

622.3381
SAR

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO



FACULTAD GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEO

"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE APLICACION DE FLUIDOS DE PERFORACION
BASE AGUA SALADA"

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



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

[Handwritten signature]

POR:
FREDDY T. SARMIENTO G.

GUAYAQUIL-ECUADOR

1.981

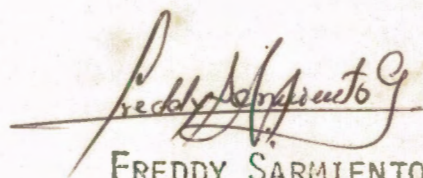
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO

"ESTUDIO EXPERIMENTAL DE APLICACION DE FLUIDOS DE PERFORACION
BASE AGUA SALADA"

DIRECTOR DE TESIS

A U T O R

ING. DANIEL TAPIA F.



FREDDY SARMIENTO G.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

DECLARACION EXPRESA:

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas
expuestos en esta tesis son de mi exclu-
siva responsabilidad y que el patrimo-
nio intelectual de la misma corresponde
a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL
LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profe-
sionales de la ESPOL)



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

DEDICATORIA

A mis padres:

HUGO y ESTELA

por sus enseñanzas de abnegación,
responsabilidad y humildad; mi eterno
reconocimiento por todo el impulso
brindado para el logro de esta meta.

A la memoria de mi adorada
abuelita: ANGELITA

A mi querida esposa e hijo

SONIA y VICTOR HUGO

por todo el apoyo moral, cariño y
comprensión

ipensando en ellos!



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

A mis hermanos:

JOHNNY y GRACE

por sus constantes muestras de
unión y amor.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron de una manera desinteresada en la realización de este trabajo y en especial al Ing. Daniel Tapia, maestro y amigo, por su valiosa colaboración.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

INDICE

	Página
INTRODUCCION.....	7
REVISION DE LITERATURA.....	9
COMPORTAMIENTO REOLOGICO DEL FLUIDO DE PERFORACION BASE - AGUA SALADA.....	16
ADITIVOS DE USO RECOMENDADO.....	31
ANALISIS EXPERIMENTAL.....	42
DISCUSION DE RESULTADOS.....	65
POSIBLE APLICACION DE ESTE TIPO DE FLUIDOS EN EL AREA DEL GOLFO DE GUAYAQUIL.....	71
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	76
APENDICES.....	77
LISTA DE TABLAS.....	79
LISTA DE FIGURAS Y GRAFICOS.....	81
BIBLIOGRAFIA.....	83



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

INTRODUCCION

Debido al auge actual de la prospección hidrocarburífera en el área marina, el Golfo de Guayaquil ha sido motivo de investigación, para lo cual entre los años 1969 y 1971, la Compañía ADA realizó una serie de perforaciones costafuera, de cuyos registros se determinó una elevada salinidad del agua de formación, cuya acción afecta el fluido de perforación.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

La contaminación puede resultar de la perforación a través de demarcaciones salinas, ó capas finas de sal; razón por la cual, se estimó importante realizar el presente estudio experimental de aplicación de fluidos de perforación base agua salada, ó agua de mar, la misma que podría ser utilizada por razones de conveniencia y economía.

Con el empleo de sencillos equipos de laboratorio tales como balanza de lodos tipo Baroid, viscosímetros Fann, filtro-prensa de gas a baja presión, cedazo, potenciómetro, etc. y siguiendo los métodos de análisis descritos en el manual de laboratorios de fluidos de perforación del Dpto. de IGMP de la ESPOL; se realizaron las observaciones sobre el comportamiento reológico de los lodos salados al adicionar distintas concentraciones de aditivos adecuados para este tipo de contaminación. Además en el presente trabajo se hace un análisis comparativo entre los gradientes típicos de presión obtenidos en

el campo Amistad y los gradientes promedios de presión que generarían las columnas de los lodos en prueba. Los resultados de los análisis - realizados se presentan de manera tabular y gráfica en los capítulos posteriores.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

REVISION DE LITERATURA

Los fluidos de perforación están constituidos por cuatro fases: 38.

Fase líquida, que puede ser agua (dulce o salada) ó emulsión (agua y petróleo).

Fase Coloidal ó reactiva, constituidas por arcillas que depende del tipo de agua utilizada.

Fase Inerte, que son materiales para aumentar el peso (barita, arena, cortes, etc.)

Fase Química, constituidas por iones y sustancias en solución las que en sí son las que originan las propiedades que va a presentar el lodo.

De los requerimientos de la perforación depende la composición del lodo, el cual durante su recorrido en el pozo cumple las siguientes funciones 32, 38.

- Remover el ripio del pozo (velocidad de asentamiento, viscosidad, densidad).
- Evitar reventones (control de las presiones del subsuelo, densidad)
- Depositar un revoque impermeable (control de paredes del hoyo)
- Mantener en suspensión el ripio (gelatinización)
- Lubricar y enfriar la barrena y tubería de perforación
- Contribuir a la obtención de buenos registros eléctricos.

El conocimiento de las propiedades requeridas para cada función es precisamente el trabajo del ingeniero de lodos, las cuales pueden tener igual importancia bajo ciertas condiciones. El agua sola es a veces un ideal fluido de perforación 18 usado a menudo en formaciones de baja presión; los pozos pueden ser perforados a través de diferentes tipos



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

de formaciones requiriéndose una variedad de lodos que en su mayoría son de base agua, lo cual significa que tienen una fase continua de agua (dulce o salada) en la que está suspendido el material arcilloso - que cumple un doble propósito, da cuerpo o viscosidad al fluido de perforación y sella las paredes del hoyo de tal manera que el fluido que circula no pierda su fracción líquida hacia la formación perforada.

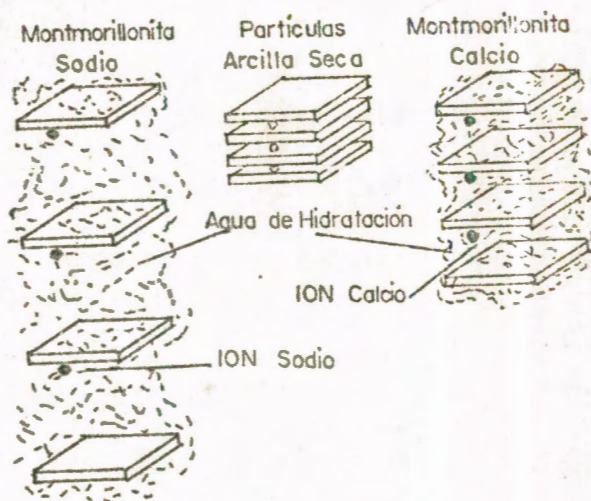
El agua utilizada puede ser fresca, salobre ó de mar; el agua fresca - contiene poco ó nada de sodio, calcio ó sales de magnesio en solución, lo cual es altamente deseable; el agua de mar o salobre puede utilizarse por conveniencia ó economía, usualmente contiene sobre 35.000 ppm. de cloruro de sodio y otras sales indeseables como calcio, magnesio, etc. por lo cual resulta difícil el control de las propiedades físicas del lodo. Las aguas saturadas de sal, ordinariamente contienen sobre 31.000 ppm. de NaCl (aprox. 120 lb/bb).

La habilidad de hidratarse y dar viscosidad de las arcillas varía para cada una de estas aguas. La arcilla es un material de tamaño coloidal-hidrofílica o hidrofóbica 18, 33, 34, las primeras se hinchan en agua y las segundas no; por lo tanto en lodos de perforación se utilizan las hidrofílicas. Comúnmente las más usadas para obtener viscosidad son las Montmorillonitas, a menudo referidas como Bentonitas ó SubBentonitas, - las que son incapaces de hidratarse, dar viscosidad y esfuerzos de gel deseados cuando existen elevadas concentraciones de sal en el agua. Bajo estas condiciones la Atapulgita (SaltGel) dará características similares de viscosidad y esfuerzos de gel a la Bentonita en agua fresca 17 18, 28, 31.



BIBLIOTECA FICTICIA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
BOGOTÁ, COLOMBIA

Moore Preston, 1971 ²⁰ manifiesta que la Atapulgita llamada gel salada se hidrata en agua saturada de sal, donde la Bentonita actúa como sólido inerte al no separarse sus láminas en estas aguas. La gel salada se hidrata en cualquier tipo de agua debido a que las superficies arcillosas son tipo aguja; pero no es utilizada en agua fresca pues la costra que deposita es pobre y prácticamente no ofrece ningún control sobre la pérdida de agua hacia la formación; en contraste la Bentonita da buen control sobre el régimen de filtrado, por ejemplo: si se mezcla 1 lb. de agua dulce con 20 lbs de bentonita, el filtrado sería de 15 cc. API y con la misma concentración de gel salada, sería de 100 cc. API.



Hidratación de Montmorillonita Sódica y Cálcica



Partículas de Atapulgita BIBLIOTECA FICT ESPOL

Figura 1. Comparación de las estructuras moleculares entre Bentonita y Atapulgita.

CLASIFICACION.-

Los lodos salados se clasifican según el contenido de sal³¹ y la fuen
te de agua.

-Según la fuente de agua salada.

Lodo de agua salobre.

Lodo de agua de mar.

-según la cantidad de sal en ppm.

Lodos saturados de sal (315000 ppm. de NaCl)

Lodos salados (sobre 10000 ppm. y menor a la saturación).



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Los lodos de agua saturada de sal se usan generalmente en perforación de capas masivas de sal o domos salinos, previenen el ensanchamiento - excesivo de los pozos por disolución del material, además son usados - como fluidos de completación (Workover), son altamente inhibitivos y - se usa como lodo de limpieza y raramente presentan viscosidades anorma
les. Este tipo de lodo es muy efectivo cuando la viscosidad y el esfuer
zo de gel son un problema.

Los lodos salados contienen sobre 10.000 ppm. de NaCl, cuya concentra
ción puede proceder de la perforación de capas de sal finas o masivas, de flujos de agua salada (de formación), por adición de sal a propósi-
to al sistema, de sal de agua tratante o de formación. Este tipo de con
taminación no puede ser removida por aditivos químicos, sino estricta
mente por dilución con agua dulce.

El principal efecto de una elevada concentración de sal en las particu-

las de arcilla es la neutralización de las cargas eléctricas ^{17, 18}; la acción de la masa debido a la interferencia de las partículas es muy rápida y produce un incremento de viscosidad, de tasa de gel y pérdida de filtrado; posteriormente como la floculación y deshidratación de los coloides continúa, la viscosidad disminuye de su valor normal y la pérdida de agua incrementa en proporción a la concentración de sal. En concentraciones por debajo de 10.000 ppm. ³⁷ los cloruros no causan ningún problema en lodos tratados con lignosulfonatos y por encima de 10000 ppm. la reología y pérdida de agua se hacen más difícil de controlar, con comienzos de floculación a medida que el pH disminuye, como resultado de la gran cantidad de iones Na^+ y Cl^- disponibles que tienden a reemplazar los H^+ de las bentonitas causando reducción de viscosidad y aumento continuo de la pérdida de agua.

La adición de lignosulfonatos, bentonita prehidratada y ciertos polímeros pueden ayudar a un mejor control de las propiedades del lodo en estas condiciones.

Conjuntamente con la adición de agua dulce para diluir el lodo, se debe agregar soda cáustica para mantener el pH adecuado (9-9,5) y que además remueve el calcio libre, reduce la corrosión por sal y actúa como antiespumante.

Los lodos preparados con Atapulgita se caracterizan por pérdidas anormales altas de agua, la aplicación de almidones ó CMC (Carboximetilcelulosa) previenen y controlan este efecto; los almidones pueden usarse en todo tipo de lodo salado, no así el CMC que resulta ineficaz con más de 35.000 ppm. de sal. Los dispersantes más efectivos en lodos sa-



BIBLIOTECA FIC
de
ESPOL

lados son los lignosulfonatos de calcio y los modificados^{3,7,18,31,32,37}
Es posible emulsificar el lodo salado con la adición de diesel ó aceite
crudo.



El control de la calidad del lodo¹¹ consiste en un tratamiento especial
para mantener el fluido elegido en óptimas condiciones técnicas y econó-
micas que proporcionen una cantidad de ahorro máximo sin sacrificar la-
seguridad del pozo. Con el auge que actualmente está tomando la explora-
ción hidrocarbúrfera en áreas costafuera, el agua de mar resulta de gran
aplicación para los fluidos de perforación por su conveniencia y economía,
así podemos mencionar ciertos casos: En el campo Badejo de la cuenca de-
campos²⁵ (Brasil) se perforó sin retorno usando agua de mar, existía em-
puje hidráulico en los yacimientos (la Pf de 3.000 a 4.000 lb/pulg²); en
los pantanos del Sur de México²³ donde existen lutitas hidratables se u-
tiliza lodo de emulsión inversa el cual, en su fase acuosa emplea gran-
des cantidades de NaCl ó cloruro de calcio, con frecuencia hasta 200.000
y 300.000 ppm. aunque un mínimo de 50.000 ppm. también ha resultado satis-
factorio, las lutitas hidratables tienen de 20 a 30% de Illita, 7% de a-
gua en peso y 45.000 ppm. de sal, cuando se encuentran intervalos sali-
nos se usan lodos saturados de sal. Los lodos inhibidos²⁹, de emulsión
inversa ó base agua, encuentran gran aplicación para evitar derrumbes a-
causa de lutitas altamente hidrofílicas; la presencia de gas a alta pre-
sión obliga a usar lodos de densidad muy elevada que traen aparejadas al-
tas propiedades reológicas, sobre todo en los valores de viscosidad plás-
tica y punto cedente que originan elevadas contrapresiones en el espacio
anular lo que facilita la pérdida de circulación ó inyección del lodo a-
la formación.

En las actividades costafuera del Perú ³⁰ se utiliza lodo natural hasta cierta profundidad pequeña y luego un lodo de salmuera saturada - mezclada con un porcentaje de diesel de densidad variable.

El área del Golfo de Guayaquil fue objeto de estudio geológico-geofísico realizado por Gueneau en 1973¹³, determinándose un tipo de plegamiento compresional que da lugar a estructura de acumulación de gas - que según análisis producirían 50×10^6 pie³/día. En 1974, Allington¹ - realizó un estudio de variaciones de salinidad de aguas de formación - respecto a la profundidad de los pozos del campo Amistad del Golfo de Guayaquil y un análisis de los gradientes de temperatura. En lo que a salinidad se refiere del agua de mar de esta zona, Trejos, 1976³⁹ determina un rango de variación a diferentes niveles que va desde 32000 a 35000 ppm. dependiendo de la fecha en que se haga la medición, pues existe según la época un efecto de corrientes.

Woodside P., 1975⁴¹ en su estudio de posibilidades petrolíferas del Golfo de Guayaquil hace un análisis de gradientes de presión típicos para los niveles productores y expresa que la presión diferencial entre la columna de lodo y la formación es de 2.000 lb/pulg²; una presión de abandono de 1.250 lb/pulg², recalcando la necesidad del uso - de lodos de alta densidad y propiedades reológicas para los niveles - que contienen gas a mucha presión.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

COMPORTAMIENTO REOLOGICO DEL FLUIDO DE PERFORACION BASE AGUA SALADA

La importancia de las propiedades reológicas, y otros parámetros considerados en un fluido de perforación, así como la diferencia entre arcillas de agua fresca, agua salada, fueron analizados en el capítulo anterior.

El rendimiento de la arcilla es definido como el número de barriles de lodo de 15 cps. de viscosidad que pueden obtenerse a partir de una tonelada de material seco.

La hidratación o dispersión son afectadas cuando el agua utilizada para preparar el fluido de perforación contiene sal o varios iones metálicos tales como calcio o magnesio, haciéndose necesario un tratamiento químico para lograr una mejor viscosidad (usar Soda Ash en unos casos y gel salado cuando es elevada la concentración de sal).

Las propiedades reológicas en un lodo de perforación son:

- Peso
- Viscosidad
- Viscosidad plástica
- Punto cedente
- Gelatinización

Estas funciones están directamente relacionadas con:

- Levantar los cortes del fondo; Mantener los cortes en suspensión - cuando no se está circulando el pozo; Sacar los cortes hasta la superficie; Facilitar información del pozo mediante el levantamiento de los cortes.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Durante cualquier operación relacionada con la perforación de pozos, es de vital importancia el control de las propiedades reológicas que se generan siempre y cuando esten dentro del rango normal establecido, para obtener la máxima eficiencia en la operación y el mínimo costo de la misma.

PESO se define como la densidad del lodo (lb/pie³, lb/gal) y depende de la cantidad y gravedad específica del líquido dispersante y sólidos, relacionada con la cantidad de barita, la que es agregada para aumentar el peso; para reducirlo se utiliza agua conjuntamente con el equipo de control de sólidos.

Cálculo de sacos de Barita:

$$\text{No. sacos/100 bb} = \frac{1490 (\text{Pdeseado-Pactual})}{265.5 - \text{Pdeseado}}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Se utiliza para controlar las presiones de los diferentes yacimientos ejerce la función de sustentar las paredes del pozo y evita que éstas se derrumben.

Generalmente la densidad de los fluidos de perforación en base agua varían de 9 a 11 lb/gal, aunque pueden estar entre 8.33 y 20 lb/gal., la cual es medida en el campo con el hidrómetro ó la balanza Baroid, con exactitud de 0,1 lb/gal.

Para aumentar la densidad se usa Barita.

$$W_b = \frac{1505 V(d_f - d_i)}{35.8 - d_f} \text{ lb.}$$

Para disminuir la densidad, se usa agua.

$$V_w = \frac{V_i (d_i - d_f)}{d_f - 8.33} \text{ Bb}$$

donde:

V_w : volumen de agua necesario Bb

V_i : volumen inicial de fluido Bb

d_i : densidad inicial del fluido lb/gal

d_f : densidad final del fluido lb/gal

Es de importancia recordar las siguientes constantes:

Densidad del agua = 1 g/cc, 62.4 lb/pie³, 350 lb/Bb, 8.33 lb/gal, .433 lpc/pie.

Viscosidad aparente del agua = 1.0 Cps.

Viscosidad plástica del agua = 0.0 Cps.

Punto cedente del agua = 0.0 lb/100 pie²

Densidad Barita = 4.3 g/cc.

Densidad Benronita = 2.5 g/cc.

