

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

ALUMINIO Y SUS MINERALES

IEC

1984

9361



INSTITUTO DE ESTUDIOS COLOMBIANOS

CONSORCIO



50



ALUMINIO Y SUS MINERALES
(ESTUDIO DE INVENTARIO MINERO)



INSTITUTO DE ESTUDIOS COLOMBIANOS



553496 6

159 a

1984

8.1



INSTITUTO DE ESTUDIOS COLOMBIANOS

CONSORCIO



ESTUDIOS PARA LA FORMULACION DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO MINERO

ALUMINIO Y SUS MINERALES (ESTUDIO DE INVENTARIO MINERO)



Elaborado por:
Area Técnica.

BOGOTA, Septiembre 1984.



INSTITUTO COLOMBIANO DE ESTUDIOS GEOLOGICOS



ALUMINIO Y SUS MINERALES

1. Generalidades
2. Aspectos Económicos
 - 2.1 Reservas Mundiales y Producción
 - 2.2 Precios
3. Aspectos Tecnológicos
 - 3.1 Materias Primas
 - 3.2 Proceso de Obtención del Aluminio
 - 3.2.1 Proceso Bayer
 - 3.2.2 Métodos de Reducción
 - 3.2.3 Relación de Insumos
4. El Aluminio en Colombia
 - 4.1 Reservas Minerales
 - 4.2 Calidades de los Minerales
 - 4.3 Explotaciones Mineras y Usuarios de la Bauxita
 - 4.4 Producción e Importaciones
5. Perspectivas de la Industria del Aluminio en Colombia
 - 5.1 Plantas Integradas
 - 5.2 Alternativas

ANEXO No.1 Estudio de Prefactibilidad para una planta de producción de 1.000 ton/día de lingotes de aluminio.



ALUMINIO Y SUS MINERALES

1. Generalidades

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre y después del oxígeno y del silicio es el elemento más común con un contenido relativo de 7.5% en peso. No se halla libre en la naturaleza, sin embargo es muy resistente a la corrosión pues forma una capa de óxido en superficie que inhibe su posterior oxidación.

En 1709 Margraf identificó el aluminio como un constituyente del alumbre y en 1827 Wohler logró reducirlo con potasio. Posteriormente Saint Claire Deville perfecciona y desarrolla el proceso de Wohler, que permite entre los años 1852 y 1854 reducir el precio del aluminio desde 545 dólares la libra hasta 34 dólares. En 1859 la producción mundial fue de 2 toneladas y el precio de 17 dólares la libra.

En el año de 1886, Charles Hall y Paul Heroult culminan simultáneamente una serie de experimentos en EEUU y Francia, con los cuales se patentó el método electrolítico para producir aluminio. Este método con algunas variaciones y modificaciones es el mismo que se usa hoy en día para producir la mayor parte del aluminio primario en el mundo.

En 1887 Hall y un grupo de empresarios crean en Estados Unidos la Compañía Pittsburg Reduction Company, que luego se convierte en la Aluminum Company of America (ALCOA), empresa pionera en el desarrollo de la industria del aluminio en Norteamérica.

La minería de materiales alumínicos adquirió importancia mundial después de que Karl Bayer, un científico austriaco, inventó en 1888 el proceso para producir alúmina (óxido alumínico) a partir de bauxitas (el mineral comercial más importante del aluminio).

El crecimiento del consumo y de la producción del aluminio ha sido mucho más espectacular y acelerado que el de cualquier otro metal: A partir de las dos toneladas producidas en 1859 se alcanza en la actualidad la cifra de 16.3 millones de toneladas anuales; la tasa anual compuesta del crecimiento de la producción de aluminio fué del 10% entre 1900 y 1960 y ha sido del 8% en las dos últimas décadas, cifras que por si mismas indican el dinamismo de la industria mundial del metal.

Las propiedades fundamentales que determinan la utilidad y gran aceptación del aluminio son su alta resistencia mecánica en relación con su bajo peso específico, su elevada conductividad eléctrica y térmica, su gran resistencia a la corrosión, su maleabilidad, su brillo argentífero y capacidad de reflejar la luz y el calor. La característica más notoria del aluminio es su poco peso específico ya que pesa la tercera parte de los metales corrientes, con excepción del magnesio.

En muchos productos el aluminio compite directamente con el cobre, acero, estaño, magnesio, plomo, madera, plásticos, fibra de vidrio, etc. Por esta razón el metal ha resultado ser uno de los sucedáneos más versátiles para la industria moderna (Coope, B., 1981).

La industria del aluminio requiere una alta inversión de capital y existe un "cartel" mundial de seis compañías que prácticamente controlan esta industria en el mundo no comunista.

2. Aspectos Económicos

2.1 Reservas Mundiales y Producción

Las reservas mundiales de bauxita se estiman en 25.000 millones de toneladas, equivalentes a unas 8.000 millones de toneladas recuperables de aluminio. Del total de reservas estimadas sólo unas 17.000 millones de toneladas se consideran económicamente explotables (Cohen y Mercier, 1982). Guinea y Australia poseen la mitad de estas reservas y otra sexta parte de ellas se encuentran en el continente americano: Brasil, Jamaica, Surinam y Guyana. En el Cuadro No. 1 se presentan las reservas mundiales de bauxita.

El crecimiento de las reservas ha avanzado paralelamente con el aumento de la producción de alúmina y de aluminio y por otro lado, los avances tecnológicos y las operaciones mineras a gran escala han permitido incluir dentro de las reservas económicamente recuperables minerales de bajo grado.

CUADRO No. 1
RESERVAS MUNDIALES DE BAUXITA

	Reservas de bauxita, (Millones de ton. métricas)	Aluminio recupera- ble equivalente (Millones de ton. cortas).
América del Norte	2.200	600
Sur América	4.000	1.800
Europa	1.600	500
Africa	10.000	2.800
Asia	2.300	1.000
Oceanía	4.600	1.300
Total mundial	25.000	8.000

Fuente: U.S. Bureau of Mines. Aluminum (Adaptación).

El consumo mundial de minerales de aluminio alcanza unas 100 millones de toneladas por año y las reservas mundiales conocidas y explotables económicamente alcanzan, como se anotó atrás, unas 17 mil millones de tons, localizadas principalmente en América Latina, Africa y Oceanía. No obstante lo anterior, la mayor parte de la producción de aluminio proviene de Europa, Norteamérica y Asia, regiones que importan bauxita de los países del tercer mundo (Véanse Cuadros Nos 2 y 3).

2.2 Precios

Los precios mundiales del aluminio en términos de dólares constantes han mostrado bastante estabilidad, y sólo en el

CUADRO No. 2
CAPACIDAD DE PRODUCCION MUNDIAL DE ALUMINA Y ALUMINIO
(Miles de Toneladas cortas)

	1977	1983*	% Mundial 1983
<u>Norte América</u>			
Alúmina	6.539	6.850	27
Aluminio	6.418	7.160	31
<u>América Latina</u>			
Alúmina	1.204	2.300	9
Aluminio	525	1.485	6
<u>Europa</u>			
Alúmina	5.797	8.250	32
Aluminio	7.347	9.155	40
<u>Africa</u>			
Alúmina	402	600	3
Aluminio	487	765	4
<u>Asia</u>			
Alúmina	2.358	2.900	11
Aluminio	2.775	3.785	17
<u>Oceanía</u>			
Alúmina	3.871	4.600	18
Aluminio	440	475	2
<u>Mundial</u>			
Alúmina	20.171	25.500	100
Aluminio	17.966	22.825	100

* Producción Estimada

Fuente: Adaptado de U.S. Bureau of Mines. Aluminum.

CUADRO No.3
RESERVAS RECUPERABLES DE BAUXITA Y PRODUCCION DE ALUMINIO POR REGIONES

	Reservas Recup. (Tons x 10 ⁹)	%	Producción de aluminio %
Islas Caribes	1		
Centro y Suramérica	2-3	20	2.3
Africa	4-5	33	2.6
Oceanía	4-5	33	2.9
Norteamérica	1-1.5	6	37.1
Asia	1-1.2	5	16.0

período 1980-1982 presentaron variaciones importantes. El Cuadro No.4 presenta la relación de los precios de aluminio a partir de 1970.

CUADRO No.4
PRECIOS DEL ALUMINIO EN US\$/LIBRA

Año	(US\$ corrientes)
1970	0.29
1971	0.29
1972	0.26
1973	0.25
1974	0.34
1975	0.40
1976	0.45
1977	0.52
1978	0.53
1980	0.90
1982	0.43
1983	0.81
1984 (julio)	0.81

Fuente: US. Bureau of Mines. Metal Bulletin

3. Aspectos Tecnológicos

3.1 Materias Primas

Debido a su reactividad química, el aluminio nunca se encuentra libre en la naturaleza pero como óxido es uno de los compuestos más estables. El aluminio se halla en su forma oxidada en más de 250 minerales.

El grupo más importante de minerales que contienen aluminio es el de los silicatos, incluyendo las arcillas y en segundo lugar se tienen los óxidos hidratados, entre los cuales se encuentra la bauxita. En la naturaleza no se encuentran haluros o cloruros de aluminio en cantidades comerciales. Por lo tanto, la producción industrial de aluminio se basa en la reducción de silicatos y óxidos. En el Cuadro No.5 se identifican los principales minerales aluminicos utilizados como materia prima para la producción del metal.

Las bauxitas se clasifican industrialmente como tipo Jamaica, tipo Surinam y Tipo Europeo (Velásquez, D. 1972)

Tipo Jamaica: Mezcla de minerales tri-hidratados y mono-hidratados. Su composición promedio es Al_2O_3 : 50%; SiO_2 : 1 a 2%; Fe_2O_3 : 20-30%.

Tipo Surinam: Predominan los minerales tri-hidratados, usualmente contienen Al_2O_3 : 50% o más; SiO_2 : 2 al 15%.

Tipo Europeo: Minerales mono-hidratados, bohemita y diáspora. Su composición es Al_2O_3 : 55%, SiO_2 : 4%; Fe_2O_3 : 10 - 20%, aproximadamente.

