



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

COMPARACION DE METODOS DE DETERMINACION DE ARCILLA
DE ARENAS DE MOLDEO EN VERDE

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P r e s e n t a

REBECA LEDESMA QUINTANAR



México, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

INTRODUCCION

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1. Definiciones básicas
 - Arcilla
 - Bentonita
 - . Comportamiento al subir la temperatura.
 - . Agua
 - . Propiedades como medio de Unión.
2. Sistema Arena-Bentonita-Agua
 - Mezclado completo
 - Mezclado progresivo
 - Punto temper
 - Teoría de las capas en el Sistema Arena-Bentonita-Agua
 - Agua rígida
3. Arcilla en un sistema
4. Tipos de Arcilla y Métodos de medición.
 - 4.A Arcilla Efectiva, disponible, latente
 - 4.A.1 Arcilla Efectiva
 - Gráfica Básica de control.
 - 4.B Arcilla viva total o disponible
 - 4.C Arcilla A.F.S.
 - 4.D Arcilla total, arcilla dispersa y arcilla suprimida.
 - Azul de metileno

**CAPITULO II.
EXPERIMENTACION**

- Planeación
- Procedimiento general
- Equipo utilizado y métodos
- Método azul de metileno
- Método de lavado de arenas
- Método de humedad (lámpara)
- Método de humedad (estufa)
- Método de compactabilidad
- Método de resistencia a la comprensión

**CAPITULO III
RESULTADOS EXPERIMENTALES**

**CAPITULO IV
DISCUSION DE RESULTADOS**

**CAPITULO V
CONCLUSIONES**

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO I
ANTECEDENTES

INTRODUCCION

Este trabajo es una contribución hacia un entendimiento de las diferentes terminologías que existen en la literatura de la fundición para las arcillas y de los métodos para su de terminación ya que por su amplitud (8 diferentes formas de ex presarse) ocasionan confusión en su clasificación y en su uso.

El objeto primordial de este trabajo es proporcionar información acerca del comportamiento de las diferentes arcillas (sódica y cálcica) en mezclas controladas de laboratorio con los métodos de determinación reportados en el Foundry - Sand Handbook (tal y como se describen en la parte experimental).

Se procede a preparar diferentes mezclas de bentonita -- cálcica y sódica, variando los contenidos de humedad y trabajando las muestras por los métodos A.F.S. y Azul de Metileno; paralelamente se miden las propiedades físicas de las mismas, con el objeto de calcular los "tipos" de arcilla dependientes de las propiedades físicas y finalmente se comparan los resul tados obtenidos.

1. Definiciones Básicas⁽¹⁾

- Arcilla

En términos mineralógicos se define como producto de intemperismo de rocas que contienen silicatos hidratados de alúmina.

La característica más importante de las arcillas es estar compuestas de "fragmentos cristalinos muy pequeños en forma de hojas" con diámetro promedio entre 5.08×10^{-4} cm y 5.08×10^{-5} cm.

- Bentonita

La mayoría de las bentonitas se encuentran constituidas de mineral de montmorilonita en una combinación del 10 al 20% de otros minerales como feldspatos, cuarzo, gis y carbonato de calcio, estructuralmente consiste de 3 capas u hojas. Químicamente está constituida de una celda unitaria que es un octaedro de aluminio colocado entre dos tetraedros de silicio.

La unión de las capas se debe a que algunos átomos de magnesio reemplazan a los de aluminio en la capa octaedral adicional, la substitución establece deficiencia de cargas en la unidad estructural que deben ser balanceados agregando otros átomos (cationes) al exterior de las capas de sílica.

Cuando el Al^{+++} es substituído por Mg^{++} se establece una deficiencia de una carga positiva que tiene que ser balanceada, agregando externamente un ión cargado positivamente (ca--

tión) como sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{++}) y Magnesio (Mg^{++}).

Las configuraciones hexagonales presentan aberturas pequeñas en las regiones superficiales de las capas de sílica y a lo largo de sus diámetros ésto hace que los iones Na^{++} y Ca^{++} se coloquen externamente.

La capacidad de intercambiar iones es una habilidad de los minerales arcillosos, algunos cationes pueden prenderse más firmemente que otros, en definido orden de preferencia: los cationes que poseen una valencia más alta pueden desplazar a los de menor valencia: Al^{+++} , Ca^{++} , Mg^{++} desplaza K^+ , H^+ , Na^+

COMPORTAMIENTO AL SUBIR LA TEMPERATURA

El análisis térmico diferencial de la bentonita se usa para determinar los cambios estructurales; cuando las arcillas se someten a incrementos progresivos de temperatura, la estructura de la montmorilonita desaparece entre 850°C y 900°C y se transforma a "mullita", o, en el caso de las cálcias acordierita. El calcio (Ca^{++}) promueve la creación de una estructura cristalina frágil (cristobalita), el sodio (Na^+) y el potasio (K^+), impiden una cristalización promoviendo un cambio de plasticidad en caliente a temperaturas elevadas. La pérdida de peso a varias temperaturas indica la pérdida de moléculas de agua que se mantenían unidas electroquímicamente y también la expulsión de hidróxilos de la estructuras de la bentonita.

El comportamiento de la bentonita sódica al subir la temperatura se explica de la siguiente forma: el sodio monovalente, más débil, permite la contracción o sea la eliminación de capas sucesivas hasta la desaparición total de las mismas. De la misma manera, a niveles bajos de humedad, el espaciamiento mayor de las placas de bentonita cálcica facilita la introducción de capas de moléculas de agua durante el mezclado en el molino. Se necesita más energía y tiempo para acomodar un número igual de estas capas de agua entre placas de bentonita sódica. El catión divalente de la bentonita cálcica promueve la desorción más rápidamente puesto que existe más espacio entre las capas. El monovalente promueve una desorción continua y progresiva pero con tiempo prolongado.

AGUA

Es un compuesto químico de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno formando una molécula de H_2O .

Las moléculas adyacentes son mantenidas juntas por dos tipos diferentes de fuerzas electroquímicas:

- La fuerza más débil es el efecto que se conoce como "Van derwals".
- Y la más resistente es la unión de hidrógeno.

Cuando se encuentra presente en los estados líquido o gaseoso las moléculas de agua se deslizan libremente una sobre otra y existe poca tendencia a reunirse en forma ordenada. Sin embargo, cuando se inmoviliza ya sea por la acción de

fuerzas externas de carácter electroquímico o debidas a la temperatura, ellas se combinan para formar anillos de moléculas de forma hexagonal.

PROPIEDADES COMO MEDIO DE UNION

La atracción mutua de moléculas adyacentes es la que ocasiona la tensión superficial del agua líquida. Una atracción mucho más fuerte es cuando las moléculas de agua se ponen en contacto con otras en una superficie sólida, cuando ésto ocurre, el agua exhibe las propiedades de mojado y capilaridad, las moléculas de agua primero se mojan y luego suben al interior de la pared.

El núcleo de los átomos de hidrógeno dentro de las moléculas de agua establece lazos fuertes (uniones electroquímicas), con los átomos de oxígeno del SiO_2 en las superficies de las arenas y con los silicatos de las bentonitas, mas aún porque la molécula de agua es dipolar.

2. SISTEMA ARENA-BENTONITA-AGUA (2)

Desde los principios de esta década los técnicos tuvieron que tratar de desarrollar una técnica aceptable para el control de arenas de fundición por medio de la relación - - - -- arena-bentonita-agua.

El progreso fue alcanzado por:

I) Una preparación y evaluación sistemática, de una variedad de todas las mezclas nuevas de arena-bentonita-agua.

II) Obteniendo una remolienda mayor por medio del mejora-- miento de los componentes mecánicos de las máquinas de mezcla miento.

III) Una remolienda de las mezclas en una progresiva disminución en los contenidos de humedad.

IV) Detectando los puntos críticos de cambio en la resis-- tencia en moldes tipo de tres golpes.

V) Reconsiderando los conceptos establecidos relativo a -- "agua-rígida" unida a las arenas de moldeo en verde.

Para los conceptos fundamentales de arcilla-agua serán consideradas brevemente algunas técnicas y el procedimiento práctico de como fueron realizadas.

