

13022

JOSÉ L. MILIA

INGENIERO QUÍMICO  
INSC. CONS. ING. SANTA FE N.º 851  
INSC. CONS. PROF. CHACO N.º 182



AN JERÓNIMO 2959  
OFICINAS

CATAMARCA 4057  
LABORATORIO

T. E. 84578  
REPÚBLICA ARGENTINA

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO SOBRE LAS TIERRAS ROJAS

Del Noroeste de la Provincia

de

CORRIENTES

CATALOGADO

INFORME FINAL

AGOSTO DE 1973

0  
4.2222  
M19e  
IV

ESTUDIO SOBRE LAS TIERRAS ROJAS DEL N.E. DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES

+ I N D I C E +

1.- FACTIBILIDAD PARA LA EXPLORACIÓN

- 1. 1. Reservas probables existentes
- 1. 1. 1. Criterios a utilizar en el análisis de la factibilidad de la utilización de las "Tierras Rojas".
- 1. 1. 2. Composición de las "Tierras Rojas".
- 1. 1. 3. Estudio de la estructura química.
- 1. 1. 4. Interpretación de los resultados de los análisis.
- 1. 1. 5. Valoración de las reservas en función de la factibilidad de su explotación industrial;

1. 2. Ensayos metalúrgicos.

- 1. 2. 1. Metodología de los ensayos metalúrgicos.
- 1. 2. 1. 1. Tipos de muestras para ensayos.
- 1. 2. 1. 2. Tipos de ensayos realizados.
- 1. 2. 1. 3. Tamaño de los ensayos.
- 1. 2. 1. 4. Materiales usados en los ensayos.
- 1. 2. 1. 5. Referencia de los resultados.
- 1. 2. 2. Ensayos físicos (Concentración o separación).
- 1. 2. 2. 1. Separación densitaria.
- 1. 2. 2. 1. 1. Con tierra cruda
- 1. 2. 2. 1. 2. Con mineral calcinado a 600°C.
- 1. 2. 2. 2. Concentración por líquidos de densidades intermedias.
- 1. 2. 2. 3. Separación por flotación.
- 1. 2. 2. 3. 1. Con mineral crudo.
- 1. 2. 2. 3. 2. Con mineral calcinado.
- 1. 2. 2. 4. Conclusiones.
- 1. 2. 3. Separación magnética.
- 1. 2. 3. 1. A escala de laboratorio
- 1. 2. 3. 2. A pequeña escala piloto (ensayo continuo)

1. 2. 3. 3.

Conclusiones.

1. 3.

ENSAYOS HIDROMETALURGICOS

1. 3. 1.

Condiciones para la valoración de los procesos Hidro-metalúrgicos.

1. 3. 2.

Metodología de los ensayos hidrometalúrgicos.

1. 3. 2. 1.

Métodos hidrometalúrgicos básicos.

1. 3. 3.

Proceso ácidos.

1. 3. 3. 1.

Método con  $H_2SO_4$  y purificación con alcohol.

1. 3. 3. 2.

Método con  $H_2SO_4$  y separación al estado de Sulfato Básico.

1. 3. 3. 3.

Proceso al  $HNO_3$

1. 3. 3. 4.

Comparación de los distintos procesos ácidos.

1. 3. 3. 4. 1.

Proced. al  $H_2SO_4$  con purif. con alcohol

1. 3. 3. 4. 2.

Proced. al  $H_2SO_4$  y prod. de Sulf. básico de Al.

1. 3. 3. 4. 3.

Proced. al  $HNO_3$

1. 3. 4.

Métodos pirometalúrgicos

1. 3. 4. 1.

Otros métodos.

1. 4.

INTERPRETACION Y VALUACION

2.

PLAN DE EXPLORACION

2. 1.

Zonas de explotación.

2. 2.

Ubicación de las zonas iniciales de explotación.

2. 3.

Forma de explotación del yacimiento.

2. 4.

Intensificación del conocimiento del yacimiento.

3.

PLAN DE EXPLOTACION INDUSTRIAL

3. 1.

Ubicación de los centros de explotación.

3. 2.

Métodos de industrialización sugeridos.

3. 2. 1.

Utilización del método ácido con producción intermedia de sulfato básico de Aluminio.

3. 3.

INVERSION Y CAPACIDAD MINIMA.

3. 3. 1.

Inversión mínima rentable.

3. 3. 2.

Costos de producción.

3. 3. 2. 1.

Alúmina.

3. 3. 2. 2.

Ocre o Rojo inglés.

3. 3. 2. 3.

Rutilo (Dióxido de Titanio)

3. 4.

Costos de administración y comercialización.

3. 5. 1.

Costos de producción y evaluación del proceso cal-soda

- 3. 5. 2. Proceso con  $H_2SO_4$  y cristalización con alcohol;  
Costos de prod. y evaluación
- 3. 5. 3. Proceso con  $H_2SO_4$  y Prod. interm. BAS: Costos de  
producción y evaluación.
- 3. 5. 4. Proceso con el  $HNO_3$
- 3. 5. 5. Proceso pirometalúrgico por precarburaón para  
la producción de Hierro maleable en lingotes.
- 3. 6. Consideraciones adicionales.
- 3. 6. 1. Valores bases para los cálculos de rentabilidad.
- 3. 6. 2. Precios de compra de insumos y venta de productos.
- 3. 6. 3. Instalaciones accesorias.

- 4.- CONCLUSIONES FINALES
- 4. 1. Evaluación del medio.
- 4. 2. Valor del trabajo realizado.
- 4. 3. Conclusión final.

# JOSÉ L. MILIA

INGENIERO QUÍMICO  
INSC. CONS. ING. SANTA FE N.º 851  
INSC. CONS. PROF. CHACO N.º 163

AN JERÓNIMO 2959  
OFICINAS

CATAMARCA 4057  
LABORATORIO

T. E. 34573 - SANTA FE  
REPÚBLICA ARGENTINA

## ESTUDIO SOBRE LAS TIERRAS ROJAS DEL N.E. DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES.

### INFORME FINAL.

#### 1.- FACTIBILIDADES INDUSTRIALES.

##### 1. 1.- Reservas probables existentes:

Cualquier determinación de la factibilidad de la explotación de las TIERRAS ROJAS del N.E. de la Provincia de Corrientes debe basarse en la certidumbre de la existencia de yacimientos adecuados técnicamente y que representen así la seguridad del funcionamiento de una o varias plantas por un período de tiempo que asegure su amortización en un plazo aceptable y, sobre todo, que asegure la ocupación de mano de obra zonal por el mayor tiempo posible.

Ateniéndose a los resultados obtenidos en base a los trabajos de campo y de laboratorio realizados que han sido concretados en el Segundo informe de este trabajo ( 2.1.3.; 2.1.4. y 2.1.5.) es indiscutible//

que en este caso se da la existencia de una reserva valiosísima por su calidad, por su volumen y por su ubicación.

Tanto en la metalurgia del Hierro como en la del Aluminio existe una tendencia a la utilización de minerales de bajo tenor metálico (low-grade ores) en unos casos por el agotamiento de los minerales ricos y en otros por el alto precio que han alcanzado. También ha influido en otros casos la escasez o el elevado precio de los insumos necesarios para el procesamiento. Tal es el caso de la escasez de carbón para coquificar, en el caso del hierro, o el constante aumento del precio de la soda Solvay o de la Soda cáustica, en el caso del Aluminio.

Todavía debe agregarse a estas consideraciones los extraordinarios perfeccionamientos tecnológicos realizados ultimamente en Hidrometalurgia que han permitido un aprovechamiento integral de los minerales haciendo posible su utilización, aún en los casos en que los metales se encuentren en una proporción relativamente baja.

**1. 1. 1.- Criterios a utilizar en el análisis de la factibilidad de la utilización de las Tierras Rojas:**

La factibilidad del aprovechamiento de las "Tierras Rojas" depende de la posibilidad de utilizar esos procedimientos nuevos que permiten la separación de los óxidos (o de sus metales) que los integran. Esto depende de una serie de

factores: La existencia de un porcentaje aceptable; la capacidad en materia prima para ser sometida a la acción de los reactivos y de la infraestructura necesaria para el desarrollo de industrias de este tipo.

1. 1. 2.- Composición de las "Tierras Rojas":

La realización de este estudio ha permitido variar, en algunos aspectos, el concepto anteriormente expresado sobre la constitución de las "Tierras Rojas", especialmente las del Noroeste de la Provincia de Corrientes.

De acuerdo con los resultados que pueden ser observados en las planillas incluídas en este trabajo en el Segundo informe sobre los datos obtenidos en las determinaciones analíticas (2.-) puede establecerse que la composición de las "Tierras Rojas" del N.E. de la Provincia de Corrientes se encuentra entre los siguientes límites:

$\text{Al}_2\text{O}_3$	.....	16,0 a 32,0 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	.....	14,0 a 34,0 %
$\text{TiO}_2$	.....	1,0 a 2,5 %
$\text{SiO}_2$	.....	32,0 a 56,0 %

Existen valores mayores que se ha considerado inconveniente tener en cuenta a los efectos del estudio de factibilidad por considerarlos excepcionales. Sin embargo, aún dentro de este concepto de su

[existencia excepcional, no debe dejarse de tenerlos en cuenta pues siem-  
pre representan una posibilidad de explotación paralela a las que se  
realizen con minerales ubicados dentro de esos valores medios.

Pero también es importante tener en cuenta que la posibilidad  
de llevar a la práctica los procesos Hidrometalúrgicos y Pirometalúrgi-  
cos modernos depende de la estructura molecular que es la que va a deter-  
minar la resistencia del mineral a los procesos que permitan la separa-  
ción de sus óxidos o de sus metales componentes. Es decir, que si la com-  
posición química expresada por los resultados analíticos permite esta-  
blecer previamente el valor venal, de su producción comercial, su extruc-  
tura química es la que determina en definitiva la posibilidad de sepa-  
rarlos a un costo que los coloque en condiciones competitivas de mer-  
cado.-

#### 1. 1. 3.- Estudio de la Estructura Química:

En el primer Informe (REFE-  
RENCIAS) (1.-) se estableció ya la posible constitución de las "Tie-  
rras Rojas" del N.E. de la Provincia de Corrientes llegándose a un con-  
cepto en el que se establecía la existencia de un sílico-aluminato fé-  
rrico con n moléculas de agua de hidratación (Pag. 3). Los ensayos de la-  
boratorio han confirmado la teoría mencionada pero a la que se debe dar  
una nueva forma:





Un análisis de esta posible estructura química de las "Tierras Rojas" arroja explicaciones aceptables a ciertas incógnitas que se presentan tanto en lo que se refiere a su formación como a su comportamiento en los procesos térmicos y químicos.

En primer lugar resulta aceptable pensar que la acción de un exceso de agua puede alterar la situación de la Titanomagnetita ( $\text{TiO}_2 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$ ) y permitir su fácil liberación y arrastre para formar plaques de variable importancia.

De la misma manera, en la situación opuesta por acción del calor se explica que la deshidratación que se produce elimina una, si no la mas fuerte, de las ligaduras existentes entre los distintos silicoaluminatos y cuando se alcanzan ciertas temperaturas, alrededor de los  $600^\circ\text{C}$ , es posible llegar aún a una descomposición primaria en los óxidos metálicos.

Sin embargo no debe olvidarse que las Tierras Rojas están ya naturalmente descompuestas en alto grado y que, aún sin necesidad de una deshidratación previa, son fácilmente atacables por los agentes químicos, tanto ácidos como básicos. También en este caso es aceptable que la acción de los ácidos y las bases fuertes producen una deshidratación con un resultado similar al que se ha mencionado antes.

Pero aunque se acepte la existencia del complejo detallado en la fórmula anterior, está fuera de toda duda que coexisten paralelamente y en porcentajes variables al estado libre los siguientes compuestos:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Alúmina);  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Sesquióxido de Hierro);  $\text{FeO}$  (Óxido ferroso);  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetita);  $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (Óxido ferroso-férrico hidratado); y la ya mencionada Titanomagnetita.

La Titanomagnetita ( $\text{TiO}_2 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$ ) se diferencia de la Ilmenita ( $\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}$ ) en su alta capacidad magnética comparable a la Magnetita por lo que es fácilmente separable. Su estructura cristalina es muy similar, perfectamente definida y puede estar enmascarada dentro de los gránulos de silico-aluminato ferroso o de los óxidos de Aluminio o de Hierro que tienen un aspecto esponjoso.

La Titanomagnetita contenida en las Tierras Rojas argentinas es un material excepcional. A diferencia de los yacimientos clásicos de Titanio -ya sean esquistos o arenas titaníferas o arenas negras- es de una pureza extraordinaria pues no contiene elementos como Níquel, Cobalto, Cromo, Manganeso, Vanadio, etc. sumamente difíciles de separar cuando se trata de obtener blanco de Titanio para pinturas o Cloruro de Titanio para catalizadores.

Debido a estas características, la Titanomagnetita es fácil de separar con equipos magnéticos, tanto en medio húmedo como en seco,

aunque el primero es mas perfecto.

Cuando se recurre a la tostación previa del mineral para descomponerlo, no debe sobrepasarse de los 550°C-650°C ya que a esta temperatura se obtiene la eta-Alúmina (o Alúmina reactiva) y a mayor temperatura se pasa a alfa-Alúmina no reactiva con los agentes químicos.

1. 1. 4.- Interpretación de los resultados de los análisis:

La composición química expresada en los óxidos  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  y  $SiO_2$  es apreciablemente variable como puede observarse en la tabulación. Esta es una característica originada en la formación geológica que en dirección NNE a SSO viene desde las costas atlánticas del Brasil como una continuación de yacimientos africanos perfectamente determinados y que se ubican en la formación del Gondwana.

En general esas variaciones dependen de factores de ubicación y de la cota a que se toman las muestras. En toda esa formación geológica los porcentajes existentes de los óxidos se mantienen dentro de los valores siguientes:

Tabla n° 1. 1.

Oxidos	Promedios	Máximos
$Al_2O_3$	16,0 a 32,0 %	39,0%
$Fe_2O_3$	14,0 a 34,0 %	42,0%
$TiO_2$	1,0 a 2,5 %	11,0 %

El contenido en Hierro (que se expresa en sesquióxido férrico) tiene su máximo en Brasil aunque se considera que se ha podido ubicar en la zona de San Carlos un yacimiento de importancia (Pozos 81 a 88) con porcentajes entre 25 y 27 % en una superficie aproximada de 124 Kilómetros cuadrados y un manto promedio de 1,5 metros por lo menos. Esto significa una reserva de 188.000.000 de Toneladas de mineral equivalentes a 30.000.000 de Toneladas de hierro metálico. A esto debe agregarse que en las inmediaciones se encuentran otras zonas (por ejemplo sobre el camino de Gdor Virasoro a Curuzú, pozos 144 a 151) tanto o mas ricos en este óxido. Esta es, posiblemente, la reserva que se pretendía ubicar en base a fotografía infrarroja.

En lo que se refiere a los Oxidos de Aluminio (Alúmina) y de Titanio, los máximos porcentajes se encuentran en la Argentina en el Sur de la Provincia de Misiones y en la Provincia de Corrientes en las proximidades del límite. Esto pudo observarse en los resultados de trabajos realizados por el Dr. J. Valania (para COPEDERMEL) y en los resultados obtenidos en este trabajo y que figuran en el Segundo Informe.

Aunque los valores que se dan para los distintos óxidos podrían establecer una prioridad hacia la obtención de Hierro o de Alúmina y Dióxido de Titanio, lo real es que tanto los métodos modernos hidrometalúrgicos como los Pirometalúrgicos, hacen factible y aconsejan

el aprovechamiento de todos ellos. Sin embargo en los casos de "Tierras Rojas" con alto contenido en sesquióxido férrico puede resultar conveniente recurrir a métodos de concentración o ir directamente a procesos pirometalúrgicos con los que se puede obtener de la escoria un buen cemento o tratarla por métodos ácidos para obtener fácilmente Alúmina y Dióxido de Titanio.

1. 1. 5.- Valoración de las reservas en función de la factibilidad de su explotación industrial:

En el Segundo Informe de este trabajo se clasificaron las "tierras Rojas" del H.E. de la Provincia de Corrientes en varias zonas según tres tipos que varían de acuerdo con su riqueza en los Óxidos de Aluminio, Hierro y Titanio (2.1.4.) en las que las zonas mas aptas para iniciar la explotación, -los yacimientos del grupo (a)- representan en total una reserva de 575.000.000 de Toneladas de Aluminio, 700.000.000 de Hierro y 51.750.000 de Titanio metálicos. Esto representa el abastecimiento del país por mas de un cuarto de milenio sin contar con otras reservas existentes.

Si agregado a esto se tienen en cuenta las características generales y especiales que facilitan la extracción del mineral a un costo ínfimo y que, a primera vista, su aprovechamiento económico industrialmente está asegurado, el valor de este yacimiento representa para el país una riqueza excepcional. Por ello debe considerarse ne-

gesaria la investigación y la explotación de toda la zona que potencialmente es una de las mas ricas del país.

1. 2.- Ensayos Metalúrgicos:

Para establecer una base confiable en cuanto al comportamiento de las "Tierras Rojas" del N.E. de la Provincia de Corrientes, se consideró necesario realizar ensayos metalúrgicos en base a los procesos que ofrecían "prima facie", mejores perspectivas de utilización. Al mismo tiempo se conseguirían los parámetros básicos necesarios para establecer la factibilidad técnica y económica de cada uno de los métodos ensayados. Por esa razón los ensayos se realizaron a dos escalas de manera que de la suma de los resultados se pudiese establecer la viabilidad de llevar los resultados por cambio de escala a niveles en que se pudiese determinar su economicidad y la escala mínima de industrialización (break-even point).

1. 2. 1.- Metodología de los ensayos metalúrgicos:

1. 2. 1. 1.- Tipos de muestras para ensayos:

Para la realización de los ensayos metalúrgicos se partió de muestras típicas de la zona (2) del mapa que establece la ubicación de los pozos y su valoración en los óxidos de Aluminio y Titanio. Para esta resolución se consideró que, por razones de economía, cualquier proyecto de utilización convenía, que se iniciase en las mejores zonas y en la que se contase con una

infraestructura mínima, sino exactamente en el lugar, por lo menos en sus cercanías. Este criterio puede ser aplicado a varias zonas del Noreste de la Provincia. Resultaría obvio recalcar las dificultades iniciales que debe afrontar toda industria nueva en sus comienzos y, en especial, cuando es la primera de su tipo en la zona. Por esto la ubicación de la planta industrializadora es una razón de capital importancia.

Sin embargo, es necesario dejar establecido que para la realización de estos ensayos no se utilizaron muestras excepcionales. Por el contrario se mezclaron diferentes muestras de "Tierra Roja" de la zona (2) caracterizadas por sus valores medios para obtener un volumen final de tierra con la composición siguiente:

$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	20,5 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	18,1 %
$\text{TiO}_2$ .....	1,9 %
$\text{SiO}_2$ e insolubles.....	48,3 %
Humedad y volátiles.....	11,2 %

lo que no significa precisamente una muestra excepcional y por el contrario podría considerarse como valores intermedios bajos. De esta manera puede asegurarse que cualquier cálculo de factibilidad que se realice dará la seguridad en cualquier escala en que se prevea llevar a la práctica el proyecto.

Esta mezcla fue molida y tamizada, pasando el 98% por el ta-

mez de malla 80 que fue la parte utilizada en los distintos ensayos.

1. 2. 1. 2.- Tipos de ensayos realizados:

Los ensayos realizados fueron físicos, químicos y piroquímicos los que se clasifican de la siguiente manera:

1.- Concentración:

- 1.- Por separación densitaria;
- 2.- Por flotación;
- 3.- Por separación magnética.

2.- Ensayos químicos o hidrometalúrgicos:

3.- Ensayos pirometalúrgicos.

Los ensayos físicos-concentración-, se hicieron paralelamente sobre muestras crudas y calcinadas a 600°C. En todos los casos en que se calcinó la muestra, esta operación se realizó colocando el material en crisoles refractarios calentando hasta la temperatura mencionada en una mufla controlada eléctricamente con una exactitud de  $-20^{\circ}$  y  $+10^{\circ}\text{C}$  de manera que se aseguró la imposibilidad de que se produjeran cambios estructurales o físico-químicos tales como la vitrificación de los sílico-aluminatos o que la Alúmina pasase a alfa-Alúmina no reactiva.

1. 2. 1. 3.- Tamaño de los ensayos:

Los ensayos se realizaron a escala de laboratorio y cuando los resultados lo aconsejaron se pasó a la pe-



pequeña escala piloto. Se adoptó este criterio para que los resultados a obtener diesen la mayor seguridad posible. En lo que se refiere a los ensayos físicos, los resultados de laboratorio pueden ser elevados por ampliación de escala con absoluta seguridad a volúmenes industriales muy grandes. En el caso de los ensayos Hidrometalúrgicos la pequeña escala piloto proporciona parámetros con la suficiente exactitud para afrontar el diseño de una planta industrial, en especial en los casos mencionados en este trabajo, de los que ya existe amplia experiencia en los procesos parciales y puede decirse que la investigación y la experiencia industrial de los mismos ya es completa y puede adaptarse a ellos. Los equipos previstos de acuerdo con estos parámetros han sido estandarizados y no requieren instalaciones especiales.

En los ensayos de laboratorio se trabajó con cantidades variables entre 50 y 150 gramos para los ensayos de concentración; entre 100 y 250 gramos para los de Hidrometalurgia y 150 Gramos para los de Piro-metalurgia.

No se realizaron ensayos de separación densitaria a pequeña escala piloto porque los resultados de laboratorio demostraron la inutilidad de su aplicación para este mineral.

Los ensayos a pequeña escala piloto se realizaron con cantidades variables entre 1,5 a 4,0 Kilogramos de muestra.

1. 2. 1. 4.- Materiales utilizados en los ensayos:

Los ensayos de labo-

ratorio fueron realizados casi totalmente en equipos comunes de material Pyrex y cuando se necesitó trabajar a alta presión, los recipientes fueron colocados dentro de autoclaves o reactores adecuados y con calefacción directa.

Los ensayos a pequeña escala piloto, para los Hidrometalúrgicos, se realizaron en reactores: Un reactor vidriado de capacidad útil, 30 litros; Un reactor de 10 litros revestido de plomo 99,9 %; y un reactor con revestimiento interior de Teflón- sustituido posteriormente por plomo- con capacidad para 32 litros. En todos los casos habían sido calculados para resistir presiones de hasta  $32 \text{ Kg.cm}^{-2}$  y estaban provistos de manómetros y termómetros de visión directa hasta  $300^{\circ}\text{C}$  colocados en vainas. Las operaciones de filtrado se realizaron en filtros de material cerámico. No se realizaron ensayos de regeneración de los ácidos sulfúrico y nítrico por considerar que existe experiencia suficiente en este proceso y se dispone de la información completa para el diseño de estas plantas seccionales. El mismo criterio se aplicó para la recuperación del Etanol en cuyo caso se hizo una destilación directa con balones de vidrio y refrigerantes con corriente de agua.

En los ensayos Pirometalúrgicos se utilizaron crisoles con capacidad de 4 litros en los que se cargaba como máximo 1 Kilogramo de "Tierra Roja" que a su vez se completaba con fundente y carbón hasta

2,3 Kilogramos. La calefacción se realizó con quemadores especiales de Gas-oil.

1. 2. 1. 5.- Referencia de los resultados:

Con el fin de facilitar la comparación de los resultados obtenidos en los distintos ensayos, en todos los casos fueron relacionados a 2.000 Kilogramos de material desecado o se los refirió a porcentajes.

1. 2. 2.- Ensayos Físicos (Concentración o Separación):

1. 2. 2. 1.- Separación Densitaria:

Se preparó un lodo con 70 % de agua en peso, removiéndolo intensamente con el fin de provocar una homogeneización primaria. Posteriormente se redujo el movimiento del lodo para permitir primero la separación de gránulos y materiales densos, manteniendo en suspensión la verdadera "Tierra Roja". Una vez separados aquellos, se dejó sedimentar el lodo rojo que se secó.

1. 2. 2. 1. 1.- Cont "Tierra Roja" cruda: (Promedio de 5 ensayos)

Los resulta-

dos obtenidos son los siguientes:

Tabla 1. 2. 2. 1. 1.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Material denso separado y sec. a 110°C	6,7 %	6,9 %	6,5 %

El material separado estaba constituido por Titanomagnetita en forma

de cristales negros brillantes y nódulos negros de silico-aluminato ferroso vitrificados (?).

El lodo rojo sedimentó totalmente en un tiempo promedio máximo de 2,5 horas formando una masa compacta que una vez separada y secada en corriente de aire a 75°C dió la siguiente composición promedio:

$\text{Al}_2\text{O}_3$	.....	20,2 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	.....	17,8 %
$\text{TiO}_2$	.....	0,5 %
$\text{SiO}_2$ en insolubles.....		48,2 %
Humedad.....		13,2 %

De este resultado se llega a la conclusión que por la simple preparación de lodos livianos no puede esperarse una concentración de importancia de los Óxidos de Hierro y de Aluminio que constituyen la parte principal de las "Tierras Rojas". Lo único que puede obtenerse es la separación de una buena parte de la Titano-Magnetita pero esta tarea puede realizarse mucho mas rápida y eficientemente por otros medios.

Si se tiene en cuenta que los lodos preparados con 30% de sólidos totales son de muy baja viscosidad y facilmente manipulables y desleíbles en agua, teóricamente podría esperarse una separación de los óxidos libres. Pero la pequeña diferencia entre las densidades y las del silico-aluminato férrico o ferroso, da una explicación clara de la ineficacia del método.

1. 2. 2. 1. 2.- Con Mineral calcinado a 600°C (Promedio de 5 muestras):

Es

tos ensayos se realizaron en la misma forma y condiciones que los anteriores. Como consecuencia de la calcinación, la "Tierra Roja" se pulveriza fácilmente y se desliza con mucha rapidez en el agua. La separación de los materiales densos al reducir la agitación, dio los siguientes resultados:

Tabla n° 1. 2. 2. 1. 2.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Mat. denso separado y secado a 110°	5,1 %	5,2 %	5,1 %

El lodo rojo sedimentó muy lentamente y aún quedó en suspensión, después de 12 horas, una pequeña cantidad que coloreaba ligeramente al agua. El material sedimentado era muy fino y secado a 75°C en corriente de aire, formó una costra de muy fácil molienda que pasó en un 96 % por el tamiz de malla 140. La composición promedia fue la siguiente:

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.....	20,3 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.....	18,0 %
TiO <sub>2</sub>	.....	0,9 %
SiO <sub>2</sub> e insolubles.....		49,2 %
Humedad y volátiles.....		11,4 %

es indudable que la calci-

nación previa no favorece la separación en función de las diferencias

de densidad y, por el contrario, la granulometría y la menor densidad originadas por la deshidratación inicial la hacen mas dificultosa. La temperatura de calcinación afecta también la separación de la Titanomagnetita .

1. 2. 2. 2.- Cocentración por líquidos de densidades intermedias:

No fue

posible obtener un medio cuya densidad estuviese comprendida entre la de los distintos óxidos y los sílico-aluminatos con una diferencia adecuada ya que la que existe entre los distintos componentes del mineral (salvo con la Titanomagnetita) es menor de 0,3.

1. 2. 2. 3.- Separación por flotación:

Se separó de la misma manera que en los casos anteriores agregando al agua 0,5 % de Hexametáfosfato de Sodio (Calgón) considerado lo mas adecuado para la separación de los óxidos metálicos y en especial los de hierro.

Una vez obtenido el sólido con 30 % de sólidos se agitó fuertemente, se dejó romper inicialmente la espuma formada y después sedimentar los materiales pesados. En todos los casos el Lodo Rojo se mantuvo en suspensión en el agua con 0,5 % de Calgón después de 8 horas. Posteriormente se coaguló el Lodo rojo exento de pesados, bajando el pH agregando pequeñas cantidades de HCl.

1. 2. 2. 3. 1.- Con mineral crudo (Promedio de 6 ensayos):

Al reducirse el movimiento del líquido se obtuvieron los siguientes resultados por precipitación de materiales pesados:

Tabla 1. 2. 2. 3. 1.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Material denso separado y secado a 75°C	6,5 %	6,6 %	6,3 %

Este material separado era mas limpio que el obtenido con agua y estaba constituido por los nódulos de sílico-aluminato, Titanomagnetita y una pequeña cantidad de Tierra Roja oculta.

El lodo rojo que se precipitó después al variar el pH y luego secado, formó una costra roja muy homogénea y fácil de moler, produciendo un polvo ocre característico que paso en su casi totalidad por el tamiz de malla 140. La composición promedio de este lodo secado a 75°C en corriente de aire caliente era la siguiente:

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	20,8 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	18,4 %
TiO <sub>2</sub> .....	0,5 %
SiO <sub>2</sub> e insolubles.....	48,9 %
Humedad y volátiles.....	11,4 %

1. 2. 2.3.2.- Con material calcinado a 600°C (Promedio de 4 ensayos):

De

la misma manera se realizaron los ensayos con material calcinado llegando a los siguientes resultados:

Tabla n° 1. 2. 2. 3. 2.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Mat. denso separado y secado a 110°C	4,6 %	4,8 %	4,5 %

La composición promedio del lodo rojo precipitado y secado en las condiciones antes mencionadas al bajar el pH, fue la siguiente:

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	20,1 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17,9 %
TiO <sub>2</sub> .....	0,5 %
SiO <sub>2</sub> .....	49,1 %
Humedad y volátiles.....	12,4 %

es decir que este material ofrece idénticas características que el obtenido con la tierra cruda.

