Caracterización del Depósito de Caolín de Tafna en Villazón

Ing. Paola Choque Montaño
Encargada Planta Denver - Universidad Autónoma Tomás Frías, Potosí
polamariela@latinmail.com

Resumen

El depósito de caolín Tafna en Villazón es conocido desde 1964, las reservas geológicas estimadas son 5 millones de toneladas con 12% arcilla, de donde surge la necesidad de caracterizar el material y determinar su aplicabilidad en la industria.

Los resultados de la caracterización muestran que el depósito está compuesto de 64% de arena, 25% limo y 11% arcilla, las propiedades físicas clasifican al material como una arena arcillosa. La arcilla tiene 20% de alúmina (Al_2O_3) y 2% de óxido de hierro, un índice de plasticidad de 11, compuesta principalmente por arena fina y minerales arcillosos: caolinita, illita y nontronita; por lo tanto, es una arcilla con bajo contenido de caolinita, es una arcilla caolinítica y no un depósito de caolín.

La arcilla caolinítica de Tafna, en Villazón, por las características descritas, como la plasticidad, se puede emplear como material complementario en la industria de la cerámica, como materia prima y en la industria del sulfato de aluminio.

Palabras clave: caolín, arcilla, propiedades de arcillas, caracterización de arcillas.

Characterization of the kaolin's deposit "Tafna" in Villazón

Abstract

The kaolin's deposit "Tafna", which is placed in Villazon, is known since 1964; the estimated geological reserves are 5 millions of tons containing 12% of clay. That's the reason to make a characterization of the material and to determine its applicability into the industry.

The results of the characterization show that the deposit contains 64% of sand, 25% of silt and 11% of clay. The material is classified within the clay sands, because of its physical properties. The clay contains 20% of Al_2O_3 and 2% of iron oxide, its plasticity index is 11 and its other main components are fine sand and clay materials as "caolinita", "illita" and "nontronita". Due to its low composition of "caolinita", the material is a kaolin-clay and it isn't a kaolin deposit.

Because of its properties, especially the plasticity, the Tafna's kaolin-clay can be used as a complementary material in the ceramic industry, and also as a raw material in the industry of aluminum sulfate.

Key works: Kaolin, clay, clay properties, clay characterization.

Caracterização do deposito de caulim Tafna na cidade de Villazon

Resumo

O depósito de caulim Tafna, na cidade de Villazón, é conhecido desde 1964; as reservas geológicas estimadas são cinco milhões de toneladas com 12% de argila, de onde nasce a necessidade de caracterizar o material e determinar a sua aplicabilidade na indústria.

Os resultados da caracterização mostram que o depósito contém 64% de areia, 25% de limo, e 11% de argila, o material é classificado pelas suas propriedades físicas como uma areia "argilhosa". A argila contém 20% de alumina (Al_2O_3) y 2% de oxido de ferro, tem um índice de plasticidade de 11, composto principalmente pela areia fina e minerais argilhosos: caulimita, "illita" y "nontronita"; por isso, é uma argila que tem conteúdo baixo de caulimita, é uma argila caulimítica e não é um deposito de caulim.

A argila caulimítica de Tafna, pelas suas características, como a plasticidade, pode ser utilizada como material de complemento na

indústria da cerâmica, na indústria do sulfato de alumínio e como matéria prima.

Palavras chave: Caulim, argila, propriedades da argila, caracterização da argila.

1. Introducción

En Villazón, como en el resto del departamento de Potosí, es necesario empezar a realizar proyectos alternativos como la exploración de sus recursos no metálicos existentes e incentivar la explotación de estos, lo que generará ingresos económicos importantes, además de empleos para la gente del lugar. De los estudios geológicos se tiene la información del depósito de Tafna ubicado en el distrito de Tafna a 16 kilómetros al Oeste de Villazón, sobre el límite con la república Argentina. Se conoce que el depósito tiene una capa caolinítica con un espesor aproximado de 9 m, y las reservas geológicas estimadas ascienden a 5 millones de toneladas [1], considerando una superficie de 375.000 m^2.