Viscosidad Marsh del agua = + 26 seg.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

VISCOSIDAD.- Se define como la resistencia interna que ofrece el fluido al flujo. Una suspensión coloidal, como el lodo, no mantiene constante la viscosidad, sino que varía con la magnitud de agitación. Es una de las propiedades reológicas más importantes como consecuencia de que la clasificación de ellos está basada en el comportamiento de los mismos.

Los fluidos se clasifican en: Newtonianos, que son los que no necesitan ningún esfuerzo para moverlos (aceite, glicerina, etc.) cuya viscosidad permanece constante a una presión y temperatura dada; y No Newtonianos- que al estar en reposo se gelatinizan y es necesario un gran esfuerzo -

para moverlos; este es el caso de los fluidos de perforación.

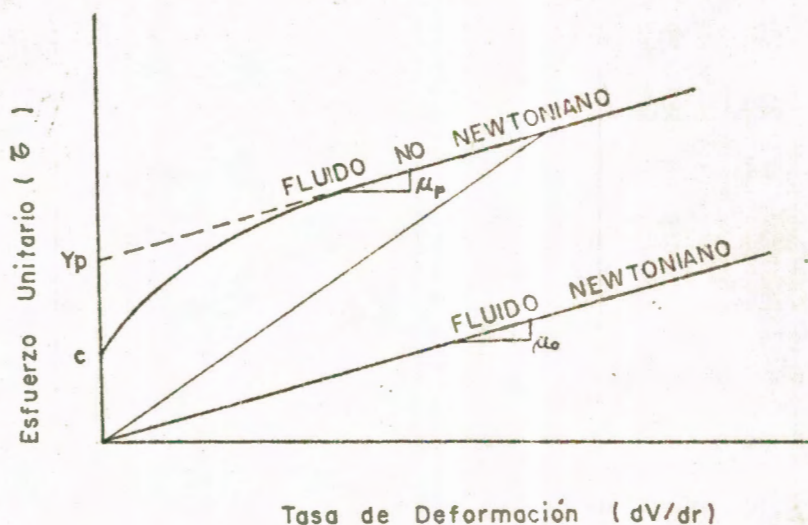


Figura 2. Comportamiento Reológico de los Fluidos.

c : esfuerzo inicial para moverse un fluido No Newtoniano

Y_p : punto cedente obtenido al prolongar la recta hasta el eje.

En el campo se utiliza el embudo Marsh que mide el tiempo que tarda en moverse el fluido (seg./gal) y es una indicación del comportamiento del lodo; en el laboratorio se usa el viscosímetro Fann, que toma lecturas de deflexiones a determinadas rpm. (300 y 600). La viscosidad del lodo se ve influenciada por: diámetro del pozo, condiciones del pozo, tasa de bombeo, de perforación, tamaño de las partículas de ripio, derrumbes, peso del lodo, diseño de los fosos de asentamiento, características de gelatinización.

La viscosidad debe ser igual o menor a la mitad del peso del lodo.

$$\text{Viscosidad} = \frac{\text{peso del lodo}}{2} \text{ lb/pie}^3$$

Cuando la viscosidad aumenta sobre el valor normal, se debe generalmente a la incorporación de sólidos al sistema o contaminación del mismo; en este caso el tratamiento lógico es agregar agua, dispersante o ambos al



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

sistema.

Pueden ocurrir los siguientes problemas:

- Altas presiones en la bomba para poder circular después de un viaje de tuberías.
- Pérdida de circulación en el pozo como consecuencia de presiones surgentes.
- Contaminación del lodo con gas, el cual puede originar un reventón
- Durante la sacada de tubería se puede suabear el pozo dando como resultado entrada de agua o gas al pozo.
- Arena y rípios en suspensión ocasionando desgastes en las partes mecánicas.
- Derrumbamiento de lutitas al hoyo originado por el viaje de tubería.



VISCOSIDAD PLÁSTICA (V_p)

Es la resistencia del fluido a fluir ocasionada por las fricciones mecánicas entre las partículas sólidas incorporadas al sistema, las que dependen de la concentración de sólidos, tipo y diámetro de ellos y viscosidad de la fase continua. La viscosidad plástica sirve en el campo como guía de control de sólidos, la misma que cuando aumenta a valores altos, es necesario analizar el resto de propiedades que son de mayor importancia y ayudan a evaluar las siguientes características:

Tipo de flujo, pérdida de presión en el sistema, determinación de perfiles de flujo, determinar la velocidad de levantamiento, la viscosidad efectiva, la Densidad equivalente de Circulación, contaminantes presentes en el sistema.

PUNTO CEDENTE.- Es la medida de las fuerzas de tracción del lodo, que son el resultado de las cargas negativas y positivas localizadas en 6-

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

cerca de la superficie de las partículas. Una viscosidad alta resulta de un alto punto cedente y es causado por: El trituramiento de las partículas cortadas por la mecha, las cuales al ser trituradas aumentan en volumen y su área se expone a más intercambios en sus cargas.

Penetración de zonas contaminantes, tales como zonas de sal, cemento, anhidrita, originando floculación de las arcillas.

Aumento de concentración de sólidos, que origina reducción de distancia entre las partículas si el sólido es inerte, pero si es activo, aumentará el número de cargas.

Insuficiente cantidad de química dispersante, causando una neutralización de todas las cargas superficiales.



Para reducir un punto cedente alto, se debe agregar ~~además~~ como lignitos, lignosulfonatos, fosfatos; cuando existe contaminación con calcio-magnesio, el ión causante de la fuerza de atracción es movido como precipitado insoluble, causando disminución de las fuerzas de atracción y reduciendo el punto cedente, cuando hay alta concentración de sólidos que pueden alterar las demás propiedades del lodo se usa agua.

Con el viscosímetro Fann se obtienen las propiedades siguientes:

Viscosidad Aparente $V_a = L_{600}/2$ Cps.

Viscosidad Plástica $V_p = L_{600} - L_{300}$ Cps.

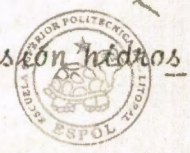
Punto Cedente $Y_p = L_{300} - V_p$ lb 100 pie²

Si las lecturas del viscosímetro revelan V_p demasiados altos y Y_p bajos, se debe agregar agua pues el porcentaje de sólidos será alto; en caso de V_p bajos y Y_p altos se agrega química de dispersión.

GELATINOSIDAD.- Es un indicativo de medida de la cantidad de fuerzas en tracción bajo condiciones estáticas del lodo. La gelatinización del lodo cuando está en reposo se debe a la gran concentración de sólidos presentes en la fase continua, al grado de disposición ó una combinación de ambos. Cuando no existe diferencia apreciable entre el gel inicial (0') y el final (10') y son altos, el lodo se está floculando. Tanto el grado como el tipo de gelatinización son factores del comportamiento de las funciones del lodo, tales como: suspensión y disposición de cortes y de la eficiencia en la suspensión del material para peso del lodo.

Los gels no deben dejarse aumentar ya que pueden originar los siguientes problemas:

- Entrampamiento de gas en el lodo, dando origen a una presión hidrostática menor.
- La eficiencia del bombeo se reduce.
- Demora en la deposición de arena y los cortes en el tanque durante la perforación originando un aumento tanto en el porcentaje de sólidos como en el peso del lodo.
- Suabeo del pozo durante los viajes de tubería.
- Excesiva presión de surgencia bajando la tubería de perforación originando fracturas en la formación.
- Imposibilidad de bajar la sonda de los registros hasta el fondo del pozo.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

La tasa de gelatinización es el tiempo de formación de la gelatina; un lodo que exhibe estas propiedades, se dice que es un lodo tixotrópico

Los lodos agua-arcilla contaminados con pequeñas cantidades de sal, cemento ó anhídrita, ó aquellos de altos pesos tienden a tener altos esfuerzos de gel. Lodos de tipo arcilla no hidratada tales como lodos de agua salada-almidón, lodos calcio-almidón, de alto pH, lodos base-aceite tienden a tener bajas propiedades tixotrópicas. Lodos con elevados esfuerzos de gel son insatisfactorios para usarlos pues se dificulta una buena tasa de circulación, se requieren altas presiones de bombeabilidad, reduciendo tasas de perforación y en condiciones indeseables de operación.



OTROS PARAMETROS DE CONSIDERACION.

POTENCIAL DE HIDROGENO.- Se define como la concentración de iones hidróxido (OH) en una solución indicando el nivel de acidéz ó alcalinidad del lodo ó filtrado. Se relaciona con la facilidad con que sólidos, química, etc. se dispersan ó disuelven en un lodo.

A mayor pH mejor efectividad de disolución de sólidos, arcillas y químicas en el lodo menor es la corrosión que pueda ocurrir. Es determinado con un papel indicador ó un potenciómetro (Beckman). Para bajar un alto pH se descontinúa la adición de soda cáustica, se utiliza agua y bicarbonato de sodio. El pH es también indicador de la presencia de contaminantes como cemento, sal, anhídrita, etc. y tiene los siguientes rangos:

- 0 - 7 solución ácida
- 7 solución neutra
- 7 - 14 solución alcalina

CONTENIDO DE ARENA.- Las partículas demasiado gruesas que no pasan el tamiz de 200 mallas son denominadas arena. Este contenido de arena afecta gravemente el sistema de circulación, tiene efecto abrasivo, -

BIBLIOTECA FICT

ESPOL

causa rápido desgaste de las camisas, pistones, válvulas y asientos de la bomba de lodo, líneas de lodo, junta giratoria, kelly, tubería de revestimiento y otros dispositivos que estén en contacto.

La excesiva cantidad de arena en el lodo, produce taponamiento ó restricción del sistema de circulación; este contenido de arena no debe exceder del 5% del volumen del lodo y es medido con el método del cecazo (LPN-10).



FILTRADO.- La pérdida de agua del lodo hacia la formación ocurre sólo cuando la permeabilidad es tal que permite el paso del fluido hacia los poros abiertos, formando las partículas sólidas la costra a lo largo de las paredes del pozo, cuya calidad depende del tamaño de los mismos, forma y distribución.

* El filtrado (dinámico) o (estático) tendrá mayor volumen a mayor presión, tasa mayor de flujo y temperatura. Mientras se perforan formaciones no productoras se desea una elevada filtración ya que así se ablanda la formación y resulta más fácil perforar; pero cuando se comienza la perforación de la zona productiva se requiere una mínima filtración (3 a 5cc. en laboratorio) ya que ese filtrado desplaza los fluidos de la formación y la daña, resultando menor la recuperación de hidrocarburos. Los factores que afectan la filtración son:

Tiempo: Según las normas API el filtrado es tomado en 30 minutos. La relación del tiempo del filtrado es $Q_2 = Q_1 \sqrt{T_2/T_1}$
El volumen del filtrado aumenta en proporción directa a la raíz cuadrada del tiempo.

Presión: El efecto de la filtración ejercida por la presión en un fluido es función de la compresibilidad del revoque. El control del filtrado se lo realiza a través de la permeabilidad del revoque.

Temperatura: El aumento de la temperatura acarrea aumento en las tasas de filtración, disminuyendo la viscosidad del fluido, siempre y cuando los demás factores permanezcan constantes. La cantidad de filtrado varía con la raíz cuadrada de la viscosidad de la fase fluida.

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\text{Visc}_2 / \text{Visc}_1}$$

Un mayor calentamiento causa floculación de las arcillas en el lodo y aumenta la velocidad de filtración.



BIBLIOTECA FICTICIA

ESPOL

Dispersión: La apropiada dispersión de las arcillas en el lodo también es un factor importante para el control de la filtración.

Un mal control de filtrado puede causar los siguientes problemas:

- Reducción del diámetro del pozo, por aumento del revoque causando pegamientos de la tubería perforadora.
- Aumento de las presiones surgentes al bajar la tubería de perforación
- Pegamiento de la tubería por presión diferencial.
- Cementaciones primarias de baja calidad
- Problemas para la evaluación petrofísica como consecuencia del exceso de filtrado hacia la zona virgen.
- Daños a la formación.

CONTENIDO DE SÓLIDOS, AGUA Y ACEITE.- Este contenido nos indica la necesidad de tratar o no un fluido de perforación. La densidad, gel y pérdida

da de filtrado dependen de la cantidad, composición y estructura del contenido de sólidos, por lo tanto es importante un buen control por los métodos de evaporación, destilación y verificación gráfica.

La cantidad de agua, aceite y sólidos contenidos en el lodo se determinan con la retorta Baroid. La parte líquida de la muestra es destilada y condensada, pudiendo medirse sus volúmenes, luego por diferencia se determina el volumen de sólidos.

CONTENIDO DE SALES.- Afectan las viscosidades, filtración, suspensión, etc. Las sales que causan más dificultades son los cloruros, sulfatos, calcio.

El cloruro de sodio puede presentarse por perforación de formaciones salinas ó infiltraciones de agua salada al sistema; cuando existe más de 6.000 ppn. de NaCl. hay que tratarlo adecuadamente pues la sal incrementa la pérdida de filtrado y la viscosidad hasta cierto grado de contaminación, luego de lo cual se reduce. La presencia de calcio aumenta la filtración, viscosidad, pH y la tasa de gelatinización; puede existir este tipo de contaminación cuando se perforan formaciones de yeso, anhídrita y durante la cementación.



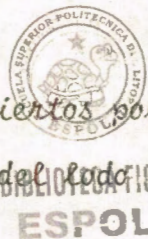
BIBLIOTECA FIC

ESPOL

EFFECTOS DE LA SAL EN LAS PROPIEDADES REOLOGICAS DEL FLUIDO DE PERFORACION.- La contaminación por sal ó cloruro de sodio resultante al perforar domos de sal, a través de aguas de formación saladas, etc. no puede ser removida del lodo por medios químicos, sino estrictamente por dilución con agua dulce. En concentraciones menores de 10.000 ppm. los cloruros no causan ningún problema en lodos tratados con lignosulfonatos; en concentraciones por encima de 10.000 ppm. la reología y -

pérdida de agua se hacen más difíciles de controlar, con comienzos de floculación, a medida que el pH disminuye como resultado de la gran cantidad de iones Na^+ y Cl^- disponibles que tienden a reemplazar los H^+ de las arcillas causando disminución en la viscosidad y aumento de la pérdida de agua.

La adición de lignosulfonatos, bentonita prehidratada y ciertos polímeros puede ayudar a un mejor control de las propiedades del lodo en estas condiciones.



Conjuntamente con la adición de agua dulce para diluir el lodo, se debe agregar soda cáustica para mantener el pH adecuado (9 - 9.5)

La presencia de cloruro es definida como la cantidad de sal disuelta y presente en el lodo; una alta concentración de cloruros facilita la disolución de calcio en el lodo, causando contaminación. En un lodo contaminado por sal se manifiestan los siguientes síntomas: Aumenta la viscosidad, aumenta la pérdida de agua, disminuye el pH y P_f (alcalinidad del filtrado), aumenta tanto el calcio (Ca^{++}) como el cloro (Cl^-). En este caso debe disolverse el lodo con agua y simultáneamente agregar lignosulfonato para disminuir la viscosidad, soda cáustica para aumentar el pH y P_f y CMC con bentonita para reducir la pérdida de agua. La viscosidad plástica es identificada por un rápido cambio en la tasa de perforación y generalmente es causada por invasión de hueco por bolsa de agua salada o perforando formaciones con alto contenido de calcio soluble para lo cual se debe aumentar el peso del lodo y adicionar química. La sal incorporada a una suspensión bentonítica sódica actúa inicialmente como un agente de floculación acompañada de elevación excesiva de viscosidad y gelatinosidades; el control de las

propiedades deseadas en lodos de este tipo, es practicable hasta con concentraciones de 10.000 ppm, luego de lo cual se hace necesaria la transformación del lodo.

La Atapulgita es muy aplicada en lodos salados, pues actúa en forma similar a la Bentonita en agua fresca por su estructura molecular semejante a agujas que le permiten hidratarse en agua salada. La aplicación de almidones ó CMC que actúa bien hasta 35.000 ppm. de sales, previenen y controlan el filtrado, los dispersantes más efectivos en lodos salados son los lignosulfonatos de calcio y los modificados, cuya efectividad se reduce con el incremento de sal, el pH se mantiene en rango adecuado con la soda cáustica que además remueve el calcio libre, reduce la corrosión por la sal, actúa como antiespumante. Ocasionalmente la sal se añade al sistema para obtener buenos registros eléctricos del pozo.



Los lodos de agua salada son lodos inhibitorios y recomendables cuando se va a perforar grandes cantidades de lentes de sal ó capas masivas de éstas. Debido a las bajas viscosidades plásticas, ninguna arcilla de agua fresca se hidrata apreciablemente en agua de mar, a pesar de proporcionar puntos cedentes extremadamente altos; obviamente mucha de la viscosidad es ocasionada por fuerzas atractivas de floculación antes que hidratación, razón por la cual el tratamiento químico es más necesario para lodos salados que para lodos de agua fresca.

Una elevada concentración de sal causa los siguientes efectos:

- Reducción del pH con incremento de sal, ya que el hidrógeno depositado en las arcillas es reemplazado por sodio.

- Aumento del filtrado de calcio; el sodio reemplaza al calcio depositado en las arcillas.
- Solubilidad decrecida de químicos, se reduce su efectividad
- Mayor dificultad para hacer emulsiones
- Reducción de la habilidad del agente de control del filtrado
- El agua salada es más corrosiva que el agua fresca
- Efecto en la interpretación de registros del pozo
- Afecta la densidad del lodo; tendencia a formar espuma



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

El agua de mar ó salobre es a menudo usada como agua de tratamiento - en muchas localidades para diferentes sistemas de lodo, cuando se presenta contaminación con sal. Los lodos de agua salada saturados frecuentemente son utilizados como fluidos de Workover ó para perforar formaciones de sal, la cual ocasiona el ensanchamiento del hoyo y a su vez causa vibración que puede afectar la tubería de perforación, requiriéndose más cemento para la cementación del casing.

De estudios experimentales se deduce que es necesario de 20 a 25 lb/bb. de gel salada para obtener de 15 a 25 cps. de viscosidad del lodo, teniendo una viscosidad funnel de 35 a 45 seg. Las arcillas de agua fresca pueden adicionarse al Salt gel para obtener mejores características de filtración y reducir la tendencia a la formación de espuma. La adición de sal al sistema de lodo, produce un espesamiento considerable y se requiere gran dilución de agua para mantenerlo bombeable. Los lodos saturados de sal son altamente inhibitivos y perforan lutitas que no se dispersan fácilmente ó incrementa la viscosidad, consecuentemente los problemas de viscosidad anormal son raros.