#### 1. 2. 2. 4.-Conclusiones:

Los ensayos realizados por separación física, tanto por la simple diferencia de densidades como por flotación, no ofrecen ventajas. En el caso de la flotación, las mejoras son tan pequeñas que en realidad no compensan el gasto de Hexametáfosfato de sodio. En todos los casos las instalaciones de separación de estos tipos de operaciones son costosas por su tamaño, cuanto por su operación.



1. 2. 3.- Separación magnética:

La Titanomagnetita está incluida entre los materiales altamente magnetizables y, junto con la Ilmenita, es característica de la descomposición de los minerales portadores de Titanio en las zonas tórridas. De acuerdo con los análisis de este material separado de las Tierras Rojas, la composición mas aceptable en este caso es:



De esta manera puede contarse con la separación simple y económica de un producto de valor por medio de electroimanes o de imanes permanentes. Pero al mismo tiempo existe la seguridad que arrastrará otros materiales altamente magnéticos como la Magnetita y semimagnéticos como algunos Oxidos hidratados de Hierro.

Como existe la posibilidad de descomposición de la Titanomagnetita en otros compuestos no magnetizables o debilmente magnéticos si se la somete a la acción del calor, se trabajó en todos los casos con mineral crudo para lo que se preparó un lodo con 30% de sólidos totales. Como agente magnético se utilizaron imanes permanentes no-metálicos con forma geométrica de toro, de manera que la capacidad de atracción podía variarse agregando o quitando unidades.

Las pruebas de laboratorio se realizaron introduciendo una unidad de iman permanente por períodos de 1, 3 y 5 minutos en el lodo

bien agitado, pesándose luego de secado el material separado en cada ensayo. Los resultados promedios obtenidos para un total de 5 ensayos son los siguientes:

Tabla n.º 1. 2. 3. 1.

	Tiempo de exposición en minut.		
	1	3	5
Mat. separado y secado a 110°C	15,9 %	16,3 %	16,4 %

Los porcentajes se refieren al peso de mineral crudo utilizado en la preparación del lodo. El material está integrado por Titanomagnetita, Ilmenita, Magnetita, Oxido Ferroso y Tierra Roja ocluida.

Del lodo rojo se separaron los sólidos por sedimentación y la torta obtenida se secó en corrientes de aire a 75°C. Tenía la siguiente composición:

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.....	20,3 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.....	12,8 %
TiO <sub>2</sub>	.....	0,1 %
SiO <sub>2</sub> e insolubles	.....	52,9 %
H <sub>2</sub> O y volátiles	.....	13,9 %

Estos ensayos han sido considerados positivos pues se llegó a separar la casi totalidad del los compuestos de Titanio existentes en el mineral con lo que se aporta la posibilidad de industrializar separadamente a este metal al estado de cualquiera de sus compuestos o de Titanio metálico, a un alto título de

pureza.

Tomando como base estos resultados se realizaron tres ensayos a pequeña escala piloto.

1. 2. 3. 2.- Ensayo de separación magnética a pequeña escala piloto:

Los resultados corresponden al promedio de los tres ensayos para los cuales se utilizaron 9 imanes permanentes formando un cilindro de 6 cms de diámetro por 12 cms de largo que fue recubierto con una hoja de Polietileno. Este cilindro fue colocado atravesado en una canaleta de madera de 14 cms de ancho y 8 cms de alto. El cilindro formado por los imanes permanentes se colocó a 2 cms del fondo de la canaleta que tenía una inclinación del 2 % tratando que la sección de pasaje del lodo fuese de 22 cms de largo por 2 cms de ancho. El lodo fue vertido de manera que se mantuvo constante una velocidad de desplazamiento de  $0,25 \text{ ms} \cdot \text{cm}^{-1}$  obteniéndose los siguientes resultados para un total de 3 ensayos en los que se hizo pasar 15 litros de lodo al 30 % de sólidos totales:

Tabla n° 1. 2. 3. 2.

	E N S A Y O S			
	1º	2º	3º	Promedio
Mat, separado y secado a 110°C	14,6 %	15,0 %	15,1%	14,9 %

El lodo rojo final se separó por decantación y secado en corriente de aire a 75°C arrojó la siguiente composición:

$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	20,4 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	14,1 %
$\text{TiO}_2$ .....	≤ 0,1 %
$\text{SiO}_2$ e insolubles ....	52,5 %
Humedad y volátiles...	12,9 %

El material separado es cristalino, rojo oscuro casi pardo, brillante, en los que aparece la Tierra Roja adherida u ocluida entre los cristales.

1. 2. 3. 3.- Conclusiones:

Como se ha mencionado antes, la separación magnética permitiría la separación de un material de alto valor económico y estratégico que contribuirá a la factibilidad de la explotación de las Tierras Rojas.

1. 3.- ENSAYOS HIDROMETALURGICOS:

Los óxidos que constituyen las "Tierras Rojas" tienen importancia de acuerdo con su valor venal en este orden:

Alúmina, Dióxido de Titanio (Rutile o Anastasa) y Óxidos de Hierro, los que pueden determinarse multiplicando el contenido de la muestra por el precio de venta mayorista en el país expresado sobre tonelada de mineral:

Alúmina:

205 Kilogramos	x \$ 820.-/Tt.	=	\$ 168,1
----------------	----------------	---	----------

Dióxido de Titanio 99,9% (para pinturas o catalizadores):

19 Kilos x \$ 9.000.-/Tt. = \$ 171.—

Oxidos de Hierro (80%  $Fe_2O_3$ ) para Ind. Metalúrgica

225 Kilos x \$ 240.-/tt = \$ 54.—

De acuerdo con estos valores es necesario destacar la presencia de la Alúmina y el Dióxido de Titanio que producidos en forma económica pueden, no solo abastecer la totalidad de las necesidades del país, sino transformarlo quizás, en el mayor exportador del mundo, criterio aplicable con mayor razón al Dióxido de Titanio o a los respectivos metales.

Esta posibilidad exige que se establezca cual es o cuales son los métodos adecuados para separarlos al estado de absoluta pureza, es decir, 99,7 a 99,9 % en ambos casos.

La ausencia de metales como el Cromo, Niquel, Vanadio, Tungsteno, Manganeso, Cobalto, etc. hacen factible la utilización de procesos Hidrometalúrgicos basados en la utilización de ácidos fuertes ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  y  $HCl$ ) con los que se puede llegar a porcentajes muy elevados de extracción. Pero la presencia de cantidades muy elevadas de Hierro al estado de sus óxidos plantea un problema que si bien no es simple, ha dejado de ser insoluble, pero que deja abierto el camino a los procesos Pirometalúrgicos que separan directamente el Hierro metálico eliminando la etapa de producción de arrabio, y que dejan una escoria de la que pue-

Se extraerán por esos mismos métodos hidrometalúrgicos ambos metales  
(Al y Ti) o sus óxidos.

Dentro de los métodos hidrometalúrgicos pueden también considerarse los de extracción básica y en especial las variaciones al clásico Proceso Bayer como por ejemplo el Cal-Soda.

La industria de la Alúmina tiene ya una centuria de desarrollo paralelamente con la del Aluminio metálico y hasta ahora ha dependido casi exclusivamente de una materia prima : la BAUXITA.

En determinadas condiciones, especialmente durante la Segunda Guerra Mundial, o en países que no disponían de esa materia prima se recurrió a materiales tales como nefelinas, arcillas, caolines, etc. Durante el período bélico Estados Unidos de N.A. utilizó arcillas y esquistos con resultados satisfactorio mediante procesos hidrometalúrgicos.

Pero el consumo de Bauxita ha ido agotando los buenos yacimientos existentes y las nuevas reservas se encuentran en zonas sumamente alejadas como Australia, sobre las que inciden poderosamente los costos de flete y la inseguridad en los abastecimientos en casos de crisis. Esto ha llevado a los grandes países industriales a promocionar el desarrollo de la investigación de nuevos procesos extractivos que utilizan materias primas de precio inferior.

Para muchos países, como es el caso de la Argentina, el problema se presenta principalmente porque los yacimientos de Bauxita, las///

[plantas productoras de Aluminio y Alúmina se encuentran en poder de un "Cartel" internacional que regula los precios y que como consecuencia crea una dependencia total.

Las reservas argentinas de Alúmina se elevan a 24.000.000.000 de toneladas contenidas en las Tierras Rojas. Las de la Provincia de Corrientes ya han sido estimadas anteriormente y son las que por su ubicación y calidad pueden ser la base para el comienzo de estas industrias, ya que existen facilidades de transporte y en un plazo muy breve podrá contarse con energía de bajo costo procedente de la usina hidroeléctrica de Yaciretá-Apipé.--

1. 3. 1.- Condiciones para la valoración de los Procesos Hidrometalúrgicos:

La independencia de una industria depende de la posibilidad de abastecerse de materia prima y de los insumos necesarios para el proceso en la cantidad necesaria para que la explotación sea rentable y exista la seguridad de que pueda realizarse durante un período mínimo que permita su amortización total. Este es un criterio primario que no tiene en cuenta la necesidad de asegurar la absorción de mano de obra en constante aumento, evitando la posibilidad de que en un plazo determinado se plantee el grave problema de una desocupación masiva. Este no es el caso de estos enormes yacimientos cuya duración está muy lejos de poder ser determinada.

La ubicación de estos yacimientos tiene un valor estratégico doble.-- Su ubicación sobre la zona limítrofe internacional exige perentoriamente su aprovechamiento no solo con los fines de abastecimiento industrial sino también para reafirmar una soberanía indiscutida e indiscutible.--Desde otro punto de vista la instalación de industrias de alto valor estratégico, como son las de Aluminio, Titanio y Hierro en base a materia prima de importación significa haber dejado de lado el aspecto primordial de la continuidad de su funcionamiento que podrá asegurarse en la medida que se exploten reservas existentes de mineral como las del N.E. de Corrientes.--

Si se agrega que cualquiera que sea el proceso que se adopte para su industrialización, los insumos necesarios(cal, soda, azufre, ácido nítrico, fluorita, etc.) se consiguen con cierta facilidad en el país. Esto completa un cuadro eminente satisfactorio para la posibilidad de su explotación en base al mercado interno.

Por eso es de importancia la selección del o los procesos más convenientes y adecuados a las condiciones existentes.-- Para establecerlo es necesario partir del concepto que el clásico Proceso Bayer es totalmente inaplicable; en la República Argentina los productos sódicos, además de un material crítico, tienen un precio elevado y el alto contenido en sílice del mineral presupone la formación de silicato de sodio sodio soluble, difícil de separar y costoso en el recuperamiento de la



materia prima original.

Dada la importancia del Titanio como subproducto de muy alto valor, se ha contemplado la necesidad de la separación previa de sus minerales (Titanomagnetita e Ilmenita) que requieren un proceso hidrometalúrgico especial pero que también puede realizarse en los mismos equipos de los procesos para el Aluminio.

De acuerdo con los ensayos de laboratorio y en pequeña escala piloto, el método más adecuado es la separación magnética en medio líquido (agua) formando lodos livianos. -- El lod residual de la separación magnética puede ser decantado naturalmente o por instalaciones adecuadas o sino separado por centrífugas continuas, superdecanterers, filtros rotativos, etc., que permiten regular la humedad final dentro de un rango entre el 6 a 11%. -- Los equipos mezcladores, separadores magnéticos, centrífugas, etc., se encuentran fácilmente en el mercado y pueden ser totalmente automatizados. --

Los investigadores más avanzados en la investigación de minerales aluminíferos, tales T.R.Scott, F.A.Peters, P.W.Johnson, W.T. Holmes, R.C.Kirby, W.Sakaroff y otros, aconsejan la precalcínación de los sílico-aluminatos a temperaturas entre 700 y 900°C con el fin de descomponerlos, liberando los óxidos, para simplificar el tratamiento químico. Los investigadores del Bureau of Mines de los Estados Unidos también aconsejan esta calcinación, salvo en los casos de minerales

[que deben ser sometidos a fusión alcalina o a sinterización. ]

Ensayos realizados en el país, inclusive algunos para este trabajo, con las Tierras Rojas argentinas, si bien aceptan las ventajas de la precalcificación limitan la temperatura máxima a 650°C. Pero los ensayos realizados ultimamente en Santa Fé han permitido establecer que la acción de los agentes químicos mencionada en 1.1.3. es real y que pueden obtenerse resultados similares aún cuando no se proceda a la precalcificación que siempre es costosa ya que exige instalaciones especiales y un alto consumo de combustible.

#### 1. 3. 2.- Metodología de los Ensayos Hidrometalúrgicos:

De acuerdo con lo mencionado en 1.2.1.3., los ensayos de laboratorio se hicieron atacando entre 100 y 250 grs. de muestra tipo para los de Hidrometalurgia y 150 gramos para los de Pirometalurgia. Los ensayos a pequeña escala piloto se realizaron con cantidades variables entre 1,5 y 4 Kilogramos de la muestra. Los resultados, tal como se mencionó, han sido referidos en los ensayos de laboratorio al rendimiento final, mientras que en los ensayos a pequeña escala piloto han sido referidos siempre proporcionalmente a 2.000 unidades de la muestra y los resultados de cada etapa registrados en los Balances de Materiales. Se adoptó este criterio considerando que así se puede hacer una comparación rápida y clara de un proceso [respecto a otro. ]

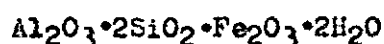
1. 3. 2. 1.- Métodos Hidrometalúrgicos básicos:

El proceso Bayer fue desarrollado para tratar Bauxitas de elevada calidad, pero a medida que se tuvo que recurrir a yacimientos de menor riqueza en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -sustituida en la mayoría de los casos por Sílice- con el fin de compensar el mayor costo final causado por las pérdidas e insumos y de obtener un producto en el que se mantuviesen ausentes la  $\text{SiO}_2$  y el  $\text{Na}_2\text{O}$ , se desarrollaron variantes al proceso y, para los casos en que el contenido en Sílice es muy alto, se recurrió al Cal-Soda.

En su forma mas simple el proceso Bayer consiste en la disolución del  $\text{Al}_2\text{O}_3$  contenida en el mineral por acción del Hidróxido de Sodio ( $\text{NaOH}$ ) en reactores a una temperatura de  $180^\circ\text{C}$  aproximadamente y una presión de  $7-9 \text{ Kg.cm}^{-2}$ , según esta reacción teórica:



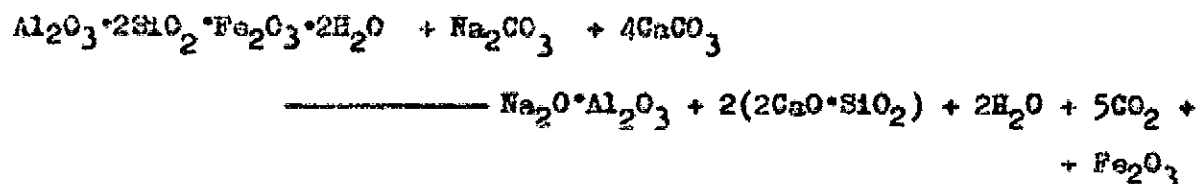
Pero generalmente los minerales aluminíferos contienen cantidades variables de  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{FeO}$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Bajo la acción de la solución básica, los óxidos de hierro se mantienen insolubles y tienden a aunarse como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que se separa por decantación de la solución de Aluminato de Sodio. El Silicato de Sodio, que también se forma, se mantiene mezclado con esa solución. La Tierra Roja de Corrientes puede ser asimilada a la siguiente fórmula:



Logicamente que con esta composición estequiométrica aproximada, la cantidad de silicato de sodio soluble que se forma es muy grande. Si bien una gran parte del Aluminato de Sodio se descompone por hidrólisis y semilleo con  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , el silicato de sodio se mantiene en solución en la parte no hidrolizada que pasa al recicló, creando un problema difícil para su eliminación.

Para solucionar esta situación y hacer mas económico el proceso investigadores ingleses que habían trabajado en un problema de raíz similar, en la fabricación de pasta celulósicas, adaptaron el sistema Cal-Soda para el tratamiento de los minerales de Aluminio.

Esta variante consiste en una sinterización previa del mineral con Carbonato de Calcio y su posterior tratamiento en un reactor a presión con una solución de Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). De esta manera se produce dentro del recipiente a presión la siguiente reacción:

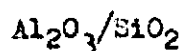


el Hierro, al estado de sesquióxido férrico, se mantiene insoluble. Pero la sílice combinada reacciona a su vez en un 90 % y forma además del Silicato de calcio un precipitado insoluble que tiene la siguiente composición química:



Alrededor del 6 % de la Alúmina y el 3 % de la Soda existente en la solución precipitan junto con el compuesto silíceo lo que significa una pérdida de importancia a la que se debe agregar el silicato sódico soluble que va con el licor madre y al que al cabo de varios reciclos se debe eliminar.

En estas condiciones es fácil llegar a la conclusión sobre las limitaciones de este proceso (y en especial del Proceso Bayer) que depende del porcentaje de Sílice existente en el mineral y de la relación



aunque todavía habrá que tener en cuenta para cualquier decisión la disponibilidad y el precio del Carbonato de Sodio (Soda Solvay).

En la Figura 1. 1. (Pag. 34) se ha diseñado el Flow-sheet del proceso Cal-Soda del que se puede deducir el equipo necesario para su ejecución. Puede ser construido con materiales metálicos comunes.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a escala de laboratorio, se pasó a la pequeña escala piloto, realizando la sinterización en un crisol de boca ancha y, utilizando de acuerdo con la composición dada por el análisis de la muestra tipo, la siguiente relación:

1 Mol de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y 2,2 Mol de  $\text{CaCO}_3$  por 1 Mol de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y 1 Mol de  $\text{SiO}_2$

PROCESO DE SINTERIZACION CAL-SODA

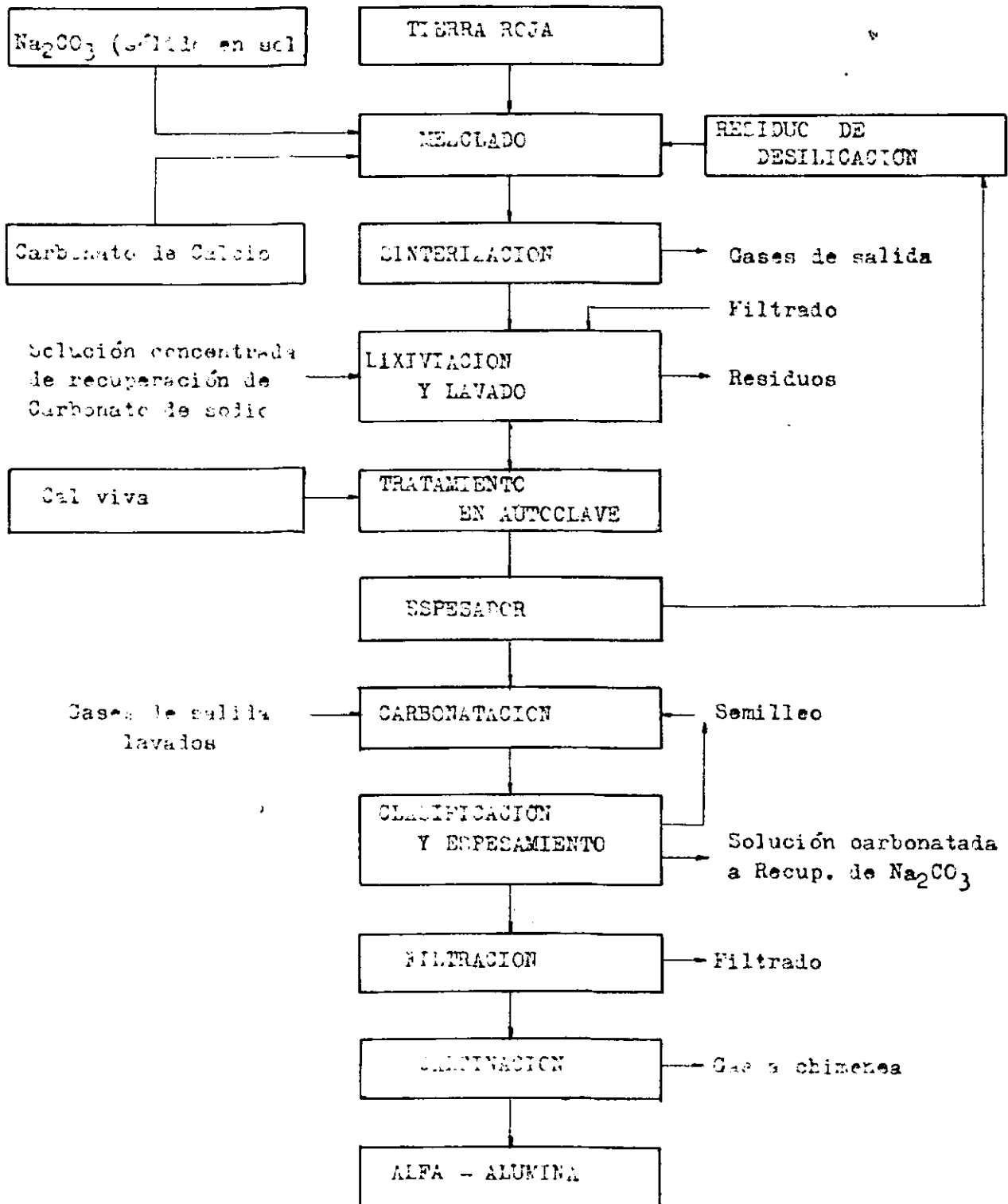


Fig. nº 1.- Flow-sheet del proceso Cal-soda.

*[Handwritten signature]*  
 S. C. I. M. I. I. A.  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

El total fue molido de manera que pasase por malla 80 el 100% y se mezcló intimamente calentando hasta 650°C. Previamente se había preparado una solución de recicló teórica y se colocó el total en un reactor donde se calentó hasta alcanzar una presión de 6 Ks·cm<sup>-2</sup> manteniendo en caliente durante 2,5 horas, se filtró luego de sedimentar durante 1,5 horas, el residuo se envió nuevamente al recicló. El filtrado se carbonató con una solución de SO<sub>2</sub> agregándose al mismo tiempo eta-Alúmina para semillero. Se filtró nuevamente y se lavó el depósito sólido con agua caliente y finalmente se lo secó y calcinó a 1.100°C en una mufla. Esta operación se recicló por tres veces y se hicieron tres ensayos similares.

El proceso ha sido graficado en flow sheet de la Figura nº 1 y el Balance de Materiales de la Fig. nº 2 (Pag. 36) . De acuerdo con este último los resultados pueden resumirse así:

BALANCE DEL PROCESO CAL-SODA

ENTRADAS:

Materia prima:

Mineral	Ks	2.000
---------	----	-------

Insumos:

Soda Solvay (eq. a 741 Kilos a <sub>2</sub> O)	"	1.267
Caliza (eq. a 1392 Ks de CaO)	"	2.487

Combustibles:

Fuel oil para calcinación	"	565
---------------------------	---	-----

PROCESO DE EXTRACCION DE ALUMINA POR EL METODO CAL-SODA A PARTIR DE LAS TIERRAS ROJAS DEL N.E. DE CORRIENTES

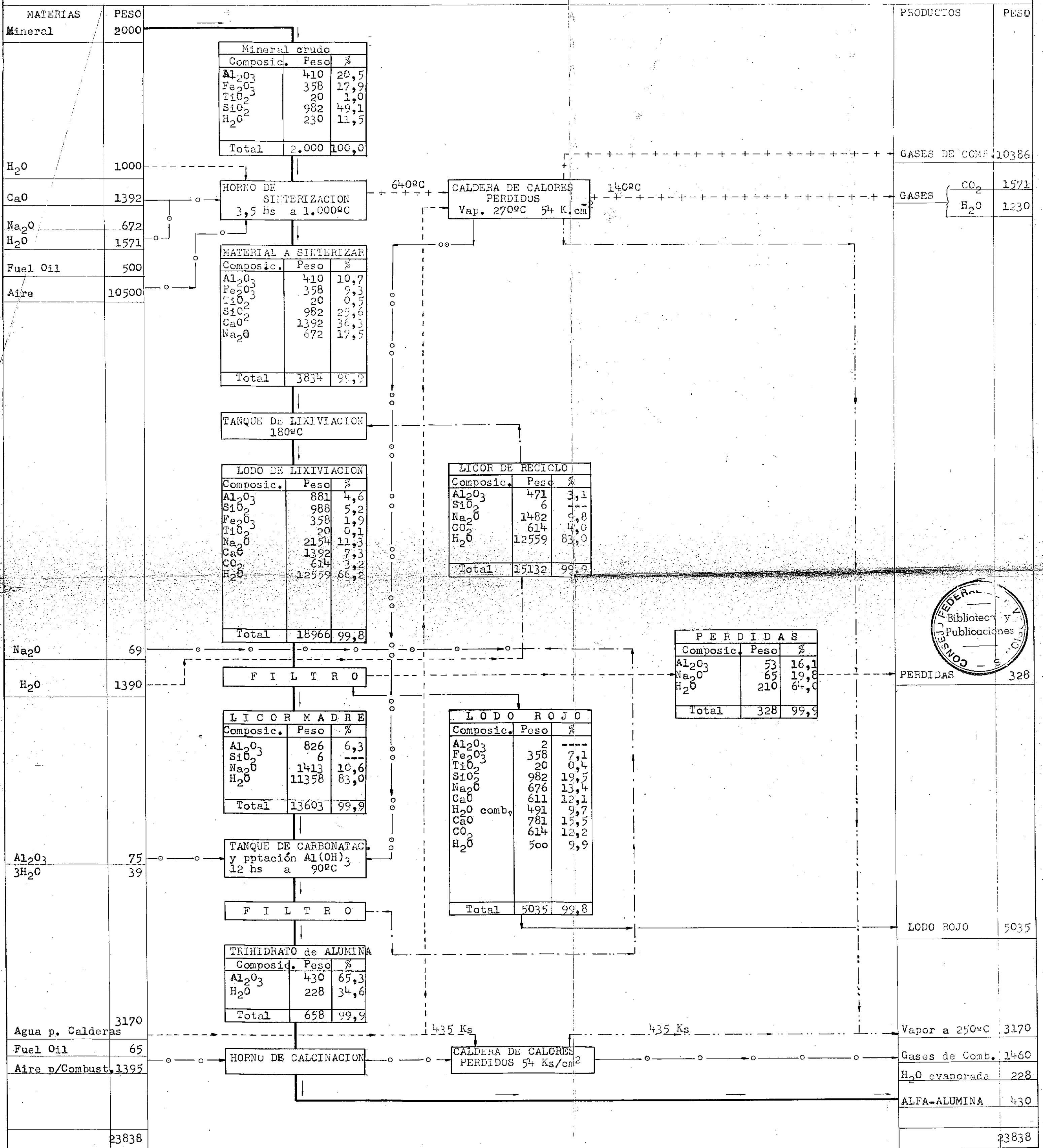


Fig. nº 2.- Balance de Materiales

ESTUDIO DE LAS TIERRAS ROJAS DE CORRIENTES  
Balance de materiales: PROCESO CAL-SODA

JOSE L. MILIA Ing. Quím.

AGOSTO DE 1973

Pág. nº 36

— Linea de producción de ALUMINA  
— Derivados (Lodo Rojo)  
— Insumos  
— Combustibles y gas de combustión

— Agua  
— Licor de reciclo  
— Vapor de agua  
— Residuos de fábrica



PRODUCCION:

Alúmina

Ks. 355

---

El lodo rojo que tiene 20 Kilogramos de  $TiO_2$  no resulta aprovechable por el enorme consumo de reactivos para separarlo.

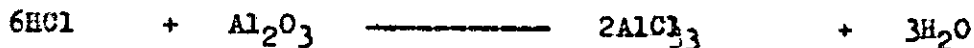
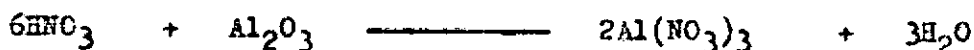
1. 3. 3.- PROCESOS ACIDOS.

Los métodos ácidos para la obtención de alúmina han sido desarrollados intensamente y como consecuencia están alcanzando tanto auge que no es exagerado esperar que en un futuro cercano sean utilizados para producir la mayor parte de los requerimientos mundiales. Esta opinión puede explicarse fácilmente porque, además de tratarse de procesos sumamente simples, permitirían substituir materia prima cara y de importación (Bauxita) eliminando drenaje de divisas ya que la totalidad de los insumos son también de producción nacional.

