

**TESIS DONADA POR
D. G. B. - UNAM**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

**"Proceso Bayer Modificado para la Extracción de
Alúmina en Tierras Rojas del Sureste de la
República Mexicana"**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P r e s e n t a :

TOMAS BERNAL ENRIQUEZ

México, D. F.

1983



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.

CONTENIDO

INTRODUCCION.

CAPITULO I. GENERALIDADES.

CAPITULO II. PROCESO DE OBTENCION DE ALUMINA.

CAPITULO III. SITUACION ACTUAL DEL MERCADO DE LA ALUMINA
EN MEXICO.

CAPITULO IV. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICO.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION

El presente estudio es parte de los esfuerzos que se desarrollan en varias instituciones u organismos del país por encontrar fuentes de producción de Alúmina que a su vez es materia prima para la obtención de aluminio y productos de gran importancia para la economía nacional, tanto por el volumen de consumo que se tiene de ellos, como por ser productos de importación exclusivamente.

El objetivo principal es presentar las características económicas de un proceso que se ha desarrollado en laboratorio para aprovechamiento de las arcillas lateríticas que se encuentran presentes en el sureste de la República Mexicana.

En síntesis el estudio trata primeramente una breve descripción de los constituyentes principales de las bauxitas y tipos de yacimientos.

Seguidamente se da información de los principales procesos para obtención de alumina como el proceso Bayer y otros procesos que son poco usados como el de sinterización con carbonato de sodio.

Se continua con un breve panorama de la situación actual del mercado de alumina en México, en el cual se dan datos

de consumo, importación y proyecciones de demanda futura tanto de alumina e hidróxido de aluminio.

Como parte medular se presenta una pequeña descripción del proceso Bayer modificado el cual fue desarrollada a nivel laboratorio, así como el estudio técnico económico del proceso mostrando su capital de inversión, costos de operación, calculo de la rentabilidad y la tasa interna de retorno.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones para el presente trabajo.

C A P I T U L O I

G E N E R A L I D A D E S

0

GENERALIDADES

a) LATERITAS Y BAUXITAS:

Lateritas:

En 1807 Buchanan introdujo la palabra "Laterita" (del latín later-ladrillo) para designar ciertos suelos rojos, este término fue bastante aceptado, pero más tarde se hizo mal uso de él, ya que todos los suelos rojos tanto tropicales y subtropicales así se les denominó.

En 1887 Gurich protestó por el amplio uso que se le dio a la pabra laterita, indicando que los suelos con este nombre solamente pueden existir en regiones tropicales.

La laterita es un suelo que se forma en regiones tropicales, por intemperismo en las rocas existentes y se caracteriza por la tendencia a perder los minerales alcalinos, alcalinos térreos y sílice y a enriquecerse en óxidos de fierro y aluminio principalmente.

Bauxitas:

Fue el ingeniero P. Berthier en 1821 tuvo la curiosidad por conocer la composición química de una roca que yacía a la-

entrada del pueblo provenzal de Les Baux. El análisis reportó un contenido excepcional de alúmina y fierro.

Posteriormente en 1871 A. Dufrenoy y M. Saitre Claire - Deville, bautizaron la roca de Les Baux con el nombre de Bauxita y la describieron con color rojo vivo, dura y provista generalmente de concreciones gruesas como, chicharos llamados Pisolitas.

Actualmente en los yacimientos de Bauxita se encuentran concreciones blancas, otras que son atigradas así se les llama porque están jaspeados de colores sobre un fondo vivamente coloreado. En los Pirineos se conocen Bauxitas verdes. Cerca de la capital de Guinea Conarkry, hay de color rosa y las de las Antillas son terrosas como arcillas. Los análisis muestran que una bauxita contiene alrededor de 50% de alúmina, 5% de sílice, fierro en forma de óxido 25%, agua de constitución está en un 20%.

b) TIERRAS ROJAS BAUXITICAS:

En la República Mexicana no se han encontrado depósitos de Bauxitas, pero existen materiales lateríticos que por su apariencia física, algunos investigadores mexicanos les han dado el nombre de Tierras Rojas Bauxíticas.

Este material se presenta en forma de arcilla, exhibe -
diversas tonalidades de rojo, café, e inclusive la variedad -
atigrada. En exploraciones realizadas se han localizado en -
cantidades considerables en los Estados de Puebla, Veracruz, -
Tabasco y Chiapas.

Las que han reportado más contenido de alúmina son, las
de Tabasco y Chiapas, pero con un contenido del 15 al 20% de -
silice.

c) MINERALES DE ALUMINIO.

Debido a que el aluminio ocupa el tercer lugar de abun-
dancia de los elementos en la naturaleza. Son muchos los mine-
rales que tienen cantidades considerables de aluminio, contan-
dose entre ellos los siguientes:

<u>NOMBRE DEL MINERAL</u>	<u>FORMULA</u>
Corundo	Al_2O_3
Espinela	$MgAl_2O_4$
Crisoberilo	$BeAl_2O_4$
Bauxita Gibsita	$Al(OH)_3$
Boemita	$AlOOH$
Diasporo	$HAIO_2$
Alunita	$KA1_3(OH)_6(SO_4)_3$

Micas Biotita	$K(MgFe)_3(OHF)_2AlSi_3O_{10}$
Moscovita	$KAl_2(OHF)_2AlSi_3O_{10}$
Lepidolita	$K_2Li_2Al_3(OHF)_4(AlSi_3O_{10})_2$
Flogopita	$KMg(OHF)_2AlSi_3O_{10}$
Caolinita	$Al_4(OH)_8Si_4O_{10}$

Feldespatos:

Ortoclasa Nefelina $KAlSi_3O_8$

Plagioclasa: Albita $NaAlSi_3O_8$

Oligoclasa: Anortita $CaAl_2Si_3O_8$

Feldespatoides: Nefelina

Sodalita

Lazurita

Leucita

Arcillas: Halloisita, Montmorilonita, heidita, Illita y
otros más.

d) CONSTITUYENTES QUIMICOS DE LA BAUXITA.

La bauxita es un mineral heterogeneo compuesto principalmente de óxido de aluminio, específicamente gibsita

$(Al_2O_3 \cdot H_2O)$. Las bauxitas con alto contenido de gibsita predominan en la mayor parte del mundo con excepción de Europa y Asia del Norte donde minerales monohidratados son los predominantes. La Tabla siguiente resume ensayos típicos de bauxita-

de varias partes del mundo.

COMPOSICION QUIMICA DE LAS BAUXITAS
EN DIVERSAS PARTES DEL MUNDO.

	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Cenizas (%)
AUSTRALIA					
Cape York	52-60	2-10	5-13	2.1 - 3.1	21-29
Gove	48.7		3.6	17.0	3-3.4
Darling Ranges	30-48				
Kimberly region	47-50	2.5-3.5			
BRASIL					
Minas Gerais	55-59	1.6-5.6	6.9-9.6		
Amazonas	50-61	3.7-9.0	1.7-14	1.1-2.0	25-30
CHINA					
	50-70	9-15	1-13	2	
REPUBLICA DOMINICANA					
	46-49	1.6-5.2	19-21		
FRANCIA					
	55-70	3-16	4-25	2-3.5	
GAUA					
Yenahin	41-63	0.2-3.1	1.2-30.0	1.5-5.3	20-29
Awaso	48-61	0.4-2.4	4-22	0.8-2.1	26-33
Kibi	32-60	0.3-2.9	6-45	2.0-6.2	13-30

	<u>Al₂O₃ %</u>	<u>SiO₂ %</u>	<u>Fe₂O₃ %</u>	<u>TiO₂ %</u>	<u>Cenizas</u>
HAITI	46.8	3.4	21.9	2.8	24.1
GRECIA	35-65	0.4-3.0	7.5-30	1.3-3.2	
GUINEA	40-65	0.5-5	2-30	3-5	22-32
GUAYANA	51-61	4-6	1-8	2-3	25-32
HUNGRIA	50-60	1-8	15-20	2-3	13-20
INDIA	45-60	1-5	3-20	5-10	22-27
INDONESIA	53	4-5	12		
JAMAICA	49-51	0.7-1.6	19-21	2.5-2.7	25-27
MALASIA	38-60	1-13	3-21	1-2	
SIERRA LEONA	51-55	1.5-2	10-18	1.5	27-31
SURINAM	50-60	2-6	2-15	2-3	29-31
ESTADOS UNIDOS					
Arkansas	45-47	5-24	2-12	1.6-2.4	22-28
Oregon y Washington	31-35	5-11	13-35	5-6	16-20
Estados del Sureste	51-56	12-15	1-5	1.5-3.5	22-30
URSS	26-52	2-32	1-45	1.4-3.2	
YUGOSLAVIA	48-60	1-8	17-26	2.5-3.5	13-27
RUMANIA	55	5	22	1-2	
TURQUIA	55-60	5-7	15-20	2-3	12-14

FUENTE: SHAPPER IN LEFOND 1975.

e) TIPOS DE DEPOSITOS DE BAUXITA: LOS TIPOS DE YACIMIENTO DE BAUXITA CONOCIDOS ACTUALMENTE SE PUEDEN RESUMIR COMO SIGUE:

I DEPOSITO TIPO KARST.

La figura I es típica de los cuerpos mineralizados de gibbsite encontrados en Jamaica, Haití y la República Dominicana, los cuales ocurren en superficies de Karst de la Era Terciaria Media. Los depósitos consisten en rellenos de grietas y canales así como mantos de depresión desigual dentro de la caliza. El encapote es delgado, promediando de uno a dos metros de suelo.

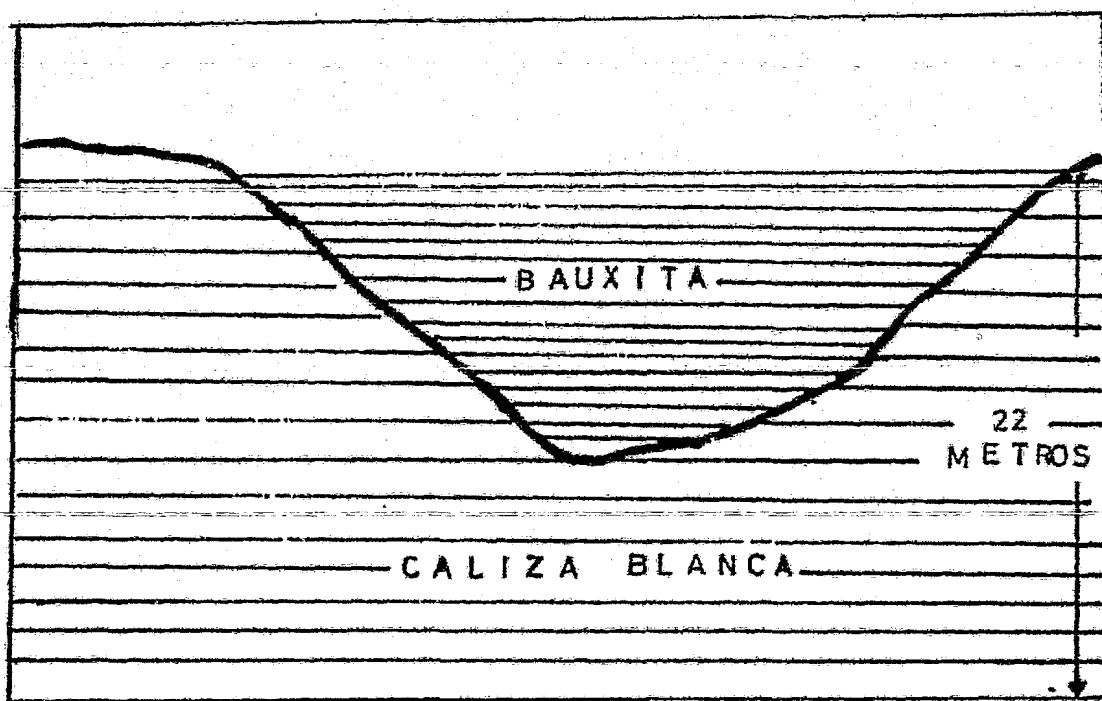


FIGURA I KARST DE SUPERFICIE.

II DEPOSITO CARSTICO PLEGADO.

La figura II es representativa de los depósitos Euro- - peos (Dalmatia), los cuales ocurren en forma de bolsas en su- - superficies desiguales o depresiones de Karst, o sea en formacio- - nes de rocas carbonatadas las cuales han sido plegadas y falla- - das.

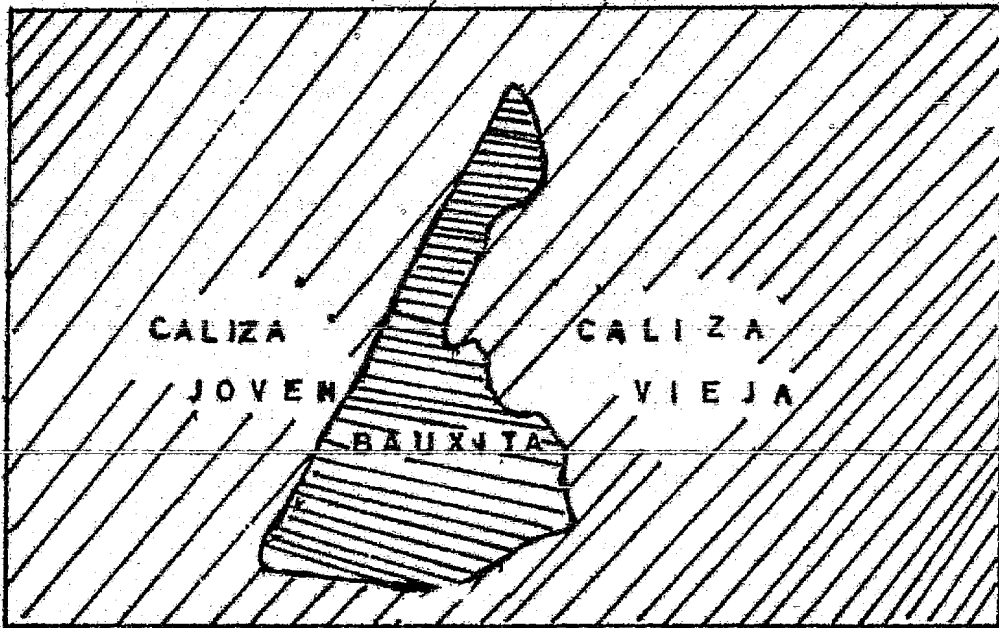


FIGURA II SUPERFICIE PLEGADA DE KARST.

III DEPOSITO TIPO MANTO.