Controlando la pérdida de filtrado (1 cc ó más) se obtienen propiedades satisfactorias y controlando la alcalinidad se obtienen las siguientes ventajas: Reducción de corrosión; supresión ó remoción del calcio libre, controlando el filtrado; lodo más estable; reducción de espuma.

El tratamiento con agua saturada de sal es efectivo cuando existen viscosidades anormales y el esfuerzo de gel constituye un problema.

Los agentes adelgazantes orgánicos pierden su efectividad en un sistema de este tipo de lodo. El porcentaje de sólidos reportado en un lodo de agua saturada de sal debe ser corregido para el volumen de sal, mediante la fórmula:

$$\text{Sólidos corregidos} = 100 - (1.13V_w + V_o)$$

V_w : volumen de agua obtenido del lodo en reposo (cc)

V_o : volumen de aceite obtenido del lodo en reposo
(cc)



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ADITIVOS DE USO RECOMENDADO

Los aditivos utilizados en sistemas de lodos de agua fresca, generalmente también son empleados en lodos de base agua salada, aunque no en su totalidad, pues muchos de ellos pierden su efectividad debido a la presencia de cloruros.

Las características de mayor aplicabilidad en la preparación de un fluido de perforación, consideradas en el presente Capítulo corresponden a:

- Agentes Pesantes
- Viscosificadores
- Defloculantes y Aditivos de Control de Filtración
- Materiales de Pérdida de Circulación
- Control de Pérdida de Fluido y Formación de Viscosidad
- Lubrificantes y Aditivos de Control de Arcillas
- Surfactantes y Detergentes
- Antiespumantes
- Agentes Espumantes
- Aditivos para control de Corrosión
- Químicos



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

A continuación se enumeran los distintos tipos de aditivos de uso recomendado:

AGENTES PESANTES

Mil-Bar.- Es una Barita (sulfato de Bario) de alta pureza, sirve para incrementar la densidad de todo tipo de fluido de perforación; tiene

gravedad específica de 4.2 g/ml. ó más, químicamente inerte a todo a
ditivo.

$$\text{sacos de Barita/100 bt} = \frac{.1505(W_{\text{deseado}} - W_{\text{inicial}})}{35.8 - W_{\text{deseado}}}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

VISCOSIFICADORES

Milgel.- Bentonita de alto grado, rinde 100 bb/ton. de 15 cps. de lodo de agua fresca. Es efectivo para controlar viscosidad y pérdida de filtrado; en concentraciones sobre 20.000 ppm. de cloruros es recomendable prehidratarla en agua fresca antes de añadirla.

Salt Water Gel.- Atapulgita, viscosificadora en agua fresca ó saturada de sal, usada para obtener viscosidad y esfuerzos de gel en sistemas saturados o de salmuera casi saturados, controla la pérdida de circulación. Los incrementos de viscosidad son proporcionales a la tasa de corte es recomendable buena agitación para obtener máximo rendimiento. En un sistema de salmuera - con aproximadamente 15 lb/bb de Salt Gel puede resultar un lodo de 15 cps.

Mil-PolymerTM 302.- Polímero biodegradable, soluble en agua, compatible con todo tipo de aditivo de fluido de perforación base agua, - provee óptimas propiedades reológicas para máxima penetración y limpieza del pozo.

Puede usarse en fluidos de salmuera con altas concentraciones de electrolitos y lodos tratados con electrolitos para propósitos de inhibición tales como KCl. Usualmente se usa de 1 a

2 ppb.

Mil-Polymer 303.- Polímero de múltiples propósitos para agua fresca salmuera o saturada de cloruro de sodio o potasio. Provee óptimas condiciones de flujo ya sea como pH y control de filtración; produce viscosidad y estructura de gel en agua salada de baja concentración; efectivamente puede ser usada para estabilizar secciones de lutitas sensitivas; - protege contra daños de formación, bacteriamente estático; no requiera prehidratación para añadir a salmuera; efectivo en pozos con temperaturas de fondo superior a 300°F.



Mil-Polymer 305.- Polímero biodegradable, agente viscosificante poliacarado efectivo en perforación de pozos someros y aplicaciones Workover. Es usado en agua fresca, de mar y salmueras, no es recomendable a temperaturas mayores de 225°F.

BIBLIOTECA FIG.
ESPOL

Mil-Polymer 306.- Es una mezcla compleja de polímeros de alta tolerancia de calcio y sal, bajos esfuerzos de gel, temperatura y estabilidad de corte; puede servir como viscosificador secundario, no es sensitivo a los contaminantes.

Flosal .- Silicato mineral inorgánico que incrementa la capacidad de acarreo y la habilidad de suspensión del lodo de perforación. Viscosificador en agua fresca y salada compatible con agentes de control de filtración convencionales, recomendado con Drispac. Dependiendo de la viscosidad deseada, se añade de 5 a 10 lb/bb., y el tratamiento normal con Drispac es 2.5 a 5 lb/bb.

XC-Polymer. - Goma poliazucarada producida bacteriamente, compatible con todo aditivo de lodo base agua y estable en presencia de sales solubles. Construye viscosidad y estructura de gel que varía con la tasa de corte.

DEFLOCULANTES Y ADITIVOS DE CONTROL DE FILTRACION

Unical. Lignosulfonato de sodio tratado de cromo, inhibe la actividad química de sólidos de arcilla, es extremadamente flexible, trabaja en sal, calcio y agua fresca. Funciona eficientemente como:

Defloculante y agente de control de pérdida de fluidos

Emulsificador de aceite diesel

Protector de zonas de producción sensitivas contra todo daño de tipo expansivo de arcillas.

Estabilizador de lodos base agua a Temperaturas mayores de 350°F

Defloculantes de lodos de agua de mar

El tratamiento recomendado con Unical es:

Sistema Inhibido 8 - 10 lb/bb.

Defloculante en lodo agua de mar 4 - 6 lb/bb.

Estabilizar T 350°F 8 - 10 lb/bb.

Defloculante lodo agua fresca 1 - 3 lb/bb.

Mil Temp. - Polímero defloculante de bajo peso molecular, efectivo en estabilizar las propiedades reológicas y filtración de fluidos base agua a elevadas temperaturas; compatible con otros aditivos, actúa en un amplio rango de pH, baja acción



BIBLIOTECA FIC I
ESPOL

espumante. Es recomendado cuando la temperatura del fondo del pozo reduce la efectividad de lignosulfonatos de cromo y usados contaminantes como sal, yeso y cal tienen efectos adversos mínimos sobre el rendimiento de este aditivo.

Ferro Cal. - Defloculante primario, controla la tasa de filtración e inhibe la actividad química de los sólidos de arcilla cuando es usado en concentraciones adecuadas.

En un sistema Inhibido 8 - 10 ppb.

Defloculante de lodo agua de mar 4 - 6 ppb.

Temperaturas a 275° - 300°F 8 - 10 ppb.

Defloculante lodo de agua fresca 1 - 3 ppb.

Para control de filtrado, se usa de 2 a 6 lb/bb. Como un co-loide primario en lodo de pocos sólidos, la adición de 4 a 7 lb/bb. provee buenas propiedades.

Drispac. - Polímero celulósico polianiónico que controla el filtrado y es viscosificador en lodos salados, inmune al ataque de bacterias, estable a temperaturas mayores a 300°F. La característica de limpieza del hoyo en lodo de agua salada es aumentada con la adición de 2 a 5 lb/bb. de flosal. Concentraciones usadas:

En agua fresca 0.5 a 1 lb/bb.

En agua salada 1 a 2 lb/bb.

Lo Loss. - Hidrocoloide orgánico natural de origen leguminoso, poco efectivo en pH sobre 9 y en aguas de concentración de calcio sobre 250 ppm. Incrementa la viscosidad y reduce la pérdida de



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

fluidos en aguas salobres sin sólidos u operaciones Wor-
kover. El tratamiento normal en agua salada es de 1 a 2
lb/bb.



MATERIALES DE PERDIDA DE CIRCULACION

BIBLIOTECA FIC1
ESPOL

- Mil Cedar Plug.* - Controla la pérdida de circulación, es de fibra de -
madera de cedro, forma una barrera de cerramiento en la -
zona porosa ó fracturada para ayudar a mantener la circu-
lación.
- Mil Fiber.* - Controla la filtración, de fibra de caña de azúcar con -
azúcares fermentables, forman un sello efectivo.
- Mil Flake.* - Hecho de celofán, produce máximo taponamiento, mantiene -
cada partícula palana cuando se deposita en la formación,
es químicamente inerte en presencia de agua, aceite crudo
ácidos, salobre ó cualquier aditivo común de lodo de per-
foración.
- Chemtrol X.* - Agente de acondicionamiento de lodo base agua multiuso, -
el cual exhibe alta tolerancia para contaminaciones de -
sal y calcio, así como extremadas temperaturas de opera-
ción, provee excelente control de filtración y estabili-
dad reológica por desarrollo de agua fresca, salobre, de
mar; especialmente benéfica a elevada temperatura de fon-
do de pozo donde la pérdida de fluido y gelatinización -
del lodo son problemas comunes.
- Milcon.* - Componente tipo lignítico altamente soluble, controla -
filtración y emulsión en sistemas de lodo de contenido -
de cloruros y otras sales solubles, estable a elevadas -

temperaturas.

como emulsificador 2 a 4 lb/bb.

control suplementario de filtración 2 a 8 lb/bb.

CONTROL DE PERDIDA DE FLUIDO Y FORMACION DE VISCOSIDAD

Milchem CMC.- Carboximetilcelulosa de sodio, es un coloide orgánico de larga cadena el cual imparte viscosidad y reduce la pérdida de fluido. Se lo encuentra en 2 grados: Alta viscosidad usado de 0.1 a 1.0 lb/bb. y Grado Regular de 0.25 a 2 lb/bb. Es estable a temperaturas superiores a 300°F, no está sujeta a fermentación bacterial.



Milstarch.- Almidón de alto grado, pregelatinizado; usado principalmente para reducir la pérdida de fluido en lodos de salmuera y saturados de sal.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

El tratamiento normal requiere de 2 a 6 lb/bb. Cuando es usada en lodos con concentraciones de electrolitos menores a la saturación, ó en lodos de agua fresca con un pH menor a 11.5, un preservativo es necesario para prevenir la fermentación.

Perma Lose.- Polímero orgánico hidrofílico protector contra ataque bacterial, controla la pérdida del fluido en todo lodo de perforación base agua; es efectivo en lodos pesados y livianos para un amplio rango de pH.

Mílmica.- Mica mineral no abrasiva, viene en tamaño fino ó grueso. La mica fina controla la pérdida de circulación cuando la zona es anticipada, puede pasar por las lutitas sin interferir -

las normales operaciones de perforación. La mica gruesa es efectiva en prevenir la pérdida de circulación en formaciones porosas.

Milplug.- Material granular de cáscara de nuez de alto poder, especialmente en casos de fracturación inducida. Imcompresible a altas presiones. En grado grueso, medio, fino para diferentes tipos de sellamiento.

Poly Bridge.- Polímero orgánico y químicos inorgánicos. Puede mezclarse en agua fresca, salada o aceite en emulsión de agua, controla el pH, el tapón plástico puede revertirse a fluído por acidificación.

Diaseal M.- Material terrestre diatomáceo compuesto por alga unicelular, cal y atapulgita, forman un sólido tapón en la zona de pérdida de circulación por alta filtración.



LUBRICANTES Y ADITIVOS DE CONTROL DE ARCILLAS

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Lubri Film.- Componente orgánico ácido grado metálico duro dispersible en agua. Recomendable para lubricar sistemas base agua sujetos a temperaturas mayores a 200°F, protege contra la corrosión, reduce el torque, previene el atacamiento de la pared lateral, reduce la fricción.

Lubri Sal.- Lubricante biodegradable dispersible, no contaminante, usado donde se experimenta un excesivo torque; puede añadirse lodos salados o pesados sin afectarlos en sus características

Concentraciones para salmuera .25 - .5 % volumen

concentraciones para lodos pesados 1 a 2 % volúmen

Super Shale-Trol 202.- Aditivo que previene que la mecha se redondee y que el flujo lineal tapone mientras se perfora arcillas; es efectivo en agua fresca o salada, compatible con viscosificadores como arcillas, asbestos o polímeros.

La arcilla debe ser prehidratada en agua fresca de lo contrario se reduce su rendimiento. El tratamiento inicial es de 3 a 5 ppb. Las propiedades reológicas se mantienen de la manera usual con defloculantes convencionales, agua y equipo de control de sólidos.



SURFACANTES Y DETERGENTES

Atlosol-Compuesto surfactante, mezclado aniónico, no es corrosivo, efectivo emulsificador para aceite diesel o crudo en agua fresca o salada humedece de aceite y lubrica, resultado menor torque.

BIBLIOTECA FIC.
ESPOL

Milchem MD.- Detergente del fluido de perforación y agente humectante reduce la esfericidad de los cortes de arcilla, incrementando la tasa de penetración y reduciendo la tensión superficial de la fase fluida reduce el torque, arrastre - emulsifica, utilizado en perforación superficial. Se recomienda de 0.02 a 0.04 gal/Bh^b de lodo.

ANTIESPUMANTES

LD- 8 No tiene base de hidrocarburo, aplicable en agua fresca y salada, biodegradable, no es tóxico, permanece efectivo -

durante un gran período después de su acción inicial. Agitación rigurosa para controlar la espuma ocasionada por polímeros que se caracterizan por su alto rendimiento a radios de viscosidad plástica.

AGENTES ESPUMANTES

Ampli Foam. - Recomendable para espesar la espuma en presencia de alto contenido de calcio soluble ó agua salada.

Gel Air. - Biodegradable, surfactante aniónico para formular una emulsión de aire en lodo muy estable. Estabiliza una espuma excesiva en un fluido de perforación base agua.



ADITIVOS PARA CONTROL DE CORROSION

Aquatec. - Líquido formador de película, amina soluble en agua, inhibidor de corrosión en cualquier agua en que no estén presentes sólidos. Puede añadirse directamente a la solución acuosa con agentes espumantes.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Scale-Ban. - Polímero acrílico de bajo peso molecular inhibidor. Rápidamente soluble en agua y estable a temperaturas elevadas. Usado en fluidos de perforación base-agua. Previene la deposición de carbonatos y sulfatos en la tubería de perforación y otros equipos.

QUIMICOS

Soda Cáustica. - Hidróxido de sodio (NaOH , $\text{pH} = 14$), componente altamente alcalino usado para el control del pH en fluidos base agua. Adiciones de soda cáustica son influenciadas

por factores como dilución, tipo y cantidad de materiales añadidos al lodo, tipo y cantidad de formación perforada, y contaminación encontrados. Puede incrementar la reología en lodos ligeramente tratados, para obtener mejores resultados se añade el agua con un defloculante para un barril quico y a tasa baja.

Soda Ash.- Carbonato de sodio (Na_2CO_3 , pH = 11.5), químico seco usado para precipitar ión calcio en lodos base agua, muy usado cuando se perfora anhidrita (CaSO_4).

BIBLIOTECA



FACULTAD GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEO



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ANALISIS EXPERIMENTAL

El trabajo práctico fue realizado completamente en el laboratorio de perforación del Departamento de IGMP de la ESPOL; salvo las muestras de agua de mar y agua preparada con sal, cuyas salinidades fueron determinadas en el Instituto Oceanográfico de la Armada, utilizando un salómetro de conductividad KAHLSTICO.

A continuación se presenta un listado de las propiedades determinadas y el equipo empleado para cada caso:

Propiedad FísicaEquipo

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Densidad o peso del lodo

Balanza de lodo

Viscosidad Aparente

Viscosímetro Fann VG mod. 35

Viscosidad Plástica

Viscosímetro Fann "

Punto Cedente (V_p)

Viscosímetro Fann "

Gelatinosidad Inicial (G_i)

Viscosímetro Fann "

Shearómetro Baroid

Gelatinosidad a 10' (G_{10})

Viscosímetro Fann "

Shearómetro Baroid

Filtrado

Filtro-Prensa ordinario tipo

Baroid

Costra

Filtro-Prensa ordinario tipo

Baroid - Regla graduada 1/32"

Contenido de Arena	Medidor de arena (Cedazo)
Potencial de Hidrógeno (pH)	Potenciómetro Beckman Papel pHdrión
Salinidad	Salinómetro KAHLSTICO

Para el desarrollo experimental del presente trabajo, se emplearon las conversiones entre unidades de campo y de laboratorio; cuando en el laboratorio se hable de 1 barril, significará 350 cc.; y cuando se hable de lb/bb, es lo mismo que gm/350cc. Las instrucciones necesarias para este tipo de trabajo han sido llevadas, especialmente en lo que se refiere a las relaciones ya mencionadas; cuando se añade un aditivo de cualquier tipo se agita la muestra por lo menos 5 minutos, antes de realizar cualquier análisis.

El procedimiento de prueba seguido para observar la variación de las propiedades reológicas en lo que respecta al uso de aditivos es el siguiente:

En primer lugar se realizó una prueba comparativa de rendimiento entre la arcilla Milgel en agua fresca (potable) y Salt Gel (Atapulgita) en agua de mar de 35.354,8 ppm. de sales y Milgel prehidratada en agua salada de 35.000 ppm. de NaCl, cuyos resultados constan en las tablas 1 y 2 y las curvas de rendimiento en el gráfico 1.

Luego se realizó una prueba de variación de las propiedades reológicas respecto a la concentración de arcilla rehidratada (Milgel) en un lodo de base agua salada de 35.000 ppm. de NaCl; los resultados constan en la tabla 2, y las curvas de concentración vs. las diferentes propiedades determinadas en el gráfico 2. En vista de que se observa una pérdida de filtrado excesiva, se procede a realizar una prueba de control de las mismas propiedades utilizando Milgel prehidratado con la adición

del defloculante Unical a las concentraciones de 1.1% y 1.71% de peso, en un lodo de base agua salada de 35.000 ppm. de NaCl., cuyos resultados y curvas corresponden a la tabla 3 y los gráficos 3a y 3b respectivamente.