Los ácidos minerales, únicos que pueden ser utilizados en la extracción de Alúmina, producen reacciones muy fuertes, atacando los óxidos que entran en la composición de las Tierras Rojas para formar sales solubles de Aluminio, insolubilizar la Sílice y descomponer el material orgánico cuando no hubiese habido calcinación previa. Lo mismo sucedería con los otros óxidos. Pero en determinadas condiciones las sales resultantes pueden ser hidrolizadas o sufrir una reoxidación.

En el caso de los óxidos de Aluminio, las reacciones pro-

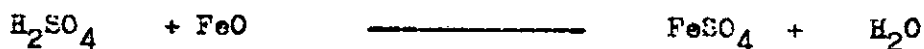
ables serían las siguientes:



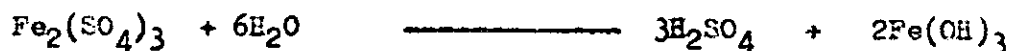
Los productos de estas reacciones pueden ser mas o menos hidratados y aún presentarse bajo la forma de sales básicas según sean las condiciones de presión y temperatura. Algunas, como el  $\text{AlCl}_3$  son altamente volátiles o se descomponen facilmente en presencia de agua, invirtiendo el proceso.

La Sílice, tanto la libre como la combinada, se separan juntas en forma cristalizada insoluble, especialmente cuando se trabaja en caliente y a presión. Cuando el ataque se hace con ácido fluorhídrico (HF) la Sílice se volatiliza.

Los óxidos de Hierro reaccionan con el ácido sulfúrico de la siguiente manera:



En este último caso, el Sulfato Férrico en presencia de agua se hidroliza en su casi totalidad:



El hidrato férrico formado precipita y se separa facilmen-

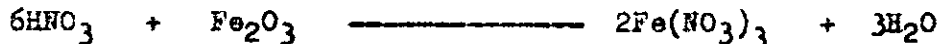
te aunque siempre queda en la solución una pequeña cantidad de sulfato férrico sin hidrolizar que es la que luego podrá contaminar a la Alúmina.

Con el HCl la reacción es como se mencionó, la siguiente:



Esta sal solo puede hidrolizarse, para separar el Hierro, mediante el agregado de Hidróxido de Sodio, quedando el aluminio en solución al estado de Aluminato de Sodio como ya se mencionó ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ ). Este es, indudablemente, un proceso caro que incidiría en el precio final de la Alúmina.

Con el  $\text{HNO}_3$  teóricamente debería producirse esta reacción:



pero en realidad el ácido actúa como un oxidante, especialmente en caliente, y el óxido férrico se mantiene insoluble. El Óxido ferroso que podría existir pasaría también a férrico precipitándose.

Normalmente los tratamientos ácidos atacan entre el 95 y el 98 % de la Alúmina existente y mantienen en la solución reducidas cantidades de sales de los otros óxidos, tanto o mas reducidas, cuanto mayor es la temperatura de extracción ácida.

En estas condiciones el problema de los procesos ácidos se reduce a encontrar la forma de separar las sales no aluminicas.

Los tratamientos ácidos para la extracción de Alúmina han sido completamente experimentados y aún en nuestro país son

utilizados por Obras Sanitarias de la Nación para la producción de Sulfato de Aluminio hexadecahidratado destinado al tratamiento de aguas para consumo utilizando como materia prima Bauxitas extranjeras de mediana calidad.

El producto intermedio en los procesos ácidos antes de llegar a la Alúmina, -en el caso del  $H_2SO_4$ - es el Sulfato de Aluminio hidratado que se descompone por calcinación. La Alúmina se separa y los gases residuales se recuperan al estado de los ácidos correspondientes: Acido sulfúrico o ácido nítrico.

1. 3. 3. 1.- Método con  $H_2SO_4$  y purificación con alcohol:

Se realizaron

tres ensayos de laboratorio con 100 grs de muestra trabajando en material de vidrio; En el caso de la extracción ácida a alta temperatura se colocaron los recipientes de Pyrex en autoclaves. El lavado de los cristales obtenidos de  $Al_2(SO_4)_3$  se hizo con Etanol en un caso, luego con Metanol y finalmente Propanol-2 (Alcohol Isopropílico). Los resultados no ofrecieron ninguna diferencia y los cristales de sulfato de Aluminio se deshidrataron y calcinaron en un crisol de porcelana. Una vez pesada la alúmina obtenida se ensayó la presencia de hierro con resultado negativo. Las Figuras, 3, 4, y 5 (B-1: Extracción de  $Al_2O_3$  con  $H_2SO_4$ ; B-2: Cristalización del  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ ; y B-3: Purificación

ENSAYO DE LABORATORIO

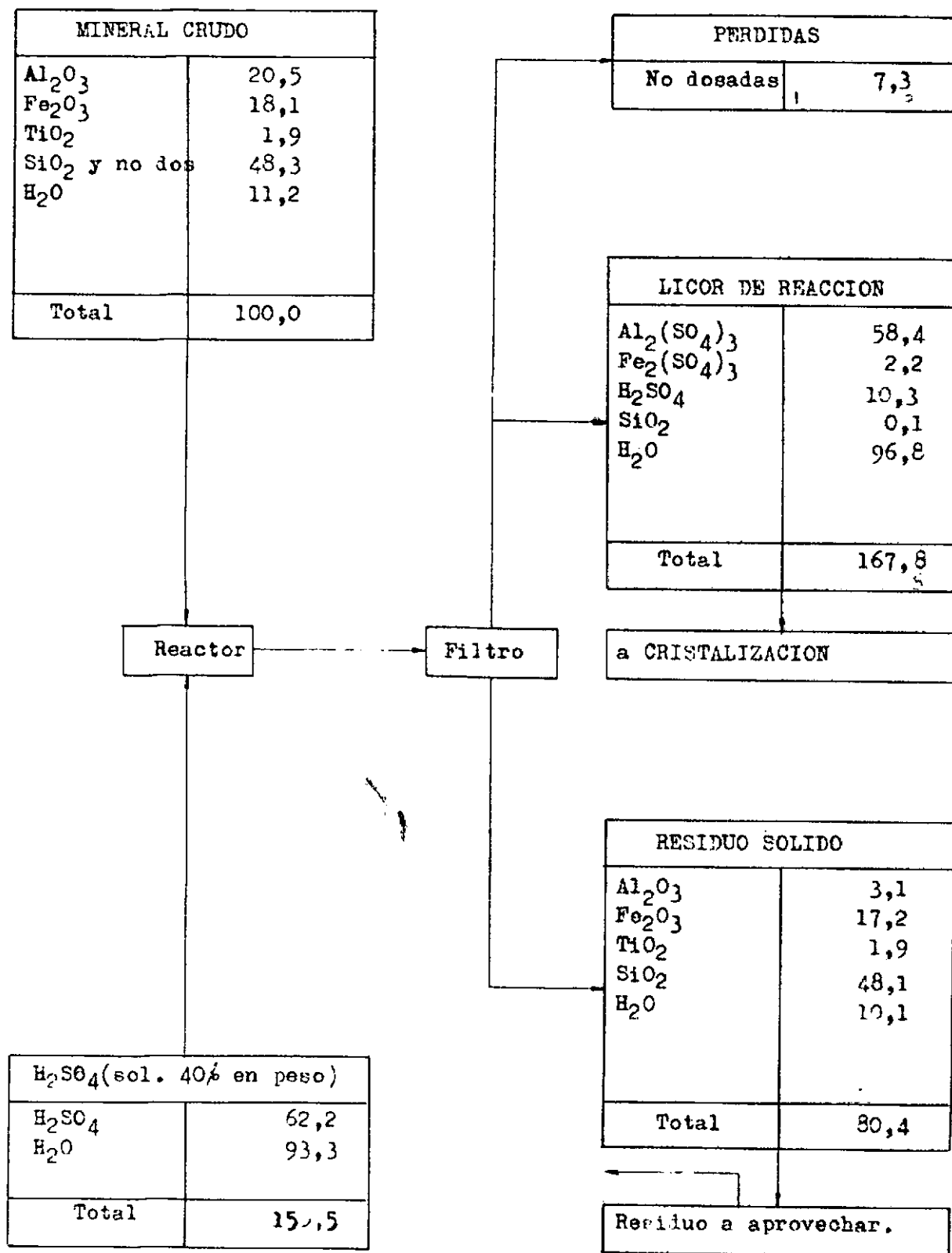


Fig. 3 - E-1.- Extracción de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40%.

*Handwritten signature*

ENSAYO DE LABORATORIO

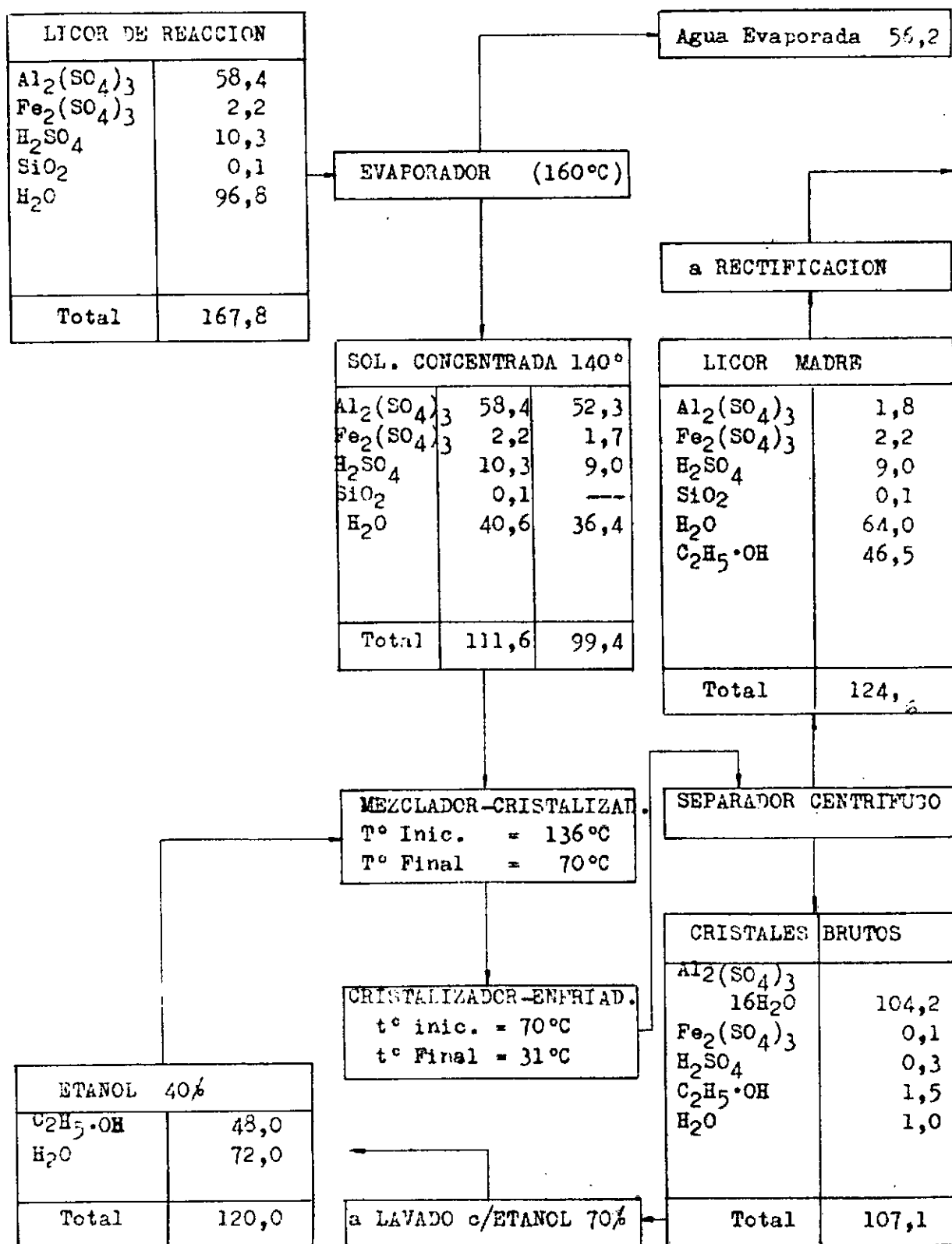


Fig. 4 .3 - Cristalización del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  con Etanol al 40%

ENSAYO DE LABORATORIO

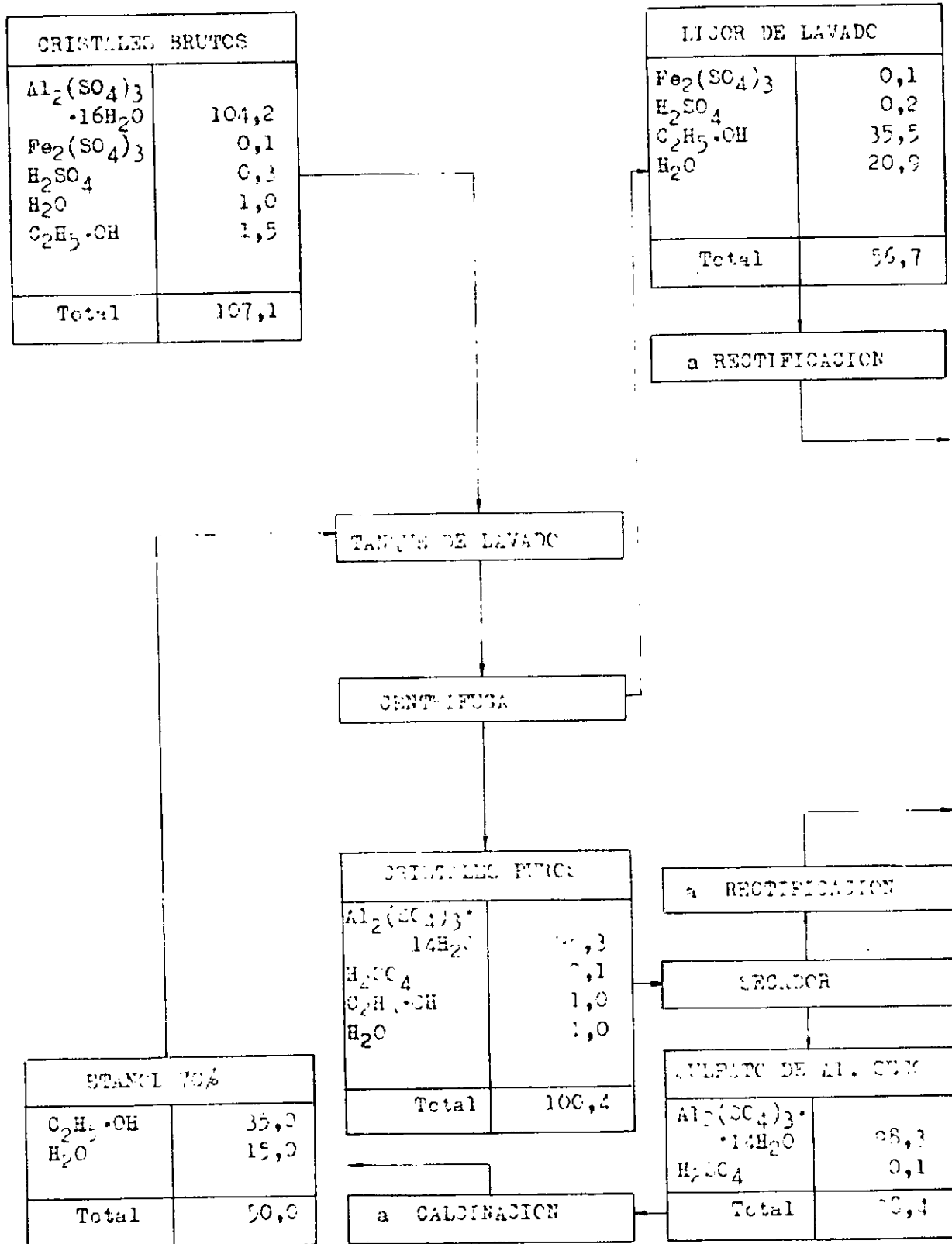


Fig. 5.-B-3.- Purificación de los cristales de sulfato de aluminio.-

*Handwritten signature*

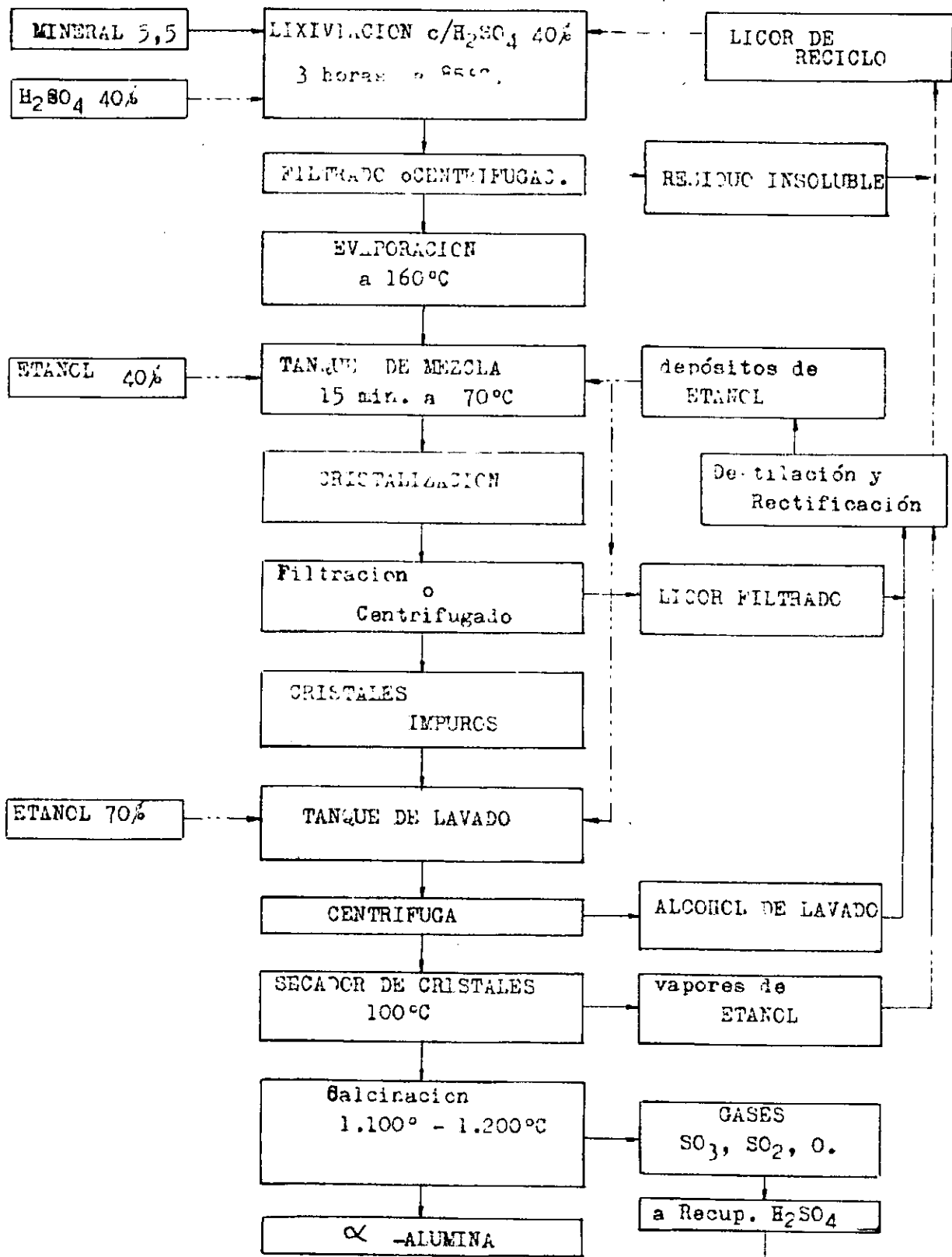


Fig. 6.- Flow-sheet del proceso ácido c/purificación con Etanol

*[Handwritten signature]*  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO





de los cristales de Sulfato de Aluminio) dan los resultados promedios de los tres ensayos para cada etapa del proceso.

La recuperación de los alcoholes se hizo por destilación directa y el licor residual se envió al reciclaje.

Se realizaron dos ensayos a pequeña escala piloto sobre 1,25 Kilogramos de Mineral utilizando en ambos casos Etanol ( $C_2H_5OH$ ).

Los procesos de extracción con  $H_2SO_4$  se realizaron en una sola etapa, para este caso en un reactor vidriado. El lodo fue filtrado eliminándose el residuo insoluble. El licor filtrado se concentró por evaporación a  $160^{\circ}C$  y posteriormente se mezcló, después de enfriado y se cristalizó con una solución de Etanol al 70 % enfriando desde  $68^{\circ}$  a  $12^{\circ}C$  lentamente con lo que se forman tres fases perfectamente definidas: Cristales, Solución ácida y alcohol que se filtraron y se separaron los cristales característicos Hexadecahidrato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ ) que se colocaron en otro recipiente al que se le agregó Etanol al 75 %. El Sulfato férrico como el ferroso son solubles en los alcoholes y en esta forma se obtiene la eliminación de cualquier rastro de hierro de los cristales aluminosos.

Los cristales se calcinaron como en el ensayo de laboratorio y se controló la presencia de Hierro con resultado negativo. El Metanol fue destilado y reciclado al proceso.

No se realizó la recuperación de ácido de los gases de

calcinaación porque se consideró que ese trabajo es imposible de reali-  
zar a tan pequeña escala y porque además la información disponible sobre  
los procesos por contacto para la recuperación del ácido sulfúrico es  
tan amplia que se dispone de la totalidad de los parámetros para dise-  
ñar el equipo necesario.

Es de mucha importancia hacer notar que los resultados ob-  
tenidos en ambas escalas son practicamente similares y por lo tanto sus  
resultados pueden ser ampliados a escalas mucho mas grandes, cosa expli-  
cable por la experiencia existente antes mencionada y por tratarse de  
reacciones homogéneas y no reversibles.

A los efectos de la determinación posterior de la factibi-  
lidad del proceso el Balance efectivo de los materiales es el siguiente:

<u>ENTRADAS</u>		<u>PRODUCTOS</u>	
<u>Materia prima</u>			
Mineral	Kg. 2.000		
<u>Insumos:</u>			
Asufre	3		
Etenol	1		
<u>Combustibles</u>			
Fuel oil	250	Alúmina	Kg 375

El balance general y los detalles del proceso están detallados junto  
con los resultados de cada etapa en la Fig. n° 7 (Pag. 47)

1. 3. 3.2.- Método con  $H_2SO_4$  y separación al estado de Sulfato Básico:

El

METODO DE OBTENCION DE ALUMINA POR CRISTALIZACION DEL SULFATO DE ALUMINIO EN MEDIO ALCOHOLICO

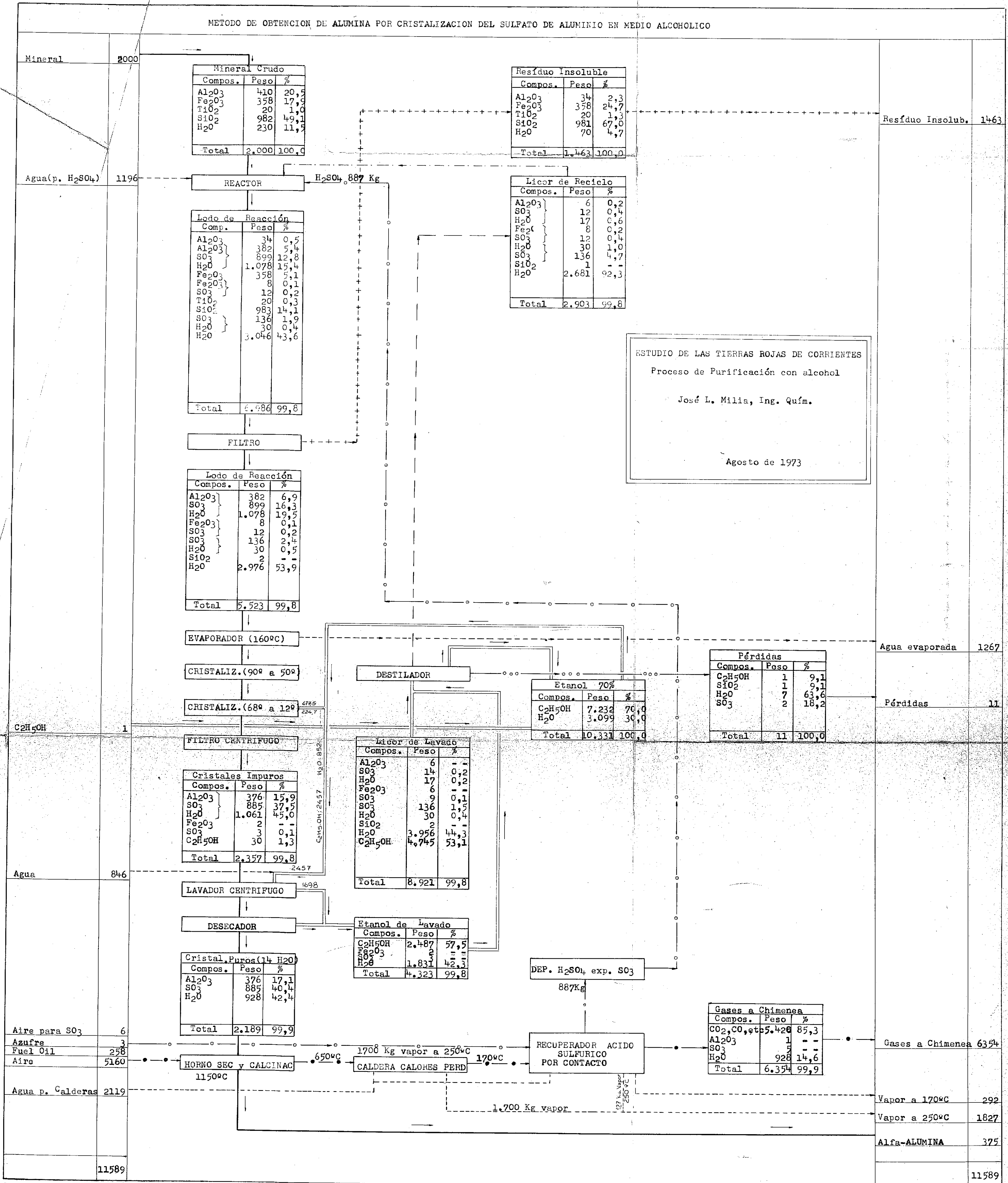
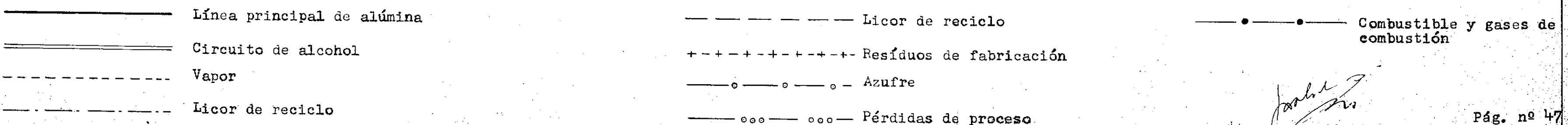


Fig. Nº 7.- Balance de Materiales del proceso con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y purificación con alcoholes (Etanol, Metanol o Alcohol Isopropílico)



[tratamiento de los minerales aluminíferos para la extracción con ácido sulfúrico simplifica su operación en la medida que se puede alcanzar la automatización máxima y, eventualmente, trabajar en flujo continuo. Si a esto se agrega la posibilidad de trabajar en condiciones elevadas de presión y temperatura, se consigue paralelamente una gran aceleración del proceso extractivo que se traduce en un mejor aprovechamiento de los equipos. Precisamente en este aspecto es que se basa la superioridad de los métodos ácidos sobre los básicos. Estos requieren prolongados períodos de retención que hacen que los equipos sean de gran volumen y como consecuencia de muy elevado costo aunque los materiales con que se los construyen sean de muy bajo precio. Los equipos para trabajar con ácido sulfúrico a bajas concentraciones requieren materiales sofisticados pero aún así resultan económicos en su operación. Para dar una idea de la relación de uso de equipo entre métodos ácidos y básicos, basta mencionar que el ciclo para el más largo de los ácidos no dura más de 5 horas mientras que en el Proceso Bayer desde el comienzo hasta la terminación, es decir, la obtención de Alfa-Alúmina, lleva prácticamente 96 horas. Esto es una relación 1:20 mucho mayor que la de los costos fijos entre ambos procesos que puede estar como máximo de 1:2,5 hasta 1:1,4.

Se ha considerado conveniente realizar los ensayos sobre base de doble extracción en contracorriente y separación del compuesto intermedio al estado de sulfato básico de Aluminio no obstante haber sido ya

experimentado con las Tierras Rojas para poder establecer el comportamiento de los minerales del N.E. de Corrientes,apreciablemente mas descompuestos.

Teniendo en cuenta lo complejo del proceso y las condiciones de trabajo,sumadas a la experiencia disponible se realizaron directamente dos ensayos con dos recíolos cada uno a escala de pequeña planta piloto,separando previamente el material magnetizable con imanes de baja intensidad para evitar arratres y eliminando la calcinación previa.

