



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

Tecnología Moderna para el Aprovechamiento
de Potasio y Aluminio a partir de
la Alunita

445

T E S I S

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

Luis Carlos Tovar Armendariz

México, D. F.

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

CLAS TESIS
AÑO 1976
FECHA _____
PRDC 1
S 418

419



QUÍMICA

A MIS PADRES

con todo cariño

Eduardo L. Tovar Armendariz

Ma. Alicia Armendariz de Tovar

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

con todo mi amor

AL ING. KURT H. NADLER GUNDEISHEIMER
por su valiosa ayuda

Ingenieros:
MANUEL GAVIÑO RIVERA
ALBERTO OBREGON PEREZ
mi agradecimiento

I N D I C E

CAPITULO	I	INTRODUCCION Y GENERALIDADES
CAPITULO	II	IMPORTANCIA NACIONAL DE LA UTILIZACION DE LAS ALUNITAS
CAPITULO	III	LOCALIZACION Y YACIMIENTOS DE ALUNITA CONOCIDOS EN EL PAIS
CAPITULO	IV	METODOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS ALUNITAS
CAPITULO	V	ESTADISTICAS DE CONSUMO
CAPITULO	VI	C O N C L U S I O N E S
CAPITULO	VII	B I B L I O G R A F I A

C A P I T U L O I

INTRODUCCION Y GENERALIDADES

La abundancia de alunita en nuestro País, es bien conocida, su aprovechamiento industrial como mena del aluminio y potasio es el objetivo de este -- trabajo. Existe una gran cantidad de métodos de aprovechamiento, pero única -- mente los procedimientos de los ácidos sulfúrico y clorhídrico han pasado a la fase de realización industrial. En este trabajo se tratará únicamente -- del proceso UG y del proceso Bayer Modificado. El primero se desarrolló en la Universidad de Guanajuato y se tienen amplias perspectivas para su reali -- zación a la fase industrial. El segundo se desarrolló en los Estados Unidos de Norteamérica y del que se considera que vendrá a revolucionar el futuro - de la industrialización de minerales aluníticos. Ambos procesos se basan en la producción conjunta de alúmina y sustancias para la elaboración de ferti -- lizantes, que bonifican el costo de extracción de la alúmina.

La alunita se define como un alumbre natural, constituido por sulfato bá -- sico de aluminio y potasio, de fórmula molecular $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$ y, cuya composición expresada en por ciento de sus óxidos, es la siguiente: - - K_2O 11.4%, Al_2O_3 37.0%, SO_3 38.6% y H_2O 13.0%. Es un mineral de origen hi -- drotermal, que se presenta comunmente en las regiones volcánicas, en rocas - muy próximas a la superficie y que se han alterado por la acción de solucio -- nes que contienen ácido sulfúrico, proceso que recibe el nombre de aluniti -- zación.

En la naturaleza la alunita se presenta usualmente de formas granulares, de masas compactas, fibrosas o terrosas. Generalmente, se encuentra aso -- ciada a depósitos de caolín, e impurezas con cantidades variables de calcedo -- nia, arcilla y óxidos de hierro que imparten a la roca alunítica diversas -- coloraciones como, blanco, gris claro, amarillo y amarillo rojizo. El conte -- nido de potasio puede ser reemplazado parcial o totalmente por el sodio, lle -- gando hasta la relación de 7:4.

Cuando el sodio abunda más que el potasio, el mineral recibe el nombre de - Natroalunita, cuyo aspecto es más o menos silíceo. A su vez, el contenido de aluminio puede ser substituído por el hierro formando un mineral que se - conoce como jarosita, el cual es isoestructural con la alunita.

PROPIEDADES FISICAS.-

La alunita presenta una gran variedad de propiedades físicas, las cuales se enlistan a continuación:

Exfoliación: Básica perfecta, según (0001)

Fractura: Concoidea, astillosa o terrosa

Tenacidad: Frágil

Dureza: Variable de 3.5 a 4 en la escala de Mohs; aunque algunas veces de mayor dureza debido a impurezas de cuarzo y feldespato

Densidad: 2.6 a 2.9

Color: Blanco cuando se encuentra puro, gris claro, amarillo y amarillo rojizo

Raya: Blanca

Grado de Opacidad: Brillo perloso en superficies de exfoliación en las demás, vítreo, transparente o traslúcido.

CARACTERES PARA SU DETERMINACION.-

Insoluble en ácido clorhídrico y agua. Infusible al soplete; descrepita y da a la flama la coloración del potasio. Humedecida con solución de nitrato cobaltoso, se vuelve azul al contacto con el calor (aluminio). Es soluble en ácido sulfúrico. En forma masiva, se distingue difícilmente de la caliza, dolomita, anhidrita o magnesita sino se hacen ensayos químicos.

C A P I T U L O I I

IMPORTANCIA NACIONAL DE LA UTILIZACION DE LAS ALUNITAS

La importancia de las alunitas, se deriva de dos aspectos fundamentalmente importantes: El primero, de la posibilidad de obtener como sub-producto sulfato de potasio y amonio para su empleo en la elaboración de fertilizantes, satisfaciendo la necesidad imperante de producir más productos agrícolas por unidad de tierra laborada, como consecuencia de la transformación favorable de las características físicas del territorio nacional. El segundo aspecto no menos importante que el primero, es el aprovechamiento de la alunita como mena del aluminio, viniendo a confirmar en forma definitiva este aspecto, ya que el valor del sub-producto de sulfato de potasio y amonio, bonifica el -- costo de la producción de alúmina pues, desafortunadamente, no existe en el territorio nacional yacimiento de bauxita y, al llegarse a explotar alunitas nacionales, se reduciría en gran parte las importaciones que por conceptos - de alúmina, sulfato de potasio y sulfato de aluminio, se han venido realizando.

