

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE PETROLEO

Las Arcillas en los Fluidos de Perforación

TESIS

DE BACHILLER PRESENTADO POR

ALFREDO BENAVIDES SUAREZ

Promoción 1961

LIMA - PERU

A MI PADRE

LAS ARCILLAS EN FLUIDOS DE PERFORACION

S U M A R I O

--ooOoo--

Introducción

CAPITULO I.- Consideraciones generales sobre los productos arcillosos

CAPITULO II- El estado coloidal en las arcillas y obtención de las dispersiones y emulsiones

CAPITULO III Propiedades Físicas y Químicas.

CAPITULO IV- La bentonita en los lodos de perforación.

Conclusiones.

• • • • •

LAS ARCILLAS EN FLUIDOS DE PERFORACION

Sumario

Indicaciones

Capítulo I.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS PRODUCTOS ARCILLOSOS. ----- 1-16

Primeras clasificaciones.- Trabajo sobre los constituyentes arcillosos.- Formas estructurales.- Clasificaciones modernas de las arcillas.- Curvas de deshidratación y curvas térmicas.- Análisis por rayos X.- Examen con el microscopio electrónico.- Reacción colorada de la montmorillonita.

Capítulo II. EL ESTADO COLOIDAL EN LAS ARCILLAS Y OBTENCIÓN DE LAS DISPERSIONES Y EMULSIONES. 17-35

El estado coloidal.- La flocuación.- Efectos del PH y de los electrolitos sobre las arcillas coloidales.- Efecto de las proteínas.- Dispersión de la bentonita.- Emulsiones de a ceite en agua.- Procedimiento fluido-emulsiones de agua en aceite.- Emulsiones por el procedimiento de pasta.- Procedimiento por trituración.- Procedimiento sólido seco.- A plicación del procedimiento fluido a otra

II

sustancia distinta del aceite.- Explotación y manufactura de la bentonita.- Diagrama de manufactura de la bentonita.

Capítulo III Propiedades físicas: forma natural y tamaño de las partículas.- Análisis granulométrico y factor de superficie.- Peso específico.- Propiedades ópticas, color- Hinchamiento.- Geles y suspensiones de bentonita.- Viscosidad- Absorción y adsorción.

36-63

Propiedades químicas: Composición.- La arcilla H y sus sales.- Efecto de los electrolitos sobre las suspensiones de bentonita.- PH de las suspensiones.- Arcillas coloidales sintéticas.- Materiales para el trabajo con bentonita.- Especificaciones para materiales en fluidos de perforación.

Capítulo IV LA BENTONITA EN LOS LODOS DE PERFORACION

64-86 .

Empleo de la bentonita en los lodos de perforación.- Características de los lodos de inyección.- Mantención de suspensión.- Suspensión de bentonita.- Preparación de suspensión de bentonita.- Técnica de tratamiento de suspensión de bentonita.- El revestimiento de una pared.- La bentonita en el aquagel.- Lodo de alto peso que ahorra tiempo en el equipo.

III

Problemas rigurosos de lodo.- Lodos de cal roja.- Una completación de lodo.- Usos del lodo de alto peso.- Efectos de lodos de perforación y reacciones de arcillas.

Conclusiones.

87

* - - - * - -

I N T R O D U C C I O N

Desde tiempos remotos se conocían especies de arcillas, cuando en 1888 fué descubierto en Fort-Benton, región de Rock-Cread, en Wyoming (EE. UU.) una nueva variedad de poseía propiedades especiales.

Esta tierra estaba dotada particularmente de la facultad de hincharse en el agua, dando una masa voluminosa y gelatinosa. Por este hecho atrajo la atención del mundo científico y fué denominada, por el lugar de origen, "BENTONITA".

En años siguientes se hicieron estudios completos de esta arcilla de propiedades tan singulares.

Esta bentonita o arcilla del grupo de la (montmorillonita, tiene múltiples usos, tales como en depuración y clasificación de aguas, clarificación de vinos y licores en industrias plásticas, en la del caucho, papelería, jabones y detergentes, betunes, insecticidas, y en especial en lodos de perforación lo cual veremos en el último capítulo de esta tesis que tiene el fin de hacer ver la gran importancia de esta arcilla en la Industria del Petróleo.

C A P I T U L O I

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE PRODUCTOS ARCILLOSOS

PRIMERAS CLASIFICACIONES:

Los antiguos manuales consideraban la cuestión desde el punto de vista químico y definían las arcillas y minerales arcillosos como silicatos de alúmina hidratados, capaces de formar barro con agua. Trataron después de diferenciarlos sin gran fundamento, según su pureza su contenido en agua e sus propiedades refractarias. Así al variar las clasificaciones se veían pasar de un grupo a otro a ciertas variedades, determinadas por la localidad de su yacimiento.

De Lapparent y Le Chatelier realizaron un progreso sensible al introducir la noción de la pérdida del agua por la acción del calor, llegando a la siguiente clasificación clásica:



El agua A_q , se elimina a 250 grados centígrados; el agua combinada restante se elimina a 400 C; a 1000 C, se observa un notable desprendimiento de calor y una insolubilidad en los ácidos.

Tipo: Hallaysita



El agua A_q desaparece entre los 150 y 400 C.
Desprendimiento de calor a 1000 C.

Tipo: Alofana

Grupo III.- $H_4Al_2Si_2O_9$

El agua combinada se elimina a 770 C. No hay transformaciones a 1000 C.

Tipo: Caolín

Grupo IV.- $H_2Al_2Si_4O_{12}$

El agua combinada se elimina entre 700 C y 850 C. No hay transformación a 1000 C.

Tipo: Pyrophyllita

Grupo V.- $H_2Al_2Si_4O_{12} + A_q$

Muy impuras.

Tipos: Montmorillonita, steargilita, arcillas esméti-
cas.

Esta clasificación es muy imperfecta, y el grupo V, no tenía apenas otro objeto que el de catalogar los indeterminados y dudosos.

Una clasificación más completa es la presentada por A. Zaccix.

MINERAL	FORMULA	VARIEDADES
Halloysita	$Si_2O_5Al_2 \cdot x H_2O$	Galopepsita, glagerita, lamsonita, lamthomarga, milanita, severita.
Lechita	$Si_3O_{12} Al_4 H_2O$	
Montmorillonita	$Si_4O_{12} Al_2 \cdot x H_2O$	Confolensita, delanoneite, duboissonita para montmorillonita, estalpepsita.
Beidellita	$Si_3O_9 Al_2 H_2O$	Bentonita
Ternarita	$Si_6O_{18} Al_2 H_6 \cdot 15H_2O$	
Cimolita	$Si_9O_{24} Al_4 \cdot H_2O$	Ansurita
Alofena	$Si_1 O_5 Al_2 \cdot 5 H_2O$	Caroletina, aloyarita, ehrenbergita, Kofsekkilita.
Celsita	$Si_10 Al_4 \cdot 9 H_2O$	Dillinita, oscarbroita, schetterita.

La caolinita, con sus variedades, se clasifica aparte. Vemos aparecer aquí la bentonita como mineral del tipo beidellita (clasificación que fué completamente provisional y que no es exacta, puesto que la bentonita es una roca y no un mineral, mientras que la beidellita es dudosa y está más o menos indeterminada).

Una arcilla es una roca que, en proporciones variables, encierra un cierto número de elementos mineralógicos.

Se le da frecuentemente el nombre del mineral incluido que más abunda. Así una hallaysita está generalmente formada de la halloysita tipo y de un poco de caolinita; un caolín está igualmente formado de caolinita y de pequeñas porciones de otros tipos; una pyrophyllita (Grupo IV de De Lapparent y de Le Chatelier) estará en fin, formada de montmorillonita y de beidellita, lo que complica singularmente las posibilidades de clasificación.

Es necesario, por consiguiente, hacer una diferencia entre los tipos arcillosos por una parte, y las arcillas, por otra. Las propiedades físicas de las sustancias arcillosas están por tanto, en dependencia directa y completa de su constitución, y a este respecto, los caracteres físicos y mineralógicos tienen una importancia tan grande como la composición química.

TRABAJOS SOBRE LOS CONSTITUYENTES ARCILLOSOS:

Las investigaciones detalladas sobre la constitución mineral de las arcillas y sobre su estructura son hechas mediante técnicas especiales, y principalmente el análisis por rayos X.

Endel y Vageler extendieron en primer lugar a los productos arcillosos la teoría electroquímica de los coloides de Pauli y Valke.

En el laboratorio geológico del Estado de Illenis, se han realizado importantes trabajos en este aspecto con el empleo de las técnicas más modernas: microscopios de grandes aumentos, rayos X, medios precisos de análisis.

Las arcillas fueron literalmente divididas en sus elementos constituyentes, y éstos pudieron ser estudiados de forma muy completa. Esto tuvo como primer resultado desvanecer algunos prejuicios muy arraigados, como el concepto según el cual toda arcilla o tierra arcillosa contenía un constituyente "arcilla" mal conocido, al que debían sus propiedades.

Lo mismo sucedió con el concepto de que toda arcilla tenía una base común: la caelinita, y con la idea tan frecuente de que toda sustancia arcillosa está formada por la simple reunión heterogénea de algunas especies minerales en partículas tales que de su finura dependen las propiedades del conjunto.

Lo propio ocurrió, con la opinión clásica de que las arcillas eran sustancias amorfas y no cristalinas.

Las propiedades coloidales no dependen, por consiguiente solo del grado de finura de las partículas, sino también de la estructura individual de sus constituyentes originales.

Los constituyentes definidos son:

Caolinita	$Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot H_2O$
Anauxita	$Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$
Halloysita	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot x H_2O$
Beidillita	$Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot x H_2O$
Nontronita	$Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot x H_2O$
Montmorillonita	$Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot x H_2O$
Sericita	$2K_2O \cdot 5MO \cdot 6R_2O_3 \cdot 24SiO_2 \cdot 12H_2O$

FORMAS ESTRUCTURALES:

La anauxita y la caolinita son sustancias isomorfas. Ocurre lo mismo con la beidillita y la nontronita. La montmorillonita, la beidillita y la nontronita contienen, además, iones OH sustituibles en una cierta proporción por los álcalis y tierras alcalinas que entran así en su fórmula, teniendo en cuenta que el aluminio, como en la mayor parte de los tipos anteriores, puede ser reemplazado parcialmente por el hierro isomérfo.

Han podido desarrollarse fórmulas estructurales tipos

para la montmorillonita y la caolinita. (Fig. N° 7).

CLASIFICACIONES MODERNAS DE LAS ARCILLAS:

La de Marshall que es bastante simplificada, tiene por base la estructura reticular y considera que pueden dividirse las arcillas en dos grandes grupos:

1.- Grupo de Caolín, que comprende la caolinita, la dickita, la nacrita, la halloysita. En este grupo la unidad reticular está formada por una capa de Al y otra de Si. Algunas nontronitas, en las que el hierro reemplaza al aluminio, han sido incluidos en este grupo.

2.- Grupo de las Pyrophilitas, que comprende con la pyrophilita tipo, la montmorillonita, la beidellita y numerosas nontronitas. En este grupo la unidad reticular está formada por una capa de aluminio y dos de silicio.

Para Lapparent existen tres minerales arcillosos tipos: atapulgita, caolinita y montmorillonita caracterizado por el espesor de sus láminas elementales, de 10.7 y 14 angstroms (Un angstrom = 10^{-4} micras) aproximadamente.

Por último, Noll, considera de una manera más grande cinco grupos de minerales arcillosos, que son:

1.- Grupo del caolín: caolín, anauxita, miembros de la familia caolinita-anauxita (pholerita, dickita, carnata, newtonita, esteinmark, microvermeuculita, arcillas de por-

celana collirita, tuesita, arcilla).

2.- Grupo de la montmorillonita: montmorillonita, beidellita y nontronita, miembros de la serie de mezclas beidellita y nontronita. Todos los minerales de este grupo tienen la misma estructura cruzada y poseen la facultad de aumentar el volumen por absorción de agua y contraerse al perderla.

Contrariamente a lo que sucede en el primer grupo, cuyos elementos abandonan una pequeña parte del agua por debajo de 400 C, y después se deshidratan tan brusca y fuertemente hacia los 400 ó 500 C, los minerales del grupo de la montmorillonita pierden la mayor parte del agua por debajo de 110 C, y continúa deshidratándose progresivamente a medida que se eleva la temperatura. Tienen un poder relativamente elevado de intercambio de bases.

Es en este grupo donde encontramos los constituyentes básicos de las arcillas coloidales, que son el objeto de este trabajo. Las bentonitas están formadas, sobre todo de montmorillonita o de beidellita. Los términos básicos de este grupo son:

Montmorillonita $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$

Beidellita $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$

Nontronita $(AlFe)_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot nH_2O$

Al lado de la montmorillonita es preciso situar la pyro-

phylita.

$Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$, de la misma estructura, pero que no es expansiva. También se incluye en este grupo a la sauconita.

3.- Grupo de la halloysita: halloysita ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2 + 2H_2O$) y metahalloysita ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). La halloysita se distingue por sus dos moléculas de agua suplementarias, pero las pierde ya por calefacción a 50 C., y entonces se comporta como la caolinita. Deben sin embargo clasificarse a parte, porque el papel que la halloysita y la metahalloysita desempeñan en las arcillas no se parece en nada al de la caolinita o montmorillonita.

4.- Grupo de minerales arcillosos micácicos: Sericita.

5.- Grupo de los minerales arcillosos magnesianos: Sericita, Sepiolita, atapulgita. La montmorillonita puede también contener, en determinadas circunstancias, notables cantidades de magnesio combinado en la redicula estructural. En las bentonitas, esta presencia de magnesio es aproximadamente constante.

CURVAS DE DESHIDRATACION Y CURVAS TERMICAS:

Las curvas de deshidratación permiten deducir conclusiones muy útiles y determinar la naturaleza de los productos arcillosos en examen.

La obtención de estas curvas en el estudio de tales productos es practicamente importante, puesto que si es inte-

resante determinar la cantidad de agua en ellos incluida, así mismo le es apreciar el papel que desempeña en la estructura, así como su modo de fijación.

