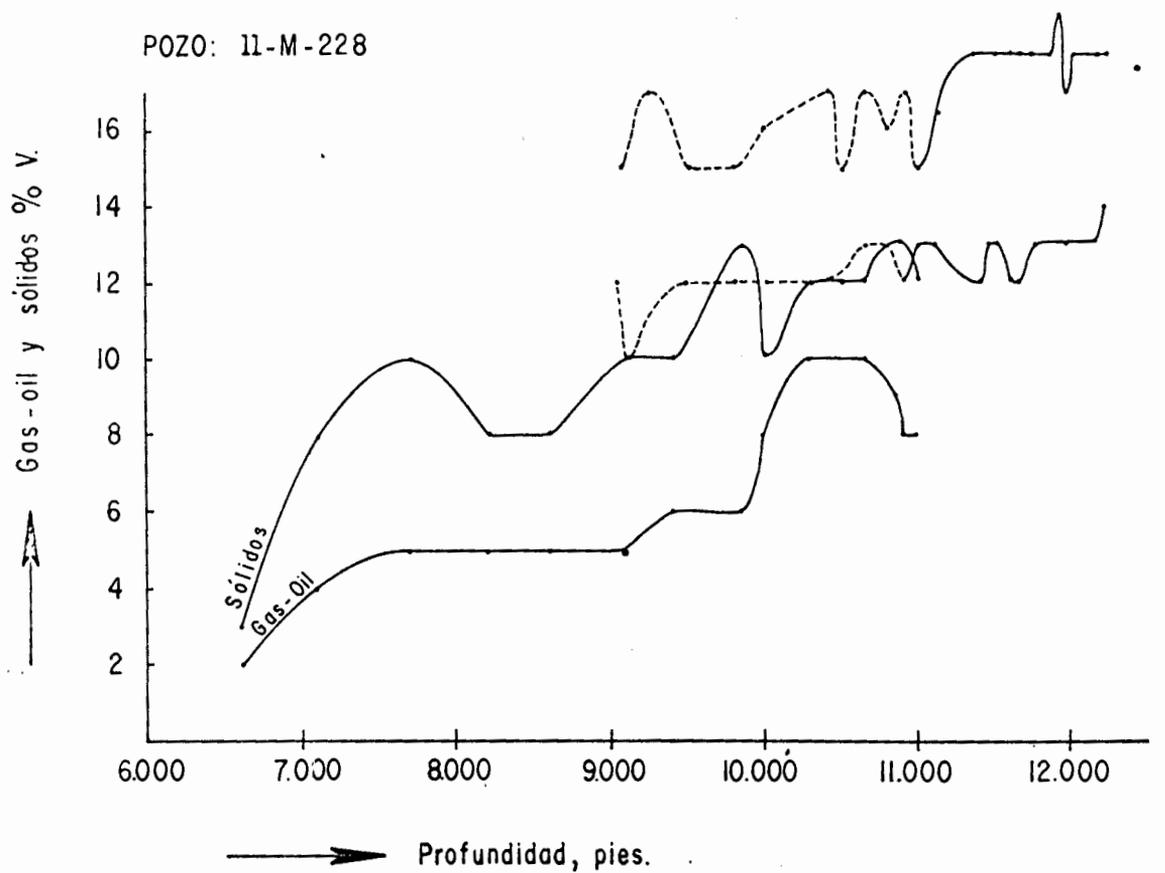


Fig. N° 19

POZO: 11-M-226



POZO: 11-M-228



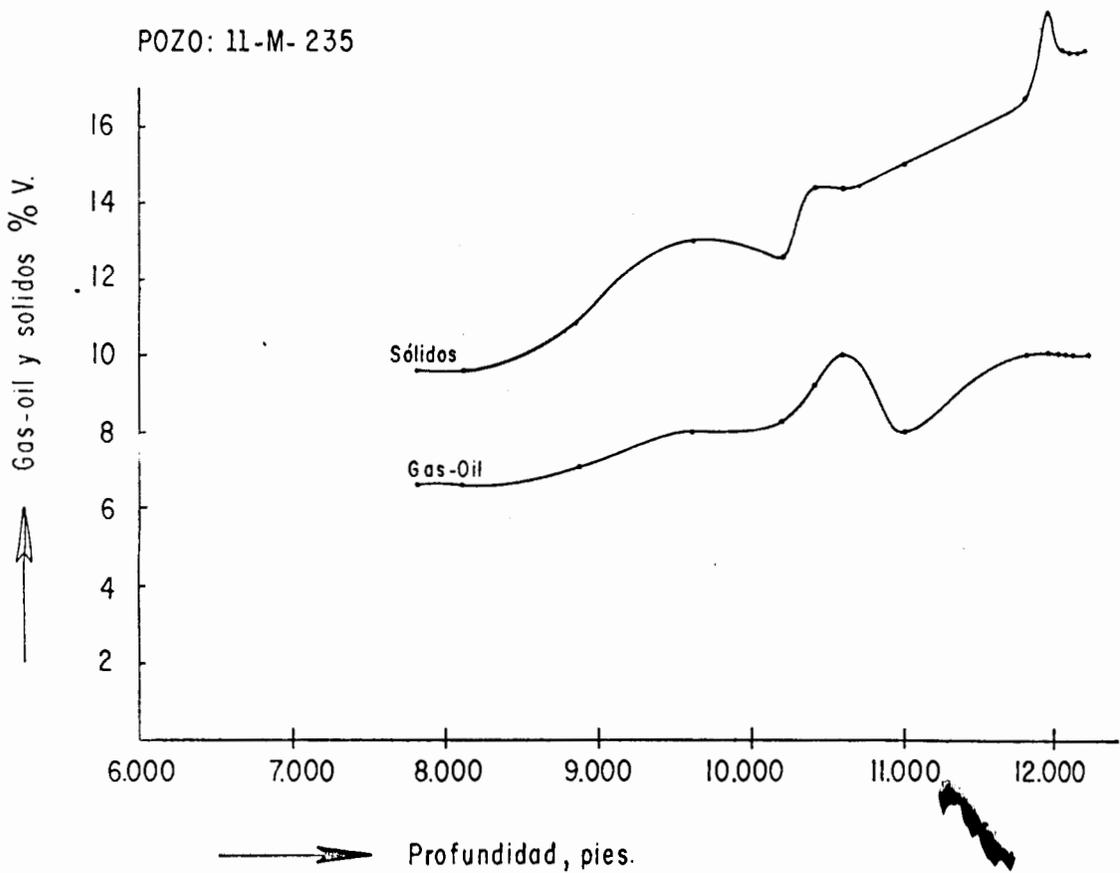
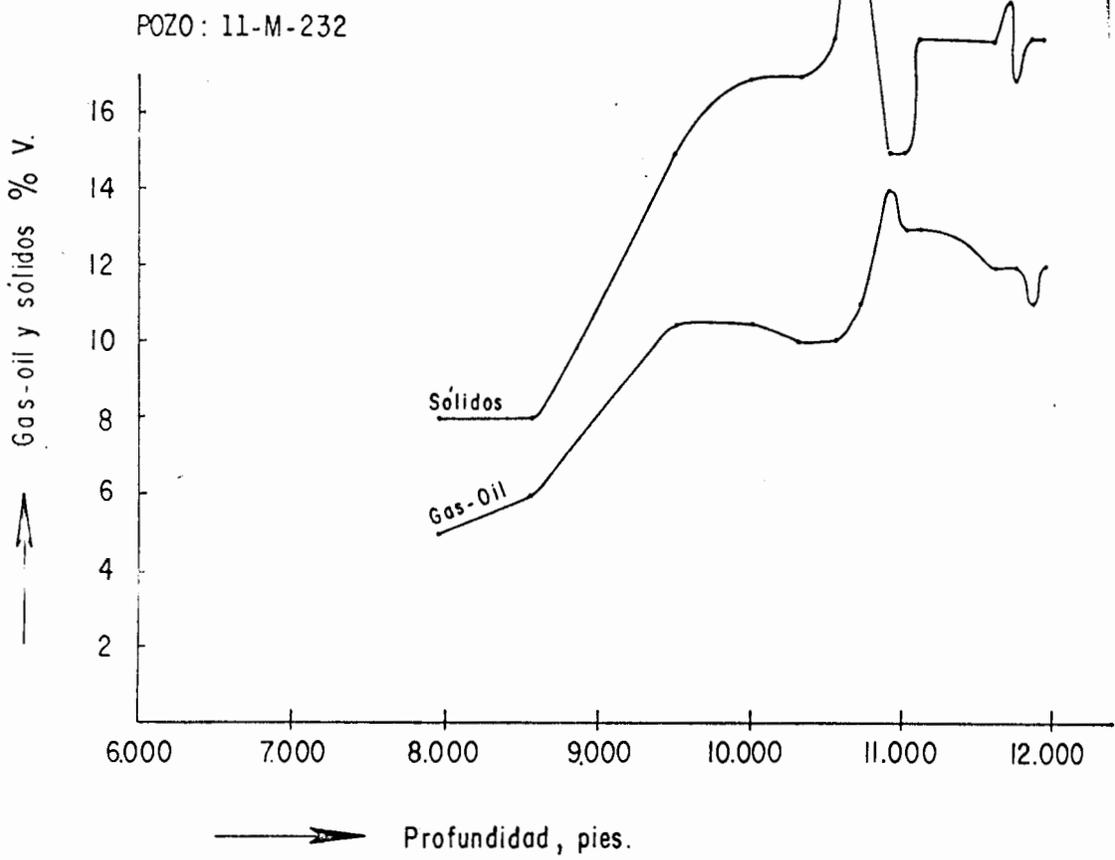