El aluminio ha llegado a constituirse en uno de los elementos más usuales de la vida moderna. En gran parte, debido a su amplia variedad de sus propiedades físicas y químicas, entre las que se cuentan: ligereza, elevada resistencia mecánica aleado a pequeñas cantidades de cientos de metales que no modifican sensiblemente el reducido peso específico del aluminio, alta resistencia a la corrosión, excelente conductividad térmica y eléctrica, la facilidad de colada de las distintas aleaciones, su elevada reflectancia de la luz y de la energía radiante opacidad y propiedades no magnéticas; son -- propiedades que fomentan y extienden su empleo considerablemente. Por todo lo expuesto anteriormente, se comprende que el aluminio sea uno de los principales metales industriales más importantes para la construcción y en especial, en los aparatos de las industrias químicas.

Las necesidades de aluminio, se satisfacían hasta hace pocos años, por la importación de lingotes o de productos metálicos en mayor o menor grado de elaboración. Esta situación vino a solucionarse parcialmente, por la -- instalación en el año de 1963, en el Estado de Veracruz, de una planta productora de aluminio a partir de alúmina importada pero, esta producción es tá condicionada al abastecimiento de materia prima por el extranjero.

Por último, la escasez mundial de yacimientos de bauxita, que es el mineral utilizado tradicionalmente como mena del aluminio por el método de Bayer. Ha traído como consecuencia, un interés mayor por la utilización de otras menas de aluminio y muy especialmente de la alunita.

C A P I T U L O I I I

=====

LOCALIZACION Y YACIMIENTOS DE ALUNITA CONOCIDOS EN EL PAIS

Siendo la alunita un mineral no metálico de origen hidrotermal, se recomienda la búsqueda de este mineral en zonas de manantiales termales o en donde hayan existido éstos, según su historias geológica.

Se tiene información de la existencia de la alunita en los siguientes lugares:

Corralitos, Villa Ahumada, Jiménez, Aldama, Ascensión y Santa Rosalía en Chihuahua.

Calvillo y Villa García en Aguascalientes.

Bermejillo, Cuencamé y Bandera en Durango.

Juventino Rosas, Comonfort (Zona de Neutla), San Felipe y Santa Rosa en Guanajuato.

Zacualtipan en Hidalgo.

La alunita de Guanajuato originó un gran interés nacional, la importancia de sus yacimientos y la extensión de los estudios geográficos realizados.

Los yacimientos de alunita en Guanajuato son hidrotermales de baja temperatura de tipo mixto, es decir, de relleno de cavidades y de sustitución.-- Los yacimientos están situados al sureste de Guanajuato en áreas cercanas a Celaya, la zona de Neutla y la Zona de Romero.

ZONA DE NEUTLA.-

Se tiene conocimiento de que, los primeros trabajos que se realizaron en esta zona, los llevó a cabo el señor Hermión Larios en el año de 1934. Los afloramientos de alunita descritos por el señor Larios distribuidos en una área de 4 km², son tres principalmente:

- a) Cerro del Roble de Delgado
- b) Cerro de Las Casas
- c) Mina de El Rosillo

Las muestras analizadas dieron la siguiente composición promedio de: - - 43.09% de insoluble, 24.07% de Al_2O_3 , 18.33% de SO_3 , 2.89% de K_2O , 1.61% de Na_2O , 1.41% de Fe_2O_3 y 8.55% de H_2O . La existencia de este material se calcula en tres millones de toneladas.

En 1943 A.R.V. Arellano, realizó un trabajo de cubicación y muestreo sobre los yacimientos encontrados en esta misma zona de Neutla en las localidades de Prosperidad y Progreso del cual da la siguiente información:

Prosperidad: Superficie de 1,342,056 m², con una profundidad de un metro -- con 3,381,931 toneladas de mineral con una pureza de 51%, dando un tonelaje de alunita pura de 1,724,810.

Progreso: Superficie de 253,800 m², con una profundidad de un metro con - - 639,576 toneladas de mineral con una pureza de 51% aproximado, -- dando un tonelaje de alunita pura de 326,183.

Los principales yacimientos de alunita encontrados en la zona de Romero, - partiendo del Naranjillo hacia el norte y, por el lado occidental del Valle, son: Los Cerros de la Cruz, de Los Tanques, del Rascadero, del Alto de la - Joya, de Cuevas Blancas, del Barbón, la Mesa del Lobo y del Cerrito Blanco. - En el lado oriental, partiendo de la Cañada de la Virgen hacia el sur, se lo calizaron los yacimientos: Cerro del Panal, Cerro Piedras de Amolar, Cuates Norte y Sur y Cerro Pinto.

De cada yacimiento se colectaron muestras de roca aluñítica para efectuar los análisis químicos y determinar el contenido de alunita.

El resultado de los análisis efectuados se muestran en la siguiente tabla:

<u>Yacimientos</u>	<u>Promedio del Contenido de la alunita</u>
Rascadero	35.05 %
Alto de la Joya	24.50 %
Cuevas Blancas	20.56 %
Barbón	21.80 %
Mesa del Lobo	22.20 %
Cerro Blanco	13.80 %
Panal	30.09 %
Piedras de Amolar	19.37 %
Cerro Cuate Sur	19.40 %
Cerro Cuate Norte	19.11 %
Cerro Pinto	22.10 %

En el cuadro No. A, se da la cubicación de la zona de Romero, Gto., realizada por el IMIT, A. C., a partir del "Estudio Geológico de las Alunitas de Guanajuato". Para tal estimación se consideró una densidad de aparente promedio de 2.4.

