



**INTI**

**50**  
ANIVERSARIO  
1957 - 2007

Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Unión Europea

Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina

SERVICIO  
GEOLÓGICO  
MINERO  
ARGENTINO  
(SEGEMAR)

# BENTONITAS

Propiedades y usos  
industriales

CUADERNO TECNOLÓGICO N° 3  
**SEGEMAR**

Autor  
**ROBERTO HEVIA**

Junio de 2007

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO  
ARGENTINO (SEGEMAR)



Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Unión Europea

INTI

50  
ANIVERSARIO  
1957-2007

Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina



Unión Europea

Delegación de la Comisión Europea en Argentina  
Ayacucho 1537  
Ciudad de Buenos Aires  
Teléfono (54-11) 4805-3759  
Fax (54-11) 4801-1594



INTI

Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial

INTI  
Avenida General Paz 5445  
Casilla de Correo 157, B1650WAB San Martín, Buenos Aires, Argentina  
Teléfono (54-11) 4754-4070 / grobles@inti.gov.ar

[www.ue-inti.gov.ar](http://www.ue-inti.gov.ar)

#### CONTACTO

##### SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR)

infointemin@inti.gov.ar  
www.segemar.gov.ar  
www.mineria.gov.ar  
Atención al cliente: 4754-4070  
Ing. Ramiro Fernández

INFORMACIÓN Y VISIBILIDAD: GUILLERMINA ROBLES  
grobles@inti.gov.ar

## BENTONITAS

Propiedades y usos industriales

ROBERTO HEVIA

## **INDICE**

**1. INTRODUCCIÓN**

**2. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA**

**3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS**

**4. CLASIFICACIÓN DE BENTONITAS**

**5. APLICACIONES INDUSTRIALES**

**6. ENSAYOS, ESPECIFICACIONES Y NORMAS**

**7. YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA**

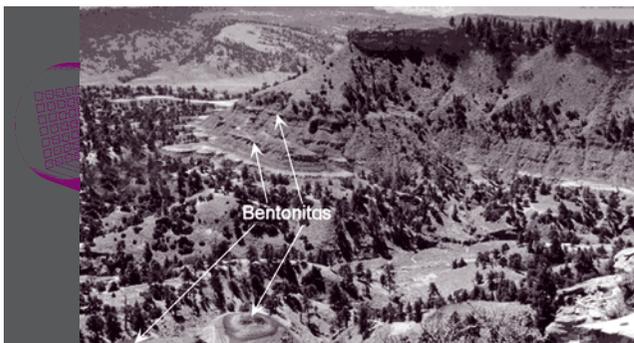
## 1. INTRODUCCIÓN

Antiguamente se conocían algunas aplicaciones de las denominadas bentonitas. Ya los romanos aprovechaban las propiedades de la "Tierra de Bataneros", tanto en cerámica, como en la limpieza de tejidos y como desengrasante, por sus propiedades jabonosas. Unos siglos antes, los egipcios y los griegos, también aplicaron estos mismos productos en idénticas o similares utilizaciones.

En la Edad Media se tienen noticias de que por las calles de París se vendían las Tierras Esmectíticas como un producto desengrasante. Es probable que como tales se comercializaran arcillas de alto poder coloidal.

El término "bentonita" fue aplicado por primera vez por el geólogo norteamericano Knight en 1898, a una clase de arcilla muy particular que tenía propiedades jabonosas, que poseía una gran plasticidad y era altamente coloidal. Esta arcilla procedía de la Formación Benton Shale, en el Cretácico de Wyoming, USA .

Esta roca estaba dotada particularmente de la facultad de hincharse aumentando varias veces su volumen cuando se ponía en contacto con el agua, y además de formar geles tixotrópicos cuando se añadía en pequeñas cantidades al agua.



Yacimientos de bentonita de Wyoming, USA

Las propiedades físicas de estas arcillas (especiales) de Wyoming le dieron rápidamente un alto valor comercial y sus usos en lodos para sondeos, aglomerante de arenas de moldeo, decoloración de aceites, etc. originaron un desarrollo de un gran complejo industrial en Wyoming, lo que por otra parte indujo a la búsqueda de nuevos yacimientos. Pronto fueron encontradas bentonitas en Misissipi, Texas, Arizona y California, como así también en Inglaterra, Alemania, Italia, España, Rusia y Japón.

Es notable, que antes de tener un nombre propio, de estas destacadas arcillas, ya se conocían algunas de sus propiedades y usos, como lo demuestra el hecho, que en 1888 se hizo desde Rock Creek, Wyoming, el primer embarque con interés comercial.

Posteriormente, con el nombre de "bentonita" se definió a la roca compuesta esencialmente por un mineral arcilloso formado por la desvitrificación y la alteración química

de un material vítreo, ígneo, en la mayoría de los casos una toba o ceniza volcánica.

Tal vez la mejor definición de bentonita como mineral industrial es la dada por R.E. Grim en la Conferencia Internacional de Arcillas (AIPEA) en Madrid en 1972: "Bentonita es una arcilla compuesta esencialmente por minerales del grupo de las esmectitas, con independencia de su génesis y modo de aparición". Desde este punto de vista la bentonita es una roca compuesta por varios minerales, aunque son las esmectitas sus constituyentes esenciales (montmorillonita y beidellita), que confieren las propiedades características a la roca, acompañadas por otros minerales menores como: cuarzo, feldespato, mica, illita y caolin.

La denominación montmorillonita, se debe a que el primer yacimiento que se descubrió en Europa, está ubicado en la localidad de Montmorillon, al sur de Francia.

## 2. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA

La familia de las arcillas son filossilicatos hidratados, que se presentan en cristales muy pequeños (<4-8 nm) y principalmente en forma de láminas hexagonales (figura 1) (mazo de naipes), es decir son silicatos cuya estructura está compuesta por capas

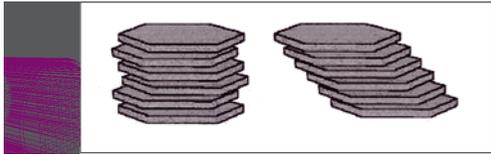


Figura 1: Láminas hexagonales de arcilla

Los minerales que integran la familia de las arcillas son muy numerosos y han sido el motivo de muchísimos estudios científicos, pero hay dos grupos que monopolizaron la mayoría de los trabajos. Se trata del grupo de las caolinitas o kanditas (minerales del caolín) y de las esmectitas (montmorillonita).

Los aspectos estructurales, fisicoquímicos, de composición, génesis, tipo de yacimientos, propiedades tecnológicas, usos, etc. han sido profundamente estudiados, porque dentro del grupo de las arcillas, son los que mayor interés económico presentan.

Estructuralmente estos dos grupos se diferencian en:

- 1) Capas bilaminares: ej: caolinita
- 2) Capas trilaminares: ej: illita, montmorillonita, clorita, etc.