El proceso consiste en tratar el Mineral con soluciones de  $H_2SO_4$  al 12 a 14% en contracorriente,a temperatura de  $190^{\circ}C$  en la Digestión (2da etapa de extracción ) y  $130^{\circ}C$  en la Modificación (Primera etapa) con el fin de obtener una extracción rápida y con el mayor rendimiento posible. El lodo obtenido se filtra y en el licor ácido que se separa se encuentra la Alúmina extraída por el ácido. No obstante la temperatura y presión de trabajo siempre existe una contaminación con sulfato férrico. Como a diferencia de otros procesos en este no se cristaliza el Sulfato de Aluminio hexa o tetradecahidratado,sinó al estado de Sulfato básico de Aluminio insoluble cuya fórmula es



cuyo origen es una hidrólisis producida a  $210^{\circ}C$  y una presión aproximada de  $18 \text{ Kg.cm}^{-2}$ . En estas condiciones

también precipitaría el Sulfato Férrico existente por hidrolización, contaminando el Sulfato Básico de Aluminio (B.A.S.) y por consiguiente a la Alúmina que se obtubise por su calcinación.

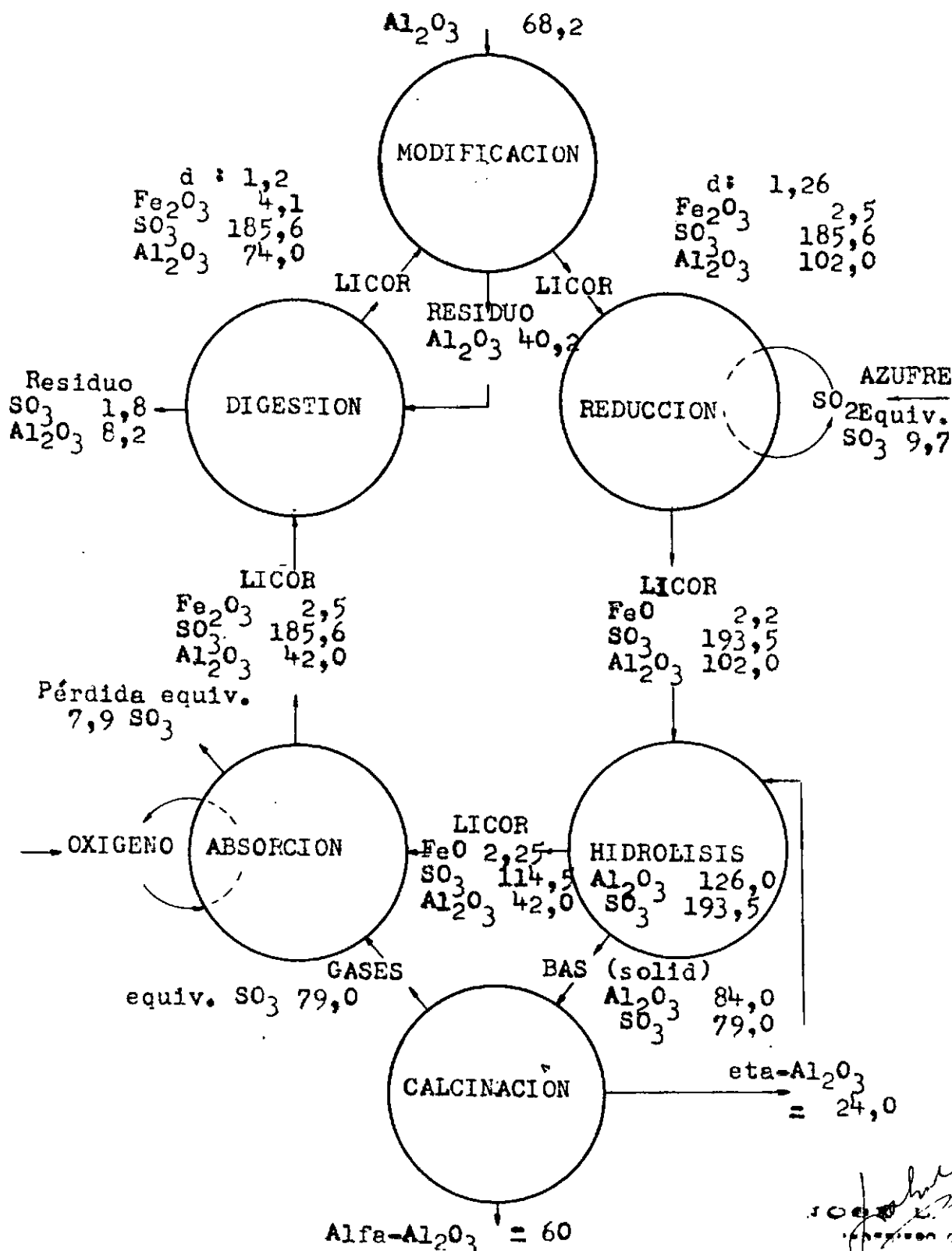
Este problema se soluciona haciendo barbotear  $\text{SO}_2$  (anhidrido sulfuroso) que reduce el Sulfato Férrico a Ferroso que tiene la particularidad de no hidrolizarse y además es sumamente soluble. Investigaciones muy recientes permiten solucionar este problema secuestrando los iones Férrico y Ferroso mediante un proceso de intercambio iónico con resinas fácilmente recuperables que a su vez dejan como residuo pigmentos purísimos.

El proceso de calcinación del Sulfato básico de Aluminio (BAS) tiene la ventaja de contener menos agua de cristalización (3 moléculas de agua de cristalización por cada molécula de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mientras que el sulfato de aluminio común hexadecahidratado tiene 16 moléculas de agua por cada molécula de Alúmina. Esto se traduce en un menor gasto de combustible en la etapa de deshidratación previa a la calcinación.

El rendimiento en la etapa de Hidrólisis es función de la relación  $\text{SO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  y por lo tanto para reducirla y aumentar el rendimiento se recicla el 34,5 % de la Alúmina a precipitar. La duración del proceso de hidrólisis es de 20 minutos y el lodo del reactor se filtra. El material sólido (BAS) se lava con agua fría. El licor residual se utiliza para



Fig. nº 8.-Esquema del Proceso Ácido al Sulfato Básico.



JOSE L. MILIA  
Químico

FLOW-SHEET DEL PROCESO PARA LA PRODUCCION DE ALUMINA EN BASE A SULFATO BASICO DE ALUMINIO (B.A.S.)

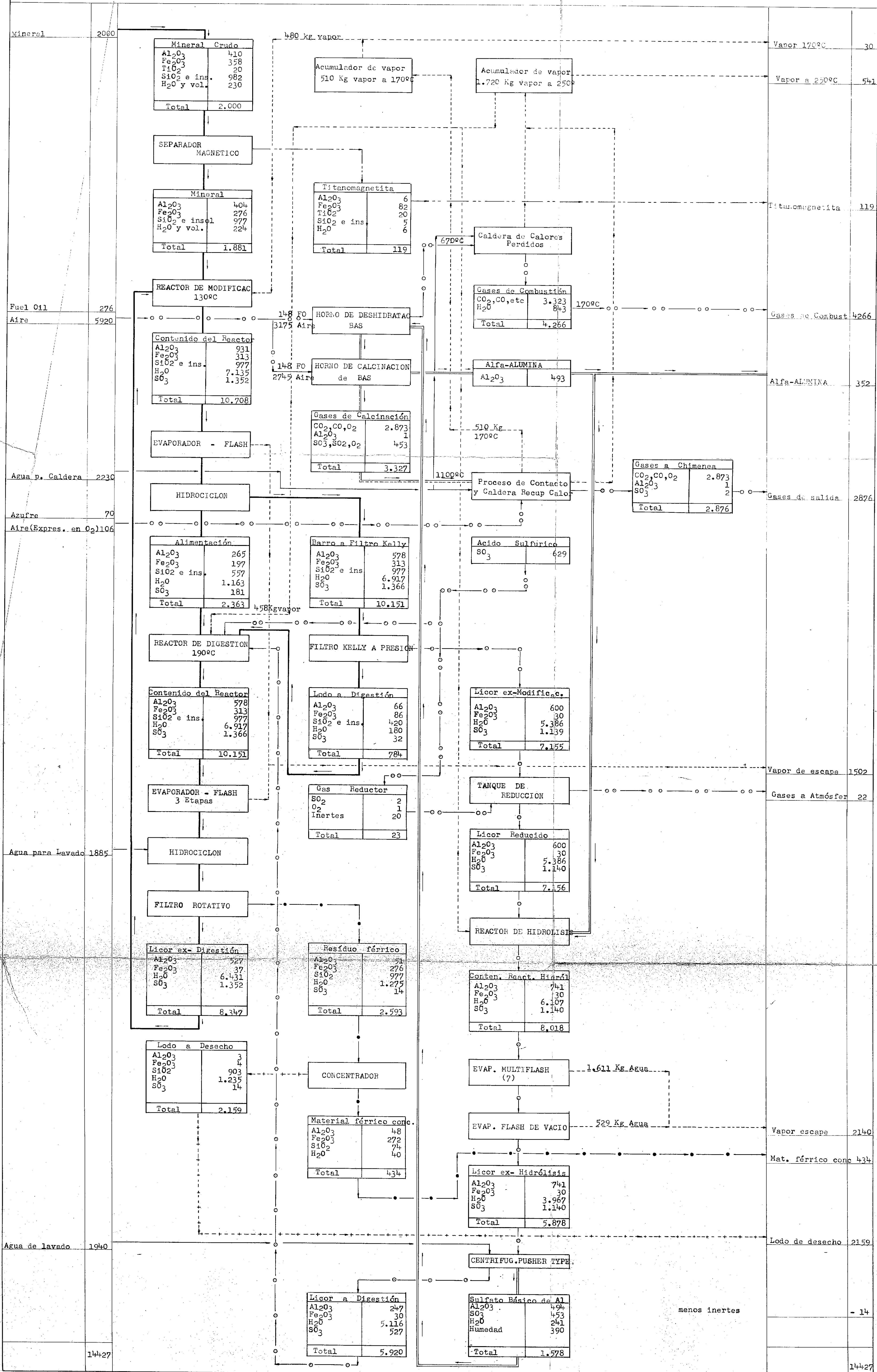


Fig. nº 9 - Balance de Materiales del proceso al  $H_2SO_4$  sobre la base de separación de sulfato básico de Aluminio (B.A.S.)

— Circuito de producción del BAS  
 - - - - - Residuos ferricos  
 - - - - - Licores ácidos de proceso  
 - - - - - Combustibles, gases de combustión y azufre  
 - - - - - Materiales de desecho

Agua industrial  
 Gases sulfúricos sulfurosos  
 Línea de producción de alfa-alúmina  
 Vapor  
 Línea de titanomagnetita

ESTUDIO DE LAS TIERRAS ROJAS  
 DEL N.E. DE LA PROV. CORRIENTES  
 Balance de Materiales:  
 Proceso al Sulfato básico  
 AGOSTO DE 1973



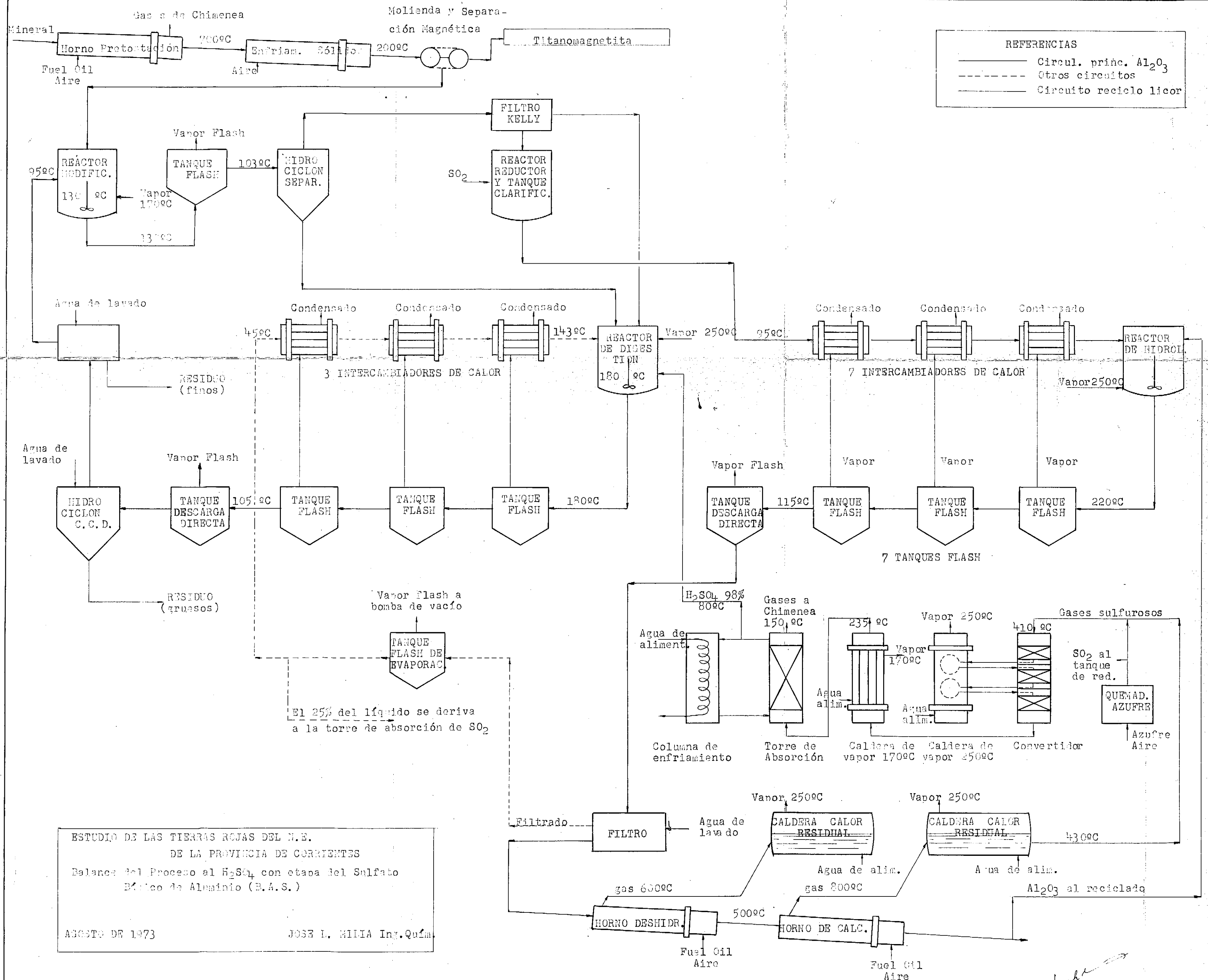


Fig. nº10 - Flow Sheet esquemático del equipamiento del Proceso Acido con producto intermedio B.A.S.

recuperar el ácido de los gases de calcinación y se lo envía posteriormente a reciclo en el proceso.

El Sulfato Básico de Aluminio (B.A.S.) se envía a un horno de deshidratación y luego a otro de calcinación. En este último se descompone liberando Alfa-Alúmina y los gases de  $SO_2$ , junto con los de combustión que se hacen pasar por un equipo de contacto para la recuperación del ácido.

El esquema sintético del proceso ha sido diseñado en la figura n° 8 (Pag. 51); en la Fig. 9 se encuentra el Balance de Materiales del proceso completo (Pag. 52); y en la Fig. n° 10 el Flow-sheet con la disposición de los equipos necesarios (Pag. 53) realizado de acuerdo con los resultados de los ensayos.

Es de hacer notar que con las "Tierras Rojas" del N.E. de Corrientes se llega a un rendimiento ligeramente mayor que con las mismas Tierras del Norte de la Provincia de Misiones, con la ventaja de que en este caso no fue necesaria la Tostación previa del Mineral que representa una economía apreciable en favor del Mineral correntino. El consumo de combustible representa en estos procesos casi el 50 % del costo operativo.

Los resultados directos del proceso deben ser completados con los que se obtienen del tratamiento de la Titanomagnetita y Magne-

tita de las que se separan Dióxido de Titanio (Rutilo y Anastasa) y Rojo Inglés para la fabricación de pinturas. Los resultados de este proceso por formación del Sulfato Básico de Aluminio son:

<u>ENTRADAS</u>		<u>PRODUCTOS</u>	
<u>Minerab:</u>	Ks. 2.000	Alúmina	Ks 352
<u>Insumos:</u>		<u>Subproductos</u>	
Azufre	" 70	Titanomagnetita "	119
		Mineral de Hierro"	434
<u>Combustibles</u>		Vapor a 250° y	
Fuel oil	" 276	a 170° "	571

Debe tenerse en cuenta que en el caso de recurrirse al secuestro de sales de hierro por intercambio iónico baja el consumo en Azufre a los mismos niveles que en el caso de la purificación con Etanol, es decir 3 Ks por cada 352 Kilos de Alúmina producida.

Este proceso ha sido objeto de perfeccionamientos por técnicos argentinos basados en una experiencia de mas de doce años y puede estimarse que en las condiciones mencionadas es el proceso mas económico.

También es de mucha importancia la posibilidad de sustituir los reactores discontinuos por otros continuos con lo que se podría llegar a una automatización total del proceso con el consiguiente aumento en los rendimientos y reducción del costo operativo.

### 1. 3. 3. 3.- Proceso al $\text{HNO}_3$ .

De los procesos ácidos es el de mas re-

ciente aparición pero en la medida que se disponga de ácido nítrico, a bajo precio, es el que promete mejores resultados. Tal como se ha mencionado en 1. 3. 3. con el  $\text{HNO}_3$  se da la situación especial que el nitrato férrico solo tiene dentro del proceso una existencia teórica y todos los óxidos, inclusive los ferrosos y ferroso-férricos (de discutible existencia), son oxidados y pasan al estado de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que se separan por sedimentación y filtración junto con el material insoluble. El licor filtrado se enfría y cristaliza al vacío, pudiendo eventualmente ser concentrado. Posteriormente se filtra para separar los cristales que después son lavados con ácido nítrico al 50% eliminándose así cualquier posible rastro de Hierro. Este licor de lavado caliente se deja enfriar y decantar durante 4 horas, se filtra y el licor ácido final vuelve en reciclo al reactor de Digestión para atacar la Materia Prima.

Los cristales limpios de  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  se descomponen en un horno en presencia de una pequeña cantidad de vapor de agua con lo que se produce la descomposición de la sal y se desprende  $\text{HNO}_3$  que se condensa y que sirve como ácido fresco para el proceso de extracción. La Alúmina continúa calcinándose hasta  $1.150^\circ\text{C}$  de manera que se llegue a obtener Alfa-Alúmina.

El proceso ha sido esquematizado en el Flow-Sheet de

[ la Fig. n° 11 (Pag. n° 58) en la que puede observarse su simplicidad. ]

A esto debe agregarse que los materiales para la construcción de los equipos son comunes y por lo tanto los costos de instalación son apreciablemente bajos. También es importante tener en cuenta que las condiciones de trabajo en el proceso no son críticas, temperaturas que no exceden de 150°C y por lo tanto presiones muy cercanas a la atmosférica.

Se realizaron tres ensayos a escala de laboratorio que arrojaron un resultado muy alto (96,5% de extracción de Alúmina sobre el contenido teórico del mineral) lo que es explicable pues a tan reducida escala pueden realizarse a la perfección las operaciones y procesos parciales que integran el proceso total.

A pequeña escala piloto se realizaron también tres ensayos cuyos resultados están transcritos en el Balance de Materiales de la Figura n° 12 (Pag. n° 59) y que presentan la característica de tener entre ellos ínfimas diferencias, lo que hace que este Balance adquiera un valor muy importante. Sin embargo se considera que es necesario propender a una mayor experimentación a escala piloto sobre este proceso a fin de conocer mas profundamente el comportamiento de los minerales disponibles.

A diferencia de los otros ensayos sobre procesos ácidos

[ ]

PROCESO CON ACIDO NITRICO PARA OBTENCION DE ALFA-ALUMINA  
DE LAS TIERRAS ROJAS DEL V. E. DE COLOMBIA.

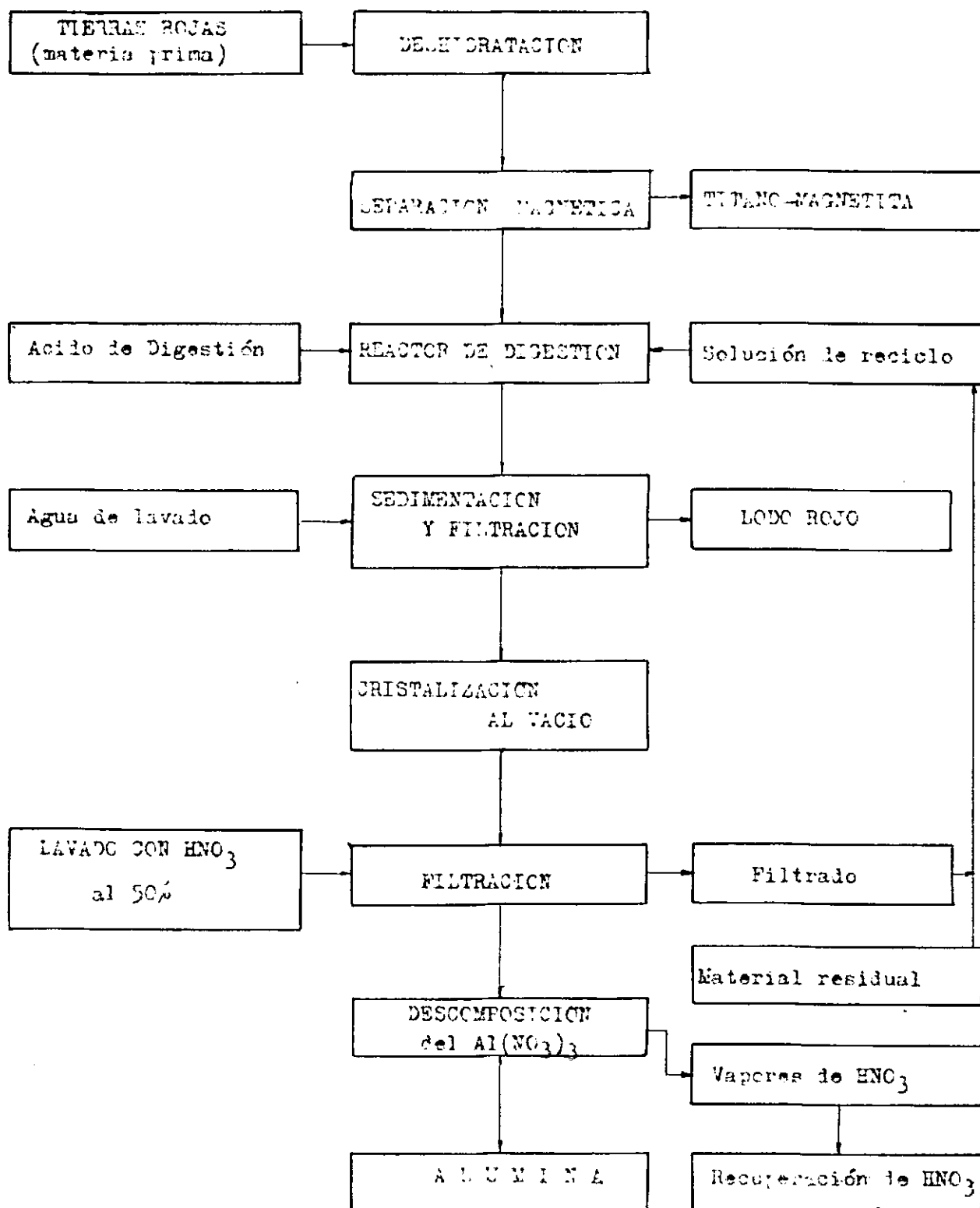


Fig. 11.- Flujo de trabajo para la obtención de alfa-alumina.

AGOSTO DE 1973

JOSE LUIS GARCIA

en que por el amplio conocimiento del proceso no se realizó la recuperación del  $H_2SO_4$ , en estos tres si se realizó la recuperación del  $HNO_3$  y solo se llegó a una recuperación del 88,3 % del contenido teórico.

Los resultados a pequeña escala piloto llevado a una planta industrial serán apreciablemente mejores, especialmente en lo que se refiere a consumo de ácido.

Como en casos anteriores, se hizo la separación de la Titanomagnetita que se utilizaría para la producción de óxido de Titanio y de Rojo Inglés.

A este proceso también alcanza la posibilidad de utilizar los métodos de intercambio iónico para asegurar la separación de los vestigios de sales de Hierro en caso que ello fuese necesario.

Los resultados del proceso, de acuerdo con el Balance de Materiales, pueden ser resumidos de esta manera:

ENTRADAS

Mineral Ks. 2.000

Insumos

Acido nítrico " 26

Vapor a 18 Ks.cm<sup>-2</sup> " 1.058

Combustibles:

Fuel oil " 474

PRODUCTOS

Alúmina Ks. 330

Mineral de Fe. " 1.385

Vapor de agua a 2  
200°C " 280

Como en casos anteriores no se ha descripto el proceso de in-

Industrialización de la Titanomagnetita para producir Dióxido de Titanio y Rojo Inglés a los que se hará referencia mas adelante. Tampoco se menciona la posibilidad de autoabastecimiento en vapor de alta presión (hasta  $40 \text{ Kg.cm}^{-2}$ ) que es característico de todos estos procesos, aunque figuren en el Balance de Materiales.

1. 3.3. 4.- Comparación de los distintos procesos ácidos:

Tal como se ha explicado, el principio en que se basan todos los procesos ácidos es el mismo: Atacar el mineral para descomponerlo y formar con la Alúmina sales de Aluminio y establecer las formas de purificarlas para llevarlas al máximo estado de pureza y cristalizarlos de manera que al calcinarlos produzcan Alfa-Alúmina con un título superior al 99,5 % y liberen los óxidos de ácido que permitan su recuperación y reciclo al proceso. Este último aspecto es esencial pues de esta manera los insumos críticos por su precio o disponibilidad no inciden técnica, ni económicamente en el resultado financiero del proceso.

Los procesos con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  exigen el uso de materiales especiales, sobre todo cuando se trabaja con licores de baja dilución (10 a 15 % de ácido) y a temperaturas y presiones elevadas (mas de  $200^\circ\text{C}$  y de  $20 \text{ Kg.cm}^{-2}$ ). En cambio tienen la ventaja de trabajar con tiempos de retención muy cortos con lo que se cuenta con una relación Produc./Volumen



men muy elevada. De esta forma se compensa el mayor costo por unidad de peso. Los materiales vidriados actúan perfectamente dentro de los 230°C, máximo a que se llega en el proceso que tiene como etapa intermedia la producción de Sulfato Básico de Aluminio (BAS).

En el tratamiento de las Tierras Rojas el aspecto mas dificultoso es el de la abrasión. La sílice naturalmente e insolubilizada en caliente es sumamente abrasiva y esto ya presupone un elevado costo de mantenimiento de las plantas industrializadoras.

Ultimamente se han comenzado a ofrecer aceros especiales al Titanio, otros con bajos porcentajes de Ytrium y también revestimientos metalizados de Titanio, Zirconio y Tantalio, todos los cuales se comportan muy bien químicamente y son aceptables en lo que se refiere a la abrasión. Puede decirse que los costos de instalación de los procesos dependen mas que de la calidad de los materiales a utilizar de la capacidad del proceso seleccionado para producir la reacción en el menor tiempo posible y por lo tanto llegar a un mayor volumen de evolución. También es importante y esta es la ventaja del proceso por  $H_2SO_4$  con producción intermedia de Sulfato básico de Aluminio- poder contar con una automatización, sinó total, por lo menos en un 90 %.

En el caso del proceso al Acido nítrico puede utilizar aleaciones de ferro-silicio que poseen (para ese proceso) una resis-

tencia química extremadamente alta como así también a la abrasión.

Es necesario recordar, aunque ya lo hemos mencionado, que solo se ha tenido en cuenta la realización de la extracción ácida de la Alúmina en dos etapas en contra-corriente en el proceso con  $H_2SO_4$  con etapa intermedia con el Sulfato Básico de Aluminio (BAS), también puede aplicarse este concepto en cualquiera de los otros procesos y en especial en la purificación con alcoholes, intercambiando procesos u operaciones parciales hasta llegar a un óptimo para este tipo de minerales.

Teniendo en cuenta estas consideraciones puede llegarse a la comparación entre los diversos procesos ácidos:

1. 3. 3. 4. 1.- Procedimiento al  $H_2SO_4$  con purificación con alcohol:

Es-

te proceso exige instalaciones características de la extracción con ácido sulfúrico pero las operaciones unitarias correspondientes a la purificación de los cristales son simples y los equipos son totalmente estandarizados. La parte negativa de este proceso es la elevada cantidad de agua de cristalización a eliminar, el medio de trabajo en la destilación de los licores alcohólicos para su recuperación y en cuanto a la regeneración de los gases sulfurosos se encuentra en las mismas condiciones que cualquier otro proceso de este tipo. Tam-

bién es importante tener en cuenta que puede substituirse el etanol con metanol o con alcohol iso-propílicos, mucho mas baratos. Un aspecto negativo de este proceso es la mayor necesidad de mano de obra y la exigencia de un control sumamente acentuado en las etapas de cristalización y lavado.