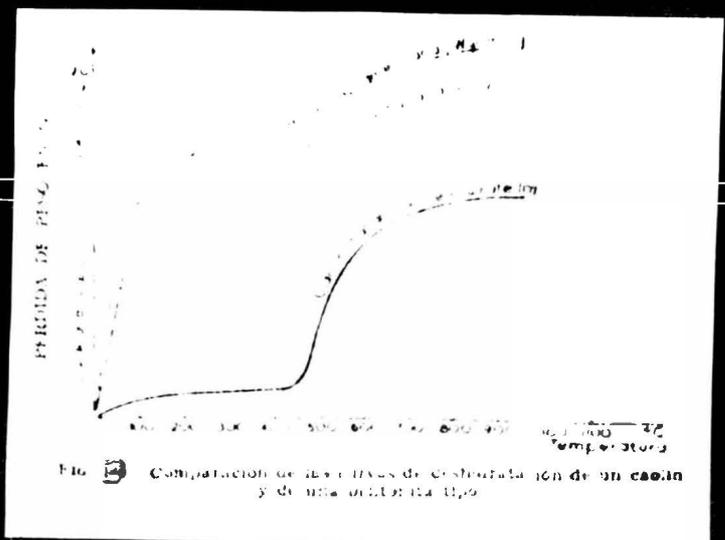
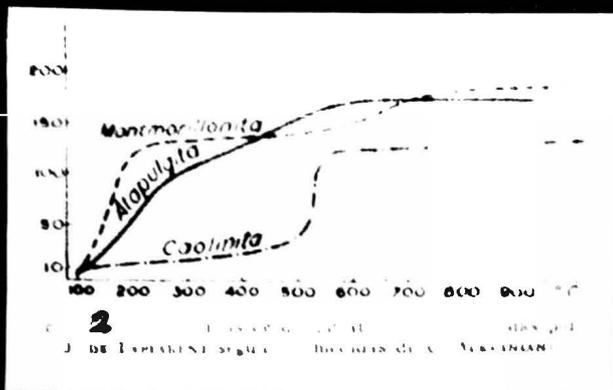
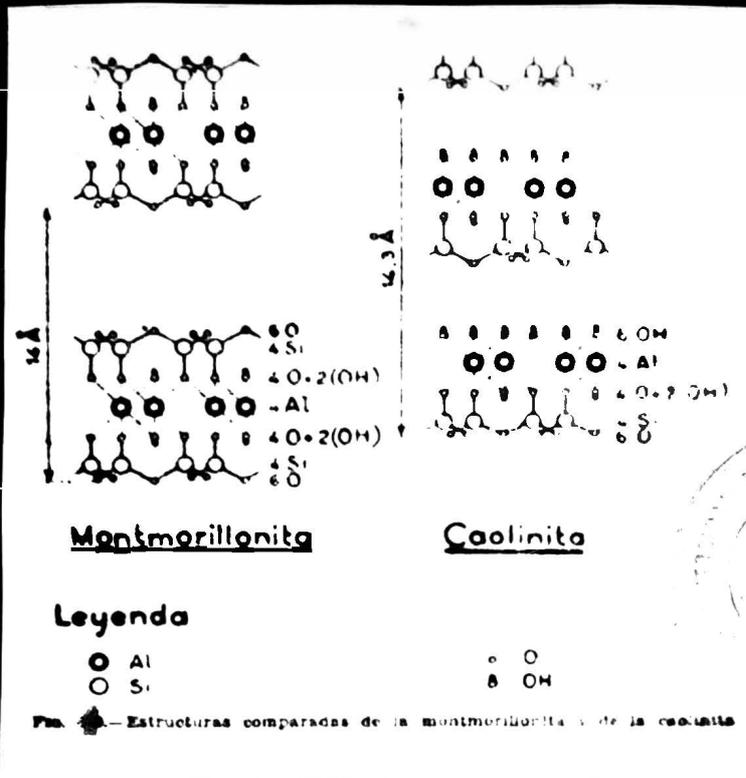
Estas curvas han sido estudiadas por C&L. Alexanian y por G. Migeon y H. Longchambon (Figuras N°s 2 y 3).

H. Longchambon, ha escrito un procedimiento detallado para realizar una deshidratación a temperatura regularmente creciente en función del tiempo. Se mide la pérdida de peso en función de la temperatura, lo que corresponde a una determinación indirecta del contenido en agua, pero de más fácil realización.

La deshidratación se verifica en una atmósfera de tensión de vapor de agua constante.

El aparato comprende una navecilla en la que se coloca la arcilla que se ha de ensayar. Esta navecilla va suspendida del brazo de una balanza de sensibilidad constante. El eje de la cuchilla central de esta balanza soporta el espejo de un galvanómetro, que gira cuando el brazo del - que pende la navecilla se eleva, debido a una pérdida de agua, proporcionalmente a dicha pérdida.

Un juego de espejos envía el rayo luminoso sobre un dispositivo gráfico que permite registrar la curva sobre una hoja que se desplaza proporcionalmente al aumento de temperatura. Esto se realiza por medio de un par termoeléctrico



introducido en un pequeño horno que rodea la navecilla que contiene la arcilla en ensayo. Este es de resistencia eléctrica, debiendo poseer un intervalo amplio de temperatura homogénea y una pequeña abertura para el paso del hielo de la suspensión de la navecilla.

Un reóstato permite regular adecuadamente la calefacción. El empleo de un dispositivo con papel sensible en cámara obscura permite el registro automático de las curvas.

Entre los factores susceptibles de influir sobre el aspecto de las curvas hay que señalar: La ley de variación de temperatura en función del tiempo (En necesario realizar, para las comparaciones, aumentos de temperaturas regulares y del mismo orden), la presencia de compuestos volátiles distintos del agua (pueden ser determinados por análisis).

J. Orcei, ha descrito un método parecido, que permite terminar la temperatura de desprendimiento del agua en los silicatos hidratados.

En el se manifiesta el desprendimiento del agua por el aumento de la presión en un recinto cerrado que contiene la sustancia, efectuando la calefacción en el vacío.

El análisis térmico diferencial presenta también un gran interés y permite en particular, determinar además de los simples desprendimientos de agua, los puntos en que tengan lugar reacciones endotérmicas o exotérmicas que pueden ser

características. Este análisis permite poner bien en evidencia los puntos de reacción exo y endotérmicas (Fig 4)

Se pueden realizar según el procedimiento seguido por V. Prever y C. Gorla en su estudio sobre la constitución de algunos productos arcillosos de la forma siguiente: en un horno eléctrico de resistencia, en el que puede realizarse un aumento lento y uniforme de temperatura, siguiendo de una ley determinada, se colocan, separados, por una pieza refractaria, dos cantidades iguales de arcilla, por encima de 1000 C., y en centro de cada una se sitúa la soldadura de un par diferencial de Le Chatelier. Además, en la arcilla cocida se introduce el par de control de la elevación de temperatura. Las extremidades de los pares se conectan al galvanómetro registrados Saladin-Le Chatelier.

El par diferencial no es recorrido por una corriente más que cuando en las muestras se producen fenómenos térmicos y esta corriente es proporcional a la intensidad del fenómeno. Debe tenerse siempre en cuenta que la fijación por las montmorillonitas de diversos cationes bajo la influencia de las condiciones de formación de los yacimientos puede dar lugar a ciertas anomalías.

Si se efectúan los ensayos en las mismas condiciones de elevación de temperatura y comparando las curvas obtenidas con las curvas características de los tipos arcillo

ces, se pueden efectuar determinaciones muy interesantes, tanto para el estudio de ciertas características, como para establecer diferencias analíticas.

La caolinita experimenta una reacción endotérmica neta hacia los 600 C. y una reacción exotérmica que acompaña a su disociación, hacia 1000 C. La montmorillonita y la bentonita pura sin caolín, experimentan fenómenos endotérmicos de densidad decreciente, que comienza a 110,770 y 9500. El primero muy importante, se prolonga, frecuentemente, hasta unos 350 C.

En las mezclas se opera por comparación para distinguir los diferentes tipos presentes y para valorar sus proporciones.

ANÁLISIS POR RAYOS X.-

Estos análisis roentgenográficos, proporcionan indicaciones precisas por las aplicaciones de los diagramas Debye-Scherrer a los materiales arcillosos; en los cuales cada producto tiene líneas características. (Fig. N° 5)

Debido a las analogías estructurales de caolinita y de montmorillonita la interpretación de estos diagramas exige cierta práctica y es bastante delicado; pero en el caso de productos bastante puros, las figuras presentan una fisicidad que le es propia y con posiciones constantes de las líneas, sobre todo en los grandes interespacios.

Se puede determinar particularmente si se trata de edificios de 7, 10 ó 14 A; y hacer un estudio preciso de sus estructuras.

Se ha podido determinar el tamaño de la célula rúbica elemental del cristal de montmorillonita, que es:

$$a = 5.10 \text{ A} \quad b = 8.83 \text{ A} \quad c = 14 \text{ (entre 11 y 18)}$$

EXAMEN CON EL MICROSCOPIO ELECTRONICO:

Si el examen con rayos X es fundamental en lo que concierne al estudio de la estructura fina de arcillas, la aplicación del microscopio electrónico presenta también bastante interés ya que proporciona informaciones complementarias.

Se ha hecho por ejemplo: el estudio de la formación de la montmorillonita en un yacimiento a partir de la biotita descompuesta.

Mientras que la imagen obtenida por rayos X no permite por sus interferencias, tener una idea de la estructura interna de los minerales cristalizados, determinando definitivamente el tamaño de los cristales, la obtenida por el microscopio electrónico permite distinguir en un suelo la diferencia fundamental que existe en el aspecto de los cristales.

REACCION COLOREADA DE LA MONTMORILLONITA:

Hay una reacción que se basa en la aparición de una coloración azul que produce la montmorillonita en presencia de la bencidina.

Esta reacción es muy interesante, puesto que se manifiesta en presencia de otros minerales arcillosos, siempre que las sustancias orgánicas hayan sido destruidas previamente. (Por ejemplo por un tratamiento con agua oxigenada).

El método consiste en tratar las arcillas en estudio por H_2O_2 al 3% y evaporar a sequedad por debajo de 100 C y tratar un gramo de la sustancia con 5 cc de una solución, saturada en frío, de bencidina pura. Se agita fuertemente y después se deja reposar varias horas. Debido a la formación de una semiquinona que es absorbible por la tierra, aparece esta teñida superficialmente de azul, mientras que la solución permanece incolora.

Hay otros métodos, como el de Daubner que basa su procedimiento en la diferencia de estabildades. Ataca el mineral con SO_3 , y mientras los feldspatos permanecen inalterables, los óxidos metálicos del esalín y de la mica se transforman en sulfatos; la montmorillonita solamente pierde el agua de constitución, siendo atacada posteriormente por los ácidos que dejan sílice en libertad.

Hay tambien métodos electroquímicos basados en las curvas de acidulación y métodos físicos basados en las diferencias de viscosidad, variación de viscosidad en función de velocidad de rotación (Del viscosímetro de rotación) y de la concentración de suspensiones y geles, la birrefringencia eléctrica etc.

C A P I T U L O I I

EL ESTADO COLOIDAL EN LAS ARCILLAS Y OBTENCION DE LAS DISPERSIONES Y EMULSIONES

EL ESTADO COLOIDAL:

El nombre de coloides es debido al químico inglés Graham quien observó la difusión de los líquidos, en los cuales dedujo la existencia de cuerpos cuyas soluciones se difundían lentamente, llamándolos a estos coloides.

En toda sustancia de arcilla, de cualquier concentración, existe siempre una parte que se encuentra bajo la forma coloidal.

Los coloides se caracterizan por la presencia de un medio líquido en el que se mueven, en un estado de agitación vivo y constante, las partículas en suspensión o micelas (conglomerado de moléculas ordinarias). Este movimiento característico se denomina movimiento browniano.

El estado coloidal no se considera más que como un estado particular de la materia.

LA FLOCULACION:

Es el asentamiento de partículas coloidales en suspensión en un líquido por soluciones electrolíticas

e por coloides que llevan cargas eléctricas, de signo opuesto. Es uno de los fenómenos más importantes en la práctica de las suspensiones coloidales y su aplicación es fundamental en las operaciones de la preparación y en las aplicaciones de las arcillas. Las partículas de una solución coloidal, pueden en efecto, bajo la influencia de un gran número de agentes, separarse su solvente formando, bien un depósito pulverulento, unos copos o una jalea (gel) (que deja extender el disolvente..)

Según el proceso de su floculación se distinguen los coloides hidrófilos o emulsoides que se hinchan por absorción de agua y coagulan bajo la forma de jaleas (gelatina) y los coloides hidrófobos o suspensiones en los que las partículas no tienen afinidad para el agua y floculan en forma de capas o polvo casi anhidros. A esta última clase pertenecen las arcillas y caolines, pero veremos que, en realidad, las arcillas coloidales se sitúan como productos intermedios entre estas dos clases y que las montmorillonitas, la beidellita, la bentonita, etc., se hinchan por absorción de agua.

Reglas de la floculación de Schulze y Hardy, dicen que el poder precipitante de una sal crece con la valencia del catión, en el caso de un coloide negativo y con la velocidad del anión, en el caso de un coloide positivo.

Entre estos iones, los H y OH son particularmente activos y su acción es muy general, puesto que existe en todos los medios acuosos.

EFFECTOS DEL PH Y DE LOS ELECTROLITOS SOBRE LAS ARCILLAS COLOIDALES:

La sustancia arcillosa posee los caracteres de la parte coloidal que contiene, la determinará, además, la plasticidad de la pasta precipitada. Se comporta como un coloide electro negativo y como todos los suspensoides, es muy sensible a la adición de diversos iones, que provoquen, la precipitación, haciendo flocular la parte coloidal.

El poder floculante depende de la valencia de los cationes, por ejemplos: 1 para el sodio, 2.5 para el amonio y potasio, 10 para el calcio y magnesio, 30 para el hierro y el aluminio. Además poseen una acción energética los iones H y OH. La floculación por los diversos ácidos se producirá siempre para el mismo PH e inversamente los álcalis se comportarán como agentes peptizantes y estabilizantes.

Examinemos estos efectos, Debido al carácter electronegativo de las suspensiones de arcilla, serán los bajos PH, por consiguiente, los ácidos, los que así como las sales, provocarán la floculación y la precipitación en forma de sedimento, mientras que los PH elevados, originados por adición de sustancias alcalinas, provocarán, hasta un cierto límite, una estabilización de la suspensión.

Sin embargo, a partir de un cierto valor, la alcalinidad aumenta, también, la velocidad de sedimentación y la floculación se produce entonces rápidamente.

Estos resultados han sido obtenidos estableciendo los valores de sedimentación y la rapidez de la floculación en función del PH.

Se ha demostrado de esta manera que la adición a las suspensiones de arcilla de cualquier ácido o base proporciona velocidades de precipitación que pueden agruparse sobre una misma curva, sean cualquiera los ácidos o base añadidos.

Por el contrario, las bases estabilizan la suspensión, que permanece bien firme por encima de $\text{PH} = 10$, pero este efecto estabilizante no se mantiene más que hasta un $\text{PH} = 12$. Por encima de este valor los álcalis también facilitan la sedimentación. En la práctica se podrán, por consiguiente, aprovechar integralmente estos resultados, puesto que se podrá acelerar la sedimentación de una suspensión de arcilla y cuando en la misma un PH inferior a 5, algunos autores indican como óptimo el valor 4.5 a 4.8. Inversamente se podrá estabilizar, si es necesario, provocando un PH alcalino superior a 9 ó 10, pero a condición de no sobrepasar, ni aún alcanzar el valor $\text{PH} = 12$.

Estas leyes son muy generales y se aplican a los diversos coloides hidrófobos. Frankin estableció una ley, con -

probada después y particularmente en este caso, según la cual la carga que adquieren las sustancias pulverulentas hidrófobas, en suspensión en líquidos, varía con el PH, alcanzando su valor mínimo en la proximidad del punto netro.

Será por consiguiente, difícil aislar de las arcillas, por floculación, coloides tales como el carbonato de sal o el sulfato de bario.

Por el contrario, pueden separarse fácilmente los hidratos y óxidos metálicos que flocculan a otros PH. Es posible, en efecto, obtener concentraciones de iones hidrógeno a las cuales precipiten solamente esas impurezas. Ya hemos dicho que el poder floculante está en relación con la valencia de los iones activos (en este caso los cationes, puesto que se trata de un coloide electronegativo). Sin embargo, desempeña también el PH un papel importante.

Como regla general puede decirse que el ión hidrógeno entra en competencia con el ión metálico.

Un aumento de la concentración iones hidrógeno producirá, como es fácil comprender, un notable descenso en la absorción del ión metálico. En lo concerniente al caolín, los fenómenos son de la misma clase.

El estudio particular ha sido realizado por numerosos autores, quienes han demostrado que una suspensión acuosa de caolín en diversos medios tiene su máximo de estabilidad en disoluciones alcalinas diluídas de PH 10 a 12. Por

encima de 12 se observa un aumento del sedimento y de la velocidad de precipitación.