2. Aspectos Generales

Este depósito es conocido por estudios anteriores en Bolivia (Claure, 1969). Este forma parte de una secuencia volcano clástica subhorizontal, de edad terciaria alto-cuaternaria baja. El caolín probablemente proviene de zonas alteradas asociadas con fracturas en el basamiento ordovícico, o se originó por alteración de horizontes tobáceos ácidos. Las zonas alteradas pueden fácilmente ser identificadas en imágenes de satélite y fotos aéreas.

La composición mineralógica promedio en los horizontes que contienen caolín es de 11% de caolinita y 45% cuarzo. El horizonte principal tiene aproximadamente 9 m de espesor, es blanco, blanco grisáceo o blanco–amarillento y comprende tobas riolíticas alteradas con alto contenido de cuarzo. Están presentes delgados horizontes de micro-conglomerados con clástos ígneos y sedimentarios.

TABLA 1. Mineralogía del depósito Tafna.

Mineral	% peso
Caolín	11
Cuarzo	45
Otros minerales	44

Fracción	% peso
Arenas	45
Limo	43
Arcillas	12

Fuente: Hoja Tarija Villazón; H., Claure., F., Olivera., R., Ballón, Bjorn.

Artículo presentado en el IX Congreso Nacional de Metalurgia y Ciencia de Materiales. Potosí – Bolivia, noviembre de 2009.

3. Definición de Arcilla

Existen diferentes definiciones, como se muestra a continuación:

Desde el punto de vista mineralógico, son un grupo de minerales, filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades físico-químicas dependen de su estructura, su tamaño de grano muy fino (inferior a 0,002 mm) y la arcilla es una roca sedimentaria [2].

Desde el punto de vista químico, la arcilla es un silicoaluminato hidratado, compuesta de silicio (Si), aluminio (Al), oxígeno (O) e hidrógeno (H) [3].

Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas, genéticas y con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones [4].

El término "arcilla", hace referencia a un material natural constituido principalmente por minerales de grano fino y que presenta un comportamiento plástico cuando se le añaden cantidades apropiadas de agua, susceptible al moldeado, y que al ser sometido a procesos de secado o cocción queda endurecido.

El Comité de Nomenclatura de la Asociación Internacional para el Estudio de las Arcillas (AIPEA) [5], ha ampliado la gama de minerales posibles definidos como "minerales de la arcilla", al incluir en los mismos tanto a los filosilicatos como a aquellos otros minerales que les confieran las propiedades citadas.

4. Propiedades de las Arcillas

Las variaciones en el tipo de arcilla (granulometría y mineralogía), su origen, minerales accesorios o impurezas proporcionan distintas propiedades a las arcillas.

Propiedades Químicas

El análisis químico de la arcilla incluye una gran variedad de técnicas muy variadas, tanto clásicas como instrumentales.

Propiedades físicas

- Composición Mineralógica
- Peso Específico
- Tamaño de Grano
- Higroscopicidad
- Permeabilidad
- Porosidad
- Color

Parámetros Físico-químicos

- Hidratación e hinchamiento
- Plasticidad
- pH

5. Resultados de la Caracterización del Depósito

Para llevar a efecto la investigación se toma una muestra representativa del material en prueba del depósito de Tafna en Villazón.

La plasticidad en cada punto de muestreo determinado por el test del anillo, se rompe formando grietas profundas, al arrollarlo no tiene plasticidad; sin embargo, en los puntos MI-A, MI-B y AF-3, AF-4, AF-5; se forman grietas de menor tamaño en AF-1, AF-2, AF-6 y AF-7, suelo de baja plasticidad.