Con el propósito de examinar el rendimiento de cada aditivo por separado, y siguiendo con el mismo tipo de lodo (Milgel prehidratada), en este caso se adiciona el polímero de control de filtrado Drispac a dos concentraciones diferentes: .286% y .571% de peso, en la tabla 4 y gráficos 4a y 4b, se encuentran los valores de las propiedades determinadas y las curvas correspondientes para una concentración de arcilla que varía de 10 a 30 lb/bb, de peso.

Posteriormente se procede a realizar una prueba para analizar los efectos producidos al utilizar conjuntamente el Unical con una concentración de 1.1% de peso y el Drispac con una concentración de .286% de peso en este lodo preparado con Milgel prehidratado en base agua salada de 35.000 ppm. de NaCl.

Los resultados y las curvas correspondientes están expuestos en la tabla y gráfico 5, luego se realiza una prueba para observar la variación de las propiedades reológicas en el lodo de base agua salada de 35.000 ppm. con Milgel prehidratada, .5% de peso de Unical, .57% de peso de Drispac y .2 % de peso de soda Cáustica, la cual ayuda a controlar el pH; los resultados y curvas respectivas corresponden a la tabla y gráfico 6.

Finalmente se realiza una prueba en la que se trata de observar la variación de las propiedades empleando las concentraciones que a nuestro



BIBLIOTECA FICM

ESPOL

criterio son las más adecuadas, las mismas que han sido deducidas de las pruebas anteriores; por lo tanto para este caso se emplea Milgel-prehidratado en concentraciones que van de 10 a 20 lb/bb, .25% de Unical, .57% de Drispac, 16.2 % de Barita y .4 % de Soda Cáustica en el lodo de base agua salada de 35.000 ppm. de NaCl. Los resultados están expuestos en la tabla 7 y las curvas respectivas en el gráfico 7. Los detalles y observaciones respectivas de cada una de las pruebas realizadas son analizadas en el siguiente capítulo de discusión de resultados.

A más de determinar la variación de las propiedades reológicas cuando se utilizan distintos aditivos a diferentes concentraciones en un fluido de perforación, se realiza un análisis de los gradientes promedios de presión que pueden ejercer cada una de las columnas de lodo que se obtendrían, considerando los valores de densidad tabulados para cada una de las pruebas realizadas, y comparando con los datos obtenidos bibliográficamente correspondientes a los pozos productores del campo - Amistad del Golfo de Guayaquil. La variación de presión respecto a la profundidad para cada gradiente determinado de los diversos lodos salados experimentados se presenta en la tabla 8 y las curvas en gráficos 8a y 8b.



BIBLIOTECA FICT
 ESPOL

1A

ARCILLA		L600	L300	Va	Vp	Yp
Peso	% Peso			(Cps)	(Cps)	(lb/100 pie ²)
10	2.86	6.3	4.0	3.15	2.3	1.7
15	4.28	10.5	6.75	5.25	3.75	3.0
20	5.71	19.0	12.75	9.5	6.25	6.5
25	7.14	34.25	24.0	17.14	10.25	13.75
30	8.57	62.0	46.5	31.0	15.5	31.0
40	11.43	117.5	93.0	58.75	24.5	68.5

1B

ARCILLA		L600	L300	Va	Vp	Yp
Peso	% Peso			(Cps)	(Cps)	(lb/100 pie ²)
10	2.86	6.5	5.5	3.25	1.0	4.5
15	4.28	7.5	6.25	3.75	1.25	5.0
20	5.71	23.5	20.5	11.75	3	17.5
25	7.14	29	25.5	14.5	3.5	22.0
30	8.57	51	45.0	25.5	6.0	39.0
40	11.43	124.5	112.5	62.25	12.0	100.5

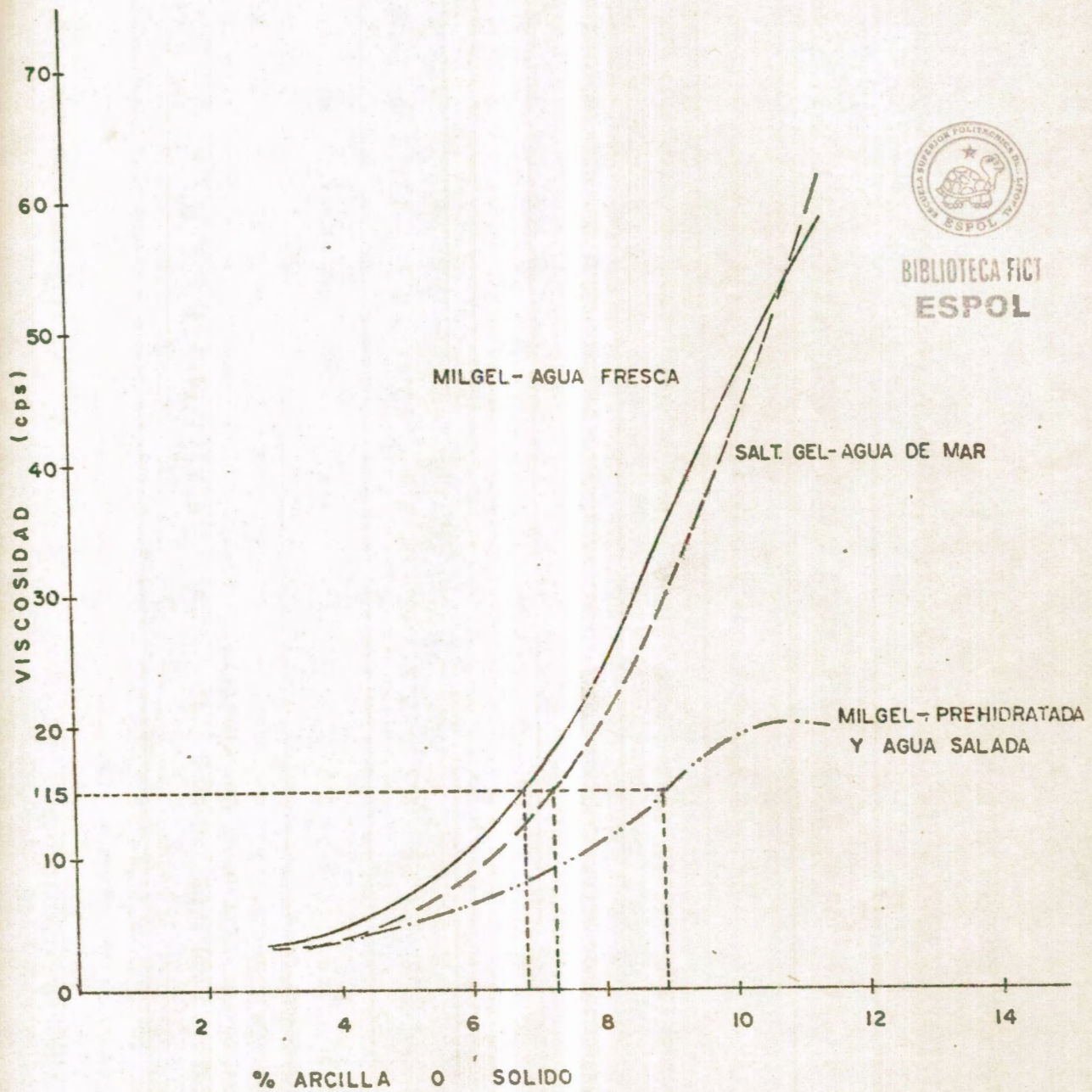
Tabla 1.- Variación de la Viscosidad Aparente, Plástica y Punto Cedente Respecto a la concentración de Arcilla.

1A - Milgel en agua fresca

1B - Saltgel en agua de mar (35.354,8 ppm Cl⁻)

BIBLIOTECA FICT
ESPOL



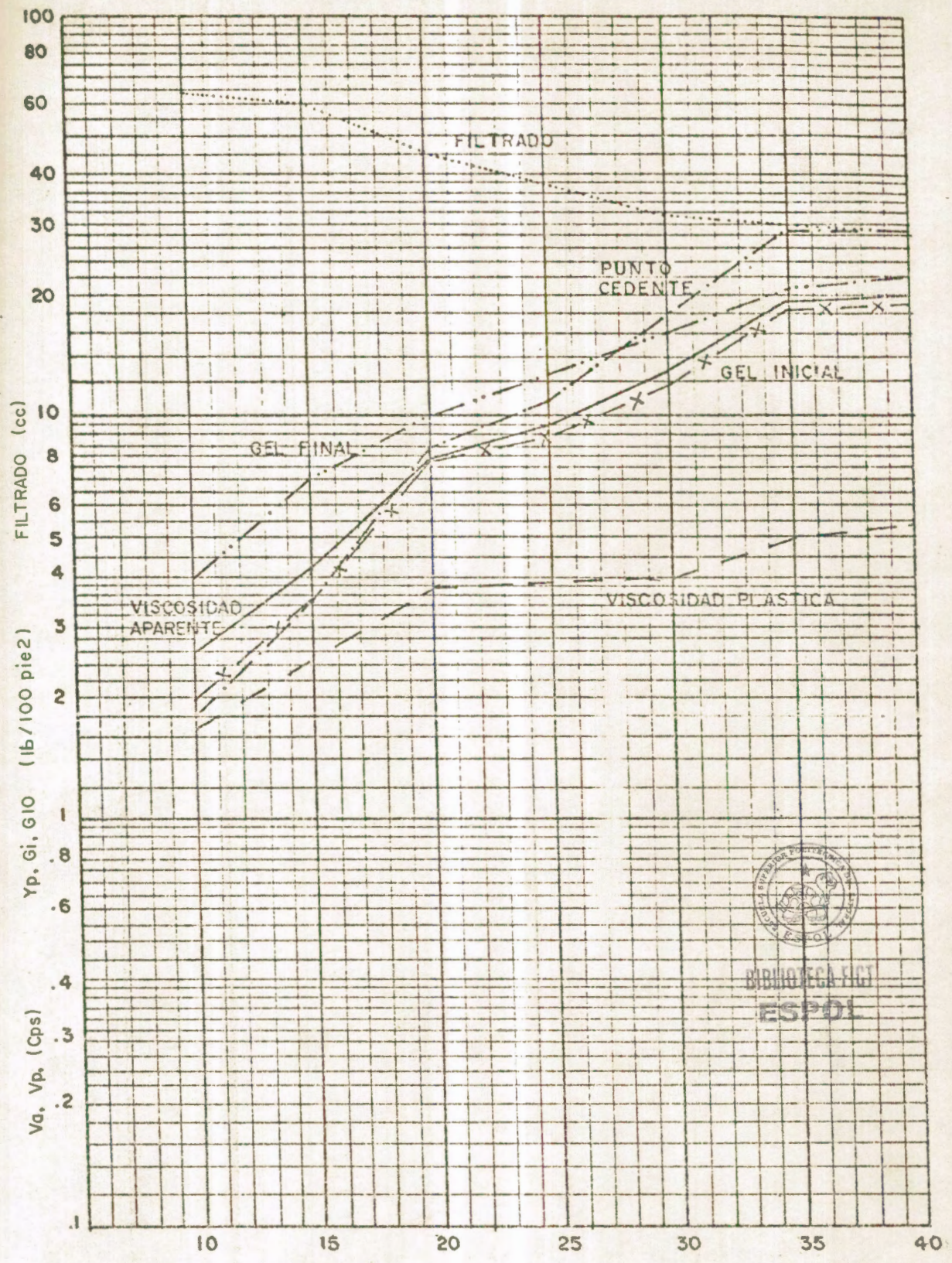


BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Gráfico 1. COMPARACION DE LAS CURVAS DE RENDIMIENTO DE LAS ARCILLAS MILGEL EN AGUA FRESCA, MILGEL PREHIDRATADA EN AGUA SALADA (35.000 ppm. NaCl) Y SALT GEL EN AGUA DE MAR (35.354,8 ppm)

ARCILLA		p	L 600	L300	Va Cps	Vp Cps	yp lb/100pie ²	Gi	G10	Filtr. cc.	p ^H lodo	p ^H filt	Esp. Cont.	
Peso lb/Bb	% Peso												Cost	Arena 1/32" %
10	2.86	8.55	5.2	3.5	2.6	1.7	1.8	2.0	4.0	64.0	6.6	6.7	2	.2
15	4.28	8.6	8.5	6.0	4.25	2.5	3.5	3.5	7.0	60.4	6.6	6.6	2	.2
20	5.71	8.6	16.0	12.2	8.0	3.8	8.4	8.0	10.0	45.6	6.6	6.6	2	.3
25	7.14	8.6	19.0	15.0	9.5	4.0	11.0	9.0	12.5	37.6	6.5	6.7	2	.3
30	8.57	8.65	26.0	22.0	13.0	4.0	18.0	12.0	16.0	31.6	6.4	6.7	2.5	.3
35	10.00	8.7	39.0	34.0	19.5	5.0	29.0	18.5	20.5	30.0	6.4	6.7	3	.4
40	11.43	8.75	40.0	34.5	20.0	5.5	29.0	19.0	22.0	28.4	6.4	6.7	3	.4

TABLA 2: Variación de las Propiedades Reológicas con la Concentración de Arcilla Milgel Prehidratada en un lodo Base Agua Salada (35.000 ppm)



MILGEL prehidratada (lb/Bb)

Gráfico 2 CONCENTRACION DE MILGEL PREHIDRATADA vs. Va, Vp, Yp, Gi, GIO FILTRADO EN UN LODG BASE AGUA SALADA (35.000 ppm)

ARCILLA	UNICAL		P lb/gal	L600	L300	Va Cps	Vp Cps	Yp lb/100pie ²	Gi	G10	Filtr. cc.	pH lodo	pH oil	Esp Cost 1/32"	Cont Arená %
Peso lb/Bb	%Peso	%Peso													
10	2.86	1.1	8.6	5	3	2.5	2.0	1.0	1.5	3.0	66.4	6.3	6.3	1.5	.2
20	5.71	1.1	8.6	9.5	5.5	4.75	4.0	1.5	2.0	5.5	30.0	6.3	6.3	1.5	.2
30	8.57	1.1	7.5	16.0	9.5	8.0	7.5	2.0	2.0	7.0	30.0	6.3	6.3	2.0	.4
10	2.86	1.71	8.6	4	2.5	2.0	1.5	1.0	2.0	2.5	57.6	6.3	6.3	1.5	.2
20	5.71	1.71	7.6	12.5	7.0	6.25	5.5	1.5	2.0	6.2	32.0	6.3	6.3	2.0	.3
30	8.57	1.71	7.6	16.5	10.0	8.25	6.5	3.5	1.5	7.0	34.4	6.3	6.4	2.0	.4

TABLA 3 - Variación de las Propiedades Reológicas con la Concentración de Milgel Prehidratada y Unical en un lodo Base agua salada (35.000 ppm)