La figura III es un caso ilustrativo de un depósito masivo de bauxita en forma de manto, existe en Australia el cual se extiende por varios km. con un espesor de 6 m a 10 m.

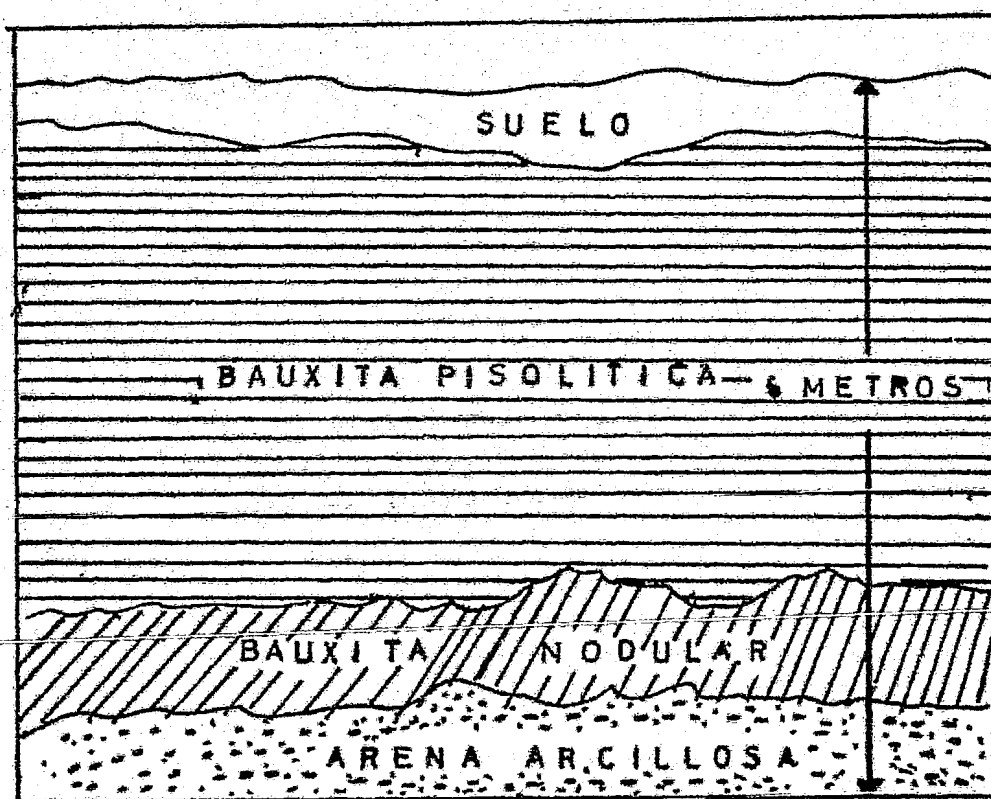


FIGURA III MANTO DE DEPOSITO AUSTRALIANO.

IV DEPOSITOS LENTICULARES.

La figura IV ilustra los depósitos de Surinam y Guayana (Kwakwani) los cuales son depósitos esparcidos a través de un cinturón estrecho que se extiende a lo largo del contacto entre rocas cristalinas del precámbrico y capas sedimentarias del terciario o alguna era anterior. Los depósitos yacen sobre arcillas caolinitica y el rango de profundidad varía a lo largo del desarrollo de los afloramientos desde algunos metros hasta las partes que yacen bajo 60 mts. de arenas y arcillas.

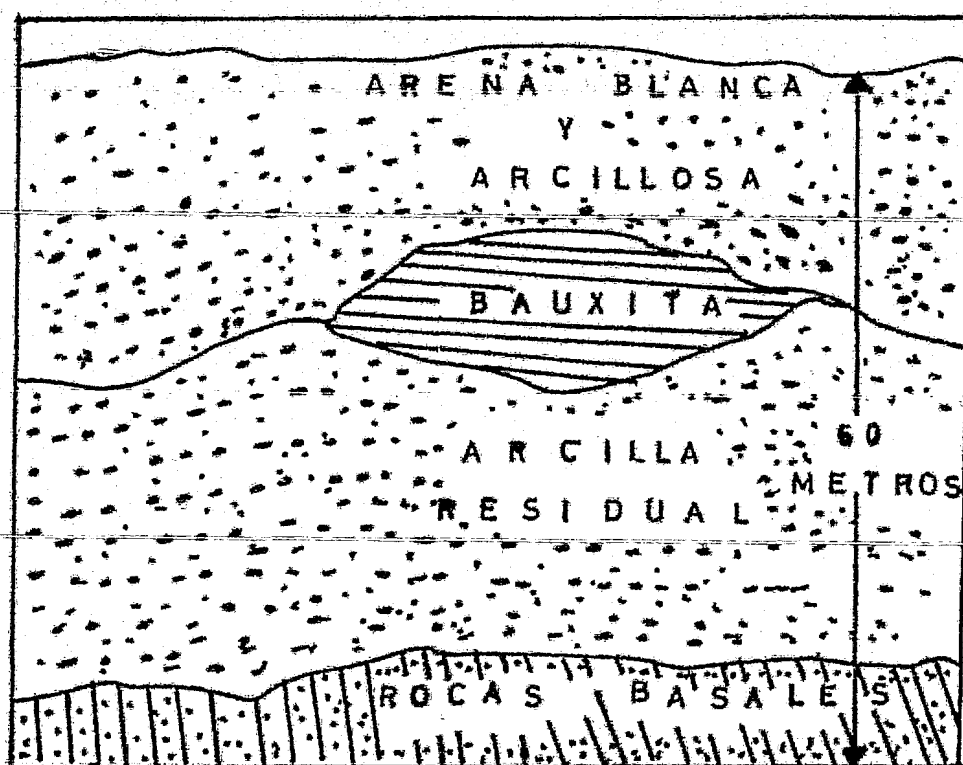


FIGURA IV. DEPOSITOS DE ARENAS BLANCAS.

V DEPOSITOS DE RECUBRIMIENTO.

La figura V es un caso ilustrativo de los depósitos de Guinea: grandes depósitos bauxíticos y lateríticos, los cuales se localizan sobre las capas de los altiplanos divididos por valles intermitentes. Este tipo de ocurrencia también describe el nuevo descubrimiento (Pijiguaos) en Venezuela.

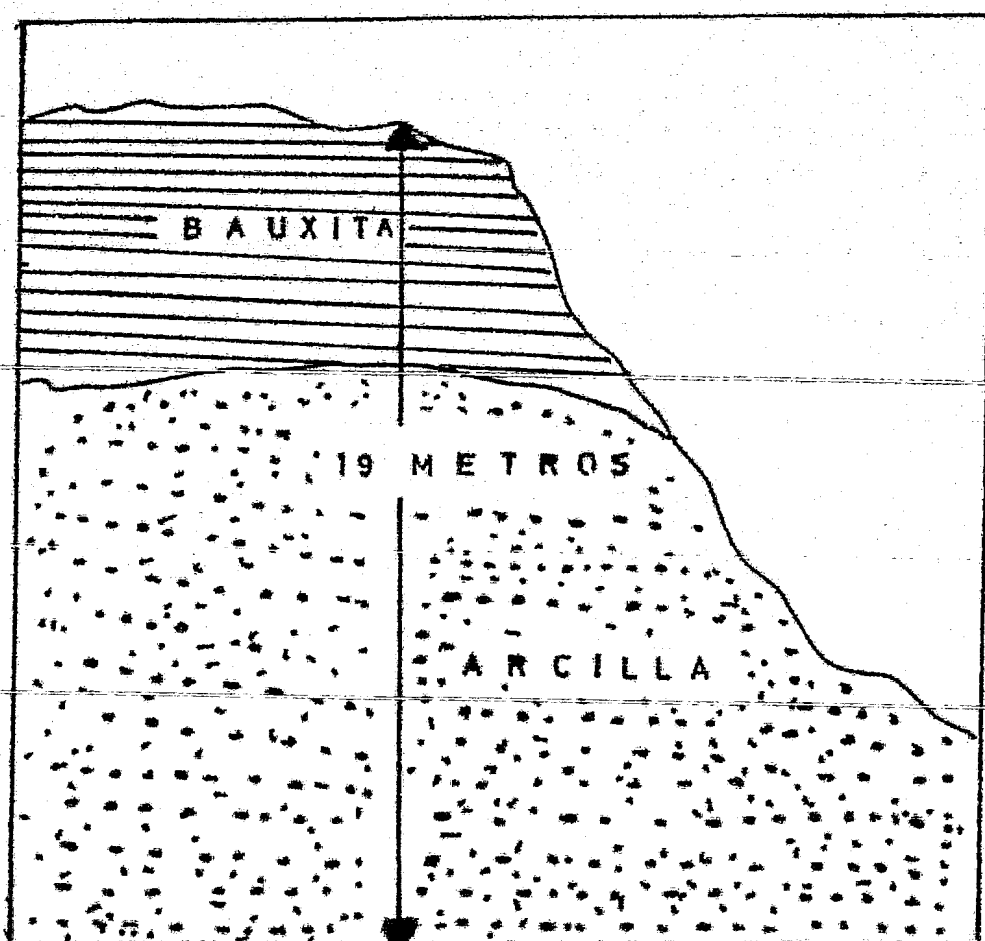


FIGURA V TERRENOS DE RECUBRIMIENTO LATERITICO.

La figura VI ilustra las características de los depósitos de gibsita en los Estados Unidos, en Arkansas Central, los cuales son del Eoceno y han sido formados por el intemperismo de las intrusiones de la nefelina y la sienita. Algunos depósitos son residuales en las rocas ígneas y arcillas. Algunos otros son depósitos detríticos transportados y cubiertos por arenas y arcillas.

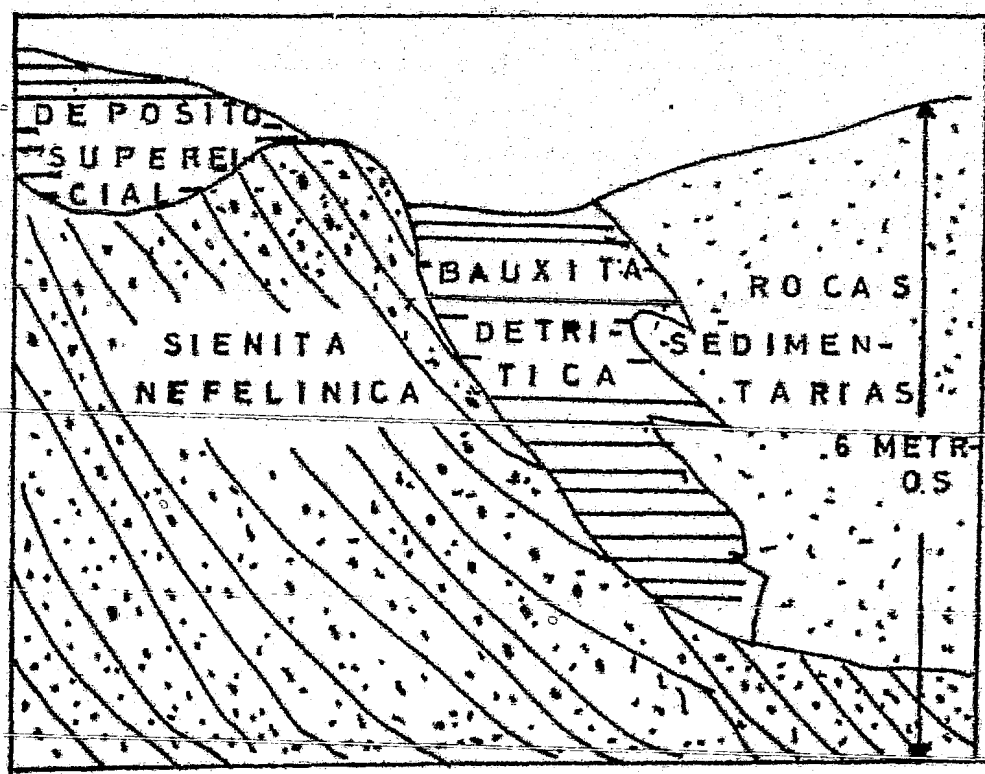


FIGURA VI TERRENOS DE RECUBRIMIENTO LATERITICO.

f) DEPOSITOS EN EL SURESTE DE LA REPUBLICA MEXICANA.

En el macizo central chiapaneco, con clima templado, reposan sobre rocas calizas que muestran fuerte karsticidad, suelos lateríticos de color ocre, con manchones pardos rojizos. - Cuyo origen parece ser la alteración de los sedimentos que yacían encima de las calizas y no de las calizas mismas, se consideran que estas rocas no pudieron dar origen a un suelo con alto contenido de óxido de hierro, manganeso y aluminio.

El espesor de los suelos es variable siendo mayor en las dolinas. Se encuentran en estos suelos compresiones y nódulos con contenidos bajos de manganeso, así como capas delgadas de minerales de hierro que son características de un proceso de laterización.

Se acepta que las lateritas de karst, se formaron de materiales alóctonos ricos con minerales de aluminio silicatos de hierro; Por lo cual se considera que las lateritas se formaron por el intemperismo de las rocas en clima diluvial, lo cual es una justificación de que pueden encontrarse menos de aluminio en el sureste de la República Mexicana.

g) ANALISIS QUIMICO DE LA ARCILLA:

<u>NOMBRE</u>	<u>FORMULA</u>	<u>%</u>
Oxido Férrico	Fe_2O_3	8.32
Oxido de Calcio	CaO	Huellas
Oxido de Magnesio	MgO	Huellas
Sílice	SiO_2	17.86
Alúmina	Al_2O_3	48.56
Oxido de Titanio	TiO_2	1.00
Oxido de Potasio	K_2O	0.15
Oxido de Sodio	Na_2O	0.10
Agua Más	$H_2O +$	22.45
Agua Menos	$H_2O -$	1.33
SUMATORIA		99.76

§ §§ Se omiten los métodos de los análisis debido a que son muy conocidos.

h) RESERVAS MUNDIALES Y NACIONALES.

Reservas Mundiales:

Debido a que el aluminio es el tercer elemento más abundante dentro de la corteza terrestre, este es ampliamente distribuido a través del mundo y se encuentra en todos los continentes con excepción de la Antártica. Sin embargo, los depósi

tos comerciales de bauxita se definen como todos aquellos que tengan un contenido de óxido de aluminio (Al_2O_3) superior a 45%.

Los depósitos más ricos de bauxita han sido encontrados a través del amplio cinturón de las áreas tropicales y subtropicales de la tierra, como se indica en la figura 7.

Las reservas mundiales de bauxita contienen 25 billones de aluminio, lo cual se considera suficiente para satisfacer la demanda más allá del final de este siglo.