MEZCLADO COMPLETO. La preparación mecánica de arenas de --moldeo, envuelve dispersiones de agua y la adición de bentonita por todas las partes de la matriz granular, procediendo a formarse dentro de ésta, conglomerados de entidades grandes - de bentonita-agua distribuidas uniformemente y granos peque--ños en la superficie semejantes a entidades de aglutinamiento de grano-grano y que a la vez reducen la probabilidad de contacto entre granos de superficies adyacentes, cuando una muestra es compactada para crear un molde o corazón. Con mezclas-nuevas de arena se puede impedir la formación de grumos dis--tribuyendo y adicionando agua antes que la arcilla, lo ante - rior establece películas de agua envolviendo al grano, la ad-hesión de arcilla-arcilla se evita y se da preferencia a la - cohesión de arcilla-grano.

MEZCLADO PROGRESIVO (acumulativo)

El mezclado progresivo abarca a las mezclas con un alto -- contenido de agua y de allí en adelante se usan períodos breves de mezclado adicional, para eliminar progresivamente los-pequeños incrementos de humedad y mantener la unión de los -- granos. El tiempo de mezclado total es de aproximadamente 35 a 45 minutos en comparación con el de 3 a 10 minutos normal - mente aplicado a la mayoría de las mezclas de arena nueva.

El procedimiento fue concebido hace varios años para defi-nir más exactamente la influencia de la disminución del contenido de humedad sobre la resistencia en verde en tres golpes- y los valores de densidad de las formulaciones, de arena-arcilla-agua, mezcladas completamente. El procedimiento de desorpta

ción (mezclado progresivo) muestran más claramente y consistentemente la existencia de ciertos puntos de equilibrio arcilla-agua.

PUNTO TEMPER

Una de las características más significativas de las mezclas arena-bentonita-agua es el comportamiento durante el ensaye de algunas propiedades físicas de las mismas, al variar la cantidad del último componente (agua) para cada contenido de bentonita.

Las propiedades físicas a las que nos referimos son:

- a) Resistencia a la compresión.)
- b) Resistencia a la tracción.
- c) Resistencia al corte.
- d) Moldabilidad.
- e) Permeabilidad.
- f) Compactabilidad.
- g) Deformabilidad.
- h) Densidad.

El punto temper se puede definir técnicamente de la siguiente manera: cuando se alcanza una relación agua/arcilla que corresponde a la máxima resistencia y a la mínima densidad.

TEORIA DE LAS CAPAS EN EL SISTEMA ARENA-BENTONITA-AGUA (2,3).

Comportamiento Fisicoquímico.

Estudios realizados con rayos X revelan curvas para mezclas con bentonita sódica que se interpretan como la respuesta aproximada de esta última a la absorción o desorción de agua, o sea la existencia de puntos críticos en las mezclas de arena que se relacionan directamente con la eliminación de capas sucesivas de moléculas de agua con las partículas de bentonita con agua que unen a los granos.

Los resultados de los ensayos realizados para la comprensión en seco y en caliente muestran puntos máximos, los cuales reflejan la presencia de cuatro capas completas de agua sobre la superficie de la bentonita. Debido a que las capas en la cuarta posición son estructuralmente menos organizadas y más fluidas en comparación con las tres capas anteriores; las placas de arcilla poseen una movilidad suficiente para orientar y establecer uniones fuertes sólido-sólido.

Al eliminarse la cuarta capa, los máximos de las mediciones en resistencia a la compresión en verde, la mínima densidad y el máximo de valor de compresión para formar las probetas de mínima densidad, reflejan la existencia de tres capas de moléculas de agua, bien organizadas y estructuralmente fuertes. Por lo que hay una mejoría notable en resistencia y unión.

La eliminación de la tercera capa de moléculas de las superficies de las de la bentonita, da como resultado el encogi

miento de las uniones bentonita-agua entre los granos. El encogimiento debilita la adhesión unión-grano pero promueve un decrecimiento en la presión para las probetas de densidad mínima y valores de resistencia en verde.

Sin embargo, con las probetas de tres golpes, es posible - contrarrestar la contracción de las uniones a niveles bajos - de humedad, añadiendo más arena y granos apisonados en un espacio más cerrado. Así se mantiene la adhesión unión-grano y la habilidad de unión de dos moléculas de agua es suplementada por un "anclaje" físico de granos adyacentes.

La combinación de estos factores hace posible que los ensayes con tres golpes alcancen valores muy altos de resistencia en verde a niveles de humedad coincidentes con la presencia - de dos capas moleculares de agua.

Abajo de este punto, las resistencias decrecen rápidamente al irse eliminando las segundas capas de las superficies de la bentonita y dentro de la mezcla.

La inhabilidad aparente de las capas sencillas de agua para desarrollar uniones arcilla-agua, parece indicar que ellas están muy fuertemente ligadas a la superficie de las bentonitas. De lo anterior se desprende que estas capas no tienen la liberdad electroquímica para responder a las cargas en las superficies de los granos. Se ha observado que existe una separación de las capas de arcilla de los granos de arena cuando se muelen (se preparan) las mezclas a niveles de humedad inferiores a los requeridos por dos capas moleculares.

AGUA RIGIDA

En conclusión de lo anteriormente expuesto, las adiciones de humedad y bentonita se transforman en capas que activan -- fuerzas y efectos electroquímicos.

Las cargas superficiales se vuelven capaces de forzar una alineación muy ordenada y rígida de moléculas de agua dentro de las tres primeras capas ligadas a la placa de bentonita. - Aunque existentes a temperatura ambiente, la rigidez estructural de tales capas se aproxima a los arreglos moleculares del hielo. A este arreglo se le conoce como agua rígida.

Los granos de arenas no poseen demasiados puntos de carga por unidad de superficie como las placas de bentonita pero -- son igualmente capaces de participar en la unión electroquímica; las capas de "agua rígida" que unen placa con placa también sirven para unir las partículas agua-arcilla a las superficies de los granos. Con tres capas de agua rígida presentes, las placas adyacentes alcanzan su espacio máximo, las -- capas arcilla-agua desarrollan su máximo grosor y las mezclas arena-bentonita-agua, desarrollan los puntos de mínima densidad y otras propiedades ya mencionadas.

En contraste con esta agua rígida la cuarta capa de agua -- de las que ya se habló se llama a veces de agua libre, ya -- que su comportamiento se aproxima, a la del agua normal, no en posición rígida.

3. ARCILLA EN UN SISTEMA (4,5).

Investigaciones realizadas con el objeto de establecer programas de control de arena han indicado la necesidad de determinar no sólo la cantidad de arcilla sino también su condición, o sea la forma en que se encuentra; La arcilla se puede presentar en diferentes formas:

1.1) Como recubrimientos de los granos de arenas obtenidas en los mezcladores de laboratorio después de una molienda completa. Esto es esencialmente una condición de laboratorio bastante alejada de las situaciones reales.

1.2) Como parte de la estructura de granos oolíticos; en algunos de los granos solamente el centro del grano es sílica y el resto es arcilla, ceniza y otros materiales (lo que constituye el recubrimiento oolítico).

1.3) Como recubrimientos en granos procesados; otro tipo de granos encontrados en arenas del sistema son los denominados de proceso, éstos son un producto del proceso de moldeo. Este es un grano enteramente sintético con una base de coque expandido, cubierto con arcilla y breas. En esta ocasión el grano tiene una estructura de celda cerrada y una gravedad específica baja, además posee una cubierta de arcilla y ejerce influencia sobre el requerimiento de agua de la arena. La arcilla no se encuentra distribuida toda como una cubierta simple y uniforme sobre la superficie de los granos de sílica. Las formas en las cuales la arcilla puede presentarse, tiene una relación directa sobre las propiedades de la mezcla.

Un análisis químico correcto podrá decir solo parte de la estructura de la mezcla que es tan importante como la composición; la naturaleza de un sistema de arena es más que la suma de los componentes en la formulación. El trabajo que es adicionado en la operación de mezclado y casi todo el trabajo de moldeo, ejerce alguna influencia sobre la estructura de la arena, esto implica que una arena del sistema tenga un carácter dinámico.

Las mezclas de arena responden a los cambios en las relaciones arena-metal; a la cantidad de arena en el corazón o arena nueva que ingresa en el sistema; a un cambio en la cantidad de finos eliminados por el equipo de recolección de polvo; a un cambio en el desempeño de los separadores magnéticos; a un orificio que exista en el tamiz rotatorio el cual elimina partes de arena en el corazón y conglomerados; a un tiempo de mezcla y todo esto es afectado por errores humanos tales como adicionar las basuras del piso de regreso al sistema. En el control de un sistema dinámico semejante a éste, hay por lo menos dos valores de arcilla que se deben conocer: arcilla efectiva y arcilla total.