Para bajos PH la floculación se acentúa a medida que el PH disminuye. La adición de cloruro de sodio aumenta la sedimentación en las soluciones alcalinas, pero la disminuye en las soluciones ácidas. La adición de cloruro de potasio, por el contrario, aumenta esta sedimentación para toda la gama de PH. El sulfato de sodio tiene poco efecto. Los fosfatos de sodio y el citrato de sodio ejercen una acción estabilizadora. El cloruro de calcio y el sulfato de cal ejercen un efecto floculante más marcado que el de las sales correspondientes de sodio.

El fosfato ácido de cal en tanto tiende a hacer descender el PH y solamente en este caso, ejerce un efecto estabilizante sobre las partículas de caolín debido a la formación de fosfato básico.

Por último, los cloruros de aluminio, hierro y lantano, ejercen una débil acción porque debido a la acidez que producen desplazan el PH en ese sentido, pero si el PH es suficientemente elevado, su efecto es nulo.

La acción de los electrolitos sobre las arcillas coloidales se halla en estrecha dependencia con la cantidad y calidad de los diferentes tipos presentes de constituyentes arcillosos. Por lo tanto los distintos productos arcillosos presentan en estas reacciones fenómenos del mismo orden.

EFFECTOS DE LAS PROTEINAS:

Ha sido realizado para diferentes PH el estudio del efecto que sobre la cuagulación de las suspensiones de bentonita por el cloruro de sodio (ClNa) y cloruro de bario (Cl₂Ba) produce la adición de diversas proteínas (gelatina, caseína, albúmina). Así ha podido demostrar Ghosh que del lado alcalino de sus isoelectrónicos, las proteínas no pueden cuagular estas suspensiones, pero que, por el contrario, ejercen una marcada influencia sobre la acción de los electrolitos, del lado ácido provocan la cuagulación, incluso sin que sea necesaria la adición de una sal.

DISPERSION DE LA BENTONITA:

Dispersión o suspensión es una mezcla coloidal íntima de un sólido y un líquido.

Para preparar dispersiones acuosas de bentonita, cualquiera que sean las proporciones, deberá añadirse siempre, como regla general, la bentonita al agua, y no el agua al producto seco. Sin embargo es posible, e incluso recomendable, para ciertas aplicaciones, preparar una suspensión madre concentrada de bentonita que podrá ulteriormente diluirse por adición de agua o que podrá ser añadida al agua.

La obtención de las suspensiones se hará por lenta y regular adición de la bentonita al agua, manteniendo una agitación constante.

Un dispositivo sencillo consistirá en disponer la bentonita en un cedazo fino, que se agitará suavemente por encima del depósito que contenga el líquido acuoso. La bentonita caerá lentamente, y la mezcla será homogeneizada, manteniendo el líquido un movimiento durante toda la operación y aún un poco después, por medio de un agitador rotativo rápido o de paletas mecánicas.

En muchos casos se preparan las suspensiones a parte y se dejan sedimentar algunas horas o días (según la aplicación a que se destinen) antes de emplearlas, dejando de esta forma que sedimenten algunas porciones de feldespato y sílice que generalmente siempre se encuentran en ellas.

Para las suspensiones ligeras se empleará el agua destilada. En todos los casos se evitará el empleo de aguas duras a menos que se ablanden previamente, puesto que si no provocarían la floculación de una porción de bentonita que puede ser apreciable.

Las suspensiones se preparan más fácilmente con agua caliente que con agua fría. La bentonita se dispersa con más facilidad; se emplean los productos comerciales, que

están constituidos principalmente por bentonitas granuladas, estos granos caen en el fondo hinchándose por el agua de abajo hacia arriba, dispersándose de una forma relativamente rápida.

Igualmente, se dispersa mejor la bentonita que ha sido calentada previamente a 110 C, pero es preciso no forzar la calefacción, pues a medida que se gana en facilidad de dispersión se pierde en el poder de hincharse, es decir, en propiedad útil, es la bentonita, filita de 10 A y que posee las propiedades inherentes a este género de estructura se calienta hacia los 300 C., se transforma en una filita de 10 A y no se hincha más ni forma gel, ha dejado de ser una bentonita.

La dispersión es más fácil en el agua tibia; difícil por el contrario, en el agua fría, debiendo trabajar siempre a 15 C, por lo menos y a 35 C, si es posible.

Por regla general, el PH más favorable para la obtención de soluciones estables oscila alrededor de 9.

La adición en pequeñas proporciones de electrolitos, permite aumentar la viscosidad y por consiguiente, el poder de transporte de las suspensiones de bentonita. Por tanto, una suspensión de bentonita en agua destilada, al 3% permite mantener en suspensión en 150 cc aproximadamente, a 100gr de sílice finamente pulverizada. Esta cantidad puede aumen-

tarse aun aumentando la viscosidad por adición de indicios de electrolitos.

Cuando las suspensiones están destinadas a soportar productos que contengan ellos mismos elementos ionizables y actúen como electrolitos, será necesario tenerlo en cuenta y ajustar el PH en consecuencia.

EMULSIONES DE ACEITE EN AGUA:

Emulsión es una mezcla coloidal íntima de dos líquidos. Entre las emulsiones más corrientes en la práctica industrial, las obtenidas con un aceite y agua ocupan un lugar importante. El tipo habitual, es la emulsión del aceite en agua o emulsión O. W. (oil-in-water). Puede seguirse el procedimiento fluido o el método líquido.

PROCEDIMIENTO FLUIDO:

Este método es aplicable a los aceites líquidos y a las emulsiones, que deben ser fluidos e movibles, y se efectúa con una dispersión de bentonita de concentración que varía de una fracción de 1 % al 5 ó 6%, con relación al agua (En todos los casos la proporción de bentonita empleada en estas operaciones se expresa siempre con relación al agua).

Se prepara primeramente un gel de una concentración del

5 al 10% que se agita hasta que quede liso y bien uniforme. Después de enérgica agitación, se hace llegar lenta y gradualmente el aceite a dispersar.

Por este medio pueden alcanzarse emulsiones con un contenido de 1 a 2% de bentonita, 15 a 30% de agua y 60 a 80% de aceite, que pueden diluirse con más aceite. La proporción de bentonita con relación al agua no debe descender en la práctica de 3%, pues de lo contrario existe el riesgo de una coagulación.

Eventualmente será necesario controlar y corregir el PH cuyas variaciones pueden acarrear algunos fracasos.

Los productores de bentonita americana Volclay explican de la manera siguiente el modo de preparar una emulsión ligera de aceite: Se dispersa una parte de bentonita en 15 partes de agua (expresada en peso). Se mezcla íntima y completamente hasta que se obtenga un gel liso y uniforme. Esto constituye una dispersión con un contenido de 6% de bentonita respecto del agua. Se va añadiendo el aceite suavemente a una parte de la dispersión, que se mantiene en vigorosa agitación mediante un agitador a gran velocidad. A una parte de suspensión pueden añadirse dos de aceite, con la que las proporciones serán:

Bentonita	2.2 %
Agua	31.1 %
Aceite	66.7 %

Esta emulsión inicial es el punto de partida, pudiendo ser modificada de diferente manera para alcanzar el producto final que se desee.

Es posible incorporar a continuación, bien más agua, o más aceite, o ambos, más agua y más aceite, al mismo tiempo, añadiéndoles lentamente y removiendo. Si se quiere diluir la emulsión pueden seguirse dos caminos: bien añadir más cantidad de dispersión inicial, bien añadir agua pura.

Si se añade agua, la cantidad deberá ser calculada de manera que la proporción de bentonita con relación al agua no baje del 2 al 3%. Si se desea una concentración mayor, puede incorporarse más cantidad de aceite, añadiéndolo lentamente mientras se agita la suspensión. Con algunos aceites puede incorporarse hasta el 80%, de forma que la proporción en la mezcla final pueda llegar a ser la siguiente:

Bentonita	1.3 %
Agua	18.7%
Aceite	80.0%

La cantidad de bentonita queda determinada principalmente por las características que se desea posea la emulsión final. Si ha de prepararse concentrada para diluirla posteriormente, se empleará gran cantidad de bentonita, para que también pueda añadirse, después, gran cantidad de agua. Si, por el contrario, ha de prepararse diluida para venderla en esta forma, bastará un 3% (con relación al agua), para al--

canzar la estabilidad; en el caso de que deba incorporarse gran cantidad de aceite y no vaya a ser posteriormente diluida, será suficiente un tanto por ciento muy pequeño de bentonita. En algunos casos la proporción de 1 a 3% ó 4% será la que proporcione los resultados apetecidos.

Es muy importante en este método, una agitación violenta, lo que se consigue con los mezcladores coloidales.

Resulta el trabajo más fácil y mejores las emulsiones si se efectúa la dispersión de bentonita en agua caliente y en este estado se introduce el aceite también calentado previamente.

Esta modificación en caliente, que es de gran utilidad con los aceites ligeros, resulta indispensable para los aceites pesados.

Por otra parte, se obtendrán emulsiones de bentonita más lisas y manejables por adición de pequeñas cantidades de sustancias capaces de disminuir la tensión superficial como por ejemplo, pequeñas porciones de jabón o de otros agentes humectantes.

EMULSIONES DE AGUA EN ACEITE.

Estas emulsiones se diluyen sin dificultad con aceite, pero no son fácilmente miscibles con el agua.

Para preparar las emulsiones de agua en aceite o emulsiones W.O. (water in oil), se dispersa completamente primero la bentonita en agua, y esta dispersión se añade lenta y progresivamente al aceite mantenido con bastante agi-

tación.

EMULSIONES POR EL PROCEDIMIENTO DE PASTA (METODO PASTOSO).

Este procedimiento es aplicable a los asfaltos y alquitranes, a las ceras, parafinas, brea, resina, látex, esterearatos alcalinos, etc.

En este método se prepara un gel de bentonita espeso, pero bien homogéneo, por lo menos de 7.5% con relación al agua, y a continuación se introduce con viva agitación la sustancia a emulsionar caliente y flúida.

Debido a la elevada concentración de la bentonita - en estos preparados, éstas emulsiones podrán diluirse mucho más que las emulsiones que se obtienen por el procedimiento líquido. Son por regla general, más estables y tendencia a coagularse es más reducida.

PROCEDIMIENTO POR TRITURACION (O POR MOLIENDA).-

Este método es aplicable a los asfaltos, breas, resinas etc.

Los materiales a emulsionar se ponen en un molido de bolas con la cantidad precisa de bentonita y eventualmente con un poco de agua. La trituration se mantiene hasta que se alcanza un estado de división suficiente y una mezcla adecuada.

PROCEDIMIENTO SOLIDO-SECO (MEZCLA EN SECO).-

Este procedimiento sirve para numerosos productos sólidos o semisólidos. No se utiliza el agua en la preparación preliminar, no interviniendo más que como soporte fi

nal en el momento de su empleo.

Para realizar una emulsión sólida o mezcla en seco - se trituran juntos la bentonita y el producto a utilizar en un molino de bolas o en un molino de piedras.

Cuando la mezcla ha quedado bien completa se calienta el polvo obtenido a una temperatura un poco superior - al punto de fusión del sólido durante algunas horas.

La bentonita, debido a su estructura y a su poder ab sorvente, fija en sus poros y asimila íntimamente y en for ma coloidal el sólido fundido.

No obstante este procedimiento no valdrán para aquellos productos que necesiten una calefacción por encima - de 200 C, puesto que a estas temperaturas se destruirían las propiedades de hinchamiento de la bentonita.

Por el contrario, puede ser aplicado a los líquidos. Para ello se opera a temperaturas bajas, inferiores al -- punto de fusión, o bien se agita el fluido con la bentonita hasta que se forme una masa húmeda bien homogénea. Sin embargo, las cantidades de productos que la bentonita pue de fijar por este procedimiento son limitados, aproximadamente del orden de dos partes de sustancia por una parte de bentonita.

APLICACION DEL PROCEDIMIENTO FLUIDO A OTRA SUSTANCIA DISTINTA DEL ACEITE.

El procedimiento flúido que hemos descrito para las emulsiones de aceite en agua puede aplicarse también a susg

tancias extraordinariamente varias, entre otros a la bencina, esencia de trementina, gasolina, kerosene, furofuro, antraceno, creosota, ácido oleico, fenol, petróleo.

Si se opera a temperatura suficiente, puede aplicarse también a las grasas, asfaltos, alquitran, pez, ceras, parafinas, etc.

He aquí algunos ejemplos prácticos tomados de las indicaciones suministradas por los productores de la bentonita americana Volclay: supongamos que se trata de obtener una emulsión de kerosene.

Se mezclan dos partes de kerosene con una agua y 2.5 a 3.5% de bentonita, con relación al agua, resultando una emulsión prácticamente permanente. Pueden formarse emulsiones de gasolina con las proporciones siguientes:

Bentonita	0.7 %
Agua	19.3 %
Gasolina	80.0 %

Esta emulsión puede diluirse si se neutraliza el agua o si se acidifica ligeramente por adición de algunas gotas de ácido. Para establecer la suspensión se añadirá la gasolina lentamente a la bentonita dispersada en agua. Pueden obtenerse igualmente emulsiones de alcohol, agua y gasolina que tengan las proporciones máximas siguientes:

Bentonita	0.7 %
Gasolina	70.0 %

Agua	20.3 %
Alcohol	9.0 %

En este caso se obtienen mejores resultados con agua ligeramente alcalina.

EXPLOTACION Y MANUFACTURA DE BENTONITA.-

Una de las fuentes de bentonita para lodos de perforación, en el presente tiempo es de los depósitos ocurridos cerca al afloramiento de pizarras Mowry en el lado este de Black Hills Uplift en la vecindad de Upton Wyo, y Belle Fourche, S.D. En el cual aparecen camas de casi pura ceniza volcánica, siendo depositada en la cumbre de pizarra Mowry, y que durante épocas, estas camas de ceniza volcánica ha sido alterada a bentonita.

Directamente sobre las camas de bentonita están las pizarras Belle Fourche que se han asentado con el tiempo, - estos contienen numerosas herrumbres coloreada y concreciones de siderita dura. En el área mencionada, numerosas afloraciones de bentonita han sido expuestas por el tiempo. La presencia de herrumbre y concreciones de siderita es un hecho que indica la posibilidad de depósitos de bentonita. El espesor de la bentonita es muy variable siendo de 3 a 20 pies, los depósitos comerciales.

El proceso de bentonita para lodos de perforación de pozos de petróleo, consiste en el secado, molienda y ensecado. La alta humedad contenida de bentonita, se debe a la mina y es de naturaleza muy pegajosa, hecho éste que difi-

culta más su tratamiento.

La bentonita es transportada de la pila acumulada a dentro del vertiente mojado, en donde comienza el proceso.

La bentonita cruda es preparada para secado por corriente continua en la máquina de rebanar, que es designada especialmente para bentonita, como una trituración ordinaria de rodillos.

Es conveniente quebrar la bentonita dentro, en pequeños trozos, así como secar fuera de recalentamiento. El secado de bentonita en lodos de perforación debe ser hecho cuidadosamente controlado, porque las características coloidales son destruidas, si el material es sobrecalentado. Esto es usualmente práctico para uso de desecadores rotarios, aproximadamente de ocho pies de diámetro y 60 pies de largo. Estos desecadores contienen un tubo central quien transmite los gases calientes al final de la descarga del horno, luego estos gases son pasados en contracorriente a través del material. Durante la operación del secado, la bentonita es violentamente agitada por numerosos alzadores en el desecador. Durante esta operación de secado, la humedad contenida es reducida de 30 a 6 %, la cual es considerada comercialmente material seco.