**Grupo de las caolinitas:** tiene una estructura atómica que está formada por capas bilaminares de óxidos de Si+4 coordinados tetraédricamente y óxidos de Al+3 coordinados octaédricamente (Figura 2). Se caracterizan por tener una elevada estabilidad química, debido a que tienen un menor intercambio atómico en la estructura, y que la unión entre las capas se realiza por medio de fuerzas de Van derWaals y no existe posibilidad de intercalación de moléculas de agua, moléculas orgánicas u otros iones minerales

La estructura básica se compone de átomos de oxígeno dispuestos en forma que dan lugar a capas alternadas de huecos tetraédricos y octaédricos.

**Grupo de las esmectitas (bentonitas):** se caracteriza por estar formado por capas trilaminares, constituidas por dos láminas de tetraedros de Si+4 unidas entre ambas por una capa de octaedros de Al+3, es decir presenta una estructura de superposición de capas: tetraédrica - octaédrica - tetraédrica (Figura 3).

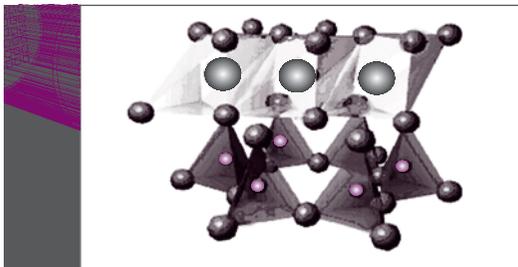
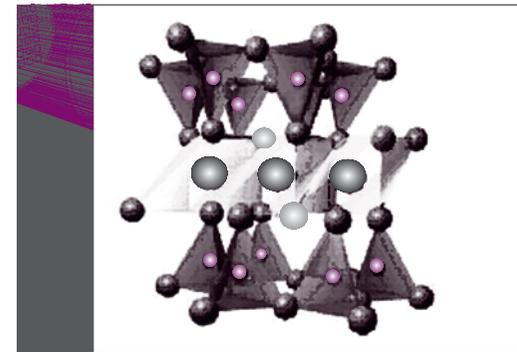


Figura 2: Estructura bilaminar caolinita



- Sílice
- Oxígeno
- Alúmina
- Oxihidrido

Figura 3: Estructura trilaminar esmectítica

En el retículo de las capas trilaminares se producen muchas sustituciones isomorfas, es decir el reemplazo de iones de igual radio atómico, pero de distinta valencia. Como ser la sustitución de  $Al^{3+}$  por  $Mg^{2+}$  o  $Fe^{2+}$  en las capas octaédricas y la sustitución de  $Si^{4+}$  por  $Al^{3+}$  en las capas tetraédricas. Esto origina un desbalance eléctrico y aumenta notablemente la reaccionabilidad del mineral.

Los enlaces dentro de cada capa son mucho más estables que los existentes entre capas vecinas, es decir las capas trilaminares se unen entre sí por débiles ligaduras que son liberadas por simple hidratación, dejando más superficie reactiva libre y produciendo un aumento del espaciado reticular y por lo tanto un hinchamiento del mineral. A este hecho se debe la exfoliabilidad de estos minerales, que consiste sencillamente en separar entre sí las láminas contiguas.

Cuando el  $Al^{3+}$  del estrato octaédrico es totalmente reemplazado por  $Mg^{+2}$ , el mineral se llama saponita, y si el  $Al^{3+}$  es reemplazado por  $Fe^{+3}$  se llama nontronita. La montmorillonita pobre en Mg, con gran sustitución del Si por Al, se llama beidellita

Por esta razón los minerales que integran este grupo, pueden formar dos subgrupos:

- a) Denominado montmorillonitas aluminosas: montmorillonita y beidellita
- b) Denominado montmorillonitas magnésicas: hectorita y saponita

### 3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS

En forma natural, la bentonita es una roca blanda, que tiene aproximadamente la consistencia de un caolín, es decir friable y untuosa. Generalmente tiene un color beige claro a oscuro, amarillo verdoso y excepcionalmente blanco cremoso o verdoso.

Las innumerables e importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales se basan en sus propiedades fisico-químicas: superficie específica, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de absorción, hidratación e hinchamiento y plasticidad.

Estas propiedades que caracterizan a una bentonita se derivan de:

- Tamaño de partículas extremadamente pequeñas (menores a 2  $\mu$ m)
- Sustituciones isomorfas, que propician la formación de cargas laminares y la presencia de cationes hidratados, débilmente ligados en el espacio interlaminar (exfoliabilidad)
- Elevado potencial eléctrico
- Alta relación superficie a espesor

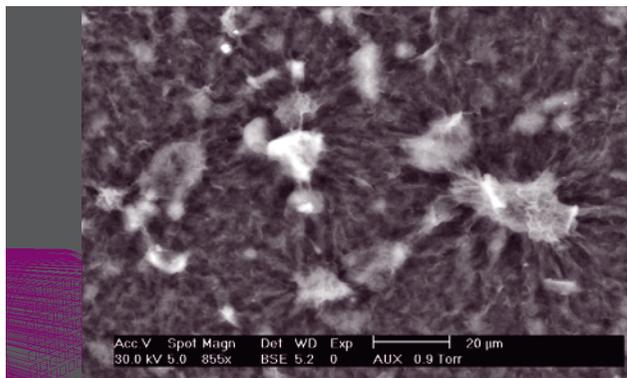


Foto de microscopía electrónica de una bentonita sódica

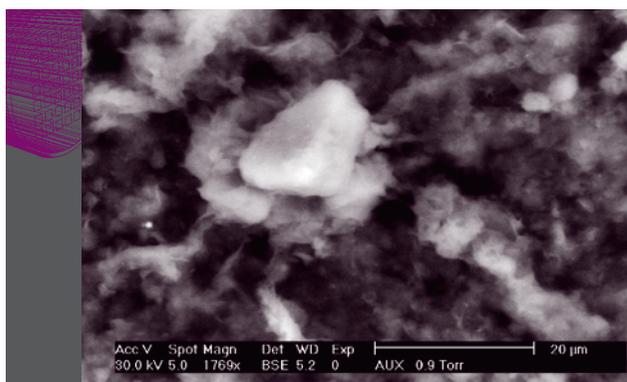


Foto de microscopía electrónica de una bentonita cálcica

En las fotos se aprecia la diferente reactividad con el agua de una bentonita sódica respecto de otra cálcica.

#### 3.1. SUPERFICIE ESPECÍFICA

La superficie específica de un área superficial de una bentonita, se define como el área de la superficie externa, más el área de la superficie interna de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en  $m^2/g$ .