4. TIPOS DE ARCILLA Y METODOS DE MEDICION (6).

4.A. ARCILLA EFECTIVA, DISPONIBLE, LATENTE.

4.A.1. ARCILLA EFECTIVA.

Es la porción de arcilla total que se desarrolló completamente y está trabajando en el sistema.

Ciertas relaciones han sido desarrolladas para conocer la-

arcilla efectiva. Uno de los métodos más importantes es el de compresión-compactabilidad-humedad (gráfica básica). Para una arena de sistema, el valor de arcilla efectiva realmente representa la cantidad de bentonita que se produciría en una mezcla de laboratorio preparada bajo una condición y tiempo de molienda específicos que produciría relaciones equivalentes de resistencia o compactabilidad-resistencia.

GRAFICA BASICA DE CONTROL DE ARENAS EN VERDE (7,1)

ORIGEN Y FUNDAMENTOS

En los sesentas se llevaron a cabo varios programas de investigación ardua y laboriosa respecto a la preparación mecánica de las arenas de moldeo, su relación con las propiedades de las mismas, su relación con el ensaye de compactabilidad y con los conceptos básicos del comportamiento físico-químico de los sistemas arena-bentonita-agua, cuyos resultados se han comentado ya con anterioridad.

Todo ésto mostró la evidente dependencia de la resistencia a la compresión en verde y las medidas de compactabilidad con un grupo de relaciones agua /arcilla, obviamente afectadas -- por: la cantidad y distribución de las partículas de agua/arcilla sobre los granos entre los que se encuentran y las proporciones agua/arcilla que influyen los potenciales de -- unión de tales partículas.

CONSTRUCCION DE LA GRAFICA (Figura 1.1)

Se realizó trazando resultados del ensaye a la compresión contra medidas de humedad después de someter las muestras de arena-arcilla-agua, a una molienda muy eficiente y variando los contenidos de 3 a 8% de bentonita.

El resultado fue una familia de curvas en donde se nota un incremento uniforme en las medidas de resistencia en verde -- que indica la incorporación y transformación de cada % de adición de bentonita en capas más completas de agua/arcilla sobre las superficies de los granos.

Se anotó el No. 55 sobre la línea del 7% de bentonita para indicar que a una arena de esa granulometría que el 7% fue suficiente para cubrir totalmente todas las superficies de los granos y el mismo concepto indica el No. 75 sobre la línea de 8% de bentonita.

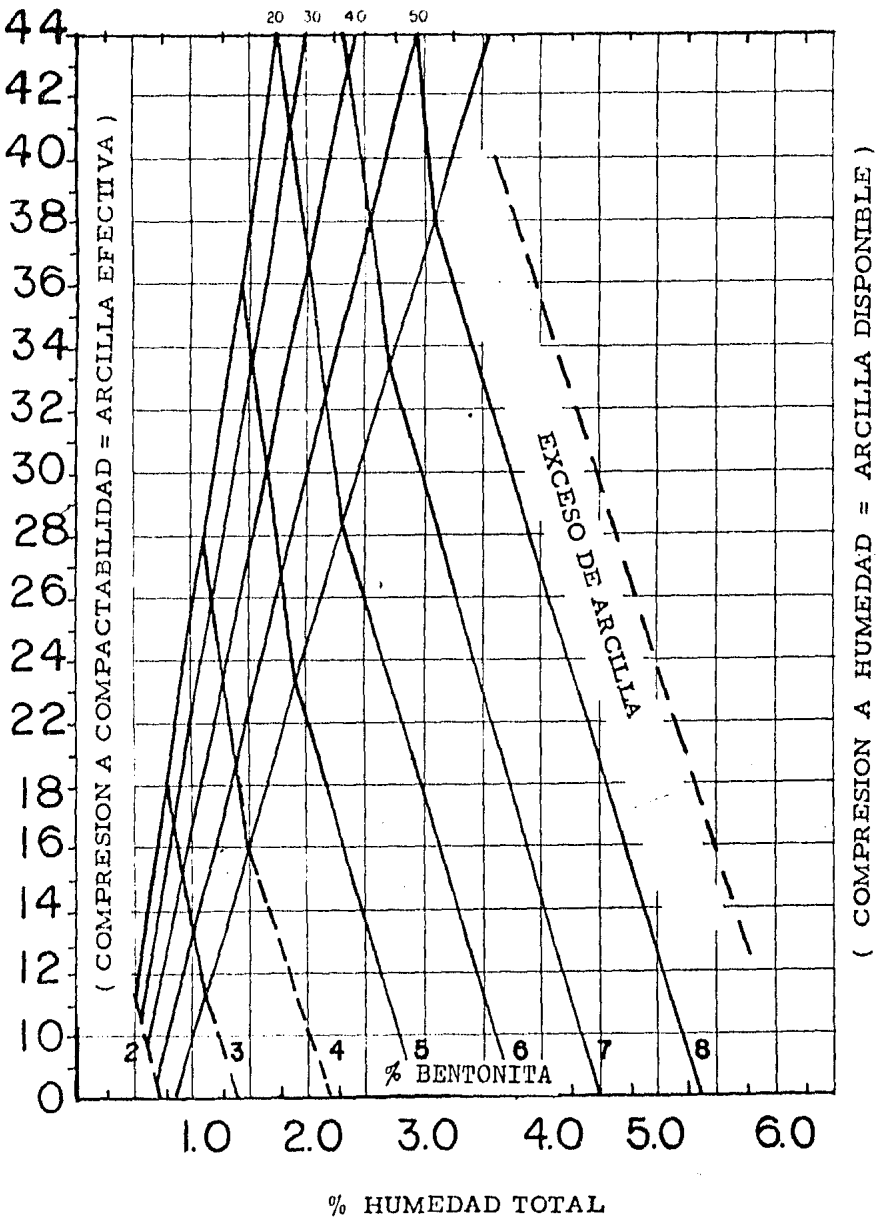
Se usaron líneas punteadas para el trazo de las curvas de 3 y 4% de bentonita para indicar que no había suficiente arcilla presente para establecer relaciones agua/arcilla normales en puntos de mínima densidad y enfatizar que, parte de su humedad total aparentemente estuvo como películas de agua puestas directamente sobre la superficie de los granos.

Se sobreimpusieron líneas rectas para interceptar las diferentes curvas de resistencia con valores iguales de relaciones agua/arcilla y de compactabilidad.

Esta manera de construir la gráfica evidencia que a valores iguales de agua/arcilla las mezclas de alta y baja resistencia responden en forma semejante al ensaye de compactabilidad.

% COMPACTABILIDAD

FIG. 1.1. GRAFICA BASICA



Resumiendo dos datos pueden leerse:

- Arcilla disponible
- Arcilla efectiva.

Y de ahí se deduce la arcilla en exceso. Conociendo los datos de resistencia a la compresión y de humedad se buscan respectivamente en los ejes de las ordenadas y abscisas de la gráfica y extendiendo horizontalmente el punto de la resistencia a la compresión hasta que se intercepte con la línea vertical de la humedad; después se procede a leer en las líneas inclinadas que nos indican el por ciento de arcilla disponible. Conociendo los datos de compactabilidad y de resistencia esta última se lee como se indica arriba y donde se intercepta con la línea de compactabilidad, se lee el por ciento de arcilla efectiva, en la línea inclinada de la gráfica.

4.B. ARCILLA VIVA TOTAL O LATENTE

La arcilla que se agrega al preparar el sistema debería teóricamente ser considerada como la disponible o la llamada viva total. Sin embargo, como ya se mencionó en el párrafo 3 no toda la arcilla se dispersa en el sistema y como por otro lado la misma arena, puede contener arcilla que actúe en el sistema, la agregada originalmente sólo queda como un valor teórico. Existe la necesidad de conocer un valor real, de arcilla diferente del teórico, como referencia para definir el efectivo y el latente, a este último lo llamamos en este trabajo arcilla total. Se menciona en la literatura que la forma para conocerlo experimentalmente es mediante la medición de sus propiedades mecánicas, después de una o varias re

moliendas que dispersen completamente la arcilla, estos métodos presentan un sin número de desventajas; las principales -- son: consumen demasiado tiempo y son costosos; por lo que hasta antes de la aparición del método Azul de Metileno (que se describirá posteriormente), era prácticamente imposible conocer ese valor real de arcilla experimentalmente.