DIAGRAMA DE MANUFACTURA DE BENTONITA,

NUCLEO DE PERFORACION PARA SELECCIONAR LA BENTONITA



SEPARACION Y EXPLORACION



ACARREO



PILA ACUMULADA



MAQUINA DE RELLENAR



SECADO



MOLIENDA FINA EN MOLINOS DE RODILLOS



VENTILACION CLASIFICADA



ENSACADO AUTOMATICO



CARROS

CAPITULO III

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

PROPIEDADES FISICAS.

FORMA NATURAL Y TAMAÑO DE LAS PARTICULAS.

En su forma bruta natural, la bentonita es una roca blanda que tiene aproximadamente la consistencia del caolín, es decir, friable y untuosa, se adhiere fuertemente a la lengua, blanca y ligeramente teñida de amarillo, beige, amarillo verdoso, rosado. Su grano es extraordinariamente fino.

Dada la extraordinaria división y porosidad del producto, los polvos que se obtienen son sumamente tenues.- Esto es debido a su origen por destrificación de las tobas volcánicas alteradas por el agua alcalina, junto con la acción de las emanaciones fluorhídricas y sulfurosas.

La forma e insignificancia de las partículas constituyen la base de sus aplicaciones particularmente, de su propiedad de formar suspensiones coloidales, soles, geles y también películas plásticas.

Observadas con ayuda del ultramicroscopio y microscopio electrónico, bajo aumentos muy grandes aparecen como escamas alargadas.

Con los aumentos ordinarios se pueden observar, como lo afectado D.V. Zanon, en la bentonita italiana de la isla de Ponza, residuos fósiles de espongiarios y diatomeas mezclados con otras porciones minerales cristaloides. Se han obtenido resultados análogos con la bentonita de Wyoming. (La FIG. 6, muestra estos residuos fósiles bajo un aumento de 693 D). Se deduce, por consiguiente, que con anterioridad a las acciones volcánicas hubo sedimentación marina.

Más del 50% de las partículas de bentonita poseen un tamaño ultramicroscópico, es decir, inferior a 10^{-5} , 10^{-6} o 10^{-8} cm. o 1500 uu.

Esto es mucho menor que el tamaño de las partículas de arcilla ordinaria. Podremos formarnos una idea aproximada de estas dimensiones si pensamos en que la partícula más pequeña que puede observarse con un microscopio de 2000 D. de aumento es de 0.1 u, y si se considera que una buena calidad de china clay (arcilla pura) está formada por partículas de una u aproximadamente.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y FACTOR DE SUPERFICIE.

Se sabe ya el carácter primordial que en la química de los coloides posee el factor de superficie, el cual está en relación directa con la distribución granulométrica.

Prever y Gorla Han realizado, con relación a la bento

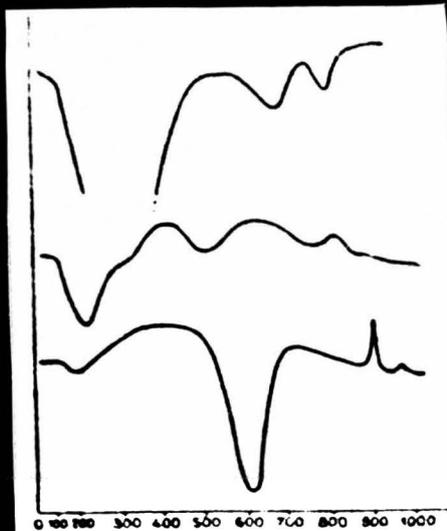


FIG. 4 — Curvas termicas establecidas por DE LAPPARENT según JOURAVSKY y ORCINI.
 En la parte superior: arcilla montmorillonita; en la parte media: arcilla aragonitica; en la parte baja: arcilla caolinitica.

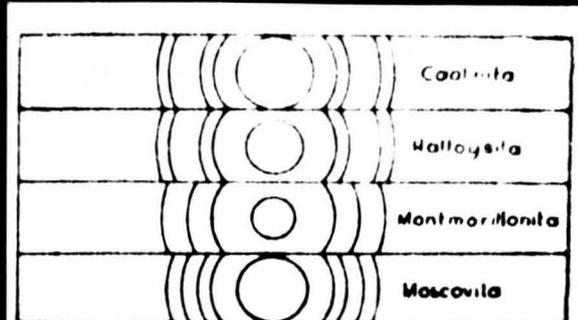


FIG. 5 — Esquema de los espectros de rayos X de los minerales caolinita, halloysita, montmorillonita y moscovita.



FIG. 6 — Micrografía tomada con el microscopio electrónico de una bentonita, en la que se aprecian los elementos orgánicos y los minerales inorgánicos dentro de ella. (según F. SVELLI, Este tonale, in "Materia Prima d'Italia - dell'Impero.")

nita, un excelente estudio de estos valores; se han basado en la velocidad de caída de los granulos en suspensión y en la determinación de la superficie total de éstos. El primer método se basa en la clásica ley de Stokes, que viene expresada por la fórmula:

$$V = \frac{S}{h} \times \frac{2}{9} \times \frac{D-d}{u} l^2 g$$

V = Velocidad ft/sg.

g = gravedad 32.2 ft/seg/seg.

l = diámetro de la partícula ft.

D = densidad partícula sólida, lbs/ft³

d = densidad del lodo, lbs/ft³

u = viscosidad (poises x 0.0672)

Esta fórmula, según Marshall, es aplicable a las arcillas.

Puede llevarse a cabo:

- 1.- Determinando el tanto por ciento de granulos dotados de velocidad de caída superior a la velocidad variable comunicada artificialmente al líquido de la suspensión.
- 2.- Recogiendo al cabo de un tiempo las partículas que han recorrido determinado espacio.
- 3.- Por una continua observación de la variación de la densidad de la suspensión durante la caída de las partículas

las.

4.- Observando, finalmente, la variación del fenómeno de Tyndall.

En cuanto al segundo método, no se determina con ella la distribución granulométrica según el tamaño, sino su superficie por absorción de colorantes o sales radioactivas.

Los ensayos de Appiani han sido realizados por Prever y Gorla sobre tres muestras diferentes:

Número 1, bentonita comercial americana;

Número 2, bentonita italiana, bruta, de la isla de Ponza;

Número 3, caolin sardo para comparación.

Primeramente se determinó el peso de arcilla sedimentaria por una columna líquida de 10 cm. de altura en los primeros ocho minutos veinte segundos. Este peso corresponde, convencionalmente, al residuo silíceo, la diferencia es considerada como sustancia arcillosa, Las proporciones así definidas se establecen en la siguiente tabla:

	Número 1	Número 2	Número 3
Residuo Silíceo	2,35	53.20	65
Sustancia arcillosa	97,65	46.80	35

Con este ensayo se obtiene una distribución teórica - simplificada de los granulos. Por otra parte, se puede - considerar como constante, en la fórmula de Stokes, el -- término:

$$\frac{D - d}{u}$$

O dicho en otra forma, no se tiene en consideración, - prácticamente, la densidad media de la arcilla.

Si se mide la variación de la densidad con la balanza de Mohr y se llevan a un gráfico los valores tiempos-densidades (FIG. 7), se puede obtener por la fórmula de Stokes la velocidad de las partículas, y determinando la variación de la densidad, un valor medio de los límites-de tamaño de las partículas.

Así, el diagrama indica, primero (hasta la línea punteada vertical), el tiempo de ensayo Appini (en este caso, 8 minutos 20 segundos para un recorrido de 10 cm., y se ha calculado el tanto por ciento de la arcilla depositada en la forma que se indica en la siguiente tabla:

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS	Número 1	Número 2	Número 3
> 10 u	2.6%	44.1%	54.8%
10 - 4 u	1.3%	17.5%	44.2%
4 - 2 u	2.6%	4.0%	1.0%
< 2 u	93.5%	34.4%	1.0%

En el número 1, hay partículas tan finas que prácticamente no se han depositado aún al cabo de quince días, mientras que el número 2 se depositan dentro de 48 horas y en el número 3 en 24 horas.

En cuanto al factor de superficie, ha podido determinarse, como hemos dicho, por absorción de colorantes o de sales radioactivas.

Prever y Gorla la han determinado, según la definición de Mellor, por la absorción de violeta y por medio de un método adoptado por la Transaction American Foundrymens Association.

La cantidad de colorantes absorbido es una función del desarrollo superficial de los gránulos, pero se origina parcialmente una reacción reversible, estableciéndose en equilibrio entre la cantidad de colorante en solución y la de colorante absorbido. En la práctica se agita con una solución de violeta cristal, una pequeña cantidad exactamente pesada y conocida de la arcilla seca. A continuación se determina el colorante que no ha sido absorbido por comparación patrón.

Las cantidades de violeta cristal absorbidas con relación a 100 gr. de sustancia arcillosa seca fueron:

Número 1	-----	65%
Número 2	-----	15%
Número 3	-----	1.7%

El factor de superficie definido de esta manera aparece

como una expresión aceptable del valor medio de la distribución granulométrica.

Merece especial atención estos ensayos, puesto que es tan en íntima relación con las aplicaciones prácticas, donde la absorción desempeña el principal papel.

PESO ESPECIFICO.

El peso específico de la bentonita seca varía en débil proporción según la calidad y origen, oscilando entre 2.7 y 2.8.

El peso específico aparente de los productos molidos es sensiblemente inferior del orden 1.6 a 1.8.

PROPIEDADES OPTICAS: COLOR.

Las arcillas coloidales presentan coloraciones variables, pero poco pronunciadas.

La bentonita originaria de Wyoming está ligeramente teñida de amarillo, beige o pardoverdoso. La Volclay, que es una variedad comercial, pulvurulenta, coloidal, está teñida en beige claro.

Se encuentran estas mismas coloraciones, con intensidades ligeramente diferentes, en el absch-clay y en las demás formas naturales o comerciales de bentonitas americanas. Ocurre lo mismo con las arcillas coloidales rusas o alemanas y con las encontradas en Francia en la Dordogne y en Vaucluse. Las bentonitas norteamericanas tienden, por el contrario, hacia un rosa ligero, que es, además, la co

loración de la motmorillonita originaria de Montmorillón. Son muy blancas la Ponzanita de la isla de Ponza, en Italia, y la geolitha, de origen griego.

El índice de refracción de la bentonita americana de Wyoming es 1.557; el de la bentonita Italiana de la isla de Ponza 1.51. Estos valores se entiende con relación al aire y son del mismo orden que el índice de refracción - de los buenos caolines.

HINCHAMIENTO.

Una de las propiedades más notables de la bentonita es su facultad de hincharse considerablemente en el agua, formando masas gelatinosas.

Para que una arcilla pueda ser considerada como bentonita, en el sentido comercial de la palabra, debe hincharse aumentando por lo menos cinco veces su volumen. Normalmente, en las buenas bentonitas se aprecian aumentos de - 10 a 20 veces el volumen, pudiendo alcanzar, en algunas - muestras, excepcionales aumentos de 25 e incluso de 30 veces.

Los aumentos de 12 a 15, son siempre los más generales y los que se observan en las buenas calidades comerciales, y corresponden a una absorción, por la bentonita, de 5 a 6 veces su peso de agua.

Se admite hoy que esta propiedad de la bentonita de hincharse se debe principalmente a que cada molécula atrae ha

cia ella cierta cantidad de agua y se aleja de las moléculas vecinas, y también a que, aunque en una proporción más pequeña, entre cada cadena o parte plana de la estructura de la molécula del tipo de la montmorillonita se produce una absorción de agua que separa estas partes planas unas de otras.

El hinchamiento es reversible. Dicho de esta forma, la bentonita puede secarse e hincharse de nuevo tantas veces como se quiera sin que sus propiedades se modifiquen, siempre que el agua sea bien pura y que la temperatura a que se seque no sea muy elevada.

La temperatura ejerce cierta influencia sobre esta facultad, influencia que varía con la clase de bentonita. Para las arcillas coloidales Volclay de Wyoming se estima que la facultad de hincharse no resulta afectada por temperaturas inferiores a 232 C. A partir de esta temperatura disminuye poco a poco, pero solamente hacia los 600 C. que da completamente destruída.

Para el absohclay, se observa una disminución de la facultad de hinchamiento a partir de 218 C.

La realización en el laboratorio de ensayos sobre esta propiedad no puede efectuarse añadiendo agua a la bentonita. Es necesario operar siempre en sentido inverso; en caso contrario, cuando el agua se pone en contacto con la bentonita, hay una absorción rápida por la capa exterior que gelifica rápidamente, haciéndose impermeable, con lo -

que se disminuye el fenómeno. Se utilizarán vasos de Berlín, cápsulas profundas o tubos de ensayo, y se dejará -- caer la bentonita suavemente en el agua. Por lo general la sustancia desciende con lentitud en forma de copos, que se reunirán en el fondo (FIG.8) Ciertos tipos granulados preparados para ser empleados donde sea necesaria una dispersión rápida descienden alrededor del vaso y se hinchan de abajo arriba. Otras variedades se hidratan más lentamente.

Un ensayo muy significativo sobre los productos brutos, consiste en cortar un cubo de un centímetro de arista y colocarlo en una cubeta o cristizador, donde se bañará con agua; la medida de la dimensión del cubo hinchador, donde se bañará con agua; la medida de la dimensión del cubo hinchado, después de sifonar el líquido, nos dará el valor -- del hinchamiento. (FIG. 9).

Este fenómeno se paraliza con bastante rapidez en soluciones fuertemente ácidas o si la bentonita se añade a soluciones fuertemente alcalinas, después que estas soluciones hayan quedado establecidas.

Así, si se deja que la bentonita hinche en agua pura, y se añade después un álcali, el gel se vuelve más espeso. Si se mezcla se efectúa en orden inverso, el gel será más -- fluido.

GELES Y SUSPENSIONES DE BENTONITA.-

Se obtiene una suspensión permanente cuando se añade -

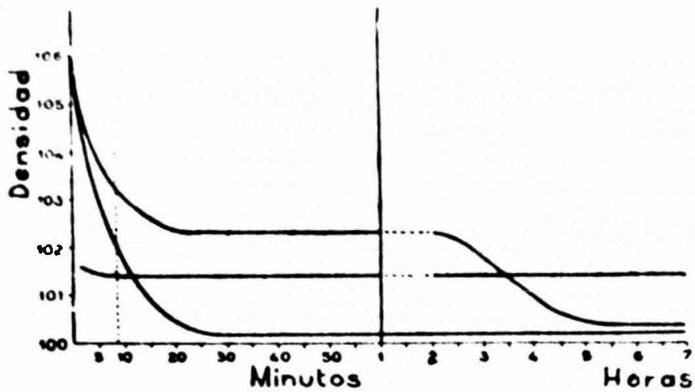


FIG. 7—Curvas de sedimentación (densidad tiempo)
 Arriba, sobre el eje de una hora Bentonita italiana
 En medio, ídem id. Bentonita americana
 Abajo, ídem id. Caolín de Cerdeña
 (según PARVIZ y GORIAS)

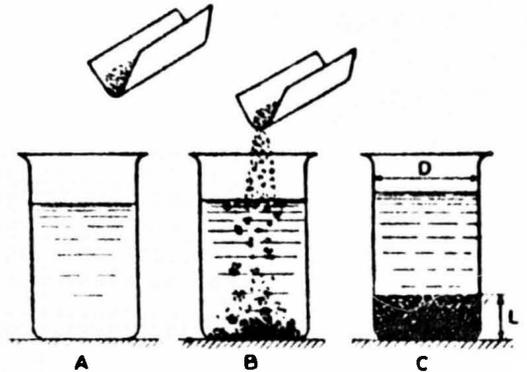


FIG. 8—Ensayo de hinchamiento de una bentonita
 A. Se prepara un vaso profundo, lleno hasta los 2/3 con agua destilada, y en una tarjeta un volumen conocido de bentonita.
 B. Se añade suavemente la bentonita al agua, sobre la que caera en copos.
 C. Después del hinchamiento (varias horas) se iguala la superficie golpeando el vaso suavemente y se mide el volumen de bentonita conociendo D y L o, mejor, utilizando un vaso graduado en centímetros. La relación entre el volumen final así determinado y el volumen inicial conocido mide el hinchamiento.