Fig. N° 21

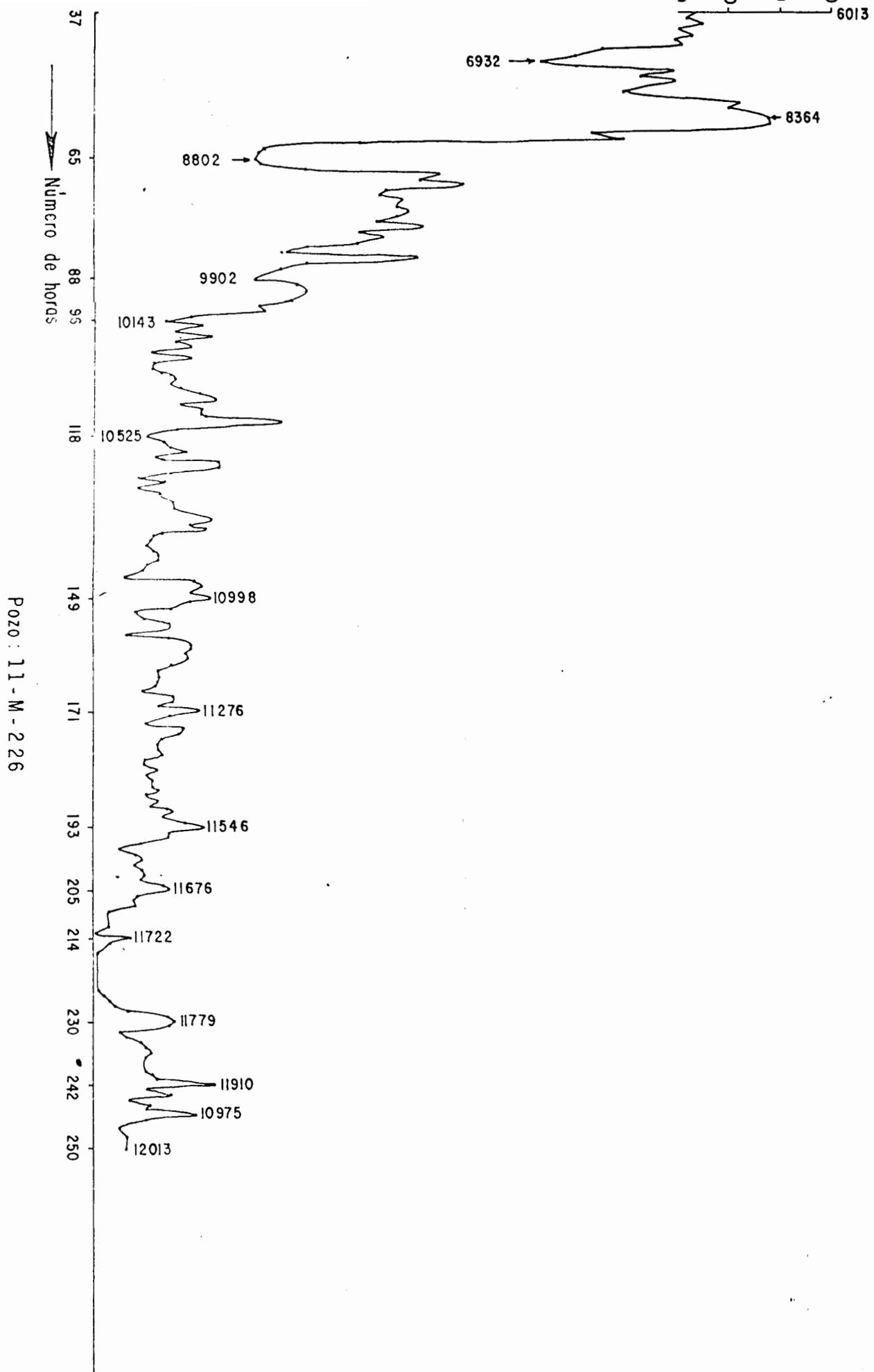


Fig. N° 22

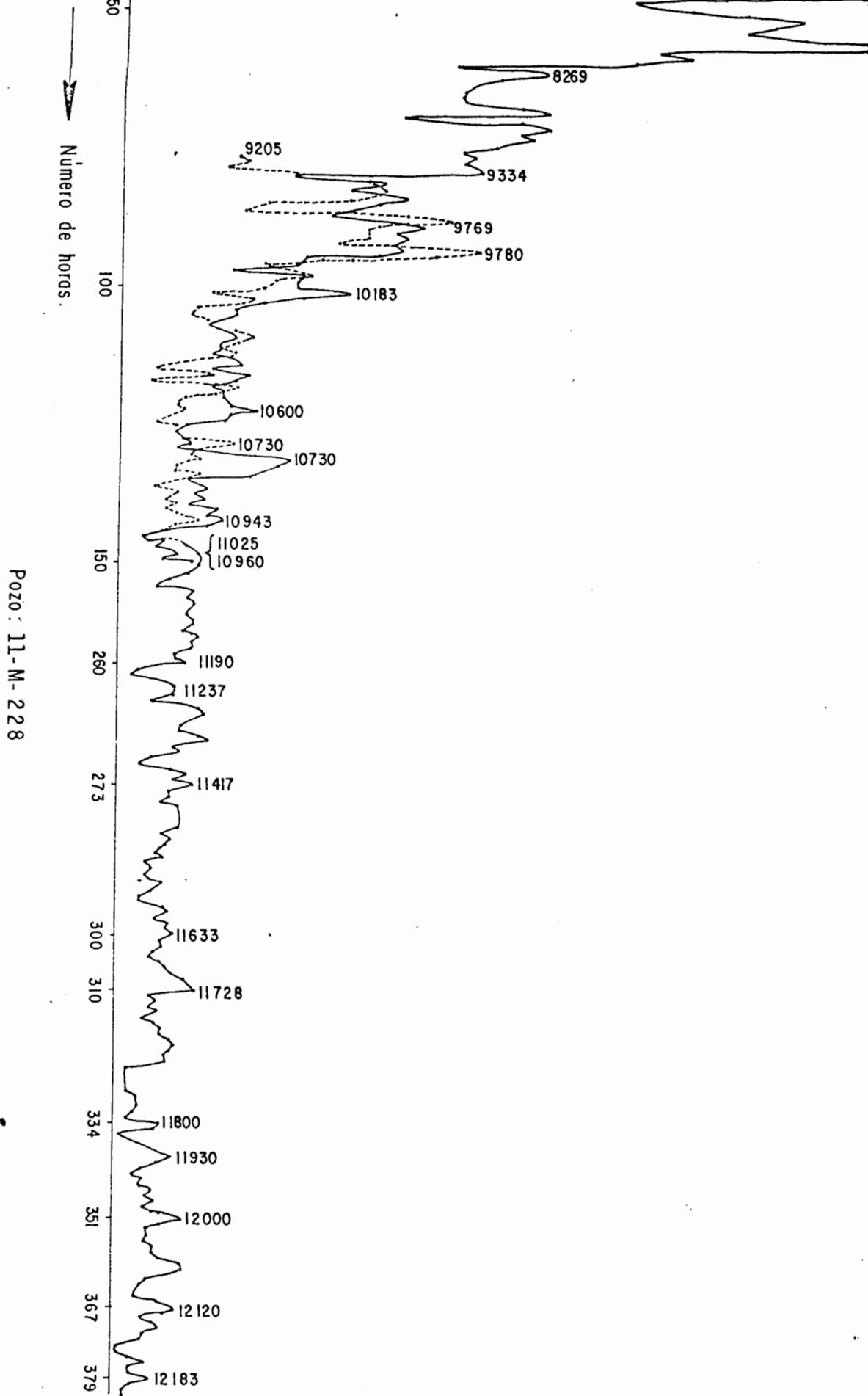


Fig. N°23

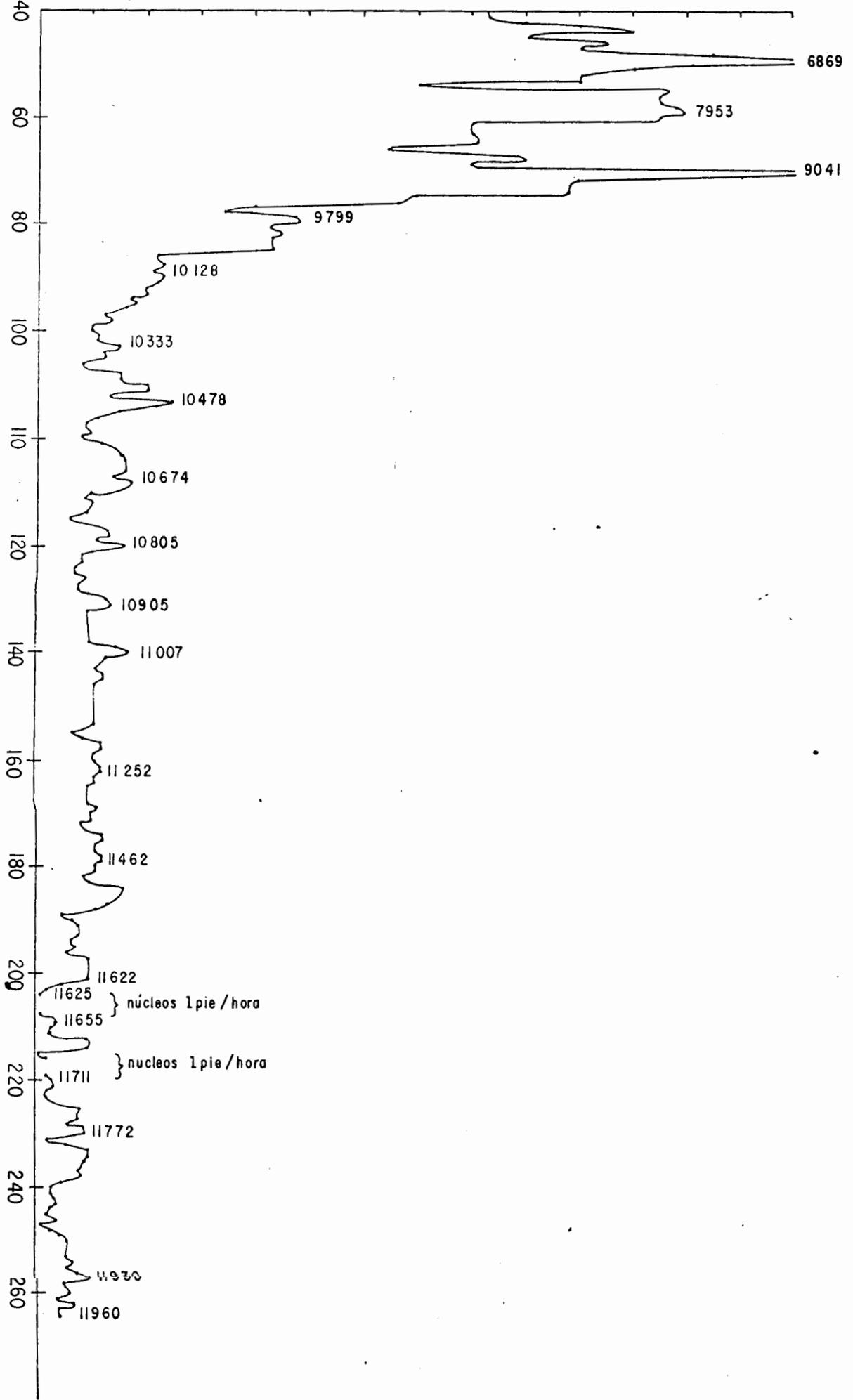
Pies perforados

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140

40 60 80 100 110 120 140 160 180 200 220 240 260

← Numeros de horas

POZO: 11-M-232



→ Número de horas.