En la tabla siguiente se muestran valores comparativos de superficies específicas de algunos minerales respecto de la montmorillonita

MINERALES DE LA FAMILIA DE ARCILLAS	SUP. ESPEC. $m^2/g$
Caolinita de elevada cristalinidad	15
Caolinita de baja cristalinidad	50
Halloisita	60
Illita	50
Sepiolita	100-240
Montmorillonita	80-300
Paligorskita	100-200

#### 3.2. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO

Esta es una propiedad característica de las bentonitas, que son capaces de intercambiar fácilmente, los iones fijados en la superficie exterior de los cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas envolventes. Como se mencionó anteriormente, esto está vinculado al desbalance de cargas en la estructura atómica y la débil fijación de cationes en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras.

La capacidad de intercambio catiónico se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH. Es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral. Estas cargas negativas pueden ser generadas de tres formas diferentes:

- Sustituciones isomorfas dentro de la estructura
- Enlaces insaturados en los bordes y superficies externas
- Disociación de los grupos de hidroxilos accesibles

El caso a) es conocido como carga permanente y supone un 80% de la carga neta de la partícula; además es independiente de las condiciones de pH y actividad iónica del medio.

El caso b) y c) varían en función del pH y de la actividad iónica. Corresponden a bordes cristalinos, químicamente activos y representan estimativamente el 20% de la carga total de la partícula.

En la siguiente tabla se exponen valores comparativos de la capacidad de intercambio catiónico de algunos minerales respecto de la montmorillonita

MINERALES DE LA FAMILIA DE LAS ARCILLAS	C.I.C. meq/100g
Caolinita	3-5
Halloisita	10-40
Illita	10-50
Clorita	10-50
Vermiculita	100-200
Montmorillonita	80-200

### 3.3. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

La capacidad de absorción de una partícula está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan en forma aislada:

- ABSORCIÓN:** cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad
- ADSORCIÓN:** cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la bentonita, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato

La capacidad de absorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa adsorbente.

### 3.4. HIDRATACIÓN E HINCHAMIENTO

Una de las propiedades más distintivas de la bentonita es su capacidad de hincharse considerablemente en agua, formando masas gelatinosas. Este fenómeno ocurre por la hidratación del espacio interlaminar, y depende a la naturaleza del catión interlaminar y de la carga de la lámina.

A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras. Cuando el catión interlaminar es el sodio, las bentonitas tienen una

gran capacidad de hinchamiento, pudiendo llegar a producirse la completa disociación de cristales individuales de bentonita, teniendo como resultado un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales. Si por el contrario, tienen Ca o Mg como cationes de cambio su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida.

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 una bentonita de buena calidad se hincha en agua de 10 a 20 veces su volumen; en casos excepcionales esta relación llega a 30.

### 3.5. PLASTICIDAD

Las arcillas y particularmente las bentonitas son destacadamente plásticas. No obstante se admite que la bentonita contiene de 20 a 40 veces mayor cantidad de materias arcillosas en forma coloidal que las arcillas plásticas usuales; por ello ejerce, incluso en pequeñas proporciones, una acción considerable sobre la plasticidad de los materiales cerámicos, aumentándola significativamente.

En comparación con una arcilla plástica, puede admitirse que la bentonita contiene de 80 a 90% de partículas coloidales, mientras que aquella contiene de 40 a 45% como máximo

Esta propiedad se debe a que el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas

### 3.6. TIXOTROPÍA

Este es un fenómeno conocido únicamente en suspensiones coloidales, y se dice que una sustancia presenta el fenómeno de la tixotropía, cuando la aplicación de un esfuerzo deformante, reduce su consistencia, entendiéndose por consistencia, el grado de resistencia que ofrece la mezcla a fluir o a deslizarse. La resistencia suele llamarse también viscosidad.

La palabra "tixotropía" deriva del griego "thixis" que significa cambio, y se emplea para describir el fenómeno mediante el cual, las partículas coloidales en estado de reposo forman geles (de apariencia sólida), y cuando estos geles se someten a energías agitacionales, se destruyen y forman fluidos viscosos. Cuando la agitación se detiene y la suspensión permanece inmóvil, se regeneran las características del gel original.

Las partículas coloidales son atrapadas en una posición de equilibrio eléctrico cuando se forma el gel, balanceándose de este modo todas sus cargas, mediante la acción de los cationes del medio, que son capaces de mantener a las partículas negativas de arcilla con cierta separación. Cuando una agitación energética rompe la orientación de los cationes y aumenta la distancia que separa a las partículas de bentonita, se rompe el equilibrio estructural formado anteriormente y la consistencia disminuye; esta consistencia se regenera paulatinamente, cuando la suspensión pasa al estado de reposo.

## 4. CLASIFICACIÓN DE BENTONITAS

Los criterios de clasificación empleados por la industria se basan en su comportamiento y propiedades físico-químicas, siendo la siguiente clasificación la más utilizada:

- a) **BENTONITAS NATURALES ALTAMENTE HINCHABLES (SÓDICAS)**  
Están constituidas por montmorillonita que contiene naturalmente iones intercambiables de sodio. Estas bentonitas son usadas en lodos para perforación y como ligante en la peletización de mineral de hierro.
- b) **BENTONITAS NATURALES POCO HINCHABLES (CÁLCICAS)**  
Están constituidas por montmorillonita que contiene principalmente iones intercambiables de calcio. Este tipo tiene menor capacidad de hinchamiento que las variedades sódicas. Esta cualidad es particularmente importante para el uso en pastas cerámicas.
- c) **BENTONITAS CON ACTIVACIÓN ALCALINA**  
Son bentonitas que se obtienen por el intercambio de cationes alcalino-térreos por cationes alcalinos en la montmorillonita. Esta activación provoca una mayor plasticidad, viscosidad y tixotropía de la bentonita, como así también una gran capacidad de hinchamiento
- d) **Bentonitas con activación ácida**  
Están constituidas por montmorillonitas cálcicas que han sido tratadas con ácido clorhídrico o sulfúrico para remover impurezas, reemplazar iones intercambiables por hidrógeno, incrementar su área superficial y mejorar sus propiedades de absorción y adsorción.
- e) **BENTONITAS ORGANOFÍLICAS**  
Son montmorillonitas que tienen sus iones intercambiables reemplazados con iones orgánicos, tales como, por ejemplo: compuestos de aminas cuaternarias.

## 5. APLICACIONES INDUSTRIALES

Las propiedades de la bentonita no dependen sólo del mineral esmectítico predominante sino también de su grado de cristalinidad, del tamaño de los cristales, etc. y por lo tanto las propiedades pueden variar enormemente, por lo cual el campo de las aplicaciones es amplio y las especificaciones para cada caso son muy particulares.

La bentonita es uno de los minerales industriales que posee la más amplia gama de aplicaciones y por las posibilidades que brinda para obtener un alto valor agregado a través de su activación, puede alcanzar en casos puntuales valores de venta que superen a cualquier otro mineral. Un ejemplo lo constituyen las bentonitas organofílicas utilizadas en la industria de la pintura, o las activadas en medio alcalino para farmacopea y cosméticos.