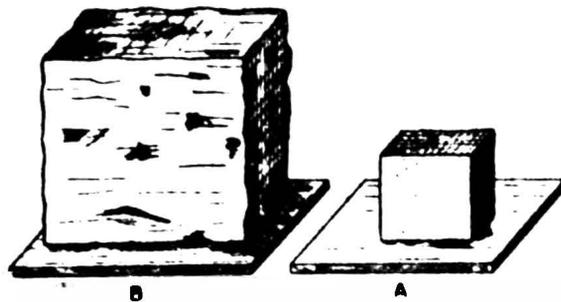


FIG. 9—Cubo de bentonita hinchado en agua (B), a la derecha, el mismo antes de hincharse (A). El aumento de volumen es aproximadamente de 1 a 14 (bentonita italiana de la Isla del Ponza).

bentonita sobre agua en la proporción de 1 a 2% y se agita con violencia. Esta puede transformarse en gel por acción de los electrólitos, pero para obtener directamente geles de bentonita en el agua pura es preciso alcanzar una concentración de 1/5. Para esta concentración, si la muestra es de buena calidad, el gel se solidifica instantáneamente en medio acuoso. Con una concentración de 1/10 es necesario agitar enérgicamente para obtener el mismo resultado. Para 1/15 el gel se solidifica después de algunos segundos; cuando la concentración es de 1/20 el gel es líquido, viscoso y puede solidificarse a la larga.

Estos geles son tixotrópicos, es decir, son capaces de licuarse por agitación y recuperar su forma sólida por reposo. De aquí vemos que la tixotropía es el fenómeno o propiedad exhibida por algunos geles, de transformación de fluido cuando es separado.

Se trata de una propiedad muy particular de la materia, común a diversos coloides, pero especialmente acusada en los geles de bentonita y que es debido al hinchamiento intercrystalino.

Sobre la tixotropía influyen varios factores: tiempo, temperatura sales, etc. Si se mezcla la bentonita con 6 a 7 partes de agua forma partes Homogéneas que tienen el aspecto y la consistencia de una grasa espesa. No sucediendo esto con arcillas ordinarias en que es preciso una cantidad de 6 a 10 veces superior para alcanzar el mismo resultado.

La gran estabilidad de las suspensiones coloidales de la bentonita es debida primeramente, conforme a las leyes clásicas de la Física, a la extraordinaria finura de partículas y moléculas y, también, a la relativa importancia de su carga eléctrica negativa. Debido a esto último las partículas de la bentonita se repelen unas a otras cuando flotan en el agua y permanecen en constante movimiento.

Esto explica también el que la bentonita no se hinche ni quede en suspensión en líquidos como el alcohol, acetona, benceno, etc., donde no tiene lugar la hidratación ni puede adquirir cargas eléctricas.

VISCOSIDAD.

La viscosidad es, evidentemente, un carácter muy importante, tanto científica como técnicamente, de los geles y suspensión de bentonita. Las curvas de viscosidad en función de la concentración de las suspensiones acuosas de bentonita son convexas del lado de las abscisas para las partículas cargadas o isoeléctricas, lo que no tiene lugar con el almidón o cuarzo por ejemplo. En consecuencia ni estando cargados, ni al estado isoeléctrico, presentan las suspensiones de cuarzo de almidón una viscosidad de estructura, en tanto que la bentonita la posee en ambos casos.

Las suspensiones de bentonita no presentan ningún paralelismo entre la viscosidad y la velocidad de emigración cataforética, cuando al mismo tiempo que la descarga se produce una deshidratación.

Mediante medidas de viscosidad de suspensión definidas se han podido diferenciar ciertas arcillas de diversos grupos e incluso con el viscosímetro de rotación de distintas bentonitas.

ABSORCION Y ADSORCION.-

Debido a la gran finura de sus partículas o a la extraordinaria superficie de contacto, la bentonita se halla dotada de gran poder absorbente.

Ross y Shannon han dado, refiriéndose a la bentonita de Wyoming, que "esta adecuada combinación de gran superficie y textura permeable da a la bentonita el poder de absorción más grande que la naturaleza parece haber concedido jamás.

Para los líquidos hemos visto su poder absorbente frente al agua. Absorbe igualmente bien los aceites, la glicerina, etc. Los sólidos pueden fijarse sobre ella en fase acuosa (colorantes, sales metálicas, etc.) por atracción electroquímica en medio electrolítico (carbono, colores, etc.) por mezcla y fusión (azufre).

El estudio de la absorción de proteínas por la montmorillonita ha permitido poner en evidencia el papel del PH en este fenómeno.

La bentonita puede absorber cantidades considerables de gases, especialmente gas amoníaco, anhídrido carbónico y anhídrido sulfuroso. En cuanto a la adsorción de gases, la

bentonita se parece a los geles de sílice.

Científicamente, la adsorción en las soluciones coloidales de gran superficie de contacto es un fenómeno complejo relacionado con la fijación de iones. Esta fijación de iones por los gránulos coloidales desempeña un importante papel en los fenómenos posteriores y particularmente en las variaciones de estabilidad provocados por la adición de pequeñas cantidades de electrólitos y en la floculación.

PROPIEDADES QUÍMICAS.

COMPOSICION.

Las bentonitas tienen químicamente una composición que permite relacionarlas con la montmorillonita: Al_2O_3 --- $4SiO_2 \cdot H_2O$ nH_2O , aunque en pequeñas variaciones.

Así, la bentonita italiana es un poco más silícea que la de Wyoming; por consiguiente, es menos aluminosa. La geolita y las bentonitas del Manitoba son menos silíceas y más aluminosas.

El contenido en hierro de las bentonitas americanas es relativamente elevado y provoca su coloración, mientras que las bentonitas italianas y la geolita, muy poco ferruginosas, son blancas.

Las bentonitas, sobre todo las italianas y alemanas -- son principalmente Ca-bentonitas, mientras que las bento-

nititas americanas son más bien, Na ó Mg-bentonitas. En -- cuanto a la geolita, es netamente magnesiada. El cuadro de análisis que vemos en la FIG. 10 es muy interesante.

LA ARCILLA-H Y SUS SALES (ARCILLATOS).-

Mediante la electrodiálisis es eliminado de las arcillas los iones más o menos sólidamente adsorbidos. A esta arcilla electrodiálizada es a la que damos el nombre de - arcilla-H, y en efecto, esta arcilla-H es un verdadero ácido arcílico capaz de reaccionar químicamente, y en particular de formar con las bases los arcillatos.

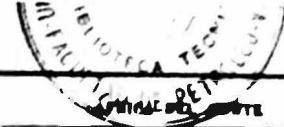
Las propiedades físicoquímicas (absorción, plasticidad, etc.) se relacionan en gran parte con la acción de los electrolitos y bases sobre el ácido de la arcilla o arcilla-H.

Según la opinión de Bradfield, la acidez de arcilla es debida a los iones OH de la molécula y que las micelas que la constituyen forman un verdadero ácido arcílico.

En la bentonita, como en la mayor parte de las arcillas de los suelos agrícolas, una parte de los iones Al están--reemplazadas por Mg o Fe divalentes, lo que implica, para que el cristal sea neutro, una adición correspondiente de cationes.

Una parte de sí puede estar reemplazado, en la fórmula estructural, por Al con adición de otros cationes. Es posible preever, por consiguiente, numerosos tipos de silicatos que deriven unos de otros por sustitución progresiva de Si o Al por otros cationes de valencia inferior.

Análisis químico de diversas bentonitas



	ESTADOS UNIDOS (WYOMING)					ITALIA				CANADÁ	GRECIA	GRECIA				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	II	III	IV	V		
Sílice (SiO ₂)	59.17	64.00	59.57	59.50	67.50 a 68.50	69.50	67.42	73.20	59.62 63.72	51	54.90	49.5	48.8	47.7	57.37	61.43
Alúmina (Al ₂ O ₃)	19.09	20.80	19.67	16.50	17.00 a 18.20	16.50	15.83	14.84	13.75 16.34	24	20.29	16.5	17.4	15.5	20.31	19.54
Oxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	2.79	3.05	2.91	3.00	3.90 a 4.40	0.70	0.88	0.86	0.65 2.37	—	0.21	0.7	1.7	2.6	3.32	1.74
Oxido ferroso (FeO)	0.42	0.46	—	—	—	—	—	—	0.25	—	—	0.2	0.3	0.4	0.30	0.23
Cal (CaO)	0.48	0.53	0.06	1.00	0.90 a 1.10	2.00	2.64	3.60	1.43 3.14	0.6 a 0.8	0.87	0.9	1.7	0.2	1.15	0.46
Magnesia (MgO)	2.12	2.30	2.46	2.50	0.50 a 0.60	1.00	1.29	0.40	1.42 2.68	0.3 a 0.8	4.30	5.0	4.7	6.1	5.98	5.40
Alcalis (Na ₂ O, K ₂ O)	2.74	3.90	2.09	3.00	0.60 a 0.70	1.00	1.09	0.58	0.44 1.01	—	2.40	1.0	0.4	0.5	1.68	2.13
Acido sulfúrico (SO ₃ H ₂)	0.32	0.35	—	—	—	—	0.01	—	—	—	0.44	—	—	—	0.16	0.30
Cloro de los cloruros (Cl)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.60	—	—	—	—	—
Bióxido de titanio (TiO ₂)	0.13	0.15	—	—	—	—	nada	—	0.13 0.87	—	—	—	—	—	0.90	0.55
Humedad (H ₂ O)	8.00	—	7.40	14.50	6.00 a 7.70	—	—	6.52	10.79 11.87	—	10.50	26.2	25	27	9.23	7.35
Pérdida por calcinación	4.74	4.74	—	—	—	9.30	10.83	6.80	4.47 6.21	—	—	—	—	—	—	—
Acido fosfórico (PO ₄ H ₃)	0.01	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.12	0.26
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.02
TOTALES	100.00	100.00	94.76	100.00	—	100.00	99.99	106.80	100.05 100.25	—	94.91	100.0	—	100.00	100.84	100.64

EXPLICACION

1. Análisis tipo de la bentonita de Fort Benton (Wyoming); tal como sale de la cantera.
2. El mismo sin humedad.
3. Análisis de otra muestra de Fort-Benton (WILSON).
4. Otro análisis de Fort-Benton.
5. Contenidos medios de la bentonita de Fort-Benton (CRAWFORD).
6. Bentonita tipo de la isla de Ponza.
7. Valores medios de cinco análisis de muestras tomadas en la isla de Ponza. En la superficie y a 20, 60, 120 y 180 m de profundidad (SIVALLI).

8. Bentonita de la isla de Ponza.
9. Bentonita de Pouilles (Castel-Nuovo); véase detalle en la tabla #2 (C. ANDREATTI).
10. Yacimiento Morden en el Manitoba.
11. Geofilia.
12. Montmorillonita de Lalla Marna, Argelia (J. de LAPPARENT).
13. Bentonita de Saint Arnault, Argelia (J. de LAPPARENT).
14. Bentonita de Zenina, Argelia (J. de LAPPARENT).
15. Arcilla marroquí de la Sociedad Francesa de Olierinas.
16. Arcilla de Argelia de la Sociedad Francesa de Olierinas.

Por tratarse de ácidos, al poner las arcillas en suspensión en agua y siempre que sean puras y no estén neutralizadas, deben presentar un PH bajo. Bradfield ha medido, a este respecto, el PH de una arcilla bruta en función de la concentración. Ha encontrado una curva análoga a la que presenta el ácido acético (FIG. 11).

La arcilla, adsorbe las bases, según leyes químicas, ligeramente complicadas por fenómenos físicos. Puede también adsorber ácidos, si bien en menor cantidad. En fin, puede adsorber por completo sales y electrólitos.

E. de Paravince, ha demostrado que la conductividad de las soluciones salinas disminuye en presencia de las arcillas. Para que esto ocurra es preciso admitir que existe una adsorción simultánea de aniones y cationes, pues - si sólo existiera adsorción de cationes dejando en libertad iones H, la conductividad aumentará, ya que el ión H es el que goza de mayor movilidad de todos los iones.

En estado natural, la bentonita, no está, o sólo se halla, en pequeña proporción en forma de bentonita-H.

En el transcurso de su formación y después por las acciones atmosféricas entra en contacto con diversas bases, presentándose bajo la forma de bentonita-Na (Wyoming), de bentonita-Ca (alemana), de bentonita-Mg, etc. Las bases que la constituyen pueden sustituirse unas por otras.

La capacidad de sustitución es completamente variable. Elevada en la montmorillonita, es moderada por la beidillí

ta y más débil aún en la caolinita. Prácticamente estos hechos tienen gran importancia. Así, la plásticidad de una arcilla es diferente, según haya sido tratada con calcio o con sodio. Igualmente, una bentonita natural-Ca será más activa por lo que respecta a su aptitud para aumentar la plasticidad de una arcilla cerámica que una bentonita-Na. Estos resultados aportan también nuevas consideraciones sobre la propiedad que poseen los minerales arcillosos del grupo de la montmorillonita, de hincharse por absorción de agua; esta absorción de agua se realiza en el interior del cristal, proporcionando una extensión continua y reversible la red cristalina en una dirección determinada.

Según Davis y Vacjer, el intercambio de bases, ha originado la siguiente clasificación de las bentonitas:

Bentonitas alcalinas.- Contienen álcali fácilmente reemplazable; no sufren modificación por el SO_4H_2 , puesto que por tratamiento alcalino e hidrólisis pueden ser regeneradas. La especie tipo es la bentonita-Na.

Sub-bentonitas alcalinas.- Se modifican por SO_4H_2 ; pero contienen álcalis sustituibles.

Bentonitas alcalino-térreas.- Pueden convertirse en bentonitas alcalinas por tratamiento con una tierra alcalina.

Sub-bentonitas alcalino-térreas.- Son modificaciones de las bentonitas alcalino-térreas, que aunque contienen una tierra alcalina fácilmente sustituible, no pueden

transformarse en bentonitas alcalinas después de haber sido tratadas con un ácido.

EFEECTO DE LOS ELECTROLITOS SOBRE LAS SUSPENSIONES DE BENTONITA.

En las arcillas colodales del tipo de la bentonita, el efecto es particularmente intenso, debido a sus singulares propiedades, especialmente a su gran superficie de contacto y su estructura.

La viscosidad y el poder de suspensión de geles y suspensiones son profundamente alterados, por regla general, por la adición de cantidades muy pequeñas de electrólitos.

Entre las sustancias ionizables capaces de afectar notablemente a las suspensiones de bentonita, se pueden citar:

Alcalis.- Cal, sosa, potasa, hidróxido de bario, magnesia.

Acidos.- Acidos clorhídrico, nítrico, sulfúrico, oxálico, tartárico, etc.

Sales.- Sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, nitrato de aluminio, cloruro de magnesio, cloruro de calcio, carbonato de sodio, etc.

La acción de los electrólitos dependerá en gran parte del orden seguido al hacerla mezcla; dicho de otra forma, de si el electrólito se hace actuar sobre la bentonita hinchada o nó.

Así resulta una suspensión ligera cuando la cal viva o hidratada, se añade al agua echando a continuación la bento-

nita a la lechada de cal.

También resultará una suspensión ligera si se mezcla la cal y la bentonita y esta mezcla se añade sobre el agua. Por el contrario, añadiendo a una dispersión de bentonita en agua una pequeña cantidad de cal, el gel se espesará con siderablemente. También se obtienen geles muy rígidos cuando se añade magnesia a una suspensión de bentonita en agua.