POZO: 11-M-235

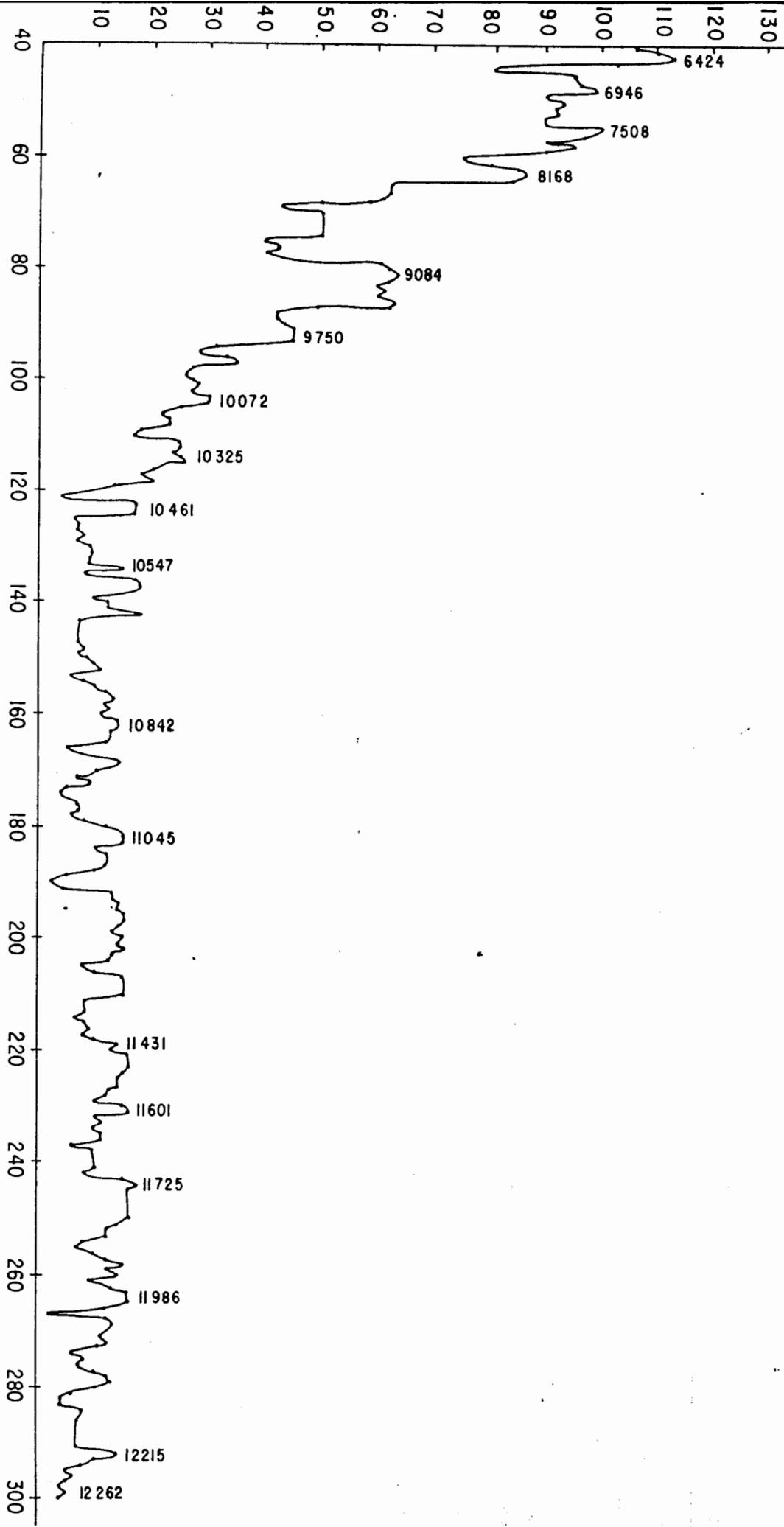


Fig. Nº 25

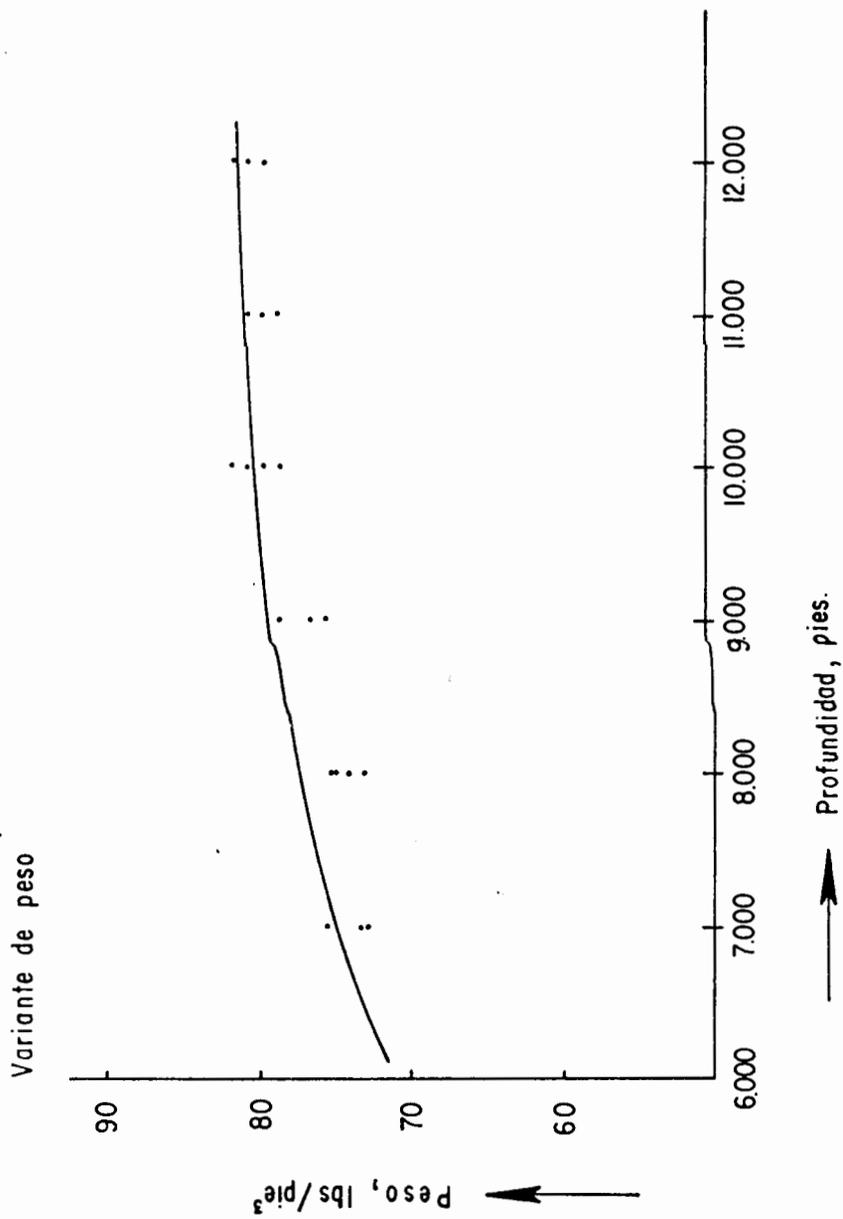


Fig. Nº 26