Fuente: Bureau of Mines 1978.

La tabla 1 resume las fuentes y reservas mundiales de bauxita en 1978.

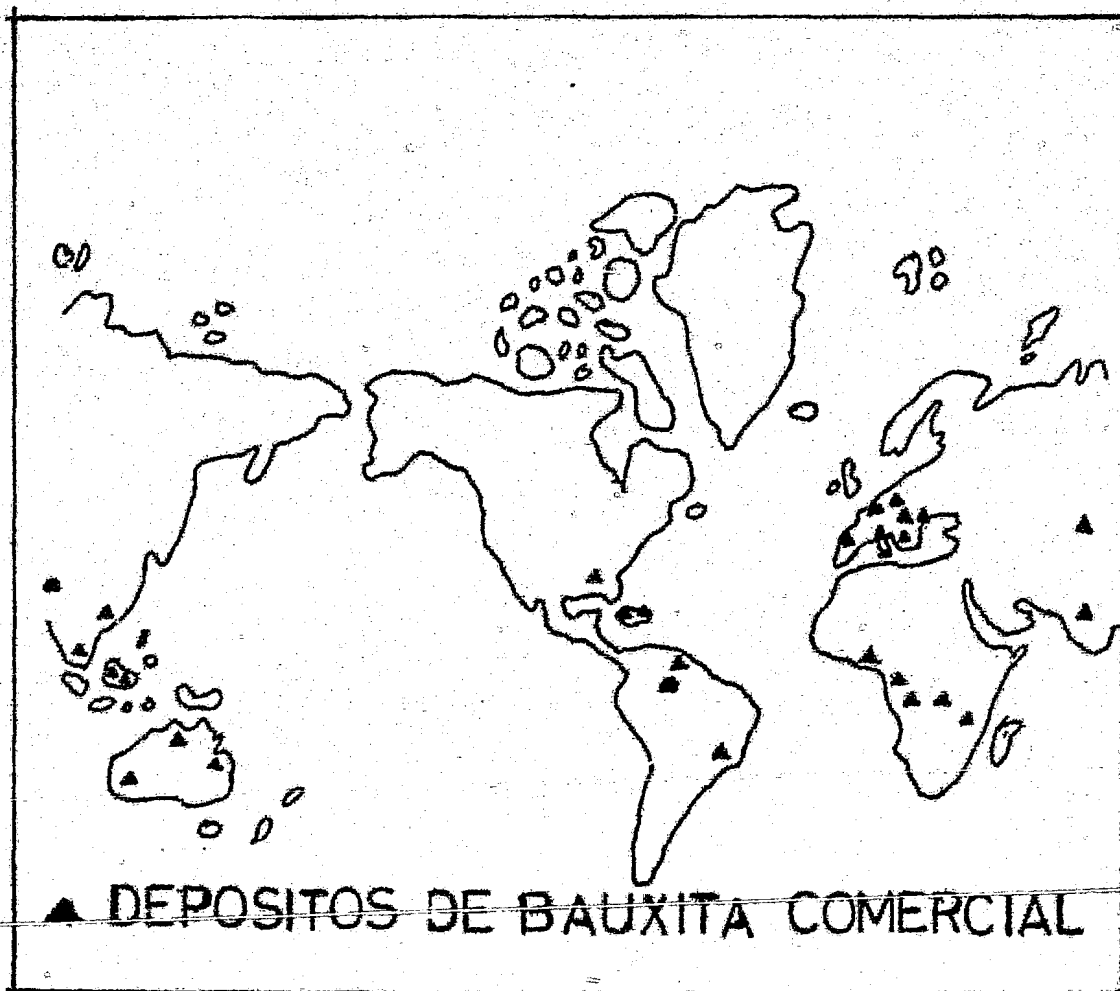


FIGURA 7 SITUACION DE LOS DEPOSITOS DE BAUXITA
COMERCIAL

Fuente: Asociación del Aluminio.

TABLA 1 RESERVAS Y RECURSOS MUNDIALES DE BAUXITA
AÑO (1978)

	<u>Reservas de Bau- xita (millones- toneladas lar-- gas)</u>	<u>Reservas</u>	<u>Otras Fuentes de Bauxita 1</u>	<u>Total Fuentes 1</u>
Norte América:				
Estados Unidos	20	10	40	50
Jamaica	2,000	450	50	500
Otros	180	40	30	70
Total 2	2,200	400	100	600
Sud América:				
Brasil	2,500	600	500	1,100
Guayana	1,000 ³	260	-	260
Surinam	490 ³	130	110	240
Venezuela	500	10	190	200
Total ²	4,500	1,135	935	2,070
Europa:				
Grecia	750	170	50	220
Hungría	200	45	20	65
U.R.S.S. ⁴	150	30	30	60
Yugoslavia	400 ³	85	-	85
Otros	90	20	50	70
Total ²	1,600	350	150	500

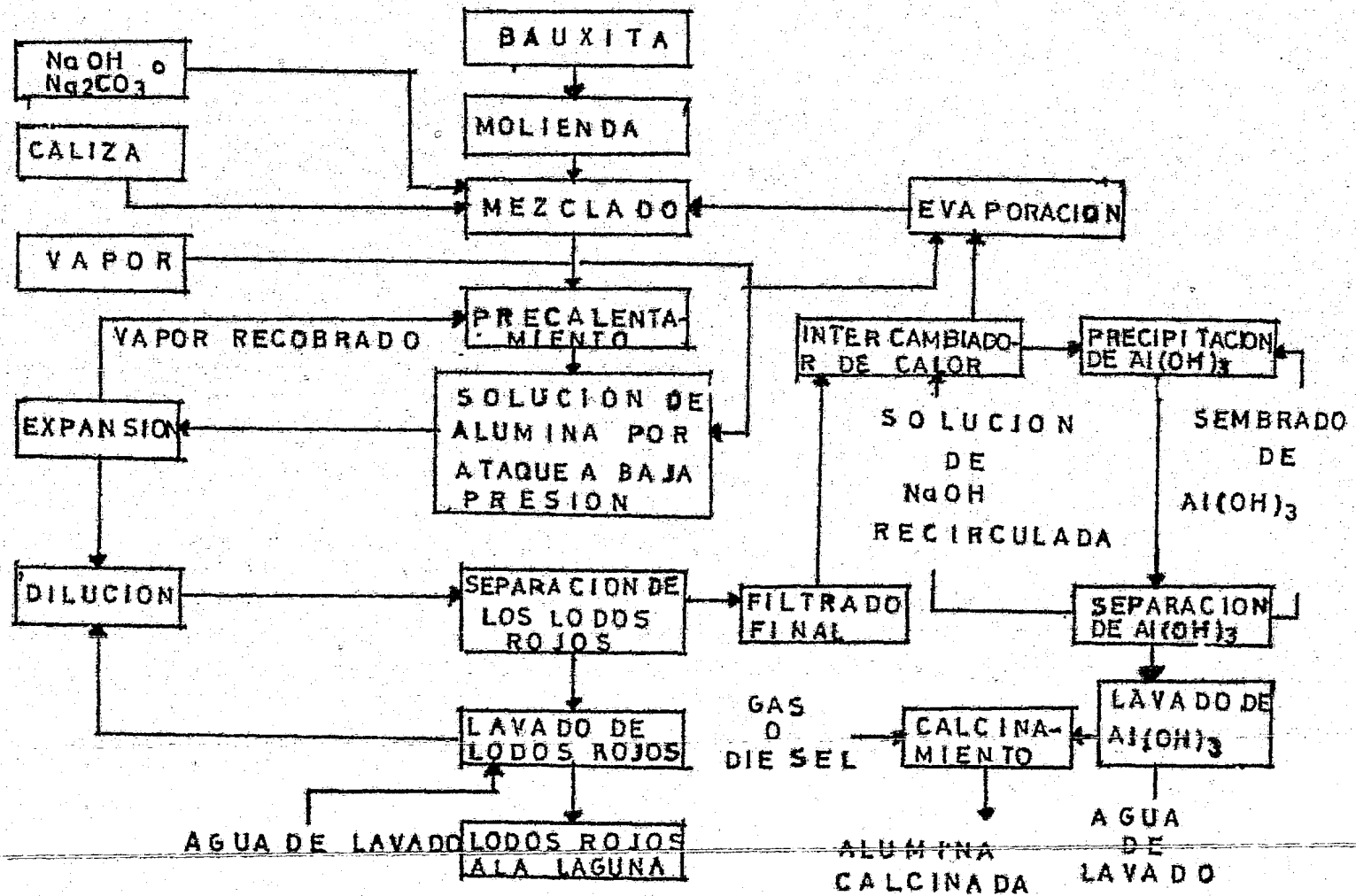
Continúa

	<u>Reservas de Bauxitas (millones toneladas lar-- gas)</u>	<u>Reservas</u>	<u>Otras Fuente de Bauxita 1</u>	<u>Total Fuente 1</u>
Africa:				
Camerún	1,000	200	220	420
Ghana	570 ³	130	10	140
Guinea	8,200 ³	1,900	-	1,900
Sierra Leona	130 ³	30	-	60
Otros	100	20	300	320
Total²	10,000	2,300	500	2,800
Asia:				
República Popular de China	150	30	170	200
India	1,400	320	80	400
Indonesia	700 ³	150	60	210
Otros	50	10	200	210
Total²	2,300	500	500	1,000
Oceanía:				
Australia	4,500	1,000	300	1,300
Otros	60	10	40	50
Total²	4,600	1,000	300	1,300
<u>TOTAL MUNDIAL</u>	<u>25,200</u>			

1 Incluye recursos subeconómicos identificados así como recursos hipotéticos y especulados, basados en datos sobre recursos de bauxita desarrollados por los departamentos Geological Survey and Bureau Of Mines of U.S.

C A P I T U L O I I

P R O C E S O S D E O B T E N C I O N D E A L U M I N A



PROCESO BAYER

PROCESO BAYER

DIGESTION.

Se utiliza una solución de sosa caústica (120-135 g/l Na_2O) a una temperatura de 140°C para bauxitas con alto contenido de gibsita.

Para materiales con alto contenido de Boemita se utilizan concentraciones de 200-300 g/l Na_2O , temperaturas de $200 - 250^\circ\text{C}$ /l y presión alrededor de 34 atm.

Las digestiones se llevan a cabo en autoclaves de Acero en reactores tubulares. Para insolubilizar la sílice presente, se deja 15-30 min. más a las mismas condiciones para formar el aluminio silicato de sodio.

SEPARACION Y LAVADO.

La separación se lleva a cabo por decantación a contracorriente, las aguas de lavado son combinadas con los licores más concentrados. Los lodos rojos son depositados en una prensa.

PRECIPITACION.

Los licores conteniendo el aluminato de sodio se enfrían entre 47-62°C para precipitar del 50% de alúmina presente en el licor. Para llevar a cabo la precipitación es necesario agregarle como semilla hidróxido de aluminio (4 veces la cantidad en solución) y se agita durante 20-80 hrs. El precipitado se filtra y se lava.

EVAPORACION.

La solución de aluminato de sodio obtenida después del lavado de los lodos rojos previo a la precipitación, son reconcentrados a sus características iniciales para esto se utilizan grandes equipos de evaporación.

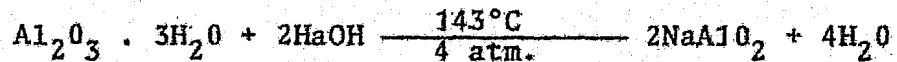
CALCINACION.

El hidróxido de aluminio obtenido de la precipitación es filtrado y lavado usualmente en filtros rotatorios.

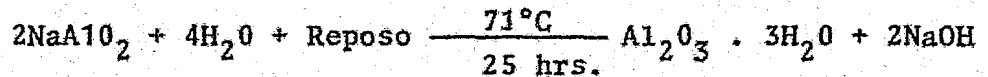
Estos filtros alimentan a hornos rotatorios donde la alúmina es calcinada a 1100-1200°C.

REACCIONES PRINCIPALES DEL PROCESO BAYER.

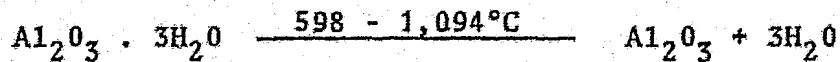
I.- Digestión.



II.- Precipitación.

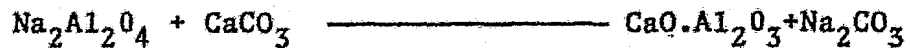


III.- Calcinación.

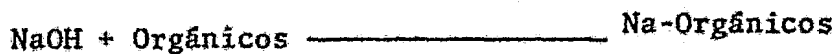


IV.- Otras reacciones:

Pérdida de alúmina



○ Pérdida de hidróxido de sodio



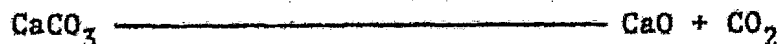
Reacción de caustificación



Reacción reversible



Reacción para producir óxido de calcio



A) OTROS PROCESOS DE EXTRACCION.

En el tratamiento de bauxitas de alta sílice, el Proceso Bayer es suplementado por una sobresaliente derivación del Proceso Sainte Claire Deville. Los lodos rojos los cuales son muy ricos en alúmino silicato de sodio, son tratados bajo una calcinación a 1100-1200°C después de la adición de carbonato de calcio y un complemento de carbonato de sodio. La mayor parte de la alúmina cambia a aluminato de sodio, la cual es lixiviada con una lejía y restaurada al circuito del Proceso Bayer.

Este proceso combinado, o proceso de sinterizado es usado en el tratamiento de la bauxita de Arkansas en E.U.A.

Desde hace algunos años una técnica similar ha sido aplicada en gran escala en la U.R.S.S. para el tratamiento de las nefelinas, aunque sin el ataque usado en el Proceso Bayer, se calcina una mezcla de nefelina y carbonato de calcio, el producto calcinado se somete a lixiviación caustica posteriormente a los aluminatos alcalinos se les alimenta una corriente de dióxido de carbono, para precipitar la alúmina, recuperándose también los carbonatos de sodio y potasio. El silicato de calcio obtenido es calcinado nuevamente para la producción de cemento.

Como las nefelinas son pobres en alúmina alrededor del 20% y ricas en sílice, se obtienen grandes cantidades de cemento y de carbonatos alcalinos los cuales juegan como subproductos, un papel muy importante en la economía del proceso.

Otros procesos obteniendo aluminato de calcio como producto intermedio han sido propuestos. Consistiendo en la calcinación o fusión de los minerales aluminosos con caliza; una costra o escoria es obtenida, la cual consiste en una mezcla de alúmino silicatos de calcio.