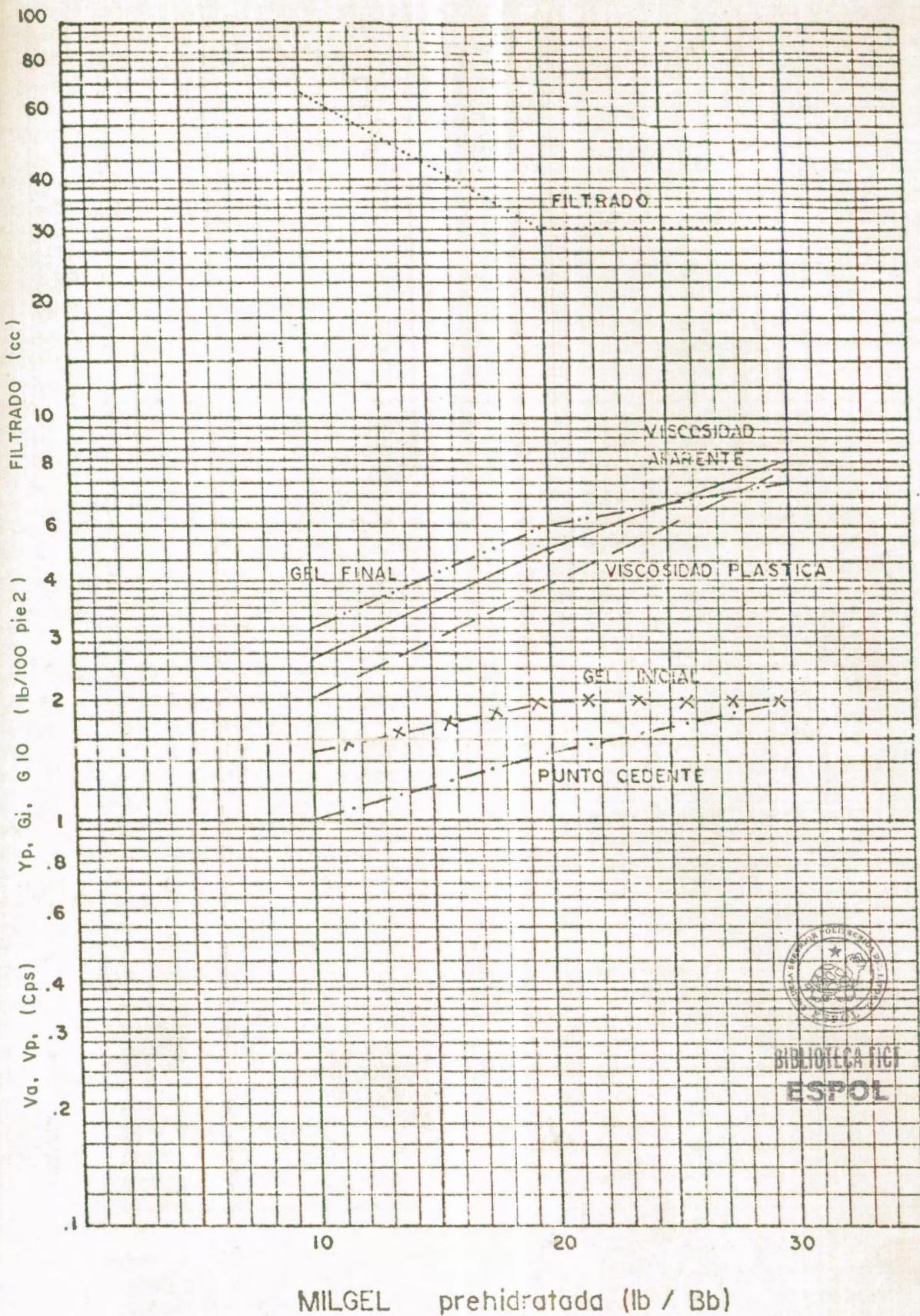
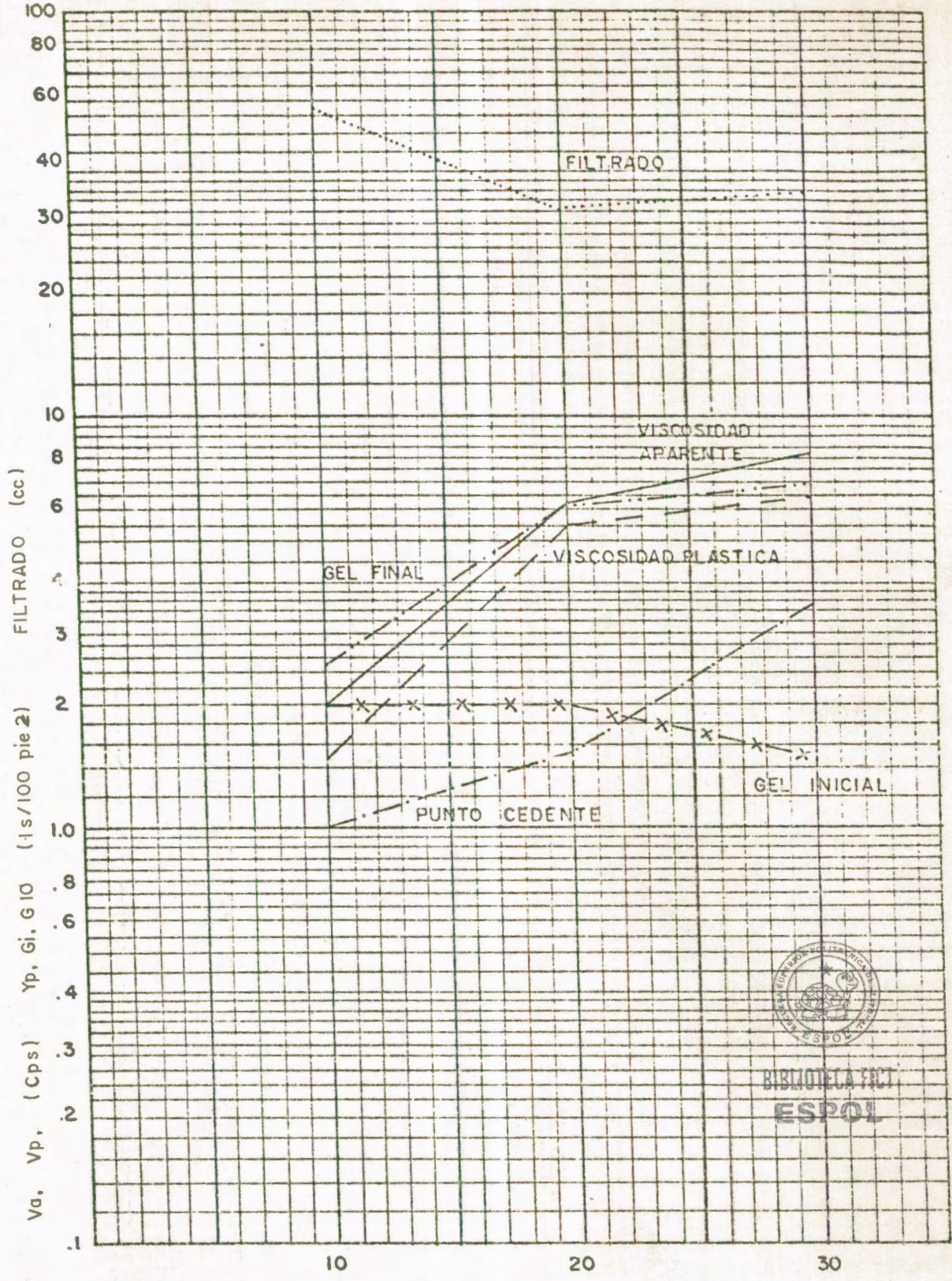


Gráfico 3a. CONCENTRACION DE MILGEL PREHIDRATADA vs. Va, Vp, Yp, Gi, G10, FILTRADO CON 1.1% EN PESO DE UNICAL EN UN LODO BASE AGUA SALADA (35.000 ppm).



MILGEL prehidratada (lb/Bb)

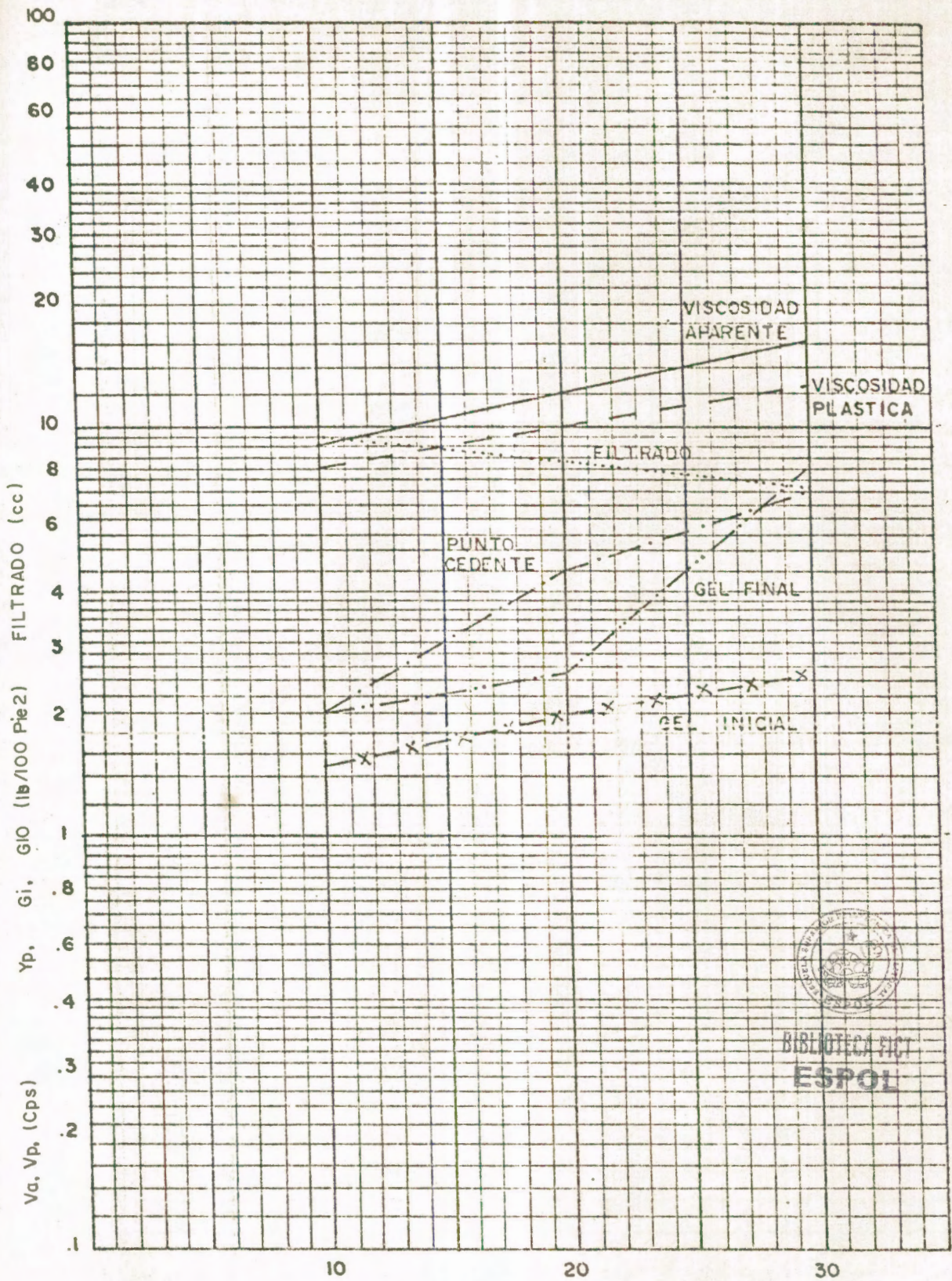
Gráfico 3b. CONCENTRACION DE MILGEL PREHIDRATADA vs. Va. Vp. Yp. Gi. G10. FILTRADO CON 1.71% EN PESO DE UNICAL EN UN LODO BASE AGUA SALADA (35.000 ppm.)

ARCILLA Peso lb/Bb	DRISPAC %Peso	DRISPAC %Peso	f lb/gal	L600	L300	Va Cps	Vp Cps	Yp lb/100pie ²	Gi	G10	Filtr. cc	pH lodo	pH Fil	Esp. Cost 1/32"	Cont Arena %
10	2.86	.286	8.5	18.0	10.0	9.0	8.0	2.0	1.5	2.0	9.6	6.8	6.9	1.0	.1
20	5.71	.286	8.68	24.5	14.5	12.25	10.0	4.5	2.0	2.5	8.4	6.8	7.0	1.0	.4
30	8.57	.286	8.67	32.0	19.5	16.0	12.5	7.0	2.5	8.0	7.2	6.6	6.9	1.0	.5
10	2.86	.571	8.5	21.0	12.5	10.5	8.5	4.0	10.0	11.5	9.6	6.8	6.9	1.0	.1
20	5.71	.571	8.7	44.0	28.0	22.0	16.0	12.0	13.0	17.0	6.8	6.6	6.9	1.0	.4
30	8.57	.571	8.8	90.5	61.0	45.25	29.5	31.5	16.0	43.0	6.0	6.8	6.9	1.0	.4

TABLA 4 - Variación de las Propiedades Reológicas con la concentración de Milgel Prehidratada y Drispac en un Lodo Base Agua Salada (35.000 ppm)

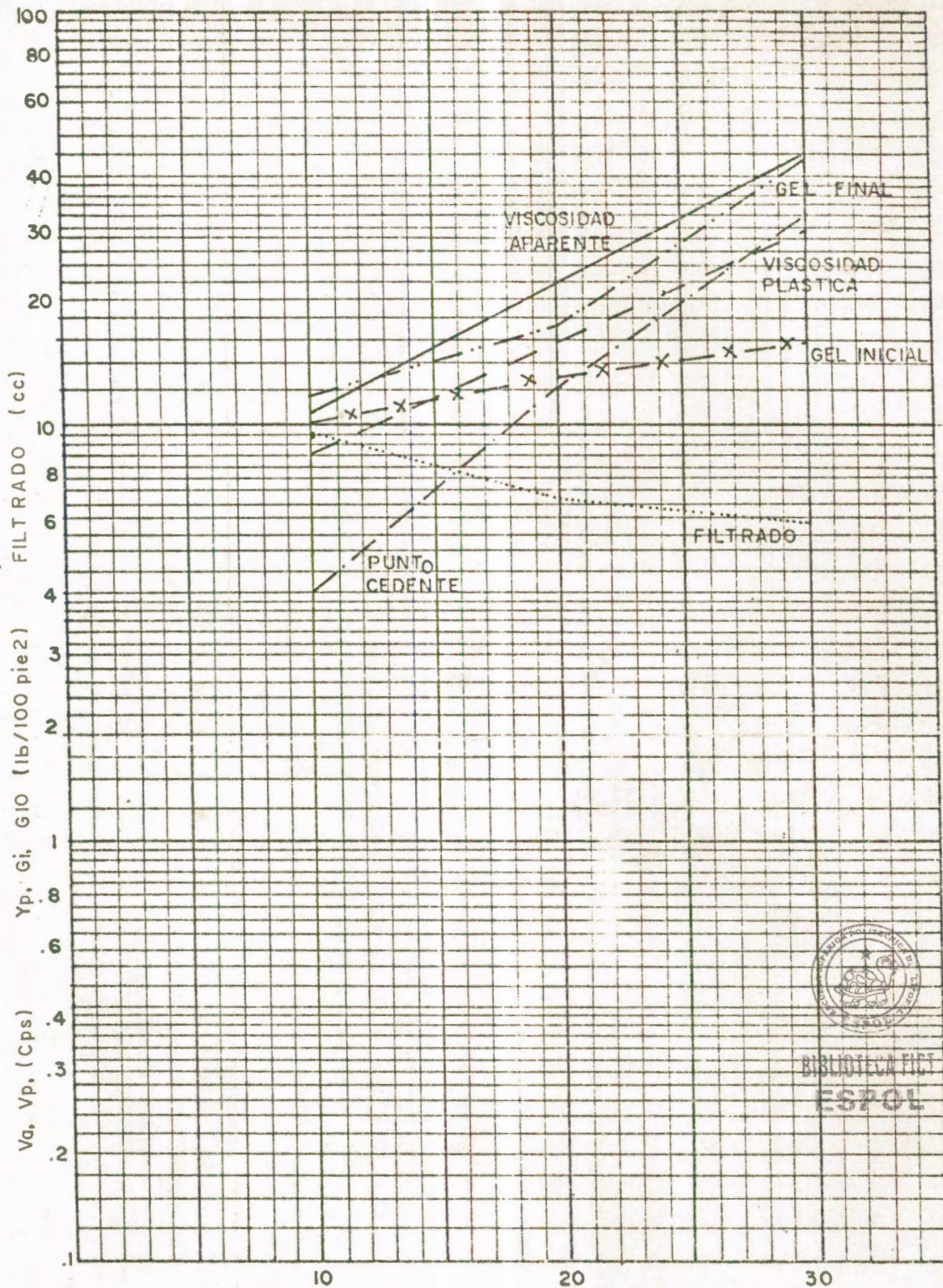
BIBLIOTECA FIC
ESPOL





MILGEL prehidrotada (lb/Bb)

Gráfico 4a. CONCENTRACION DE MILGEL PREHIDRATADA vs. Va. Vp. Yp. Gi. GIO. FILTRADO CON .286 % EN PESO DE DRISPAC EN UN LODO BASE AGUA SALADA (35.000 ppm)



MILGEL prehidratada (lb / Bb)

Gráfico 4b. CONCENTRACION DE MILGEL PREHIDRATADA vs. Va, Vp, Yp, Gi, GIO, FILTRADO CON .571% EN PESO DE DRISPAC EN UN LODO BASE AGUA SALADA (35.000 ppm.)

ARCILLA Peso lb/Bb	UNICAL DRISPAC		ρ lb/gal	L600	L300	Va Cps	Vp Cps	Yp lb/100pie ²	Gi	G10	Filtr. cc	pH lodo	pH Filtr	ESP.	CONT	
	%Peso	%Peso												Cost 1/32"	Arena %	
10	2.86	1.1	.286	8.45	18	10	9.0	8.0	2.0	2.5	4.0	99.0	6.2	6.2	----	----
20	5.71	1.1	.286	8.45	42	33	21.0	9.0	24.0	7.5	24.0	51.2	6.2	6.2	---	---
30	8.52	1.1	.286	8.50	70	50	35.0	20.0	30.0	12.0	37.0	36.4	6.3	6.4	---	---

TABLA 5 - Variación de las Propiedades Reológicas con la Concentración de Milgel Prehidratada, Unical y Drispac en un Lodo Base Agua salada (35.000 ppm)