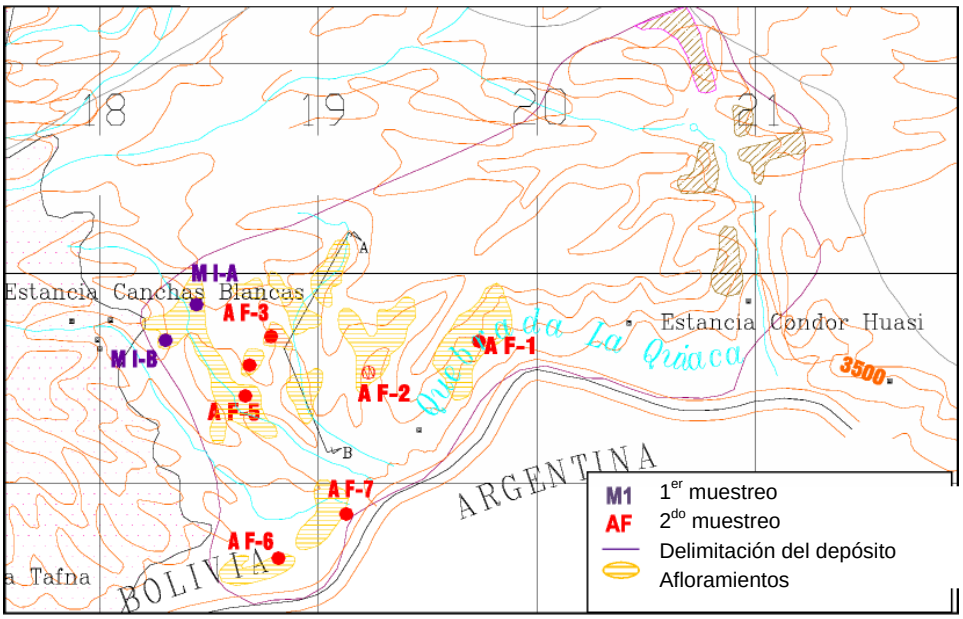

Figura 1. Mapa geológico con puntos de muestreo.

En el depósito se distingue diferente coloración clara en los horizontes superficiales y en el horizonte B, de amarillo a rojo, son colores que resultan de la presencia de pequeñas cantidades de compuestos de hierro promedio 2.75% que está asociado con el sesquióxido de hierro (Fe_2O_3), aunque el color puede ser la presencia del mismo compuesto de hierro combinado con agua (óxido hidratado de hierro), ya que el agua de lluvia se filtra fácilmente a través del suelo.

La prueba de carbonatos realizado con ácido clorhídrico concentrado, arrojó como resultado poca presencia de óxido de calcio (CaO) y carbonatos, compuestos no deseados en casi toda las aplicaciones industriales

Para la determinación del tamaño de grano en laboratorio se usó la serie de tamices Tyler hasta el número 400 mallas (38 micrones), y el método de Andreasen basado en la velocidad de sedimentación de las partículas con la que se determinó de 30 a 0,5 micrones de tamaño, lo que muestra que el yacimiento está compuesto en mayor porcentaje de arena gruesa y arena fina, en las proporciones que se muestra en la figura 2.

El peso específico del depósito es 2,20 g/ml, resultado de la presencia de minerales como sílice, aluminio, potasio y hierro, que son los que predominan en el depósito según el análisis mineralógico.

TABLA 2. Resultado de identificación in situ del depósito.

	Características in situ
Nombre	Caolín de Tafna en Villazón (CTVPCH)
Distribución de tamaños	Arena, con material fino (arcilla, cuarzo)
Color seco	Predominante blanco amarillento, existiendo estratos visibles a los 3 m, de color amarillo a rojo.
Olor	Olor térreo en lugares húmedos.
Resistencia seca	Media, se rompe bajo presiones ejercidas por los dedos.
Plasticidad	Muy baja B (test del anillo)
Reacción al HCl	Moderado, existe poca presencia de carbonatos.
Forma de partículas	Redondeadas.
Humedad	Húmedo en los puntos AF-6, AF-7 y AF-5.
Consistencia	Firme (firme o dura, estimada en la facilidad para penetrar el dedo índice o pulgar.
Estructura	Homogénea.
Compacidad natural	Suelta.
Estructura	Estratificado homogéneo.
Materia orgánica	Mediana, raíces, plantas de la zona y desecho animal.

Criterios basados en el sistema de clasificación unificado.