YACIMIENTOS DE DURANGO.-

La mineralización de la alunita se encuentra en la Sierra de Bermejillo, en áreas que se localizan a lo largo de una faja de 7 km. de largo por 1.5 - de ancho. Estas áreas son fácilmente accesibles, encontrándose a 4.5 kms. - al poniente del Ferrocarril a Ciudad Juárez y de la Carretera Chihuahua-Torreón.

El muestreo de catas y obras de exploración, han mostrado que la mineralización con contenidos de 55 a 91% de alunita, predominan en las áreas de la Reyna Isabel, El Povernir, La Norteña y Los Reyes; mientras que en las áreas de La Paila y El Jaboncillo predomina la mineralización de baja ley con 2 a 33% de alunita.

Cuadro "A"

CUBICACION DE LOS DEPOSITOS ALUNITICOS DE LA ZONA DE ROMERO, GTO.

Localidad	Superficie m ²	Espesor estimado m	Volumen de roca m ³	Toneladas	Pureza Promedio %	Contenido de Alunita 100 %
Cerro Blanco	23 800	33	785 000	1 884 960	13.80	260 124
" Cuate Norte	21 400	25	535 000	1 284 000	19.11	245 372
" Piedras de Amolar	58 100	50	2 905 000	6 972 000	19.37	188 276
" Cuate Sur	40 500	25	1 012 500	2 430 000	19.40	471 420
" Cuevas Blancas	35 800	30	1 074 000	2 577 600	20.56	529 954
" Barbón	50 100	40	2 004 000	4 809 600	21.80	1 048 492
" Pinto (A)	77 600	50	3 880 000	9 312 000	22.10	2 057 952
" Pinto (B)	63 800	30	1 914 000	4 593 000	22.10	1 015 185
" Mesa Lobo	42 600	15	639 000	1 533 600	22.20	340 459
Alto de la Joya	352 000	80	28 160 000	67 584 000	24.50	16 558 080
Cerro Panal	29 800	35	1 043 000	2 503 200	30.09	753 213
Rascadero	30 896	60	1 853 760	4 449 024	35.05	1 559 383
T O T A L	826 396		45 805 660	109 933 584	22.59	24 839 634

Los componentes de la mineralización aluñítica dan a la natroalunita en menor proporsión, así como caolinita y pequeños cantidades de cuarzo. Se -- observó la presencia de limonita y Jarosita, así como también vetas de yeso con azufre que cortan la mineralización de alunita-caolinita.

RESERVAS DE MINERAL ALUNITICO.-

A continuación se resume el resultado de la cuantificación de reservas de mineral aluñítico, basado en el resultado del muestreo de catas y obras de - exploración en las distintas áreas mineralizadas.

MINERAL DE ALTA LEY (+ 50% alunita)

	Toneladas Métricas	%Al ₂ O ₃	%K ₂ O	%Na ₂ O	%SO ₃	%SiO ₂	%Alunita
Positivo	100.060	42.34	7.87	1.47	30.10	10.26	77.86
Probable	359.280	41.31	7.35	1.61	29.31	10.95	75.81
Posible	681.900	42.51	7.75	.25	28.51	11.78	73.75
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
T O T A L	1141.240	42.12	7.63	1.38	28.90	11.38	74.76

MINERAL DE BAJA LEY (- 50% alunita)

	Toneladas Métricas	%Al ₂ O ₃	%K ₂ O	%Na ₂ O	%SO ₃	%SiO ₂	%Alunita
Positivo	110.260	49.09	0.59	1.12	6.30	33.86	16.31
Probable	341.330	43.15	0.72	1.08	6.52	33.86	16.88
Posible	329.900	43.94	0.38	1.17	5.84	34.57	15.11
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
T O T A L	781.490	43.61	0.60	1.12	6.20	34.15	16.05

YACIMIENTOS EN PUEBLA.-

Se localiza el yacimiento en las cercanías del pueblo de Cruz Colorada, - Puebla; se encuentra comunicado por un camino que entronca con la carretera que va de Tejocotal a Apizaco en un lugar denominado La Cerca, a 17 kms. antes de llegar a Zacatlán, Pue.

De este yacimiento se enviaron 57 toneladas de mineral que fue analizado por la Comisión de Fomento Minero, obteniéndose el siguiente análisis:

SiO_2	Al_2O_3	SO_3
43.94 %	25.46 %	18.28 %

Se estima un volumen de mineral en la zona de 7,000 m³ que representa - - unas 15,000 toneladas y constituye una reserva de mineral de, aproximadamente, 42 % de alunita.