CUADRO No. 5

PRINCIPALES MINERALES DEL ALUMINIO

Material	Fórmula Química	Con. de Al% en Peso	Con. Al ₂ O ₃ % en peso	Kg. mat. prima por kg de Al.
Alúmina	Al ₂ O ₃	53	100	2
Bauxita		25	50	4
Bohemita	Al ₂ O ₃ .H ₂ O			
Diáspora	Al ₂ O ₃ .H ₂ O			
Gibsita	Al ₂ O ₃ .3H ₂ O			
Arcilla		20	38	5
Caolinita	Al ₂ O ₃ .2SiO ₂ .2H ₂ O			
Arcillolita	Arcilla impura	15	28	7
Anortosita		14	27	7
Albita	Na ₂ O.Al ₂ O ₃ .6SiO ₃			
Anortita	CaO.Al ₂ O ₃ .2SiO ₃			
Alunita	K ₂ SO ₄ .Al ₂ (SO ₄) ₃ .4Al(OH) ₃	20	37	5
Dausonita	NaAl(OH) ₂ CO ₃	19	35	5
Sienita	(K,Na)AlSi ₃ O ₈ /CaAl ₂ Si ₂ O ₈	9	19	10
Andalucita	Al ₂ O ₃ .SiO ₂	30	60	3

En general la bauxita que se utiliza para producir aluminio contiene entre 40 y 60% de Al₂O₃ y para obtener una tonelada de aluminio se requieren aproximadamente 4 toneladas de bauxita. Cerca del 95% de la producción mundial de bauxita se emplea en la obtención de alúmina, la cual a su vez se emplea en un 90% para producir aluminio. El resto se emplea

en industrias muy diversas: Química, eléctrica, construcción, transporte, cerámica, refractaria, farmacéutica, de abrasivos, etc.

La alúmina hidratada, que es el primer producto obtenido de la bauxita en el proceso Bayer, además de la producción de aluminio, es básica para obtención de sulfato de aluminio y también de compuestos para esmaltes, pinturas, pigmentos, tintas, etc. La alúmina posee propiedades retardantes del fuego y por ello se requiere en algunos productos, tales como alfombras.

"La bauxita calcinada" se produce para refractarios y para abrasivos y en mínima proporción, para cerámicas que requieran alta resistencia a la tensión. La bauxita de grado refractario es la que exige mayores especificaciones en cuanto a su composición química.

Los cementos aluminosos, fabricados con mezclas de bauxita, se caracterizan por un fraguado muy rápido, resistencia a los agentes químicos y a las altas temperaturas.

En el Cuadro No.6 se presenta la clasificación de las bauxitas de acuerdo con la composición química requerida para los distintos usos industriales.

La bauxita activa se prepara por calcinación de bauxita, extrayéndole sólo una parte del agua. Se emplea como un absorbente para desulfurización y decoloración y como agente secante en las industrias químicas y de alimentos (Coope, B., 1981).

CUADRO No.6
CLASIFICACIÓN DE LAS BAUXITAS

Tipo de Bauxita	Al ₂ O ₃ , %	SiO ₂ , %	Fe ₂ O ₃ , %	TiO ₂	Otros
Refractaria					
- En crudo	Mínimo 59-61	Máximo 1,5-5,5	Máximo 2	Máximo 2,5	Na ₂ O, K ₂ O menos 0,2%
- Calcinada	85 a 90	3 a 7	1,5 a 7,0	3 a 4	
Química (en crudo)	Mínimo 55-58	Máximo 5-12	Máximo 2		
Abrasiva					
- En Crudo	Mínimo 55	Máximo 5	Máximo 6	Máximo 2,5	
- Calcinada	80 a 88	4 a 8			
Metalúrgica	50 a 55	0 a 15	5 a 30	0 - 6	
Para cementos	45 a 55	Máximo 6	20 a 30	3	

Fuente: Patterson y Dyni, 1973 (Modificada)

3.2 Proceso de Obtención del Aluminio

La obtención del aluminio requiere primero la preparación de alúmina mediante el proceso Bayer. Y la reducción del metal a partir de este compuesto, principalmente mediante el proceso Hall-Herroult. Estos procesos se describen a continuación:

3.2.1 El Proceso Bayer.

El óxido puro de aluminio se obtiene principalmente de la bauxita por el proceso Bayer. Este proceso se usa para remover

las impurezas y el agua combinada químicamente con la bauxita, dejando el óxido de aluminio en un estado casi puro (la bauxita cruda contiene de 10 a 30% en peso de óxido de hierro, 4 al 18% en peso de sílice y 2 a 5% en peso de óxido de titanio). La bauxita cruda después de secada y triturada se hace reaccionar en reactores de acero con ceniza de soda (soda ash) y cal. La reacción se produce a temperaturas de 150-160°C y a unas 4 atmósferas de presión, en un tiempo de 2-8 horas.

Las reacciones que se suceden en el proceso Bayer son las siguientes:



ó



La mayor parte de la alúmina pasa a solución como aluminato de sodio, en cambio los óxidos de hierro y titanio permanecen inalterados y forman lo que se denominan "lodos rojos". Aún cuando la mayor parte de la sílice queda en el residuo, una cantidad apreciable continúa en la solución. Esta sílice reactiva forma un silicato insoluble de sodio y aluminio, el cual consume soda cáustica y alumina a la razón de 1 parte de soda y alúmina por cada parte de sílice reactiva.

Los "lodos rojos" insolubles se separan por espesamiento y filtración y la solución de aluminato sódico se bombea a los

precipitadores. En estos, la precipitación desde la solución (que contiene cerca de 80 gr por litro de óxido de aluminio) se inicia con la adición de una pequeña cantidad de óxido de aluminio bien molido y recientemente precipitado. Después de un período de 30 horas, un 50% del aluminio ha precipitado como óxido trihidratado de aluminio. Los cristales gruesos del hidrato se remueven para el lavado y el calcinado, mediante un proceso de clasificación y la fracción fina retorna al proceso para una nueva iniciación con hidróxido de aluminio.

La fracción gruesa se calcina en hornos rotatorios a una temperatura de cerca de 1.000°C. El producto, final, la alúmina, contiene 98.6% de Al_2O_3 y como impurezas principales 0.04% de óxido férrico, 0.05% de sílice y 0.8% de óxido de sodio.

El proceso Bayer es un proceso complejo que todavía requiere optimización. En la Figura No.1 se presenta el diagrama de flujo del proceso Bayer.

3.2.2 Métodos de Reducción

Técnicamente se pueden distinguir dos métodos para la reducción de compuestos metálicos a metal, a saber:

- Reducción por electrólisis (Reducción electroquímica)
- Reducción por reacción con otra sustancia con un agente reductor, por ejemplo con carbón (reducción química).

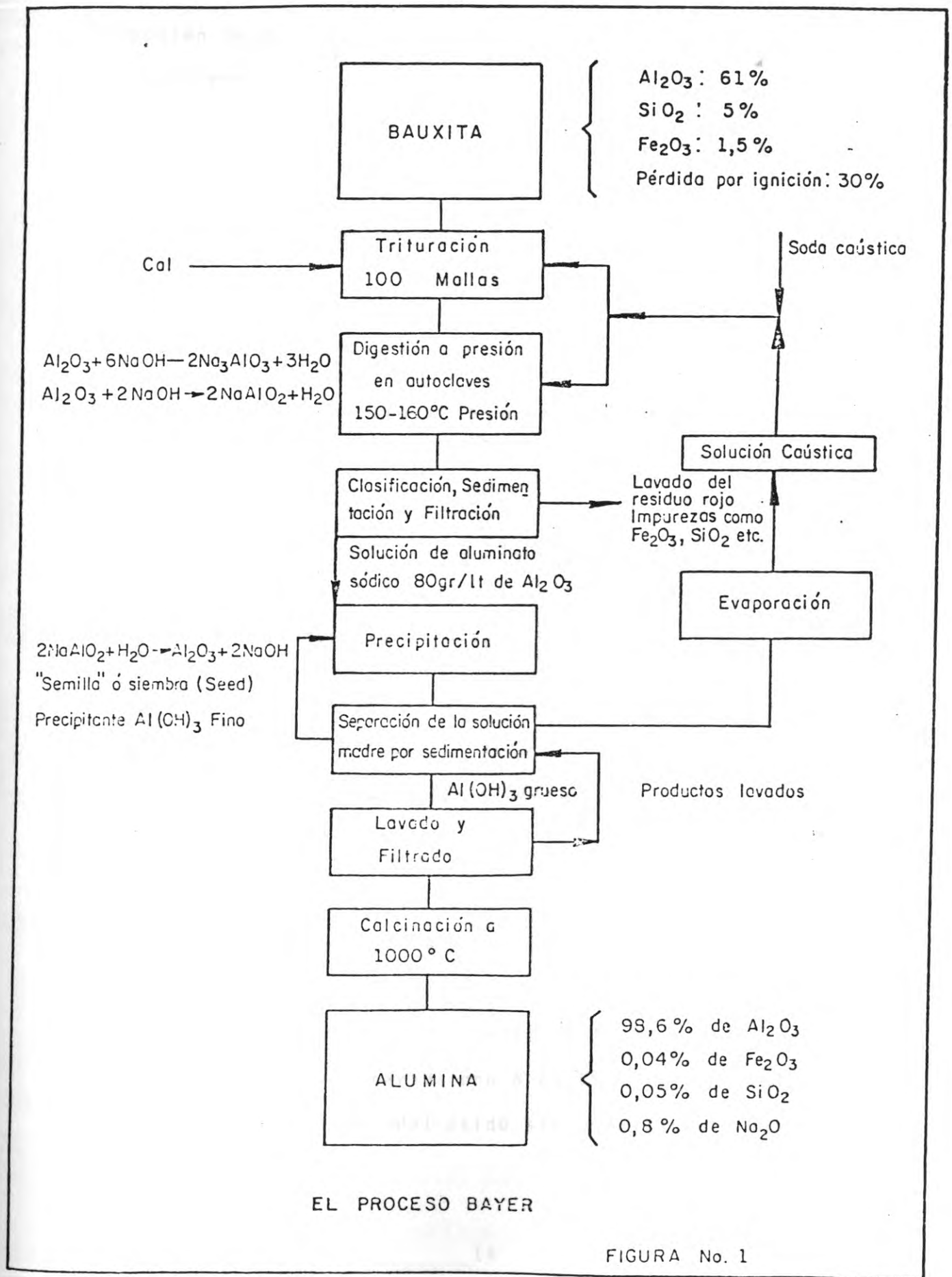


FIGURA No. 1

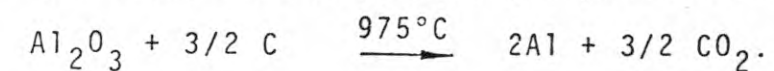
También se puede tener una combinación de los dos métodos anteriores.