La alúmina es entonces solubilizada por adición de una solución de carbonato de sodio, de acuerdo a la siguiente reacción:



después de la cual se precipita con dióxido de carbono y obteniéndose carbonato de sodio el cual es restaurado al circuito.

La instalación de este tipo de procesos es usado en una pequeña fábrica de Noruega, data de 1936 la cual usa la técnica Pedersen.

TABLA 2 CAPACIDAD DE LAS PRINCIPALES OPERACIONES MINE-
RAS DE BAUXITA EN PAISES CON ECONOMICA DE
MERCADO LIBRE 1976.

<u>COMPANIA</u>	<u>PAIS</u>	<u>CAPACIDAD ANUAL ESTIMADA TONELADAS LARGAS</u>
<u>ALCAN:</u>		
Alcan Jamaica Ltd.	JAMAICA	3,000
Johre Mining & Stevedoring (75% Alcan)	MALASIA	800
S.A. des Bauxites et Alumi- nes de Provence	FRANCIA	727
Indian Aluminum Co. Ltd. (55% Alcan)	INDIA	400
Alcan Alumino de Brasil, S.A.	BRASIL	300
<u>ALCOA:</u>		
Alcoa of Australia Pty Ltd. (51% Alcoa)	AUSTRALIA	10,000
Alcoa Exploration Co.	REP. DOMINCANA	1,400
Alcoa Minerals of Jamaica	JAMAICA	1,800
Aluminum Co. of America	ESTADOS UNIDOS	1,000
Surinam Aluminum Co.	SURINAM	4,800
Cia Mineira de Aluminio	BRASIL	440

<u>COMPANIA</u>	<u>PAIS</u>	<u>CAPACIDAD ANUAL ESTIMADA TONELADAS LARGAS</u>
<u>ALUSUISSE:</u>		
Delphi Bauxites, S.A. (50% Alusuisse en 1969)	GRECIA	-
Sierra Leona Ore & Metal	SIERRA LEONA	750
Societe Anonyme des Bauxites de France	FRANCIA	300
Societa Alumino Veneto per Azioni (94 - Alusuisse)	ITALIA	-
Nabalco (70% Alusuisse)	AUSTRALIA	5,000
Alumina Partners of Jamaica (Kaiser 36.5%, Reynolds 36.5%, Anaconda 27%)	JAMAICA	1,800
Bauxite Industry Development Co. Ltd. (BIDCO) (Guayanese National Bauxite Co.)	GUAYANA	2,600
Bauxites Parnase Mining S.A.	GRECIA	2,000
Compagnie des Bauxites de Guinee (Halco Mining 51%, Rep. de Guinee 49%)	GUINEA	7,968
Eleusis Bauxites Mines S.A.	GRECIA	720
Friguia, Cie. Internationale pour la Production d'Alumine (Frialco 51%, Rep. de Guinea 49%)	GUINEA	1,961
<u>KAISER:</u>		
Kaiser Bauxite Co. (51% Kaiser)	JAMAICA	7,633
Commonwealth Aluminum Corp. (45%)	AUSTRALIA	11,000
Hindustan Aluminum Corp. (27% Kaiser)	INDIA	150

<u>COMPANIA</u>	<u>PAIS</u>	<u>CAPACIDAD ANUAL ESTIMADA TONELADAS LARGAS</u>
Kindia Bauxite Office (OBK)	GUINEA	1,881
N.V. Billitton Maatschppij	SURINAM	3,000
<u>PECHINEY (PUK):</u>		
Pechiney	FRANCIA	2,500
Distomon Hellenic Bauxites (Pechiney 73%)	GRECIA	411
<u>REYNOLDS:</u>		
Reynolds Haitian Mines Ltd.	HAITI	800
Reynolds Jamaica Mines Ltd. (49% Reynolds)	JAMAICA	2,700
Reynolds Mining Corp.	ESTADOS UNIDOS	1,200
TOTAL MUNDO: PAISES CON MERCADO LIBRE		79,141

1 Participantes de Halco: Alcan 27%, Alcoa 27%

2 Frialco consiste de Noranda 38.5%, British Aluminum Co. 10%, Alusuisse 10%, VAW 5%, PUK 36.4%.

FUENTE: ROGERS, S.P., 1978; U.S. Bureau of Minnes, 1977;
OECD, 1976; Reportes anuales de compaÑias.

C A P I T U L O I I I**SITUACION ACTUAL DEL MERCADO DE ALUMINA EN
MEXICO**

SITUACION ACTUAL DEL MERCADO DE LA ALUMINA EN MEXICO.

GENERALIDADES.

Factores tales como la demanda, tecnología y costos, limitan generalmente como materia prima para la obtención de aluminio y sus compuestos a las bauxitas. La mayoría de las reservas de bauxita se encuentran en las áreas menos industrializadas del mundo, lejos de las áreas con recursos para reducción del aluminio, y lejos de los centros de consumo; haciendo la disponibilidad de la bauxita sensitiva a cambios en el clima político de esas áreas.

La demanda de minerales aluminosos, es derivada en su mayor parte de la demanda de alúmina la cual también principalmente depende de la demanda de metal aluminio.

La tendencia de la demanda mundial de aluminio estimada, por algunos proyeccionistas entre ellos Malenbaum (Estudio 1977) que es de los más recientes, estima una tasa de crecimiento de 4.1% anual para el período de 1975-2000.

La distribución del aluminio como metal base con respecto a su uso es aproximadamente 5% en forma de bauxita para la fabricación de refractarios y algunos productos químicos 7% en forma de alúmina que es utilizada para fabricar abrasivos, vi-

drios, refractarios y cerámicas y el restante 88% en forma de aluminio metálico que es obtenido también de alúmina.

El objetivo del presente capítulo es mostrar las características de mercado de la alúmina en México.

1.1. El Producto en el Mercado.

El aluminio así como sus componentes se derivan de la alúmina calcinada y de alúmina hidratada ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), los cuales se obtienen por tratamiento de arcillas bauxíticas por el proceso Bayer.

La alúmina se presenta como un polvo blanco siendo generalmente un producto de consumo intermedio.

1.2 Características.

El Al_2O_3 es el producto calcinado del proceso Bayer y otros procesos combinados. En forma comercial es un polvo fino conteniendo cerca de 0.5% de impurezas.

En seguida se presenta un análisis típico de alúmina que se pueden usar en la producción de aluminio:

<u>COMPUESTO</u>	<u>%</u>
Sílice (SiO_2)	0.02
Oxido Férrico (Fe_2O_3)	0.02
Pentóxido de fósforo (P_2O_5)	0.00
Dióxido de Titanio (TiO_2)	0.003
Oxido de Potasio (K_2O)	0.000
Oxido sulfuroso (SO_2)	0.000
Oxido de sodio (Na_2O)	0.450
Oxido de Calcio (CaO)	0.020
Plomo (Pb)	0.000
Aluminio (Al_2O_3)	Balance
Pérdidas por ignición y absorción de agua	
Pérdidas por ignición (1000°C)	2.67
Absorción de agua	3.16

1.3. Usos:

Dependiendo de sus usos la alúmina se clasifica en 3 -- grupos:

a) Alúmina activada.

Es una forma granular y altamente porosa de óxido de aluminio que es utilizada para deshidratar gases, algunos líquidos y vapores en la industria química y petrolera.

Cuando se satura puede ser reactivada por calentamiento de un rango de temperatura de 176°C - 315°C.

b) Alúmina calcinada.

Es alúmina alfa de alta pureza, producida por calentamiento a una temperatura de 1100°C - 1260°C de la alúmina hidratada ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), precipitada del licor de aluminato de sodio en el tratamiento de minerales bauxíticos por el proceso Bayer.

Su uso principal es para obtención de aluminio. Varios grados de alúmina calcinada son producidos bajo condiciones controladas, utilizándose como abrasivo y como refractario de alta temperatura; cerámicas de alta calidad con un punto de fusión de 2037°C y una dureza de 9 en la escala de Mohs, son fabricadas de alúmina calcinada a 1482°C - 1593°C.

c) Alúmina Tabular (Corundo Artificial).

Es preparada por calentamiento del $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ligeramente abajo del punto de fusión de la alúmina ($2037^\circ C$). Es usado en refractarios, aisladores y como filtro para plástico.

2. Mercado.

2.1. Area de mercado.

Los principales consumidores de alúmina son las empresas que producen aluminio, refractarios, abrasivos, fundiciones, productos cerámicos, pinturas, telas, cervezas, productos eléctricos y productos químicos. El área principal está constituida por las ciudades de Veracruz, Monterrey, N.L., Estado de México y México, D.F.

Puebla, Pue.	Morton, S.A.
Veracruz, Ver.	Aluminio, S.A. de C.V.
Orizaba, Ver.	Productos Químicos Naturales, S.A.
Monterrey, N.L.	Casa Rocas, S.A.
	Cristalería, S.A.
	Cristales Mexicanos, S.A.
	Fábrica de Ladrillos Industriales y Refractarios.

Fábrica de Ladrillos "Harbison
Walker Flir", S.A.

Metales Industrializados, S.A.

Proveedora de Productos Químicos, S.A.

Vidrieria Monterrey, S.A.

Estado de México

Aga de México, S.A.

Barronex, S.A. de C.V.

Bujías Mexicanas, S.A.

Electroquímica Mexicana, S.A.

Fábrica Nacional de Liga, S.A. de C.V.

J.T. Baker, S.A. de C.V.

Kelsey Hayes de México, S.A.

Kimex, S.A.

Merck México, S.A.

Pall, S.A.

Sayer Lack Mexicana, S.A.

Voller, S.A.

México, D.F.

Abex Industrial, S.A.

Altos Hornos de México, S.A.

Bujías Champion de México, S.A. de C.V.

Celanese Mexicana, S.A.

Celulosa y Derivados, S.A.

Cervecería Cuauhtémoc, S.A.

Cervecería Moctezuma, S.A.
Cía. Mexicana de Refractarios, A.P.
Green, S.A.
Cía. Nacional de Abrasivos, S.A.
Contactos y Electrodo Mallory, S.A.
Fábrica de Loza "El Anfora", S.A.
Ferro Mexicana, S.A. de C.V.
Gases Mexicanos, S.A.
Di Fil Pinturas, S.A.
Industrias Unidas, S.A.
Instituto Mexicano del Petróleo
J.B. Williams, S.A. de C.V.
Ladrillera Monterrey, S.A.
Manufactura Mexicana de Partes de
Automóviles, S.A.
Materias Primas, S.A.
Metal-Química Mexicana, S.A.
Negromex, S.A.
Oxymen, S.A. de C.V.
Plibrico de México, S.A. de C.V.
Prister Paris, S.A. de C.V.
Productos de Maíz, S.A. de C.V.
Proveedores Químicos Generales, S.A.
de C.V.
Syntex, S.A.

3M México, S.A. de C.V.

Vitro Fibras, S.A.

Voller, S.A.

3. DEMANDA DE ALUMINA.

En México de acuerdo con los datos estadísticos de producción, importación, exportación y consumo nacional aparente, se puede concluir que no se han encontrado procesos económicamente factibles para la obtención de alúmina ya que siempre se ha importado ésta, teniéndose que sujetar los demandantes a las políticas internacionales de los proveedores.

3.2. Importación.

En la tabla # 1 se muestran las cantidades de alúmina importadas durante el período de 1970- 1980. Los principales países a los que se les compra alúmina es a E.U.A., Canadá e Italia.

3.3. Exportaciones:

No se encuentran estadísticas de este concepto.

3.4. Consumo Nacional Aparente.

Se considera que las importaciones es el Consumo Nacional Aparente, debido a que no hay datos registrados de producción y exportación.

Concluyendo que las importaciones cubren totalmente la demanda existente.

3.5. Proyección de la Demanda de Alúmina.

Del análisis del consumo de alúmina en el período de 1970 a 1982 se observan altas y bajas que no permiten definir una tendencia lineal, por lo cual no fue posible calcular por métodos estadísticos una proyección de la demanda.

TABLA # 1

IMPORTACION DE ALUMINA (Al_2O_3) EN MEXICO
PERIODO 1970-1980

<u>AÑO</u>	<u>VOLUMEN</u> <u>Ton.</u>	<u>VALOR</u> <u>\$</u>	<u>VALOR</u> <u>\$/Ton.</u>
1970	74,067	71,094,000	960
1971	82,253	73,559,000	894
1972	80,706	76,572,996	994
1973	86,429	94,639,755	1,095
1974	92,151	114,343,295	1,241
1975	85,155	153,691,596	1,805
1976	93,055	206,668,779	2,221
1977	96,107	370,707,303	3,857
1978	93,760	418,485,059	4,463
1979	96,783	472,121,352	4,878
1980	87,790	545,506,231	6,214
1981	68,273	570,997,500	8,363
1982	71,770	1'508,375,600	21,017

FUENTE: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana.

3.6 Situación Histórica del Consumo de $Al(OH)_3$.

Otro de los productos importantes de aluminio es el hidróxido de aluminio, se utiliza en varias industrias principalmente para la obtención de productos químicos. En la tabla # 2 se presenta el Consumo Nacional Aparente de $Al(OH)_3$, el cual es igual a las importaciones por carecer de producción y exportación.