En el Cuadro No. 1, se resumen las reservas de mineral alunítico en México:

Cuadro No. 1

RESERVAS TOTALES SUPUESTAS DE MINERAL
ALUNITICO

ZONA	PUREZA DEL MINERAL				Suma de Tonelaje Positivo Probable y Posible
	Menos de 25 %	25% a 40%	40% a 50%	Más de 50%	
Romero (Juventino Rosas)	102 981 360	6 952 224			109 933 584
Neutla (Comonfort)				4 021 507	4 021 507
Bermejillo (Berme jillo)	781 490			1 141 240	1 922 730
Cruz Colorada (Puebla)			15 000 15,000		15 000
T O T A L	103 762 850	6 952 224	15 000	5 162 747	115 892 821
	=====	=====	=====	=====	=====

C A P I T U L O I V

=====

METODOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS ALUNITAS

Los Yacimientos de alunita existentes en el País, no se han estudiado en forma exhaustiva, tanto geológicamente como geográficamente; como para poder evaluar su importancia económica, puestá íntimamente ligada con la capacidad del hombre para aprovecharlos. La alunita es un mineral que en su estado natural carece de valor pues, no se aprovecha directamente. Su industrialización debido a la existencia de yacimientos en muchas partes del mundo, ha traído como consecuencia la elaboración de una gran cantidad de métodos de aprovechamiento de los cuales, pocos son los que han pasado a la fase industrial, debido a que la alunita es un mineral comunmente, de bajo contenido de alúmina (Al_2O_3). En este capítulo se tratará exclusivamente del proceso UG y del BAYER MODIFICADO, que se caracterizan por dar invariablemente, como productos finales: Sulfato de Aluminio, Sulfato de Potasio y Alúmina.

P R O C E S O U G

La Universidad de Guanajuato, ha desarrollado un proceso para la producción comercial de Alúmina, denominado Proceso UG. El cual es capaz de producir alúmina, en grado metalúrgico, del 99% de pureza a partir del mineral alunítico con contenidos del 10 al 15% de Al_2O_3 . La costeabilidad del Proceso, radica en la producción conjunta de fertilizantes, aunada a otros aspectos como las eficiencias de recuperación que son muy altas (90 a 92% en peso). Las condiciones de reacción son efectuadas a -- presiones atmosféricas y temperaturas moderadas, las cuales no exceden del punto de ebullición de la solución en particular. Las reacciones se completan muy rápido (de 10 a 35 minutos).

Este Proceso es una Patente Mexicana, utilizada en numerosos países, y será llevado a su comercialización en México, por Guanos y Fertilizantes de México, S. A., que instalará una Planta en Salamanca, Gto., que tendrá un capacidad de diseño para procesar 50 toneladas de mineral por día, de la cual se obtendrán Sulfato de Aluminio hidratado como producto, Sulfato de Amonio y Potasio como coproducto y Sílice de alta pureza como subproducto.

Se espera que la construcción de esta Planta tenga éxito, ya que el -- costo de la producción de sulfatos para fertilizantes por este proceso, - debe ser menor que el costo de la producción en México por métodos conven cionales. Por otra parte, el costo de los fertilizantes, actualmente es menor que en el extranjero, por lo que se podrían conseguir buenos merca- dos internacionales. Por último la alúmina obtenida, es de un alto grado metalúrgico y podrá convertirse en sales de aluminio, ya que estas tiene un valor comercial más alto que el aluminio metálico.

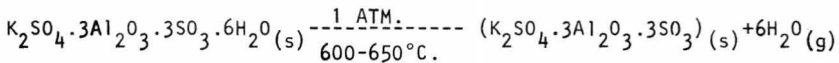
Esencialmente el PROCESO UG, consiste de cinco etapas, las cuales son: reducción de tamaño; deshidratación; tratamiento con amoníaco, tratamien- to con SO_2 y acidificación y purificación.

REDUCCION DE TAMAÑO Y DESHIDRATAION

El mineral alunítico es primeramente triturado por medio de una quebra dora y posteriormente es pasado por medio de bandas transportadoras a un molino de bolas que reduce el tamaño del mineral a un diámetro menor de - 2.5 cm. Enseguida se pasa el mineral a un horno de tipo rotatorio donde el mineral es deshidratado a temperaturas entre 600 y 650°C durante un - tiempo mínimo de 90 minutos. Esta operación es una de las más críticas - en el proceso de beneficio de alunitas ya que, de ella depende la eficien cia de extracción de valores. Una deshidratación incompleta, da origen a una pobre extracción de aluminio y potasio ya que, el mineral queda par-- cialmente inerte a los reactivos, una sobrecalcinación aparentemente pro- voca irreactividad del óxido de aluminio disminuyendo su eficiencia de ex tracción aún cuando la extracción del proceso sea la correcta.

El mineral deshidratado es llevado por medio de bandas transportadoras - a un molino que reduce el tamaño del mineral a una diámetro menor de 1.2 cm hasta que el 100% pase a través de la malla tyler 65 y un máximo de 30% pase la malla 200. La molienda tiene mucha importancia para el control del proceso ya que, un exceso de gruesos independientemente de presentar menor velocidad de reacción, tenderían a sedimentarse con facilidad y obstruir líneas, reactores, bombas, etc., así como a incrementar la abrasión de los equipos. Un excesivo contenido de finos, dificultarían grandemente su filtración en sí, independientemente que el hidróxido de aluminio saldría fuera de la matriz y sería casi imposible su filtración.

La ecuación química que representa a esta etapa del proceso es la siguiente:



Se pasan los finos a una tolva pasando directamente a un tanque de asentamiento, donde el mineral es mezclado con agua, hasta alcanzar la relación sólido-líquido 1:1. Este enfriamiento tiene dos objetivos fundamentales:

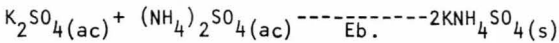
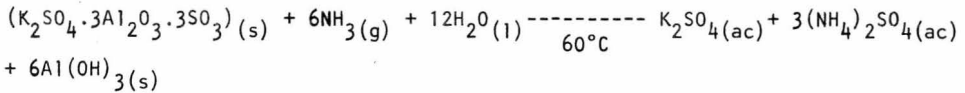
- 1.- Enfriar el mineral para el subsiguiente manejo.
- 2.- El enfriamiento brusco provoca fracturas del mineral que facilita y disminuye la potencia necesaria durante la molienda.