BIBLIOTECA FIC
ESPOL



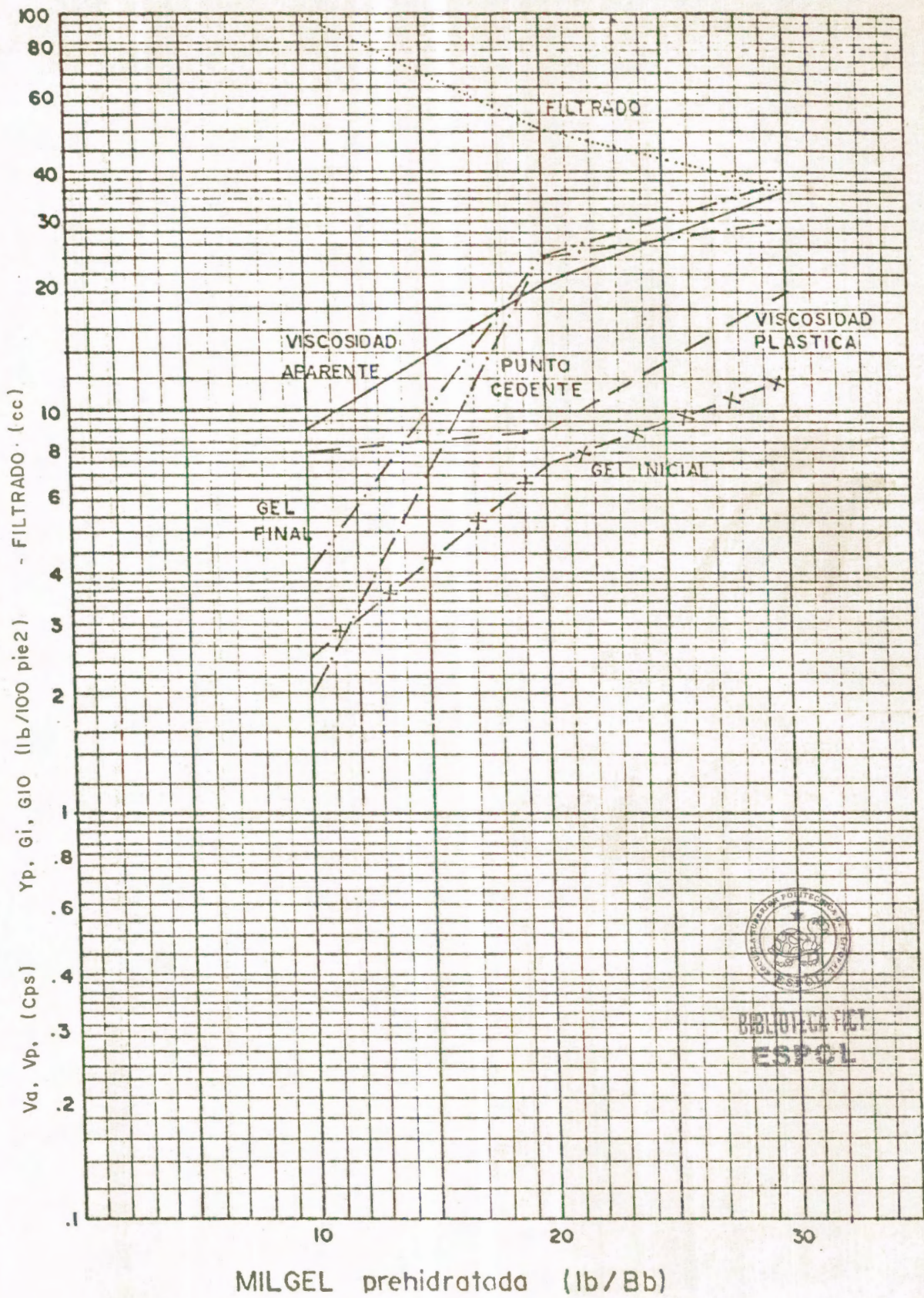


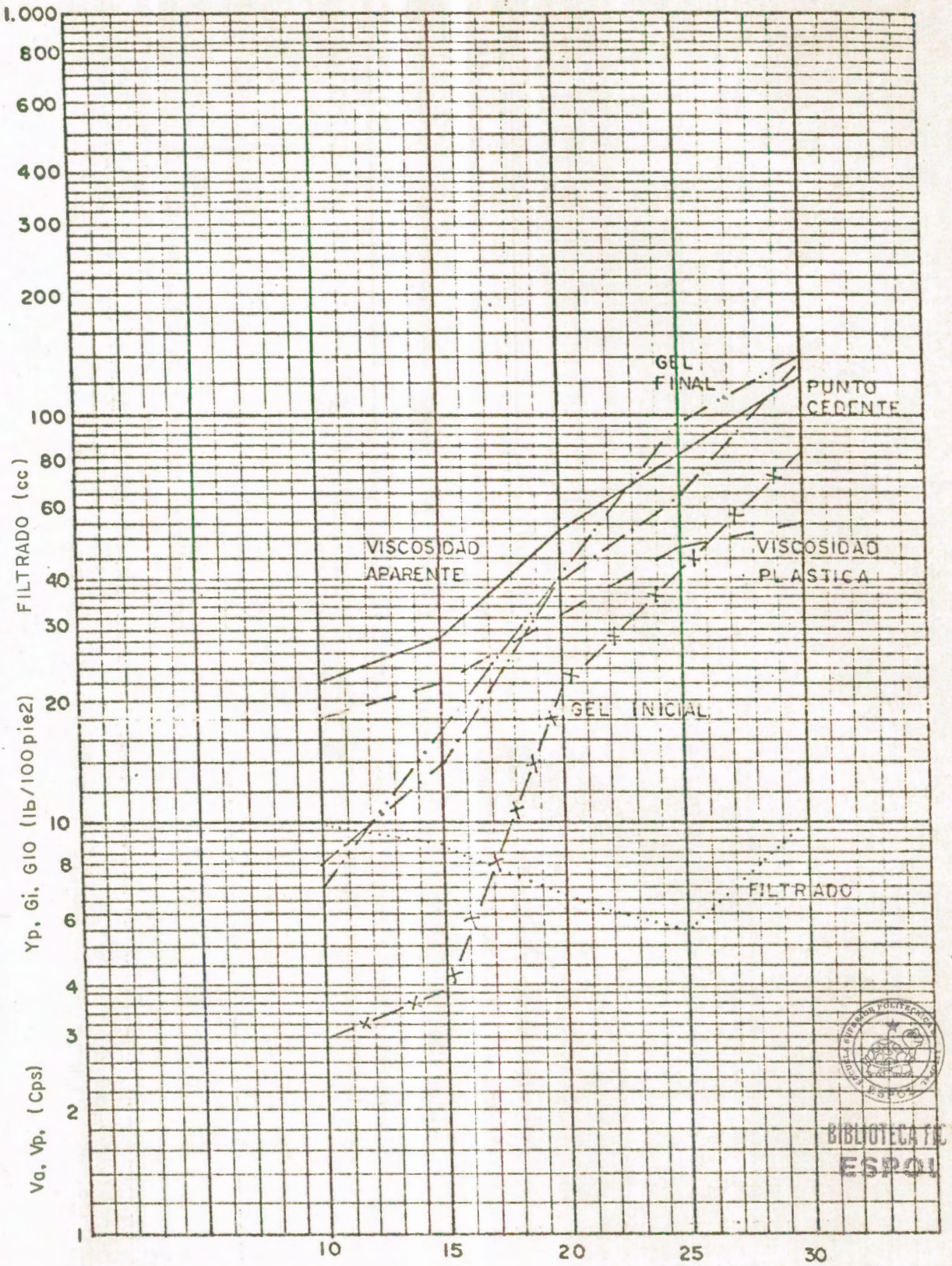
Gráfico 5 CONCENTRACION DE MILGEL PREHIDRATADA vs. Va, Vp, Yp, Gi, G10, FILTRADO CON 1.1% EN PESO DE UNICAL Y 2.86% DE DRISPAC EN UN LODO BASE AGUA SALADA (35.000 ppm.)

ARCILLA	UNICAL	DRISPAC	SODA														ESP. CON
Peso lb/Bb	%Peso	%Peso	%Peso	CAUST. %Peso	g lb/gal	L600	L300	Va Cps	Vp Cps	Yp lb/100pie ²	Gi	G10	Filtr cc	pH lodo	pH Filtr	Cost 1/32"	Aren %
10	2.86	.5	.57	.2	8.5	45	26.5	22.5	18.5	8.0	3	7	10	7.2	7.1	1	.2
15	4.28	.5	.57	.2	8.5	58	36	29.0	22.0	14.0	4	17	9.2	7.2	7.1	1	.2
20	5.71	.5	.57	.2	8.55	107	73.5	53.5	33.5	40.0	22	42	6.8	7.4	7.0	1	.3
25	7.14	.5	.57	.2	8.65	160	112	80.0	48.0	64.0	43	92	5.6	7.6	7.0	1	.3
30	8.57	.5	.57	.2	8.7	245	189	122.5	56.0	133.0	83	140	10.4	7.4	7.0	1	.3

TABLA 6 - Variación de las Propiedades Reológicas con la Concentración de Milgel Prehidratada, Unical, Drispac y Soda Caústica en un lodo base Agua salada (35.000 ppm).

BIBLIOTECA FCI
ESPOL





MILGEL prehidratada (lb/Bb)

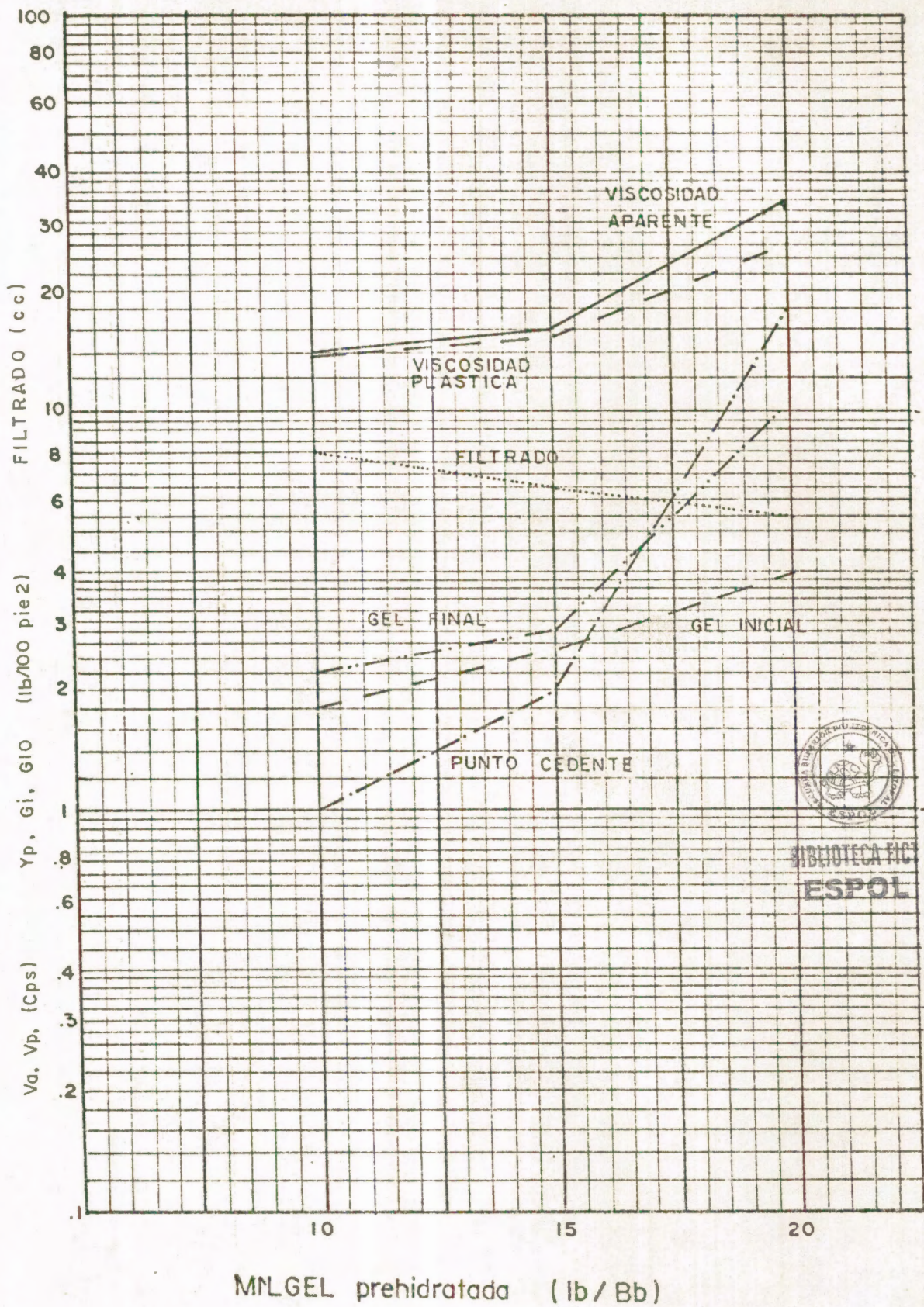
Gráfico 6 CONCENTRACION DE MILGEL PREHIDRATADA vs. V_a , V_p , Y_p , G_i , G_{IO} , FILTRADO CON .5% PESO UNICAL, .57% DE DRISPAC Y 2% DE SODA CAUSTICA EN UN LUDO BASE AGUA SALADA (35.000 ppm).

ARCILLA	UNICAL	DRISPAC	BARITA	SODA C.															ESP. CONT
Peso lb/Bb	%Peso	%Peso	%Peso	%Peso	%Peso	ρ lb/gal	L600	L300	Va Cps	Vp Cps	Yp lb/100pie ²	Gi	G10 Filtr. cc	pH lodo	pH F&L. 1/32"	Cost	Arena		%
10	2.86	.25	.57	16.2	.4	9.35	28	14.5	14.0	13.5	1.0	1.8	2.2	8.0	9.5	9.5	1		.2
15	4.28	.25	.57	16.2	.4	9.4	32	17	16.0	15.0	2.0	2.5	2.8	6.4	9.5	9.5	1		.2
20	5.71	.25	.57	16.2	.4	9.62	69	43.5	34.5	25.5	18.0	4.0	10.5	5.4	9.5	9.5	1		.3
25	7.14	.25	.286	16.2	.4	9.65	43	27	21.5	16.0	11.0	5.0	20	10.8	9.5	9.5	1		.3
30	8.57	.25	.286	16.2	.4	9.72	67.5	47	33.7	20.5	26.5	16.0	42	8.0	9.5	9.5	1		.4

TABLA 7 - Variación de las Propiedades Reológicas con la Concentración de Milgel Prehidratada, Unical, Drispac, Barita y Soda Caústica en un Lodo Base Agua Salada (35.000 ppm)

BIBLIOTECA FIC
ESPOL





BIBLIOTECA FIC
ESPOL

Gráfico 7 CONCENTRACION DE MILGEL PREHIDRATADA vs. Va, Vp, Yp, Gi, GIO, FILTRADO CON .25% PESO DE UNICAL, .57% DRISPAC, 16.2% BARITA, 4% SODA CAUSTICA EN LODO BASE AGUA SALADA (35.000 ppm)

	M	M/U	M/D	M/D	M/U/D	M/U/D/S	M/U/D/B/S
Profundidad	Tabla 2	T - 3	T - 4	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7
Pies	Gráfico 2	G - 3	G - 4a	G - 4b	G - 5	G - 6	G - 7
	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi
1000	455	447	451	457	442	452	500
2000	910	894	902	914	884	904	1000
3000	1365	1341	1353	1371	1326	1356	1500
4000	1820	1788	1804	1828	1768	1808	2000
5000	2275	2235	2255	2285	2210	2260	2500
6000	2730	2682	2706	2742	2652	2712	3000
7000	3185	3129	3157	3199	3094	3164	3500
8000	3640	3576	3608	3656	3536	3616	4000
9000	4095	4023	4059	4113	3978	4068	4500
10000	4550	4470	4510	4570	4420	4520	5000

TABLA 8 - Variación de Presión con Profundidad para cada Gradiente Determinado de los Diversos lodos Salados Experimentados.



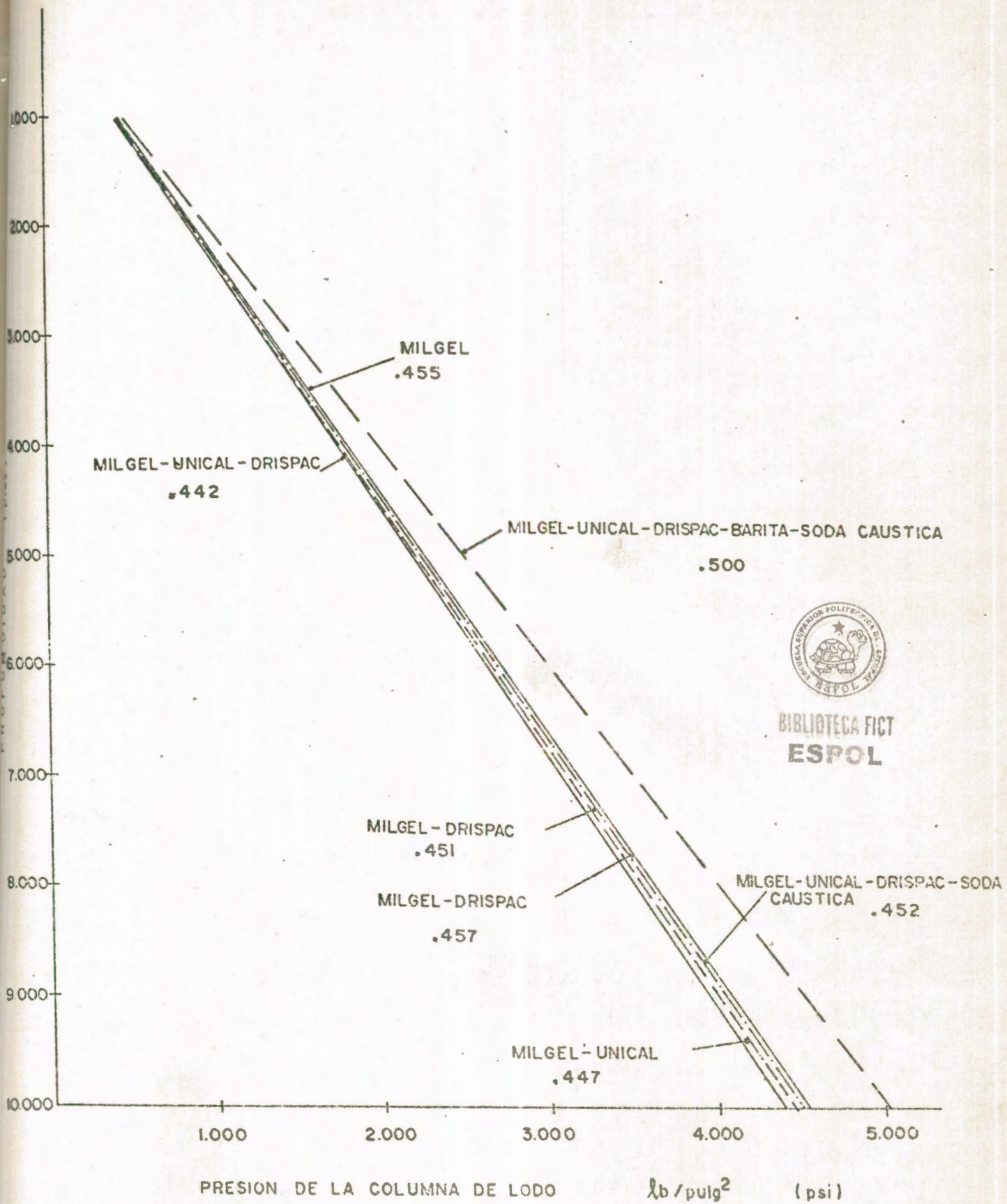
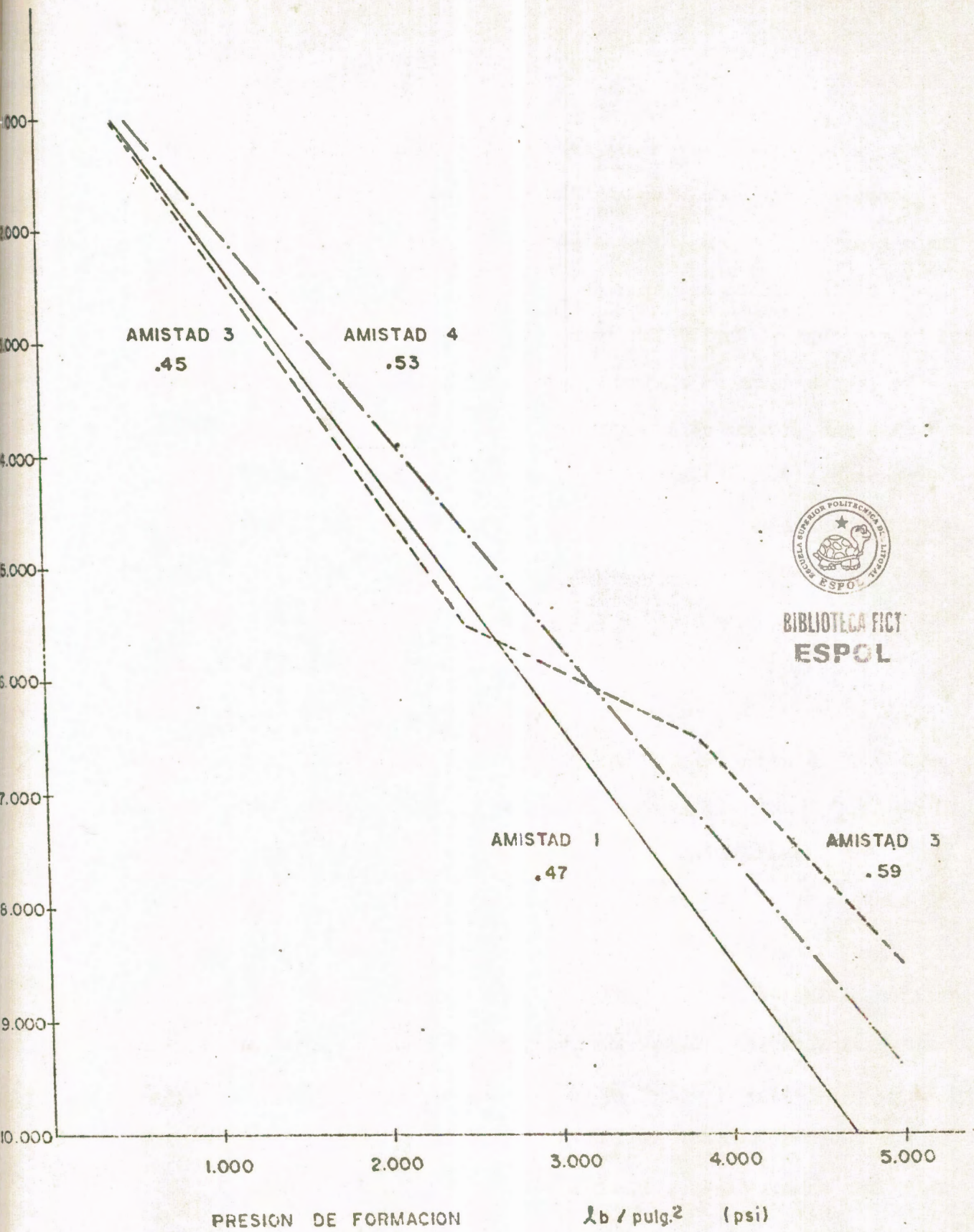