1. 3. 3. 4. 2.- Procedimiento con  $H_2SO_4$  y producción de Sulfato Básico de Aluminios

Los ensayos realizados con reactores discontinuos y en base a los resultados así obtenidos, se estableció el Balance de Materiales. Pero los procedimientos ácidos, y mas especialmente este, que pasa por la etapa de producción de Sulfato básico de Aluminio para llegar luego a la calcinación puede ser facilmente adaptado para la utilización de reactores continuos totalmente automatizados con lo que el costo operativo se reduce en forma pronunciada. Esto puede ser llevado aún a escalas relativamente reducidas, del orden de las 25.000 Toneladas/año de alfa-Alúmina.

Este proceso es el que requiere la utilización de los materiales mas sofisticados pero por el contrario es el de mas dúctil utilización sin necesidad de cambios o correcciones y también es el que ofrece la mayor relación :Producción/Volumen de equipos.

Cuando en este proceso se utiliza el intercambio ióni-

co para la purificación de las soluciones de sulfato de Aluminio, previo a la Hidrólisis, se reduce el consumo de azufre a cantidades mínimas, como ya se mencionó, y a su vez se compensan su consumo con el subproducto que se obtiene: Rojo Inglés.

Puede considerarse que este es el proceso mas desarrollado técnicamente y el que ofrece la seguridad de una mejor calidad.

#### 1. 3. 3. 4. 3.- Procedimientos con $\text{HNO}_3$ :

Como ya se ha dicho es el mas nuevo de los procesos en uso. Su gran ventaja es la simplicidad de la recuperación del ácido nítrico de los gases de descomposición de las sales de aluminio, no exige materiales especiales y los mas aconsejables son también muy resistentes a la abrasión. El aspecto delicado reside en la necesidad de instalaciones adecuadas para evitar perjuicios al personal y la contaminación del aire en inmediaciones de la planta. También se observa una cierta dificultad en controlar el proceso como consecuencia de la influencia que las variaciones de otros óxidos, especialmente los de Hierro, tienen sobre la reacción principal. También es el que menos seguridad ofrece a mantener a la Alúmina exenta de tramas de hierro.

#### 1. 3. 4.- Métodos Pirometalúrgicos:

El tratamiento de minerales ferri

[Feros de bajo o mediano título se encuentra actualmente en pleno desa-  
rrollo del agotamiento de los que contenían altos porcentajes de metal.  
También ha influido la escasez de carbón de piedra coqueificable que no  
solo ha alcanzado precios elevados sino que su abastecimiento se torna  
cada vez mas crítico.

En el caso de los países en que los minerales disponi-  
bles son relativamente pobres en hierro pero que al mismo tiempo con-  
tienen otros óxidos de valor, como los de Titanio y de Aluminio, la so-  
lución ha llegado en forma mas simple y se tiende a su separación en  
escorias de alto valor, ya sea como cementos o por su tratamiento pos-  
terior por procesos hidrometalúrgicos como los antes mencionados.

Los nuevos conceptos para explotación de estos minerales  
de Hierro pobres, se basan en la utilización de carbones baratos de ma-  
dera o de lignito y fundentes adecuados para producir a su vez una es-  
coria facilmente atacable por los ácidos.

Los óxidos férricos son reducidos por el carbón parcial-  
mente en una primera etapa en un intercambiador u horno rotativo pasán-  
dolos aproximadamente en un 60 % al estado de Magnetita (Óxido ferro-  
so-férrico) y el resto peletizándose con formación de algunos compues-  
tos, entre ellos varios tipos de carburos de hierro. El Carbón y el óxido  
que no se han combinado pasan junto con la sílice, alúmina, titanomagne-

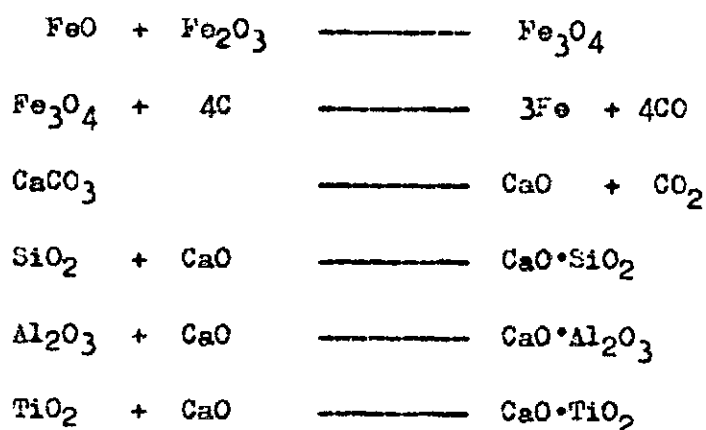
[

tita y Calcita (Carbonato de calcio)-que es el fundente mas adecuado para este proceso,- y el Oxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) a un tipo de horno electrico donde la reacción se completa por acción del arco sumergido y la acción de aire insuflado. También puede utilizarse un tipo de convertidor con inyección de Oxígeno pero la calidad final del lingote de hierro es superior en el caso de utilizarse el horno a arco. De acuerdo con publicaciones recientes algunas instalaciones de este tipo en Noruega trabajan eficientemente y aún llegan a producir directamente aceros de calidad.

Los gases del horno constituidos en un 45 % o mas de  $\text{CO}$  pasan al Horno donde en contra-corriente van concretando la precarburation y luego el calentamiento de la mezcla de mineral y carbón y fundente que entra al Horno eléctrico ya a una temperatura de  $700^{\circ}\text{C}$ . Los gases de salida del Interconmutador u horno de precarburation se han enriquecido en  $\text{CO}$  y se queman en una caldera especial para la producción de vapor de alta presión destinado a generar electricidad.

Dentro del horno se produce la reducción de los minerales de Hierro y la formación de la escoria entre los óxidos restantes de Aluminio, Titanio y Silicio con el de Calcio.

Durante la realización de este proceso se producen las reacciones siguientes:



además de estas, se producen otras reacciones intermedias y secundarias que se considera que no es necesario hacer referencia de ellas aquí.

El carbón se agrega en una proporción equivalente al 125 % del necesario estequiométricamente y tiene por objeto, además de la reducción de los óxidos de Hierro, mantener dentro del horno rotatorio de precarburation un ambiente reductor y una temperatura adecuada de alrededor de 700-800°C (cercana al Rojo sombra). Esta temperatura debe ser mantenida para evitar la formación prematura de escorias fundidas que se pegarían a las paredes y perjudicarían a su vez al material refractario obstruyendo el funcionamiento del equipo.

El horno eléctrico de arco sumergido, provee el resto de carbon y eleva la temperatura hasta alrededor de 1.600°C-1700°C de manera que se produzca la reacción entre el Carbono y los óxidos de Hierro reduciendo a estos y al mismo tiempo dando lugar a la formación de la es-

coria cálcica. Con materiales como la Tierra Roja no existen problemas de formación de compuestos magnésicos o la presencia de Fósforo o Azufre en el metal.

En el caso de no utilizarse el horno eléctrico puede recurrirse a un tipo de convertidor con inyección de oxígeno básico pero en este caso el porcentaje de carbón a utilizar debe llevarse al 160% del necesario teóricamente teniendo en cuenta la calefacción del equipo.

La inexistencia en el país de equipos como para armar una planta a pequeña escala piloto, ha limitado los ensayos a su realización a escala de laboratorio, trabajando con 100 grs de mineral, 120 grs de mármol molido y 50 gramos de carbón que se colocaron en un crisol refractario calentando a 700°C durante 3,5 horas, posteriormente se pasó el crisol a una fragua en la que la temperatura alcanzó el Rojo blanco (aproximadamente 1.600°C) durante 1,5 horas.

Después de enfriado, se rompió el crisol y se obtuvo un régulo de hierro y 145 gramos de escoria. Esta se trató con  $H_2SO_4$  al 50% a 115°C durante dos horas y posteriormente se decantó y filtró. Se determinó cualitativamente la existencia de Aluminio, Titanio y una muy pequeña cantidad de Hierro en el filtrado.

En base a la información disponible de origen canadien-



se, se ha confeccionado un flow-sheet del proceso (Fig. n° 13, Pag. 71) y un balance de materiales (Figura n° 14, Pag. 72) que determinan el funcionamiento del proceso.

Una de las mas importantes particularidades de este proceso es el aprovechamiento de los calores residuales y si se dispone de una pequeña planta hidroeléctrica vecina al yacimiento y a la planta, puede trabajarse aún en producciones del orden de hasta 3 Toneladas/día como límite inferior económico. Aunque una planta eficiente desde cualquier punto de vista se encuentra dentro de una producción de 10 Ton./día o 3.500 Toneladas/año.

De acuerdo con el balance incluido el funcionamiento con el proceso con Horno eléctrico, es:

<u>ENTRADAS</u>		<u>PRODUCTOS</u>	
<u>Mineral</u>	Ks 2.000	Ling. de Hierro maleable	Ks 337
<u>Insumos:</u>		Vapor de agua	Ks 18000
Caliza	Ks 2.353	Alúmina	Ks 320
Carbón	Ks 310	TiO <sub>2</sub>	Ks. 34
Electrodos:			
0,04 Ks/Kg.Fe	Ks 14		
<u>Energía eléctrica:</u>			
6kWh/kg.Fe	kWh 2.000		

El proceso es indudablemente factible con las Tierras

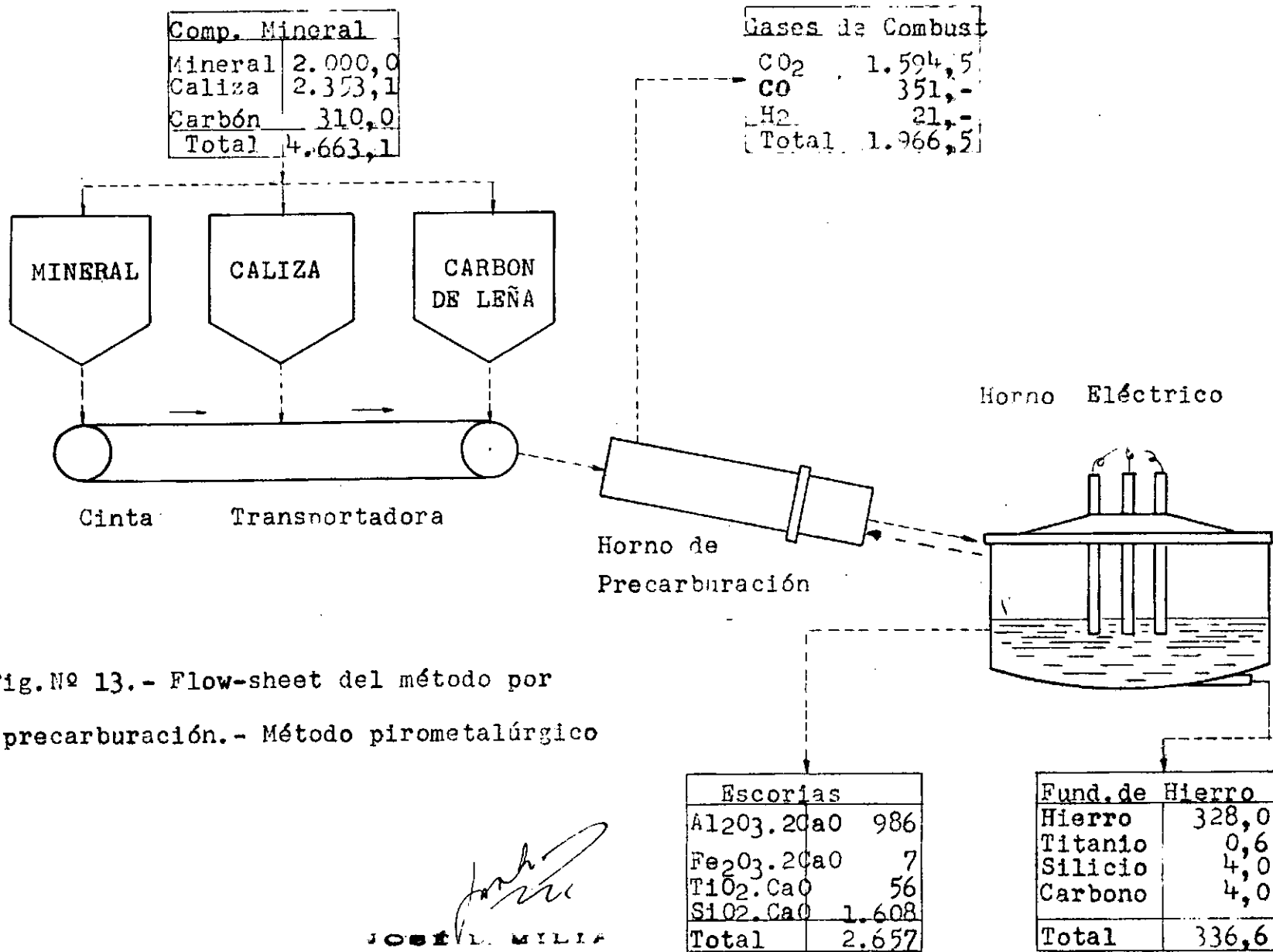


Fig. Nº 13.- Flow-sheet del método por precarburación.- Método pirometalúrgico

*Jose L. Milia*  
**JOSE L. MILIA**  
 INGENIERO QUIMICO

OBTENCION DE HIERRO POR PRECARBURACION Y APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA

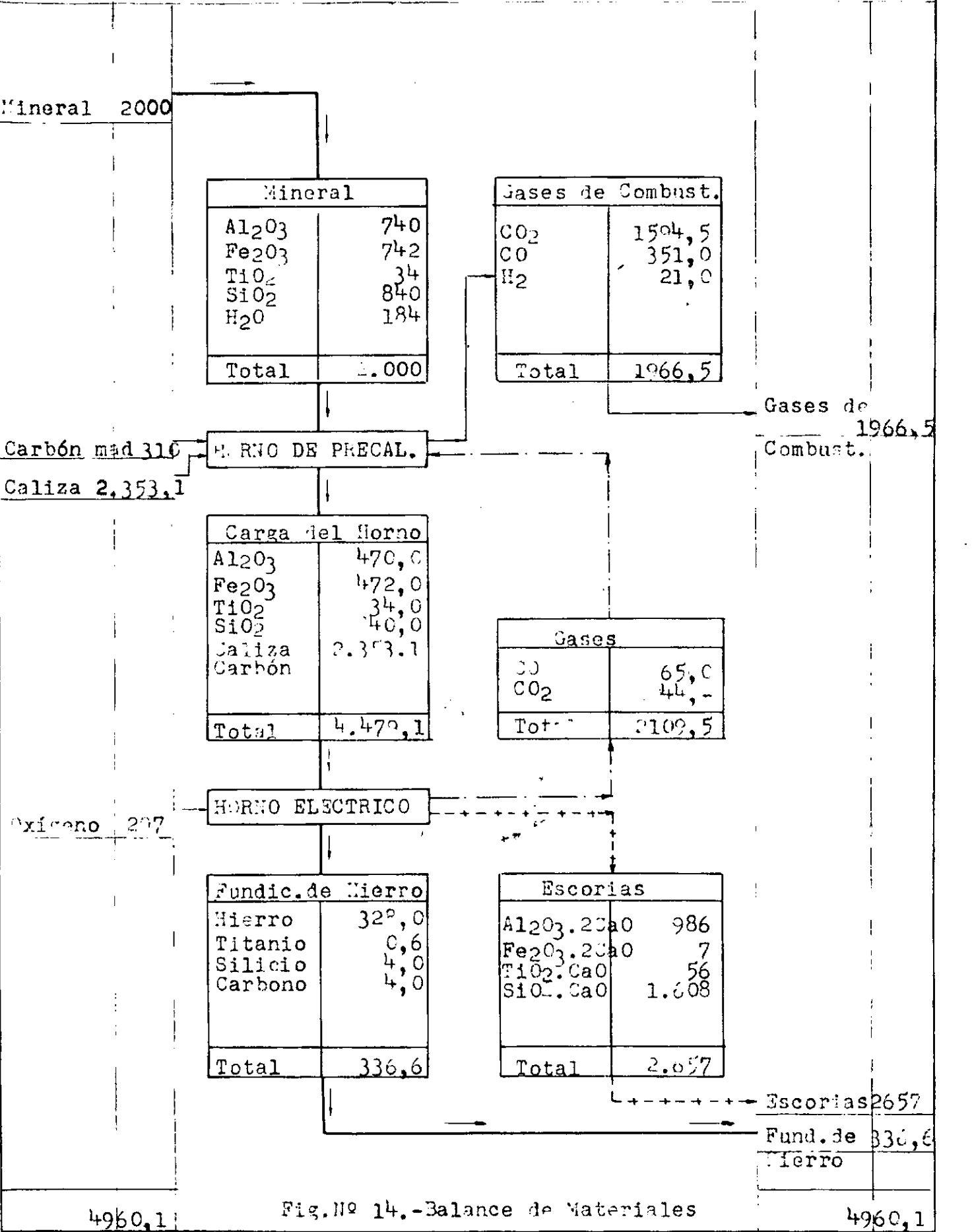


Fig. Nº 14.-Balance de Materiales

[ Rojas de la Provincia de Corrientes y en especial de las zonas con alto tenor en Hierro con vistas a la producción de Hierro maleable en lingotes pero deba ser completado con el proceso adecuado para la obtención de Alúmina y del Dióxido de Titanio de la Escoria, el panorama que ofrece es sumamente interesante y posiblemente el la solución mas efectiva para la explotación de estos minerales.

1. 3. 4. 1.- Otros métodos:

En la actualidad se utiliza para este tipo de minerales el proceso de Reducción Directa pero para ello es necesario encarar el proyecto a escala tan grande y con la disponibilidad de enormes volúmenes de combustible gaseos (Gas natural o Gas de refinerías) que quita toda posibilidad de concretarlo en la zona objeto de este estudio. Por otra parte en el reducido tiempo fijado para la realización de este trabajo no se podría completar una investigación de esa naturaleza para obtener los parámetros necesarios, no ya para diseñar una planta, sino ni siquiera para establecer su factibilidad.

1. 4.- INTERPRETACION Y VALUACION:

Es indudable que se dispone de yacimientos de mineral de enorme volumen y de muy buena calidad para la obtención de Aluminio, Hierro y Titanio. Los métodos experimentados, aunque conocidos, no había sido aplicados industrialmente sobre las Tierras

[ ]

Bojas y solo se conocían los ensayos realizados en Australia por el Dr. T.P.Scott y los realizados por investigadores argentinos en el país.

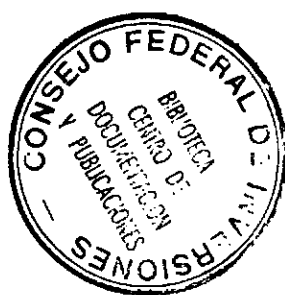
Las experiencias realizadas en laboratorio y de pequeña planta piloto confirman los resultados de investigaciones extranjeras sobre minerales de calidades similares y en algunos casos inferiores. Por esto debe considerarse que existen indudables e indiscutibles posibilidades de llegar a la explotación industrial de las Tierras Rojas para lo cual ya se cuenta con una parte importante de la infraestructura necesaria. Lo que corresponde es profundizar la información disponible para determinar los productos a obtener y el volumen que se deberá producir inicialmente.

## 2.- PLAN DE EXPLORACION:

### 2.1.- Zonas de explotación:

De acuerdo con lo establecido en el contrato firmado oportunamente, correspondía explorar una zona que quedaba ubicada entre los caudales del río Aguapey, el río Paraná, el límite con la Provincia de Misiones y el río Uruguay hasta las inmediaciones al Sur de la Ciudad de Santo Tomé.

Los trabajos se realizaron utilizando los equipos de



toma de muestra que se establecieron. Inicialmente los dos grupos de trabajo tomaron indiscriminadamente muestras ubicándose de manera que se pudiese contar con una extracción que diese la composición del material de base y conocer al mismo tiempo la realidad del espesor del manto. Tal es el caso de la Figura n° 15 (Pag. 76) que corresponde a la muestra n° 73 (Ubicación D9) en que se perforó hasta 1,2 metros donde comenzó a aparecer la roca pero se pudo establecer que el manto tenía exactamente un espesor de 17 metros.

En total se llegó a 529 extracciones realizándose un promedio de 24 tomas de muestras por cada día en que las condiciones del tiempo permitieron desplazarse al personal e inclusive en que el estado del suelo permitía realizar las perforaciones.

Las características de los suelos variaban con las zonas, con la cota del lugar y se degradaban a medida que se desplazaban hacia el Oeste y hacia el Sur. Por ejemplo, la figura 16 (Pag. 77) es una fotografía tomada en la ubicación de la muestra 145 (C11) con un manto útil de 4 a 5 metros, en la que se puede observar detalladamente las distintas etapas de descomposición y finalmente en la base de la roca se descompone. La calidad del manto útil en este caso, era excepcional (24,6 % de  $Al_2O_3$ ; 22,5 % de  $Fe_2O_3$ ; y el 1,8 % de  $TiO_2$ ) corresponde a la zona ubicada sobre el camino paralelo a las vías férreas entre Odor Vira-

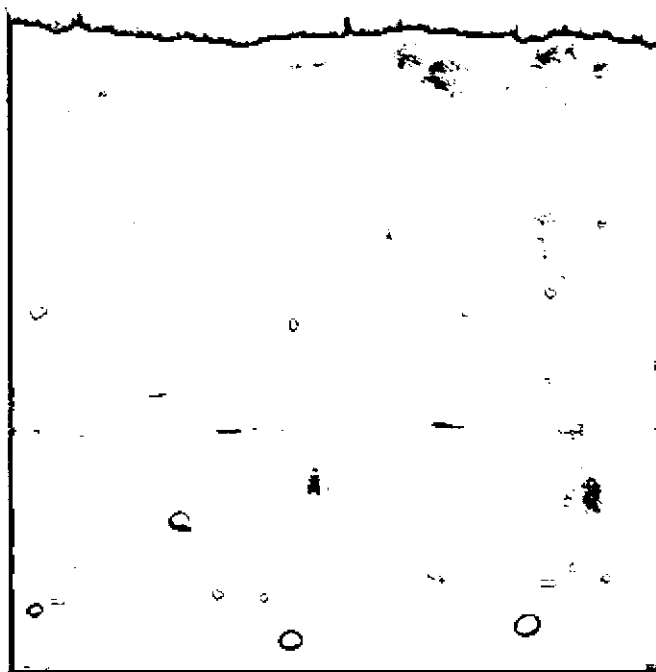


Fig. n° 15- Ubicación D9.- Lugar de extracción muestra n° 73

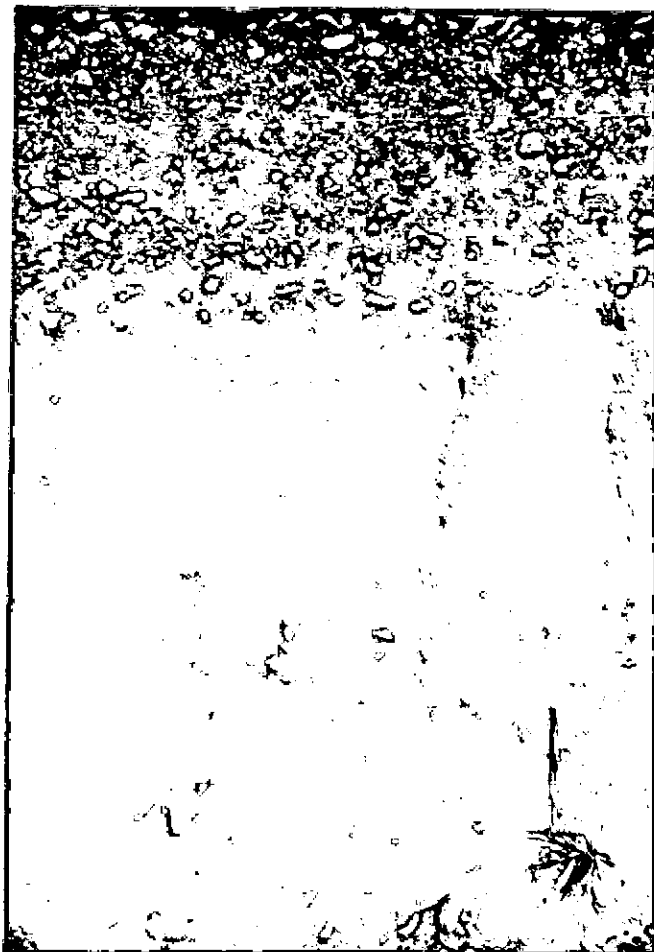


Fig. n° 16.- Muestra n° 145 - Ubicación C11.- Corte de Tierra Roja  
Camino de Gdor Virasoro a Curuzú



[soro y Curuzú. No obstante, basta comparar estas dos fotografías (Figs 15 y 16) para observar la diferencia apreciable en la homogeneidad del material, mucho mas rojo y constante en la primera.

En muchas ocasiones se realizaron perforaciones en zonas como las que presentan la Figura n° 17 y Fig. n° 18 (Pag. 79). Generalmente tenían un manto de Tierra negra o vegetal de 15 a 20 cms y en algunos casos la perforación arrojó materiales como los de la Figura 17 en el que aparece la Tierra Roja en pequeña proporción mezclada con piedras poco descompuestas o de composición correspondiente a otras zonas. En la Figura 18 puede verse una situación similar pero el manto de roca degradada es menor y aparece en la base de la roca entera. Este concepto de roca entera o sana, es muy relativo, pues es indudable que se encuentra ya en un período muy avanzado de descomposición pero no ha alcanzado a eliminar altos porcentajes de Sílice y de algunos metales que se solubilizan durante el proceso de Laterización. Estas fotografías corresponden: La primera a una zona inmediata a una perforación hecha en la inmediaciones de Santo Tomé que presenta en la parte superior un manto de Tierra vegetal de 15 cms, luego un manto de arenisca ferruginosa y finalmente la roca en descomposición de mas de 5 metros de espesor formado por una mezcla de 75% y 25% de Roca y Tierra Roja aproximadamente. La segunda corresponde a zonas ubicadas

[



Fig. 17.- Corte de Tierra cercano a Santo Tomé



Fig. 18.- Corte de Tierra de material poco degradado

al Sureste de Gobernador Virasoré: Aquí el manto de Tierra Vegetal alcanza un espesor de 25 a 30 cms, luego viene otro manto de Tierra Roja y piedras de 1,5 de espesor y finalmente el meláfiro rojo característico de las zonas donde los pozos proporcionaron muestras de alto contenido en Hierro.

Las muestras que se tomaron en lugares de estas características fueron desechadas por no ofrecer ninguna perspectiva de utilidad a los fines de este trabajo.

Las muestras NO REPRESENTATIVAS corresponden a pozos de los que se extrajo un material aparentemente útil pero que aunque pasaba por el tamiz primario luego en el laboratorio mostraron que se trataba de roca desmenuzada y muy poco descompuesta.

También se tomaron muestras en zonas aparentemente de Tierras Rojas que al ser apreciadas al tacto en laboratorio resultaron solamente arenas ferruginosas o Tierras vegetales con alto contenido en hierro-comparado con los valores normales-que había llegado a esos lugares por arrastre y en las cuales el porcentaje de Alúmina era muy inferior a lo normal.

La figura nº 19 muestra objetivamente los tipos de Tierras: La de la izquierda corresponde a arenas ferruginosas de escaso valor, la del centro a Tierras Rojas en las zonas límites y la de la

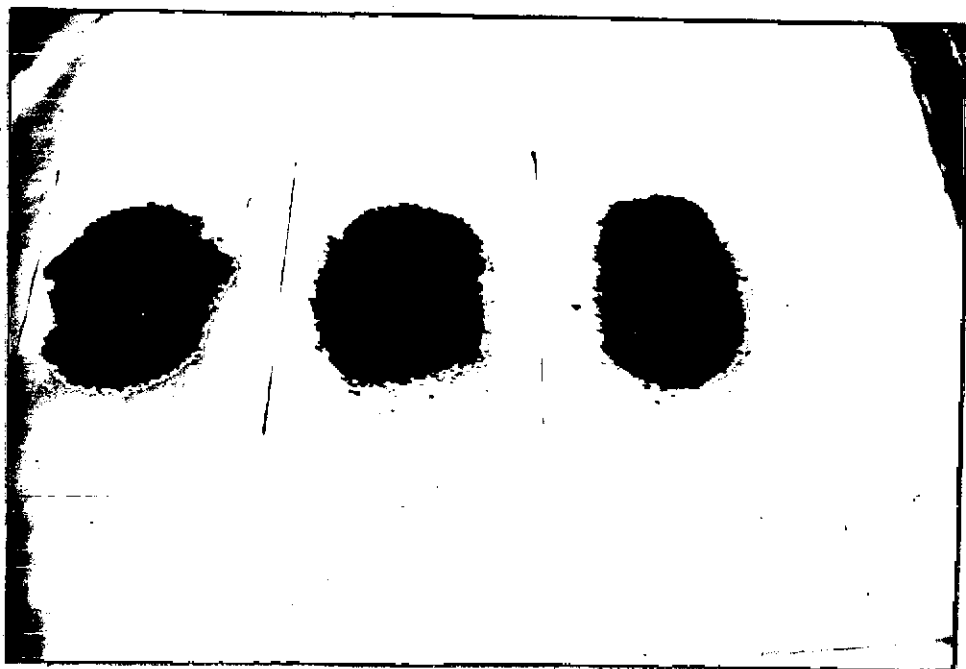


Fig. n° 19.- Tipos básicos de Tierras extraídas.

derecha a la típica Tierra Roja de alto valor (Pag. 81). Puede afirmarse que el color de la muestra secada al aire,—como son las de esta fotografía—adelantan una valoración sobre la calidad y posibilidades de utilización.