TRATAMIENTO CON AMONIACO

La suspensión acuosa formada, se pasa a un reactor, previamente calentada a 60°C. Se inyecta amoníaco gaseoso en exceso a través de la suspensión reaccionando con el Sulfato de Aluminio para dar lugar a la formación de hidróxido de aluminio y sulfato de amonio, simultáneamente la estructura de la alunita se descompone y el Sulfato de Potasio contenido es disuelto en agua. Una vez terminado el tratamiento se recircula amoníaco que no reaccionó y se filtra la solución. En el filtrado quedan tanto el Sulfato de Potasio contenido en el mineral como, el Sulfato de Amonio formado. Esta solución se concentra y cristaliza. Se centrifugan los cristales se secan y se almacenan a granel.

En la torta del filtro, queda la matriz del mineral (SiO₂), hidróxido de aluminio y alúmina. Esta alúmina no es conveniente para la manufactura de aluminio, debido a su contenido de sílice y óxido férrico. Se lava la torta y se separa del filtro con un raspador y por medio de un gusano se transporta a la etapa de tratamiento con SO₂ y acidificación.

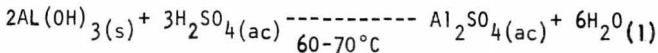
Las reacciones que se llevan a cabo en esta etapa del proceso, son las siguientes:



TRATAMIENTO CON SO₂ Y ACIDIFICACION

La torta proveniente del filtro de la sección de tratamiento de amoníaco y que contiene esencialmente sílice, alúmina e hidróxido de aluminio es repulpada en un tanque con agua, hasta ajustar la relación sólido-líquido a 0.3.- Se alimenta a un reactor habiendo previamente calentado a 60°C, una corriente de SO₂ que reacciona aproximadamente con el 70 al 80% del aluminio presente, solubilizándose en forma de sulfito de aluminio. Enseguida se bombea la suspensión a un espesador en donde se separan el licor de sulfito de aluminio - que se envía a un tanque de almacenamiento y la sílice y el aluminio residual que no reaccionó, se pasan al reactor se sulfatización en donde, por adición de ácido sulfúrico, el aluminio residual se transforma en sulfato de aluminio soluble que se separa por medio de una filtración quedando en la torta, arena sílica de alta pureza (95% de SiO₂), se lava y se envía por medio de un transportador fuera de los límites del área del proceso. Y el filtrado conteniendo el sulfato de aluminio soluble, se envía a un tanque de almacenamiento respectivo.

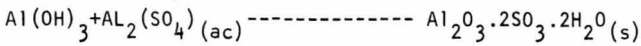
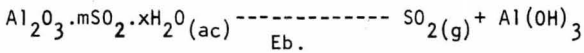
Las reacciones que se llevan a cabo en esta etapa del proceso, son las siguientes:



PURIFICACION

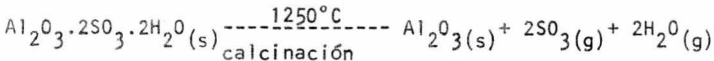
Las soluciones de sulfato y sulfato de aluminio se mezclan y por simple calentamiento el sulfato de aluminio se transforma en hidróxido de aluminio con desprendimiento de SO₂. La mezcla del sulfato de aluminio e hidróxido de aluminio producida precipita en forma de sulfato básico de aluminio, el cual es filtrado, lavado y secado.

Las reacciones que se llevan a cabo son las siguientes:



La mezcla del sulfato de aluminio e hidróxido de aluminio producido, se calienta hasta ebullición y precipita en forma de sulfato básico de aluminio. Hierro, titanio y otras impurezas quedan remanentes en la solución. El Sulfato básico de Aluminio es precipitado en un medio altamente ácido (pH=2).- El efluente líquido de dicho reactor es una suspensión en agua de sulfato -- básico el cual, se concentra en un espesador para disminuir su contenido de agua y espesado es enviado al filtro en donde por lavado con agua, se eliminan algunas impurezas. Recuperándose el sulfato básico de aluminio de alta pureza que posteriormente, se calcina en un horno convirtiéndose en alúmina metalúrgica calcinada y trióxido de azufre, (para producción ácida).

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



Se obtiene alfa-alúmina, que se usa principalmente en la producción de aluminio metálico sin otras fases cristalinas, cuando se calienta varias horas, cualquiera de las alúminas hidratadas, a 1250°C ó más. Esta variedad de alúmina tiene multitud de aplicaciones en la industria y se producen diversas calidades conforme a las necesidades. Entre otras aplicaciones de la -- alfa-alúmina, son de mencionar su empleo para lechos en el tratamiento de ace ros especiales, componentes de vidrio de poca dilatación térmica, de vidriados de porcelana y como materia prima para la fabricación de porcelanas dentales.

PROCESO BAYER MODIFICADO

Este proyecto se desarrolló en los Estados Unidos de Norteamérica, siendo financiado por las siguientes Compañías: Earth Sciences Inc., de Golden Colorado, aportando el 59%, National Steel Corporation de Pittsburg y Southwire Co., de Carrolton Ga., aportando el 50% restante. Este proyecto es bastante ambicioso y se considera que va a venir a revolucionar el futuro de la industrialización de minerales alunfíticos. Se tiene proyectada la construcción de una Planta a escala comercial a mediados de 1976, con un costo estimado de alrededor de 1,250 millones de pesos y con una capacidad de producción de alrededor de 360,000 toneladas de alúmina; el costo real de la inversión para la construcción de la Planta estará en función de los tipos de fertilizantes producidos.