TABLA # 2

CONSUMO NACIONAL APARENTE DE HIDROXIDO DE ALUMINIO EN MEXICO

<u>AÑO</u>	<u>VALOR \$/TON.</u>	<u>TON.</u>	<u>VALOR PESOS</u>
1974	1,461	10,103	14'756,453
1975	1,683	3,751	6'314,205
1976	2,303	11,945	27'510,696
1977	3,386	12,909	43'710,800
1978	3,847	14,729	56'656,876
1979	3,714	18,498	68'707,221
1980	4,292	16,063	68'941,089
1981	6,053	17,712	107'210,740
1982	14,929	10,673	159'933,722

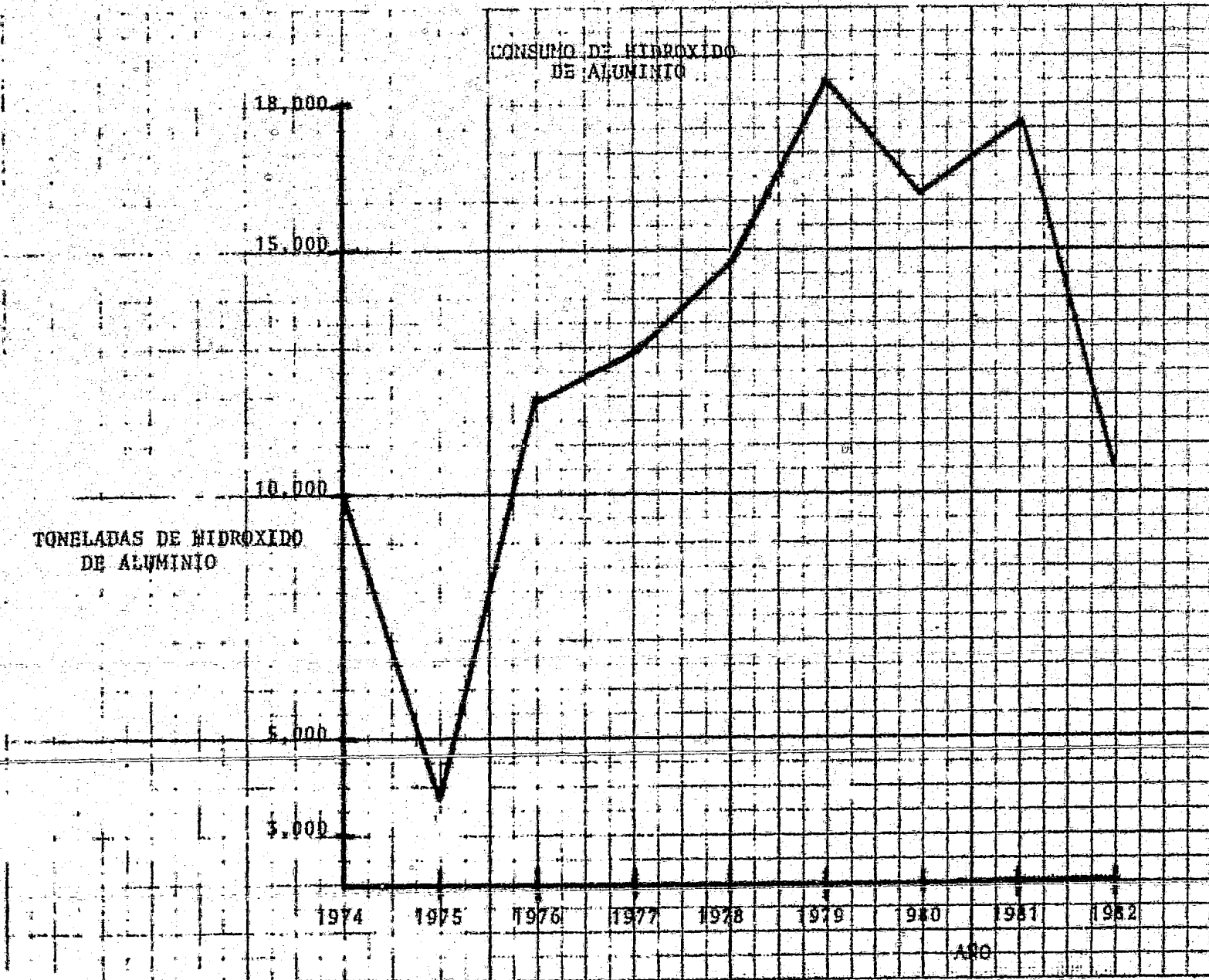
3.7. Proyección de la Demanda de $Al(OH)_3$.

En la tabla # 3 se señala la proyección de la demanda, deriva de los datos de importación, los cuales muestran un incremento anual promedio de 940 toneladas.

TABLA # 3.

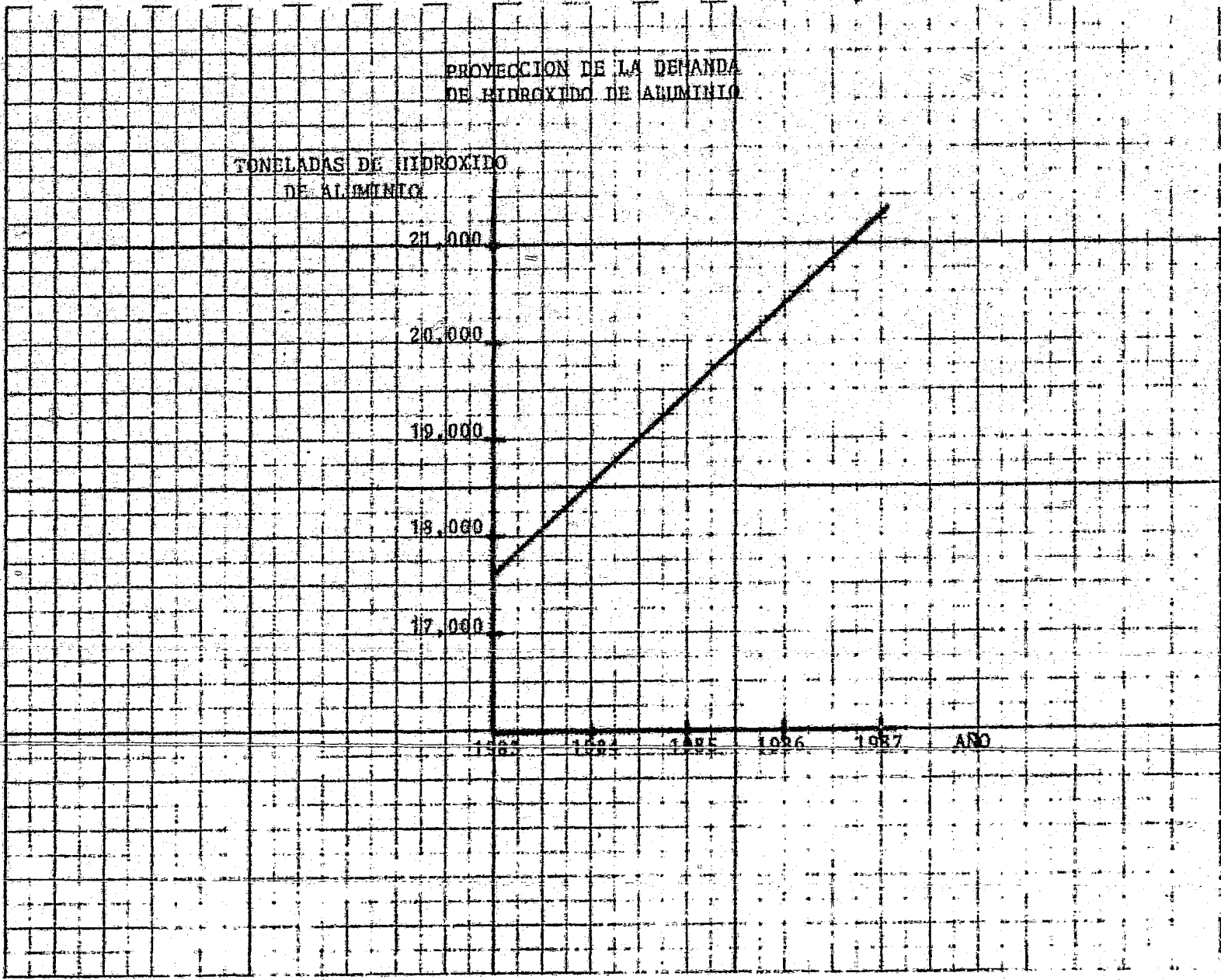
PROYECCION DE LA DEMANDA DE HIDROXIDO DE ALUMINIO EN
MEXICO

<u>AÑO</u>	<u>VOLUMEN DE TONELADAS.</u>
1983	17,568
1984	18,508
1985	19,447
1986	20,387
1987	21,326



PROYECCION DE LA DEMANDA
DE HIDROXIDO DE ALUMINIO

TONELADAS DE HIDROXIDO
DE ALUMINIO



4. OFERTA.

Aunque en el mercado nacional se encuentra alúmina, en México no existe producción de alúmina; el empleo que de esta existe en las industrias del aluminio, abrasivos, pinturas y en otros de menor consumo, es cubierta en su totalidad por las importaciones.

4.1. Principales Oferentes de Alúmina.

Debido a que las empresas que consumen alúmina, necesitan grandes cantidades de este producto, importan directamente la alúmina a diferentes países siendo los más importantes E.U.A., Canadá e Italia.

Los principales distribuidores de alúmina en menor escala son los siguientes:

MERCK MEXICO, S.A.

Calle 5 # 7

Fracc. Alce Blanco

Naucalpan Juárez Edo. de México

Tel: 576-14-00

PROVEEDORES QUIMICOS GENERALES, S.A. de C.V.

Av. Ceylan No. 539

México 15, D.F.

Tel: 567-01-60

J.T. BAKER, S.A. de C.V.

Plomo No. 2

Frac. Industrial Esfuerzo Nacional

Xalostoc, Mpio. de Ecatepec de Morelos.

Edo. de México

Tel. 569-11-00

569-18-26

4.2. Sistemas de Comercialización Empleados.

La alúmina disponible en el mercado se presenta en forma de polvo, las ventas se hacen al contado y directamente a la compañía solicitante, siendo los precios LAB planta vendedora.

Los productores de aluminio y abrasivos, que necesitan la alúmina lo compran ~~directamente a las compañías extranjeras.~~

5. BALANCE-OFERTA-DEMANDA:

El objetivo de efectuar el balance-oferta-demanda es de determinar los volúmenes de demanda insatisfecha del producto que se esta analizando. La demanda insatisfecha se obtiene de la diferencia entre la demanda y la oferta proyectada para un determinado número de años.

En el caso de la alúmina, toda la demanda existente se considera como demanda insatisfecha, debido a que no existe oferta nacional de este producto, siendo cubierta la demanda por importaciones.

5.1. Comercialización del Producto.

La comercialización de la alúmina que se desea elaborar es muy importante, ya que constituye la base para encauzar la producción de la planta hacia el mercado.

Como primer paso se debe solicitar al Gobierno Federal un control de la importación de alúmina, mediante un cierre parcial de fronteras, esto es con el fin de garantizar el consumo de un producto manufacturado en el país.

5.2. Canales de Comercialización Propuestos.

Los tratos se harían directamente con los consumidores y el precio de venta sería LAB planta productora. Las ventas se realizarían tanto a crédito como al contado.

5.3. Precios de Importación.

El análisis de precios se realizó en base al valor de las importaciones de alúmina en el período 1970-1982. En la tabla # 5 se enlistan los precios promedio para cada uno de los años comprendidos en este período; en ella se observa que los precios se incrementan desde el año de 1970-1982 año en que la tonelada alcanzó un precio de \$ 6,214.00.

~~La proyección de los precios de importación de la alúmina~~ (Tabla # 5) se determinó en base a los datos de la Tabla # 4.

La tendencia de los precios es positiva incrementándose aproximadamente \$ 528.00 anualmente.

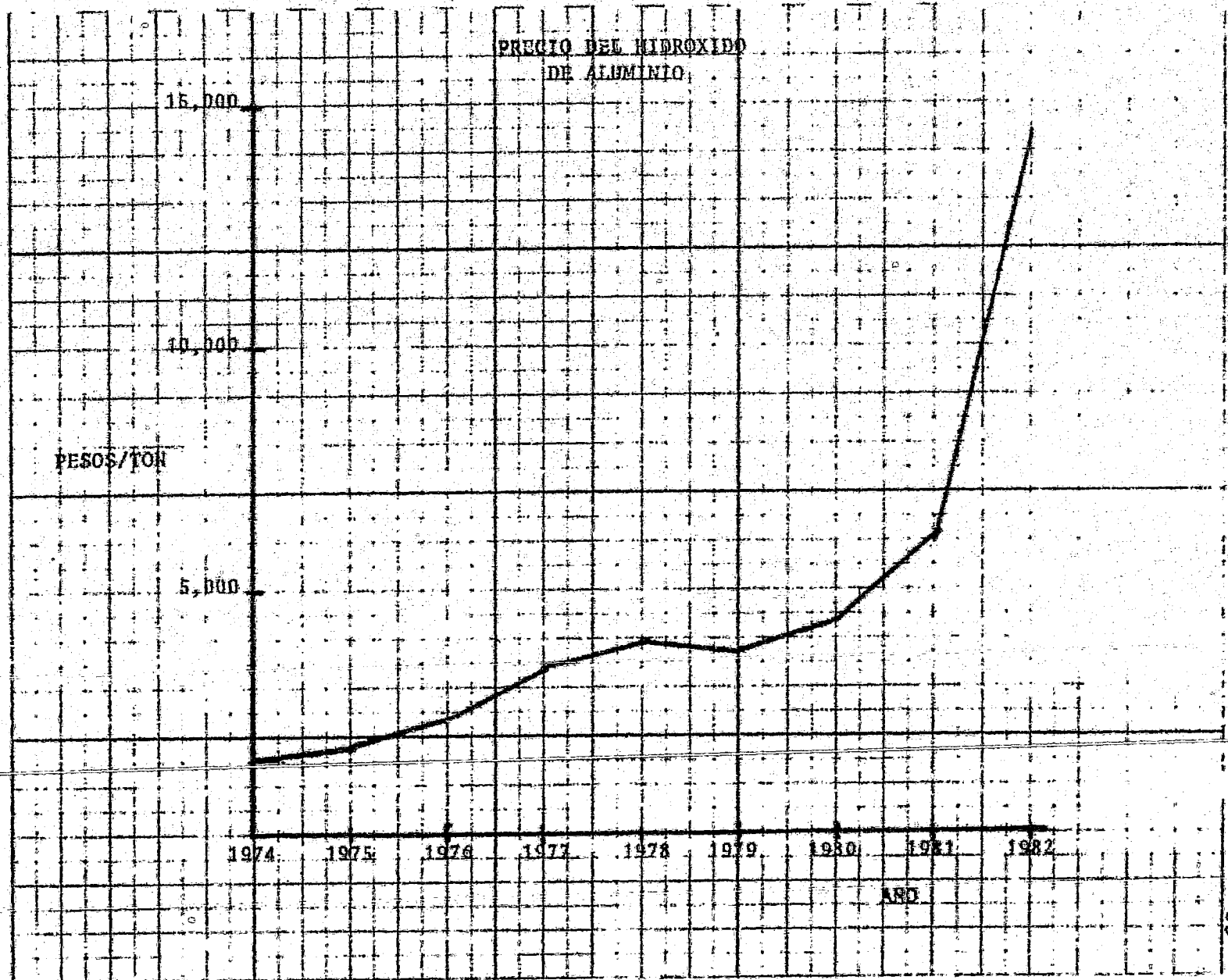
TABLA # 4PRECIOS DE IMPORTACION DE ALUMINA
PERIODO DE 1970-1980

<u>AÑO</u>	<u>PESOS/TON.</u>
1970	960
1971	894
1972	949
1973	1,095
1974	1,241
1975	1,805
1976	2,221
1977	3,857
1978	4,463
1979	4,878
1980	6,214
1981	8,363
1982	21,017