El aluminio se produce industrialmente por ambos métodos, el electroquímico y el de reducción química. El proceso Hall-Heroult es un proceso electroquímico, pero con algunos componentes de reducción química.

El Proceso Hall-Heroult.

En el proceso Hall-Heroult la celda es esencialmente un recipiente de acero revestido con carbón que contiene un cátodo de aluminio líquido, con una densidad ligeramente superior que el electrolito de $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ (criolita). Un ánodo de carbón Soderberg va dentro de la celda. En la Figura No.2 se muestra un diagrama del proceso Hall-Heroult.

La producción de aluminio en la celda ocurre a 975°C como una reacción endotérmica y a presión atmosférica, así:



Los requisitos de energía teórica deben discutirse con base en esta reacción total de la celda. Si se asume que la presión del CO_2 es de 1 atmósfera, la entalpía de esta reacción es de 1.100 kilojulios a 1.000°C . En otros términos, la energía teórica requerida para producir 1 kg de aluminio en este caso es 5.64 KWH, comparada con 8.69 KWH por Kg de aluminio para la descomposición del óxido sin usar carbón como un

aporta reduccion

trica a espacio d

Cada cubo consume de 8.000 a 20.000 amp. a un potencial de .6 Voltios.

L = 24 m.

A = 1,5 m.

H = 0,6 m.

Electrolítico a 900°C está formado de 59% de AlF_3

(Floruro de Aluminio)

21% de Na_3F y 20% de CaF_2

Criolita: Na_3AlF_6

700 grs. de C/Kg de Al

Para la producción de 1Kg de Aluminio se requieren:

- 2 Kg Al_2O_3
- 1/2 Kg de Materiales del Anodo
- 50grs de Criolita
- 50 grs de Floruro de Aluminio
- 15-20 kWh de Energía Eléctrica

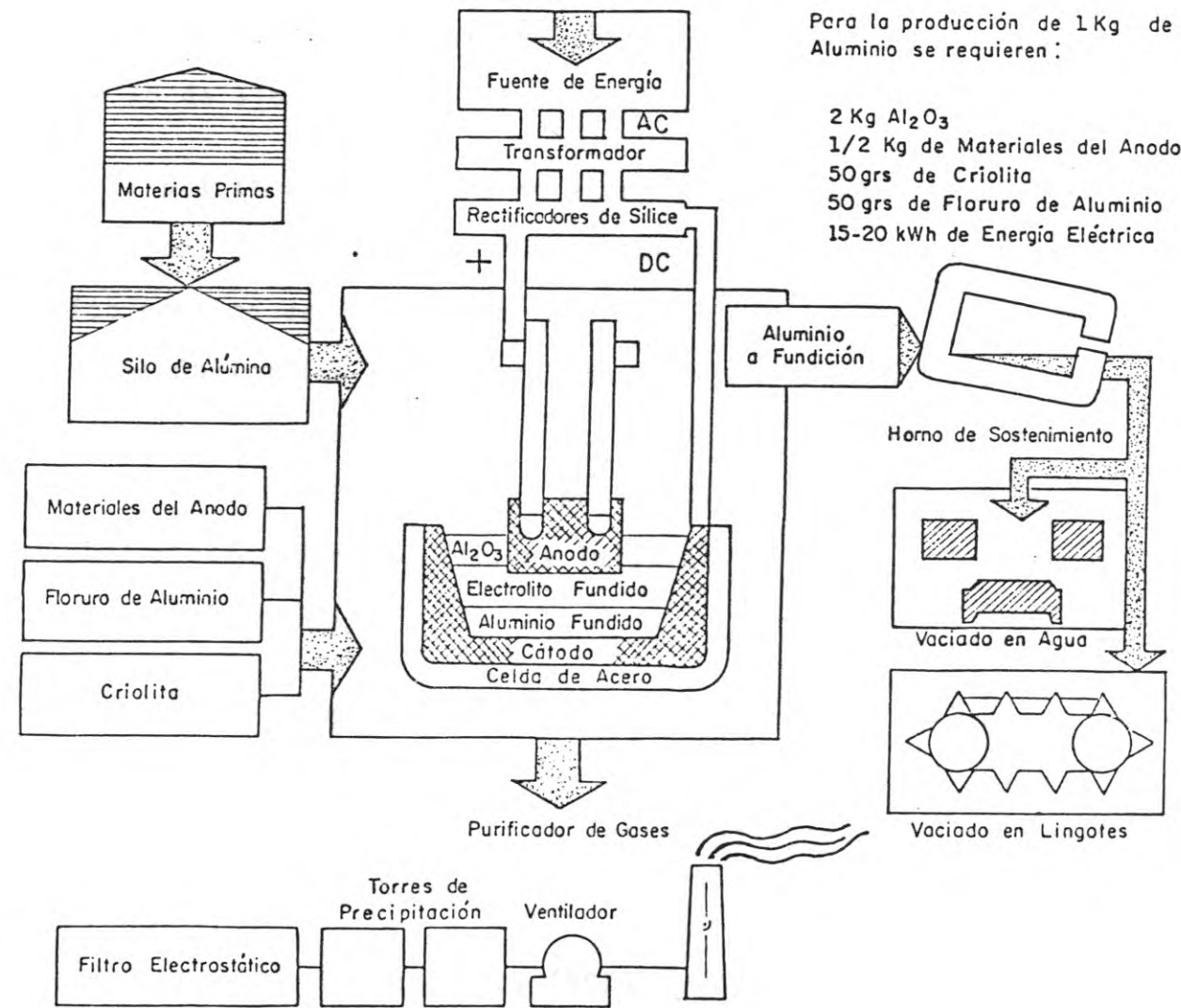


FIGURA No 2

DIAGRAMA DEL PROCESO HALL-HEROULT

agente reductor parcial. Se ahorra entonces energía eléctrica a expensas del consumo de carbón.

La energía libre de Gibbs para esta reacción da un voltaje de descomposición teórica de 1.17 voltios referido a un ánodo de carbón. Si a esto se añade la energía necesaria para calentar los reactantes desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de la reacción, se obtiene la energía mínima teórica requerida para el proceso Hall-Heroult de 6.34 KWH por Kg de aluminio.

En la práctica el consumo de energía del proceso es mucho más alto, usualmente de 12 a 17 KWH/Kg de aluminio. Este alto consumo de energía se debe a pérdidas a causa de resistencia óhmica (en el electrolito, en la fase metálica y en diferentes partes de la colada: el ánodo, conexiones del cátodo, etc), sobre-voltaje, especialmente en el ánodo de la celda y diferentes reacciones laterales (entre otras el efecto anódico).

Además de la baja eficiencia energética el proceso Hall-Heroult tiene otras deficiencias y por tanto, está lejos de ser perfecto. Las principales desventajas en orden de importancia son las siguientes:

- Baja eficiencia energética (50%).
- Utilización de materiales costosos y escasos, especialmente el óxido de aluminio, el ánodo de carbón y la criolita.

- Alto costo de la planta de reducción de alúmina, debido al gran número de pequeñas unidades de producción.
- Las discontinuidades frecuentes y necesarias en el proceso.
- Vida de la celda muy sensible a fallas de operación.
- Emisiones de gases en la celda que dan lugar a problemas de contaminación ambiental.

Aunque en las últimas décadas se ha investigado mucho este proceso, todavía existe un amplio campo para innovaciones y mejoras.

Otros Procesos

Se han estudiado por mucho tiempo diversos métodos diferentes al proceso Hall-Heroult. Sólo se discutirán en este aparte los más importantes, los cuales se pueden clasificar en dos categorías: El proceso de reducción térmico y procesos electrolíticos no clásicos.

La industria ha investigado con mucho interés la producción de aluminio a escala industrial, por reducción con carbón en un horno eléctrico mediante la siguiente reacción básica (Proceso Carbotérmico):



Sin embargo el proceso todavía no ha demostrado su factibilidad técnica, por las altas temperaturas necesarias y por la formación de otros compuestos durante la reacción química.

Los sistemas con tratamiento de cloruros incluyen el método electrolítico de ALCAN, en el cual se produce aluminio a partir de cloruro de aluminio disuelto en fundentes alcalinos. El proceso ha sido considerado tan promisorio que ALCAN montó recientemente una planta experimental de 30.000 tons/año de producción.

Otros métodos dignos de mención son el proceso Toth basado en la reducción del cloruro de aluminio con manganeso, el proceso Serpek basado en la formación de nitruro de aluminio y el proceso de descomposición del sulfuro de aluminio desarrollado por Forland y Gómez (1973).

3.2.3 Relación de Insumos

La producción de una tonelada de aluminio metálico requiere aproximadamente 4 toneladas de bauxita; para la producción de la alúmina en el proceso Bayer se necesitan además 320 kilogramos de soda cáustica y 480 kilogramos de petróleo. De este proceso se obtienen tres toneladas de hidrato de aluminio que al calcinarlo, con un consumo de 240 kilogramos de petróleo, se obtienen 2 toneladas de alúmina y finalmente 1 tonelada de aluminio, con un consumo de 14 Kw-hora de electricidad a partir de alúmina del 98% de pureza.

El proceso electrolítico para la obtención del aluminio requiere además 0.5 toneladas de carbón y 0.03 toneladas de fluoruros (criolita y fluoruro de aluminio).

A mediados de 1983 el costo por tonelada de aluminio producido era de US\$865, el cual se podía desagregar para las distintas etapas del proceso industrial de la siguiente manera: minería, US\$4.60; producción de alúmina US\$250 y separación electrolítica del aluminio US\$ 500. Estas son cifras promedio de varios proyectos y operaciones industriales, suministradas por la firma M&F Engineering Consultants Ltd de Zurich en 1983.

4. El Aluminio en Colombia

En Colombia los descubrimientos de materiales bauxíticos han sido producto del azar y no de programas específicos de exploración. Se conoce manifestaciones de estos minerales en varios sitios del país, siendo las más estudiadas las del Cauca y Valle del Cauca.