Esta planta se instalará en Utah, para beneficiar los depósitos de mineral ahí existentes.

Desde el año de 1973 se tiene instalada una planta piloto en Golden Colorado, con un costo global de 3 millones de pesos y con una capacidad de procesamiento de 10 toneladas de mineral. Esta planta piloto dió los criterios de Ingeniería para la construcción de la planta a escala comercial.

Los depósitos de Utah, son rocas volcánicas ácidas, que contienen un 40% de alunita, 50% de cuarzo y el resto es hierro y otros constituyentes que complementan el 10%.

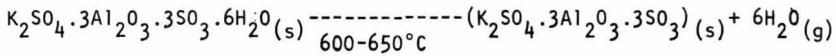
Este proceso desarrollado por la Earth Sciences se basa en la producción de dos productos para la elaboración de los fertilizantes. El sulfato de potasio el cual, es recuperado y la reducción del SO_3 a SO_2 el cual, es combinado con roca fosfórica para la producción de fertilizantes fosfóricos.

Este proceso, BAYER MODIFICADO, es prácticamente el siguiente:

REDUCCION DE TAMAÑO Y DESHIDRATAACION

El mineral es triturado hasta su reducción de tamaño a 2.5 cm. Después se pasa a un molino de bolas donde se reduce hasta 0.3 cm. Se introduce posteriormente a un horno rotatorio para su deshidratación. La temperatura de deshidratación se lleva a cabo dentro de un rango de 600 a 650°C.

La reacción que se lleva a cabo en esta parte del proceso, es la siguiente:

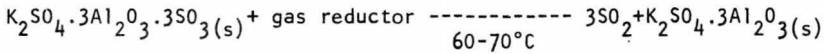


TRATAMIENTO CON GASES REDUCTORES

Después el mineral es pasado neumáticamente del horno a un reactor de lecho fluidizado, donde una mezcla de gases calientes reducen al SO_3 , contenido en el sulfato de aluminio del mineral.

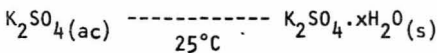
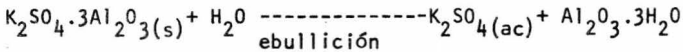
Esta mezcla de gases calientes está compuesta de amoníaco, gas natural y vapor de agua.

La reacción que se lleva a cabo en esta etapa es la siguiente:



Después el mineral procedente del reactor, se hace pasar a una serie de tanques donde por medio de agitadores se solubiliza el Sulfato de Potasio. Una vez disuelto el Sulfato de Potasio, se le separa de la solución por medio de una separación sólido-líquido. El Sulfato de Potasio en solución es pasado a un cristizador, donde por enfriamiento precipita al Sulfato de Potasio cristalizado a saturación de la solución a $25^\circ C$.

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



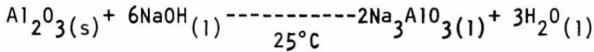
En el filtro se quedan el cuarzo y la alúmina como producto de la separación sólido-líquido.

CONTINUA PROCESO BAYER

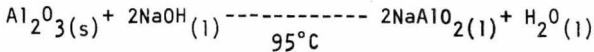
El cuarzo y la alúmina se pasan a través de seis tanques, en los cuales la sosa cáustica actúa separando la alúmina del cuarzo. La alúmina se disuelve

en contraste con el Proceso Bayer Normal para la Bauxita, que requiere de una presión muy alta por varias horas, el Proceso de la Earth Sciences no requiere de presión y la sosa cáustica es calentada a 95°C; dando como resultado -- que el proceso sea menos corrosivo. Aunque el proceso bayer no se considera un proceso corrosivo.

La reacción que se lleva a cabo en esta etapa del proceso es la siguiente:

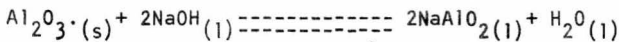


ó



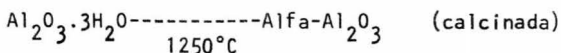
La mayor parte de la alúmina pasa a luminato de sodio, después este licor es bombeado a tanques, diluído y filtrado por medio de filtros prensa, el -- óxido de hierro permanece en el residuo con la mayoría de TiO_2 . De la solución clara de NaAl_2O_4 ó NaAlO_2 , la alúmina se precipita en grandes tanques por agitación lenta y la adición de una pequeña proporción de semillas de - hidrato de aluminio. Precipita la alúmina, debido a que las soluciones de - aluminatos son fuertemente básicas y la reacción es fácilmente reversible en medios débilmente ácidos para formar alúmina insoluble. Esta es la base para el uso comercial del aluminato de sodio en la clarificación de agua.

La reacción reversible que se lleva a cabo en esta etapa del proceso, es - la siguiente:



La reacción es baja debido a que el aluminato de sodio es metaestable a - esta temperatura. El precipitado se lava y calcina a 1250°C en un horno ro- tatorio.

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



La alúmina producida por el Proceso Bayer Modificado, es de las características de las alúminas producidas a partir de cualquier otro mineral, de alto grado metalúrgico.

C A P I T U L O V

ESTADISTICAS DE CONSUMO

En este capítulo se tratará de las evaluaciones de las necesidades de consumo durante los años de 1965 a 1973, de los productos finales de los métodos anteriormente expuestos, los cuales son: Sulfato de Potasio, Sulfato de Aluminio, Sulfato de Amonio, Acido Sulfúrico y Bauxita.