Por sus variadas propiedades, las diferentes industrias la utilizan en estado natural o activadas.

Se comercializa en diferentes formas: en bruto, triturada, molida en diferentes mallas según el destino final, o activadas.

Una síntesis de los diferentes usos, en función del tipo de bentonita seleccionada, se expone a continuación en la siguiente tabla

Usos de los tipos de bentonita

INDUSTRIA	BENTONITA NATURAL Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup>	BENTONITA NATURAL Na <sup>+</sup> ,	BENTONITA ACTIVADA (alcalina)	BENTONITA ACTIVADA (ácida)	BENTONITA ORGANOFÍLICA
FUNDICIÓN	--	Componente en arenas para moldeo	--	--	--
PETROLERA	--	Agente tixotrópico	--	--	Tixotrópico (fluidos no iónicos)
ALIMENTICIA	Refinación de azúcar, clarificación de vinos y jugos				--
QUÍMICA	Carga p/caucho/plástico	--	--	Catalizadores Cargas para Caucho/plást.	--
CERÁMICA	Pastas	Esmaltes	--	--	--
CONSTRUCCIÓN	Plastificante en concretos, sellador, lubricante			--	--
FARMACEUTICA	Materia prima para tierras medicinales, ungüentos y cosméticos			--	--
MINERA	Peletización de minerales			--	--
ACEITE /GRASA COMESTIBLE	Refinación, decoloración purificación	--	--	Refinación, decoloración purificación	--
LIMPIEZA	Aditivo en jabones			--	--
BREA-ALQUITRÁN	--	--	--	--	Estabilizador de suspensiones de alquitrán
PINTURA	--	--	--	--	Estabilizador y extendedor

Según la estadística minera de 2003-2005, la demanda de bentonita por usos es la siguiente:

Petróleo: 53%  
Fundición: 23%  
Alimentos balanceados: 7%  
Bentonita activada: 5,4%  
Pelletizaciones: 5,2%  
Clarificantes: 2,4%  
Cerámica: 2%  
Obras públicas: 1%  
Otros: 1%

### LODOS DE PERFORACIÓN (INDUSTRIA PETROLERA)

En las perforaciones por el método de rotación, se usan lodos o fluidos bentoníticos. Estos son bombeados por el agujero del vástago hasta el fondo del pozo circulando luego hacia la superficie por el espacio anular existente entre las barras y la pared del pozo, llevando los fragmentos cortados por la broca, cuando llegan a la superficie son conducidos a una cubeta donde se remueven las partículas y el fluido continúa circulando.

Por efecto de la tixotropía que tiene cualquier suspensión de bentonita, que provoca la floculación de las partículas en estado de reposo, los geles de dicho mineral tienen el objetivo de: lubricar la herramienta cortante, construir una película impermeable en la pared del pozo que impida la penetración del agua del barro en las formaciones atravesadas, y dar cierta cohesión a los sedimentos no consolidados para controlar la abrasión de las paredes por las barras durante la perforación.

Para todo esto se necesita que la suspensión de bentonita tenga un gran poder de gelificación, que tenga la mayor viscosidad posible para facilitar la remoción de los fragmentos rocosos y que la propiedades tixotrópicas sean destacadas para impedir que las partículas se asienten en el fondo cuando el bombeo cesa temporariamente.

El principal uso de las bentonitas sódicas es en los lodos de perforación, no obstante en ciertos lodos donde se requiere que el fluido sea no polar, se usan como componente gelificante las bentonitas organofilicas. En síntesis, hay dos tipos de lodos: lodos de base acuosa que contienen entre 2 y 5% de bentonita natural y lodos de base oleosa que contienen entre 1 y 2% de organobentonitas.

Se han desarrollado diversos tipos de lodos cuya elección depende de: la formación geológica, la presión de la formación, la temperatura de profundidad del pozo, la profundidad del pozo y del tipo de perforación utilizada.

### ARENAS DE MOLDEO (INDUSTRIA DE LA FUNDICIÓN)

La colada es el proceso por el cual un metal es vertido en un molde que tiene la forma del artículo a ser producido, permitiendo el enfriado y la solidificación del mismo.

Las técnicas utilizadas para el colado de metales son:

- **EN ARENA:** la arena se compacta alrededor de un modelo en una caja de molde con el objeto de obtener la forma requerida. Este es el método menos preciso, pero por razones económicas, el más ampliamente usado.
- **BAJO PRESIÓN:** se utiliza un molde permanente, metálico, con un punto de fusión más alto que el del metal que será colado.
- **POR CERA PERDIDA:** el molde es una camisa refractaria (constituida por sílice, zirconio o mullita fundida) que se forma alrededor de un modelo de cera, quien posteriormente se quema y deja una copia perfecta en la camisa refractaria y es ahí donde se cuela el metal fundido. Con esta técnica se reproducen formas con gran exactitud.

La bentonita junto con la arena-base y el agua constituye uno de los tres componentes básicos de las arenas de moldeo.

El empleo de arenas sintéticas se ha desarrollado enormemente gracias a la introducción en su composición de la bentonita, que les proporciona una excelente cohesión y una permeabilidad más grande a los gases. Por otra parte las arenas que se utilizan son esencialmente silíceas, constituidas por partículas de cuarzo con una pureza del 99% y un punto de fusión de 1700 a 1730°C.

Las arenas de fundición naturales que se utilizaron inicialmente, contienen arcilla que desempeña el papel aglutinante indispensable, pero que disminuye sensiblemente y con un efecto perjudicial la porosidad.

Por el contrario, en las arenas sintéticas, el empleo de la bentonita permite obtener efectos aglutinantes con menores proporciones de aglomerante, y dan lugar a mezclas de buena porosidad.

La bentonita proporciona a la arena, la plasticidad y la resistencia necesarias para sacar la pieza del molde, sin que se produzcan desprendimientos de los bordes. El molde también necesita resistencia mecánica para soportar la acción corrosiva de la masa del metal fundido, sin que se produzcan desprendimientos ni arrastres.

Las bentonitas tienen una enorme capacidad de hinchamiento, de forma que pequeñas cantidades que se añaden a la arena de moldeo, llegan a rodear considerablemente los granos de cuarzo sin disminuir demasiado su permeabilidad, pero aumentando las fuerzas de cohesión entre ellos.