Indicios de sosa cáustica aumentan notablemente la -- viscosidad de las suspensiones.

Añadiéndole el álcali en cantidades suficientes, aunque muy pequeñas, la bentonita flocula, transformándose en gel.

La capacidad de suspensión de la bentonita queda destruída cuando se añade a una disolución de un álcali enérgi co, como la sosa, de 0.5% de concentración. Por el contra-- rrio, si se dispersa primeramente la bentonita en el agua y se añade despues el álcali en la misma proporción, se obtiene un gran aumento de la viscosidad.

Este efecto tan marcado de los electrólitos implica - el que sea necesario presentar gran atención al agua con la que deban obtenerse suspensiones en las que la bentonita en tre en pequeñas proporciones. Es preciso no emplear aguas - duras que afectarían la capacidad de suspensión a menos de so meterlas a un tratamiento previo con zeolitas.

Con aguas medianamente duras será precipitada la bento

nita por las sales disueltas para concentraciones del orden de cuatros partes de bentonita por 1000 de agua. Con agua - destilada pueden obtenerse suspensiones extraordinariamente diluídas.

Cuando se emplea en la práctica para aumentar la viscosidad o las propiedades de transporte de las suspensiones (emulsiones estabilizadas), pero se desea que la concentración de arcilla coloidal en el producto final sea la más baja posible, se hace uso de algún electrólito que, aumentando el espesor del gel o la viscosidad de la suspensión, permitan reducir la cantidad de bentonita para un mismo efecto útil.

Los electrolitos que se utilicen para este fin deberán ser elegidos de suerte que sean compatibles químicamente y físicamente con el producto final, sus ingredientes, método de preparación, etc. Ocurriendo también que los mismos in-redientes ejercen una acción electrolítica, útil o perjudicial, sobre la bentonita, que habrá de ser tenida en consi-deración.

En las aplicaciones prácticas, la proporción más adecuada de bentonita podrá determinarse después de algunos --tantos.

Los ensayos deberán realizarse especialmente siguiendo los distintos órdenes posibles de efectuar la mezcla para determinar cuál de ellas proporciona el mejor resultado. Cuando en las soluciones hay un exceso de álcali o de ácido

se produce una floculación parcial, se disgrega el gel de bentonita después de haber permanecido algún tiempo en suspensión y sobre la superficie del gel aparece una capa de agua clara cuya profundidad depende de la concentración de bentonita.

Una suspensión estable no debe mostrar en la superficie ninguna capa de líquido libre.

Si a una bentonita-Na americana se pone en suspensión al 5% en agua destilada y se le añade algunas gotas de silicato de sosa se obtendrá un considerable espesamiento de gel. Lo contrario pasa en los barros ordinarios en el cual el silicato de sosa posee un efecto fluidificante-activo.

El gel obtenido con la bentonita-Na al secarse presenta una contracción considerablemente mayor. Puede ponerse de manifiesto por las medidas usuales, y también por el sencillo procedimiento siguiente: se dejan resbalar sobre una placa de vidrio algunas gotas de una suspensión pura de bentonita, y a su lado otros de gel espesado con silicato; se extienden en capas del mismo espesor y se dejan secar.

La bentonita dejará después de seca una película homogénea. Por el contrario, el gel espesado con silicato, aunque de la misma concentración en bentonita, dejará pequeños cuadros de algunos milímetros de lado separados por sur

cos de igual o mayor tamaño; dicho de otra forma más de los dos tercios de la superficie estarán vacíos, y solamente un tercio ocupado por las porciones de la película de bentonita que habrán sufrido una fuerte contracción.

Entre las sales particularmente activas en relación con la viscosidad de los geles, conviene citar el hexametafosfato sódico.

Se observa que, además de los electrólitos, también las proteínas ejercen cierta acción sobre las suspensiones de bentonita. Del lado alcalino de sus puntos isoeléctricos las proteínas no ejercen acción coagulante propia, pero influyen en los de electrólitos. Del lado ácido actúan como coagulantes y gelificantes.

Por último, también los gases pueden poseer un efecto determinado actuando como los electrolitos, según se incorporen al sistema.

PH DE LAS SUSPENSIONES.-

Los PH en las suspensiones de las bentonitas-Na americanas son un poco más alcalinas que las bentonitas-Ca o Mg. Así por suspensiones de 10 gr. de bentonita en 100 cc de agua destilada se ha obtenido por medidas con el "Pahevi" -- Hartmann y Braun con electrodos de hidrógeno, los siguientes valores:

Bentonita Volclay americana ----- 9.00

Bentonita Italiana bruta ----- 8.50 a 8.80

Bentonita italiana gel alcalino ----	9.05 a 9.10
Geolitha comercial -----	8.50
Clarsol -----	8.70
Bentonil -----	8.50 a 9.00

Prever y Gorla han hallado para suspensiones de 5 gr. de bentonita en 100 cc. de agua destilada y exenta de CO₂, después de centrifugación y filtración, valores de PH de 9.06 para la bentonita americana de Wyoming y 8.5 para la bentonita italiana bruta de la isla de Ponza.

Estos valores corresponden además, a la estabilidad máxima que se alcanza en la proximidad del PH = 9.

ARCILLAS COLOIDALES SINTETICAS.

Fundándose en el principio de intercambio de bases, y a partir de la arcilla-H que puede obtenerse purificando -- por ósmosis o electrodiálisis, con una arcilla adecuada se puede obtener productos arcillosos con propiedades semejantes o iguales a las de las bentonitas naturales. Así, en una patente, H. Langer reivindica la preparación de un nuevo producto arcilloso susceptible de proporcionar un gel de arcilla.

Este gel ocupa un volumen 10 a 12 veces superior al inicial, y su propiedad principal es la tixotropía; es decir, la capacidad de mantenerse en estado líquido por agitación constante, mientras que se coagula tan pronto como ésta cesa. El producto está constituido por una sustancia pulvuru-

lenta y seca, en las que los iones hidrógeno es tán parcialmente sustituidos por cationes alcalinos, debido al intercambio de bases.

Como base para la preparación puede servir una arcilla cualquiera; pero es tanto más conveniente cuanto mayor es la porción coloidal que contiene. Esta arcilla se pone en suspensión en agua y se trata a la temperatura ambiente por una solución en electrólitos en proporciones convenientes; los mejores resultados se obtienen con los cloruros, nitratos, sulfatos, carbonatos, acetatos, etc... de sodio, potasio, etc. El conjunto se agita durante un tiempo suficiente, unos 15 minutos, obteniéndose una masa homogénea que ocupa un volumen considerable en relación con la cantidad de sustancia sólida que contiene y que ha adquirido la propiedad de la tixotropía. La transformación que ha comunicado esta propiedad es el intercambio de bases y el desplazamiento de los iones H por el catión del electrólito. Pero esta reacción es reversible, y un PH bajo conducirá a una regeneración del producto inicial; así, es necesario operar con concentraciones medias que proporcionan una reacción más completa y en el tiempo más corto posible.

Una vez preparado el producto, se seca a baja temperatura y se pulveriza finamente.

Se trata de una arcilla coloidal que puede, en numerosos casos, compararse con la bentonita.

MATERIALES PARA EL TRABAJO CON BENTONITA.-

La bentonita en polvo seco o en la forma bruta natural, igualmente seca, es inerte frente a los materiales con los que se pone en contacto. No ocurre lo mismo con sus geles y preparados. Estos son alcalinos y no deben por consiguiente, ponerse en contacto con aluminio y estaño. El hierro, que es pasivo para soluciones de PH superior a 9, puede ser algo atacado a este PH debido a las posibilidades de adsorción de gases oxidantes por la bentonita. Los materiales para la construcción de vasijas para el tratamiento y almacenamiento de geles serán, por consiguiente, la madera, acero inoxidable, cemento materiales plásticos del tipo de los cloruros de polivinilo, etc.

ESPECIFICACIONES PARA ARCILLAS USADAS EN FLUIDOS DE PERFORACION.-

Existen tres clases de especificaciones típicas para determinar si una muestra de arcilla es apropiada para emplearse como fluido de perforación.

ESPECIFICACION No. 1.-

A.- Preparación de la muestra.- Prueba en estado húmedo:

Las arcillas a probarse se deben preparar mezclándolas con agua destilada en la proporción de 6 partes de arcillas por 100 partes de peso total de suspensión de lodo. Estas mezclas se

rán agitadas en un aparato mezclador de alta velocidad para un período de 15 minutos a una temperatura entre 70 y 90 F.

B.- Viscosidad: inmediatamente después de la operación de mezclado, la viscosidad de suspensión será determinada -- con un viscosímetro Stormer a 600 r.p.m. y entre 80 y 90F. Es ta viscosidad no será menor que 15 centipoises.

C.- Fuerza de gel: una porción de lodo preparado y des crito en el párrafo A será probada para fuerza de gel inme-- diatamente después de un período de 15 minutos de mezcla.

Un viscosímetro Stormer será usado para esta prueba. La fuerza de gel inicial será menor de 5 gr. El ejemplo estará permitido a resistir en un estado inactivo de 10 minutos si-- guientes al estado inicial, luego se repite la prueba. La -- fuerza de gel en el final de los 10 minutos de período será-- menor de 40 gr.

D.- Propiedades de las paredes edificadas: una porción de lodo preparado como la descrita en el párrafo A será pro-- bada en el Baroid Low Pressure Wall Building Tester, acordan do un proceder establecido. El ejemplo no perderá más que 15 cc. de filtrado en 30 minutos cuando es comprimido a las 100 lb/pul² en prueba de presión.

E.- Velocidad de Hidratación: el ejemplo del párrafo A estará permitido para resistir 24 horas, despues con el tiem po será agitado por 5 minutos en un aparato mezclador de al-- ta velocidad. Inmediatamente después de este período de agi--

tación, la viscosidad será determinada otra vez.

La viscosidad así como la determinación en estas pruebas no variaran más que el 25% en una u otra dirección, comparando con las pruebas iniciales que son hechos inmediatamente después de preparado la suspensión.

F.- Contenido de humedad: la arcilla, recibida no contendrá más que 10% de humedad, y no deberá dejarse el flujo libremente en el estado seco, inferior a los manejos normales de las condiciones del campo.

La humedad será determinada por secado a peso constante a 220 F.

G.- Fineza de molido: La arcilla, recibida, no contendrá más que 10% de material tosco que 200 mesh, ni más que 0.5% en bruto que 100 mesh.

H.- PH: el PH de mezcla será medido usando un electrodo de vidrio.

ESPECIFICACION No. 2.-

A.- Pureza: no debe contener cristales de arena u otros materiales abrasivos.

B.- Analisis de cedazo: un mínimo de 99% pasará a través de 200 mesh (mallas de una red).

C.- Prueba de ejecución: el material dará un mínimo de 90 Bbls por tonelada de 20 cps de viscosidad del lodo, con no más que 3/16 pulgadas de costra de lodo, y no más que 15 ml. de filtrado en 30 minutos a 100 psi.

Estas pruebas serán hechas a un mismo tiempo, después el PH de la dispersión será ajustada a 8.5 con carbonato de sodio o ácido fosfórico.

D.- Prueba de métodos:

1.- Arena y material abrasivo serán determinados por inspección visual.

2.- Análisis de cedazo: cedazos estandar ASTM serán empleados. El método de prueba húmeda será usado.

3.- Gravedad específica: cualquiera de los métodos de Le Chatelier o pignometros calibrados correctamente serán usados.

4.- Prueba de ejecución: la prueba de ejecución es designada para determinar las propiedades de los materiales que intervienen en el lodo, bajo las condiciones de uso. En pruebas de bentonitas, mezclas son hechas por adición de agua destilada a el ejemplo, en varios porcentajes; los porcentajes serán conocidos para desarrollo de viscosidades arriba y abajo de los valores de especificación, y determinando el valor exacto de la rendición de 15 cps del lodo por interpolación de la curva.

De estas curvas el número de barriles de 15 cps de lodo por tonelada de arcilla o bentonita es calculado por la ecuación:

$$\text{Bbls } 15\text{cps lodo/Ton produc.seca} = \frac{5.71}{\text{gr,esp}} + \frac{57,100}{(\text{gm}/100\text{ml})(100-\%H_2O)}$$

Mezclas de arcillas o bentonita con agua deben ser hi
dratadas por un mínimo de 24 horas antes de la prueba, la -
mezcla será agitada frecuentemente durante la obtención com
pleta de la dispersión. Haciendo mezclas de bentonita para-
un PH de 8.5, el ácido o álcali es añadido a el ejemplo, el
cual será hidratada 24 horas, y agitado hasta que el valor
de el PH de 8.5 persista por una hora.

5.- Viscosidades serán determinadas en el Viscosíme--
tro Stormer a 600 r.p.m. a temperatura oportuna.

6.- Pérdida de agua y espesor de la costra de lodo se
rá determinado en un Baroid low-pressure filter press.

7.- Medidas de PH serán hechas con un electrodo de vi
drio.

ESPECIFICACION No.3.-

Producción: un mínimo de 60 Bbls de 15 cps de lodo por
tonelada de material seco (arcilla mezclada en agua fresca -
y viscosidad determinada con un viscosímetro a 600 r.p.m.)

CAPITULO IV

LA BENTONITA EN LOS LODOS DE PERFORACION

Desde los primitivos días de la perforación rotativa, las mezclas de arcilla-agua suministraron la viscosidad necesaria en los lodos, formando fluidos que se acercaban casi a las más favorables condiciones del pozo; además eran arcillas baratas, fáciles de manejar y distribuidas ampliamente en la naturaleza. Pero a pesar de esto se encontró que ciertas arcillas dejaban mucho que desear y el descubrir de las ventajas de usar bentonita en lodos de perforación, fué un principal paso hacia adelante.

Los lodos de perforación usados en la búsqueda de petróleo y de hidrocarburos líquidos, gaseosos o mixtos; deben poseer propiedades especiales para enfrentarse a los cambios que experimenten las condiciones del pozo que se está perforando. Estas propiedades especiales lo tienen la bentonita, como veremos más adelante.

Los mejores lodos de perforación se preparan con bentonita típicamente constituidas por montmorillonita pura.

EMPLEO DE LA BENTONITA EN LOS LODOS DE PERFORACION:

- a) Como lubricante en las perforaciones de rocas y tierras que contienen granos duros y arenas.

- b) Como obturador eficaz de las paredes del pozo que se está perforando. En efecto, la bentonita forma una capa impermeable por encima de la broca que esta perforando impidiendo así la salida de los gases y líquidos.
- c) Como agente extractor hacia la superficie, de trozos y productos arrancados al terreno, de los cuales no se han desprendido totalmente las materias líquidas y gaseosas. Esto es debido a su poder plastificante, amalgamante y absorbente.
- d) Para evitar que los materiales extraídos vuelvan a descender y agarroten la columna de perforación, en el caso de parada. Gracias a su tixotropía los geles de bentonita cuajan en estado de reposo.
- e) En inyecciones pesadas para la perforación de estratificaciones geológicas, cuyas presiones de gas o las tensiones sean superiores a la presión hidrostática regulable por medio de una inyección normal. Esto es posible adicionando elementos pesados finamente triturados a las suspensiones de bentonita.
- f) Por la estabilidad que da a los líquidos de inyección, evitando así todo riesgo de sedimentación en el fondo del pozo.

CARACTERISTICAS DE LOS LODOS DE INYECCION:

Veamos ahora las características de un buen lodo de inyección que es precisamente la de las bentonitas.

1.- Mantener en suspensión los sólidos cuando el fluido no está circulando o sea cuando se para la perforación. Esta propiedad está unida a las propiedades tixotrópicas del fluido, es decir, su capacidad de dar un gel de fuerza suficiente para sostener los escombros.