4.C. ARCILLA A.F.S.

Arcilla A.F.S., es un material fino de 20 micrones o menor, que se se elimina después de un procedimiento de lavado, asentamiento, sifoneado varias veces según se describe en el método experimental; mediante este método, el material que no se asienta a la velocidad de 2.54 cm/min es eliminado y es la arcilla A.F.S.

4.D. ARCILLA TOTAL, ARCILLA DISPERSA Y ARCILLA SUPRIMIDA.

El nuevo método de ensaye Azul de Metileno produce tres valores de arcilla que pueden ser usados en el control de las arenas del sistema y son los siguientes:

- Arcilla viva total, la cual se determina usando el vibrador ultrasónico.
- Arcilla dispersa, que se determina usando agitación mecánica y
- la suprimida que es la diferencia entre la total y la arcilla dispersa.

DEFINICIÓN DE ARCILLA SUPRIMIDA.

Es la cantidad de arcilla viva atrapada en aterronamientos o de otra manera inaccesible al azul de metileno.

DEFINICION DE ARCILLA DISPERSA. Es la arcilla (no se encuentra en aterronamientos) que puede reaccionar simplemente, - después de una agitación mecánica con el azul de metileno.

AZUL DE METILENO (6).

Para emplear el Método Azul de Metileno, es necesario establecer una curva de calibración con bentonita estandar para poder usarla en la bentonita en cuestión.

Se ha observado que las bentonitas de calcio requieren la mitad del azul de metileno del requerido para las bentonitas de sodio, ésto era un grave problema porque no existía la forma para determinar la proporción de las bentonitas de calcio y sodio en la arena del sistema.

Los investigadores establecen que para producir una respuesta casi igual de ambas bentonitas, se debe adicionar 50 ml de la solución de pirofosfato de tetrasodio al 2% a 5g de la muestra de arena antes de titular con azul de metileno.

Agitación. En la investigación inicial las muestras fueron hervidas sobre una placa caliente proporcionada con el equipo comercial para el ensaye. Este procedimiento consumía tiempo y varias de las muestras reaccionaban violentamente al calen-

tamiento y parte de la muestra se perdía, por lo que el método fue pronto abandonado y substituido por un agitador mecánico.

La dispersión mecánica fue mejor en estos aspectos pero parecía que existía una considerable diferencia en los valores de prueba con agitadores diferentes sobre algunas arenas. Por lo que se decidió por el uso de un agitador mecánico colocado sobre un motor de 1550 rpm. Con este aparato el tiempo de agitación pudo ser incrementado de 2 minutos a 30 minutos sin -- cambiar el punto final, indicando que un máximo había sido alcanzado en la dispersión de la arcilla. Se estima que después de los 2 primeros minutos de agitación se requiere adicionar aproximadamente de 80 a 90% de azul de metileno; después se agita la suspensión por un período adicional de 2 minutos, este tiempo de agitación, es usado después de cada ml adicional de azul de metileno, hasta que el punto final es alcanzado.

Las mediciones de arcilla usando este procedimiento no son obviamente la arcilla total, sino solamente la arcilla libre que reacciona con el azul de metileno, la cual es medida utilizando este método. La arcilla atrapada en los aterronamientos o inactivada por las breas y cenizas, no es detectada, estos valores son registrados como arcilla dispersa; para diferenciarla de la arcilla total, en sistemas de arena; este método produce valores cercanos a los mostrados por los ensayos de arcilla efectiva, los cuales están basados en las propiedades mecánicas de la arena.

Vibramiento. Para determinar la arcilla total en el sistema, un paso adicional es requerido en el procedimiento azul -

de metileno, las partículas de arcilla deben de ser reducidas completamente, las cubiertas y los aterronamientos que atrapan algunas de las arcillas, deben de ser rotos, así que toda la arcilla está libre para reaccionar con el azul de metilo. Esto puede ser realizado usando un agitador de vidrio o con un vibrador ultrasónico. El vibrador hace más simple la operación a un costo menor, por lo que es más conveniente que un agitador de vidrio. Con esta técnica, la muestra puede ser vibrada en el mismo recipiente de acero inoxidable y un tiempo de vibramiento de 5 minutos es suficiente para arenas de sistema. La unidad ultrasónica desarrolla una señal de frecuencia de 50 a 55 KHZ la cual es cambiada en ondas sonoras por un transductor de titanato zirconato de plomo fijo al depósito; la unidad es proporcional a una salida de potencia de trabajo de 50 watts. El vibrador ultrasónico utiliza ondas sonoras para producir millones de burbujas microscópicas las cuales rápidamente se expanden y se colapsan (cavitación) actuando como vibradores miniatura. En esta aplicación los granos de arena son también vibrados unos contra otros de ese modo abarcan las cubiertas de la superficie de los granos. Con el uso del vibrador, los valores de la arcilla total son iguales a aquellos obtenidos con agitación completa en arenas que han sido intensamente remolidas por un tiempo adicional de 30 minutos.

Procedimiento de La Prueba. Se pesan dos muestras de 5 g de arena seca y se transfieren a recipientes de acero inoxidable de 250 ml, una adición de 50 ml de la solución de pirofosfato de tetrasodio al 2% se efectúa en cada uno de los recipientes. Uno de los recipientes que contienen la muestra es --

colocado en el depósito del vibrador y sostenido por la cubierta de la unidad por lo que solamente 0.63 cm de la parte inferior del recipiente es sumergido en el agua, la unidad ultrasónica es encendida y la muestra es sometida a la acción de vibración por 5 minutos. Mientras que la primera muestra está siendo vibrada, el segundo recipiente conteniendo la muestra y la solución de pirofosfato de tetrasodio es colocado debajo del agitador mecánico y agitada por 2 minutos a 1550 rpm, el recipiente es entonces colocado debajo de la bureta que contiene azul de metileno y se le adiciona de 80 a 90% de éste. La suspensión se vuelve a agitar por 2 minutos, se toma una gota de la suspensión y es colocada sobre una hoja de papel filtro endurecido para la prueba azul de metileno libre, si allí no aparece la aureola verde-azul, alrededor de la mancha azul oscura, esto indica que todo el azul de metileno ha sido tomado por la arcilla y por lo consiguiente el punto final no ha sido alcanzado; otro ml de azul de metileno es adicionado a la suspensión ésta se vuelve a agitar por 2 minutos, una segunda gota de prueba de la suspensión, es colocada sobre el papel filtro y si no aparece la aureola verde-azul, el azul de metileno es adicionado en incrementos de 1 ml, seguido por 2 minutos de agitación hasta que aparezca la aureola verde-azul y persista después de una agitación adicional de 2 minutos. Esto indica que la arcilla ha tomado todo el azul de metileno que puede retener y que existe azul de metileno libre en la suspensión, el volumen del azul de metileno requerido para alcanzar el punto final es entonces registrado para el cálculo de la arcilla dispersa.

Calibración. Se preparan mezclas en el mezclador de labora

torio usando arcilla al 3, 6, 9 %. Para asegurar la adecuada dispersión y distribución de la arcilla, las mezclas son molidas por un tiempo no menor de 30 minutos, éstas se colocan en el vibrador ultrasónico por 5 minutos.

Los requerimientos del azul de metileno (en mililitros) de las tres mezclas son graficados contra sus contenidos de arcilla conocidos y la gráfica resultante es usada como gráfica de referencia para determinar la arcilla equivalente total -- presente en el sistema de arena.

Si el volumen del azul de metileno requerido en mililitros para cada mezcla de laboratorio es dividido por el porcentaje de arcilla conocido en cada mezcla, el cociente puede ser usado como factor de equivalencia expresado en ml por ciento -- de arcilla. El factor debe ser el mismo para las tres mezclas y éste es dividido entre los mililitros requeridos de la muestra del sistema para determinar el porcentaje de arcilla.