El primero en informar sobre bauxitas en el área de Morales-Cajibío (Cauca) fué R. Ordóñez en 1968; posteriormente el INGEOMINAS realizó estudios detallados de exploración en estos depósitos. Grandes compañías internacionales, como la Kaiser Aluminum y la Pechiney-Ugine-Kuhlmann, también realizaron trabajos de exploración detallada en la misma área

y una firma colombiana de consultoría (GEMCO LTDA, 1976) adelantó para el Departamento del Valle un estudio para la explotación de bauxitas en la Cumbre, Bitaco y San Antonio.

4.1 Reservas Minerales

Para la formación de bauxitas se requieren las siguientes condiciones geológicas y climáticas: climas tropicales con alta lluviosidad, rocas alúminicas muy permeables y períodos prolongados de estabilidad tectónica que permitan una meteorización profunda de la roca. En el país estas condiciones se cumplen, entre otras regiones, en una amplia zona del valle del río Cauca. Mediante estudios geológicos de superficie y la ejecución de perforaciones se han prospectado los siguientes depósitos de arcillas alúminicas: Depósitos de Morales-Cajibío (Departamento del Cauca), para el cual se estimaron 80 millones de toneladas de arcilla bauxítica en base seca, de las cuales podrían obtenerse 20 millones de toneladas de nódulos gibsíticos (INGEOMINAS, 1979) y depósitos de La Cumbre-Bitaco-Darién (Valle del Cauca) y San Antonio-Villa Colombia con 18 millones de toneladas de arcillas bauxíticas (GEMCO LTDA, 1976).

La totalidad de las reservas posibles en los departamentos de Cauca y Valle del Cauca se estiman en 750 millones de toneladas de arcillas bauxíticas en base seca que permitirán extraer 93.750.000 toneladas de nódulos gibsíticos (INGEOMINAS, 1979).

En la región de la Cumbre ERECOs LTDA de Medellín ha probado 126.000 toneladas de mineral, contenidas en una extensión de 7 has. bajo una cobertura estéril con espesor promedio entre 1.0 y 1.5 m, que con un 20% de recuperación darían 25.000 toneladas de bauxita. Como material refractario sólo es posible utilizar 12.600 ton (ERECOS, 1984. Información Verbal).

Se conocen otras manifestaciones de material bauxítico en las siguientes localidades (Véase también Figura No.3).

- Llanos de Cuivá (Departamento de Antioquia, municipios de Santa Rosa de Osos y Yarumal). Los materiales provienen de la meteorización de roca granítica y se presentan en una matriz arcillo-arenosa con un contenido de Al_2O_3 entre 40 y 52%, SiO_2 entre 10 y 24% y Fe_2O_3 entre 3 y 9%. Se considera que las reservas pueden ser del orden de las 100.000 toneladas de nódulos bauxíticos muy silíceos (Londoño, 1966). Los altos contenidos de alúmina indican la posibilidad de utilizar estos materiales para la producción de sulfato de aluminio.
- Manifestaciones bauxíticas en la Sierra de la Macarena. (Departamento del Meta). En un área de 10 km^2 se estimó un espesor de 10 m de material, pero no se menciona la calidad del depósito bauxítico (Pava y Van der Hammen, 1959).
- Manifestaciones en la Comisaría del Vichada al Oeste de Puerto Carreño, en suelos formados sobre el Granito Parguaza

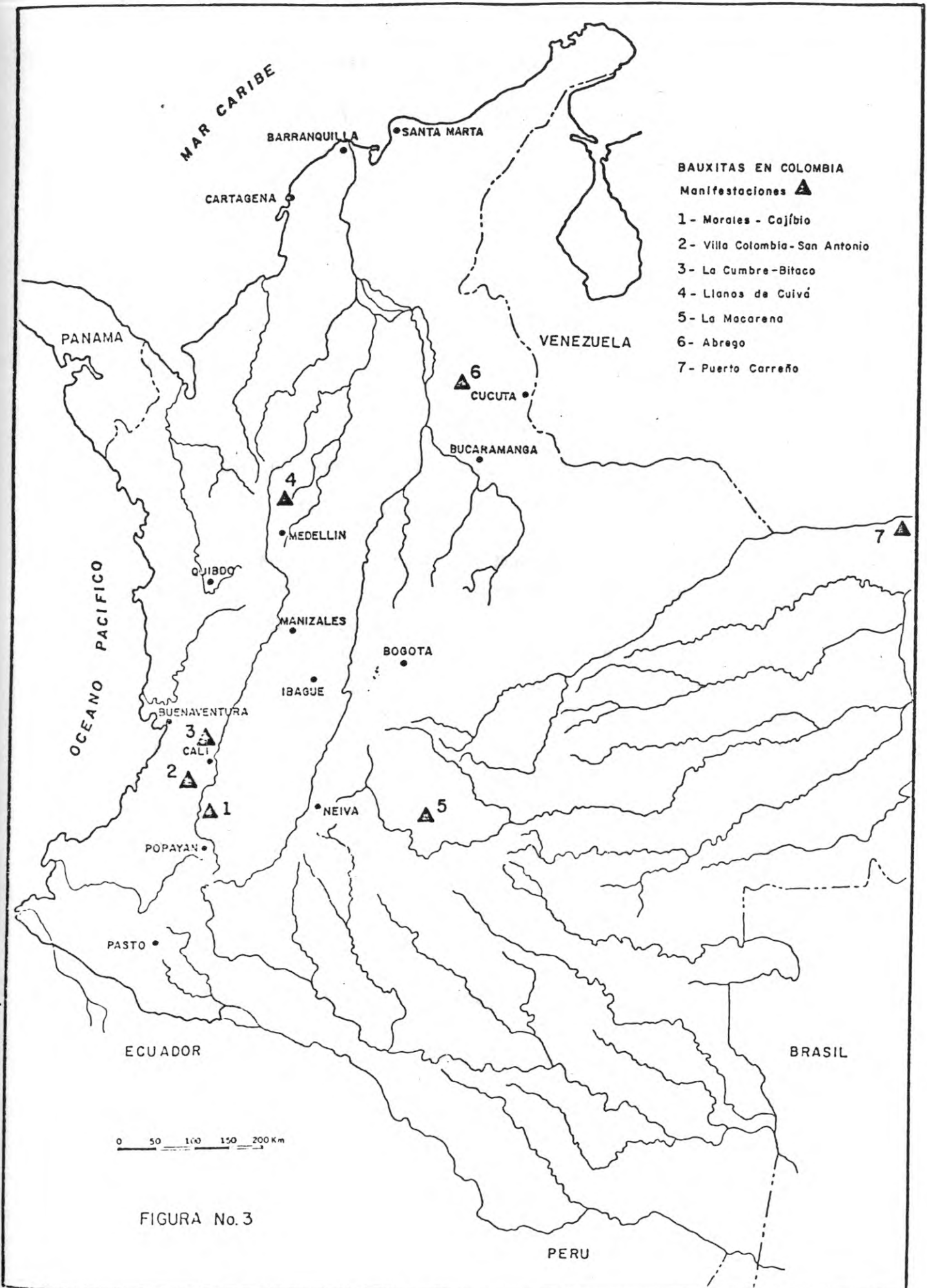


FIGURA No. 3

... de la expansión
 ... con promedio
 ... de la región
 ... de la zona
 ... de la zona



(Galvis, J., 1983. Información verbal). También se mencionan bauxitas en Abrego (Norte de Santander) y en el río Guayabero (Meta).

4.2 Calidad de los Minerales

En el Cuadro No.7 se presenta la composición química y otras propiedades de las arcillas bauxíticas del Cauca y del Valle del Cauca.

CUADRO No.7

COMPOSICION QUIMICA DE LAS ARCILLAS DEL CAUCA Y VALLE DEL CAUCA

	MORALES-CAJIBIO (Cauca)		LA CUMBRE (Valle)	SAN ANTONIO (Valle)
	Arcilla Bauxítica	Nódulos		
% Al_2O_3	35.7 - 43.8	59.10	54.0 - 58.0%	43.1
% SiO_2	20.0 - 32.0	3.07	4.5 - 7.0	14.8
% Fe_2O_3	10.2 - 13.0	4.43	2.4 - 3.3	12.7
% TiO_2	0.74- 1.10	1.19	0.4 - 0.9	ND.
% CaO	0.03- 0.08	ND.	0.1 - 0.3	ND
% MgO	0.24- 0.71	ND.	0.1 - 0.3	ND
Otros óxidos	0.30- 0.90	0.19		2.7
% Alcalis			0.05- 0.1	ND
Pérdidas por ignición	16.70- 23.40	32.15	29.0 - 33.0	26.7

ND: No disponible

Fuente: Rosas (1979) y ERECOS (1984).

En la zona de la Cumbre, ERECOS, a través de una subsidiaria denominada Bauxitas de Colombia, ha iniciado una explotación

a muy pequeña escala de las bauxitas probadas con miras a utilizarlas como material refractario. En la zona en explotación se encuentra un material de color rojo, no utilizable para refractarios por su alto contenido de hierro (del orden de 20-23% de Fe_2O_3) y un material utilizable de color crema.

En el Cuadro No.8 se presenta la composición química y otras propiedades del material crema.

CUADRO No.8

COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL PARA REFRACTARIOS DE LA CUMBRE (VALLE)

	<u>Antes de Lavar</u>	<u>Después de Lavar</u>
Al_2O_3	46 - 48%	54 - 59%
Fe_2O_3	2.5 - 3.0%	2.0 - 2.5%
SiO_2	17 - 19%	5.0 - 8.0%
TiO_2	1.0 - 1.4%	0.5 - 1.0%
CaO	0.3 - 0.5%	0.4 - 0.6%
MgO	0.2 - 0.4%	0.2 - 0.5%
Pérdidas por Calcinación	26 - 28%	29.5 - 33.5%

Fuente: ERECOS, 1984.

ERECOS ha utilizado 550 tons de estas bauxitas para refractarios. Los materiales bauxíticos después de lavados tienen la siguiente composición:

Al_2O_3	52,7 - 54.8%
Fe_2O_3	2.00 - 2.50%
Pérdidas por calcinación	29.0 - 32.7%

Fuente: ERECOS, 1984.

Este material se ha estado agregando a la arcilla blanca refractaria en una proporción de 1/3, para producir una mezcla refractaria (Chamote) que se calcina en el horno rotatorio a 1.600°C. El chamote tiene las siguientes propiedades.