La proporción de las bentonitas en la mezcla varía entre el 5 y el 10%, pudiendo ser ésta tanto sódica como cálcica, según el uso a que se destine el molde. La bentonita sódica se usa en fundiciones de mayor temperatura que la cálcica por ser más estable a altas temperaturas, suelen utilizarse en fundición de acero, hierro dúctil y maleable y en menor medida en la gama de los metales ferreos. Por otro lado la bentonita cálcica facilita la producción de moldes con más complicados detalles y se utiliza principalmente, en fundición de metales no ferrosos

- **Bentonita cálcica (usada en fundición gris):**
  - Mayor facilidad de desarrollo de la resistencia en verde en el molino o mixturador.
  - Mayor plasticidad en caliente

- **Bentonita sódica (usada en coladas de acero y en fundición de piezas grandes):**
  - Mayor hinchamiento y contracción por adsorción de agua, dando una mayor capacidad de acomodamiento de la expansión térmica de los granos de arena base
  - Mayor resistencia en seco
  - Mayor durabilidad, debido a una mayor resistencia al calor
  - Menor cantidad de defectos superficiales sobre el colado terminado

#### PELETIZACIÓN

En la década del 50 se comienza a peletizar mineral de hierro en los Estados Unidos para aprovechar el uso de minerales de baja ley.

En el área de Minesota, los minerales de alta ley estaban cercanos al agotamiento y fue necesario desarrollar un tecnología para aprovechar las taconitas magnetíticas granulares finas.

La explotación de los polvos finos no utilizables, fue la razón más importante para la peletización de minerales de hierro, aunque el valor agregado al mineral por peletización, es un aspecto altamente considerado por muchos productores. Éstos consideran las siguientes ventajas adicionales:

- Se facilita el manejo del mineral durante las operaciones de carga, transporte y descarga
- Los pelets tienen una alta resistencia a la trituración durante el manejo
- Se logra una buena reductibilidad durante el procesamiento del hierro
- Se consigue una composición química homogénea, diferente del mineral grueso

La bentonita sódica natural y la bentonita sódica activada se usan para peletización debido a su gran poder ligante en seco y a su resistencia a altas temperaturas. La bentonita debe actuar como un ligante de partículas áridas, durante los estados en verde, seco y quemado, a través de los cuales pasan los pelets.

La bentonita es usada para peletizar minerales de magnetita o hematita, o mezclas de ambos tipos. Las adiciones estandar oscilan entre 0,7 - 1,0% de bentonita .

#### ABSORBENTES Y DECOLORANTES

La elevada superficie específica de la bentonita, le confiere una gran capacidad tanto de absorción como de adsorción. Debido a esto se emplea en decoloración y clarificación de aceites, vinos, sidras, cervezas, etc.

Tienen gran importancia en los procesos industriales de purificación de aguas que contengan diferentes tipos de aceites industriales y contaminantes orgánicos.

Se utiliza además como soporte de productos químicos, como por ejemplo herbicidas, pesticidas e insecticidas, posibilitando una distribución homogénea del producto tóxico.

#### MATERIAL DE SELLADO

En el último decenio se ha desarrollado un importante mercado orientado hacia el uso de bentonita como material de sellado en depósitos de residuos tanto tóxicos y peligrosos, como radioactivos de baja y media actividad.

Durante muchos años las bentonitas se han usado en mezclas de suelos en torno a los vertederos, con el fin de disminuir la permeabilidad de los mismos.

Últimamente ha surgido una nueva tendencia en el diseño de barreras de impermeabilización que se basa en la fabricación de complejos bentonitas-geosintéticos (geomembranas y geotextiles). Consiste en la colocación de una barrera de arcilla compactada entre dos capas, una de geotextil y otra de geomembrana (plásticos manufacturados, como polietileno de alta densidad o polipropileno, entre otros).

#### CERÁMICA

Las cualidades que distinguen a una bentonita del resto de las arcillas, son destacables en el momento de diseñar una formulación cerámica.

Con el uso de bentonita en una pasta cerámica se consiguen los siguientes beneficios:

- Aumento de plasticidad de las pastas.
- Aumento de resistencia mecánica en crudo
- Mejora el color quemado del bizcocho (con bentonitas de bajo porcentaje de hierro)
- Gran poder de suspensión para esmaltes
- Efecto lubricante y ligante en los procesos de prensado en seco y semiseco

#### Plasticidad

Debido a su extremadamente fino tamaño de partículas, a su elevado potencial eléctrico y a su capacidad de intercambio de iones, es sumamente recomendable para incrementar la plasticidad de una pasta cerámica. Pastas prácticamente imposibles de trabajar se han vuelto perfectamente plásticas y trabajables con el simple agregado de 3-5% de bentonita.

#### Resistencia Mecánica

Sus partículas extremadamente pequeñas llenan los intersticios dejados entre sí por los de caolinita y cuarzo, aumentando así el número de contactos donde por acción de las fuerzas de Van der Waals hacen un producto más compacto y más fuerte en seco.

Con pastas que contienen 25% de caolín (como único componente plástico), se fabrican piezas que tienen una gran fragilidad en crudo. El agregado de 4-5% de bentonita en la formulación produce un incremento de la resistencia mecánica del 100-200%

### Color del bizcocho

Generalmente las arcillas que se emplean en cerámica blanca para dar plasticidad y trabajabilidad tienen un contenido de óxido férrico entre 0,7 - 1,5%. Como la bentonita es capaz de mantener el nivel de plasticidad reemplazando a la arcilla en la proporción de 4 a 1, si se selecciona una bentonita con bajo porcentaje de hierro, se puede reducir el porcentaje total de hierro de la pasta y por ende se obtendrá un bizcocho más blanco.

### Poder de suspensión de los esmaltes

Su gran actividad superficial lo hace fácilmente reaccionable con los electrolitos produciendo estructuras tixotrópicas de gran poder de suspensión.

### Efecto lubricante y ligante en los procesos de prensado en seco y semisecho

Al producir superficies lisas y suaves actúa como lubricante siendo a la vez ligante por las razones expuestas al tratar el tema de la resistencia mecánica.

## INGENIERÍA CIVIL

Las propiedades de las bentonitas necesarias para este fin son: fino tamaño de partículas, superficie específica, impermeabilidad, estabilidad química y comportamiento tixotrópico.

Los usos en este campo se pueden resumir en:

- Creación de membranas como soportes de excavaciones
- Prevención de hundimientos: Se evita el desplome de una pared, lubricándola con lechadas de bentonita.
- Protección de tuberías: como lubricante y rellenado de grietas.
- En cementos: aumenta su capacidad de ser trabajado y su plasticidad
- En túneles: ayuda a la estabilización y soporte en la construcción de túneles.
- Transporte de sólidos en suspensión

La bentonita sódica se usa principalmente para estas aplicaciones

## ALIMENTACIÓN ANIMAL

Desde el punto de vista nutricional, algunos elementos químicos contenidos en la bentonita como el sodio, son medianamente asimilables por los animales y deben considerarse en el aporte nutricional de la dieta; en otros su valor nutricional es más discutido al no ser biodisponible para los animales como es el caso del Ca y el Mg.

Los fabricantes de alimentos balanceados utilizan bentonita con variados objetivos. Uno de los principales usos es como "binder" para mejorar la dureza de los pellets en los alimentos a excepción de aquellos altos en grasas.