CAPITULO II
EXPERIMENTACION

PLANEACION: Se planearon la preparación de las siguientes mezclas;

a) Mezclas al 2, 4, 6, 8, 10 y 12% de bentonita cálcica va rianado el contenido de agua en 3, 4, 5, y 6% para cada conte nido de bentonita.

b) Mezclas al 2, 4, 6, 8, 10 y 12% de bentonita sódica va rianado el contenido de agua en 3, 4, 5, y 6% para cada conte nido de bentonita.

PROCEDIMIENTO GENERAL.

Las mezclas se preparan en un molino chileno (sin marca) - de capacidad teórica para 3 kilos, de capacidad nominal desco no cida con un tiempo total de mezclado de 5 minutos (2 minu - tos de mezclado -arena + agua- y 3 de mezclado completo). Des pu és se procede a pasar la mezcla por una criba que ha sido - previamente colocada sobre un recipiente de plástico; cuando é sta ha pasado totalmente al recipiente, éste se cierra hermé t icamente e inmediatamente se trabajan las mezclas por los mé todos de determinación de arcilla accesibles que son el obje to fundamental de este trabajo. Paralelamente junto con estas pruebas, se llevaron a cabo las mediciones de las propiedades mecánicas como: humedad, compactabilidad y resistencia a la co mpresión en verde.

EQUIPO UTILIZADO Y METODOS

Para determinar arcilla experimental los métodos son:

- a) Azul de Metileno
- b) Lavado

EQUIPO Y MATERIAL PARA EL METODO AZUL DE METILENO (8)

- a) Solución azul de metileno.

Cuidadosamente pesar 3.74 g de USP (tinte formacopea de -- Estados Unidos) ($C_6H_{18} NaSCl \cdot 3H_2O$). Mezcla el tinte con un litro de H_2O deionizada, usando un matraz volumétrico y agite la solución con un agitador magnético por lo menos 24 horas.

b) Solución TSPP (pirofosfato de tetrasodio) al 2%. La solución es preparada pesando 20 gr de pirofosfato de tetrasodio ($Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$) y disolviendo en un litro de agua deionizada, usando un matraz volumétrico.

1. Aparato de titulación (Dietert modelo No. 535) el cual incluye: una bureta graduada de 50 ml y un agitador mecánico-montado sobre un motor de 1550 rpm (tyline modelo No. 107).

2. Papel filtro duro (Whatman No. 50 o equivalente).

3. Unidad ultrasónica de lavado (Dietert).

4. Vidrio de reloj.

5. Recipiente de acero inoxidable de 250 ml.

6. Unidad para medir el tiempo.

7. Agitador de vidrio.

8. Balanza con exactitud 0.01 g (Bosch).

Procedimiento: Pesar 5 g de muestra que ha sido previamente secada durante 1 hora a una temperatura no menor que $220^\circ F$ ($105^\circ C$) y no mayor de $230^\circ F$ ($110^\circ C$), transferirla a un recipiente de 250 ml y se le adiciona 50 ml de la solución de pirofosfato de tetrasodio al 2%. El recipiente conteniendo la muestra y el floculante son colocados en la unidad ultrasónica de lavado y son sujetos a la acción de vibración por un período de 5 minutos. Al final de este tiempo el recipiente retirado y colocado debajo de la bureta que contiene azul de metileno, se le adiciona de 80 a 90% de la tintura. La suspensión es entonces agitada por un período de 2 minutos con agitador mecánico, después se procede a tomar una gota de ésta con un agitador de vidrio y es colocada sobre una hoja de

papel filtro (Whatman No. 50), usado en la prueba para la aparición de la aureola verde-azul alrededor de la periferia de la gota, si la aureola no aparece, la suspensión es otra vez titulada con azul de metileno en incrementos de 1 ml seguida por la agitación de 2 minutos hasta, que la aureola verde -- azul aparezca circundando la mancha oscura sobre el papel-filtro. El punto final es entonces verificado dando a la suspensión un agitación adicional de 2 minutos y transfiriendo una gota al papel filtro para comprobar que la aureola persiste, el punto final ha sido alcanzado y el volumen del azul de metileno puede ser anotado para el cálculo total, en base al intercambio iónico el cual es una medición del por ciento de arcilla activa presente.

EQUIPO Y MATERIAL PARA EL METODO DE LAVADO DE ARENA (8)

1. Solución de pirofosfato de tetrasodio al 1.5%.

La solución estandar se prepara pesando 15g de pirofosfato y aforando en un matraz volumétrico de 1 000 ml, con agua deionizada.

- a) Lavador eléctrico rápido (Dietert modelo No. 512)
- b) Vaso de precipitado 1 000 ml.
- c) Tubo sifoneador
- d) Pizeta
- e) Caja Petri
- f) Desecador
- g) Balanza de sensibilidad 0.01 g (Bosch).

Procedimiento: pesar 50 g de muestra seca (como se describe en el párrafo anterior), se coloca en un vaso de precipitado de 1 000 ml; a continuación se le adicionan 475 ml de agua destilada y 25 ml de la solución de pirofosfato de tetrasodio,

esta solución se usa como un defloculante y para una lavada preliminar de la muestra después, se coloca el lavador eléctrico encima del vaso y se procede agitar durante 5 minutos, al concluir este tiempo se deja reposar la arena por 10 minutos.

Inmediatamente después se sifonea el agua del vaso hasta una altura de 2.54 cm aproximadamente, abajo del nivel del cual fue llenado. Se adiciona agua destilada, otra vez llenando el vaso a la altura de 15 cm y volviendo agitar el fondo del sedimento por 5 minutos, después se deja reposar por un segundo tiempo de 10 minutos. Otra vez se sifonea el agua hasta que quedan aproximadamente 2.54 cm y se repite el proceso hasta que el agua se encuentre perfectamente clara y por último se procede a secar y pesar la muestra. La diferencia entre el peso de los granos secos y el peso original de la muestra representativa de 50 g expresa el porcentaje de finos A.F.S. - Para muestras de 50 g el porcentaje deberá ser el resultado de la diferencia en peso multiplicada por 2.

METODOS PARA DETERMINAR HUMEDAD:

- a) Lámpara
- b) Estufa

EQUIPO UTILIZADO PARA EL METODO DE LAMPARA (8)

- 1) Determinador de humedad (Dietert modelo No. 276)
- 2) Platillo (No. 257)

- 3) Desecador
- 4) Pinzas para platillo
- 5) Balanza de exactitud 0.01 g (Bosch).

Procedimiento: Pesar 50 g de la mezcla de arena, en un platillo perfectamente limpio y tarado previamente. Después se procede a colocar éste en el determinador de humedad, se conecta el reloj automático de tiempo a 15 minutos; concluídos éstos inmediatamente se procede a sacar el platillo del determinador, se coloca éste en el desecador hasta que tenga la temperatura ambiente y por último se pesa la muestra nuevamente. La diferencia del peso original de la muestra menos el peso final de la misma y multiplicado por dos es el porcentaje de humedad.

EQUIPO UTILIZADO PARA EL METODO DE ESTUFA (8)

- a) Estufa (Thermolyne 2 000)
- b) Caja de Petri
- c) Pinzas para crisol
- d) Desecador
- e) Balanza de exactitud 0.01 g (Bosch)

Procedimiento: Pesar 50 g de la mezcla de arena en una caja de petri, a continuación se seca por 1 hora a la temperatura de 110°C y se deja enfriar en el desecador, después se pesa y la diferencia del peso original de la muestra menos el peso final multiplicado por 2 es el porcentaje de humedad.

METODOS PARA MEDIR PROPIEDADES MECANICAS:

- a) Compactabilidad
- b) Resistencia a la compresión.

EQUIPO UTILIZADO PARA EL METODO DE COMPACTABILIDAD (8)

1) Apisonador de arena (Dietert No. 315) el cual incluye:- un tubo de especimen y pedestal (No 315-30), tamiz No. 4 de malla y tolva de llenado (No. 315-9) .

2) Espátula.

Procedimiento: La muestra de arena es pasada a través de una tolva de llenado con tamiz al tubo del especimen, el cual ha sido previamente colocado sobre su pedestal y éste recibe la arena hasta estar completamente lleno, después se elimina el exceso de arena de la parte superior del tubo con una espátula seccionando diámetralmente con una línea la boca del tubo y retirando a uno y otro lado el material sobrante. El tubo es colocado debajo del apisonador que ha sido calibrado previamente en cero.