Peso Específico	2.25 - 2.35
Porosidad	17.0 - 20.0%
Al ₂ O ₃	59 - 61 %
SiO ₂	32.5 - 34.5%
Fe ₂ O ₃	2.0 - 2.5%
TiO ₂	1.0 - 1.8%
CaO	0.2 - 0.4%
MgO	0.3 - 0.5%
Alcalis	0.3 - 0.5

Fuente: ERECOS, 1984.

También se han estudiado en ERECOS muestras de caolín, procedentes de la localidad de La Unión (Antioquia), las cuales han dado a escala de laboratorio resultados iniciales promisorios para la recuperación de alúmina por el proceso H⁺, desarrollado por la Compañía Francesa Pechiney (Comunicación de J. Michelet, de Aluminium Pechiney, 1982).

La composición química y otras propiedades de los caolines de la Unión se presentan en el Cuadro No.9

4.3 Explotaciones Mineras y Usuarios de la Bauxita.

Además de las explotaciones de ERECOS en la Cumbre, atrás mencionadas, en Jamundí y Villa Colombia (Valle del Cauca) se

CUADRO No.9

COMPOSICION QUIMICA Y OTRAS PROPIEDADES DE LOS CAOLINES DE LA UNION (ANT)

	<u>Caolín Lavado</u>	<u>Caolín Bruto</u>
Al ₂ O ₃	37.51	22.35
Fe ₂ O ₃	0.95	0.58
K ₂ O	0.38	0.39
MgO	0.12	0.39
Na ₂ O	0.001	0.002
CaO	0.07	0.07
TiO ₂	0.62	0.24
SiO ₂	45.6	67.5
Pérdidas por ignición	14.55	8.15
Alúmina recuperable por el sistema H ⁺ .	92%	90%

Fuente: ERECOS LTDA, 1984.

explotan materiales similares para la producción de sulfato de aluminio.

El depósito de la Cumbre está constituido por una capa de material arcilloso de color variable entre rojizo y crema con abundantes nódulos gibsíticos. La capa de bauxitas tiene un espesor promedio variable entre 1.0 y 1.5 m y está cubierta por suelos orgánicos y lateritas estériles de hasta 1.50 m de espesor, que es necesario remover para la extracción del material bauxítico (ERECOS LTDA, 1984. Información Verbal).

La explotación minera se hace artesanalmente, a pico y pala en cinco sitios previamente seleccionados según su contenido

de alúmina y de hierro. El material extraído se deja intemperizar por 2 ó 3 días para que se formen los agregados o nódulos mediante el secado. Luego el material se lava y se tamiza para separar los nódulos y el producto resultante se lleva a un trommel provisto de espas, que mediante fricción ayudan a liberar las partículas finas de material estéril adherido aún a los nódulos, las cuales son expulsadas a través de las paredes laterales del trommel. La recuperación de nódulos de bauxita mediante el sistema de beneficio utilizado es del orden de 20%.

Con el chamote que se está preparando con el material de la Cumbre, una mezcla refractaria con 50% de alúmina, se puede anticipar un ahorro del 15% de la bauxita importada por ERECOS. Sinembargo, las bauxitas del Valle del Cauca contienen un bajo porcentaje de aluminio y un alto contenido de hierro, por lo cual no es el mineral ideal para usos refractarios.

En total la industria de refractarios del país consume anualmente entre 6.000 y 7.000 toneladas de bauxita que se importan de Guayana a un precio de \$21.000 la tonelada puesta en planta.

Otras industrias que consumen alúmina son los productores de sulfato de aluminio, para acueductos, las de papel y abrasivos y la industria química.

4.4 Producción e Importaciones

Colombia no produce aluminio primario. La producción de aluminio secundario (con base en chatarra) es marginal, de unas 5.000 ton. anuales y como el consumo de la industria nacional alcanza a unas 32,000 toneladas/año, el déficit se debe suplir con aluminio importado.

En el Cuadro No.10 se presentan los valores de las importaciones de los distintos productos de aluminio en 1981.

CUADRO No.10

IMPORTACIONES DE PRODUCTOS DE EN U.S.\$
(1981)

Aluminio bruto	24.881.996
Barras de aluminio	6.338.671
Perfiles de aluminio	2.278.149
Alambres de aluminio	185.118
Planchas de aluminio	1.210.329
Otras planchas	6.026.200
Otras posiciones	14.402.000
Otros como clavos, etc.	<u>1.250.700</u>
Total US \$	<u>56.573,169</u> =====

Fuente: Acosta, P. La Industria del Aluminio en Colombia, 1983.

Porcentualmente las importaciones se pueden desagregar de la siguiente manera:

Aluminio en bruto	68.3%
Barras de aluminio	11.1%
Chapas, planchas y hojas de espesor superior a 20 mm.	2.9%
Otras hojas o tiras de alumi- nio de 20 mm o menos de espesor	3.3%
Cables, cordazas y análogos de alambre.	7.9%
Otros	6.5%

5. Perspectivas de la Industria del Aluminio en Colombia

5.1 Plantas Integradas

En el país se han planteado diversas alternativas para la pro
ducción de aluminio, entre las cuales vale la pena mencionar
las siguientes: Velásquez (1972) propuso la factibilidad eco-
nómica del montaje de una planta de 600.000 tons/año de alúmi-
na y de 300.000 ton/año de aluminio y Acosta (1982) aceptó
que el tamaño mínimo de la planta debería de ser de 240.000 ton/
año de aluminio, basado en las recomendaciones del experto G.
Sigmond de la ONU presentadas a la Gobernación del Cauca en
1976. ECOMINAS está adelantando contactos con la firma húnga-
ra ALUTERV-FKC para una definición sobre el montaje de una
planta primaria de producción de aluminio y el Ministerio de
Desarrollo Económico tiene en preparación un plan indicativo
del sector.

Al analizar las posibilidades del país para el establecimien-
to de una planta primaria para producción de aluminio se debe

considerar en primer lugar la situación de los recursos del principal insumo mineral, la bauxita.

Por todo el territorio nacional se conocen numerosas ocurrencias de minerales aluminicos, tal como se presentaron en el Capítulo 4; de éstas las más estudiadas son las del Cauca y Valle del Cauca. Las mineralizaciones de esta región son de arcilla bauxítica, esto significa que no se trata de bauxitas en sentido estricto, sino de una mezcla de minerales bauxíticos, tales como gibsita, cliachita y trazas de bohemita con arcillas. El contenido promedio de Al_2O_3 de estos minerales varía entre 34 y 44%.

Las bauxitas comercializadas en el mercado mundial son minerales con contenidos de Al_2O_3 por encima del 50%, la mayor parte de las veces superiores al 60%. Por tanto, el mineral del Valle del Cauca y Cauca requeriría una concentración previa para hacerlo una mena comercial.

Para la producción de 240.000 toneladas anuales de aluminio con base en los minerales conocidos en el país, se requerirían los siguientes insumos de materias primas (Acosta, 1983): Extracción de 4 millones de toneladas de mineral, que después del beneficio se convertirían en 1.360.000 toneladas de bauxita utilizables. Para la obtención de la alúmina en el proceso Bayer (470.000 toneladas de alúmina) se consumirían 95.000 toneladas de fuel oil o su equivalente en gas o electricidad

y 158.000 kw-hora. Para la reducción electrolítica de esa alúmina (Proceso Hall-Heroult) sería preciso disponer de 3.600 toneladas de criolita, 5.800 toneladas de fluoruro de aluminio, 135.000 toneladas de pasta anódica y 3.360 millones de kilovatios-hora.

Esta situación se compara desfavorablemente con los insumos promedios requeridos cuando se procesan bauxitas de buena calidad. Es así con bauxitas de 60%, obtenibles en otros países, se requieren 2 toneladas de mineral para producir 1 tonelada de alúmina, mientras que con las bauxitas colombianas después de concentradas se necesitarían 2.9 toneladas de material para producir la misma tonelada de alúmina y 8.5 ton de mineral en bruto, con 45% promedio de Al_2O_3 (ligeramente más rico que el material de Morales-Cajibío) para producir 1 tonelada de aluminio, contra 5 toneladas de mineral del 60% de Al_2O_3 . En el Cuadro No.11 se presenta un resumen de los insumos típicos para producir una tonelada de aluminio y el caso colombiano con las bauxitas del Cauca y Valle del Cauca.

El sólo consumo de energía eléctrica para operar una planta de aluminio de la capacidad de producción proyectada (240.000 ton/año) requeriría la generación exclusiva de una central de 500.000 kilovatios con un alto factor de carga.

Como se mencionó anteriormente el mineral del Cauca y Valle del Cauca necesita un proceso de concentración previa. Existen algunos estudios al respecto, los cuales indican que al

CUADRO No.11

INSUMOS TIPICOS PARA PRODUCIR UNA (1) TONELADA DE ALUMINIO

	Minerales Colombianos	Minerales con 60% de Al ₂ O ₃
Mineral	8.5 ton	5 ton
Alúmina	2.9 ton	2.0 ton
Criolita	0.40 ton	0.03 ton
Energía Eléctrica	15.600 kwh	14.000 kwh
Parte anódica	0.56	0.45 + 0.4 ton

someter las arcillas bauxíticas a secado se forman agregados (nódulos) de gibsita y que al tamizar el material se concentran dichos agregados en la fracción más gruesa (malla + 50), mientras que la sílice permanece en la fracción fina.

Desafortunadamente en los estudios referidos no se indica el porcentaje del material que selecciona la malla + 50; sin embargo al relacionar los 4 millones de toneladas de mineral en bruto que sería necesario extraer para obtener 1.360.000 toneladas de bauxitas (Acosta, 1983), puede deducirse que la relación de concentración es baja, lo cual significa que la operación minera se encarecería en forma considerable. A esto cabe agregar el costo adicional que implicaría el secado y tamizado del mineral. Estos sobrecostos son de gran importancia económica porque la bauxita es un mineral relativamente barato (aproximadamente US\$175/ton métrica FOB puerto de Baltimore, EEUU).

Inversiones

El estudio antes referido de la firma M & F Consultants hace unos estimativos sobre las inversiones necesarias para cada una de las fases de la producción de una planta de aluminio. Las inversiones por tonelada anual de capacidad de producción de aluminio metálico son las siguientes (dólares de 1983):

Mina de bauxita:	US\$ 350/tonelada
Planta de alúmina:	US\$ 1.500/tonelada
Planta eléctrica:	US\$ 1.300/tonelada
Planta de fundición de aluminio	US\$ 5.000/tonelada
Planta de laminación:	US\$ 3.000/tonelada

? ± 25 Km
de Salvajinas

Sin incluir la planta de laminación, una instalación de la capacidad analizada por ECOMINAS (240.000 toneladas anuales) costaría cerca de 1950 millones de dólares e incluyendo la laminadora, 2670 millones de dólares.