También se usa como antiaglomerante en alimentos pelletizados con alto contenido de melaza, evitando el pegado de los pellets entre sí.

Mejora el rendimiento del prensado de alimentos ricos en fibras

En muchos trabajos de investigación se adjudican mejoras en la capacidad de las bentonitas de absorber toxinas que perjudican la performance animal. Entre estas toxinas que son capaces de absorber se encuentran las aflatoxinas.

Desde hace unos 14 años se ha comenzado a fabricar un producto comestible para aves, que tiene un agregado de bentonita y con el que se han logrado varios beneficios. La bentonita tiene una doble misión: actúa potenciando el crecimiento y como atrapador de toxinas. Esto se debe a que el alimento mezclado con bentonita, debido a su gran capacidad de adsorción, permanece más tiempo en la zona intestinal, la bentonita adsorbe el exceso de agua y hace que los nutrientes permanezcan más tiempo en el estómago, siendo mayor su rendimiento (mayor producción). Por otra parte adsorben toxinas, no pudiendo éstas, por tal motivo, atravesar las paredes intestinales. La mayor adsorción de agua de los nutrientes, además hace que los excrementos sean menos húmedos y de esta manera los lechos permanezcan más tiempo limpios y se reduce la probabilidad de epidemias y la proliferación de moscas y parásitos. Las aves que comen este tipo de alimentos excretan un 26% más de toxinas y adsorben un 42% más de proteínas.

## CATÁLISIS

El uso de los aluminosilicatos en diferentes campos de la catálisis se realiza desde hace varios años.

Las propiedades catalíticas de las bentonitas son una consecuencia directa de su elevada superficie específica y tipo de centros activos.

Tiene muchas aplicaciones como catalizador o como soporte de catalizadores en diferentes procesos químicos, como por ejemplo: reacciones de desulfuración de gasolina, isomerización de terpenos, polimerización de olefinas, cracking de petróleo, etc.

## INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Desde hace tiempo las bentonitas se vienen usando como excipiente por la industria farmacéutica. Debido a que no pueden ser absorbidas por el cuerpo humano, no producen irritaciones, ni tienen un efecto tóxico, se utilizan para la elaboración de preparaciones tanto de uso tópico como oral, actuando como adsorbente, estabilizante, espesante, agente suspensor y como modificador de la viscosidad

## OTROS USOS

Las posibles aplicaciones de las bentonitas son numerosas y tal vez sea el mineral con mayor diversidad de aplicaciones industriales.

Otros usos además de los mencionados anteriormente son:

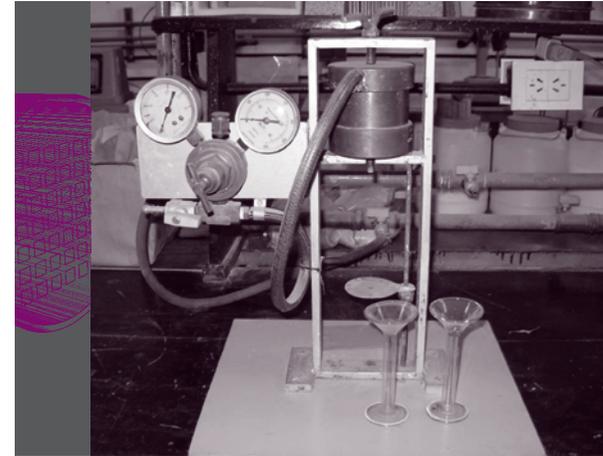
- **INDUSTRIA DE DETERGENTES:** como emulsionante y por su poder ablandador del agua, debido a su elevada capacidad de intercambio catiónico.
- **FABRICACIÓN DE PINTURAS, GRASAS Y LUBRICANTES:** se utilizan bentonitas organofílicas, capaces de hincharse y dispersarse en disolventes orgánicos. Se utiliza como agente gelificante y tixotrópico o emulsionante.

- **EN AGRICULTURA:** para mejorar las propiedades de suelos arenosos o ácidos
- **FABRICACIÓN DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA:** para la desalinización de aguas
- **EMULSIONES ASFÁLTICAS:** empleadas en la construcción de caminos con una relación asfalto/agua entre 1:1 y 2,5:1 pueden ser estabilizadas con incorporación de 3 a 4% de bentonita (referido al asfalto)
- **CAUCHO:** como agente espesante y estabilizador de emulsiones
- **PLÁSTICOS:** como agente tixotrópico en plastisoles vinílicos
- **ADSORCIÓN DE ISÓTOPOS RADIOACTIVOS**
- **BARRERA AISLANTE PARA REPOSITORIOS DE PRODUCTOS RADIOACTIVOS DE ÚLTIMO CICLO**
- **ESTABILIZADOR DE TINTAS**
- **MINAS DE LÁPICES**
- **DESCARGAS A TIERRA EN TERRENOS DE ALTA RESISTIVIDAD (PUESTAS A TIERRA)**

## 6. ENSAYOS, ESPECIFICACIONES Y NORMAS

### BENTONITA PETROLERA:

Las bentonitas fueron empleadas como material de base en lodos de perforación en California en 1928 y han permitido el desarrollo de métodos en perforación más eficientes. Desde entonces su uso se distribuyó por todo el mundo. El American Petroleum Institute define los métodos de ensayo para el producto de perforación y las especificaciones se fijan por la norma API STD 13<sup>a</sup>



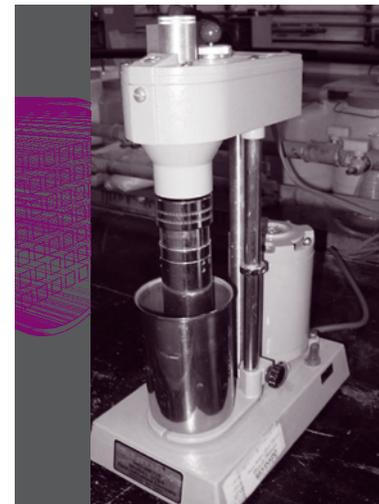
**Humedad:** 8 -10%

**Lectura en el viscosímetro FANN a 600RPM:** Mínimo 30

**Filtrado:** Mínimo 15ml

**Tenor de no dispersables retenidos en malla ASTM 200:** Máximo 2%

Equipo para FILTRADO  
(Laboratorio SEGEMAR)



Viscosímetro FANN  
(Laboratorio SEGEMAR)

## BENTONITA PARA FUNDICIÓN:

Se utilizan las Recomendaciones elaboradas por la Comisión de Estudio de Materias Primas (CEMP) de la Asociación Brasileira de Fundición (ABIFA)

La Recomendación CEMP-E-04, aprobada dic/91 y revisada dic/97, fija las características de la bentonitas para fundición.