Variante de viscosidad según el embudo Marsh.

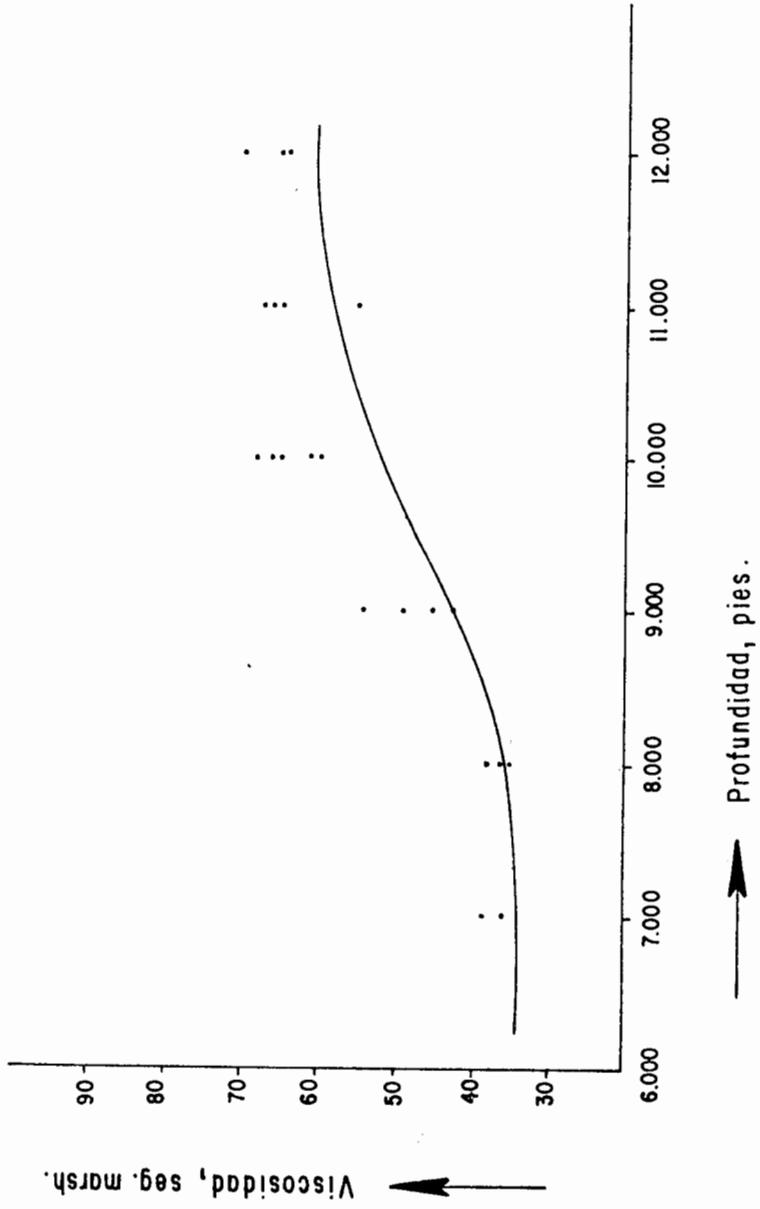


Fig. N° 27

Variante de viscosidad según el viscosímetro.