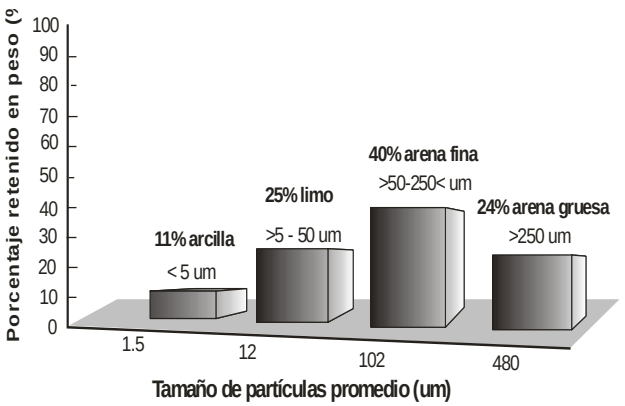

Figura 2. Diagrama de frecuencia de pesos de la muestra bruta.

El análisis químico de la muestra bruta (CTVPCHB), demuestra que el suelo del depósito está constituida fundamentalmente por 74% de SiO_2, 4% de Al_2O_3. 3% de Fe_2O_3, 2% K_2O, y 13% de P.F. (pérdida al fuego), composición de un suelo arenoso.

TABLA 3. Análisis químico de la muestra bruta

Compuesto	% peso
SiO_2 + residuo insoluble	73,58
Al_2O_3	3,89
Fe_2O_3	2,75
SO_3	0,19
CaO	1,97
MgO	0,81
Na_2O	0,82
K_2O	2,05
Pérdidas al fuego	13,45
Total	99,51

Fuente: Laboratorio FANCESA.

Los difractogramas de rayos X muestran los espectros de los minerales más abundantes en la muestra bruta CTVPCHB. El suelo está compuesto principalmente por cuarzo, feldespatos, con cantidades menores de minerales arcillosos como caolinita y esmectita.

TABLA 4. Minerales presentes en la muestra bruta.

Minerales	Fórmula	Mayoritarios
Cuarzo	SiO_2	XXX
Nontronite	$NaO.3Fe_2Si_4O_{10}(OH)_2.nH_2O$	XXX
Kaolinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	XX
Goethite	FeO(OH)	X
Alofano	$Al_2O_3.2SiO_2.nH_2O$	X
Ortoclasa	$KAlSi_3O_8$	X

Fuente: Laboratorio de rayos X, Carrera de Ingeniería Metalúrgica, Universidad Técnica de Oruro

Los valores de pH en el depósito varía de 6,01 a 6,62, es un suelo neutro, el pH inicial de la muestra es 7, que es difícil de mantener para las suspensiones agua/arcilla, el pH de la solución disminuye espontáneamente de 7 hasta aproximadamente 5, en algunas muestras en el lapso de 2 horas, debido a la descarga en los enlaces rotos de los protones minerales arcillosos.

La porosidad aparente varía en 36%; por el gran contenido de arena se crea una gran porosidad con huecos de gran tamaño, que favorece la aireación y facilita la circulación del agua.

Las pruebas de plasticidad proporcionan como resultado que la muestra bruta tiene un límite líquido (LL) de 29%, un límite plástico (LP) de 18% y el índice de plasticidad (IP) es 11, suelo de baja plasticidad.

Es necesario determinar la clasificación del suelo del depósito para poder definir la cantidad de arcilla e identificar sus principales impurificadores.

TABLA 5. Propiedades del depósito de caolín Tafna.

Propiedades	Resultados de laboratorio
Nombre	Caolín de Tafna (CTVPCHB).
Distribución de tamaños	64% arena, 25% limo y 11% arcilla.
Densidad real	2,2 g/ml
Densidad aparente	1,17 g/ml
Humedad	14%
Higroscopicidad	4%
Límites de consistencia	Límite líquido = 29 Límite plástico = 18 Índice de plasticidad = 11 Límite de contracción = 5
pH	6,5, neutro
Porosidad aparente	36%
Especies mineralógicas	Cuarzo, feldespatos (albita, microclima) y arcilla (caolinita, esmectita e illita).

6. Determinación Propiedades de la Arcilla

Se toma como tamaño de partícula de arcilla recuperable 5 micrones, 11% en peso de la muestra bruta es arcilla, la diferencia de tamaño entre la arena y la arcilla que facilita su separación por el método de sedimentación (lavado):

Material grueso: Compuesto por la arena gruesa y feldespatos (>5 Micrones).

Material fino: Arcilla, arena fina y otros minerales (<5 Micrones).