Sobre un total de 529 muestras extraídas hasta algo al Sur de Santo Tomé, se desecharon: 72 muestras por tratarse de arenas ferruginosas sin valor; 92 muestras que correspondían a rocas en descomposición primaria como las de las fotografías n.º 17 y n.º 18. Del total restante se debieron desechar por insuficiente espesor de manto y principalmente por estar constituidas por roca muy fraccionada pero que no tenían aplicación para los fines previstos, 69 muestras, con lo que quedaron como muestras útiles 296, sobre las que se hicieron ensayos.

Para las experiencias de laboratorio y pequeña escala piloto se extrajeron seis bolsas.

Con respecto a las muestras no representativas, como puede observarse en los planos adjuntos al Segundo Informe, puede ubicárselas generalmente en terrenos bajos y excepcionalmente en las cimas correspondientes a altas cotas. En este caso se trata de rocas disgregadas sin material plástico (arcilla) que las ligue.

## 2. 2.- Ubicación de las zonas iniciales de explotación:

Es indudable

[ que existen varias zonas aptas para la explotación e industrializa-  
ción por los métodos Hidro y Pirometalúrgicos antes estudiados pero  
la determinación de la ubicación de la primera explotación exige que  
se la establezca en las mejores condiciones de extracción y de calidad  
del mineral y de disponibilidad de un sistema mínimo de transportes que  
haga accesible la producción a los principales mercados de consumo.  
Este es un aspecto de importancia en los comienzos de esta -como de  
cualquier- explotación industrial de materiales primarios, pero que pier-  
de su importancia con el tiempo pues en el futuro se van creando un nue-  
vo y propio mercado zonal con industrias que se ubican basadas en la dis-  
ponibilidad de esa producción como materia prima para industrializarla .

También tiene importancia valorar las disponibilidades de  
abastecimientos en elementos industriales que aseguren el funcionamien-  
to constante de la planta y los elementos para posibles reparaciones y  
en elementos de consumo para comodidad del personal que indudablemente  
deberá radicarse, además del existente, para el funcionamiento de la uni-  
dad industrial.

Debe tomarse como base que para estos requerimientos, todo com-  
plejo industrial da trabajo a un promedio de 6 a 8 personas por cada u-  
na que trabaja en él.

El análisis de estos factores de radicación, a los que

[

se debe agregar la seguridad en el movimiento de materia prima y la composición de las reservas de mineral permiten hacer una "primera aproximación" en la ubicación. Aun teniendo en cuenta todos esos valores resultará imposible encontrar una ubicación ideal, es decir que llene todas las exigencias. Pero los elementos faltantes siempre son reemplazados en la marcha y superados con amplitud.

De acuerdo con los resultados de los análisis, las perforaciones realizadas para la toma de muestras y la observación personal (quizá lo mas importante) se ha establecido la existencia de un manto de Hierros Rojas en las proximidades de Curazú (o Pueblo Liebig), que cubre una superficie aproximada de 65 Kilómetros cuadrados y un espesor de por lo menos 6 metros. Dentro de esta zona se encuentran ubicados los pozos-muestras números 65 a 88 en los que la concentración en  $Al_2O_3$  es aproximadamente del 25%, la del  $Fe_2O_3$  de 20% y la del  $TiO_2$  alcanza un promedio de 1,5%.

De acuerdo con estos porcentajes puede establecerse que existe una reserva de 390.000.000 de Toneladas de Mineral equivalentes a 97.500.000 Tt. de alúmina; 78.000.000 de toneladas de Mineral de Hierro con título de 80% en  $Fe_2O_3$ ; y 7.000.000 Tt. de Dióxido de Titanio.

Esta ubicación tendría la ventaja de estar sobre el

Ferrocarril Urquiza desde cuya estación Apóstoles podría construirse un pequeño deavío..Cuenta además con camino pavimentado y está cerca a poblaciones de importancia para su abastecimiento pero fuera de centros urbanos con lo que también puede preverse un esquema para el desarrollo edilicio de la población.

Existen otras tres zonas fácilmente explotables: La primera puede ubicarse dentro de la zona (2) en la plancheta de ubicación de las muestras; la segunda en los alrededores de San Carlos y la tercera sobre el camino que une Gdor Virasoró a Carruchos. La zona mencionada en último término tiene la posibilidad de un dique en estudio que podría proveerla de energía eléctrica. Para las restantes se sugiere el estudio del aprovechamiento hidroeléctrico del río Aguapey para una usina de pequeño tamaño y costo.

## 2. 3.- Forma de explotación del yacimiento:

Por tratarse de un yacimiento a cielo abierto su explotación es económica. Inicialmente debe realizarse la extracción del destape de Tierra vegetal en espesores variables entre 30 y 75 cms. La extracción de la Tierra Roja puede hacerse directamente por motopalas que la lleven directamente a la planta de industrialización lo que exigiría una inversión inicial apreciable en equipos pero con un costo de extracción muy bajo; o puede extraerse



con palas mecánicas o dragas y cargarlas a camiones que hacen el transporte. Este sistema de extracción exige una menor inversión, sobre todo si se contrata el transporte, pero resulta también el mas costoso.

También debe contemplarse la posibilidad de utilizar vías decauville para el transporte de pequeños vagones y vagonetas tolvas que requieren muy poca mano de obra y el costo de mantenimiento de los equipos es ínfimo. Este problema del transporte en las etapas iniciales carece de importancia, pues se parte de la suposición que el mineral se comenzará a extraer de lugares muy próximos a los equipos de industrialización .

#### 2. 4.- Intensificación del conocimiento del yacimiento:

Una vez establecida o seleccionada la ubicación del yacimiento será necesario hacer un relevamiento intenso del mismo. No es posible olvidar que aunque la información que provee este trabajo es una base firme para valorar la factibilidad del aprovechamiento de las Tierras Rojas a "PRIMERA APROXIMACION" y que para la explotación de una planta industrial es necesario conocer mas profundamente el volumen de materia prima disponible. Para ello convendrá repetir este trabajo de toma de muestras y análisis, bajo las mismas pautas y determinar el perfil del manto en dos sentidos verticales. El análisis de las muestras no es esencial ya que las variaciones en

la composición son mínimas.

### 3.- PLAN DE EXPLOTACION INDUSTRIAL.

#### 3. 1.- Ubicación de los centros de explotación:

Ya se ha mencionado que la ubicación de las plantas industrializadoras (o centros de explotación) estará determinada por la existencia cercana o inmediata de un yacimiento con un potencial adecuado.

Debe entenderse que el N.E. de Misiones potencialmente es una de las zonas mineras más ricas del país pero que no existe en ella un criterio de explotación minera y mucho menos de industrialización metalúrgica. Y esa forma de pensar es necesario crearla para que la explotación la hagan sus propios pobladores.

En primer lugar es necesario convencer que la explotación mineral no significa una política de Tierra Arrasada. En primer lugar, para alimentar una planta con capacidad para producir 15.000 Toneladas anuales de Alúmina se necesitan 60.000 metros cúbicos de Tierra Roja es decir el volumen de Tierra contenido en una Hectárea con un manto de 6 ms de espesor y las disponibilidades en un yacimiento mencionado son 55 Kms<sup>2</sup> es decir 6.500 Hectáreas, que asegura el funcionamiento del complejo industrial por muchos años.

Fero también se debe agregar que los residuos de fabri-

ca se vuelcan nuevamente sobre el terreno de extracción y pueden ser mejorados mediante el agregado de elementos de los que carecen las Tierras Rojas. Sobre estos residuos se vuelca el destape de tierra vegetal no utilizado y dentro del plazo de un año es posible volver a utilizar esos terrenos para la agricultura, forestación, cultivo de frutales y muy especialmente para horticultura.

Pero es esencial que al Estado, y en especial al Provincial, le corresponderá crear el clima necesario para que se inicien las explotaciones industriales de los minerales de la zona N.E., ya sea dando el ejemplo mediante la instalación de una planta piloto a escala industrial o por la concesión de créditos especiales de fomento. Para esto se debe tener en cuenta el factor multiplicador de la riqueza que tiene la industria en general y en especial la minero-metalúrgica.

En estos tipos de explotaciones, los procesos de industrialización son perfectamente conocidos y experimentados total o parcialmente, la hidrometalurgia como la pirometalurgia no solo no ofrecen problemas a los técnicos especializados sino que al nivel en que se desarrollan permiten que cualquier nueva concepción técnica pueda ser asimilada inmediatamente por los establecimientos en funcionamiento y permitir que superen el riesgo de la obsolescencia. Lo que es difícil de afrontar en la industria minera es lo que designa específicamente como

"riesgo minero"; esto significa el peligro de agotamiento o terminación de un yacimiento. Esto es común en las explotaciones de filones y aún de placeres en regiones rocosas. Este no es precisamente el caso de las Tierras Rojas donde es relativamente simple determinar la reserva disponible y donde puede establecerse definitivamente su valor.

En estas condiciones es mas fácil la acción del Estado usando como instrumento el crédito a las nuevas explotaciones ya que los riesgos se reducen casi exclusivamente a la capacidad técnica, administrativa y comercial de las personas o entes que inician una industria de esta naturaleza. Sin embargo es el Estado el que en primer término recibe los beneficios de la gestión industrial, pues los impuestos indirectos que se originan son muy superiores a los de la empresa misma.

Existiendo ventajas para la instalación de estas plantas industriales, la ubicación de las mismas va a ajustarse a los intereses de los iniciadores siempre que estas sean de una producción de volumen mediano o reducido. Cuando son de importancia excepcional este factor será mas relevante pero pueden existir intereses paralelos del país que exijan la participación del Estado en la resolución del lugar de ubicación, pero este no es precisamente el caso de las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes.

En términos generales puede establecerse que la u-

ubicación puede localizarse en el lugar mencionado inicialmente, en las inmediaciones de Curuzú, si se instalase una planta para industrialización directa de la Tierra para la obtención de Alúmina. Pero en el caso de utilizar procesos pirometalúrgicos para producir inicialmente Hierro metálico y extraer de las escorias los otros productos, entonces la ubicación adecuada sería en las inmediaciones de San Carlos, en la zona de mayor contenido de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

### 3. 2.- Métodos de industrialización sugeridos:

El método ideal para la explotación industrial de las Tierras Rojas sería producir Hierro metálico por un proceso pirometalúrgico y aplicar a las escorias la extracción de los otros productos por procesos ácidos. En esas condiciones la inversión es elevada pero es indudable que la integración de los procesos y la calidad de los productos asegura la estabilidad en el funcionamiento de la empresa sobre la base de una muy buena rentabilidad.

De esta manera el criterio de industrialización de estos minerales puede plantearse en estos términos:

3. 2. 1.- Utilización del proceso ácido con producción intermedia del sulfato básico para el Tratamiento de las Tierras Rojas para agregar en el futuro, cuando las circunstancias lo aconsejen, una ampliación

para aplicación del Proceso Pirometalúrgico completando la producción analizada en Capítulos anteriores de este trabajo.

En esta forma la planta que inicialmente trataba una cantidad determinada de mineral pasa a tratar la escoria y producir un volumen mucho mayor de Alúmina y de Dióxido de Titanio porque el equipo previsto para ese proceso ácido se adapta para funcionar con ambas materias primas y además es adaptable a cualquiera de los procesos ácidos.

### 3. 3.- INVERSIÓN Y CAPACIDAD MÍNIMA

#### 3. 3. 1.- Inversión mínima rentable:

Por razones de metodología y claridad en la exposición se ha optado por establecer cual es el tamaño o dimensionamiento de la planta mínima industrial rentable. Los estudios realizados y la información disponible permiten establecer como dimensionamiento mínimo una capacidad de producción de 15.000 Toneladas/año de Alúmina y la correspondientes de Dióxido de Titanio y Mineral de Hierro para el proceso Hidrometalúrgico ácido y de 12.000 Toneladas/año de Hierro metálico en lingotes para el proceso Pirometalúrgico.

El costo de instalación de una planta por tratamiento ácido es el siguiente, expresado por rubros principales:

Adquisición de tierras	\$ 335.000
Edificios e instalaciones	" 4.319.500

Equipos e instalaciones	\$ 6.720.000
Servicios de planta	" 210.000
Organización y puesta en marcha	" 1.250.000
Intereses y gastos du- rante la construcción "	<u>270.000</u>
Inversión fija	\$ 13.104.500
Capital para giro	<u>1.895.500</u>
Capital total	\$ 15.000.000

En el caso de la planta por métodos pirometalúrgicos se ha estimado el costo para una producción de 25.000 Toneladas de lingotas de hierro maleable en la suma de \$ 28.000.000.

3. 3. 2.- Costos de producción:

A los efectos de la evaluación de los costos de producción se han tenido en cuenta como precios de venta en el mercado nacional los siguientes:

3. 3. 2. 1.- Alúmina:

Se partió del costo del producto importado sobre la base de la existencia de un decreto de exención de derechos de importación para su posterior reducción a Aluminio:

Precio por Tonelada FOB Puerto antillano	ufs	68.--
Flote a Puerto Argentino por Tonelada métrica	"	14.--
Gastos de descarga	"	2.-

Costos de aduana, derechos, etc. (Sin recargos)	u\$s	4.—
Costo total en Pto del Sur	u\$s	88.—
Al cambio actual de \$a 9,80/dólar americano	\$a	862,40

3. 3. 2. 2.- Core o Rojo Inglés:

El precio corriente de este producto destinado a la fabricación de pinturas es de: p/ton. \$a 1.900.—

3. 3. 2. 3.- Rutilo (Dióxido de Titanio):

También este producto es casi totalmente absorbido por las industrias de la pintura y del papel. Su precio actual por Tonelada s/camión en Bs. As. es de \$a 6.000.—

3. 4.- Costos de administración y comercialización:

A los fines de la determinación posterior de los costos finales se estableció previamente el costo de Administración y Comercialización de una planta tipo por tonelada de Alúmina o de Hierro en lingotes:

COSTO DE ADMINISTRACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN POR TONELADA

Administración y gastos generales	\$a	70.—
Mantenimiento de planta	"	28.—
Amortización edificio y equipos	"	45.—
Intereses sobre créditos de inst. y de giro	"	65.—
Gastos de comercialización e imprevistos	"	70.—
Total	\$a	278.—



3. 5. 1.- Costo de producción y evaluación del proceso Cal-Soda:

GASTOS: (por año)

	Cantidad	Prec. Unit	Importe
--	----------	------------	---------

Materia prima:

Mineral	Tt 60.000	\$ 7,50	\$ 450.000
---------	-----------	---------	------------

Insumos:

Caliza	" 41.760	" 160.—	" 6.681.000
Soda Solvay	" 22.230	" 260.—	" 5.779.800

Combustibles

Fuel oil(0,565 T/t.)	" 16.950	" 500.—	" 8.475.000
----------------------	----------	---------	-------------

Mano de obra:

Personal técnico 5 Técnicos a \$ 3.000/mes 15.000.—

40 Obreros " " 1.800/mes 72.000.—

\$ 87.000.—

Cargas sociales " 87.000.—

Total mensual \$ 174.000.— 2.088.000

Costo primario total anual \$ 23.473.800

Costo por tonelada ex-fábrica \$ 1.564,90

Gastos adm. y comercialización seg. 3.4. " 278.—

Flete a destino " 162.—

Costo de la Alúmina en Pto del Sur 2.004,90

El proceso Cal-soda resulta inconveniente pues el costo de producción de la Alúmina colocando en Puerto del Sur es mucho mas elevado que el de importación.

3. 5. 2.- Proceso con  $H_2SO_4$  y cristalización con alcohol:

<u>GASTOS:</u>		\$
Mineral:	80.000 Tt. a \$ 7,50	600.000.—
<u>Insumos:</u>		
Alcohol	40 Tt. a \$ 3.000.—	120.000.—
Azufre	120 Tt. " " 240.—	29.000.—
<u>Combustibles:</u>		
Fuel oil	6.100 Tt. " " 500.—	3.050.000.—
<u>Energía eléctrica:</u>		
kwh	1.360.000 Tt. " " 0,15	204.000.—
<u>Mano de obra directa:</u>		
Estimada		3.852.000.—
Costo de producción primario		7.855.000.—
Costo de producción primario por Tonelada		\$ 523,66
Gastos fijos y comercialización		" 278.—
Flete a Pto del Sur		" 162.—
Costo neto por Tonelada		\$ 963,66
A deducir por recuperación:		
de Dióxido de Titanio	\$ 200.—	
de Mineral de Hierro	" 0,70 "	200,70
Costo neto		\$ 763,96
Precio de venta		" 862,40
Margen neto		\$ 98,44

Rentabilidad sobre inversión total:

$$\$ 98,44 \times 15.000 \text{ Tt.} / \$ 13.104.500.— = 11,26 \%$$

3. 5. 3.- Procelimiento con  $H_2SO_4$  y Proc. intermedio B. A. S.:

Materia prima:

Mineral	86.000 Tt.	a \$	7,50	\$	645.000.-
---------	------------	------	------	----	-----------

Insumos:

Azufre	150.Tt	" "	240.—	\$	36.000.—
Resina Interc.	Latimado			\$	15.000.—

Combustibles:

Fuel oil	4.140 Tt	" "	500.—	\$	2.070.000.—
----------	----------	-----	-------	----	-------------

Energía eléctrica:

kwh	1.210.660 kwh	" "	0,15	\$	181.600.—
-----	---------------	-----	------	----	-----------

Mano de obra directa:

Técnicos: 8 a \$ 5.000.-/mes \$ 40.000.-

Obreros: 60 " " 2.000.-/mes " 120.000.-

\$ 160.000.-

Cargas sociales 100% \$ 160.000.-

Total \$ 320.000.- x 12 3.840.000.-

Costo primario total 6.787.600.-

Costo primario por tonelada \$ 452,50

Gastos de administración y comercialización " 278.—

Flete a Pto del Sur " 162.—

Costo total \$ 892,50

Recuperación de subproductos: (por Tonelada)

Residuo (Dióxido de Titanio) \$ 260.—

Mineral de Hierro " 0,70 " 260,70

Costo neto por Tonelada \$ 631,80

Precio de venta por Tonelada " 862,40

Margen neto \$ 230,60

Rentabilidad sobre inversión total:

\$ 230,60 x 15.000 Tt./ 13.104.500.- = 26,39 %

Como en el caso anterior y los siguientes se tomó como base la producción de

un mineral pobre, ya mencionado, y los gastos están tomados con 15% sobre

su costo real. Tampoco se tuvo en cuenta la posibilidad de usar créditos.

3.º. 4.- Procesamiento con HNO<sub>3</sub>:

<u>Materias primas:</u>	Mineral	91.000 Tt.	a \$	7,50	\$	682.500.-
-------------------------	---------	------------	------	------	----	-----------

Insumos:

Acido nítrico conc. 1410 Tt. a \$ 350.- \$ 493.500.-

Combustibles

Fuel oil 21.545 Tt. " " 500.- " 10.572.500.-

Energía eléctrica:

3.360.000 kWh " " 0,15 " 504.000.-

Mano de Obra:

Según proceso BAS " 1.352.000.-

Costo de producción primaria \$ 16.304.500.-

Costo por Ton.  $Al_2O_3$  \$ 16.304.500/ 15.000 Tt. = \$ 1.087.-

Gastos de administración y Comercialización " 278.-

Flote a destino " 162.-

Costo por Tonelada \$ 1.527.-

Recuperación:

por Dióxido de Titanio \$ 330.- "

" Mineral de Hierro " 1,10 " 331,10

\$ 1.145,90

Es decir que este proceso a esta escala no es conveniente ya que su costo de producción es muy elevado. Sin embargo para grandes producciones llega a estar en iguales condiciones que el proceso con  $H_2SO_4$  y producción intermedia de sulfato básico. Otra ventaja muy importante es que el costo de instalación puede ser reducido en la medida de adaptar los equipos adecuados para la recuperación de ácido nítrico. También como consecuencia del mayor volumen se aumenta el rendimiento en  $Al_2O_3$  y baja paralelamente el costo de producción.

3. 5. 5.- Método por precarburation para la producción de Hierro Maleable en lingotes (Prod.: 25.000 Tt./año):

De acuerdo con el flow sheet de este proceso y su balance respectivo (Fig.14, Pag. 72) del horno se desprende un gas combustible similar al de Altos-Hornos a la temperatura de 700°C y con un calor de combustión de 1.300 Cal./Kgr. que se envían a una caldera de recuperación que puede producir 11.000 Kgrs de vapor a una presión de 40 Kg.cm<sup>-2</sup> con lo que se puede generar una potencia horaria de 1.300 KW con un costo sumamente bajo del orden de \$ 0,075/kWh.

El consumo total de la planta es de 6 kWh/Kgr. de lingote producido por lo que el aprovechamiento de la energía eléctrica cubriría 10.920.000 kWh. La proximidad del Dique Yaciretá Apipé aseguraría el abastecimiento de energía a muy bajo precio también y directamente del dique. También se ha estudiado la posibilidad - a que se hará referencia mas adelante- de la posibilidad del aprovechamiento de las diferencias de nivel entre los meandros del río Aguapey mediante la construcción de un dique y una Usina hidroeléctrica.

De acuerdo con los balances mencionados, el costo de producción por Tonelada de Lingote de Hierro maleable sería:

Gastos



Materia prima

Mineral 148.000 Toneladas a \$ 7,50 \$ 1.130.000.-

Insumos:

Carbón de madera	23.000 Tt. " "	140.-/tt	"	3.220.000.-
Caliza	174.000 Tt. " "	180.- "	"	31.000.000.-
Electrodos	12.500 Tt. " "	800.- "	"	10.000.000.-

Energía eléctrica:

6 kWh/Kg.	150.000.000 kWh			
menos autoprod.	8.750.000 kWh			
	141.250.000 kWh " "	0,09/kWh	"	12.712.500.-

Mano de obra directa:

Personal técnico: 19 profesion.	a \$6.000	\$ 60.000.-
" auxiliar 120 Obreros	" "2.000	" 240.000.-
Total mensual		300.000.-
Cargas sociales		300.000.-
		<u>600.000.- " 7.200.000.-</u>

Costo de producción primarios \$ 65.862.500.-

Costo por tonelada primario	\$ 2.610.-
Gastos de dirección y administración	" 278.-
Flete a Bs. As.	" 120.-
Total	\$ 3.008.-
Menos recuperaciones varias	" 288.-
	\$ 2.720.-

Precio de venta a laminadoras " 3.250.-

Margen \$ 530.-

Rentabilidad:

\$ 530.- x 25.000 Tt./24.000.000 = 55,20% sobre inversión total.

Es necesario hacer notar que el capital es aún mayor pues en los

\$ 24.000.000 no se ha incluido el costo de la usina turboeléctrica pa-

ra recuperar los calores perdidos. Aún teniendo en cuenta esta inversión

la rentabilidad total siempre va a estar sobre el costo de la inver-

sión fija superior al 35%.

La ejecución de un proyecto de esta naturaleza debe ser integral, es decir que, además de la producción del metal Hierro debería contemplarse la instalación de los procesos para terminación de la escoria como cemento o su tratamiento para obtener Alúmina y Dióxido de Titanio, previendo para un futuro la producción de Aluminio y Titanio metálico, siempre en base al clásico Proceso Hall utilizando energía de origen hidroeléctrico de Apipé Yaciretá a generarse a bajo precio.

### 3. 6.- Consideraciones adicionales.-

#### 3. 6. 1.- Valores bases para los cálculos de rentabilidad:

Todos los cál-

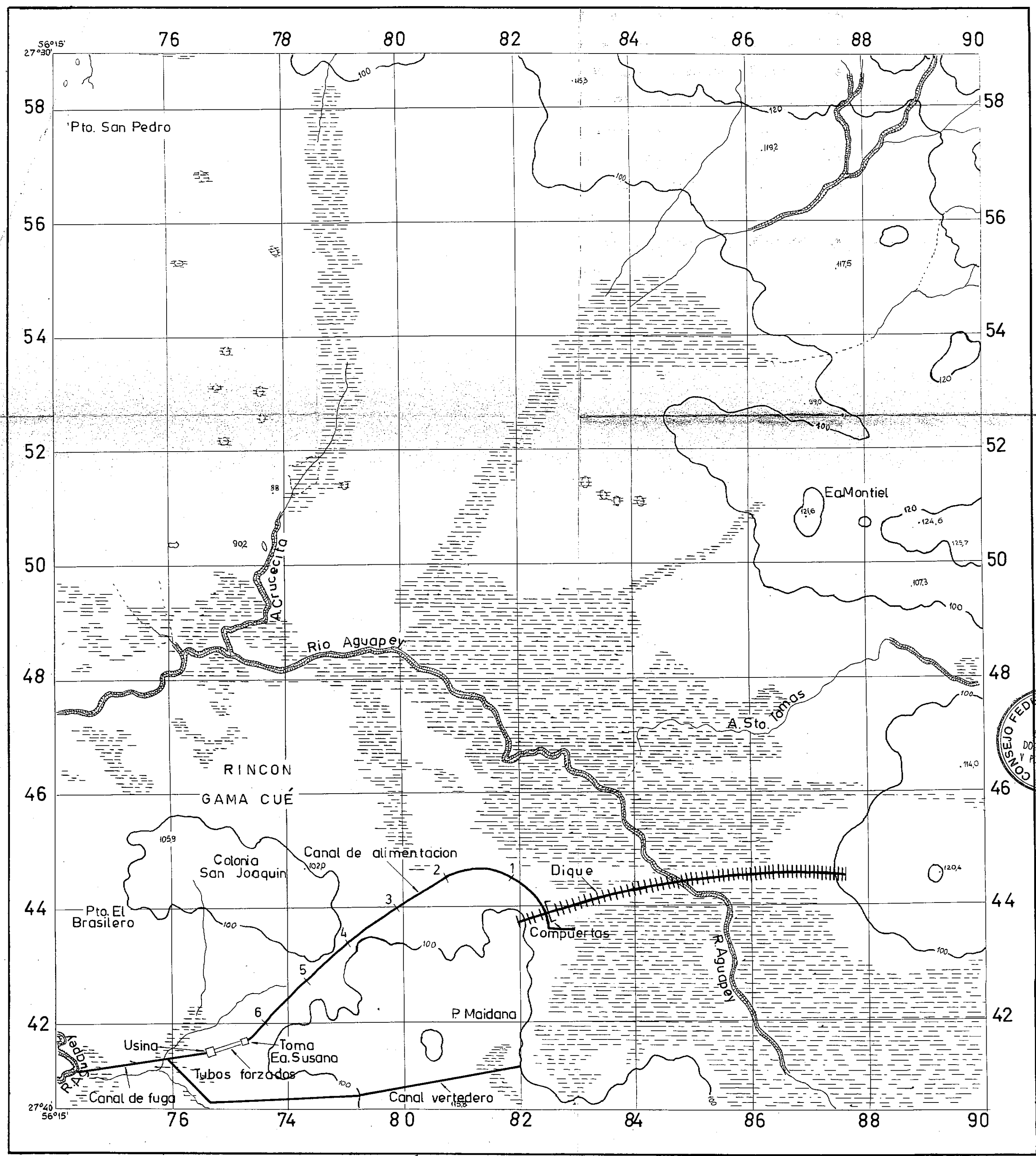
culos están basados en los consumos y producción de acuerdo con los balances de material y resultados de los ensayos en pequeña escala piloto pero han sido cotejados con los resultados obtenidos en otros ensayos similares - o basado en materias primas semejantes a las Tierras Rojas de Corrientes- y cuando se han producido diferencias muy grandes se ha buscado la explicación que las aclarara.

Los resultados en pequeña escala piloto casi siempre son inferiores a los que se obtienen a escala industrial por lo que los que figuran en este trabajo se los ha aceptado con la prevención que la eficiencia del proceso será mayor a medida que se aumente la





# ANTEPROYECTO "E" APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DEL RIO AGUAPEY PARA INDUSTRIALIZACION DE LAS TIERRAS ROJAS



JOSE MILIA Ingeniero Quimico

ESCALA: 1:50000

escala de trabajo.

3. 6. 2.- Precios de compra de insumos y de venta de productos:

Se adop-

taron precios de adquisición de acuerdo con las cotizaciones mas elevadas del mercado para partidas de volúmenes importantes. De la misma manera para los productos de los procesos, se adoptaron los precios de acuerdo con un criterio opuesto: Los precios mínimos de las cotizaciones conocidas u obtenidas. Por ejemplo, en el caso de la Alúmina se adopto la cotización para la materia prima destinada a la Planta de Puerto Madryn sin hacer la corrección que corresponde a la moneda australiana lo que representa reducir su costo en destino en mas de un 11%. Los precios del Azufre, del Acido nítrico, del Alcohol Etílico, de la Caliza y del Carbonato de Sodio (Soda Solvay) corresponden a las mayores cotizaciones de plaza.