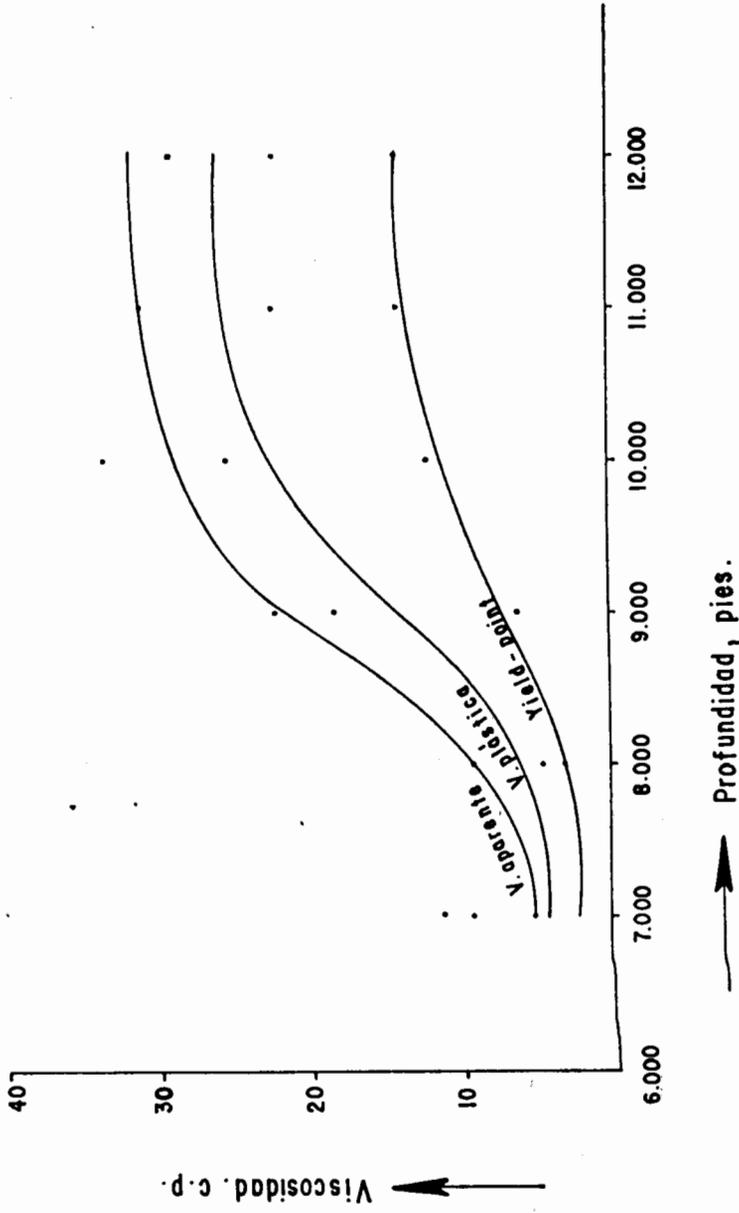


Fig. N° 28

Variantes de la alcalinidad del lodo y del filtrado.