FIG. 87. GRADIENTES PROMEDIOS DE PRESION QUE SE OBTENDRIAN MEDIANTE



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

FIG. 8b. GRADIENTES TÍPICOS DE PRESION OBTENIDOS EN EL CAMPO AMISTAD

DISCUSION DE RESULTADOS

Del análisis experimental realizado para fluidos de perforación en base agua salada se han obtenido resultados cuantitativos los cuales han sido tabulados y representados gráficamente, los mismos que a continuación son discutidos; así tenemos que para los valores de la tabla 1 y 2, se observa un rendimiento mayor del Milgel en agua fresca que es de 80.55 Bb/ton.; para el Milgel prehidratado en agua salada, el rendimiento fué de 60.73 Bb/ton. y del Salt Gel en agua de mar fué de 75.88 Bb/ton.; valores que son bastante aceptables, considerando que la salinidad es de alrededor de 35.000 ppm. De esta prueba se deduce que la Bentonita disminuye su rendimiento conforme aumenta la concentración de sales, pues ésta se hidrata en agua fresca y en agua salada con un contenido máximo de 10.000 ppm. de sales, por lo cual es necesario prehidratarla cuando la salinidad es mayor, ó tratar con Atapulgita (Salt Gel) que por su estructura en forma de agujas se hidrata en esta clase de agua; el rendimiento en este caso de la Bentonita sufre una disminución del 24.6% de su valor original.

De la tabla 2 que presenta los valores para un fluido de perforación base agua salada de 35.000 ppm. con Milgel prehidratada, se observa que la densidad varía entre 8.55 y 8.75 lb/gal para concentraciones de arcilla que van de 10 a 40 lb/Bb., valores aceptables desde el punto de vista comparativo con los gradientes de presión registrados en el pozo Amistad 3 del Golfo de Guayaquil para un rango de profundidad de 4.000' a 5.000'. Los valores de viscosidades y esfuerzos de gel registrados son menores respecto a los obtenidos en el lodo preparado con Salt Gel y agua de mar de 35.354,8 ppm de sales; pero se observa así-

mismo un incremento de ellos conforme aumenta el porcentaje de arcilla, con una tendencia a estabilizarse a partir de las 30 lb/Bb. La pérdida de filtrado es muy elevada siendo necesario el empleo de un adecuado aditivo para su control. El pH tanto del lodo como del filtrado se mantiene en un rango débilmente ácido; el espesor de costra varía entre 2/32" y 3/32"; el contenido de arena es normal y varía entre 2% y 4%. Es necesario observar que la prehidratación de la bentonita (Milgel) se realizó en agua fresca por más de 30' para luego preparar el lodo sometido a prueba.

Respecto a los valores registrados en la tabla 3, se observa un cambio brusco en el valor de la densidad para las dos concentraciones utilizadas de Unical así cuando tenemos 30 lb/Bb de arcilla prehidratada y 1.1% de Unical se registra una densidad menor que la del agua, lo cual se debe a la gran cantidad de espuma formada; esta variación de densidad es más acentuada cuando se aumenta el porcentaje de Unical así a 20 lb/Bb de arcilla y 1.71% de Unical ya se tiene un valor menor que del agua (8.33lb/gal). Los valores de densidad normales de esta prueba generan un gradiente igual a .447 psi/pie que es aceptable para presiones de formación no muy elevadas. Los valores de viscosidad y esfuerzos de gel son aún bajos respecto a los de la tabla 1, aumentando con el incremento de arcilla; la pérdida de filtrado mantiene sus valores elevados aunque se observa una reducción con el aumento del porcentaje de arcilla y la tendencia a estabilizarse a partir de las 20 lb/Bb., A las concentraciones indicadas del defloculante Unical, el pH tanto del lodo como del filtrado se mantienen en un rango débilmente ácido; valores normales para espesor de costra y contenido de -



BIBLIOTECA FICP
ESPOL

arena se registran. Cabe indicar que en la presente prueba, el Unical a las concentraciones aplicadas en el lodo base agua salada con Milgel prehidratada ejerce una acción como defloculante, pero con una acción espumante excesiva que afecta la densidad del lodo a pesar que se dejó la muestra en reposo por 24 horas; recomendándose por lo tanto reducir el porcentaje de Unical al mínimo en que actúe bien como defloculante.

Para el análisis de la variación de las propiedades reológicas de un lodo salado cuando se aplica Milgel prehidratada y Drispac, se obtienen valores como los tabulados en la tabla 4, donde la densidad varía de 8.5 a 8.68 lb/gal para una concentración de .286% de Drispac y de 8.5 a 8.8 lb/gal para una concentración de .571% de Drispac; valores que generan gradientes de presión de .451 psi/pie y .451 psi/pie respectivamente, que son aplicables para la perforación de los primeros miles de pies de profundidad de un pozo, como se menciona en el caso anterior. Las viscosidades y esfuerzos de gel son mayores que cuando se aplica sólo Unical, e incrementan a mayor porcentaje de arcilla; el filtrado por la acción directa del Drispac se ve reducido grandemente con respecto a los valores registrados en la tabla 3, notándose también una reducción en su valor a mayor porcentaje de arcilla; el pH tanto del lodo como del filtrado se mantienen en un rango muy débilmente ácido y en algunos casos es neutro; el espesor de costra se reduce a sólo 1/32", el mismo que se dificulta en su medición debido a la formación de grumos por la mala dilución del Drispac en agua de esta salinidad; cosa similar ocurre en la determinación del contenido de arena, que varía entre .1 y .5%. Salvo las dificultades



ya anotadas, se puede decir que las concentraciones aplicadas de Drispac para el control del filtrado son aptas y trabaja efectivamente en este tipo de lodo.

En la tabla 5 se reportan los valores del efecto producido sobre las propiedades del lodo conjuntamente del Unical que actúa como defloculante y el Drispac usado para el control del filtrado y la viscosidad. La densidad en este caso que se emplean 1.1 % de Unical y .286% de Drispac, varía entre 8.45 y 8.5 lb/gal similares a los casos anteriores, y generan un gradiente de presión de .442 psi/pie. Las viscosidades aparente, plástica, punto cedente y esfuerzos de gel inicial y final presentan valores mayores que en las tablas anteriores a las mismas concentraciones individuales de cada aditivo, notándose un incremento de valores a mayor porcentaje de arcilla. Los valores de pérdida de filtrado a pesar que disminuyen a mayor concentración de arcilla, son muy elevados, lo cual probablemente se debe a la formación de espuma y grumos, lo que además dificulta la formación de una buena castra, y la determinación del contenido de arena; el pH tanto del lodo como del filtrado está en un rango ligeramente ácido. Por los resultados obtenidos es recomendable analizar el efecto combinado a diferentes concentraciones de los aditivos utilizados.

Para el caso del estudio de las propiedades aplicando a este tipo de lodo: .5 % de Unical, .57% de Drispac, y .2% de Soda Cáustica, los valores reportados en la tabla 6 determinan densidades mayores que las registradas en la tabla 5 y varían entre 8.5 y 8.7 lb/gal, generando un gradiente de .452 psi/pie; cosa similar ocurre con las viscosidades y esfuerzos de gel, los que se incrementan con el porcentaje de arcilla. Cabe indicar que el Unical a esta concentración, aún ocasio



na problemas de espuma, siendo necesario mantener la muestra en reposo por un tiempo no menor de 2 horas para determinar su densidad; además se observa que por la combinación de éstos aditivos, sobre las 20 lb/Bb de arcilla, la muestra es muy espesa, en forma de gelatina, lo cual afectaría la bombeabilidad; la pérdida de filtrado encuentra un rango bastante aceptable y sus valores varían entre 5.6 y 10.4 cc., notándose una disminución a mayor porcentaje de arcilla. La soda cáustica afecta directamente al pH del lodo, el cual presenta valores ligeramente alcalinos y en el caso del filtrado se encuentran también valores neutros de pH. El espesor de costra mantiene su valor en $1/32''$ y el contenido de arena varía de .2 a .3%.

En la tabla 7 se tabulan los valores de las propiedades determinadas para este tipo de lodo salado con la aplicación de .25% de Umicil., 57% de Drispac, 16.2 % de Barita y .4% de Soda Cáustica; la arcilla prehidratada varía en concentración de 10 a 20 lb/Bb, registrándose densidades entre 9.35 y 9.62 lb/gal donde se observa la acción directa de la Barita, pesos que son muy aplicados para la perforación de pozos hasta algunos miles de pies de profundidad, que generan un gradiente promedio de presión de .500 psi/pie que supera al gradiente de formación considerado de la recopilación bibliográfica en una capa de gas en el Golfo de Guayaquil. Las viscosidades y esfuerzos de gel incrementan sus valores con el porcentaje de arcilla; lo contrario ocurre con la pérdida de filtrado cuyos valores son muy aceptables y varían entre 5.4 y 8.0 cc. La soda cáustica en el porcentaje empleado mantiene el pH tanto del lodo como del filtrado en un rango alcalino (9.5) muy utilizado cuando existen altas concentraciones de sal que afectan al fluido de perforación. La costra alcanza un espesor de $1/32''$



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

y el contenido de arena se mantiene entre .2 y .3%. A pesar de la formación de grumos por la no muy buena dilución del Drispac en agua de esta salinidad, se obtiene un lodo bastante bueno a las concentraciones empleadas de éstos aditivos; observándose también una gran reducción de espuma.

De las pruebas realizadas en el laboratorio de fluidos de perforación se obtiene que considerando todos los casos, los gradientes de presión resultantes varían entre .442 y .500 psi/pie (tabla 8), valores que si los analizamos comparativamente con los valores de gradientes de presión registrados para los pozos Amistad 1, 3 y 4 ubicados en el Golfo de Guayaquil, los mismos que para las capas productoras de gas varían entre .45 y .59 psi/pie; observamos que son valores muy aceptables y que este tipo de lodos salados podrían tener gran aplicación en casos similares, de acuerdo a las necesidades de cada caso.

para el cálculo de los gradientes de presión se aplicó la fórmula siguiente:

Presión Hidrostática del lodo

$$P = .052 G h$$

donde : G Densidad lb/gal
 h Profundidad pies



BIBLIOTECA FICT
 ESPOL

POSIBLE APLICACION DE ESTE TIPO DE FLUIDOS EN EL AREA DEL GOLFO DE
GUAYAQUIL



La acumulación de hidrocarburos encuentra condiciones muy favorables en el sistema deltaico, y considerando que al SW del Ecuador el delta del Río Guayas (Faucher y Savoyat, 1973) se han realizado estudios geológicos-geofísicos que detectan zonas de interés científico y económico como es el caso del denominado Bloque 11 que corresponde al Campo Amistad del Golfo de Guayaquil, plataforma de rápida subsidencia que en su secuencia litológica contiene a la formación Subibaja, productora de gas en los pozos Amistad 1, Amistad 3 y Amistad 4, cuyo período va desde el Mioceno Inferior al Medio, con una tasa de producción aproximada de $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{día}$ (Apéndice A, ubicación de pozo).

La contaminación por sal como se ha mencionado anteriormente en capítulos anteriores, resulta al perforar domos de sal, a través de aguas de formación saladas como es el caso particular del Golfo de Guayaquil centro del desarrollo hidrocarburiífero costafuera del Ecuador, de donde en base a registros de pozos se determina una gran variación de salinidad del agua de formación para cada pozo^{1,35} que generalmente aumenta con la profundidad; así tenemos que para el pozo Amistad 1 los valores de salinidad van de 45 g/l a 60 g/l de NaCl; para Amistad 2, la salinidad a más de 5.000 pies de profundidad alcanza 70 g/l de NaCl; Amistad 3, llega aproximadamente a 42.000 ppm. Cl; Amistad 4, alcanza hasta 53 g/l; Esperanza 1, a una profundidad de más de 5.500 pies, la salinidad del agua de formación llega a 50 g/l; Fe 1 el agua de forma



ción es casi fresca cerca de la superficie, alcanzando cerca de 100 g/l a casi 4.000 pies de profundidad. De estos datos se observa una gran concentración de NaCl que afectará directamente al fluido de perforación, más aún si sabemos que a una concentración superior a las 10.000 ppm. la reología y la pérdida de agua se hacen más difíciles de controlar, se produce floculación, el pH disminuye, lo mismo ocurre con la viscosidad; razón por la cual se hace imprescindible transformar el lodo de agua fresca usado normalmente en este tipo de operaciones a un lodo de base agua salada, donde el principal constituyente es el mineral arcilloso Atapulgita que actúa de manera similar a la Bentonita en agua fresca, por su estructura molecular en forma de aguja puede hidratarse en agua con alto contenido de sales, y su rendimiento comparado con el de la Bentonita en agua fresca es tan solo menor aproximadamente en un 5.8%. También en un lodo de base agua salada puede ser utilizada la Bentonita pero prehidratada, la cual así mismo sufre una reducción en su rendimiento de alrededor del 24.6%.

Esta sería una de las razones por lo cual resulta ventajoso aplicar este tipo de fluido de perforación, desde el punto de vista técnico y económico, ya que además contamos con el agua de mar del mismo Golfo de Guayaquil, cuya salinidad depende de la fecha de medición y varía entre 32.000 y 35.000 ppm_x Cl; esta agua de mar podría ser utilizada como agua de tratamiento en muchas localidades para diferentes sistemas de lodos cuando se presenta contaminación por sal. La zona del Golfo de Guayaquil mantiene un gradiente de temperatura casi constante alcanzando un valor promedio de 1.32°C/100 m. (Apéndice B, gradientes geotérmicos).

Los lodos salados de prueba, motivo del presente trabajo, tendrían gran aplicación en el área del Golfo de Guayaquil, ya que los pesos obtenidos generan gradientes de presión similares al rango de los gradientes típicos de presión determinados a las profundidades de hasta alrededor de 10.500 pies para las capas productoras de gas en los pozos Amistad 1, Amistad 3 y Amistad 4; considerando que la presencia de gas a alta presión obliga a usar lodos de densidad muy elevada y con altas propiedades reológicas, lo que en los lodos preparados para nuestra prueba podría obtenerse con la adición de un porcentaje mayor de Barita de acuerdo a nuestras necesidades de campo, lo mismo que nos permitiría mantener una presión diferencial entre la columna de lodo y la formación, como es el caso del Golfo de Guayaquil, donde Woodside (DGH, 1975) manifiesta que para los tres pozos productores de gas se mantiene una presión diferencial entre la columna de lodo y la formación de 2.000 psi y que la presión de abandono de reservorio fue de 1.250 psi. Por lo expuesto anteriormente, considero que un lodo preparado en base agua de mar o salada, con diferentes concentraciones, de acuerdo a las necesidades de operación, de Atapulgita, o Bentonita prehidratada, Unical como defloculante, Drispac para el control del filtrado y viscosidad, Barita para controlar el peso del lodo, y Soda Cáustica que mantiene el pH deseable; sería de gran aplicabilidad en el área de la plataforma continental ecuatoriana.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL



CONCLUSIONES

BIBLIOTECA FIC1
ESPOL

El principal efecto de una elevada concentración de sal en las partículas de arcillas es la neutralización de las cargas eléctricas; la acción de la masa debido a la interferencia de las partículas es muy rápida y produce un incremento de viscosidad, de tasa de gel, y pérdida de filtrado. Por encima de 10.000 ppm. de sales, la reología y pérdida de agua se hacen más difíciles de controlar, con comienzos de floculación a medida que el pH disminuye.

— La Atapulgita llamada gel salada se hidrata en agua salada, donde la Bentonita actúa como sólido inerte al no separarse sus láminas en estas aguas. La gel salada se hidrata en cualquier tipo de agua debido a que la estructura molecular de las superficies arcillosas son de tipo aguja. El agua de mar ó salobre es a menudo usada como agua de tratamiento en muchas localidades para diferentes sistemas de lodos, cuando se presenta contaminación de sal.