3. 6. 3.- Instalaciones accesorias:

Todos los procesos estudiados eliminan como subproducto cantidades importantes de vapor que pueden transformarse en energía eléctrica de manera que parte del costo previsto por este concepto podría ser reducido, bajando los costos.

El insumo en energía eléctrica es gravoso en todos los procesos, aún en el caso de llegarse a efectuar ese aprovechamiento

[del vapor excedente, especialmente en el procedimiento Pirometalúrgico] estudiado. Teniendo en cuenta esto y de acuerdo con la observación de la cuenca de los ríos del N.E. correntino, se considera esencial profundizar el estudio del aprovechamiento hidroeléctrico de los mismos, destinándolos directamente a medianas industrias del Tipo Hidro o Piro-metalúrgico.

Así es que se ha considerado oportuno, como ejemplo, realizar el estudio del aprovechamiento del río Aguapey en dos formas: una, construyendo un dique y un canal que derivaría mas o menos  $16 \text{ m}^3$  de agua al río Paraná aprovechando el denivel existente al descargarla por una turbina acoplada a un generador produciendo aproximadamente 2450 KW (Fig, n° 20, Pag. 101) y otra, mediante un dique y canal derivador que eliminase la curva Norte del río para descargar aguas abajo en el mismo río con un salto aprovechable de 14 metros aproximadamente y una Potencia instalada de 2.000 KW.

La primera de las soluciones propuestas afectaría, sin duda, a la ecología de la zona mientras que la según solo produciría variaciones insignificantes y, posiblemente, algunos beneficios.

El costo de construcción de los diques como de las instalaciones de generación y control no es elevado y el costo de Kilovati-hora utilizable en los bornes del generador o transformador de salida no

[ ]

excedería de \$ 0,08/kWh. precio muy inferior al que se ha tenido en cuenta en todo este trabajo.

La traza del proyecto Yaciretá-Apipé hace muy difícil de realizar el primer anteproyecto, mientras que el segundo, descrito en la Fig. 21 (Pag. 102) si bien no sería rentable para la explotación de una central del Estado para su distribución al público, puede resultar de gran valor en el caso de una empresa privada decidida a instalar alguna de estas plantas. Las condiciones del medio aseguran el caudal promedio previsto en base a las precipitaciones pluviales promedio anuales y a la superficie de la cuenca hidrográfica del río. El tipo de presa a construir no es complejo y el nivel máximo del agua en el embalse no puede crear riesgos de ninguna clase.

De la misma manera existirían otros ríos de la zona que podrían ser explotados adecuadamente para estos fines.

#### 4.- CONCLUSIONES FINALES:

En el primer informe se analizó la posibilidad y forma de realización de este trabajo y sobre la base de una observación general se estableció la conformación del yacimiento y se estableció aproximadamente la ubicación del yacimiento de Tierras Rojas; se establecieron los sistemas de trabajo y se hicieron las comparaciones con antecedentes anteriores.

En el segundo informe se completó la información sobre los resultados obtenidos de los análisis de las muestras y se estableció con exactitud la ubicación de los materiales explotables dentro de la clasificación de "Tierras Rojas" y se estimó la capacidad de la reserva de Mineral.

En este tercero y último informe se ha analizado la capacidad de la explotación minera; la posibilidad de aplicar procesos de extracción y transformación a las Tierras Rojas; y la factibilidad de realizar esas tareas a nivel industrial.

Para terminar con este trabajo es necesario interpretar esos resultados y sugerir la forma de llevar adelante hasta su ejecución estos procesos.

#### 4. 1.- Evaluación del medio:

Ya se ha mencionado la necesidad de crear una conciencia minero-industrial para la explotación de uno de los yacimientos mas grandes existentes de metales estratégicos. Esto no se crea enseñando, sino dando el ejemplo. Cuando se vea desarrollarse una planta en forma efectiva, tanto desde el punto de vista técnico como del económico, inmediatamente comenzarán a repetirse en escala cada vez mayor otras del mismo o semejante tipo. Esto es propio de la idiosincrasia nacional y es el Estado el que debe dar las condiciones, y hasta

el ejemplo, corriendo en un principio el riesgo aparente que pudiera ofrecer la realización de la explotación de las "Tierras Rojas".

Esto no significa necesariamente que el estado Provincial o Nacional deban ponerse en la posición de pequeño o mediano industrial pero si, como ya se ha dicho, facilitar la gestiones al capital nacional, y en especial al correntino, para llevar a la realidad los proyectos mediante exenciones impositivas y créditos liberales. Esto último no es una novedad en el País. Se han dado créditos para la industria minera como para la papelera para el desarrollo de nuevas explotaciones y procesos y hacerlo en este caso, sería sentar las bases de un desarrollo que está esperando desde hace muchos años. Por otra parte, los procesos en que se basarían esas industrias, en si, no son nuevos (por el contrario son los mas simples y los primeros aplicados sin reservas en la industria química) con lo que el posible riesgo queda muy diluido.

Otra forma de superar este planteo, sería haciendo que el Estado Provincial o Nacional se decidiesen a instalar una planta piloto a escala semi-industrial donde se repitiesen todos estos ensayos a una escala mayor, en lo posible si no rentable por lo menos que cubriese los gastos operativos. La operación de la planta podría contratarse con núcleos de técnicos que serían supervisados por personal

idóneos de manera que se fuesen formando técnicos en la Provincia.

Es necesario también recurrir a una propaganda intensiva que haga conocer las riquezas de la zona-que no se limitan a la explotación forestal, ganadera o agrícola- y a la posibilidad de disponer de energía en cantidad y precios convenientes en un futuro cercano. En una propaganda los primeros convencidos y a convencer es a los propios funcionarios y hacer que comprendan el factor de desarrollo que para las industrias del campo es la industria metalúrgica pues se va a crear en su propia zona un mercado para la producción que ahora tiene que buscarlo muy lejos, y que esa estabilidad general se transformará en un mayor aporte impositivo sin necesidad de acrecentar los porcentajes existentes.

#### 4. 2.- Valor del trabajo realizado:

Al contratarse la realización de este trabajo se estableció que debía ser a "Primera aproximación". Es indudable que los resultados han ido bastante mas allá de ese límite y se hizo así porque se consideró que era imposible dar una interpretación real del valor de la riqueza existente de la que es común al hablar pero que nunca se la determina.

Los resultados obtenidos se deben a la aplicación de las normas establecidas en el contrato y a la correcta interpretación

[de los métodos y procesos tecnológicos mas adelantados en uso en este tipo de investigación industrial. Los errores en la aplicación de los resultados no se podrán culpar sino a deficiencias en los que los llevan a cabo.

4. 3.- Conclusión final:

Este trabajo puede ser resumido en las expresiones siguientes:

4. 3. 1.- Existe un enorme yacimiento de Mineral que contiene Oxidos de Hierro, Aluminio y Titanio;
4. 3. 2.- El mineral existente es facilmente tratable por agentes químicos para separarlo al estado de sus óxidos o de sus metales;
4. 3. 3.- El volumen de la reserva minera es enormemente grande y puede ser extraída sin necesidad de recurrir a operaciones mineras costosas;
4. 3. 4.- Los procesos industriales experimentados a escala de laboratorio y pequeña escala piloto, son simples y ya han sido ensayados a escalas mayores tanto dentro del país como en el extranjero y aseguran la producción de materiales de alto valor muy por debajo de los precios del mercado internacional;
4. 3. 5.- Teniendo en cuenta la situación del mercado inversor, sería necesaria una política muy amplia de desarrollo de estas industrias mediante desgravaciones impositivas, planes de fo-



mento, aplicación de Leyes vigentes con criterio de liberación de su reglamentación y otorgamiento de verdaderos créditos de fomento, sin exigencia de garantías exageradas y teniendo en cuenta la solvencia técnica del proyecto;

4. 3. 6.- Creación de una Comisión integrada por personal técnico de los distintos ministerios y de entidades interesadas para la realización de una amplia propaganda con el fin de hacer conocer las riquezas minerales de Corrientes y las posibilidades de su explotación;

4. 3. 7.- Instalación por cuenta del Estado, o financiada por él, de una planta piloto a escala industrial para hacer las demostraciones y pruebas de los distintos procesos de aprovechamiento de las Tierras Rojas u otros minerales;

4. 3. 8.- Proveer a la Dirección de Geología y a la de Hidráulica de la Provincia de Corrientes de los elementos necesarios para determinar la factibilidad del aprovechamiento de ríos y arroyos para ser aprovechados para la producción de energía para pequeñas y medianas industrias;

4. 3. 9.- Solicitar de Agua y Energía Eléctrica que se tenga en cuenta para el futuro, la posibilidad de destinar la energía suficiente y a precio adecuado para el funcionamiento de las

pequeñas y medianas industrias que se dediquen a la transformación industrial de las Tierras Rojas;

4. 3. 10.- Adecuar la reglamentación provincial de la Ley de Minería o requerir del Superior Gobierno de la Nación la actualización de las disposiciones y reglamentaciones vigentes para facilitar el desarrollo minero;

4. 3. 11.- Requerir del CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES el asesoramiento técnico y colaboración para la implementación de las medidas necesarias para la realización de estos proyectos.

— 0 —

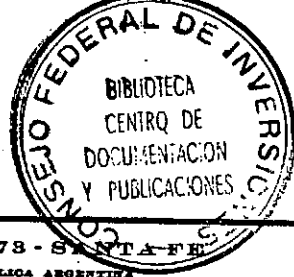
En esta forma se ha completado la realización del trabajo "ESTUDIO SOBRE LAS TIERRAS ROJAS DEL N. E. DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES". Se considera que se ha llegado a conclusiones efectivas y prácticas para la solución de un problema de enorme importancia, estratégica, política y económica que están exigiendo dentro del ámbito de la Cuenca del Plata una solución inmediata.

Santa Fé, 10 de Agosto de 1973

José L. Milia  
Ingeniero Químico

# JOSÉ L. MILIA

INGENIERO QUÍMICO  
INSG. CONS. ING. SANTA FE N.º 851  
INSG. CONS. PROF. CHACO N.º 188



ERÓNIMO 2959  
OFICINAS

CATAMARCA 4057  
LABORATORIO

T. E. 84578 - SANTA FE  
REPÚBLICA ARGENTINA

Santa Fé, 10 de Octubre de 1973

Señor

Secretario General del CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Licenciado ALBERTO GONZALEZ ARZAC

Alsina 1401

BUENOS AIRES.

De mi mayor consideración:

Ref.: ESTUDIO SOBRE LAS "TIERRAS ROJAS" DEL  
N.E. DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES.

No obstante haber dado terminación al estudio sobre las "Tierras Rojas" del N.E. de la Provincia de Corrientes, de acuerdo con las estipulaciones del Contrato firmado oportunamente con ese Consejo y entregado el Informe Final, he continuado estudiando este problema con la colaboración de mi equipo técnico, en especial los factores que incidirían en la industrialización de ese mineral con el fin de establecer los costos reales de Instalación y de Producción de los distintos procesos que, "a primera aproximación" y de acuerdo con los resultados obtenidos al nivel ensayado, se llegó a determinar que eran factibles de ser utilizados para la producción de Alúmina, Bióxido de Titanio y Mineral de Hierro.

No se ha concretado un estudio similar para el proceso de precarburation para la obtención de Hierro maleable en lingotes y sus subproductos, porque considero necesario disponer de una mayor experiencia en Planta Piloto que permita contar con parámetros mas ajustados para la determinación del costo de instalación. Esto no significa que se tenga

Sr. Secretario General del C.F.I.

10/10/73

Ninguna duda sobre la factibilidad de este proceso y por el contrario debe considerárselo el de mas porvenir para el futuro de las Tierras Rojas.

Todos los resultados obtenidos, que han sido llevados a los gráficos adjuntos, están basados sobre los mismos datos utilizados en el Informe Final y por lo tanto tienen un margen de seguridad sumamente amplio, no solo por haber utilizado las condiciones e insumos de trabajos mas críticos por exceso, sino también porque se previó la utilización de un mineral de muy baja calidad cuya composición figura en la Pagina n° 11 del referido informe y es muy inferior a los promedios normales. Si en su lugar se hubiese utilizado otra muestra, como por ejemplo, la n° 21, puede asegurarse que los costos de producción para la misma capacidad de planta expresado en Alúmina se reducirían en un 25 % con respecto a los que se establecieron.

Estos resultados obtenidos fueron graficados en dos figuras: la N° 1 se refiere a los costos de instalación de las plantas de Industrialización, mientras que la n° 2 se refiere a los costos de producción por Tonelada de Alúmina producida para cada capacidad.

Aunque en el contrato no estaba previsto llegar a la determinación de una información de este tipo, es indudable que representa un aporte sumamente positivo para una mejor interpretación y aplicación de los resultados consignados en el informe final y por ello he pensado que agregado al mismo lo complementaría haciéndolo mas efectivo y permitiría que ese Consejo Federal de Inversiones o la Provincia de Corrientes pudiesen tomar decisiones sobre la posterior intensificación de esta investigación o la instalación de una planta experimental a escala industrial, que sirviese de orientación para que el Estado o el Capital privado se decidan a desarrollar una industria basada en la utilización de las Tie-

Ton/Año

Sr. Secretario General del C.F.I.

10/10/73

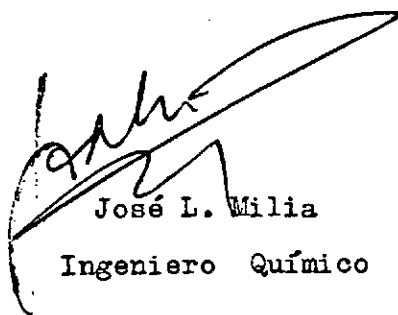
rras Rojas.

Como Ud. podrá observar de acuerdo a la escueta información adjunta, existe una cierta paridad en los costos de instalación de las plantas industrializadoras especialmente cuando la capacidad de producción es reducida.

En cambio los costos de producción (Fig. n.º 2), salvo el proceso Cal-Soda, si bien difieren muy poco para pequeñas producciones, se aproximan mucho entre sí a medida que aumenta la capacidad de producción de cada uno de los tipos de plantas.

Si a vuestro juicio considerase oportuno y útil agregar un resumen de este trabajo, con la explicación del criterio utilizado y las copias correspondientes a estos gráficos al total del trabajo realizado, para una mejor información de los interesados, le agradeceré comunicármelo para remitirle las copias necesarias.

Saluda al Señor Secretario General con la mayor consideración



José L. Milia  
Ingeniero Químico

2 adjuntos.-

JLM/d.

## METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LOS COSTOS

### DE CAPITAL Y DE OPERACION

66

#### Parámetros para la determinación de Costo de Capital:

##### 1.- COSTO DE CAPITAL FIJO:

1. 1.- Equipos básicos de proceso: Reactores, Tanques, Bombas, Filtros, equipos de recuperación, etc.
1. 2.- Gastos de instalación de los equipos básicos.
1. 3.- Cañerías de proceso.
1. 4.- Aislaciones.
1. 5.- Instrumentación.
1. 6.- Servicios auxiliares: Estaciones de producción de energía, calderas, Instalaciones de acondicionamientos de agua, etc.
1. 7.- Líneas exteriores: Cañerías exteriores, soportes y postes de sustentación, para cañerías, y conductos eléctricos de distribución.
1. 8.- Terrenos y mejoras para su utilización.
1. 9.- Edificios, estructuras y caminos interiores.
1. 10.- Honorarios en concepto de ingeniería y diseño de la planta y supervisión de la instalación.
1. 11.- Pagos a subcontratistas.

##### 2.- COSTO DE CAPITAL EN GIRO:

2. 1.- Materia prima para la puesta en marcha.
2. 2.- Existencia normal de materia prima y de productos intermedios y semiterminados.
2. 3.- Gastos de manipulación y transporte a y desde los depósitos.
2. 4.- Costo de control de existencias, depósitos, seguros vinculados, dispositivos de seguridad, etc.

2. 5.- Dinero disponible para concesión de créditos a los consumidores  
menos créditos a recibir de los proveedores.

2. 6.- Dinero para afrontar los pagos primarios al comienzo del funcionamiento de la planta.

2. 7.- Dinero disponible para emergencias.

2. 8.- Dinero efectivo disponible para la operación del proceso o de la comercialización.

3.- PARAMETROS PARA ESTABLECER EL BALANCE DE GANANCIAS Y PERDIDAS Y  
LOS COSTOS OPERATIVOS EN UN EJERCICIO COMPLETO.

3. 1.- Ventas totales en el año (Importe; Precio Unit./Kg.; % sobre ventas.)  $A_g$

3. 2.- Gastos directos de producción (Importe; Valor Unit/Kg; % s/ventas)

3. 2. 1.- Materia prima.

3. 2. 2.- Mano de obra directa

3. 2. 3.- Insumos

3. 2. 4.- Supervisión del proceso

3. 2. 5.- Costos servicios auxiliares

3. 2. 6.- Mantenimiento

3. 2. 7.- Repuestos

3. 2. 8.- Royalties y patentes.

3. 3.- Gastos indirectos de fabricación:  $A_{IME}$

3. 3. 1.- Sueldos de dirección

3. 3. 2.- Laboratorio y control de calidad

3. 3. 3.- Administración y supervisión general de planta

3. 3. 4.- Envasado y depósito

3. 3. 5.- Impuestos

3. 3. 6.- Seguros.

3. 4.- Costo total primario de fabricación

3. 5.- Amortización  $A_{BD}$

3. 6.- Otros gastos

3. 6. 1.- Gastos de administración y/o generales

3. 6. 2.- Despacho y ventas

3. 6. 3.- Comercialización

3. 6. 4.- Información técnica

3. 6. 5.- Investigación y desarrollo.

3. 7.- GSTOS TOTALES  $A_{TE}$

3.7. 1.- COSTO ANUAL POR TONELADA

3. 8. UTILIDAD NETA ANUAL

4.- CRISTALIZACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO:

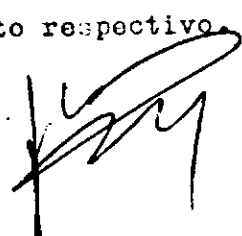
Partir de los resultados

de los ensayos que figuran en el estudio de factibilidad de las Tierras Rojas del N.E. de Corrientes y cotejarlos con los obtenidos para las de Misiones, determinando los costos en función de las siguientes capacidades de producción de Alúmina: 44,5 TT/día; 500 TT/día; y 1.000 TT/día. En la determinación de los costos de instalación se tendrán en cuenta la información disponible, las cotizaciones recibidas y recurriendo a los folletos: Cost of Process Equipment y de Installed Cost of Corrosion Resistant Piping de CH.E.

5.- FORMA DE DESARROLLARLO:

Se desarrollarán por tres manos independientemente y se cotejarán y discutirán los resultados. Si hubiese diferencias de más del 15% en algún valor se requerirá información adicional.

6.- Acondicionamiento de resultados. - Se graficarán los resultados extrapolando hasta m/m 1.300 TT/día y los resultados de los costos de producción se compararán con los costos internacionales tomando como bases los declarados para ALUAR en el Decreto respectivo.





# según volumen de producción

Fig. Nº 2

TIERRAS ROJAS DEL N. E. DE CORRIENTES

J. L. Milia Ing. Qqo.

8 de Octubre de 1973

Costos de producción a primera aproximación (+ \$5.- a - \$10.-/Ton.) según método de  
Holland, Watson y Wilkinson.

José L. Milia Ing. Químico

Santa Fé, 10 de Octubre de 1973

$Al_2O_3$  importada de Australia cif pto Madryn

Cal-Soda

$Al_2O_3$  imp. de Antillas cif Pto Madryn

$HNO_3$

Etanol

B.A.S.

25000

50000

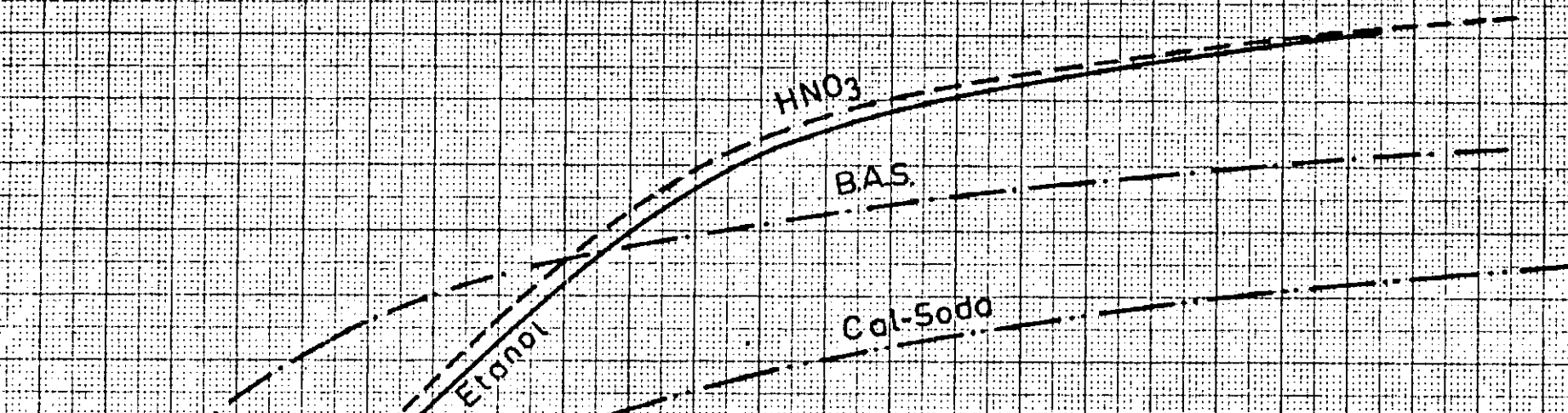
75000

100000

125000

150000

Ton./Año



# Costo de Instalacion de Plantas de extraccion de $Al_2O_3$ segun produccion

Fig. N° 1

J. L. Milia - Ing. Qca -  
8 de Octubre de 1973

GASTOS DE INSTALACION SEGUN TYLER (Chemical Engineering Economics), tomando un margen de  
Prevision de desvalorizacion de la moneda de 12,75% (Base 1 dolar = \$a 9,80)

Santa Fé, 9 de Octubre de 1973

250

500

750

1000

1250

1500

Ton./día



**JOSÉ L. MILIA**

INGENIERO QUÍMICO  
INSC. CONS. ING. SANTA FE N.º 851  
INSC. CONS. PROF. CHACO N.º 183

SAN JERÓNIMO 2959  
OFICINAS

CATAMARCA 4057  
LABORATORIO

T. E. 84578 - SANTA FE  
REPÚBLICA ARGENTINA

Trabajo:

ESTUDIO DE LAS TIERRAS ROJAS DEL N.E. DE LA PROV. DE CORRIENTES.

(AMPLIACIONES Y ACLARACIONES)

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ENERO de 1974

13022

29-1-74

JOSÉ L. MILIA

INGENIERO QUÍMICO

Observaciones a la Hoja N.º 9



1. 1. 5.- Valoración de las Reservas en función de la factibilidad

Industrial.-

PREGUNTA a).- Como se llega a determinar el tiempo que los yacimientos pueden abastecer al país?

Para establecer cual es la duración del yacimiento se tuvo en cuenta que el régimen de explotación debería ajustarse necesariamente al consumo de mayor importancia entre los productos que pueden obtenerse de las Tierras Rojas. En este aspecto la Alúmina es el de mayor importancia, tanto por su aplicación directa como por su utilización para la producción de Aluminio metálico.

Es decir que el régimen de explotación debe ser previsto en función de la producción de Alúmina para cualquiera de sus usos corrientes y prever la producción de Dióxido de Titanio, Hierro (o Mineral de Hierro) y derivados y subproductos en forma dependiente de aquella. Con referencia a la producción de Alúmina es que se ha llegado a expresar que el yacimiento tiene capacidad para abastecer al País por mas de un cuarto de milenio.

Partiendo de la base que las leyes inferiores promedias para el mineral de la zona (a) son:

Alúmina	20,0%
Sesquióxido de Hierro	17,4%
Dióxido de Titanio	1,5%

valores su-

mamente conservadores de acuerdo con los resultados de los análisis, se hicieron todos los cálculos. Pudo haberse tenido en cuenta la posibilidad de substitución de alguno de es-

2222

192

I (agregar)

tos óxidos y metales por nuevos productos originados en el adelanto constante de la tecnología como ser plásticos, productos vítreos, materiales cerámicos, aglomerados, etc. pero se prefirió no tener en cuenta este factor.

En este aspecto, y por ahora, la tendencia a la substitución afecta casi exclusivamente al Hierro y es indudable que se irá acentuando en la medida que se agoten los yacimientos de minerales y combustibles o se haga mas costosa su extracción.

Con el fin de establecer matematicamente las proyecciones futuras del consumo y por ende las necesidades del abastecimiento- en los próximos años, se tomó como base del crecimiento del consumo una tasa I del 3 % que se ajusta al crecimiento de la producción interna en la República Argentina en los últimos años y que es superior al crecimiento vegetativo. Pero, aunque el índice o tasa de crecimiento del consumo I aumentase, es indudable que en el futuro un conocimiento mas profundo de las necesidades mundiales a largo plazo obligará a hacer en forma sumamente organizada la recuperación de chatarra de los distintos metales. Una idea de la importancia de este problema es que el gran proveedor de chatarra en el Mundo - los EE. UU.- acaban de establecer regulaciones para su venta y sobre todo para su exportación.

El cálculo del consumo para los próximos 250 años se realizó partiendo de la base del Aluminio primario en lingotes importado en el año 1972 que alcanzo en cifras redondas a un volumen real de 50.000 Toneladas, aplicando la fór-

*[Handwritten signature]*

mula clásica utilizada por Vaillard<sup>(1)</sup> y también por Torrealba<sup>(2)</sup> y otros, -que es una variante de la usada corrientemente para establecer la Capitalización a Interés Compuesto<sup>(3)</sup>;

$$\begin{aligned} C_{tn} &= \text{Sumatoria de los consumos anuales en "n" años} = \\ &= C_i \left( 1 + \frac{I}{100} \right)^n = 50.000 \cdot \left( 1 + \frac{3}{250} \right)^{250} = \\ &= 81.250.000 \text{ Toneladas.} \end{aligned}$$

Si se tiene en cuenta que para producir una tonelada de Aluminio se necesitan dos toneladas de Alúmina, el consumo de esta en los 250 años sería de 162.500.000 Toneladas y para producirla se necesitarían 812.500.000 Toneladas de Tierra Roja.

Las reservas del yacimiento de la zona (a) de acuerdo con el Segundo Informe (2.1.5.- Reservas metálicas) están representadas por:

$$\begin{aligned} 1.900 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \times 3,5 \text{ m. (esp. manto)} \times 1,0 \text{ (d)} &= \\ &= 6.650.000.000 \text{ T.} \end{aligned}$$

menos previsión por posibles fallas de ca-

lidad en los mantos (15%)	<u>900.000.000 T.</u>
---------------------------	-----------------------

Reserva neta de Tierra Roja	5.750.000.000 T.
-----------------------------	------------------

Es decir que las reservas son mucho mas que las necesarias para la producción de Alúmina o de Aluminio en los próximos 250 años. Pero si la tasa de crecimiento del

---

(1).- GEORGES VAILLARD.- Reserves minerales a l'Europe Pccidental.-

J. Servant et Fils, Editeurs. París, 1966.- Pag. 104.

(2).- JOSE Ma. de TORREALBA.- El Futuro de la Metalurgia.- Ediciones

C. Cánaves, Barcelona.- 1958, Pag. 26.-

(3).- HÜTTE.- Manual del Ingeniero.- Ediciones Gustavo Gili, Buenos Aires.- Tomo I, Pag. 63

del consumo fuese del 4 % anual el problema se haría mucho mas delicado pues se necesitarían 1.779.000.000 de Toneladas de Alúmina u 8.895.000.000 de Toneladas de Tierra Roja.

Cabe acotar ante el panorama abrumador de estas cifras que la extracción de esa Tierra no significaría su anulación para la futura explotación agrícola ya que los residuos de extracción volverían al lugar de origen y serían cubiertos con el destape de Tierra Vegetal reservada previamente que no tiene aplicación industrial.

PREGUNTA b).- Como se determina que es factible el aprovechamiento económico a escala industrial?

El total del trabajo fue realizado previamente a la redacción del informe final. Además se contaba con los estudios realizados para yacimientos similares en la Provincia de Misiones y con la aplicación de los parámetros recopilados para el diseño de la planta y para establecer los costos de instalación y de operación. Unidos los resultados de ambos trabajos era factible determinar "a priori" la viabilidad de una industria en base a las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes.