La parte superior del tubo se hace coincidir con la del apisonador e inmediatamente se aplican los tres golpes con un intervalo de 1 segundo entre golpe y golpe, después se hace la lectura en la escala de por ciento de compactabilidad.

EQUIPO UTILIZADO PARA EL METODO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION (8)

a) Máquina Universal de Esfuerzos (Dietert modelo No 405)- la cual incluye ; platillo (No 405-103), tubo y pedestal - - (No 405-38).

b) Tolba de llenado (Dietert 315-9)

Descripción : Por aproximación se encuentra el peso de la muestra de arena, se procede a vaciarla por medio de la tolba (sin tamiz) al tubo del especimen que se encuentra colocado - sobre su pedestal; el tubo se coloca debajo del apisonador y se deja caer libremente el brazo de éste último sobre el tubo, después se gira 180° el tubo, se procede a dar los tres golpes y si el brazo cae libremente en la escala de aceptación - ese es el peso requerido para la probeta estandar, se expulsa la probeta para la medición de la resistencia a la compresión, la probeta se coloca sobre las mordazas, se enciende la Máquina Universal y por último se toma la lectura en la escala de - PSI (lb/in²).

CAPITULO III
RESULTADOS EXPERIMENTALES

TABLA I
COMPARACION DE LOS METODOS PARA DETERMINAR HUMEDAD
Humedad Agregada

Bentonita Cálcica	% (teórica)	% Estufa	% Lámpara		
2 %	3	2	0.8	30	
	4.0	3.8	2.8		
	5.0	3.8	2.8		
	6.0	2.6	4.2		
	4%	3.0	2.4		4.0
		4.0	3.8		2.6
		5.0	3.8		4.8
	6%	6.0	4.0		4.4
		3.0	2.6		2.4
		4.0	2.0		2.8
	8%	5.0	2.8		4.0
		6.0	5.6		6.0
3.0		5.0	3.8		
4.0		6.2	3.8		
10%	5.0	6.6	4.4		
	6.0	6.4	6.0		
	3.0	2.2	3.4		
	4.0	4.2	4.2		
12%	5.0	4.2	4.6		
	6.0	4.8	4.0		
	3.0	3.4	3.0		
	4.0	3.6	3.6		
Bentonita Sódica	5.0	3.8	4.4		
	6.0	6.8	7.4		
	3.0	2.0	2.8		
	4.0	3.8	3.2		
2%	5.0	3.2	4.2		
	6.0	3.8	5.0		
	4%	3.0	2.2	2.6	
		4.0	2.6	3.4	
5.0		4.2	4.0		
6%	6.0	5.2	5.8		
	3.0	2.2	2.8		
	4.0	3.6	4.6		
	5.0	4.8	4.8		
8%	6.0	5.4	6.4		
	3.0	3.8	3.4		
	4.0	4.4	4.2		
	5.0	6.2	5.4		
10%	6.0	6.4	6.6		
	3.0	4.2	4.0		
	4.0	4.4	5.0		
	5.0	5.4	5.8		
12%	6.0	6.0	6.2		
	3.0	4.0	3.8		
	4.0	4.8	4.6		
	5.0	6.0	5.8		
	6.0	6.8	7.0		

TABLA II
 RESULTADOS DE COMPACTABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESION CON HUMEDAD TEORICA

		HUMEDAD AGREGADA TEORICA					
		2%	3%	4%	5%	6%	
	KPa	KPa	KPa	KPa	KPa	KPa	KPa
Bentonita Cálcica	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.
2%	44	6.8	39	-	41.5	-	-
4%	47.5	34.4	48.5	20.6	48.5	13.7	46
6%	44.0	68.9	54.5	48.2	54.5	34.4	54
8%	40.0	110.3	52.0	82.7	59.5	62.0	58.5
10%	31.8	119.9	49.3	193.0	56.0	158.5	64.9
							151.6
							69.9
							134.9
Bentonita Sódica	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.	Resist. Compact.
6%	53	55.1	57	41.3	68	34.4	56.0
8%	22	62.0	48	82.7	54	75.8	59.5
10%	26.6	172.3	47	172.3	58.8	165.4	62.8
							137.8
							65.0
							130.9

Resist. = Resistencia
 Compact. = Compactabilidad

TABLA III
COMPARACION DE RESULTADOS ENTRE MEDICIONES DE
BENTONITA POR 2 METODOS EXPERIMENTALES DIFERENTES.

Humedad Agregada		A. F. S.	Azul de Metileno	
Bentonita Cálcica.	(Teórica)	%	%	
2%	3.0 %	2.6	2.8	
	4.0 %	2.6	1.8	
	5.0 %	2.7	2.6	
	6.0 %	3.0	3.6	
	4%	3.0 %	4.0	5.2
		4.0 %	4.2	5.5
		5.0 %	4.6	4.8
	6%	6.0 %	5.7	4.8
		3.0 %	6.0	8.8
		4.0 %	6.3	7.6
	8%	5.0 %	6.4	9.1
		6.0 %	7.0	10.0
3.0 %		8.1	8.1	
4.0 %		9.0	8.8	
10%	5.0 %	9.8	8.4	
	6.0 %	10.0	7.6	
	3.0 %	10.1	9.1	
	4.0 %	10.4	8.4	
12%	5.0 %	10.6	7.8	
	6.0 %	11.3	7.4	
	3.0 %	12.5	10.8	
	4.0 %	15.0	10.0	
Bentonita Sódica	5.0 %	16.0	4.1	
	6.0 %	17.1	18.6	
	2%	3.0 %	2.6	2.5
		4.0 %	1.0	3.0
		5.0 %	2.0	2.7
		6.0 %	0.8	2.5
	4%	3.0 %	4.4	4.5
		4.0 %	4.0	5.2
		5.0 %	4.2	4.2
	6%	6.0 %	4.2	4.7
		3.0 %	6.0	6.7
		4.0 %	9.8	10.2
8%	5.0 %	9.0	11.5	
	6.0 %	10.0	11.0	
	3.0 %	9.0	10.2	
10%	4.0 %	10.4	12.5	
	5.0 %	10.4	14.0	
	6.0 %	10.6	13.7	
	3.0 %	10.8	14.5	
12%	4.0 %	11.0	15.0	
	5.0 %	14.6	16.7	
	6.0 %	15.2	17.5	
	3.0 %	15.0	15.5	
	4.0 %	16.0	18.2	
	5.0 %	17.1	20.0	
	6.0 %	18.1	22.2	

TABLA III¹

COMPARACION DE RESULTADOS ENTRE MEDICIONES
DE BENTONITA POR 2 METODOS EXPERIMENTALES-
DIFERENTES.

Bentonita	A.F.S.	Azul de Metileno
Cálcica.	§ (Valor promedio)	§ (Valor Promedio)
2%	2.7	2.7
4%	4.6	5.0
6%	6.4	8.8
8%	9.2	8.2
10%	10.6	8.1
12%	15.1	12.1
Bentonita		
Sódica		
2%	1.6	2.6
4%	4.2	4.6
6%	8.7	9.8
8%	10.1	12.6
10%	12.9	15.9
12%	16.5	18.9

TABLA IV
COMPARACION DE RESULTADOS ENTRE BENTONITA
CALCULADA Y MEDIDA PARA 10% DE BENTONITA

	Humedad Agregada	*	Efectiva Disponible		A.F.S.	Azul Metileno (Total)
Bentonita Cálcica	%	%	%	%	%	%
	2	5.5	4.5	5.5	10.4	11.7
	3	4.8	5.2	6.9	10.6	13.8
10%	4	5.2	4.8	7.7	11.8	16.1
	5	4.8	5.2	8.9	15.0	17.2
	6	5.2	4.8	10.0	13.0	18.4
Bentonita Sódica	2	5.3	4.6	5.3	10.2	11.5
	3	5.3	4.7	6.6	10.8	14.2
10%	4	4.9	5.1	5.8	13.0	15.6
	5	5.4	4.6	fuera de	10.2	16.1
	6	5.5	4.5	escala	13.2	16.3

* Arcilla calculada de la siguiente manera: Agregada-Efectiva.