TABLA # 5.PROYECCION DEL PRECIO DE ALUMINA
PERIODO 1983-1987

<u>AÑO</u>	<u>PESOS/TON.</u>
1983	23,302
1984	25,588
1985	27,874
1986	30,160
1987	32,445

PRECIO DEL HIDROXIDO
DE ALUMINIO



PRECIO DE LA ALUMINA

PESOS/TON

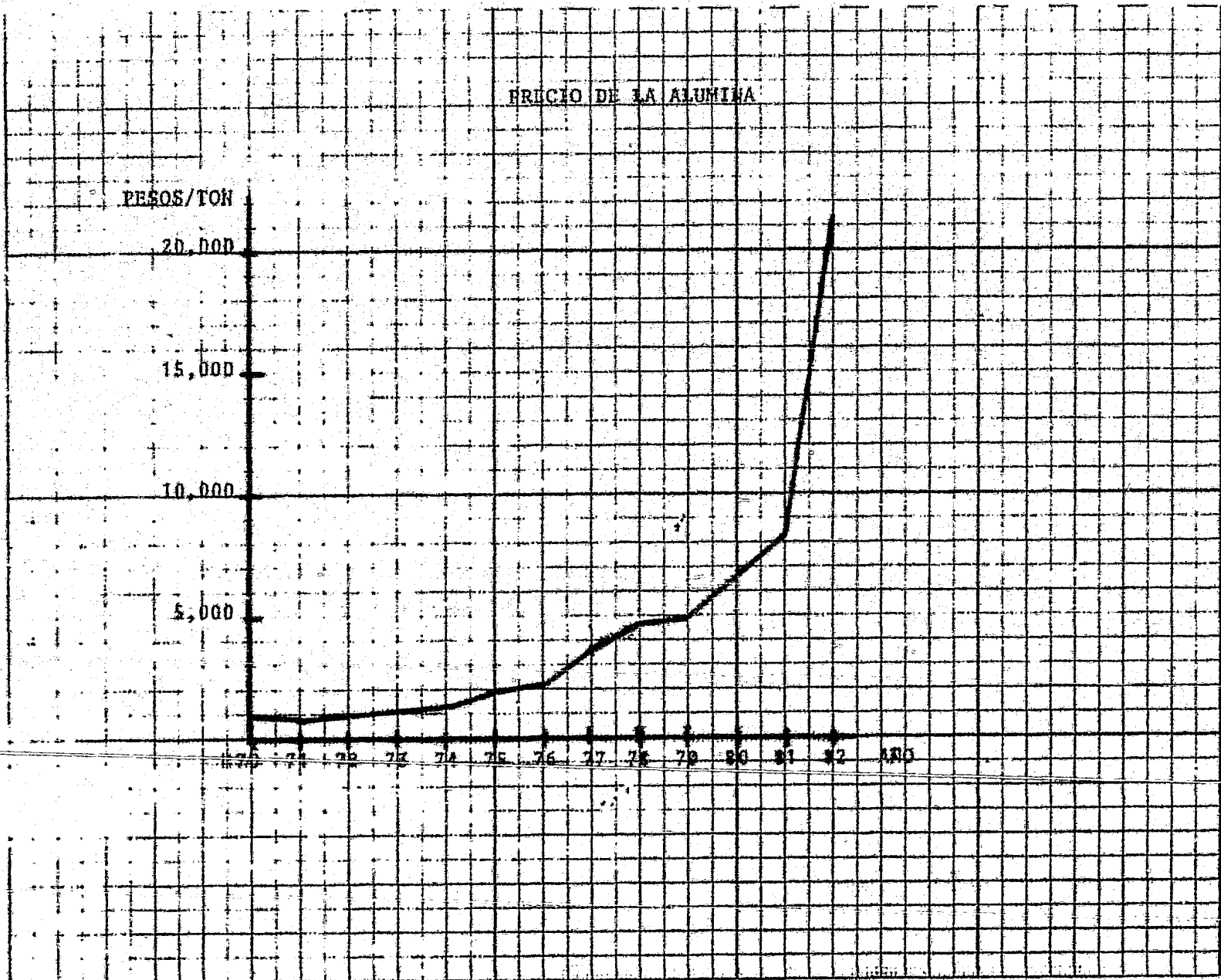
20,000

15,000

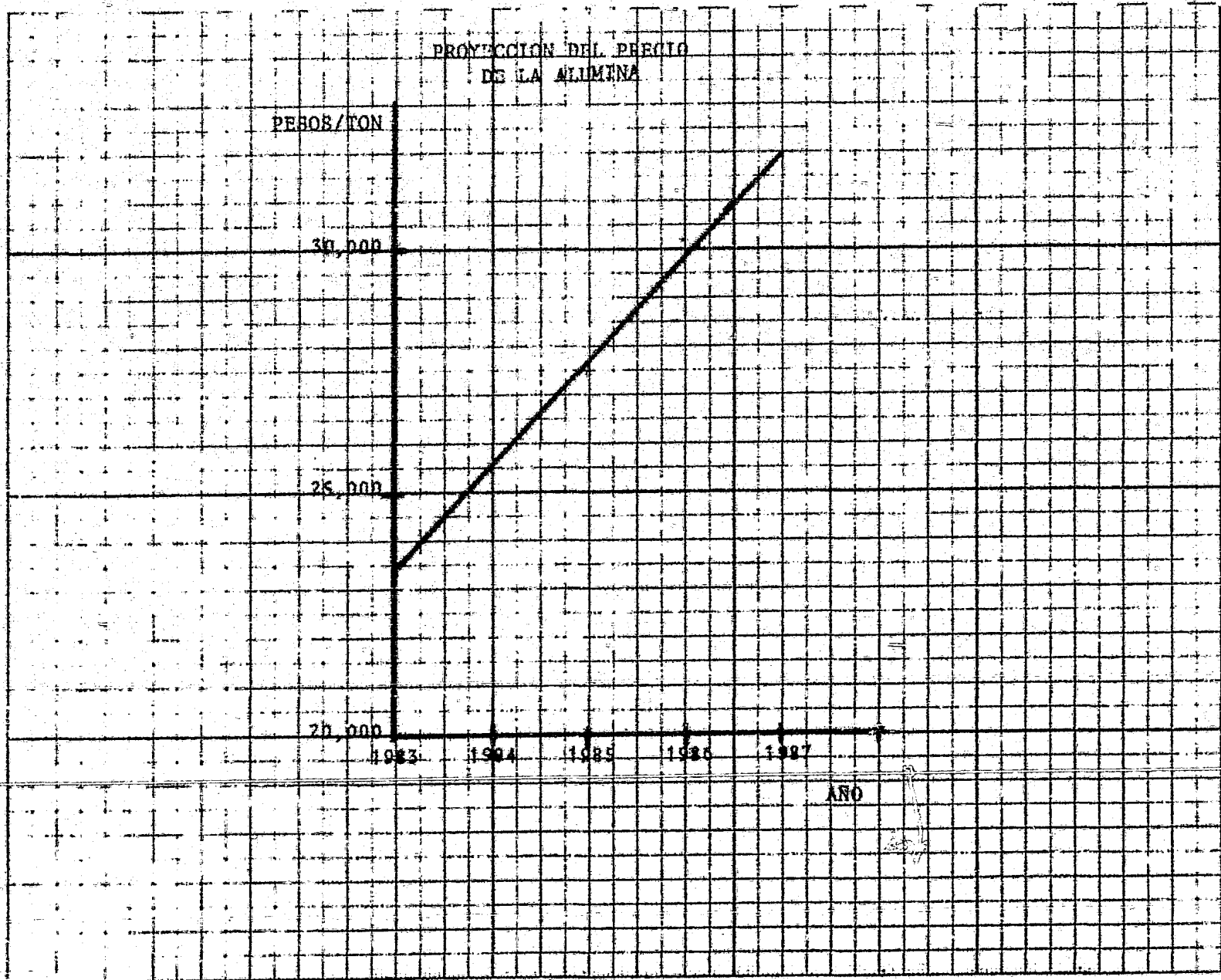
10,000

5,000

75 76 77 78 79 80 81 82 1980



PROYECCION DEL PRECIO
DE LA ALUMINA



C A P I T U L O I V

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICO
ECONOMICO

DESARROLLO DEL PROCESO

Para la extracción de Alúmina de las arcillas encontradas se hicieron pruebas preeliminares utilizando el Proceso Bayer, encontrando que por el alto contenido de Sílice, las condiciones de este proceso extraen poca Alúmina debido a la formación de Sílico aluminato de Sodio, el cual precipita ocasionando altas pérdidas de Sosa caústica y Alúmina.

Posteriormente se probó con bajas temperaturas 80-100°C y a presión atmosférica encontrando que una fracción mínima de la Sílice reaccionaba con la Sosa, por lo que se procedió a efectuar un diseño experimental para optimizar la extracción de Alúmina.

Para este diseño se consideraron como variables a manejar la relación entre la arcilla, sosa y agua, así como el tiempo de reacción. Se consideró como constantes la temperatura y la presión.

DISEÑO EXPERIMENTAL.

Todas las pruebas fueron realizadas por duplicado repitiéndose las que tenían valores incongruentes.

Del diseño se encontro que las condiciones mejores de extracción a nivel laboratorio fueron:

Arcilla	Agua (H ₂ O)	Sosa Caustica (NaOH)	Tiempo Reacción
1 kg.	3 kg.	0.5 kg.	30 min.
Temp. Reacción			
85° C			

Como producto final se obtuvo hidróxido de Aluminio por la Técnica de Cristalización.

Para determinar la prefactibilidad del proceso se efectuó lo siguiente:

- 1) Características Generales de la Instalación Industrial.
- 2) Estudio Económico.

INTRODUCCION

TAMANO DE LA PLANTA.

Para estimar el tamaño de la planta, se tomó como base el consumo aparente de alumina que se tendrá en el año de 1983 que según el estudio de mercado será de 107,425 tons. Por lo que con las reservas probadas de arcilla se podrá operar la planta por un período de 15.16 años. Teniendo que la capacidad anual sera de 488,295 tons. de arcilla con 22% de alúmina-extraíble.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Minado. Por las características de los yacimientos de arcilla se planea efectuar el minado mediante cargadores frontales, los cuales atacaran las arcillas directamente formando bancos de poca altura (5 mts.).

Este tipo de explotación es similar al empleado en otros yacimientos como Jamaica y Surinam, aunque en nuestro caso con menor dificultad por la altura del tajo.

El ritmo de explotación será de 1400 tons. diarias debiéndose efectuar en un turno de 8 hrs. ya que durante la ma-

por parte del año se tienen fuertes lluvias por la tarde y la noche lo cual dificulta la operación.

Para el transporte de la arcilla del yacimiento a la planta, se considera la utilización de camiones de 50 tons. Los que por su capacidad y rodada se hacen recomendables para este tipo de trabajo.

Preparación de la Arcilla. La arcilla procedente del patio, se acondicionará en tanques agitadores, durante el acondicionamiento se disgregará la arcilla y se efectuarán los ajustes finales de las condiciones de extracción.

Extracción de Alúmina. Para efectuar la extracción se utilizará una serie de reactores. En los reactores se retendrá la pulpa durante 30 minutos con agitación vigorosa y temperatura de ebullición, alcanzándose esta mediante un enchaquetado de vapor.

Después de efectuada la reacción de extracción se procede a la separación de sólidos y líquido mediante espesadores, ciclones y filtros prensa. Los lodos obtenidos son lavados en tanques decantadores, evaporándose el agua de lavado para recuperar los valores de cáusticos y alúmina.

Cristalización de Alúmina. Al licor obtenido en la filtración se envía a tanques cristalizadores en donde se retiene el licor durante 72 hrs. a una temperatura de 60°C promedio, precipitándose en este período de tiempo, hidróxido de Aluminio, el cual se separa mediante filtración, enviándose el filtrado a un tanque de almacenamiento para recircularlo al Proceso.

La mayor parte del hidróxido de aluminio es lavado y posteriormente calcinado en un horno rotatorio a una temperatura entre 900-1000°C. El producto de calcinación óxido de aluminio es almacenado en tolvas para su embarque.

Una parte del hidróxido obtenido en la precipitación es recirculado a los cristalizadores para utilizarlo como siembra.