México es un País que no produce sales de potasio por lo que, todas sus -- necesidades son satisfechas por importaciones; así en el año de 1965 se importaron 272,074 kg de Sulfato de Potasio. En el año de 1973, la importación de esta substancia fue de 354,688 kg. Aunque el potasio es el elemento menos es caso en los suelos mexicanos, las importaciones son muy evidentes y señalan la conveniencia de fomentar las exploraciones para la búsqueda de minerales de este elemento.

Con el fin de destacar la importancia del consumo del aluminio en México, se da a continuación un cuadro estadístico de la importación de este metal, - según su forma de presentación o grado de elaboración. El cuadro fue elaborado por el Instituto del Aluminio, con cifras tomadas de los anuarios estadísticos del comercio exterior de la Secretaría de Industria y Comercio.

Se elaboró un segundo cuadro estadístico de importación para los productos de los procesos antes mencionados. Para su elaboración, se emplearon las cifras de los anuarios del Comercio Exterior.

Destaca en primer lugar, el elevadísimo incremento en las importaciones de la alúmina. También es notorio en el cuadro que han aumentado de precio, con excepción del Sulfato de Potasio que en los últimos años, ha sufrido un abaratamiento que, sin duda se explica por el mayor tonelaje adquirido.

Cuadro No. 1

MERCADO MEXICANO DEL ALUMINIO - TONELADAS METRICAS

AÑO	VENTAS TOTALES ALUMSA	FABRICACION NACIONAL			I M P O R T A C I O N E S				% DE AUMENTO SOBRE AÑO ANTERIOR	
		(-) EXPORTACIONES ALUMSA	VENTAS NACIONALES	% DE AUMENTO SOBRE AÑO ANTERIOR	ALAMBRON Y CABLE	LINGOTE	OTROS PRODUCTOS	TOTAL CONSUMO NACIONAL		
1960					507	11,231	998	12,736	12,736	
1961					3,144	10,329		14,321	14,321	12.4
1962					6,603	15,919	701	23,223	23,223	62.1
1963	3,220	-	3,220	-	14,416	9,074	208	23,698	26,918	16.0
1964	18,567	3,089	15,478	-	6,444	54	522	7,020	22,498	(16.4)
1965	18,501	428	18,073	16.8	9,691	538	1,730	11,959	30,032	33.5
1966	20,101	649	19,452	7.6	12,777	119	2,127	15,023	34,475	14.8
1967	21,813	-	21,813	12.1	20,064	148	11,566	31,778	53,591	55.4
1968	23,824	-	23,824	9.2	17,864	1,715	5,730	25,309	49,133	(8.4)
1969	30,705	300	30,405	27.7	20,965	247	7,965	29,177	59,582	21.3
1970	33,083	650	32,433	6.7	25,595	195	4,496	30,286	62,719	5.3
1971	37,573	1,350	36,223	11.7	10,229	112	3,477	13,818	50,041	(20.2)
1972	42,014	-	42,014	16.0	24,927	166	3,770	28,663	70,677	41.6
1973	40,171	-	40,171	(4.4)	22,576	13,765	5,901	42,242	82,413	16.3
1974	41,143	-	41,143	2.4	13,038	25,608	6,912	45,558	86,701	5.2

Otro de los posibles productos del beneficio químico metalúrgico de las alunitas, es el ácido sulfúrico. A fin de ilustrar la situación actual de la industria nacional del ácido sulfúrico, se da un cuadro de producción y consumo. Se ha acabado la importación de este ácido. No resulta alentador la generación de ácido sulfúrico pues, como se puede ver en el cuadro, la capacidad instalada es superior al consumo interno aparentes.

Se incluye además un cuadro de la producción nacional del Sulfato de Amonio.

Cuadro No. 2

IMPORTACION DE ALGUNOS MINERALES DE ALUMINIO Y POTASIO

Año	ALUMINA		SULFATO DE POTASIO		SULFATO DE AL.	
	Ton.	Valor \$	Ton.	Valor \$	Ton.	Valor \$
1965	14981.3	6849.7	272.0	219.1	2.4	22.0
1966	9887.7	5247.2	58.8	128.1	2.7	15.1
1967	10335.1	6121.3	60.9	133.2	2.9	16.1
1968	11534.4	5896.9	630.8	331.7	17.8	31.0
1969	18836.1	10466.9	1620.9	892.2	30.1	56.2
1970	25513.9	15097.4	2811.5	1534.4	24.2	53.9
1971	28590.5	19356.7	1285.6	781.3	17.7	36.8
1973	25986.4	18761.8	958.6	764.5	28.0	60.2
1973	17435.4	13951.3	354.6	567.7	84.1	172.1

* Millares de pesos

Cuadro No. 3

PROYECCIONES DE CAPACIDAD INSTALADA DE H₂SO₄

AÑOS	(a) 1973		(a) 1975		(a) 1977	
	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)
1973	2,431.0	1,746.2	2,431.0	1,858.0	2,610.5	1,937.5

(a) = capacidad instalada

(b) = consumo aparente

PRODUCCION DE FERTILIZANTES.-

El único productor de fertilizantes en México, es Guano y Fertilizantes - de México, S. A., y registró un aumento general en su producción de 1973.-- A la vez continúa desarrollando nuevos programas tendientes a aumentar la ca pacidad de producción con el propósito básico de lograr la autosuficiencia en esta área, para 1976. Desde un punto de vista estadístico, la producción nacional representó el 84.6% del consumo nacional aparente de fertilizantes en el año de 1973, contra 83.6% del año anterior. En general en el año de 1973, la producción nacional de fertilizantes se elevó en 6.1% totalizando, 1.94 millones de toneladas contra los aumentos de 3.8% y 13.6% en 1971 y - 1972, respectivamente. En el año de 1973, las ventas de fertilizantes se - elevaron en 3.6% o sea, una tasa de crecimiento substancialmente menor que la de 1971 y 1972 cuyos aumentos, fueron de 14.9% y 14.8%, respectivamente.