TABLA V
 RESULTADOS DE BENTONITA EFECTIVA Y DISPONIBLE
 CON HUMEDAD REAL

Bentonita Cálcica	Humedad Real % (Estufa)	Compactabilidad %	Resistencia KPa	Bentonita Efectiva %	Bentonita Disponible %
10%	2.2	31.8	199.9	4.6	6.6
	4.2	56.0	158.5	4.8	fuera de escala
	4.2	69.9	151.6	5.2	9.0
	4.8	69.9	130.9	4.8	>9.0
Bentonita Sódica	4.2	47.0	172.3	4.6	fuera de escala
	4.4	58.8	165.4	5.1	"
	10% 5.4	62.8	137.8	4.6	>9.0
	6.0	65.0	130.9	4.5	fuera de escala

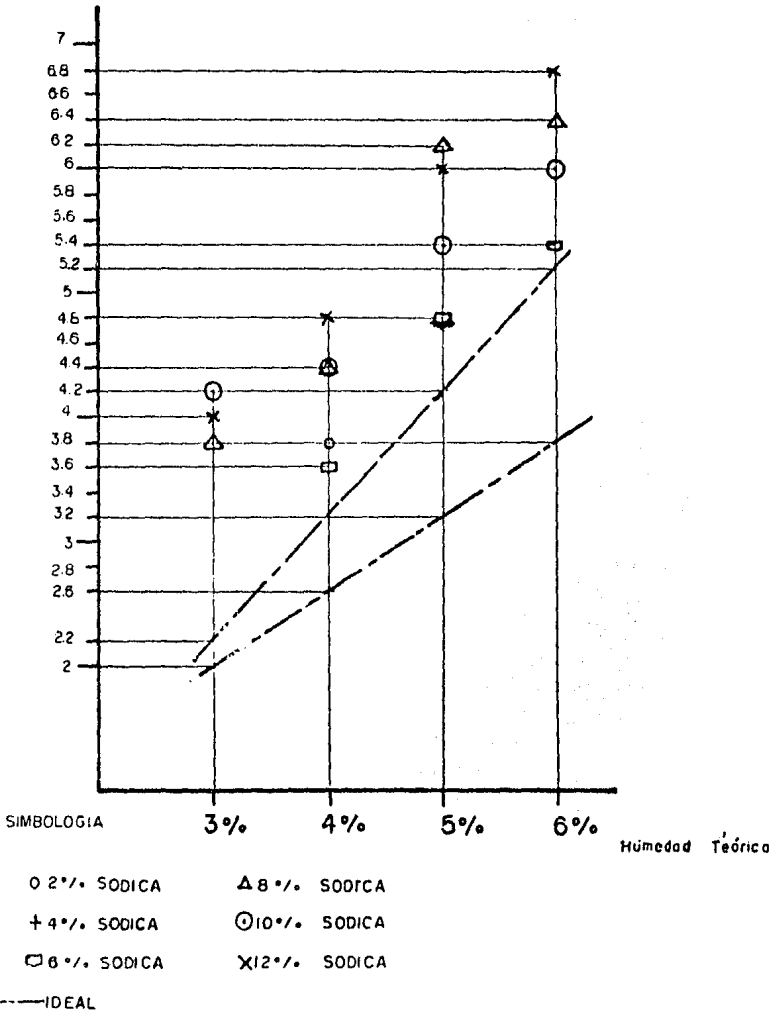
HUMEDAD TEORICA VS HUMEDAD EXPERIMENTAL

BENTONITA SODICA

METODO ESTUFA

Humedad
Experimental

Lamina No 1



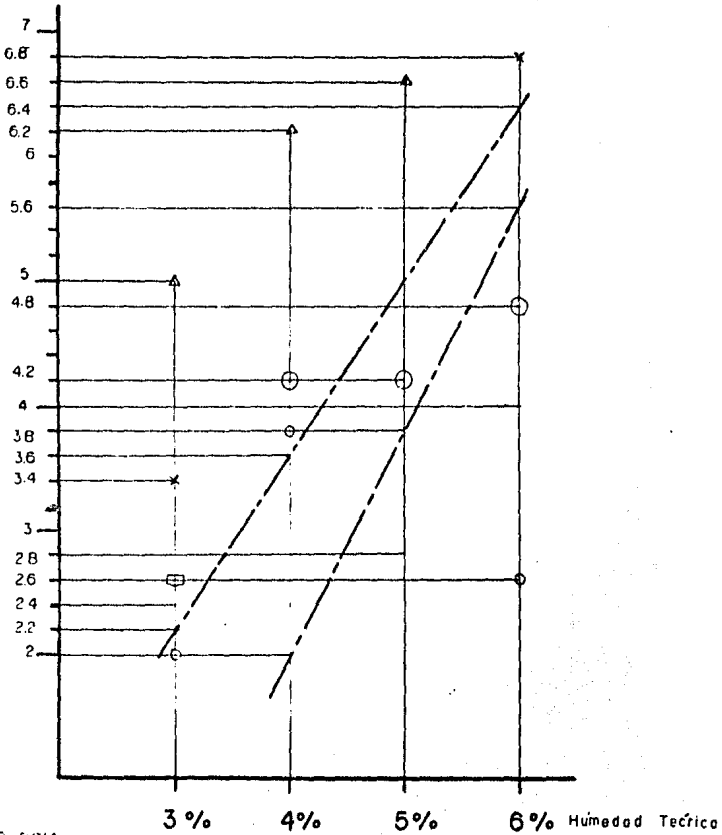
HUMEDAD TEORICA VS HUMEDAD EXPERIMENTAL

BENTONITA CALCICA

METODO ESTUFA

Humedad Exp.