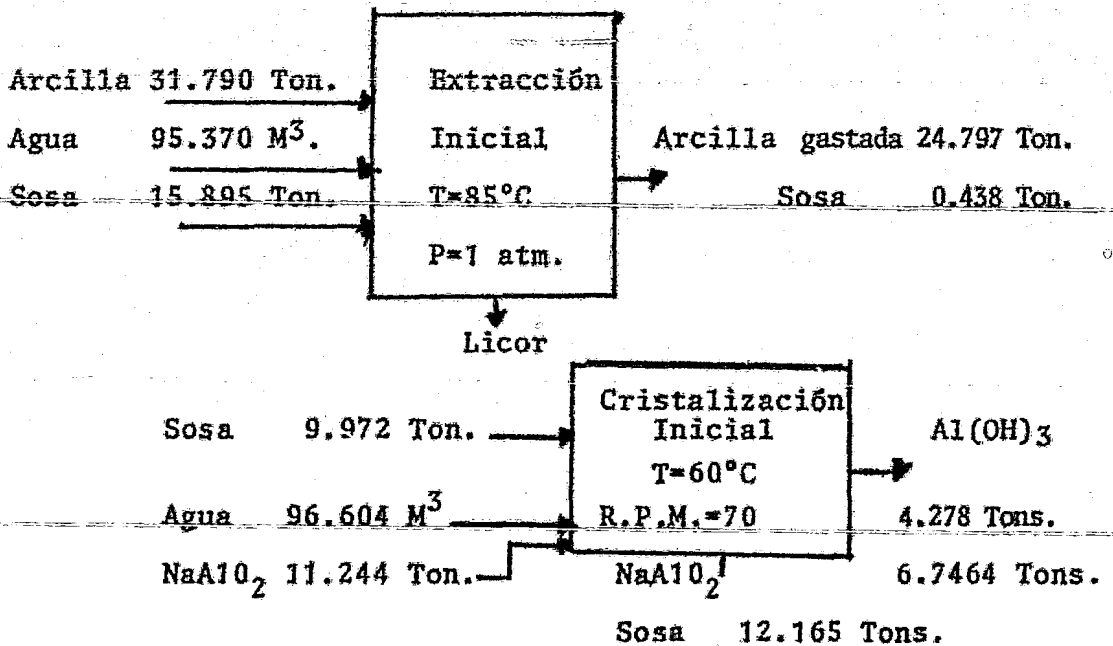
BALANCE DEL PROCESO

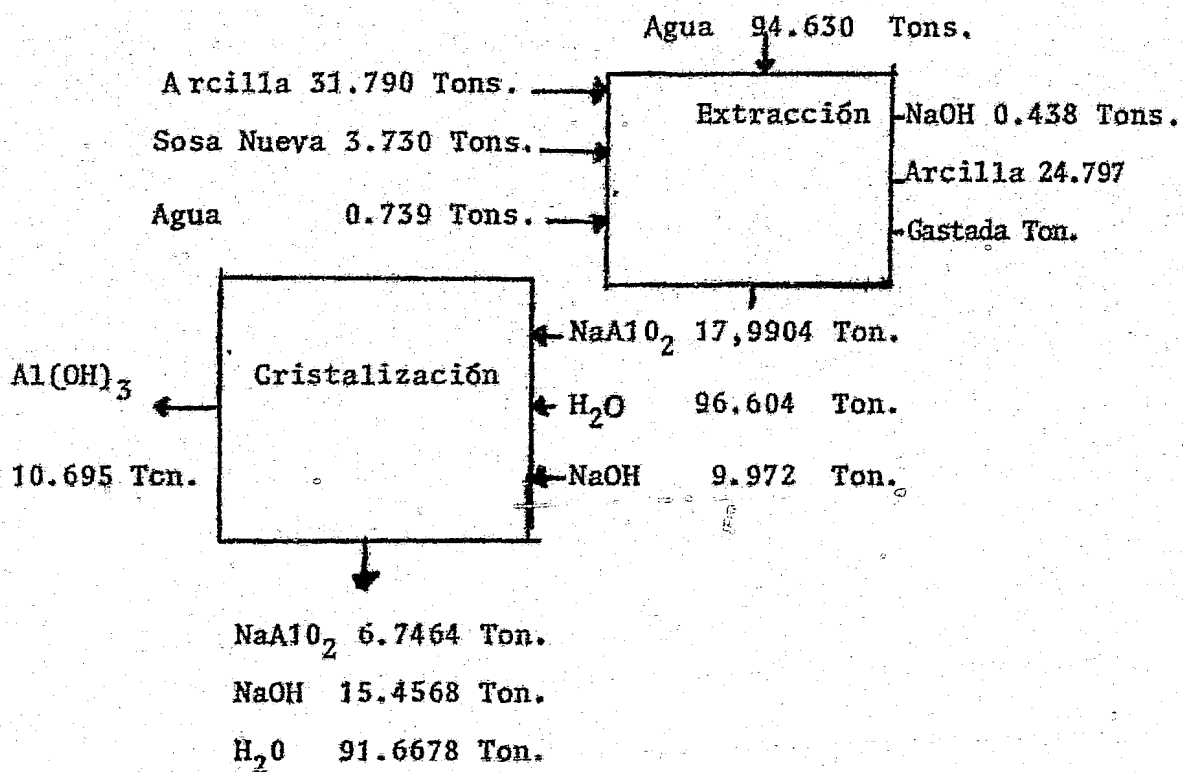
Como base para el balance se tomaron los datos obtenidos en laboratorio.

Condiciones Extracción

Arcilla	Agua	NaOH	Tiempo de Reacción	Temp. de Reacción	Presión
1 Ton.	3 M ³	0.5 Ton.	30 Min.	85°C	1 atm.

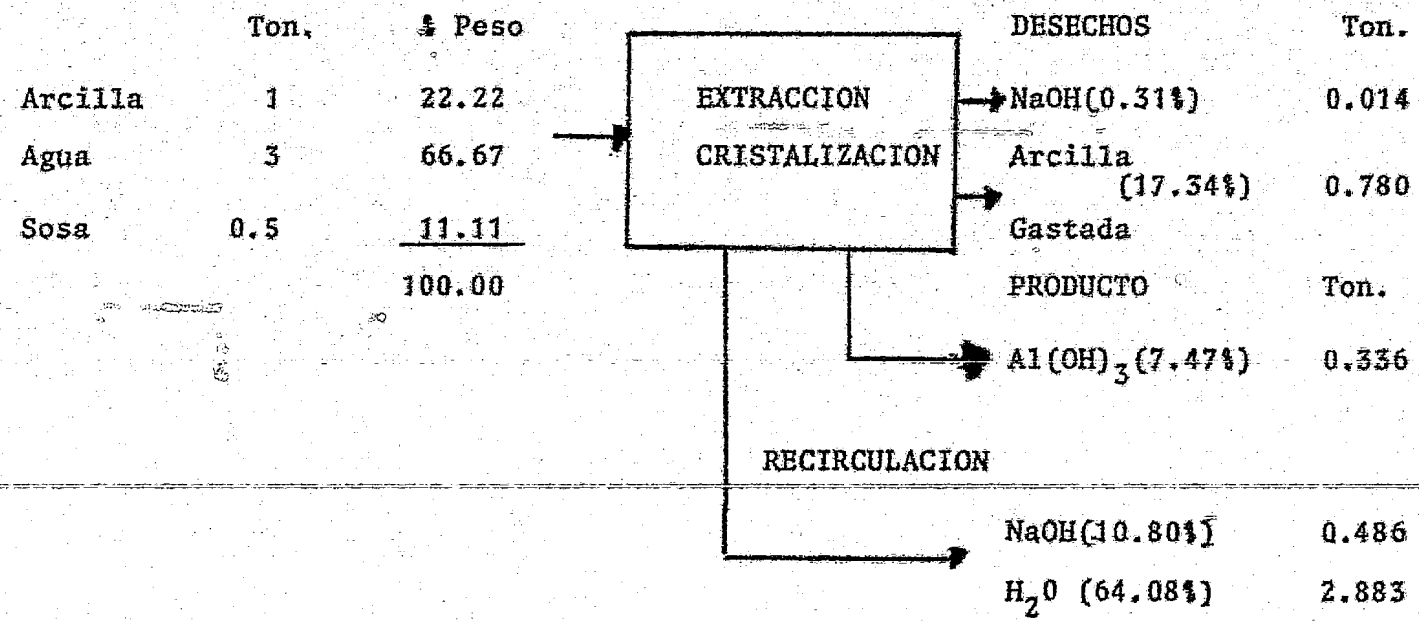
Los calculos se efectuaron en base a la arcilla a procesar en 30 minutos.





Del balance anterior se desprende que por tonelada de arcilla procesada se requiere 0.116 M³ de agua que se pierden en la formación del hidróxido de aluminio y 0.014 ton. de hidróxido de sodio que se pierden por carbonatación y/o reacción con materia orgánica.

Resumiendo, el balance general por ton. de arcilla es como sigue:



CONSUMOS DE ENERGIA POR TONELADAS DE ARCILLA.

1.- EXTRACCION 1 $Q_{t_1} = \frac{8,133,116 \text{ Kcal.}}{31.79 \text{ Ton.}}$

$Q_{t_1} = 255,840.39 \text{ Kcal/Ton. arcilla.}$

2.- CRISTALIZACION

$Q_{t_2} = \frac{14,845,248 \text{ Kcal.}}{31.79 \text{ Ton.}}$

$Q_{t_2} = 466,978.57 \text{ Kcal/Ton. arcilla.}$

3.- EVAPORACION

$Q_{t_3} = \frac{30,445,206 \text{ Kcal.}}{31.97 \text{ Ton.}}$

$Q_{t_3} = 957,697 \text{ Kcal/Ton. arcilla.}$

4.- CALCINACION

$Q_{t_4} = \frac{0.3364 \times 18,673,118 \text{ kcal.}}{25 \text{ Ton.}}$

$Q_{t_4} = 251,265 \text{ Kcal/Ton. arcilla.}$

$\text{CALOR TOTAL} = Q_{t_1} + Q_{t_2} + Q_{t_3} + Q_{t_4}$

$\text{CALOR TOTAL} = 1,927,206 \text{ Kcal/Ton arcilla.}$

ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIEROINVERSION FIJA:

Para determinar la inversión fija se considero la estimación de costos de los siguientes rubros:

- Costo de equipos.
- Costo de Instalación de equipos.
- Costo de Ingeniería.
- Costo de Terrenos.
- Costo de Construcción.
- Imprevistos.

COSTO EQUIPO PRINCIPAL.

<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>CAP.</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
5	Camión volteo	30 ton.	\$ 10'000,000.00	\$ 50'000,000.00
3	Cargador frontal		10'000,000.00	30'000,000.00
1	Tractor		10'000,000.00	10'000,000.00
1	Tolva	30 m ³	600,000.00	600,000.00
10	Tolvas	115 m ³	1'000,000.00	10'000,000.00
2	Molino Bolas	33 ton/H	12'000,000.00	24'000,000.00
6	Reactores	40 m ³	10'000,000.00	60'000,000.00
2	Tanques agit.	120 m ³	3'000,000.00	6'000,000.00
1	Filtro prensa	60 ton/H	6'000,000.00	6'000,000.00

<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>CAP.</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
1	Tanque espesad.	60 ton/H	\$ 6'000,000.00	\$ 6'000,000.00
1	Evaporador		5'000,000.00	5'000,000.00
1	Filtro	60 ton/H	6'000,000.00	6'000,000.00
14	Cristalizadores	1200 m ³	8'000,000.00	112'000,000.00
2	Tanques	1200 m ³	8'000,000.00	16'000,000.00
1	Filtro	50 ton/H	4'000,000.00	4'000,000.00
1	Tolva	140 m ³	3'000,000.00	3'000,000.00
1	Horno rotatorio	25 ton/H	40'000,000.00*	40'000,000.00
1	Tolva	700 m ³	6'000,000.00	6'000,000.00
				<u>394'600,000.00</u>

Costo equipo auxiliar (50%)

(Bombas, Bandas, Tuberías, Instrumentos)

197'300,000.00

Costo de instalación de equipos (25%)

98'650,000.00

Costo de terrenos (10%)

39'460,000.00

CONCEPTO:

Equipo principal	\$ 394'600,000.00
Equipo auxiliar	197'300,000.00
Instalación de equipo	98'650,000.00
Terrenos	<u>39'460,000.00</u>
Costo físico	730'010,000.00

Ingeniería (10%)	\$ 73'001,000.00
Construcción (15%)	109'501,500.00
Costo directo:	912'512,500.00
Contratistas (10%)	91'251,250.00
Imprevistos (10%).	91'251,250.00
Costo fijo:	1'095'015,000.00

CAPITAL DE TRABAJO

Nómina y varios	9'000,000.00
Materiales de proceso	100'000,000.00
Inventarios	115'000,000.00
Inversión fija:	1'319'015,000.00

II. ORGANIZACION DE INGRESOS COSTOS Y GASTOS.

Presupuesto de ingresos.

Ingresos totales anuales por ventas.

<u>Producto</u>	Producc. ton/año (1)	Producc. ton. año (2 - 10)	Precio Venta \$ (1982)	Ingresos año (1)
Alumina	53,712.5	107,424.9	30,000.0	1'611'375,000.00
Anuales año (2 - 10)				3'222'747,000.00

Presupuesto de costos y gastos.

Consumo de insumos (ton/año).

Descripción	1	Año	2-10
Sosa caústica	6836		6836

Costo unitario de insumos.

	\$/Ton.
Sosa caústica	18,000

Costo Anual de Insumos (\$)

	1	Año	2-10
Sosa caústica	123,048,000		123,048,000

CONSUMO ANUAL DE MATERIALES Y SERVICIOS (CONSUMO/AÑO).

<u>DESCRIPCION</u>	<u>AÑO</u>	
	1	10
Diesel H.	1.79 x	10 ⁵
Gas Natutal m ³	1.362 x	10 ⁸
Energía Eléctrica kw-Hr.	25.524 x	10 ⁶
Agua en proceso m ³	1.055 x	10 ⁶

COSTO UNITARIO DE MATERIALES Y SERVICIOS

<u>DESCRIPCION</u>	<u>\$</u>
Diesel lt.	10.00
Gas Natural m ³	1.00
Energía Eléctrica kw/hr	1.80
Agua de proceso m ³	10.00

COSTO ANUAL MATERIALES Y SERVICIOS

<u>DESCRIPCION</u>	<u>AÑO (\$)</u>
	1 - 10
Diesel	1'790,000.00
Gas Natural	136'200,000.00
Energía Eléctrica	45'943,200.00
Agua de Proceso	10'553,240.00

COSTOS VARIOS DE OPERACION ANUALES (COSTO FIJO 3%)

<u>DESCRIPCION</u>	<u>AÑO</u>
	1 - 10
Costo Varios	32'850,450.00

COSTO ANUAL PERSONAL

<u>No.</u>	<u>C O N C E P T O</u>	<u>SUELDO MENSUAL ! UNITARIO</u>	<u>SUELDO ANUAL TOTAL</u>
	Gerente General	\$ 90,000.00	\$ 1'080,000.00
1	Superintendente de minas	72,000.00	864,000.00
1	Superintendente administrativo	63,000.00	756,000.00
1	Auditor	54,000.00	648,000.00
1	Contador	54,000.00	648,000.00
1	Jefe de compras	45,000.00	540,000.00
1	Jefe de laboratorio	45,000.00	540,000.00
1	Jefe de almacén	32,400.00	388,800.00
1	Jefe de producción	54,000.00	648,000.00
1	Jefe de mantenimiento	54,000.00	648,000.00
2	Jefes de turno mina	39,600.00	950,400.00
3	Jefes de turno méca- nico	45,000.00	1'620,000.00
4	Jefes de turno eléc- trico	45,000.00	2'160,000.00
7	Jefes de turno pro- ducción	45,000.00	3'780,000.00
1	Programador mante- nimiento	36,000.00	432,000.00
8	Auxiliares contables	32,400.00	3'110,400.00
2	Auxiliares de compras	27,000.00	648,000.00
3	Auxiliares de almacen	21,600.00	777,600.00
3	Analistas	32,400.00	1'166,400.00

<u>No.</u>	<u>C O N C E P T O</u>	<u>SUELDO MENSUAL UNITARIO</u>	<u>SUELDO ANUAL TOTAL</u>
1	Secretaria	\$ 27,000.00	\$ 324,000.00
3	Secretarias	21,600.00	259,200.00
1	Secretaria	18,000.00	216,000.00
3	Ayudantes de control de calidad	15,300.00	550,800.00
8	Operadores de maquinaria pesada	21,600.00	2'073,600.00
2	Auxiliares de maquinaria pesada	18,000.00	432,000.00
1	Lubricador	18,000.00	216,000.00
4	Peones	11,700.00	561,600.00
14	Electricistas	21,600.00	3'528,800.00
14	Mecánicos	21,600.00	3'628,800.00
14	Ayudantes de mantenimiento	18,000.00	3'024,000.00
9	Peones mantenimiento	11,700.00	1'263,600.00
14	Op. producción	21,600.00	3'628,800.00
21	Ayudantes	18,000.00	4'536,000.00
21	Peones	11,700.00	2'948,400.00