2.- Sellar las paredes del pozo, formando una capa impermeable; evitando así desprendimientos y derrumbes. Esta propiedad se desprende de la distribución propia del tamaño de las partículas para revestir

3.- Poder controlar el gas, petróleo y agua encontrados en las perforaciones. Esto se consigue produciendo una presión hidrostática suficiente para sostener las paredes poco rígidas y para conservar en la formación geológica los fluidos de la misma. Depende de la cantidad de materias no coloidales que pueden ser incorporadas en el lodo.

4.- Lubricar y enfriar la tubería y la broca de perforación, facilitando así su movimiento.

5.- Al llegar a la superficie separarse rápidamente de los detritos que ha acarreado desde el fondo del pozo.

6.- Ser de una viscosidad suficientemente baja, para que se la pueda inyectar con bomba sin un gasto indebido de potencia.

7.- Tener características tales de gelificación que pase fácilmente al estado fluido por la acción de una fuerza débil.

8.- Ser fácilmente susceptible de un tratamiento químico

MANTENSIÓN DE SUSPENSIÓN:

Por mantener en suspensión (según M. Lynton) se entiende que el lodo seguiría siendo homogéneo, o que a lo más, aparezca en la superficie una fina película de agua.

Se determina el índice de suspensión, mesolando la bentonita con 6 ó 7 partes de agua y se observa la formación de pastas homogéneas que tienen el aspecto y la consistencia de una grasa espesa.

Se puede hacer notar que con otras arcillas ordinarias es preciso una cantidad de 6 a 10 veces superior para alcanzar el mismo resultado.

SUSPENSIÓN DE BENTONITA:

Fluidos acuosos de perforación para operaciones de campo, son generalmente preparados por la adición de arcillas al agua. De las arcillas usadas en

de lodos , la bentonita es la más común. Estas arcillas con también introducidas en el lodo durante la penetración de ciertos esquistos (pizarras); porque este es de naturaleza altamente coloidal, es de particular valor en sistemas de producción; tendremos a menor cantidad de a g u a, una pérdida de valor. Para lograr valores de p é r d i d a de agua, a menudo bajos, que esos puedan ser obtenidos con suspensión de arcillas; varios aditivos, usualmente materiales orgánicos de alto peso molecular (gomas almidones, celulosa y sus modificaciones), tienen que ser empleados.

En suma, para un tratamiento para control de pérdida de agua es necesario controlar la viscosidad y fuerza de g e l. Para control de estas propiedades hay varias alternativas. Una disolución con agua, es aplicada particularmente cuando los sólidos contenidos de lodo son altos. E s t e procedimiento no es universalmente aplicable, porque la dilución reduce la densidad del lodo y puede comprometer el gasto de un excesivo aumento de agente pesado.

Una segunda alternativa es para tratamiento de lodo con el tan llamado "Reducción de viscosidad".

La química más frecuentemente ha agregado para sus propósitos, silicato de sodio, fosfatos, quebracho (tana t e s) y productos relacionados a los tanatos.

En el tratamiento de fluidos acuosos de perforación el efecto de contaminación debido a electrolisis, el cual puede ser introducido durante la perforación será preciso conocer. De estos, clorhidrato de sodio, sulfato de calcio y cemento son los más comunes. A pesar del número de problemas pertenecientes a estas contaminaciones, la bibliografía obtenida ha revelado que mucha de la información es limitada. Esto puede ser en parte atribuido al factor que en cada operación compromete al lodo y a los problemas que en cada sistema son diferentes.

Sin embargo, como un resultado de varios estudios en los laboratorios, ha sido altamente deseable obtener información extensa en el más común tratamiento, con el cual son usados como control de las propiedades físicas, pérdida de agua, viscosidad y fuerza de gel. También fueron estudiados los efectos de electrolisis en estos tratamientos. En orden de utilizar los resultados de estos estudios más completos, los experimentos han conducido a usar un simple sistema - 4.8% suspensión de bentonita - porque esta arcilla es usualmente presente en campos de lodo.

PREPARACION DE SUSPENSION DE BENTONITA:

Los reactivos usados son los siguientes: Bentonita, el producto de Baroid Sales División, National Lead Company, distribuida en el comercio bajo el nombre de Aquagel.

Quebracho, obtenido de los Thompson-Hayward Company of Tulsa, se tiene un informe conteniendo 72% de tanino. La pérdida en peso sobre el secado del material a 105 C, es de 20% asentado.

Para todas las pruebas la suspensión de bentonita se prepara según la misma hornada de arcilla, en orden, para lograr máxima reproductibilidad de los resultados y para permitir la comparación de los datos.

La cantidad de suspensión de bentonita usada para todas las pruebas contiene 5.7% de arcilla (base seca) y donde se preparan por dispersión las arcillas en agua destilada usando el Eppenbach QV-6 (prensa de sustancia gelatinosa.)

TECNICA DE TRATAMIENTO DE SUSPENSION DE BENTONITA:

Para todas las pruebas cinco volúmenes de la cantidad de suspensión de bentonita, es diluido con un volumen de agua ó solución tratada; así que el tratado del lodo contiene 4.8% en peso de bentonita en fases acuosas. (Evidentemente por adición de otras químicas el % en peso de la bentonita es cambiado).

El orden de adición de las químicas siempre es el siguiente: agua (si es necesario), sal, cáustico ó caustico con quebracho y sodio carboximetilcelulosa. La sal sodio carboximetilcelulosa son añadidos a los materiales en

un volumen de agua añadido a 5 volúmenes de lodo.

Cuando más de un reactivo era añadido al lodo, de 5 a 10 minutos de período removido, era empleado antes de la adición de otra química.

Después de la adición del último reactivo, el lodo era removido 30 minutos antes de probarlo.

Para la prueba, los lodos, son agitados, pesados y puestos en sus baños de aceite, mantenida a 95 C. Después del período designado (20 a 24 horas), los lodos serán enfriados a temperatura ambiente.

Solamente la pérdida de peso en el lodo (usualmente negligible), era compensado por adición de agua destilada. Los lodos viejos son restituidos durante 30 minutos y vueltos a probar. Estas pruebas simuladas con el que serán llevados a cabo por un campo de lodo durante la circulación, bajo condiciones donde la temperatura del fondo del pozo se aproxima a 95 C(203F).

EL REVESTIMIENTO DE UNA PARED:

Este proceso es un fenómeno puramente mecánico de obturación de los poros de la formación geológica por las partículas en suspensión del lodo. La abertura de los poros varía desde los orificios capilares extraordinariamente finos en los esquistos y en las arcillas hasta los orificios capilares sensiblemente más

anchos en la arena. En lecho de grava gruesa, estos orificios pueden ser tan anchos que no es posible considerarlos como capilares.

El más conveniente es un revestimiento fino y duro. La rapidez con que se realiza el revestimiento determinará la cantidad de agua que pasará al terreno antes que la película se haga suficientemente impermeable para prevenir pérdidas posteriores. La pérdida de agua que pasa al terreno antes de que haya formado un revestimiento impermeable se denomina libre.

Es susceptible de obtenerse una abundancia de partículas coloidales al tamaño más pequeño, generalmente ausentes en los lodos de agua y arcilla, por dos procedimientos:

- a) El empleo de una arcilla fuertemente coloidal, como la bentonita.
- b) El empleo de agentes dispersantes cuya adición provoca la dispersión química o la defloculación de las arcillas existentes.

Cada uno de estos procedimientos, o los combinados se utilizan comunmente para mejorar las propiedades del entarquinado. Se saca pues, una conclusión que, para obtener buenas propiedades de entarquinado, un lodo debe no solamente tener una abundancia de partículas de arcilla fuertemente coloidal, sino que además estas partículas deben estar en estado de defloculación.

La Tabla siguiente clasifica los lodos desde los mejores a los peores, según su agua libre y el espesor de la torta. Esta clasificación está basada en la experiencia.

CLASE	AGUA LIBRE			ESPESOR DE LA TORTA (60 °)	
	cc/15mm	cc/30mm	cc/60mm	PULGADAS	MILIMETROS
Excelente	0- 7.45	0- 10.6	0- 14.9	< -0.15	< - 3.8
Buena	8.35-15.0	12.0- 21.2	16.75- 29.8	0.16-0.23	4.0- 6.4
Regular	15.00-23.25	22.3- 32.8	30.16- 46.5	0.26-0.35	6.6- 9.0
Pobre	24.2 -32.5	34.2- 46.1	48.4- 65. 0	0.36-0.45	9.2-11.4
Mala	> 32.5	> -46.1	> -65.0	> -0.45	> -11.4

Comparamos los lodos anteriores con el Wyogel, Pesca-gel y Aquagel.

	WYOGEL o PESCO - GEL	AQUAGEL
Agua libre a 380 en 60 minutos	19.7 cc	22.3 cc
Agua libre a 380 en 30 minutos	13.9 cc	15.8 cc
Agua libre a 660 en 60 minutos	23.6 cc	29.7 cc
Agua libre a 660 en 30 minutos	16.7 cc	21.0 cc
Espeor total a 38 C	3.30mm	4.41 mm
Torta a 66 C	4.57mm	4.82 mm

Veamos ahora, de acuerdo con lo que acaba de decirse, si es fácil de estimar la calidad de las arcillas de perforación que pueden ser propuestas. El gráfico de la Fig. N° 12 proporciona la posibilidad de comparar los lodos obtenidos con estas arcillas con los que forman el Pesca-gel y el Aquagel. Al comienzo, las curvas, siguen una función lineal, después a partir de cierta concentración crítica, se hacen logarítmicas.

LA BENTONITA EN EL AQUAGEL:

Baroid Sales Division introdujo la bentonita con el nombre de Aqua gel a la industria del petróleo como un premio de calidad de lodo hecho de arcilla en 1928.

Desde entonces muchos millones de toneladas han sido usados en pozos de perforación en todas partes del mundo. Compuestos de arcillas predominantes de minerales de montmorillonita, con sodio como la base cambiante, proporcionan el más satisfactorio lodo de perforación para fines generales. Estas arcillas, son comunmente llamadas "Bentonitas" conveniente en alto grado ya que es más dividida y dispersada en agua fresca que cualquiera otra arcilla.

Una tonelada de bentonita producirá aproximadamente 100 bbl de 15 centipoises lodos de perforación, tendremos mayor formación de propiedades de gel y más baja pérdida de filtrado.

El lodo de bentonita tendrá una densidad de 8.6 lbs. por galón (64,3 lbs/ft³).

Comprando con lodos de arcillas nativas cuyas densidades variaran de 9.7 a 10.5 lbs/galón (72.6 a 78.6 lbs/ft³)

FIG. 13 (Viscosidad-Proporción de relación de arcillas en agua fresca); comparar Aquagel, un particular grado alto de bentonita cuidadosamente procesado, con otras arcillas como para las cantidades requeridas para proveer prescribir viscosidades cuando son mezcladas en agua fresca. De esto puede ser visto que tomamos menos Aquagel que otras arcillas para preparar un volumen unitario de lodo dando cualquier viscosidad.

La figura ilustra la alta eficiencia de Aquagel como

una viscosidad constructiva cuando se añade a agua fresca - para preparar una suspensión viscosa o cuando se añade para aumentar la viscosidad del lodo ya en uso. Esto, en fase, - significa que Aquagel produce una suspensión coloidal con - baja unidad de peso. (solamente ligeramente mayor que agua) con adecuada viscosidad, buenas propiedades de gel y bajo - pérdida de filtrado.

Así mismo imparte la misma propiedad deseada cuando - se añade al lodo como una condición ya en uso.

La baja pérdida de filtrado y la acción de suspensión puede ser retenida y la alta viscosidad y gels pueden ser - reducidas por la adición de lodos convencionales adelgazadores, a los lodos de perforación.

LODO DE ALTO PESO QUE AHORRA TIEMPO EN EL EQUIPO.-

CMC-Sistema Bentonita, de rasgos de mezcla firme, estable a temperaturas altas, menos costo que lodo a base de cal y ofrece mejores características de completación.

Problemas algo raros han surgido en perforaciones profundas, alta presión en los pozos en sur de Lousiana tienen a acercarse casi a un nuevo tipo de sistema de lodos que en especiales casos ofrece numerosas ventajas sobre lodos usados de cal roja con alto PH. Para el mismo volumen el nuevo CMC-lodos de bentonita, son menos costosos, pueden ser mezclados en menos tiempo porque ellos requieren menos ingredientes, y no hacen tender a solidificar bajo temperaturas altas.

Altos pesos pueden ser mantenidos para perforaciones profundas, y en varios casos de emergencia donde volúmenes grandes de lodos pesados son necesitados, prontamente el nuevo CMC-Sistema bentonita sería mezclado arriba de considerable firmeza que los lodos de cal roja de pesos compensables.

Estos nuevos lodos de pesos altos pueden ser convertidos a sistemas de cal fácilmente, tenemos baja pérdida de agua, tenemos buenas calidades de suspensión, baja viscosidad y además ellos contienen muchas cantidades pequeñas de arcillas y cáusticos, y no cal; son una mejor completación o "packer mud" que los lodos de cal convencionales.

Ingredientes primarios son: Bentonita, sodio carbometilceluloso (CMC), y muchas cantidades pequeñas de cáustico. Pesos de lodos desde 11 lbs por galón a 19 lbs. por galón - pueden ser mezclados rápidamente.

Durante los últimos años el tender hacia profundizar y profundizar perforando en la busca de reservorios para aceites y gas, han sido muy acelerados.

Estos han sido particularmente exactos en Gulf Coast, campos de Southern Louisiana.

Estas tendencias tienen a acercarse con solamente - problemas difíciles, a medida que el pozo aumenta en perforación y costos de completación.

Los problemas de lodo tienen aumento a medida que se profundisan. Investigaciones constantes son llevadas con interés desarrollando nuevos productos y métodos para aliviar las dificultades en control de fluidos de perforación y bajando además los costos de lodo.

PROBLEMAS RIGUROSOS DE LODO.-

El hecho que la presión de formación tiene aumento con la perforación profunda, será la partida de más contribución a la dificultad de problemas de lodo y aumento en costos. Estas presiones altas tienen que hacer necesariamente el uso de altas densidades en fluidos de perforación. Lodos de 16 a 19 lbs. por galón, es ahora completamente común a lo largo de Gulf Coast. Con lodos de alta densidad viene el problema de pérdida de circulación, el cual tiene demostrado ser extremadamente dificultoso y costoso.

Cuando lodos de alta densidad son perdidos, a menudo es necesario a mezclar cientos y algunas veces hasta miles, de barriles de nuevo lodo.

Alta temperatura determina en los de cal, reventones; y el deseo por operadores para mejor completación hace que también tengan lodos hechos; en ocasiones necesarias son hechos grandes volúmenes de nuevo lodo.

Este proceder es muy costoso. En suma, el tiempo necesario para mezclar estos materiales es grande y crecientemen

te valioso y debido también a los tremendos capitales necesarios para la investigación.

LODOS DE CAL ROJA.-

Durante los últimos años, el tan llamado alto PH de lodos de cal roja viene a ser usado en general en las áreas de las costas de Lousiana. Este tipo de lodo usualmente contiene aproximadamente 2 lbs. de quebracho, 3 lbs. de soda cáustica, 4 lbs. o más de cal por barril de lodo y almidón prege latinizado para control de pérdida de agua. Principales ventajas de estos fluidos son alta resistencia a la contaminación y habilidad para tolerar un alto porcentaje de sólidos de baja gravedad.