Para la aplicación de esta recomendación es necesario consultar los siguiente documentos:

CEMP-058 - Bentonitas para fundición - Determinación de hinchamiento.

CEMP-060 - Bentonitas para fundición - Determinación de la resistencia a la compresión en verde de la mezcla patrón.

CEMP-062 - Bentonitas para fundición - Determinación de la resistencia a la tracción en húmedo de la mezcla patrón.

CEMP-063 - Bentonitas para fundición - Determinación de la adsorción de azul de metileno por el método del pirofosfato de sodio.

CEMP-067 - Bentonitas para fundición - Determinación de la resistencia a la compresión en caliente de la mezcla patrón.

CEMP-068 - Preparación de la mezcla patrón de bentonitas para fundición.

CENP-078 - Bentonitas para fundición - Determinación de la adsorción de azul de metileno y el índice de estabilidad térmica luego de calcinar a 550 0C

CEMP-105 - Materiales para fundición - Determinación del tenor de humedad.

CEMP-109 - Materiales en forma de polvos usados en fundición - Determinación del tenor de partículas gruesas.

CEMP- 116 - Solución de azul de metileno - Determinación del factor por titulación con solución de cloruro titanoso.

CEMP-126 - Muestreo de material en forma de polvo para fundición.

## A.- Condiciones Generales

A.1 Las bentonitas para fundición son clasificadas en tres tipos: sódica natural (A), sódica activada (A y B) y cálcica (A).

A.2 La bentonita para fundición debe presentarse en forma de un polvo impalpable, exento de impurezas y grumos.

A.3 Los materiales deben ser acondicionado en sacos de papel multifoliado, sacos plásticos u otros embalajes adecuados, sin señal de Daños, debidamente identificados con peso líquido, nombre comercial, nombre de productor, fecha de fabricación y número de lote.

A.4 El almacenaje del material debe ser hecho en área cubierta, al abrigo de la lluvia y de la humedad, siendo su tiempo de almacenaje ilimitado.

A.5 Antes del envío de la primera partida al proveedor debe obtener de la empresa una liberación del material, basado en el resultado de la muestra aprobada.

A.6 En caso de cambios, tales como, procedencia de materias primas, yacimiento, proceso de preparación, etc. el proveedor debe enviar a los controles de calidad de la empresa una nueva muestra, relatando inclusive el motivo de la alteración y aguardar la liberación.

## B.- Condiciones Específicas

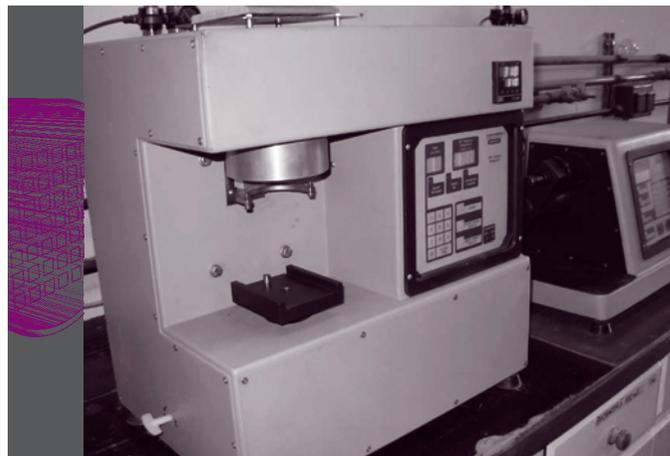
B.1 Las condiciones específicas para aceptación de bentonita para fundición deben estar de acuerdo con la Tabla 1 del Anexo A.



Equipo para medir:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CALIENTE

(Laboratorio SEGEMAR)



Equipos para medir:

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN HÚMEDO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN VERDE

(Laboratorio SEGEMAR)

## Anexo A - CONDICIONES ESPECIFICAS (\*\*) DE LAS BENTONITAS PARA FUNDICIÓN

Tabla 1 - Clases de bentonitas - requisitos físico-químicos

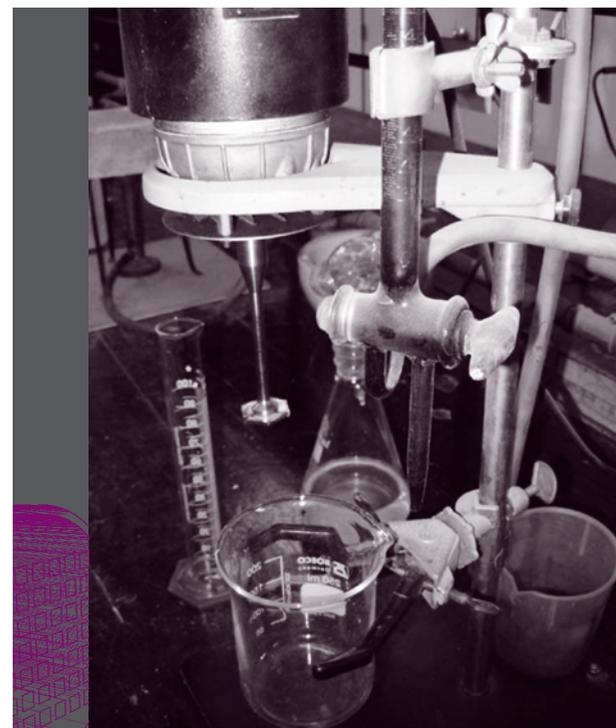
Características	Clases			
	Sódica natural	Sódica activada		Cálcica
	Tipo A	Tipo A-	Tipo B	Tipo A
Humedad original (%)	* 8 - 12	8 - 12	8 - 12	8 - 12
Hinchamiento (mL/2g)	+ Mín. 30	Mín. 35	Mín. 30	--
Tenor de part. Gruesas				
Zaranda 40 (%)	* 0	0	0	0
Zaranda 200 (%)	* Máx. 10	Máx. 10	Máx. 10	Máx. 10
A.A.M. orig (mL/0,5g)	* Mín. 50	Mín. 50	Mín. 45	Mín. 50
A.A.M. 550°C (mL/0,5g)	* Mín. 35	Mín. 30	Mín. 25	Mín. 25
R.C.V. (N/cm <sup>2</sup> )	* Mín. 11	Mín. 12	Mín. 11	Mín. 14
R.T.H. (N/cm <sup>2</sup> )	* Mín. 0,28	Mín. 0,30	Mín. 0,28	--
R.C.C. - 955°C (N/cm <sup>2</sup> )	+ Mín. 180	Mín. 150	Mín. 130	

### Observaciones

#### SIGLAS

R.C.V.	=	resistencia a la compresión en verde
R.T.H	=	resistencia a la tracción en húmedo
R.C.C.	=	resistencia a la compresión en cliente
A.A.M. orig	=	adsorción de azul de metileno en estado original
A.A.M. 550 °C.	=	adsorción de azul de metileno luego de calcinar a 550 °C
(*)	=	ensayos mandatorios
(+)	=	ensayos orientativos

(\*\*) Esta especificación fue desarrollada por la Comisión de Estudios de Materias Primas (CEMP), juntamente con representantes de los productores de bentonita.