Cuadro No. 4

IMPORTACION DE FERTILIZANTES

AÑOS	TONELADAS	VALOR EN MILLONES DE \$
1960	285,726	300.1
1966	164,450	108.9
1967	180,867	115.5
1968	256,348	165.2
1969	172,184	102.8
1970	124,444	82.4
1971	269,931	144.6
1972	356,776	173.4
1973	334,484	168.2

El sulfato de amonio se encuentra entre los principales tipos de fertili- zantes, éste en el año de 1972, superó la baja sufrida en el año anterior -- alcanzando, la cifra récord de 420.0 mil toneladas cuando, en 1971 su produc- ción se había reducido bajando de 395.9 mil toneladas producidas en 1970 a - 371.3 mil.

La producción nacional de Sulfato de Amonio expresada en miles de toneladas, es la siguiente: 1964 de 167.4; 1965 de 259.0; 1966 de 217.2; 1968 de 336.2; 1969 de 403.3; 1970 de 398.0; 1971 de 371.3; 1972 de 420.0.

Como se puede ver en el cuadro de Importación de Fertilizantes, la importación de éstos, es cada vez mayor; La planta que será instalada por Guanos y Fertilizantes de México, S. A., en Salamanca, Gto., puede ser la solución a tan apremiante problema.

C A P I T U L O V I

C O N C L U S I O N E S

Es indispensable la investigación y evaluación de nuevos yacimientos de alunita con la finalidad de, conocer a fondo el panorama nacional de este mineral y motivar a inversionistas para su explotación comercial, ya que la información con que por ahora se cuenta, es sumamente vaga. Los yacimientos de mineral alunítico en México, son una fuente de materia prima que garantiza la obtención de alúmina y productos para la elaboración de fertilizantes.

La alunita tiene la ventaja que la sílice que contiene, está presente únicamente en forma de cuarzo, lo cual no es muy reactivo como la sílice arcillosa frecuentemente encontrada en la Bauxita, lo que adiciona al proceso -- Bayer, otros gastos.

La construcción de la Planta de Alunita en Salamanca, Gto., tiene la ventaja de que el amoniaco y gas natural, podrán tomarse directamente de la refinera de Petróleos Mexicanos. Pero a su vez, tiene la desventaja de que -- operará con mineral alunítico de baja ley pero aún así, se considera que el Sulfato de Potasio y la Alúmina recuperarán el valor de la inversión.

La costeabilidad de estos procesos es evidente que se debe a la producción conjunta de fertilizantes que bonifican el costo de extracción de alúmina aunada, a otros aspectos como, las eficiencias de recuperación que son -- muy altas: de 90 a 92% en peso para la alúmina, y de 94 a 95% para el Potasio. Las condiciones de reacción que son efectuadas a presión atmosférica y temperaturas moderadas. Por otra parte, el costo de los fertilizantes actualmente, es menor en México que en el extranjero. Por lo que, se podría conseguir fácilmente buenos mercados internacionales. Por todo esto, la Alunita ya se considera como alternativa económica en la producción de Alfa-Alúmina.

C A P I T U L O V I I

B I B L I O G R A F I A

- 1.- J. Ariel Hernández y Manuel Comte.
Estudio de la Disociación Térmica de Alunitas de Guanajuato.
Contribuciones Científicas núm. 59-3 IMIT. 1959

- 2.- Informe Inédito
Reseña de los Estudios realizados por el IMIT en el tema de la
utilización de las alunitas de Guanajuato.
Minería y Metalurgia, núm. 9. México 1959.

- 3.- Hermión Laríos
Memorias de la Primera Convención Interamericana de Recursos
Minerales de México. 1951.

- 4.- J. O. Knizek y H. Fetter.
The Refractory Properties of alunite.
Segunda Edición. 1963.

- 5.- R. Sámano
Descomposición térmica de la Alunita de Guanajuato.
IPN. 1961.

- 6.- Barrand Pierre .
Enciclopedia del Aluminio.

- 7.- Dana Hurlbult.
Manual of Mineragy.
Fifteenth Edition.

- 8.- L. G. Berry y Brian Majon.
Tratado de Mineralogía.
Editorial Aguilar.
- 9.- Kraus / Hunt / Ramsdell.
Tratado de Mineralogía.
Editorial Mc.-Graw Hill - Quinta Edición.
- 10.- Nicolás Yris R.
La Alunita
Nacional Financiera, S. A.
Fideicomiso de Minerales no Metálicos.
México, D. F., 1965. Segunda Edición.
- 11.- Dr. Fritz Ullman.
Enciclopedia de Química Industrial
Editorial Gustavo Gili, S. A.
Barcelona, 1950.
- 12.- Kirk - Othmer.
Enciclopedia de Tecnología Química.
UTEHA. 1962.
- 13.- Chemical Engineering
Geral Parhinson, McGraw-Hill.
Ediciones de: Abril de 1971, Junio de 1971 y Agosto de 1974.
- 14.- Nacional Financiera.
La Economía Mexicana
Análisis 1973.
- 15.- Marskinka Olizar.
Guía de Mercados de México.
Nacional Financiera - Quinta Edición de 1973.
- 16.- Secretaría de Industria y Comercio.
Anuarios de Comercio Exterior de 1965 a 1973.



QUIMIO.