La plasticidad de la muestra purificada por sedimentación tiene un límite líquido de 55%, límite plástico de 40%, el

índice de plasticidad es 14, es una arcilla plástica de Clase III muy manejable y moldeable.

Para su moldeo la muestra CTVPCHS, requiere 40% agua con referencia a su peso; es decir, llegar a su límite plástico para poder ser fácilmente moldeable y darle cualquier forma, en este caso se trabajó con cubos y cilindros de moldeo manual.

TABLA 6. Análisis Químico de la Muestra Purificada.

Compuesto	% Peso (1)	% Peso (2)
SiO_2 + residuo insoluble	61,89	63,95
Al_2O_3	22,7	19,70
Fe_2O_3	2,5	2,44
FeO	-	< 0,10
MnO	-	< 0,01
TiO_2	-	0,28
P_2O_5	-	< 0,01
SO_3	0,13	-
CaO	2,12	2,63
MgO	0,61	0,56
Na_2O	1,82	2,37
K_2O	2,75	1,50
P.F.	5,43	5,39
Total	99,95	98,82

(1) Laboratorio FANCESA.
(2) Laboratorio CG – Brasil

El proceso de cocción de la arcilla a temperaturas elevadas produce importantes cambios de los minerales de arcilla, la reorganización de su estructura se produce a una temperatura de 550 a 570 ^{o}C, dando un color ocre amarillento hasta pardo-rojizo, por el contenido de hierro (2,55% de Fe_2O_3), en el horno eléctrico se tendrá siempre una atmósfera oxidante (rica en oxígeno), en esta combustión el oxígeno queda libre sin combinarse con otros elementos (combustión completa); los elementos alcalinos (Na_2O y K_2O), contenidos actúan como fundentes.

La diferencia de color de las muestras cocidas a 1.000 ^{o}C y las cocidas a 800 ^{o}C, se muestra a continuación:

Figura 3. Muestra CTVPCH, cocida a diferentes temperaturas.

TABLA 7. Propiedades de la arcilla.

Propiedades	Resultados de laboratorio
Nombre	CTVPCHS (muestra obtenida por sedimentación).
Distribución de tamaños	Arena fina y arcilla
Densidad real	2,3 g/ml
Densidad aparente	1,22 g/ml
Humedad	Secado a 120 ^{o}C
Higroscopicidad	14%
Limites de consistencia	Límite plástico = 40 Indice de plasticidad = 14
pH	6, neutro
Color	Blanco amarillento
Dureza	1 1/2, se raya con la uña
Seco	
Pérdida de peso	24%
Contracción lineal	8%
Contracción superficial	8%
Contracción cúbica	12%
Color	Ocre a anaranjado
Dureza	7
Cocido	
Pérdida de peso a 800 ^{o}C	13%
Pérdida de peso a 1.000 ^{o}C	15%
Contracción a 800 ^{o}C	
Contracción lineal	9%
Contracción superficial	16%
Contracción a 1.000 ^{o}C	
Contracción lineal	10%
Contracción superficial	15%
Contracción cúbica	12%
Saturación de agua	18%
Densidad aparente	2,05 g/ml
Peso específico	2,00 g/ml

*Observación al microscopio de las diferentes fracciones de grano.

Las muestras de CTVPCHS, son lo suficientemente porosas para poder secarse uniformemente sin agrietarse o torcerse, cuando una arcilla no es suficientemente porosa para secar uniformemente en todo su volumen, la parte exterior se seca primero.

Esto explica lo que paso con los escorificadores de la CTVPCH que fueron moldeados a mayor presión, se le llama contracción diferencial. La parte interior, como está mojada resiste la contracción exterior y la tensión resultante sólo puede descargarse mediante el agrietado.