Ensayo de AZUL DE METILENO

(Laboratorio SEGEMAR)

### BENTONITA CERÁMICA:

**Si bien no hay normas oficiales, existe un acuerdo de partes entre el proveedor y el consumidor**

#### Análisis químico:

- **Determinación de óxidos de hierro y titanio. La suma de ambos no debería superar el 1,5%**

#### Análisis físico:

- **El hinchamiento en agua de una buena bentonita no deberá pasar de 5 veces su volumen. En caso contrario se producirán inconvenientes en el secado y en la defloculación de la pasta.**

## BENTONITA PARA PELETS

Si bien no hay normas oficiales, existe un acuerdo de partes entre el proveedor y el consumidor

### Análisis químico:

- Contenido de azufre: 0,30% máximo
- Contenido de fósforo: 0,30% máximo

### Análisis físico:

- Ensayo de Enslin de absorción de agua: 600 cm<sup>3</sup>/100g (mínimo)
- Humedad: 12% máximo
- Ensayo de impurezas: 3% máximo



Aparato de  
ENSLING

(Laboratorio  
SEGEMAR)

## ANÁLISIS COMUNES PARA DIVERSAS INDUSTRIAS

### Análisis Químico Cuantitativo

- INDUSTRIA QUÍMICA (detergentes, funguicidas, insecticidas, pesticidas)
- FARMACOPEA -COSMÉTICA
- ENOLOGICA
- EXPLOSIVOS
- TIERRAS FILTRANTES Y DECOLORANTES
- BARRERAS ISOTÓPICAS
- PELETIZACIÓN DE MINERAL DE HIERRO

### Análisis Difractométricos

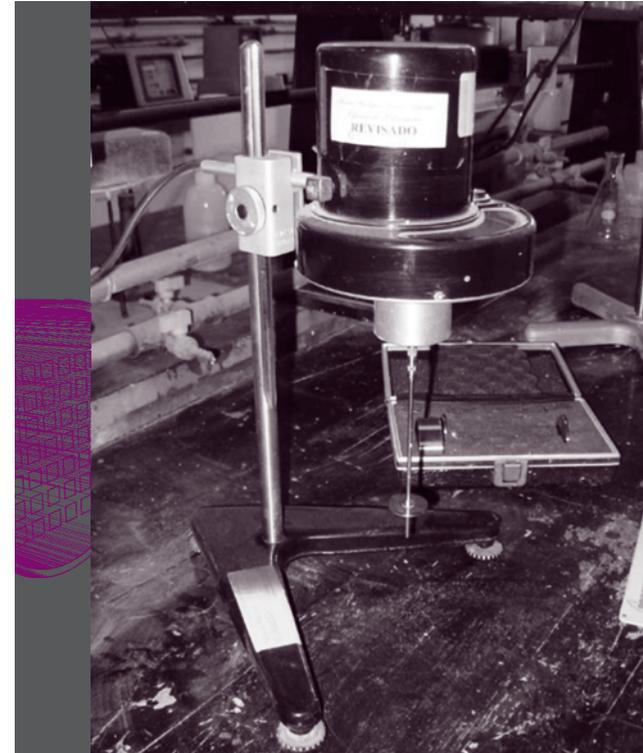
- BARRERAS ISOTÓPICAS
- TIERRAS FILTRANTES Y DECOLORANTES
- INDUSTRIA CERÁMICA

### pH

- INDUSTRIA QUÍMICA
- FARMACOPEA - COSMÉTICA
- EXPLOSIVOS
- ENOLÓGICA

### VISCOSIDAD (Brookfield)

- INDUSTRIA QUÍMICA Y CERÁMICA
- FARMACOPEA - COSMÉTICA
- INDUSTRIA DEL LATEX



Viscosímetro  
BROOKFIELD

(Laboratorio  
SEGEMAR)

#### INTERCAMBIO IÓNICO

- FARMACOPEA
- INDUSTRIA QUÍMICA
- BENTONAS
- BARRERAS ISOTÓPICAS

#### ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL

- INDUSTRIA CERÁMICA
- FUNDICIÓN

## 8. YACIMIENTOS EN LA ARGENTINA

Las bentonitas pueden ser originadas por alteración in situ de tobas o cenizas volcánicas, o bien por acción hidrotermal y/o por meteorización de rocas magmáticas o metamórficas.

En nuestro país la mayoría de los yacimientos se formaron a partir de cenizas de composición variable entre riolítica y dacítica, no obstante hay depósitos que tienen claras evidencias de haberse originado por alteración hidrotermal de rocas ígneas.

Los depósitos conocidos del país se encuentran en las provincias de: Chubut, La Pampa, Mendoza, Neuquen, Río Negro y San Juan.

Chubut: las áreas más conocidas con depósitos de bentonita se ubican en las Sirras Cuadrada, Chaira y Overos.

La Pampa: los depósitos de bentonita se encuentran en el extremo SO de la provincia, cerca del Río Colorado, en el departamento Puelén, en las inmediaciones de la localidad de 25 de Mayo, en Colonia Chica y Puesto Romero.

Mendoza: existen dos áreas bentoníticas principales ubicadas en Potrerillos-Cacheuta y en el distrito Carrizalito.

Neuquen: los depósitos se ubican a unos 140 km en línea recta al O de Neuquen, entre Zapala y Cutral Co, a pocos kilómetros de la ruta nacional 22.

Río Negro: entre los yacimientos de esta provincia se distinguen los correspondientes al Área del Lago Pellegrini.

Los depósitos se extienden en los sectores S, SE y NO del lago, en las barrancas que lo circundan. El componente arcilloso es montmorillonita, que tiene excelente cristalinidad, a la que se asocian plagioclasa, litoclastos volcánicos y cuarzo.

Otra Área de importancia en esta provincia es la de General Roca, donde se encuentran canteras en las que el mineral está compuesto principalmente por montmorillonita, cuarzo, plagioclasa, yeso y óxidos de hierro.

San Juan: existen dos áreas bentoníticas, una localizada en las inmediaciones del valle del río Calingasta, - unos 90 km en línea recta al O de la ciudad de San Juan - , en la vertiente occidental de la Precordillera entre las localidades de Barreal y Colón, cerca de la ruta provincial 412.

La otra área se encuentra en la región de la Sierra de Mogna, unos 80 km aproximadamente al N de la misma ciudad, específicamente en el paraje denominado Cañón del Colorado





# SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR)

## BENTONITAS

Propiedades y usos  
industriales



**INTI**

**50**  
ANIVERSARIO  
1957-2007

Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



Unión Europea

Proyecto Mejora de la Eficiencia y de la Competitividad de la Economía Argentina