Como el consumo nacional de aluminio es de sólo 32.000 toneladas anuales, es obvio que una planta de esa capacidad necesitaría depender de la demanda externa de aluminio. Aquí cabe reflexionar si se justifica correr el riesgo con una inversión de esa magnitud, sin tener un mercado doméstico capaz de absorber la producción y con una materia prima que requiere procesamiento especial, lo cual obviamente aumenta los costos. Es preciso además tener en cuenta que la planta más pequeña que por razones de economías de escala se considera rentable, tendría una capacidad de unas 120-150.000 toneladas/año.

5.2 Alternativas

La industria del aluminio en Colombia ha sido una de las de mayor crecimiento dentro del sector manufacturero, como se comprueba con la gran cantidad de empresas que se han constituido en las últimas décadas para la producción secundaria de lingotes de aluminio (a partir de chatarra) y su posterior transformación a productos terminados, tales como: perfiles, láminas, tubos, hojalata para empaques, papel aluminio, alambre, discos y piezas fundidas (pistones, válvulas, etc) para la industria automotriz.

Entre estas empresas vale la pena mencionar a Alcan, Aluminio del Pacífico, Aluminio Reynolds y Aluminio Mural, las cuales disponen de una capacidad instalada conjunta de 15.000 tons/año de producto terminado. Otras industrias transformadoras son Fecomex, Industrias Vera, Matco, Fadaltea, Ceat General, Imusa, Umco, etc.

La importación de lingotes alcanzó unas 18.000 tons en 1983, y ante el reciente cierre de importaciones se ha incrementado la producción local con base en chatarra. Esta situación ha dado lugar a aumentos en el precio de la chatarra desde \$50/kg a finales de 1983 (para la chatarra de perfilería) hasta \$70/kg (julio 1984) y el precio del lingote, con un 96% de aluminio, ha aumentado desde \$60-70/kg (diciembre de 1983) hasta \$100-130/kg (julio 1984). Por otro lado se ha incrementado el consumo de aluminio en otros sectores, como el de

envases, con 20 millones de latas importadas en 1982, el de la fundición, con la producción de pistones y otras piezas para la industria automotriz y el de la industria metalúrgica, en donde se está utilizando como desoxidante.

Hasta cuando se comprueben reservas de bauxita de calidad competitiva, se considera que el desarrollo de la industria del aluminio en Colombia debe basarse inicialmente en la producción secundaria a partir de chatarra, con el fin de entrar a sustituir con producción local parte de las importaciones que gravan la balanza de pagos (US\$60 millones anuales). Para tales efectos es necesaria la preparación de un estudio de factibilidad para una planta de 50.000 ton/año de aluminio con base en hornos de inducción y hornos eléctricos. Para su operación sería necesario importar parte de la chatarra, pero el valor agregado con la producción de lingotes de aluminio justificaría la inversión.

El reciclaje de chatarra permite ahorrar hasta un 95% de la energía que sería necesaria para producir la misma cantidad de metal a partir de la bauxita. En el Anexo No.1, a manera de ejemplo, se presenta un estudio de prefactibilidad para el montaje de una pequeña planta, para producir 1.000 ton/año de aluminio a partir de chatarra nacional.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, P.A., 1982. La Industria del Aluminio en Colombia. Empresa Colombiana de Minas.
- ACOSTA, C. PEDRO, 1983. La Industria de Aluminio en Colombia (Ponencia presentada en el 1er. Simposio Latinoamericano sobre Aluminio. Oastepec, México.
- ANDERSON, R.M. The Metallurgy of Aluminum and Aluminum Alloys. H.C. Baird and Company, New York.
- BRAY, L. JOHN. Non Ferrous Production Metallurgy. John Wiley & Sons.
- COHEN, J. y MERCIER, H. 1982. Societé Aluminum Pechiney.
- COOPE, B. M., 1981. Bauxite and Alumina in I.M. Refractories Survey.
- FISCHER, P.U., 1983. Potencial de Desarrollo de la Industria del Aluminio especialmente con referencia a Colombia. M & F. Consultants, Zurich.
- FORLAN y GOMEZ, 1973. Production of Metallic Aluminum from Sulfides. Ph. D. Thesis. Technical University of Norway.
- GEMCO, LTDA y LOPEZ ARANGO, INGENIEROS LTDA., 1976. Informe Final del Estudio de Explotación de Bauxita en la Cumbre y San Antonio.
- GRJOTHEIM, K., WELCH, B.J., 1980. Aluminum Smelter Technology. Aluminum Verlag Dusseldorf.
- INDUSTRIAL OPERATIONS DIVISION METALLURGICAL INDUSTRIES SECTION. United Nations Industrial Development.
- INGEOMINAS, 1978. Recursos Minerales de Colombia. pp. 1-5.
- M & F. Engineering Consultants Ltd., Zurich, 1983. Proposal for A Study for Evaluation of Bauxite Deposits in Cauca Valley, Colombia.
- NACIONES UNIDAS, 1976, Colombia. Assitance to the Aluminum Industry.
- ROSAS, HUMBERTO, 1979. Estudio sobre Depósitos de Bauxita en Cauca y Valle especialmente en el área de Morales, Cajibío. Boletín Geológico. Vol XXii No. 1, Bogotá. pp - 84.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE LOYAINA, 1981. Estudio del Tratamiento de Arcillas Bauxíticas de Colombia. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Ensayos de Referencia para la obtención de Alúmina y Grado Metalúrgico a partir de Bauxita.

VELASQUEZ, D., 1972. Limits of Economic Feasibility for Bauxite Deposits in Western Colombia.

WOKITTEL, ROBERTO, 1960. Recursos Minerales de Colombia. Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia. Tomo X pp 173-175.

ZEERLEDER, A. V. The Techonology of Aluminum . Nordman Publishing Company, New York.

ANEXO No. 1

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA PRODUCIR 1.000 TON/AÑO DE LINGOTES DE ALUMINIO

1. Generalidades sobre Fundición de Aluminio

El aluminio tiene tendencia a reducir sustancias extrañas, por lo que se debe prestar atención a su almacenamiento antes de la fusión. La carga debe ser secada y desengrasada y para ello se recomienda almacenar en lugares secos y someterla a tratamiento de limpieza. Igualmente se debe clasificar por su origen. Este puede ser:

- Chatarra de chapas de aluminio puro, nueva y vieja.
- Chatarra de cables de aluminio puro, nueva y vieja.
- Utensilios de aluminio puro
- Chatarra de aleaciones coladas de aluminio
- Chatarra de chapas y piezas extrusadas y forjadas
- Virutas y torneaduras de mecanización, clasificada según su composición
- Chatarra no clasificada por su composición
- Costras de aluminio

De estas clases sólo la chatarra de aluminio puro y la de aleaciones clasificadas con arreglo a su composición, son las que tienen gran valor.

Las pérdidas por oxidación se disminuyen si la chatarra se compacta antes de la fusión. Además aumenta el rendimiento en los hornos de inducción. Generalmente se compactan las chapas delgadas y hojas, torneaduras y otros desperdicios de mecanización.

Existen diferentes tipos de hornos para fundir aluminio: de crisol, de reverbero, de inducción. Estos últimos son los que dan menores pérdidas y por lo tanto los más recomendables. Durante el proceso de fusión se requiere utilizar varios tipos de fundentes cuyas misiones puede ser:

- a. Disminuir la oxidación y absorción de gases
- b. Purificación del aluminio
- c. Eliminación de gases disueltos en el baño.

Las coladas se orientarán a obtener lingotes con destino a la extrusión por lo que estos generalmente son cilindros cuyo diámetro y largo se ajusta al tipo de máquina a utilizar.

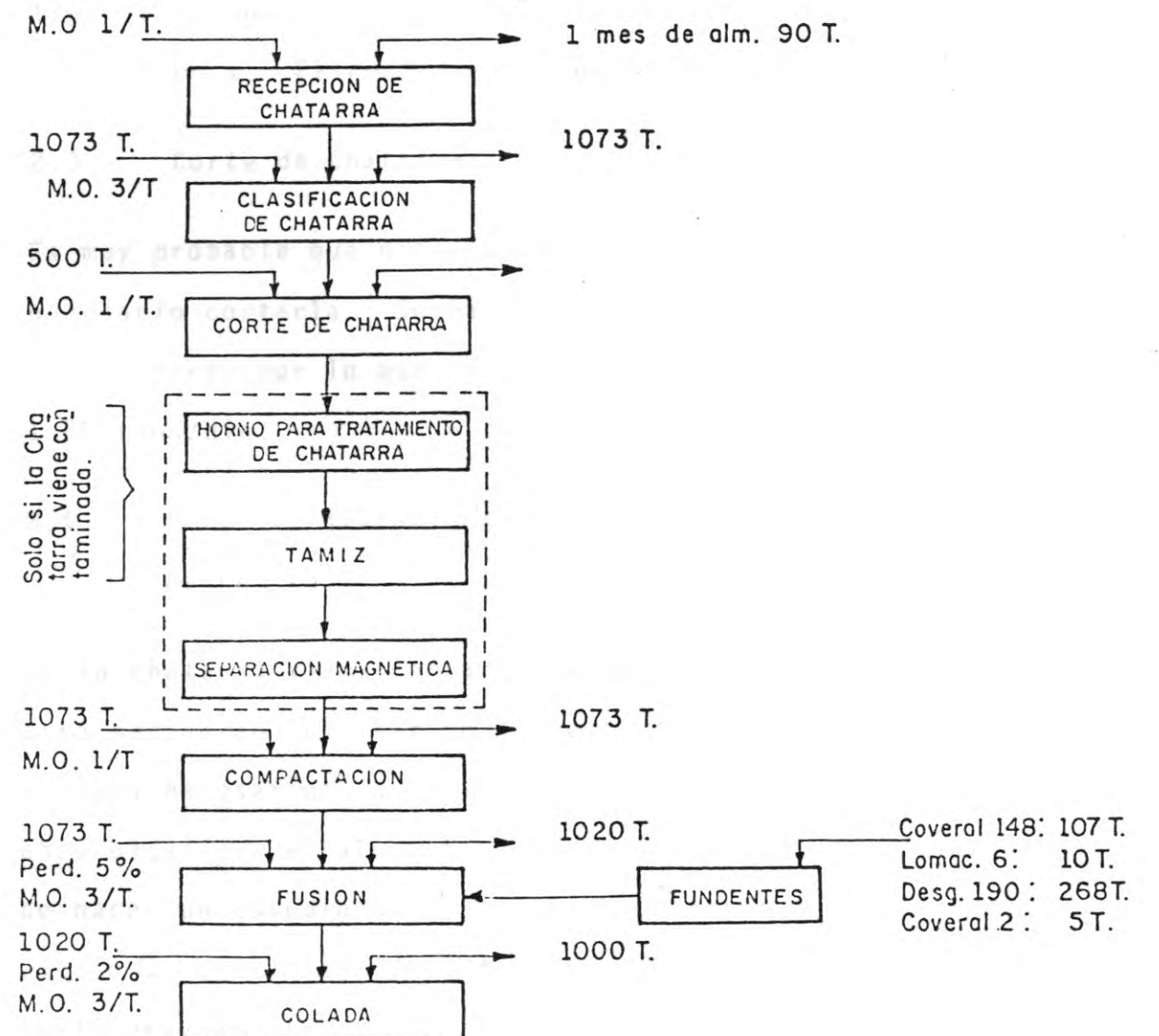
Tres son los problemas fundamentales que presenta la colada y son:

- a. A medida que el enfriamiento es más lento el grano se torna más grueso.
- b. A mayor tiempo de solidificación mayor segregación invertida.

c. No debe colarse con chorro alto tal como se hace para el acero.

Esto exige colar en tal forma que se eviten los problemas anunciados. Para ello suele utilizarse lingoteras de enfriamiento rápido inclinables o móviles para evitar el chorro alto o bien, la colada continua.

2. PROCESO DE FABRICACION



2.1 Recepción de Chatarra

Para la recepción de chatarra se ha previsto la necesidad de espacio para un mes de operación y disponer de un puente-grúa de 5 tons provista de pulpo, que sirva para cargue y descargue. El área requerida se estimó en 110 Mts².

2.2 Clasificación de Chatarra

Para esta operación se ha considerado necesario disponer de tres operarios, los cuales clasificarán la chatarra como se explicó en 1. El rendimiento requerido por día es: 3.76 Tons.

2.3 Corte de Chatarra

Es muy probable que gran parte de la chatarra adquirida sea necesario cortarla. Se ha supuesto que el 50% necesite de este proceso por lo que la cizalla que se compre debe rendir 1.88 tons/día.

2.4 Horno de Tratamiento de Chatarra, Tamiz y Separación Magnética.

Si la chatarra viene contaminada con agua, aceite o hierro será necesario instalar un sistema- de tratamiento, con los equipos necesarios, a fin de evitar que estas impurezas sean absorbidas por el aluminio durante la fusión. Por esto se debe hacer un estudio de la chatarra disponible para conocer su estado de contaminación y decidir sobre la necesidad de tratarla previamente.

2.5 Compactación

Es conveniente compactar la chatarra de aluminio para disminuir la oxidación y aumentar el rendimiento del horno de inducción para lo cual se debe instalar una compactadora de paquetes pequeños. Su rendimiento debe ser 3.76 tons/día.

2.6 Fusión

Para la fusión de la chatarra de aluminio se deben instalar dos hornos de inducción de 250 kg/H cada uno, conectados a una fuente de energía; esto permitirá una gran agilidad en el colado. El consumo de energía puede ser de 450 KWH por tonelada o un poco más.

La fusión requerida es del orden: 500 kg/H repartidos en dos hornos de 250 kg/H, obteniendo así metal líquido cada 30 minutos.

2.7 Colada.

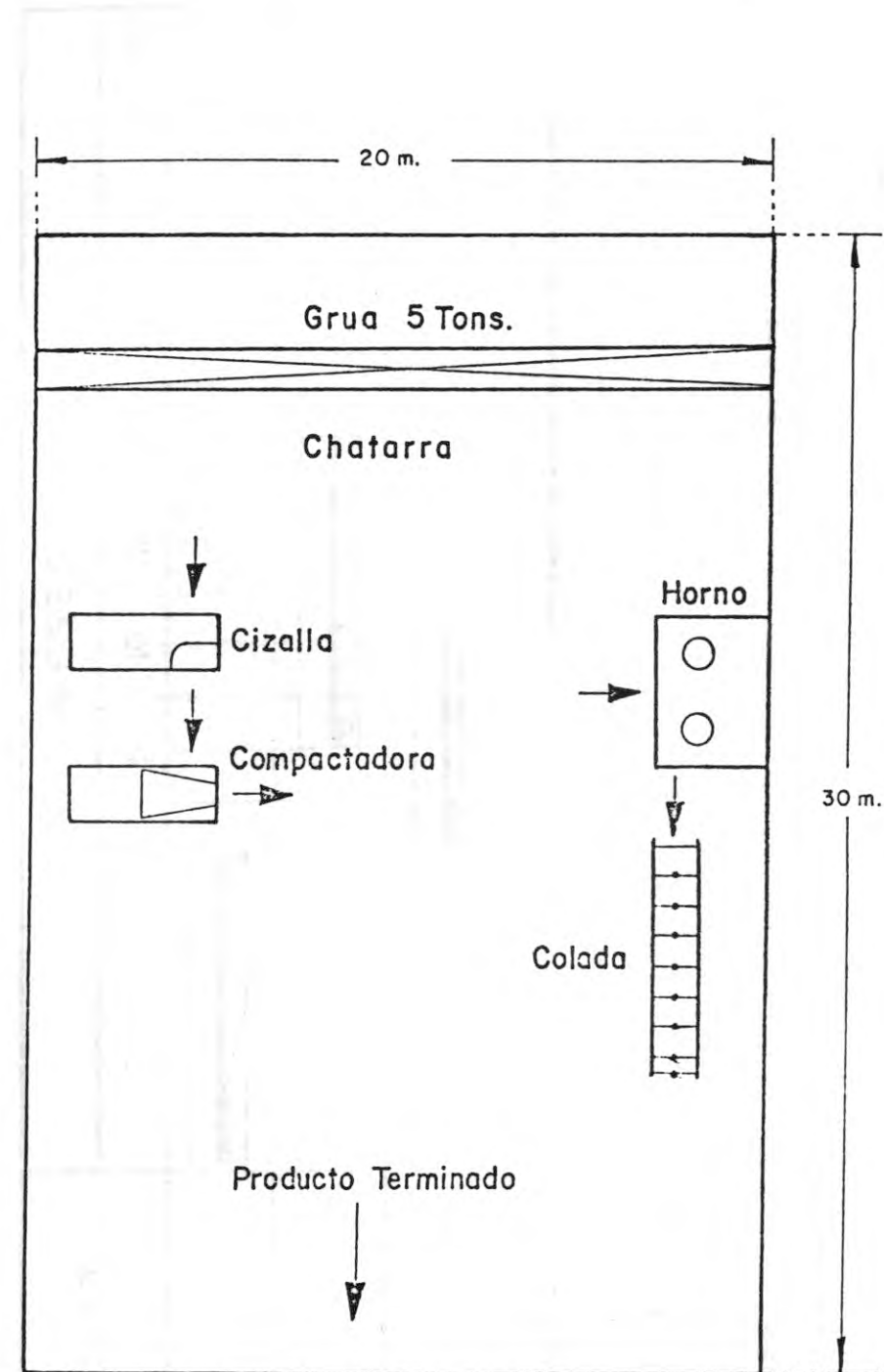
La mejor forma de efectuar la colada es mediante la utilización de coquillas enfriadas que eviten el chorro alto o la colada continua. Para iniciar el proyecto se propone efectuar la colada en coquillas enfriadas.

Si se admite que se van a producir lingotes de 35 kilos, se necesitarán 20 lingoteras: 15 en operación y 5 en reserva.