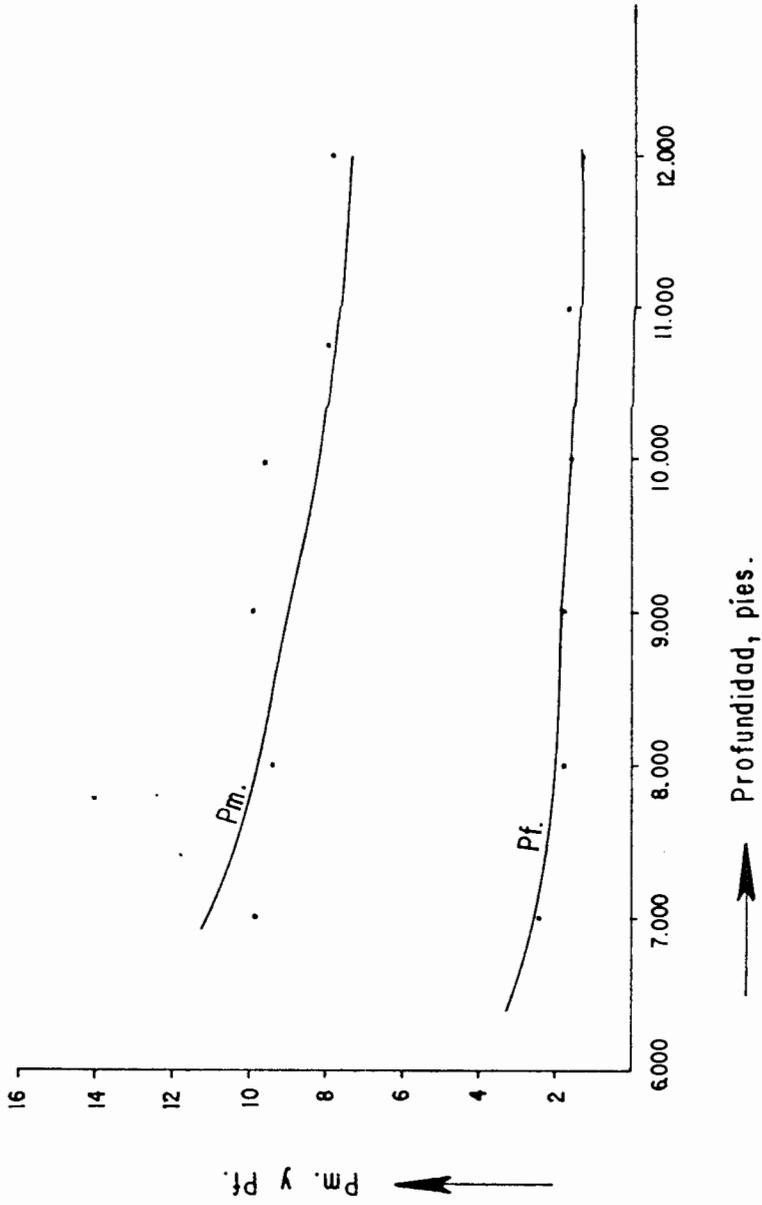


Fig. N° 29

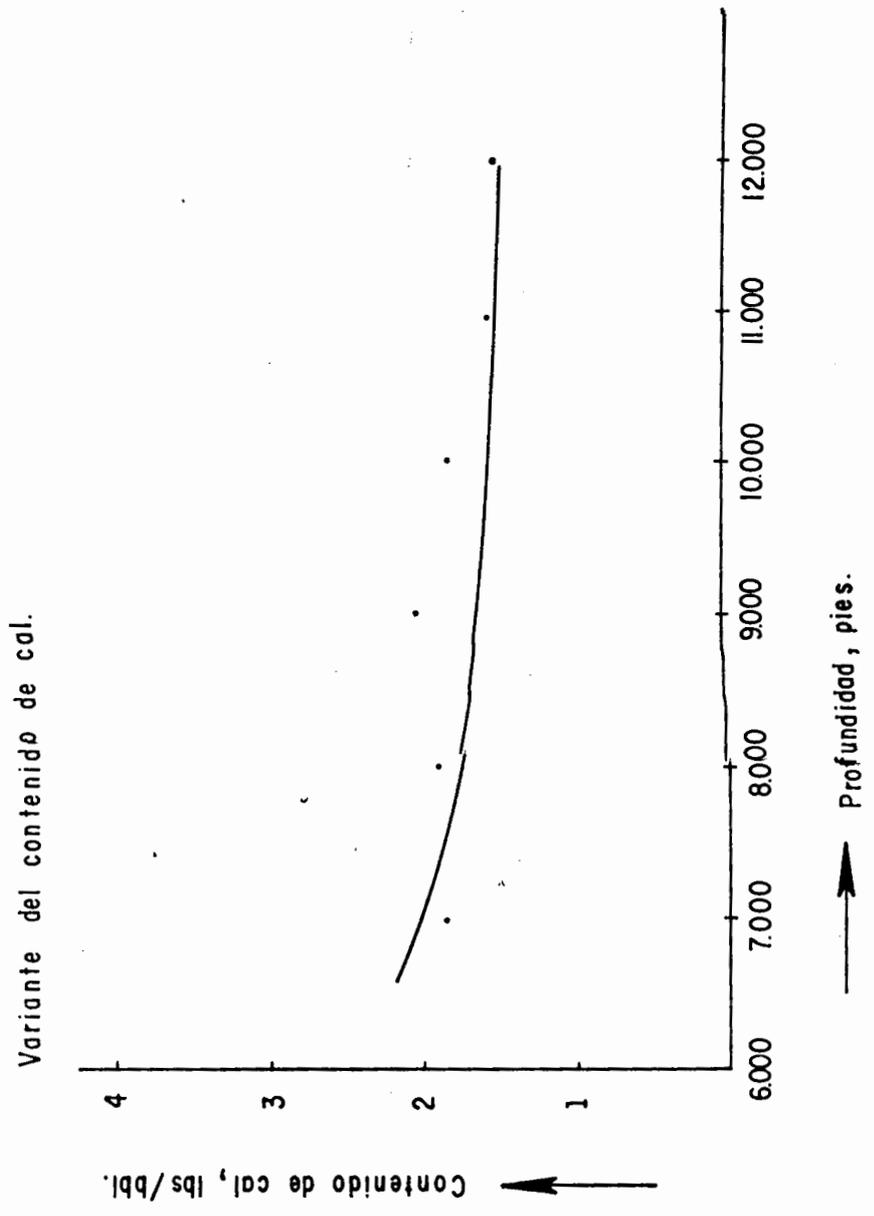


Fig. Nº 30

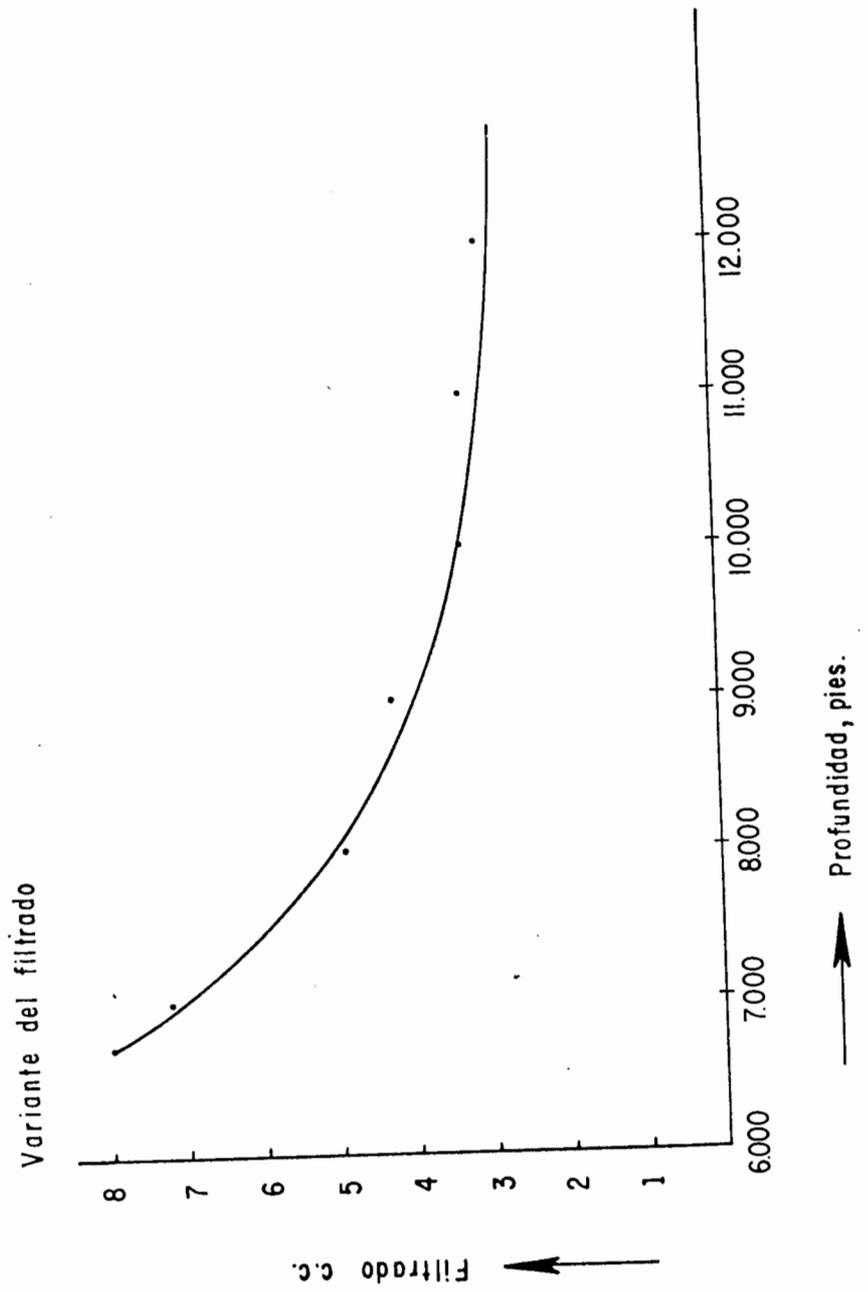


Fig. N° 31

Variante del contenido de sólidos y de petróleo.