- Los aditivos utilizados para las pruebas como Salt Gel y Milgel que actúan como viscosificadores y para dar esfuerzos de gel, Unical (lignosulfonato de sodio) que es un defloculante con mucha acción espumante e inhibe toda actividad química de los sólidos de arcilla, Drispac (polímero celulósico polianiónico) que controla el filtrado y la viscosidad y no tiene buena dilución permitiendo la formación de grumos que resulta en una pobre costra, Soda Cáustica que controla el pH y contrarresta la espuma, Barita (sulfato de Bario) para incrementar la densidad del lodo y es químicamente inerte a todo aditivo; poseen un buen rendimiento en este tipo de lodo de base agua de mar ó salada de aproximadamente 35.000 ppm.

- 7
- De las pruebas realizadas se deduce que tanto la Bentonita en agua fresca, como el Salt gel y Milgel prehidratado en agua salada tienen un buen rendimiento, observándose además que la Bentonita disminuye su rendimiento conforme aumenta la concentración de sal.
 - Los gradientes de presión que se obtendrían de las columnas de los lodos de prueba varían entre .442 y .500 psi/pie, son aceptables considerando que los gradientes típicos de presión obtenidos de pruebas de los niveles productivos de gas del Golfo de Guayaquil varían entre .45 y .59 psi/pie. La presencia de gas a alta presión obliga a usar lodos de densidad muy elevada y con altas propiedades reológicas, lo cual puede lograrse adicionando Barita hasta mantener una adecuada presión diferencial entre la columna de lodo y la formación.



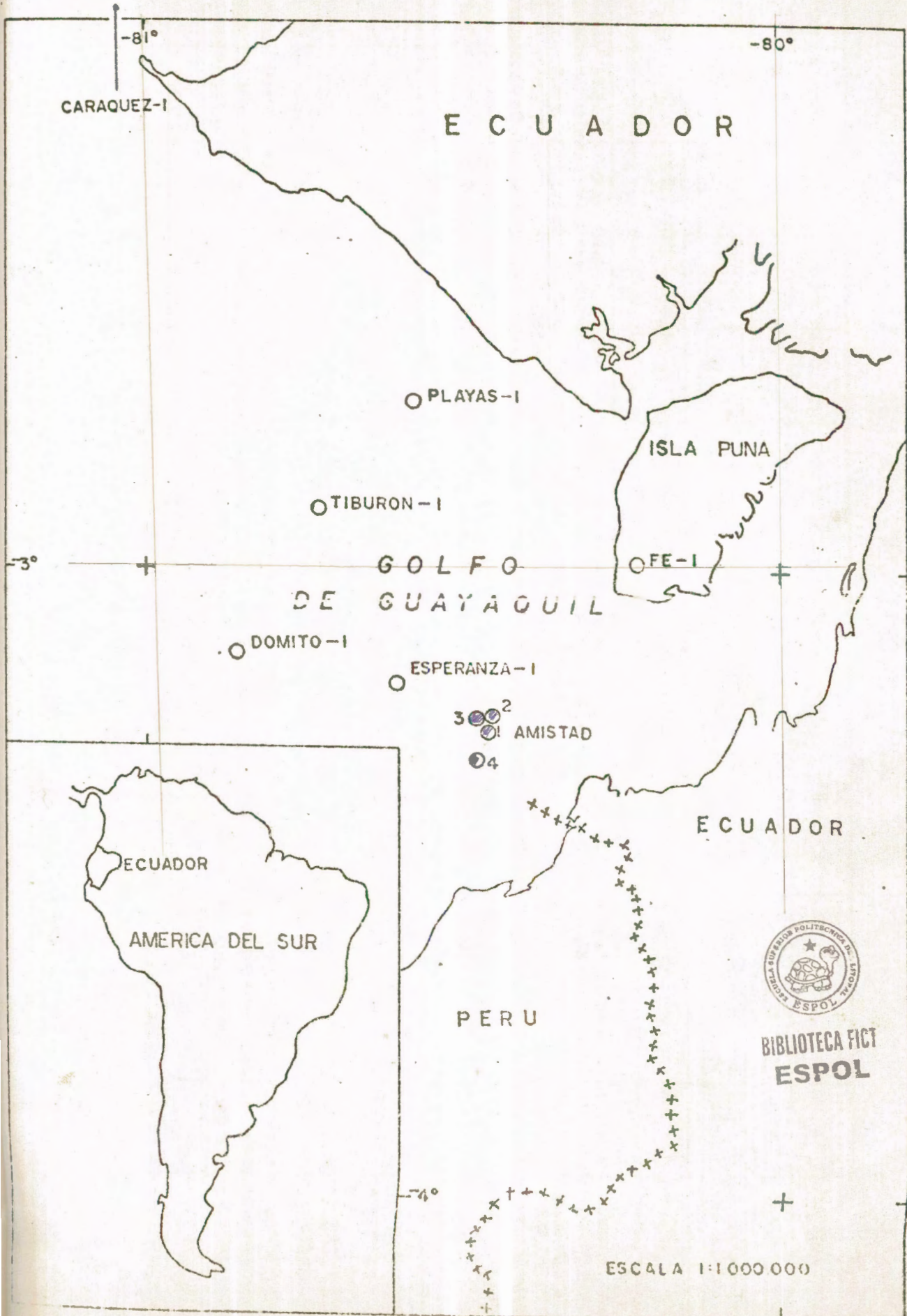
BIBLIOTECA FIC
ESPOL

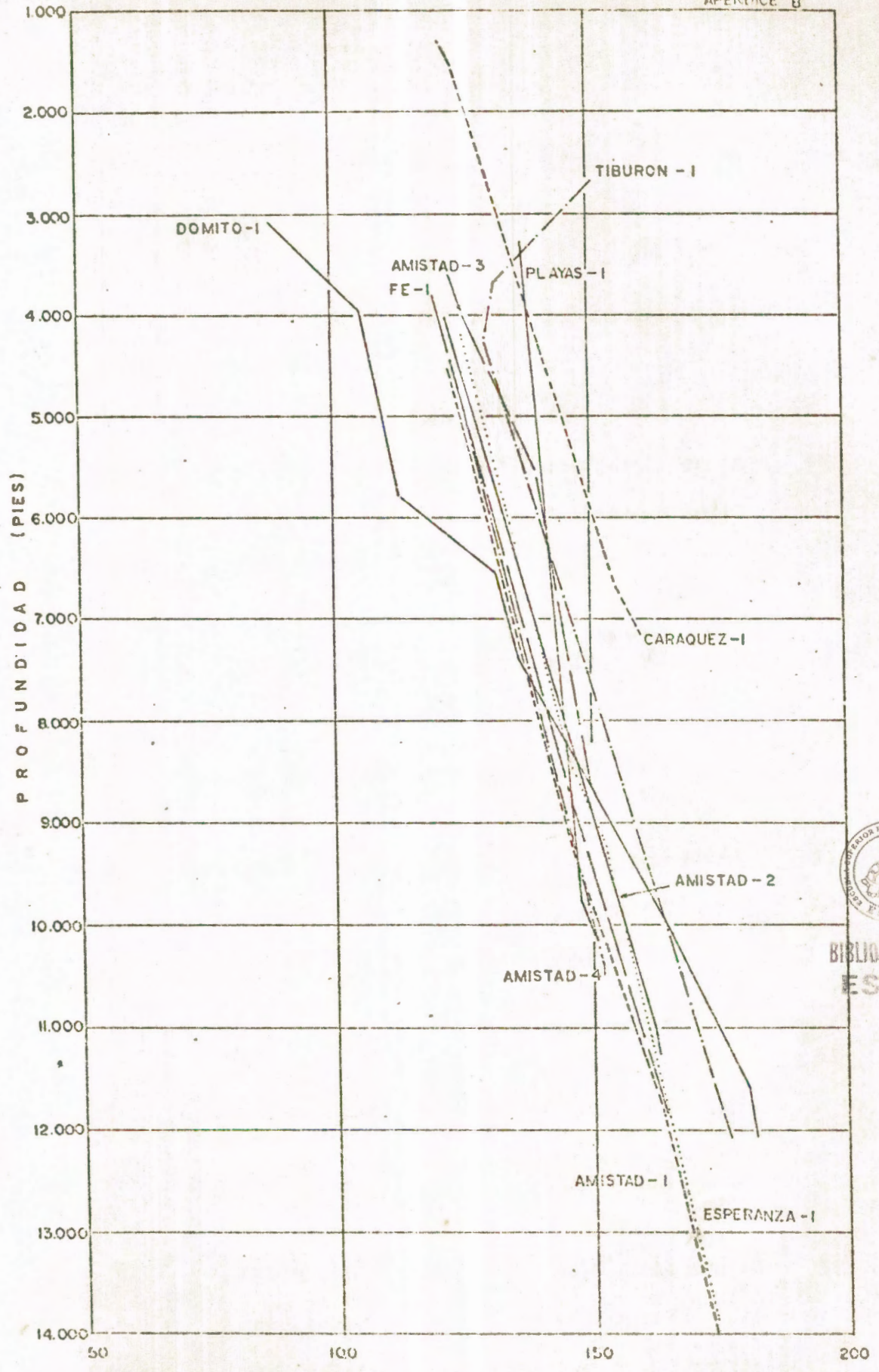
RECOMENDACIONES

Siendo la perforación la primera etapa del desarrollo hidrocarburiífero, luego el estudio del comportamiento reológico del fluido de perforación cobra gran importancia en este desarrollo. Es recomendable continuar el presente trabajo, especialmente buscando la mayor aplicabilidad en la exploración de nuestros recursos naturales especialmente en el medio marino; considerando diferentes salinidades de muestras de agua de mar tomadas en diversas localidades, gradientes de temperatura y presión determinados por ejemplo en el Golfo de Guayaquil y en otras zonas de nuestra plataforma continental; la variación de concentración de sales de las aguas de formación a distintos niveles, cuyos resultados han sido obtenidos mediante análisis petrofísicos. Con iudas estas consideraciones que podrían simularse en el laboratorio de perforación del Departamento de IGMP de la ESPOL, podría llegarse a optimizar un lodo en base agua salada específico para el Golfo de Guayaquil, centro de nuestra exploración costafuera. Además sería interesante realizar un análisis económico comparativo entre un lodo preparado con agua de mar y los aditivos adecuados, y los lodos utilizados anteriormente en la zona mencionada.



UBICACION POZOS-GOLFO DE GUAYAQUIL, ECUADOR (ALLINGTON, 1974)





BIBLIOTECA FICIT
ESPOL

TEMPERATURA FONDO POZO (°F)
GRADIENTES DE TEMPERATURA, COSTAFUERA ECUADOR (ALLINGTON, 1974)

LISTA DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCION	PAG.
1	<i>Variación de V_a, V_p, V_p respecto a la concentración de arcilla: Milgel en agua fresca y Salt Gel en agua de mar.</i>	46
2	<i>Variación de propiedades reológicas con la concentración de Milgel prehidratada en lodo de agua salada.</i>	48
3	<i>Variación de propiedades reológicas con la concentración de milgel prehidratado y Unical en un lodo de agua salada.</i>	50
4	<i>Variación de propiedades reológicas en la concentración de Milgel prehidratada y Drispac en un lodo de agua salada.</i>	53
5	<i>Variación de propiedades reológicas con la concentración de Milgel prehidratada, Unical y Drispac en un lodo de agua salada.</i>	56
6	<i>Variación de propiedades reológicas con la concentración de Milgel prehidratada, Unical, Drispac y Soda Cáustica en un lodo de agua salada.</i>	58



**BIBLIOTECA FIC
ESPOL**

TABLA

DESCRIPCION

PAG.

- | | | |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7 | <i>Variación de propiedades reológicas con la concentración de Milgel prehidratada, Unical Drispac, Barita y Soda Caústica en un lodo de agua salada.</i> | 60 |
| 8 | <i>Variación de presión con profundidad para cada gradiente determinado de los diversos lodos salados experimentados.</i> | 62 |



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

LISTA DE FIGURAS Y GRAFICOS

PAG.

- Fig. 1 Comparación de las estructuras moleculares entre Bentonita y Atapulgita. 11
- Fig. 2 Comportamiento reológico de los fluidos. 19
- GRAF.1 Comparación de curvas de rendimiento entre arcillas Milgel en agua fresca, Milgel prehidratada en agua salada y Salt Gel en agua de mar. 49
- GRAF.2 Concentración de Milgel prehidratada vs. V_a , V_p , Y_p , G_i , G_{10} , Filtrado en un lodo salado (35000 ppm) 49
- GRAF.3_a Concentración de Milgel prehidratada vs. V_a , V_p , Y_p , G_i , G_{10} , Filtrado con 1.1% peso de Unical en un lodo salado. 51
- GRAF.3_b Concentración de Milgel prehidratada vs. V_a , V_p , Y_p , G_i , G_{10} , Filtrado con 1.71% peso de Unical en un lodo salado 52
- GRAF.4_a Concentración de Milgel prehidratada vs. V_a , V_p , Y_p , G_i , G_{10} , Filtrado con .286 % peso de Drispac en un lodo salado. 54



BIBLIOTECA FIC1
ESPOL

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALLINGTON A.V. *Petrophysical review of Guayaquil Basin Wells, Offshore Ecuador, Report EP-45613 Shell, Ab/74 PI-3, A1-A3*
- 2.- BAROID DIVISION *Apparatus and procedures for the Field Testing of Drilling Muds. Section 900, Houston-Texas PI-40*
- 3.- BAROID PETR.SERV. *Manual of drilling fluids Vol. I secc II.*
- 4.- AMERICAN PETROL.INST. *Testing Drilling Fluid. API/1942*
- 5.- BARBERII E.E. *Drilling Mud Functions and characteristics Petr6leo Internac. Sep/1948*
- 6.- BOBO A.R. *Mechanical treatment of weighted mud. Aime Trans/1954. P-39*
- 7.- BONNET C.F. *Complex phosphates for defloculation of drilling mud. Oil & Gas Journal Febrero/1940*
- 8.- BURKE W.H. *Some factors affecting viscosity of rotary mud. Aime Trans. 1935. P53-61*
- 9.- BYCK H.J. *The affect of temperature on plastering properties and viscosity of drilling mud. Aime, Trans./1940 PI47,165*
- 10.- FANCHER,WHITING *Response of a Gulf Coast drilling mud to chemicals. temperature and heat treatment. Aime, Trans./1943 P 233*
- 11.- FREIRE P. *Conferencia (apuntes) sobre fluidos de perforacion utilizados por CEPE (ESPOL) Julio/1979*



BIBLIOTECA
ESPOL

- 12.- GARRISON A.O. Surface chemical of clay and shales Aime, Trans. 1939. P 191-204
- 13.- GUENEAU, ROBALINO, TRUJILLO. Geophysical interpretation and Geological evaluation of 1973 Petrel Survey Offshore Ecuador.
Report EP-45539 Shell, Junio/1974. P 10-13
- 14.- KUMBELL W.B. Mud control and desing. Petróleo Intern. Febr/1950 P 33
- 15.- LEWIS, SQUIRES, THOMPSON. Structure of clay gels. Aime, Trans/1936 P 71
- 16.- LEWIS, SQUIRES, THOMPSON. Colloidal properties of clay suspensions Aime, Transacton/1935. P 38.
- 17.- MAGCOBAR Mud engineering Houston, Texas
- 18.- MAGCOBAR Drilling Fluid Eng. Manual. Enero /77. p.1-8
- 19.- MONTILLA E.N. Chemical treatment of drilling mud. Petr. Engin/1948 P 66
- 20.- MOORE P. Efecto del calcio en arcillas y lodos. Petr. Inter. Vol.29. N°4, pp31 - 32, Abril/1971
- 21.- MOORE P. El régimen de filtración dinámica, la viscosidad y la pérdida de agua. Petr. Inter. Vol. 30N°1, pp44-46 Enero/1972.
- 22.- OWEN J.E. A comparison of Marsh, funnel and stormer viscosities of drilling mud Aime, Trans/1941
- 23.- PETROLEO INTERN. Perforación en los pantanos del sur de México. Vol. 34 N°2, pp18 Feb/1976.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

- 24.- PETROLEO INTERN. *Cómo se perfora en la cuenca de Campos. Vol. 35 N°5. pp48-52. Mayo/1977.*
- 25.- PETROLEO INTERN. *Perforan a casi 4.000 m. de altura (Bolivia) - Vol. 34N°2 pp20 Febrero/1976*
- 26.- PETROLEO INTERN. *Cómo perforan en Sergipe-Alagoas (Petrobras) - Vol. 36N°4 pp27-32 Abril/1978*
- 27.- PETROLEO INTERN. *Exploran el Cretáceo del Lago. Vol. 36N°5, pp40 Mayo/1978*
- 28.- PETROLEO INTERN. *Aditivos para lodos de perforación Vol. 36N°6, pp 133-134 Junio/1978*
- 29.- PETROLEO INTERN. *Cómo evitar derrumbes. Vol. 36N°9, pp50 Sept/1978*
- 30.- PETROLEO INTERN. *Actividad Costafuera en Perú. Vol. pp52-58 - Octubre/1978*
- 31.- QUIROZ R. *Estudio experimental del comport. de lodos de Perfor, bajo difer. condiciones de fabric. y trabajo. Tesis Espol, pp53-55*
- 32.- RIOS L. *Lodos de perforación, características y aditivos, Tesis Univ. Zulia 1957.*
- 33.- ROGER W.F. *Composition and properties of Oil Well Drilling Fluids Cap. VI, VII, X. 1948*
- 34.- SANCHEZ E. *Estudio exper. de propiedades y determinación de utilidad de arcillas del Ecuador...Tesis. ESPOL/Oct/76.*



BIOTEC
ESPOL

- 35.- SARMIENTO F. *Correlación estratigráfica en base a registros de pozos en el Golfo de Guayaquil. Inocar, Actas. Ocean. Mayo/79.*
- 36.- SILENT R.A. *Circulation Loss API Drilling and Production 1936 P 60*
- 37.- SOTO U. *Guía sobre lodos de perforación Maraven S.A. 1978*
- 38.- TAPIA D. *Manual de fluidos de perforación (apuntes de clase) Dpto. IGMP, ESPOL.*
- 39.- TREJOS R. *Condiciones hidrográficas y químicas de las aguas de la región costera ecuatoriana. INOCAR, Abril/76*
- 40.- WILLIAMS N. *Chemical treatment of mud. Petróleo Interam. Julio Agosto/49. P 90*
- 41.- WOODSIDE P. *Posibilidades petrolíferas del Golfo de Guayaquil, Geopet pp10-20 AEIGMP; Año 1 No. 1, Agosto/78.*



BIBLIOTECA FIC
ESPOL