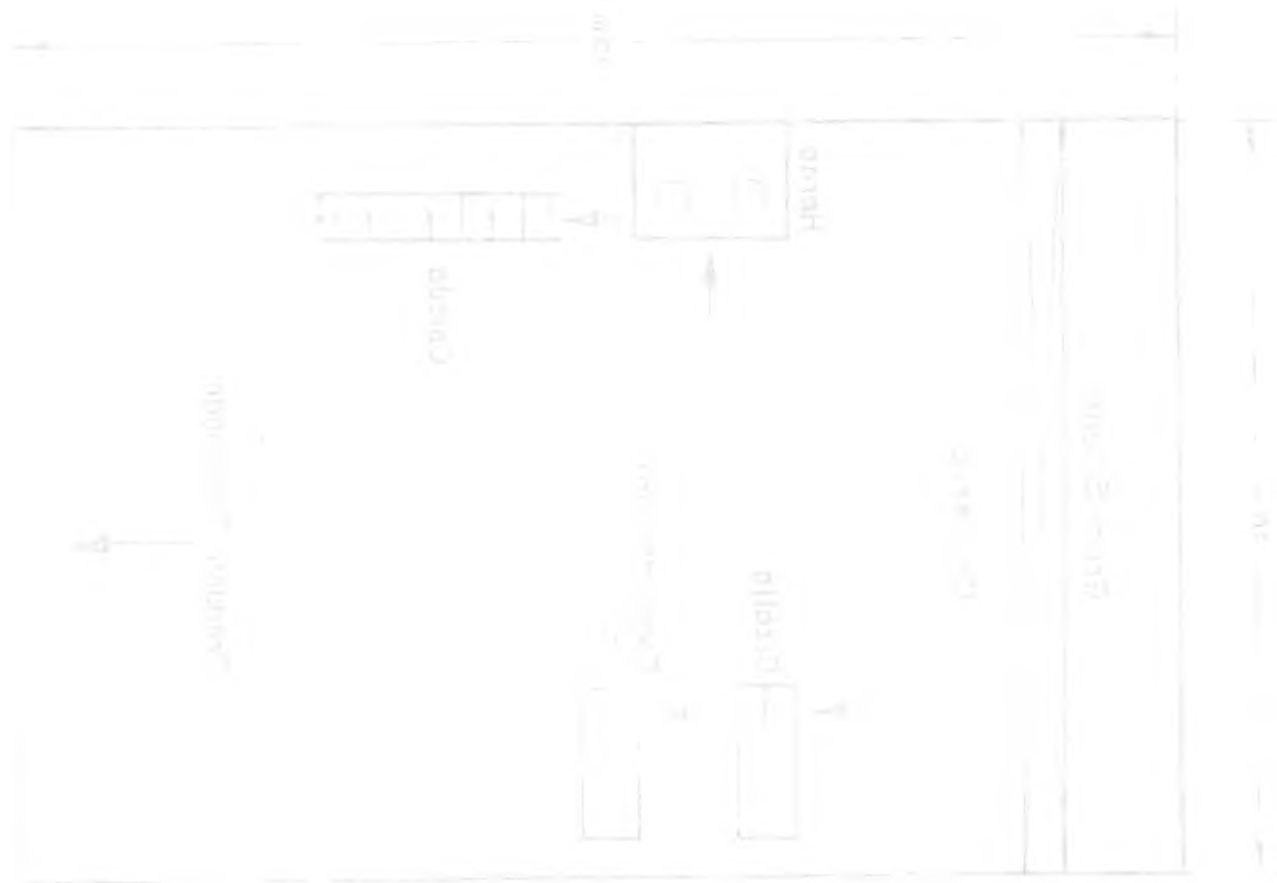
3. EQUIPOS REQUERIDOS

<u>CANTIDAD</u>	<u>DENOMINACION</u>	<u>US\$</u>	<u>\$ COL.</u>
1.	Polipasto de 5 Tons.	50.000	6.000.000
1	Puentes coches para polipasto de 5 Tons.		4.000.000
1.	Pulpo para 500 Kg.	20.000	2.400.000
1.	Cizalla para 2 Tons/hora,	30.000	3.600.000
1	Compactadora pequeña		2.500.000
2	Hornos de inducción 250 Kg/H cada uno con una fuente de poder	83.000	10.000.000
20	Lingoteras		700.000
1	Equipo para vaciado		3.000.000

4. . DISTRIBUCION EN PLANTA



AREA 600 ms²



5. PROGRAMA DE TRABAJO

ACTIVIDAD	MESES											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
ESTUDIO	█											
EDIFICIO				█								
SELECCION EQUIPOS			█									
COMPRA EQUIPOS					█							
INSTALACION SERVICIOS						█						
FUNDACIONES							█					
MONTAJE									█			
PUESTA EN MARCHA											█	



6. INVERSIONES

<u>CANTIDAD</u>	<u>DENOMINACION</u>	<u>US\$</u>	<u>\$ COL.</u>
1	Polipasto de 5 Tons.	50.000	6.000.000
1	Pulpo	20.000	2.400.000
1	Cizalla de 2 Tons/H.	30.000	3.600.000
2	Hornos de inducción 250 Kg/H con una fuente de poder.	83.000	10.000.000
1	Estructura de la grúa		4.000.000
1	Compactadora		2.500.000
20	Lingoteras		700.000
1	Equipo de vaciado		3.000.000
1	Edificio 600 Mts ²		10.000.000
	Servicios		4.000.000
	Fundaciones y Montajes		5.000.000
	Báscula 500 Kg.		50.000
	Imprevistos		5.000.000
	TOTAL INVERSION,.....		56.250.000 =====

7.. COSTOS

7.1 De transformación: 13.490.000

Energía : 1.590.000

Mantenimiento 2.000.000

M.O. 2 T. DE CAJA 6.000.000

Mat. Aux: 3.900.000

7.2 Costo de Operación 71.440.000

Materia Prima 53.650.000

Costo de transf. 13.490.000

G.G.F 32% C.T.: 4.300.000

7.3 Costo Industrial 88.565.000

Costo operación: 71.440.000

G. Admon y Ventas 12.000.000

Depreciación: 5.125.000

8. ESTADO DE RENTAS Y GASTOS

Ventas (\$ 130.000/ton). 130.000.000

- Costos de Transformación 13.490.000

- Materia Prima 53.650.000

- G.G. F. 4.300.000

Utilidad de Operación 58.560.000

- Gastos Admon y Ventas 12.000.000

- Depreciación 5.125.000

Utilidad Industrial 41.435.000

- Impuesto 40% 16.574.000

Utilidad Neta \$24.861.000

9. FLUJO NETO DE CAJA TASA INTERNA DE RETORNO RECUPERACION DE CAPITAL (EN MILLONES DE PESOS).

	Año 0	1	2 a 11	12
a. Fijo	-56.25			
b. Circulante		-7.00		+7.00
c. Valor residual				+7.80
d. Total (a + b + c)	- 56,25	-7.00		+14.80
e. Ventas			130.00	
f. (Costos (exepto dep. e int.)			83.44	
g. Beneficio antes de dep. e imp.			46.56	
h. Depreciación			5.12	
i. Beneficio después de dep.			41.43	
j. Impuesto 40%			16.57	
k. Beneficio neto			24.86	
l. Beneficio + dep.			29.93	
Flujo neto de caja	-56.25	-7.00	29.98	+14.80
TASA INTERNA DE RETORNO	34.5%			
RECUPERACION DE CAPITAL	23 meses			

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

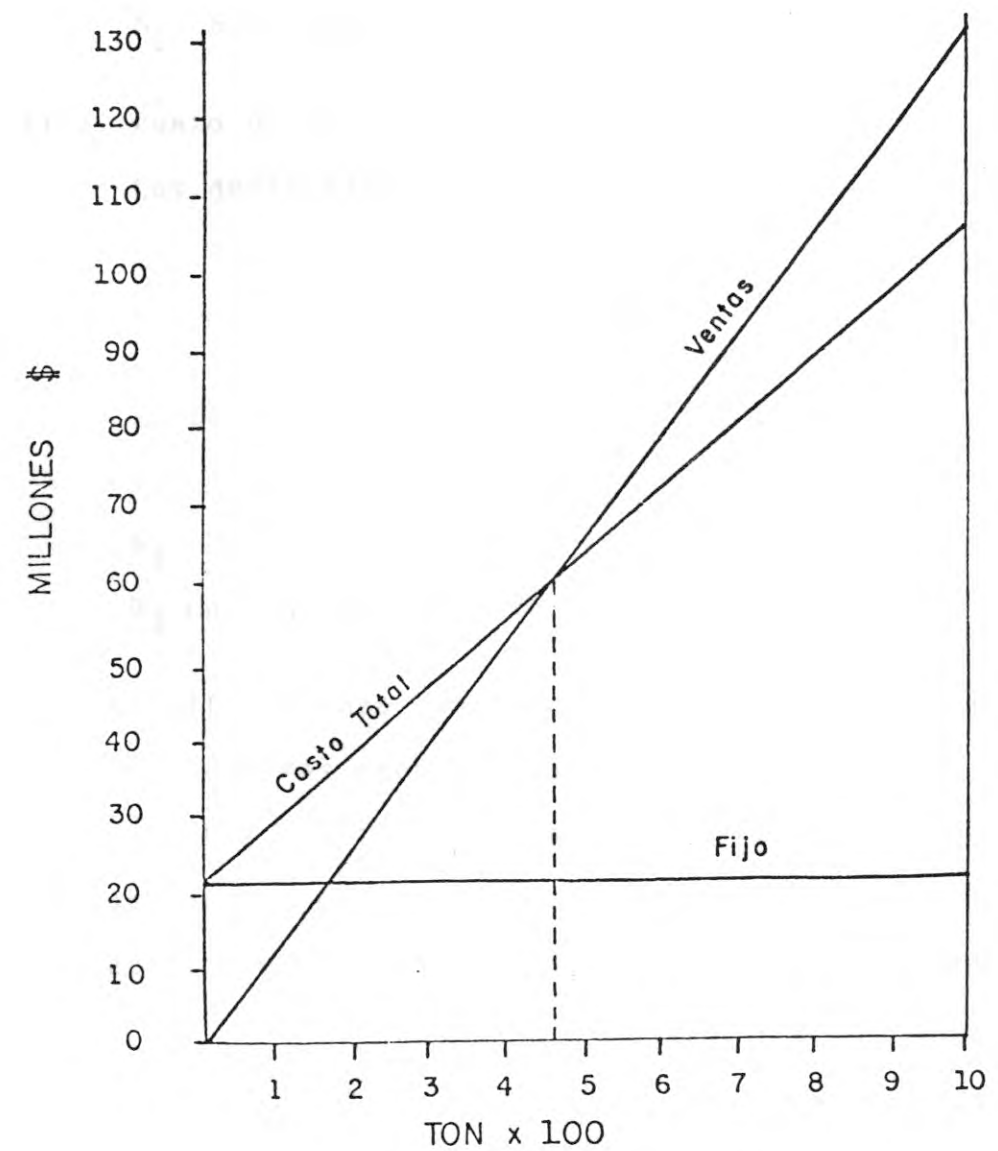
10. PUNTO DE EQUILIBRIO

Para evaluar el punto de equilibrio se ha cuantificado el costo fijo considerando un costo de capital del 25% anual.

Tamaño: 1.000 Tons/año.
Fijo: 21.44 Millones
Variable: 83.44 Millones
Ventas: 130.00 Millones



PUNTO DE EQUILIBRIO 460 TONS.



11. SENSIBILIDAD

Consideraciones

De las tres variables: Costo fijo, costo total y ventas; la mejor conocida es ventas.

El costo total y el fijo tienen mayor incertidumbre. Por eso el análisis se hará alterando estos dos últimos:

- 11.1 Punto de equilibrio para un costo fijo 50% mayor o sea 32.16 Millones. Los demás valores sin variación
 N_1 : 690 Tons.
- 11.2 Punto de equilibrio para costos variables un 50% mayor. Los demás valores sin cambio
 N_2 : 4375 Tons.
 N_2 con 25% mayor: 460 Tons.
- 11.3 Punto de equilibrio para costo fijo y variable 25% mayor.
 N_3 : 1040 Tons
 N_3 con 15% mayor: 723 Tons.

Las cuantificaciones anteriores revelan que para las dos variables con más probabilidad de error o sea el costo fijo y el variable, aceptarían para ventas anuales de 723 Tons modificaciones en más, por un 15% máximo. La inversión inicial aceptable para esta condición es: 89 Millones.

338.209861/C755eJ Ej 1

Estudio para la formulación del plan nacional
de desarrollo mineroaluminio y sus minerales
(estudio de Inventario Minero) Consorcio IEC -
Integral

338.209861 C755e1 Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA

PRESTADO A

FECHA