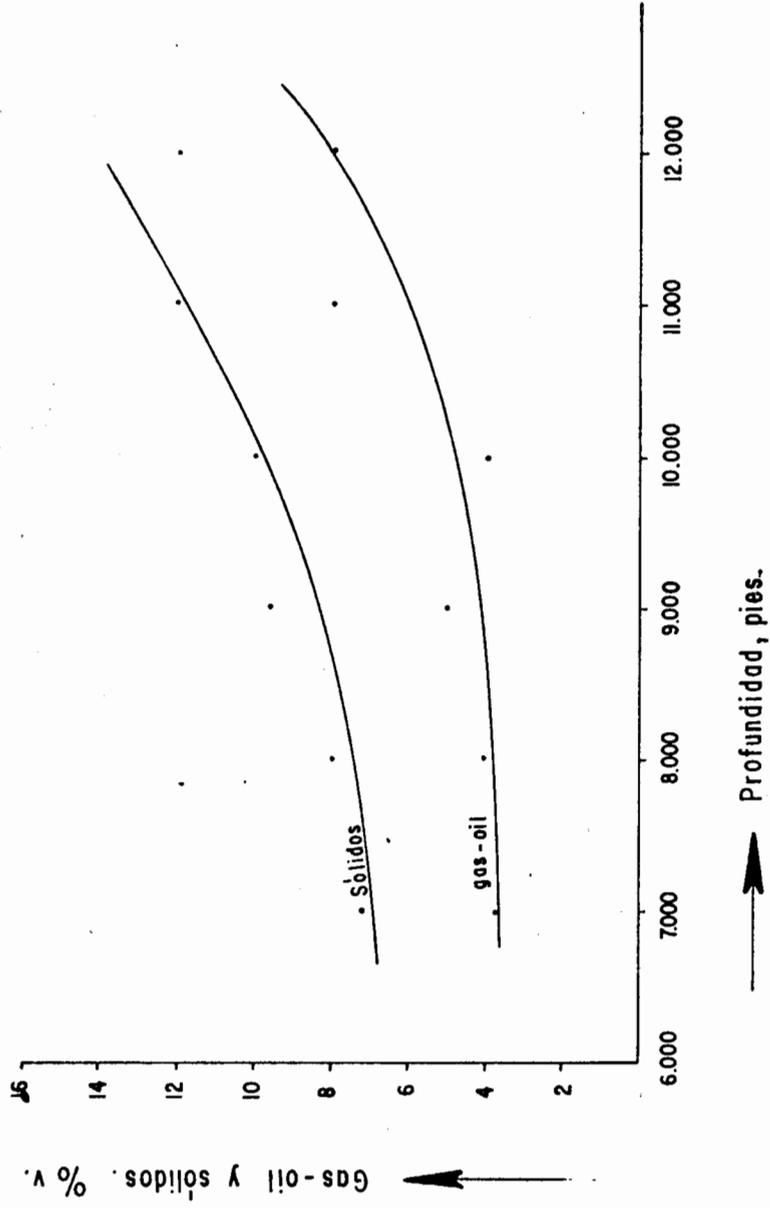


Fig. N° 32

B I B L I O G R A F I A

- SALAS, Guillermo J. -Curso de perforación. Octubre, 1961.
- MC CRAY & COLE -Tecnología de la perforación de pozos petroleros. 1963.
- LOPEZ CIPRIANI, Rolando-Guía para las prácticas sobre lodos de perforación. 1954.
- BAROID Drill mud data book. Section 100. 1954.
- BAROID Mud technology handbook. 1965.
- BAROID Baroid's Applied Drilling Tecchnology.
- MAGCOBAR Mud engineering. Agosto, 1966.
- MAGCOBAR Selected Reading on Drilling Mud. 1962.
- MAGCOBAR Catalog of drilling mud products testing equipment services.
- WILSON, D. L. Emulsion Drilling Fluids. 1951
- PERKINS, H. W. A report on oil emulsion drilling fluids. 1951.
- DIAS NERIO E. Factores que intervienen en la rata de penetración.

	Pág. #
INTRODUCCION	1
I. ESTUDIO ACERCA DE LOS LODOS EMULSIONADOS DE BAJO CONTENIDO DE CAL	
1. PROPIEDADES FÍSICAS Y PRUEBAS PARA - SU DETERMINACION	3
Densidad	3
Viscosidad	4
Potencial de hidrógeno	4
Alcalinidad y contenido de cal	5
Pérdida de agua	5
Contenido de aceite, agua y sólidos	6
Contenido de arena	7
2. MANTENIMIENTO REALIZADO EN EL CAMPO	8
Itinerario del lodo de perforación	11
El Breakover	12
Tratamientos	13
3. EXPERIENCIA DE CAMPO	14
Informe del 20 de Julio de 1968	15
Informe del 23 de Julio de 1968	16
Informe del 26 de Agosto de 1968	17
Tratamiento y pruebas del 29 de junio de 1968	18
Tratamiento y pruebas del 1º de Julio del 1968	18

Tratamiento y pruebas del 3 de Julio de 1968	19
Tratamientos y pruebas del 15 de Ju- lio de 1968	20

II. ESTUDIO ACERCA DE LA RATA DE PENETRACION

1. Factores que afectan la rata de pene- tración	22
-Peso sobre la mecha:	22
Experiencia de campo	24
-Velocidad de la mesa rotaria:	27
Experiencia de campo	30
-Tipo de mecha seleccionado:	32
Experiencia de campo	35
-Presión hidrostática	37
-Tipo de formación	39
-Fuerza hidráulica	40
-Tipo de fluido de perforación	41
2. Condiciones del lodo a profundida- des mayores a 6.000 pies	43
-Estratigrafía del área Mata	43
Formación Mesa	44
Formación Las Piedras	44
Formación Freites	45
Formación Oficina	45
Grupo Merecure	45
Basamento	45
-Programa del lodo de perforación	46
-Pruebas de peso	47
-Pruebas de viscosidad	48
-Pruebas de viscosidad plástica, viscosidad aparente y yield point	48

-Pruebas del pH	49
-Pruebas de Pm y Pf	49
-Pruebas de contenido de cal	49
-Pruebas de la costra de lodo	50
-Pruebas de contenido de sólidos y gas oil	51
-Pruebas de contenido de arena	51
3. Relación entre la rata de pene- tración y las condiciones del lo <u>do</u>	52
4. Problemas que pueden surgir por un mal tratamiento del lodo	53
-Pérdida de circulación	53
Experiencia de campo	55
-Reventones	57
Experiencia de campo	57
-Apresamiento de tubería	58
Experiencia de campo	59
III. CONCLUSIONES	70
IV. RECOMENDACIONES	
1°. Condiciones aconsejables del lodo a diferentes profundidades	74
2°. Mantenimiento recomendable del lo <u>do</u> en la perforación	75
SECCION GRAFICOS	

BIBLIOGRAFIA

CITAS

INDICE

- . -