Supervisión	\$ 22'224,800.00
Tiempo extra (10%)	2'222,480.00
SUPERVISION TOTAL:	24'447,280.00
Mano de obra directa	26'492,400.00
Tiempo extra (20%)	5'298,480.00
MANO DE OBRA DIRECTA TOTAL	31'790,880.00
T O T A L :	56'238,160.00
Prestaciones (50%)	28'119,080.00
<u>Costo total personal:</u>	84'357,240.00
Seguros (costo fijo 2%)	21'900,300.00
Mantenimiento (costo físico 10%)	73'001,000.00
Depreciación (costo fijo 10%)	109'501,500.00
Capacitación (costo del personal 5%)	4'217,862.00
Administración (costo fijo 3%)	32'850,450.00

CLASIFICACION DE COSTOS EN FIJOS Y VARIABLES

COSTOS FIJOS

	<u>A N O S</u>	
	<u>1</u>	<u>2 - 10</u>
Supervisión	22'224,800.00	22'224,800.00
Mano de obra directa	26'492,400.00	26'492,400.00
Prestaciones	28'119,080.00	28'119,080.00
Seguros	21'900,300.00	21'900,300.00
Mantenimiento	73'001,000.00	73'001,000.00
Depreciación	109'501,500.00	109'501,500.00
Capacitación	4'217,962.00	4'217,926.00
Administración	<u>32'850,450.00</u>	<u>32'850,450.00</u>
	318'307,392.00	318'307,392.00

COSTOS VARIABLES

	<u>A N O S</u>	
	<u>1</u>	<u>2 - 10</u>
Sosa caústica	61'524,000.00	123'048,000.00
Fletes	120'852,750.00	241'705,500.00
Gastos de Ventas	9'053,380.00	18'106,760.00
Diesel	895,000.00	1'790,000.00
Gas Natural	68'100,000.00	136'200,000.00
Energía eléctrica	22'971,600.00	45'943,200.00

Agua de proceso	5'276,620.00	10'553,240.00
Varios	<u>16'425,225.00</u>	<u>32'850,450.00</u>
	305'098,575.00	610'197,350.00
Costo de Operación	325'029,725.00	500'222,370.00

<u>C O N C E P T O</u>	<u>A N O</u>	
	<u>1</u>	<u>2 - 10</u>
INGRESOS POR VENTAS	1"611'375,000.00	3"222'747,000.00
IMPUESTOS POR PRO- DUCCION	112'796,250.00	225'592,290.00
INGRESOS NETOS POR VENTAS	1"498'578,750.00	2"997'154,710.00
COSTO DE OPERACION	325'029,725.00	500'222,370.00
UTILIDAD BRUTA	1"173'549,025.00	2"496'932,340.00
GASTOS DE VENTAS Y FLETES	129'906,130.00	259'812,260.00
DEPRECIACION	109'501,500.00	109'501,500.00
GASTOS ADMINISTRA- TIVOS	32'850,450.00	32'850,450.00
GASTOS DE CAPACI- TACION	4'217,862.00	4'217,862.00
SEGUROS	21'900,300.00	21'900,300.00
UTILIDAD GRAVABLE	875'172,783.00	2"068'649,968.00
IMPUESTO SOBRE LA RENTA Y REPARTO DE UTILIDADES	437'586,346.50	1"034'324,984.00
UTILIDAD NETA	437'586,346.50	1"034'324,984.00

PROFORMA DEL FLUJO DE CAJA

C O N C E P T O	A Ñ O	A Ñ O
	<u>1</u>	<u>2 - 10</u>
Utilidad Neta	437'586,346.50	1"034'324,984.00
Depreciación y Amortización	109'501,500.00	109'501,500.00
Flujo de efectivo anual	549'087,846.50	1"143'826,484.00

EXCEDENTE DE EFECTIVO ANUAL Y ACUMULADO

<u>A Ñ O</u>	<u>\$ ANUAL</u>	<u>\$ ACUMULADO</u>
1	549'087,846.50	549'087,846.50
2	1"143'826,484.00	1"692'914,330.50
3	1"143'826,484.00	2"836'740,814.50
4	1"143'826,484.00	3"980'567,298.50
5	1"143'826,484.00	5"124'393,782.50
6	1"143'826,484.00	6"268'220,266.50
7	1"143'826,484.00	7"412'046,750.50
8	1"143'826,484.00	8"555'873,234.50
9	1"143'826,484.00	9"699'699,718.50
10	1"143'826,484.00	10"843'526,202.50

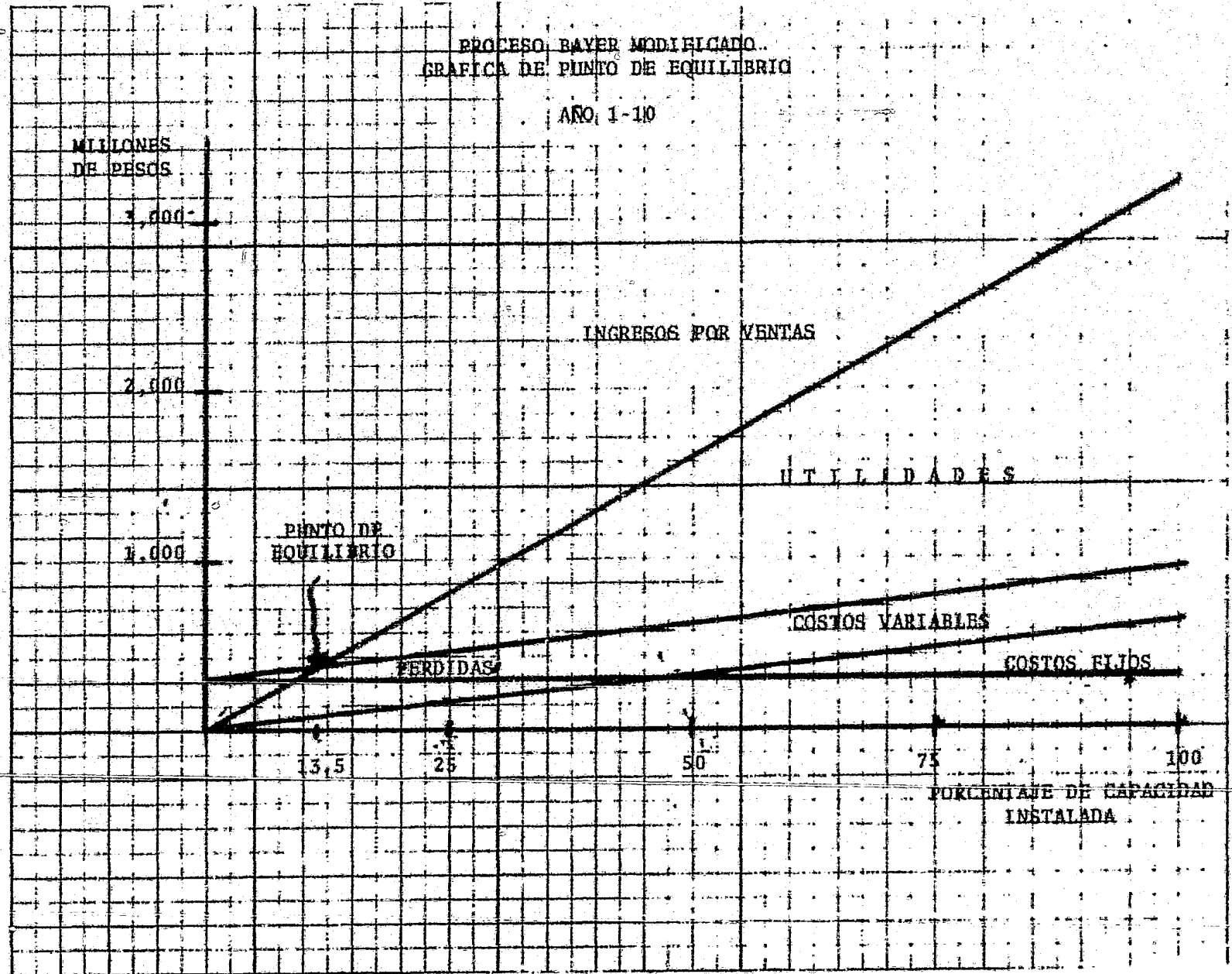
TASA INTERNA DE RETORNO (10 AÑOS)

ANO	FLUJO EFECTIVO ANUAL	FACTOR ACTUALIZADO AL (75%)	VALOR ACTUAL	FACTOR ACTUALIZADO AL (95%)	VALOR PRESENTE
0	1"095'015,000.00	1.000000	1"095'015,000.0	1.000000	1"095'015,000.0
1	549'087,846.00	0.5714285	313'764,440.0	0.5128205	281'583,500.0
2	1"143'826,484.00	0.3265292	373'492,720.0	0.2620848	300'809,030.0
3	1"143'826,484.00	0.1865889	213'424,380.0	0.134864	154'261,040.0
4	1"143'826,484.00	0.1066222	121'956,770.0	0.0691610	79'108,223.0
5	1"143'826,484.00	0.0609209	69'689,576.0	0.0354672	40'568,318.0
6	1"143'826,484.00	0.0348154	39'822,610.0	0.0181883	20'804,265.0
7	1"143'826,484.00	0.0198945	22'755,774.0	0.0093273	10'668,854.0
8	1"143'826,484.00	0.0113683	13'003,298.0	0.0047832	5'471,206.0
9	1"143'826,484.00	0.0064961	7'430,455.0	0.0024529	2'805,747.0
10	1"143'826,484.00	0.0037120	4'245,973.0	0.0012579	1'438,819.0
			1"179'585,996.0		897'519,002.0
			- 84'570,996.0		197'495,998.0

$$TIR = \frac{0.95 (-84'570,996.0) - 0.75 (197'495,998.0)}{-84'570,996.0 - 197'495,998.0} = \frac{228'464,450.0}{282'066,994.0} \times 100 = 80.99\%$$

PROCESO BAYER MODIFICADO
GRAFICA DE PUNTO DE EQUILIBRIO

AÑO 1-10



C A P I T U L O V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el presente estudio se observa que el mercado de productos conteniendo aluminio como metal base, depende particularmente de las importaciones de alumina o hidróxido de aluminio.
- Del análisis económico del proceso para la obtención de alumina se muestra que la tasa interna de retorno es muy atractiva lo cual hace rentable el proceso.
- Se hace notar que un alto porcentaje de los costos de operación en el proceso está formado por el costo de reactivos, siendo este un punto en el que se debe tener mayor control.
- Debido a que el presente estudio esta basado sobre pruebas a nivel laboratorio se hace necesario recomendar la escalación a nivel planta piloto para afinar las condiciones del proceso y determinar el comportamiento de las materias primas en el proceso para optimizar la recuperación de reactivos así como definir las características del equipo que se va a utilizar.
- Teniendo los datos de la planta piloto se necesitara hacer un estudio de factibilidad para ver si el proyecto es rentable a nivel industrial.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Jephtha V. Day, Baton Rouge. 3, 486,850.
Patented Dec. 30, 1969.
Flash Cooling of Liquor the continuous precipitation of alumina hydrate from bayer process liquor.
Fidel Feb. 16, 1967. Ser. No. 616, 607
Int. cl. 7/34.
U.S.U. 23 - 143.

- A.S. Russell J.D. Edwards and C.S. Taylor
"Solubility and density of hydrated aluminas in NaOH solutions", Journal of metals. Vol. 7, 1955. pp. 1123-1128.

- H. Solymár and J. Zámbo.
"Optimical conditions for the decomposition of aluminete solutions", Fémipari Intézet Közlemeni, No. 8, Budapest, 1966.

- J. Shimosato A. Furukawa and I. Takahaski.
"Precipitation reaction of aluminum hydroxide from Sodium aluminate solution from the viewpoint of alumina production-process, Report No. 7" Journal of the chemical Society of Japan, Industrial chemistry section, Vol. 65
1962, pp. 1804-1807.

- Patented 3, 681, 013.

Extraction of alumina from bauxite.

William M. Fish, S.T., Louis, Mo., Assignor to aluminum
Co. Of America Pittsburgh, Pa.

Fidel Feb., 2, 1970. Ser. No. 7, 831.

Int. Cl. B01d 11/02; Co 7/06

U.S. Cl. 23-143.

- Patented 4, 036, 931. July 19, 1977.

Bayer process production of alumina.

Inventors: Morris L., Roberson; John W. Beek; Jack S. Maples,
all of Baton Rouge Suthoy, Savariste, Plaquemine, all of la;
Donald Orinda, Calif., J. David.

- L. Stein; Allan C. Kelly, Bath of Pleasanton, Calif.

Assignee: Kaiser aluminum & Chemical corporation,

Okland, Calif.

Appl. No. 699, 828.

Fidel: June 25, 1976.

- Aluminum Company of America (ALCOA)

Determination of available alumina (modified pressure diges--
tion method) 115B (6-7J).

- Bureau of Mines
Investigation of low grade bauxites of potential sources of aluminum by caustic desilicitation and alumina extraction. Report of investigation 5042 U.S. Department of the interior.

- Castellanos Trujillo L.
Obtención de alumina a partir de los suelos de Oxchuc, Edo. de Chiapas.
Tesis: Facultad de Ingeniería, UNAM México, D.F. 1970.

- Ing. Quintas Vosz. R.L. Ing. Wing M.E.
Proyectos menas aluminosas.
Segundo seminario sobre exploración geológica minera.
Consejo de Recursos Minerales no renovables.
México D.F. 1970.

- Reynolds Jamaica Mines Jamaica L.T.D.
Aluminum and alumina.
Jamaica, October, 1976.

- Castellanos T.L. Medina V.M. Aguilera N.
Los hidróxidos de aluminio en los suelos de Chiapas.
Boletín número 95.
Instituto de Geología.
UNAM. México D.F. 1975.

- Cochran V. C. Cox C. M.
Experimental designs
John Wiley and Sons Inc.
London - Sidney 1975.

- Roch Edouard.
El Origen de las Bauxitas.
Sociedad Geológica Mexicana.
Tomo XXV número 1.
México, D. F., 1962.

- Suriname Aluminum Company.
Bayer Alumina Defining Process.
Suriname, March 13 (1968).

- ~~T. H. Arnold Junior, N. P. Chohey~~
New ideas refresh alumina process.
Chemical Engineering.
Nov. 28-1960.