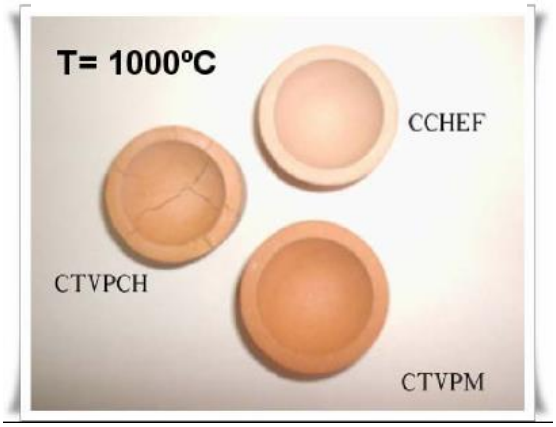

Figura 4. Cilindros y escorificadores

CTVPE; Muestra obtenida de sedimentación (CTVPCH)
CTVPM; Muestra CTVPCH mezclada con 70% arcilla refractaria.
CCHEF; Muestra de arcilla caolín de Chaqui con 20% arcilla Refractaria.

Figura 5. Cilindros y escorificadores de la muestra CTVPCH.

A. Muestra de roca madre toba volcánica.
B. Material del deposito Tafna Villazón.
C. Arcilla obtenida de sedimentación seca al ambiente.
D. Muestra moldeada seca 120 ^{o}C.
E. Muestra cocida a 800 ^{o}C.
F. Muestra de escorificador cocida a 1.000 ^{o}C.
G. Muestra cocida de CTVPCHS.

7. Conclusiones

- Los resultados de laboratorio y los resultados del muestreo e identificación in situ indican que el depósito llamado "Caolín de Tafna en Villazón", por sus propiedades descritas se clasifica como una arena arcillosa, arcilla cuyos minerales predominantes son la caolinita, nontronita e illita; por lo tanto, es un depósito de "arcilla caolinitica". La denominación "caolín", al igual que sucede con otros minerales y rocas industriales, engloba una serie de productos con similitud mineralógica, pero con una gran diferencia práctica en sus características que condicionan su aplicación industrial final.
- El depósito está constituido por 11% de arcilla caolinitica, 25% limo y 64% de arena; con un contenido de 74% de óxido de silicio (SiO_2), 4% de alúmina (Al_2O_3) y 3% de óxido de hierro, tiene similitud el contenido de arcilla con los resultados de estudios anteriores del depósito, el tamaño del depósito 5 millones de toneladas lo hacen muy atractivo para utilizar la arcilla.
- De la caracterización mineralógica y granulométrica se determina que la arcilla se puede recuperar por sedimentación, la arena es perjudicial con un tamaño mayor a 50 micrones y se aprovecha la diferencia del tamaño, para recuperar hasta un 18% de arcilla y arena fina (menores a 20 micrones), trabajando con pulpas de 65% sólidos.
- La arcilla es de color blanco amarillento, tiene una composición química de 65% de óxido de silicio (SiO_2), 20% de alúmina (Al_2O_3) y 2% de óxido de hierro principalmente, 14 como índice de plasticidad, requiere de 20 a 30% por ciento de humedad para ser moldeable, es un material altamente higroscópico, durante el secado sufre contracciones altas, 24% en peso. Las características después de cocción son el color anaranjado, 7 de dureza, 15% pérdida de peso, con una contracción total de 12% y con 18% de absorción de agua.
- La arcilla mezclada con 70% de arcilla refractaria alcalina no plástica, le proporciona una plasticidad adecuada para su trabajo de moldeo, los resultados muestran que el material sirve y es resistente al ataque de reactivos químicos. La arcilla de Tafna es un material su pH neutro puede mezclarse con arcillas ácidas o básicas según sus componentes.
- La arcilla puede ser empleada como material complementario en la industria de cerámica, para cerámica artística, refractarios, gres y en cerámica roja; por su bajo contenido de alúmina para la obtención de sulfato de aluminio.

Referencias

1. CLAURE, H., OLIVEIRA, L., BALLÓN, R., TROENG, B. "Geología de un yacimiento de caolín en el distrito de Tasna, departamento de Potosí". *Boletín del Servicio Geológico de Bolivia.* 1991.
2. DANA, H. *Manual de Mineralogía*. Barcelona – Buenos Aires - México: Editorial Reverté, 1997.
3. *Diccionario Químico*. España-Bilbao: Ediciones URMO-1990.
4. NEWCOMB, R. *Cerámica Blanca*. Argentina: Editorial ALSINA, 1949.
5. GONZALES, J. M. *Comité de Nomenclatura de la Asociación Internacional para el Estudio de las Arcillas* (AIPEA)