Lamina No 2



Simbología

- 2% CALCICA
- + 4% CALCICA
- 6% CALCICA
- △ 8% CALCICA
- ⊙ 10% CALCICA
- × 12% CALCICA
- IDEAL

HUMEDAD TEORICA VS HUMEDAD EXPERIMENTAL

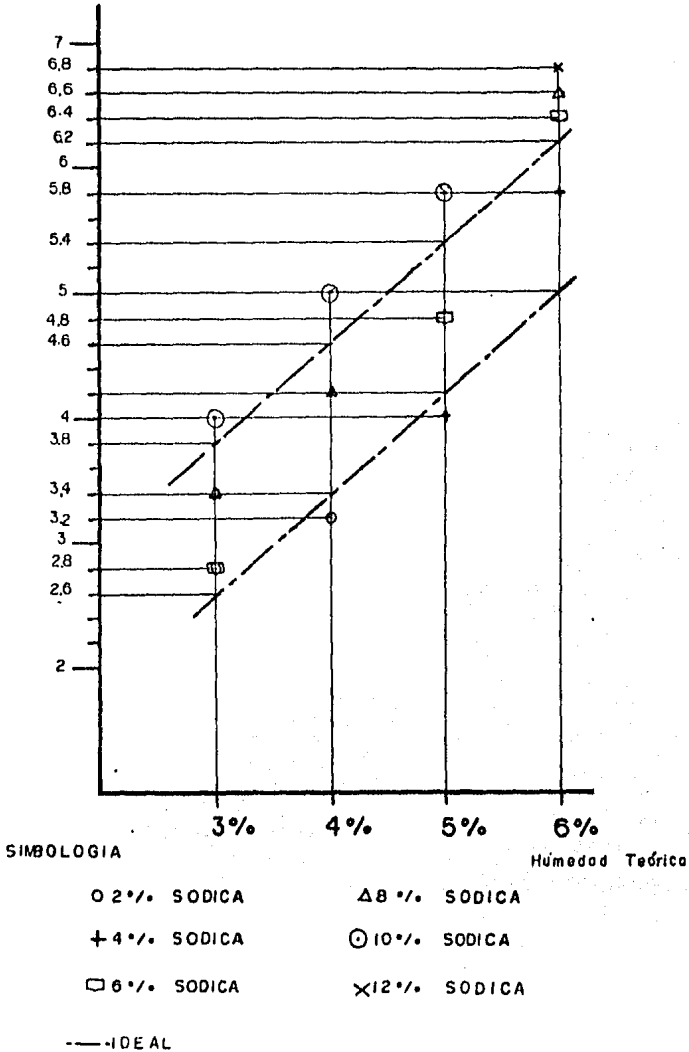
BENTONITA SODICA

Humedad

METODO LAMPARA

Experimental

Lamina No3

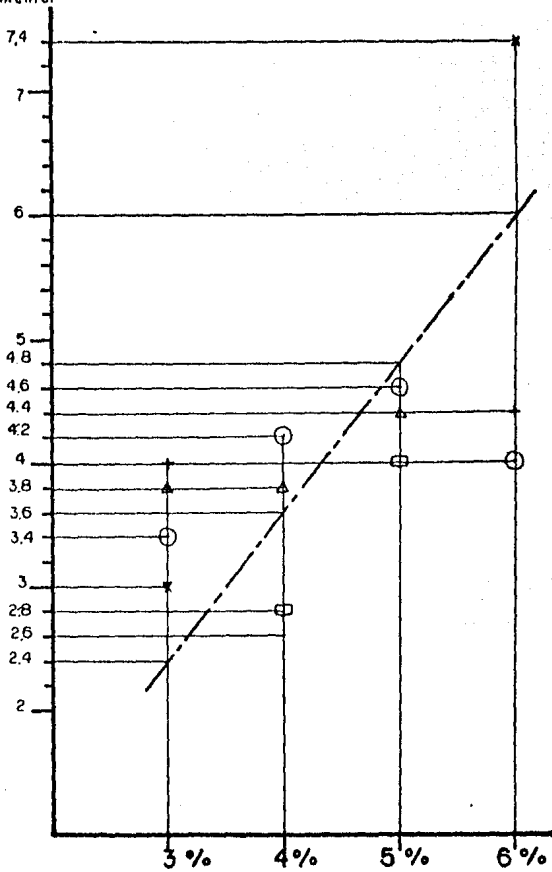


HUMEDAD TEORICA VS HUMEDAD EXPERIMENTAL

BENTONITA CALCICA
METODO LAMPARA

Humedad
Experimental

Lamina No 4



SIMBOLOGIA

○ 2 % . CALCICA

△ 8 % . CALCICA

+ 4 % . CALCICA

⊙ 10 % . CALCICA

□ 6 % . CALCICA

× 12 % . CALCICA

--- IDEAL

Humedad Teórica

CAPITULO IV
DISCUSION DE RESULTADOS

DISCUSION DE RESULTADOS

1.1. Respecto a los métodos para determinar humedad. En la literatura siempre se anota que el método de la estufa es más exacto y efectivamente ésto se nota en las gráficas de los resultados experimentales.

El método de estufa es más exacto, la dispersión de los valores es menos extensa que en el método de lámpara y sin embargo es más factible llegar a cometer errores experimentales, si no se tiene cuidado en la manipulación experimental. En las gráficas (1,2,3,4) se ven valores que salen fuera de lógica y su única explicación es el error experimental.

En el método de lámpara notamos una dispersión muy amplia sin embargo, presenta una reproducibilidad más constante cualquiera de los dos métodos sería válido tomando en cuenta que uno es más preciso que el otro, posteriormente se verá el efecto que tiene la humedad real combinada con otras propiedades y se volverá a discutir sobre este punto.

1.2. Sobre los resultados de compactabilidad y resistencia. viendo los datos de la tabla II nos damos cuenta de que las únicas resistencias con las que podemos trabajar son las de las mezclas obtenidas de 8 y 10%, quizá mas estrictamente las de 10%; lo anterior lo deducimos viendo las ordenadas y las abcisas de la gráfica (básica) compresión -compactabilidad -humedad.

Inevitablemente nuestras mezclas del 2 al 8% no nos van a -

proporcionar datos de comparación de arcilla efectiva y disponible si no exclusivamente el 10% de bentonita tanto sódica - como cálcica. Por otro lado los datos de resistencia de las mezclas de 10% de bentonita sódica y cálcica nos colocan el punto temper entre 2 y 3% de humedad.

1.3 Sobre los resultados de mediciones de bentonita por el método A.F.S. y Azul de Metileno se tiene que tomar en cuenta que:

I) La materia prima con la que hicimos las mezclas estuvo preanalizada. Se usó arena sílica N° 40, A.F.S.

a) La arena no muestra un contenido de arcilla por el método Azul de Metileno superior a 0.0625%.

b) La arena tiene un valor de arcilla por el método A.F.S de 0.222%.

c) La arcilla utilizada en las mezclas fue usada como patrón.

II) No existe ninguna razón por la cual la mezcla resultante tenga un contenido de arcilla superior al agregado; en otras palabras el método A.F.S. y Azul de Metileno para las mezclas deberían darnos un valor bastante cercano o igual al de la bentonita agregada.

De acuerdo con las dos anteriores consideraciones y el tratamiento estadístico de los resultados de la tabla III, no podemos más que concluir que el método Azul de Metileno no es confiable por lo menos en la manera como lo estamos practicando siendo esto más crítico para las mezclas con un alto contenido

do de bentonita, mayores de 8%, el método A.F.S. resulta por simple comparación con el otro más confiable aunque existan series de resultados que no son estadísticamente aceptables.

A pesar de lo anterior se puede hablar de una coincidencia de resultados entre el método A.F.S. y Azul de Metileno que indudablemente no es un comportamiento general ya que el método A.F.S., mide tamaño y el Azul de Metileno el comportamiento químico (intercambio de iones) y fisicoquímico (absorción).

1.4. Sobre la comparación de los resultados entre las diferentes mediciones usando bentonita. Lo primero que salta a la vista es que la eficiencia de molienda fue muy baja sin necesidad de determinarla cuantitativamente ya que los valores de arcilla total ya sea determinada con A.F.S., o Azul de Metileno son prácticamente el doble de la bentonita efectiva; esto es más crítico considerando el 10% teórico como el contenido total de arcilla.

Es inexplicable que el método Azul de Metileno nos haya reportado valores muy altos de arcilla total, se podrían esperar valores más bajos debido a que la molienda es deficiente y la muestra que tomamos podría tener menos arcilla de la agregada, sin embargo los valores altos permanecen como una incógnita ya que seguramente se deben al mismo método Azul de Metileno, del que no tenemos información suficiente sobre la base del mismo y por lo tanto no conocemos las clases de precauciones que debemos tener durante la manipulación experimental que son la causa de las posibilidades de error.

Tratando de ver la variación de bentonita efectiva y disponible con valores más exactos de humedad (real) se construyó la tabla V, según el cálculo de la bentonita efectiva, no se ve afectada por el contenido de humedad, por lo que es similar a la calculada por la humedad teórica y por otro lado que la bentonita disponible fue muy difícil de calcular ya que -- los valores de la humedad real nos sacan fuera de la escala -- lo que nos indica un error experimental en la medición de la humedad de la que ya se anotó en el principio de la discusión.

CAPITULO V
CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1) En cuanto a las mediciones de arcilla y las comparaciones con las calculadas de la Gráfica Básica:

a) En estas mezclas existe una "coincidencia" entre los valores A.F.S. y Azul de Metileno, debido a que trabajamos con materia prima controlada, sin embargo, ésto no puede considerarse como una generalidad.

b) Los valores calculados indican baja eficiencia de molienda lo que significa menor actividad de la bentonita en las mezclas de laboratorio que impiden hacer una comparación más detallada de este trabajo.

2) Adicionalmente se puede concluir que el método para determinar humedad por medio de la estufa es más exacto pero más difícil de reproducir, el método de lámpara es fácil de reproducir pero menos exacto. Para fines experimentales cualquiera de los valores son aceptables.

BIBLIOGRAFIA

1. Noguez Amaya Ma. Eugenia.
"Curso de Control de Arenas de Moldeo"
Fac. Química. México 1984.
2. "Sand-Bentonite-Water Research and Basic Clay-Water Concepts"
C.E.Wenninger and W.J. Lang
A.F.S. Transactions., 77: 39-44 (1969).
3. "Investigations on the Effect of Heat on the Bonding Properties of Various Bentonites".
F.Hofmann
A.F.S. Transactions., 66: 305-311 (1958).
4. "Tempering Molding Sands"
H.W. Dietert and A.L. Graham
A.F.S. Transactions., 67:75-81 (1959)
5. "Compactability Testing a New Approach in Sand Research"
H. W. Dietert and A.L. Graham
A.F.S. Transactions., 77: 134-140 (1969)
6. "A New Methylene Blue Procedure for Determination of Clay -
in System Sands"
H.W. Dietert and A.L. Graham
A.F.S. Transactions., 78:208-212 (1970).
7. "A New Control Tool. A graph for Evaluating Effectiveness
Of Available Bentonite Within Foundry System Sands"
C.E.Wenninger and A.P. Volkmar
A.F.S. Transactions., 78:17-24 (1970).