Esta reciente ventaja era demostrado efectivamente por Van Dyke y Hermes en su trabajo con arcillas secas, en varios medios químicos. Su curva () muestra aproximadamente-- 6.5% por peso de bentonita Wyoming seca debe ser agregado a a agua destilada para obtener una viscosidad de 40 cps; considerando 18.5% por peso de bentonita seca debe ser agregado a el alto PH en medios químicos, para obtener la misma viscosidad. Sin embargo, estas resistencias de aumento en viscosidad causadas por la baja gravedad de los sólidos deviene una desventaja cuando colúmenes grandes de lodo nuevo deben ser hechos.

En 1953, un lodo hecho de 0.5 lbs. de cáustico, 2 lbs.- de carbometil celulosa, 4 lbs. de bentonita por barril de hechura de agua y bastante barita para aumentar densidad del lo

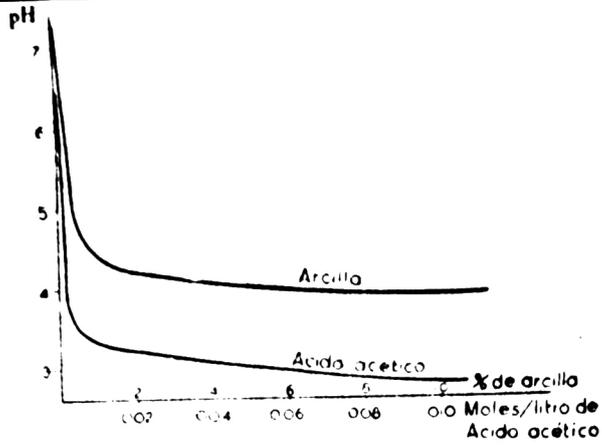


Fig. 11. Curva de acidez (pH) de la arcilla, comparada con el acido acético en función de la concentración.

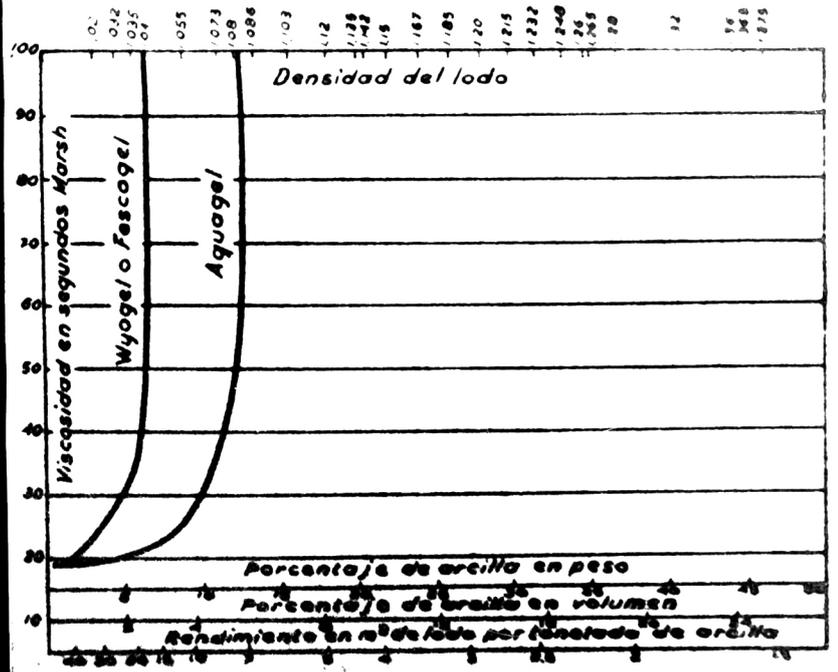


Fig. 12. Viscosidad de los lodos formados por el Fescogel y el Aquagel.

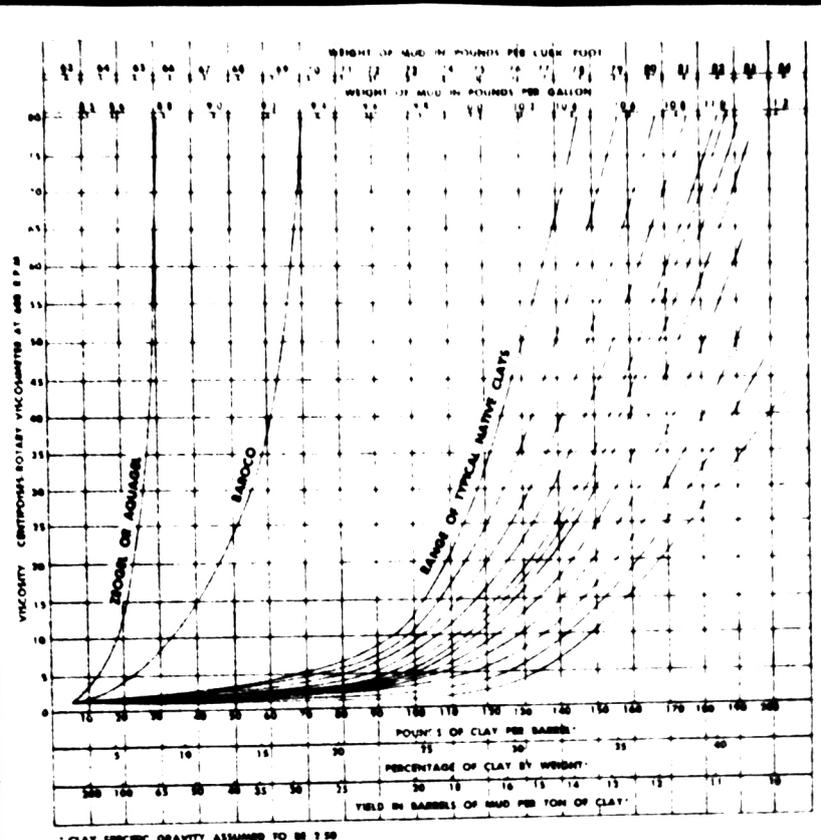


Figure 13

Viscosity-proportion relationship of clays in fresh water

de a 19 lbs por galón, fué usado. Este lodo mostrose satisfactorio y desde entonces ha sido usado, con ciertas variaciones en distintas ocasiones.

Este tipo de lodos ofrece numerosas ventajas sobre otros tipos de lodo, cuando es necesario para formar grandes volúmenes de lodo de alto peso. Algunos de estos son:

1.- Puede ser mezclado firmemente, que lodos de cal raja, porque menos materiales son necesitados. Estos ahorran coste de tiempo en el equipo.

2.- Este no es necesariamente afectado por alta temperatura.

3.- Tiene muy buena calidad de suspensión con baja viscosidad y fuerza de gel.

4.- De convenir necesario, porque hay contaminación de sal a causa de flujos de agua salada, estos lodos pueden ser prontamente convertidos a lodos de cal por adición de soda caústica, quebracho y cal. Puede ser mezclado con lodo de cal con efectos no serios.

5.- Tiene una baja pérdida de agua.

6.- Es más económico que lodos de cal.

7.- Además estos lodos contienen muchas pequeñas cantidades de arcilla y caústico y no hace contenido de cal, eso es la mejor completación o empaquetamiento de lodo, que lodos de cal convencionales. Lodos de este tipo son hechos por adiconamiento de soda caustica, bentonita, CMC y dextrina en agua, en este orden.

USOS DE LODO DE ALTO PESO:

En 1953 en la perforación de un pozo cerca a la población de Hewma, Louisiana, encontraron una presión extremadamente alta de gas destilando arena y cuando el pozo tuvo controles frustrados, derramó fuera de control. Unas preparaciones fueron hechas para matar el pozo, lodos en tanques de acero fueron puestos cerca y sobre el reventon.

Aproximadamente 1100 Bbls de 18 lbs por galón de lodo fueron mezclados, usando el CMC- base de bentonita. Estos lodos permanecieron en los tanques de acero varias semanas antes de ser usado. Con solamente agitación mínima y atención, éste estaba en excelente condición cuando era puesto en uso

En 1954 en el mismo campo un pozo productivo que era - fluyente a 9800 psi amenazaba llegar a salir fuera de control. En un esfuerzo para reducir la presión y matar el pozo, una cantidad de 7000 a 8000 Bbls de 18 a 19 lbs por galón de lodo fué hecho usando la CMC-base bentonita. Aunque más de ese era hecho y almacenado en hoyos de barro - para periodos largos de tiempo, ello estaba siempre en perfectas condiciones cuando se necesitaba. Eso era cubierto con filtro por todo interesado, para quel el uso de este tipo de lodo resultase en considerables ahorros de tiempo en el equipo, labor y materiales de lodo.

UNA COMPLETACION DE LODO:

En general, alto PH en lodos de cal tiene probado que no satisface como completación de fluidos. Con alta temperatura y suficiente tiempo, lodos de cal tienden a solidificarse.

Frecuentemente cuando una producción del pozo debe ser retrabajado, es necesario lavar por encima de la serta de tubería debido a la condición plástica del lodo de cal.

En reemplazo de los lodos calcicos se utiliza la mezcla CMG-bentonita, debido a su estabilidad y facilidad de mezclar y han sido usados satisfactoriamente en un buen número de pozos de South Louisiana.

Estos tipos de lodos han sido usados donde dificultades eran experimentadas en perforaciones corridas e instrumentos registradores en pozos profundos. Muy a menudo líneas de hilo metálico en instrumentos guarda ejes son bajados al fondo en pozos profundos, debido a la tendencia de alto PH en los lodos de cal a solidificarse. Poniendo una columna de CMG-base bentonita en el fondo del pozo, hace posible la bajada de los instrumentos hasta este fondo.

Un ejemplo sobresaliente de esta aplicación fue hecho en un pozo profundo en el campo Bayon Gauche de St. Charles Parish, Louisiana. Este pozo era hondeado

a 14,220 pies, con 7 pulg. casing puesto a 12,102 pies $5\frac{1}{2}$ liner a 13,193 pies $3\frac{1}{2}$ pulgadas. liner de 13,078 pies en 14,120 pies $3\frac{1}{2}$ pulgadas de liner tuvo un diámetro interior de solamente 2.922 pulgs; un registrador especial e instrumentos de perforación fueron requeridos.

Un alto PH de lodo de cal, pesando 18.8 lbs per galón a altura total fué usado. Después sentando el liner de $3\frac{1}{2}$ pulg.; dos intentos fueron hechos para bajar un instrumento registrador de rayos gama al fondo, pero no iría abajo de 100 pies del tope del liner. Por este punto, 20 Bbls de CMG- base de bentonita pesando 18.8 lbs per galón fueron hechos y puestos en el fondo del pozo. El instrumento registrador de rayos gama fué entonces bajado al fondo.

Sin embargo, el instrumento dejado para trabajar, fue arrancado del pozo. Otra escopeta fué asegurada y bajada al fondo del liner, después de un transcurso de tiempo de 30 horas.

Seguidamente a estos siete disparos satisfactorios con escopetas de perforación fueron hechos en el fondo. Durante todo este tiempo, el lodo en el fondo no era circulado. Las operaciones fueron convincentes ya que solo ellos estuvieron aptos para registrar y perforar este pozo debido a la estabilidad del CMG- base bentonita.

Debido a las ventajas registradas arriba, este tipo de lodo ofrece considerables economías que aplicar. Estas economías no son en material de lodo solamente, sino también en costos de tiempo en el equipo.

EFFECTOS DE LODOS DE PERFORACION Y REACCIONES DE ARCILLA:

Cualquiera de los dos, las arcillas minerales o el agua fresca usada en los lodos de perforación puede filtrarse en los canales porosos de las porciones de producción de la formación de aceite y puede causar el taponamiento del espacio poroso. Los lodos usados en operaciones de perforación son usualmente compuestos de tres defloculaciones: capa de agua-minerales de arcilla sensibles, tal como bentonita de Wyoming (montmorillonita).

Estudios en laboratorios indican que estas partículas de arcilla pueden penetrar en mezclas de núcleos y así disminuir grandemente la permeabilidad. Beeson y Norwalk y Brueger sientan que una arenisca que es normalmente libre de arcilla puede ser taponeada, así afectan diversamente la productividad del pozo, como un resultado de contaminación de la arena permeable por las partículas de arcilla en los lodos de perforación.

La influencia del agua fresca en agua-base y sus efectos en reservorios arenosos, son estudiados por muchos investigadores.

Si agua-arcillas sensibles, están presentes en la producción de arena, la entrada de agua fresca de los lodos puede causar reacción, el cual cerraría eficazmente el flujo de aceite al pozo perforado, Johnston y Sherborne, informan que rigurosa hidratación de un aceite- produciendo de una formación, causa un decrecimiento drástico en la productividad del pozo y la productividad índice - de algunos pozos decrece la longitud de perforación contra la formación. Comparaciones de fluido son hechas entre los tipos de producción, usando aceite- base de lodos y agua-base de lodos indican que el uso de aceite-base fluidos de perforación muestran muchos altos promedios de producción iniciales, con una relación 2:1 improbable en algunos pozos.

Observaciones por Kelley y otros, Radford y Wade indican que estos dañan a la permeabilidad del reservorio de arena cerca del pozo perforado por invasión de agua fresca y que el daño será más grande cuando más agua invada la formación.

Estudios de laboratorio por Norwalk y Krueger indican que en muchos el decrecimiento en permeabilidad para el a ceite es más el resultado de acción recíproca de fluidos con agua sensible, en núcleos que aquel ha causado por la invasión de partículas de lodos.

Kelley, Ham, Dooley recomiendan el siguiente método de obtención máxima de productividad del pozo, cuando se está perforando o trabajando una zona productiva; reduciendo al mínimo la entrada de agua en la arena, agregar sal para permitir la infiltración de agua, mantener tiempo de contacto de fluido de perforación sobre la arena productiva a un mínimo y usar químicas para tratar lodos que tendrán un efecto mínimo de agua-arcillas sensibles en la arena.

Higges sugiere además que es conveniente no usar agua en un pozo que deflocularía minerales arcillosos durante la perforación, completación, limpieza y sobretabajos de un pozo.

Daños hechos en la productividad del pozo, por aumento de lodos en la perforación con la cantidad de invasión de agua, tiempo de contacto de lodo, mayor penetración de la costra de lodo; y el alcance del daño depende primeramente de la cantidad de ambos y tipo de minerales arcillosos presentes en el reservorio de arena. Además estudios de agua inundante y completación de pozos indican la importancia de conocer el tipo de arcillas en el reservorio de arena y el efecto de inyección de fluidos en el comportamiento de estas arcillas minerales.

Así como los lodos y problemas vistos, hay muchos otros lodos y problemas que se presentan en la perforación de pozos.

CONCLUSIONES:

Las arcillas y en especial la bentonita cuyas propiedades y condiciones especiales, enunciadas mas adelante, hacen que esta arcilla sea usada en fluidos de perforación, haciendo posible la obtención de ese líquido maravilloso llamado "PETROLEO".

Y es así que a grandes rasgos y en líneas generales se ha tratado aquí, este tema, con el único deseo de poder contribuir en algo, en la difusión de su conocimiento.

BIBLIOGRAFIA

- "La Bentonita, las arcillas coloidales y sus usos" M. Dérivé
- "Note sur le Conditionnement des boues de forage" M. Lynton
(Institute Pétrole, carburants et lubrifiants, Mayo 1946).
- "New High Weight Mud Saves Rig Time" J.H.Me Laurin
and Frank Ford, jr.(The Petroleum engineer, December 1945)
- "Aquagel, the pioneer Bentonite" in Drilling Mud, published by Baroid Sales Division.
- "Bentonite Suspensions" W.E Bergman and
H.B fisher (Drilling specialties Company, Bartlesville, Oklahoma, Bulletin D-4)
- "Clay Mineralogy Problems in oil Recovery" part 2 John E. Moore
(The petroleum Engineer, March 1960)
- "Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids Rogers