Los ensayos de laboratorio fueron realizados casi totalmente en equipos comunes de material Pirex y cuando se necesitó trabajar a altas presiones, los recipientes fueron colocados dentro de autoclaves o reactores adecuados y con calefacción directa. Los ensayos a pequeña escala piloto, para los hidrometalúrgicos, se realizaron en reactores: Un reactor vidriado de capacidad útil 30 litros; Un reactor de 10 litros revestido con plomo 99,9% y Un reactor con revestimiento interior de Teflón-substituido posteriormente por plomo- con capacidad para 32 litros. En todos los casos habían sido calculados para resistir presiones de hasta  $30 \text{ Ks.cm}^{-2}$  y estaban provistos de manómetros y termómetros de visión directa (estos últimos hasta  $300^{\circ}\text{C}$ ) colocados en vainas. Las operaciones de filtrado se realizaron en filtros de material cerámico. No se realizaron ensayos de regeneración de los ácidos sulfúrico y nítrico por considerar que existe la suficiente experiencia en estos procesos y se dispone una información completa para el diseño de estas plantas seccionales. El mismo criterio se aplicó para la recuperación de Etanol en cuyo caso se hizo una destilación con balones de vidrio y refrigerantes a corriente de agua.

En los ensayos Pirometalúrgicos se utilizaron crisoles con capacidad de 4 litros en los que se cargaba como máximo 1 Kilogramo de Tierra Roja que a su vez se completaba con fundente y carbón





hasta 2,3 kilogramos. La calefacción se realizó con quemadores especiales de Gas-oil. El consumo de combustible ha sido expresado en el Flow-Sheet y Balance de materias de páginas 71 y 72 de este informe.

1. 2. 1. 5.- Referencia de los resultados:

Con el fin de facilitar la comparación de los resultados obtenidos, en todos los casos fueron relacionados a 2.000 Kilogramos de material seco o se los refirió a porcentajes.

1. 2. 2.- Ensayos físicos: (Concentración o Separación).

1. 2. 2. 1.- Separación densitaria:

Se preparó un lodo con 70% de agua en peso, removiéndolo intensamente con el fin de provocar una homogeneización primaria, posteriormente se redujo el movimiento en el lodo para permitir primero la separación de gránulos y materiales densos (piedras) manteniendo en suspensión la "Tierra Roja" verdadera. Una vez separados aquellos junto con el mineral de Titanio, se dejó sedimentar el Lodo Rojo y se lo secó.

1. 2. 2. 1. 1.- Con Tierra Roja cruda (Promedio de 5 ensayos):

Los resultados

obtenidos son los siguientes:

Tabla 1. 2. 2. 1. 1.

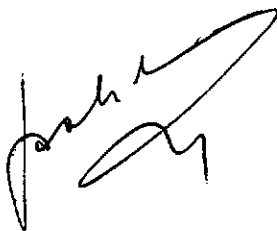
	Promedio	Máximo	Mínimo
Material denso separado y seco	6,7	6,9	6,5

El material separado estaba constituido por Titanomagnetita en forma

Observacion: NO SE MENCIONAN LAS CANTIDADES DE COMBUSTIBLES USADAS.

Aclaración:

1. 2. 1. 4.- En las páginas 14 y 15 solo se hizo mención de los ensayos pero en la páginas n.º 71 y 72 se encuentran los balances de materiales y Flow-sheet donde se han establecido los insumos de combustibles ajustados a los rendimientos reales en planta de acuerdo con la información y experiencia disponible.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'José L. Milia', written in a cursive style.

[de densidad, y por el contrario, la granulometría y la menor densidad originadas por la deshidratación inicial la hacen mas dificultosa. La temperatura de calcinación afecta también a la separación de la Titanomagnetita.

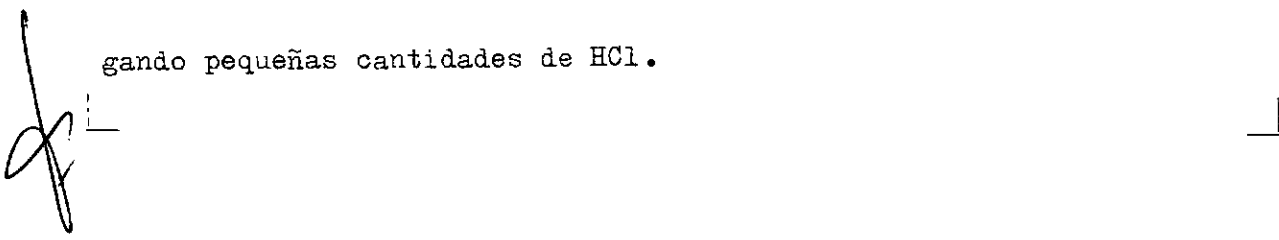
1. 2. 2. 2.- Concentración por lodos de densidades intermedias:

No fue posible obtener un medio cuya densidad estuviese comprendida entre las de los distintos óxidos y sílicoaluminatos con una diferencia adecuada ya que la que existe entre los distintos componentes del mineral (salvo con la Titanomagnetita) es menor de 0,3.

1. 2. 2. 3.- Separación por flotación:

Se separó de la misma manera que en los casos anteriores agregando al agua 0,5% de Hexametáfosfato de Sodio (Calgón) considerado lo mas adecuado para la separación de los óxidos metálicos y en especial de los de Hierro.

Una vez obtenido el lodo con 30 % de sólidos se agitó fuertemente, se dejó romper inicialmente la espuma formada y después sedimentar los materiales pesados. En todos los casos el Lodo Rojo se mantuvo en suspensión en el agua con 0,5 % de Calgón después de 8 horas. Posteriormente se coaguló el Lodo Rojo exento de pesados, bajando el pH agregando pequeñas cantidades de HCl.



Observación:

QUE SE ACLAREN LOS COSTOS Y SI NO EXISTE OTRA DROGA QUE  
REEMPLAZE AL HEXAMETAFOSFATO DE SODIO.-

Aclaración:

Los costos operativos de estos procesos son sumamente bajos ya que se realizan en forma totalmente automatizada y se encuentran en el orden de \$a 0,02 por Tonelada de mineral tratado. En cambio el costo del Hexametafosfato y su eliminación para evitar problemas de contaminación estaría en alrededor de \$a 0,09 a 0,12 lo que supera ampliamente al mayor valor por tonelada.

Existen varios substitutos del Calgon (Hexametafosfato de Sodio) que se utilizan como colectores en celdas del Tipo Denver. Entre ellos pueden citarse el ácido oleico, ácidos grasos y sus jabones, soluciones ácidas de alcoholes grasos sulfonados y algunos hidrocarburos minerales. En casos de minerales de Hierro (óxidos) con porcentajes de 25-30 % de  $Fe_2O_3$  libre pueden utilizarse soluciones ácidas de Fuel-oil y ácidos grasos sulfonados (principalmente Dodecilbenceno sulfonado) pero en el caso de la Tierras Rojas los resultados serían dudosos por la presencia de Alúmina y Aluminatos y de sílico aluminatos que flotarían paralelamente. El resultado no compensaría el mayor costo operativo y exigirían altos costos de instalación.

*[Handwritten signature]*

1. 2. 3.- PREGUNTA: Dar las características del imán utilizado y mas  
completa metodología a escala laboratorio.

La utilización de los electroimanes convencionales presenta dificultades para su manipulación a escala de laboratorio por los inconvenientes que origina su mayor tamaño y las conexiones eléctricas o por los efectos de las caídas de tensión.

Por esta razón se han usado imanes permanentes constituidos por mezclas de ferrito de bario y silicatos complejos de muy alta intensidad magnética a lo que se agrega lo permanente y constante de su carga. En mayor escala son utilizados actualmente en la industria con indiscutibles ventajas, especialmente en la clasificación y concentración de minerales.

En los de pequeño tamaño para uso en laboratorio como vienen en unidades aisladas, pueden ser acoplados con lo que se puede variar ampliamente el campo magnético.

En estos ensayos se utilizaron unidades en forma de toro de 60 mm. de diámetro exterior, 22 mm. de diámetro interior y 14 mm de espesor. La fuerza de cada unidad equivalía a 4.000 amperes-vueltas lo que significaría en un imán convencional una entrada de 4,5 amperes. Esto equivaldría a 100 Gauss-polo por unidad, aproximadamente.

Se dispuso de 10 unidades de este tipo pero solo se utilizaron alternativamente nueve.

Como medio de separación se optó por el Policloruro de Vinilo (PVC) por su gran permeabilidad que no afectaba la atracción del material magnetizable.

*[Handwritten signature]*

Como se utilizaron nueve unidades la fuerza de los imanes permanentes utilizada fue de 36.000 ampere-vueltas.

Teniendo en cuenta que la permeabilidad magnética de los materiales que integran las Tierras Rojas es:

Titanomagnetita	$\text{TiO}_2\text{Fe}_3\text{O}_4$	1,520
Magnetita	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	1,470
Ilmenita	$\text{TiO}_2\text{FeO}$	1,280
Hematite roja	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,008
Sílice	$\text{SiO}_2$	1,0022

es evidente que se va a producir la separación de los dos primeros (altamente magnéticos) y de la Ilmenita (semi-magnético)

La separación se hizo a escala de laboratorio con una sola unidad colocada dentro de una bolsita de PVC que se sumergió por distintos períodos de tiempo-según se especifica en el informe- en un vaso de cristalización en el que se mantenía en suspensión por circulación un lodo del 70% de agua y 30% de Tierra Roja. El material magnético y semi-magnético se adhería a la bolsa de PVC que contenía el imán permanente. Una vez cumplido el tiempo fijado se extraía la bolsa y posteriormente se separaba el imán con lo que el material atraído se separaba fácilmente, se secaba y finalmente se pesaba. Este material estaba integrado principalmente por Magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Titanomagnetita ( $\text{TiO}_2 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e Ilmenita ( $\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}$ ).

Al decir que el PVC tiene gran permeabilidad se debe entender que no es magnetizable.

*[Handwritten signature]*

A fin de dar una idea clara de los elementos utilizados en la realización de los ensayos por separación magnética se adjuntan nueve fotografías:

Nº 1.- Muestra un elemento de iman permanente con un escalímetro para comparación de sus tamaños;

Nº 2.- Muestra dos unidades enfrentadas en posición vertical y horizontal respectivamente;

Nº 3.- Nueve unidades han sido colocadas en serie para dar una idea de la forma en que fueron utilizadas, revestidas después con PVC. Pueden observarse restos de material imantable que se dejaron expuestos orientados según el polo de atracción;

Nº 4.- Los mismos nueve imanes fueron colocados en paralelo.

Nº 5.- Una muestra de material ha sido distribuida sobre una hoja de papel blanco de 0,2 mm de espesor;

Nº 6.- La misma muestra sobre papel fue colocada sobre los imanes permanentes en paralelo de la Fig. nº 4. Puede observarse la acción "erizante" que orienta el material magnético (Titano-magnetita, Magnetita, Ilmenita, etc.)

Nº 7.- En esta fotografía (como en las siguientes tomada con cámara Canon FT, 1/1.000 seg. película 500 ASA) puede observarse la fuerte atracción de los imanes permanentes envueltos en PVC

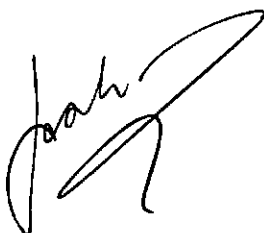
*[Handwritten signature]*

que permite observar partículas, aún de tamaño relativamente grande, en vuelo hacia el conjunto de imanes. Debe hacerse presente que en la toma de estas fotografías no se colocó el núcleo de hierro dulce.

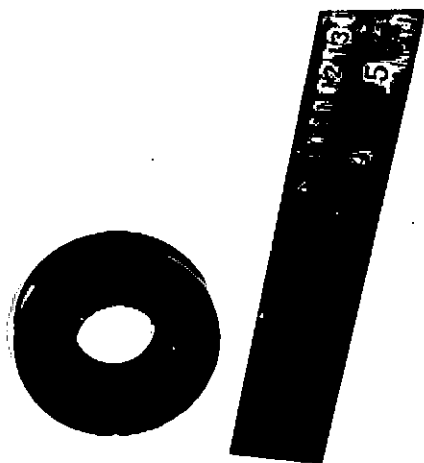
Nº 8.- y

Nº 9.- Corresponden a ensayos similares a los anteriores con los imanes desnudos, habiéndose realizado las tomas justamente en el momento que se los acercaba a la muestra.

Las fotografías tomadas de los ensayos en húmedo no dan detalles por la falta de transparencia del lodo que tapaba los imanes permanentes envueltos en PVC.

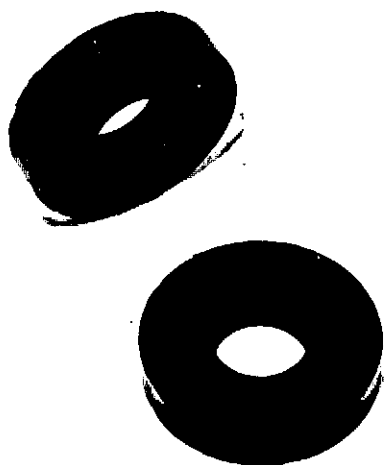






Fotografía n° 1

*[Handwritten signature]*

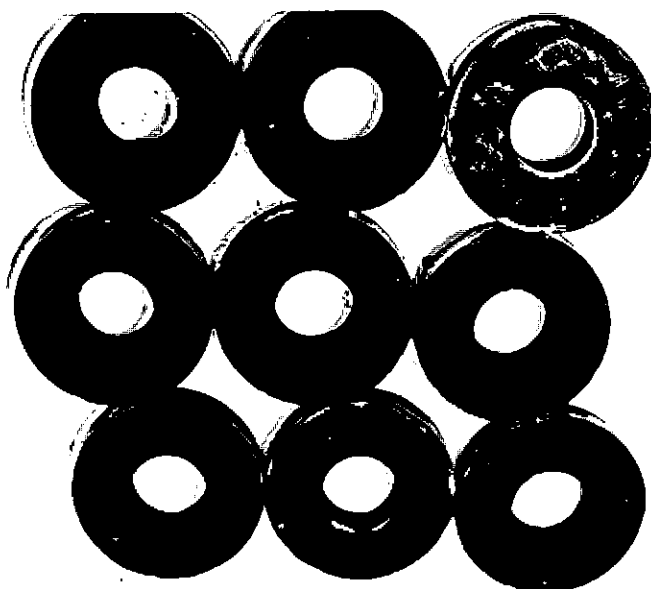


Fotografía n° 2

A handwritten signature or mark, possibly a stylized 'J' or 'L', located in the bottom left corner of the page.



Fotografía N.º 3



Fotografía n.º 4

*[Handwritten signature]*



Fotografía N.º 5



Fotografía N.º 6

*[Handwritten signature]*



Fotografía N° 7



Fotografía N° 8

*[Handwritten signature]*



Fotografía N° 9

*[Handwritten signature]*

pureza.

Tomando como base estos resultados, se realizaron tres ensayos a pequeña escala piloto.

1. 2. 3. 2. Ensayo de separación magnética a pequeña escala piloto:

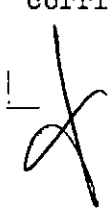
Los

resultados corresponden al promedio de tres ensayos para los cuales se utilizaron 9 imanes permanentes formando un cilindro de 6 cms de diámetro por 12 cms de largo que fue recubierto con una hoja de Polietileno. Este cilindro fue colocado atravesado en una canaleta de madera de 14 cms de ancho y 8 cms de alto. El cilindro formado por los imanes permanentes se colocó a 2 cms del fondo de la canaleta que tenía una inclinación del 2 % tratando que la sección de pasaje del lodo fuese de 22 cms de largo por 2 cms de ancho. El lodo fue vertido de manera que se mantuvo una velocidad de desplazamiento de  $0,25 \text{ ms} \cdot \text{seg}^{-1}$  constante obteniéndose los siguientes resultados para el total de 3 ensayos en los que se hizo pasar 15 litros de lodo al 30 % de sólidos totales:

Tabla n.º 1. 2. 3. 2.

	E N S A Y O S			
	1º	2º	3º	Promedio
Mat. separado y secado a $110^{\circ}\text{C}$	14,6 %	15,0 %	15,1 %	14,9 %

El Lodo Rojo final se separó por decantación y secado en corriente de aire a  $75^{\circ}\text{C}$  arrojando la siguiente composición:



1. 2. 3. 2.- Ensayo de separación magnética a pequeña escala piloto.-

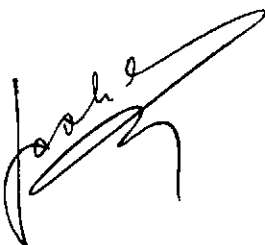
PREGUNTA: Porqué no se utilizan separadores magnéticos convencionales con el fin de evaluar correctamente la concentración de minerales magnéticos en el lodo y poder comparar los resultados realizados con otras muestras?.

Los imanes permanentes han alcanzado una perfección extraordinaria y la estabilidad de su carga es absolutamente constante. Por esa razón se los usa preferentemente en la industria minera.

Su tamaño permite una fácil manipulación de los lodos y cuando se trabaja en medio húmedo no se crean problemas característicos en las líneas, ni requieren instalaciones especiales.

Los elementos utilizados en los ensayos pueden trabajar sumergidos, aún dentro de ciertos reactivos químicos sin que se afecte su potencial magnético o su estructura química.

Los resultados que se obtengan con estos imanes permanente pueden compararse exactamente con los obtenidos con separadores magnéticos convencionales.



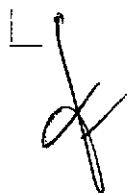


1. 3.- Salvo en los casos en que se indica otra moneda, los precios que se mencionan en el trabajo están expresados en Pesos Ley 18188, y corresponden a valores tomados directamente de usuarios, productores industriales, Mining Journal y otras revistas técnicas.

Las especificaciones para el Aluminio se derivan directamente de la calidad de la Alúmina a utilizar. COPEDESME dio la base para las especificaciones de la Alúmina utilizadas para la confección del Decreto n.º 1617/73:

$\text{Al}_2\text{O}_3$	%	97,420
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	"	0,030
$\text{TiO}_2$	"	0,006
$\text{Na}_2\text{O}$	"	0,650
$\text{ZnO}$	"	0,020
$\text{V}_2\text{O}_5$	"	0,002
$\text{CaO}$	"	0,060
$\text{MnO}$	"	0,001
$\text{CuO}$	"	0,005
Humedad	"	1,500
Sílice	"	0,04
Pérdida por calcinación	%	0,600
Retención en malla + 100	"	5,000
Retención en malla + 325	"	94,250

Es indudable que en estas especificaciones existe un error: Si se tiene en el producto una humedad de 1,500% la pérdida por calcinación (debe entenderse por calcinación el ca-



lentamiento a una temperatura de por lo menos 600°C ) debe significar la eliminación casi total de la humedad.

Se ha previsto una pureza de solo 97,420% en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y se consideran como límites máximos la presencia de  $\text{TiO}_2$  en 0,006 %;  $\text{Na}_2\text{O}$  0,650 % y  $\text{CaO}$  0,060 %. El Titanio puede estar presente en la etapa de electrólisis en un porcentaje mayor sin afectar la calidad del Aluminio Metálico Final pero resulta difícil aceptar la presencia de  $\text{CaO}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$  que pueden afectar la calidad del producto final y que pueden producir reacciones secundarias que afectarían la eficiencia eléctrica del proceso.

En el Report n° CRL/CE/R-8 del Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, realizado por J. Bloodworth en 1964 se prevee la obtención de Aluminio Metálico partiendo de Alúmina obtenida a partir del B.A.S. (Sulfato Básico de Aluminio,  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) cuyo título en el Óxido de Aluminio era de 99,0 % .El contenido en Hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) menor que 0,005 % .

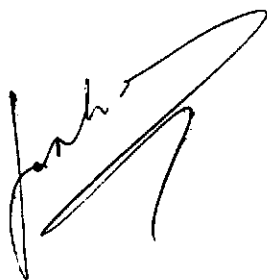
Aluminium Journal considera que las características standard para la Alúmina exigen que el contenido en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sea 98,5 % y que no se exceda de 0,008 % en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; de 0,030 % en  $\text{Na}_2\text{O}$ ; de 0,015 en  $\text{CaO}$  y 0,002 % en  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Es indudable que re-



sulta muy difícil ajustarse a estas características para la Alúmina utilizando el proceso Bayer ,especialmente en lo que al Sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) se refiere,por trabajar precisamente en medio básico con sales o materiales cáusticos.

Precisamente es en este punto donde radica la tendencia a la utilización de los procesos ácidos,porque la presencia del Oxido de Sodio significa que se encuentra al estado de Aluminato Sódico que al fundirse aumenta la viscosidad de la capa superior de Fluoruros donde se produce realmente la electrólisis y ocasiona su descenso.

En términos generales las empresas han establecido las especificaciones para la Alúmina en función de la Materia prima de que disponían y como el "Cartel" internacional es propietario del 95 % de las reservas conocidas de Bauxita y de la capacidad productora de las plantas de Alúmina,no hacen problemas a la posibilidad de obtener un producto de mucho mejor calidad. No obstante ya han aparecido,como consecuencia de la diversificación de la empresas productoras de Cobre, nuevas exigencias en cuanto a la calidad de mercado.

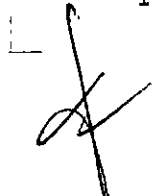


[OBSERVACION: Citar fuentes, métodos y costos de obtención de Alúmina ]

a partir de Nefelina, Arcillas y Caolines en los EE.UU.:

1. 3.- La utilización de Nefelina está limitada exclusi-  
vamente a la Unión Soviética ya que es el único mineral Aluminí-  
fero de que dispone en cantidad apreciable ( $KAlSiO_4$ , según otros  
 $K_{\frac{1}{2}}Al_{\frac{1}{2}}Si_{\frac{3}{2}}O_{\frac{10}{2}}$ ) El proceso de extracción se basa en el ataque con  
HCl en solución al 35-50% con lo que se obtiene la cristaliza-  
ción de la Sílice. El Potasio y el Aluminio pasan a Cloruro de  
Potasio y Tricloruro de Aluminio pero este se hidroliza facil-  
mente y se separa al estado de  $Al(OH)_3$  que posteriormente se  
calcina obteniéndose, según muestra observada una Alúmina de tí-  
tulo sumamente elevado y practicamente deshidratada. Cuando la  
Alúmina se calcina a 1.100°C pasa al estado de alfa-alúmina, muy  
dificilmente atacable por los agentes químicos y absolutamente  
anhidroscópica.

Dadas las características de la producción indus-  
trial de la URSS resulta imposible conocer cual es el costo real  
de la Alúmina pero es indudable que bajo todo punto de vista tie-  
ne que resultar conveniente por la recuperación de las sales po-  
tásicas de alto valor y esenciales para la agricultura de ese  
País.



LICENCITORG, ente oficial para la negociación de patentes rusas ofrece las que llevan los n° 669,714 y 669.715 vinculadas directamente a la producción de Alúmina pero que no pueden ser ~~valladas~~ <sup>validadas</sup> por falta de información experimental acumulada de experiencias pilotos.

Los EE. UU. se han dedicado mas especialmente a la investigación y puesta en marcha a nivel industrial de la utilización de Anortositas y Arcillas. Muchas de estas pueden ser consideradas intermedias entre Arcillas y Caolines por la composición en óxidos.

En cuanto a los métodos pueden ser clasificados así:

A.- Métodos básicos:

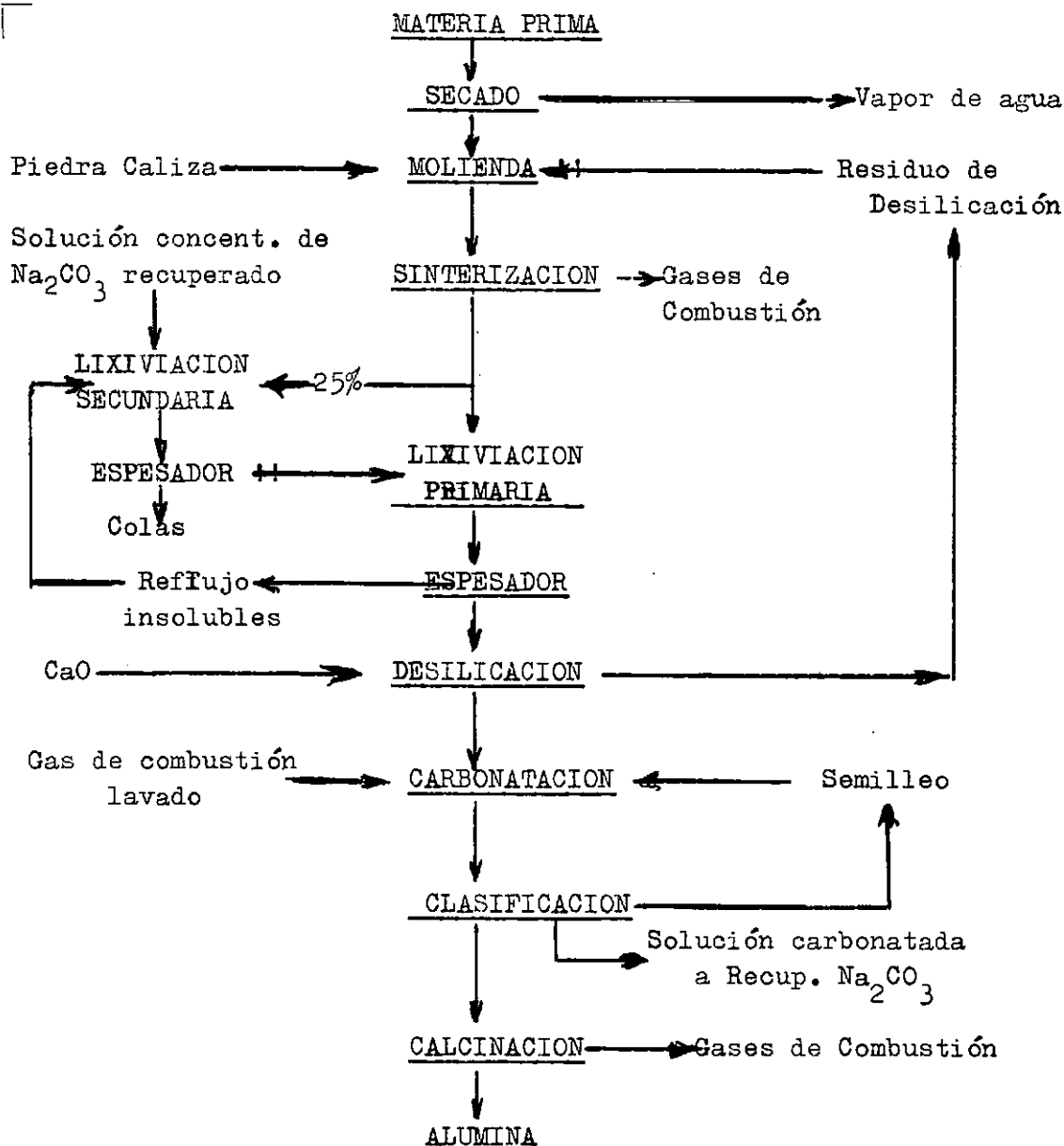
En los EE. UU. se han utilizado a distintas escalas minerales tales como la Anortosita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ; en algunos casos varía la composición y es  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ ). Normalmente este mineral es conocido también como Anortita. El mineral utilizado se extraía de Split Rock, en el Estado de Minnesota. La composición real es una mezcla en proporciones variadas de Albita y Anortita diferenciándose en que en la primera el Calcio está substituido por el Sodio.

Las llamadas Bauxitas Ferruginosas de los Montes Salem en la costa del Pacífico, son muy similares a las Tierras Rojas del Noreste de la provincia de Corrientes en lo que se refiere a la presencia de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , y  $\text{TiO}_2$  pero con un contenido muy variado en cuanto a  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MgO}$  y una elevada pérdida por calcinación.

En cuanto a las arcillas utilizadas son de características muy similares a las de la zona pampeana aunque con un bajo contenido en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Los métodos básicos utilizados a distintas escalas, son principalmente el de Sinterización Cal-Soda y el de Pedersen. Ambos deben ser considerados como una variante del Proceso clásico de Bayer en los que se ha tratado de obviar el elevado costo de la utilización de Soda Cáustica y llegar a una cristalización completa de la Sílice.

El proceso primero está basado en una sinterización de los Sílico-aluminatos con piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), tratamiento del 25% del material sinterizado con una solución concentrada de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . De esta levigación secundaria el lodo es sedimentado y separado y se lo utiliza para levigar el resto del material sinterizado. Los procesos de levigación se realizan corrientemente



Flow-sheet del proceso por sinterización Cal-Soda.

a Temperaturas entre 60 y 70°C. Las dificultades que presentan radican principalmente en la dificultad de obtener una recuperación elevada de la soda y en el elevado consumo de calor.

Se desconocen los costos reales de producción



de las plantas que están en funcionamiento en la Costa Oeste de EE. UU. que pertenecen al grupo Kaiser, Alcoa, Renhold, etc. pero es lógico estimar que si se mantienen en funcionamiento la producción debe tener costos ubicados dentro de los precios de mercado.

El Bureau of Mines del Departamento del Interior de los Estados Unidos de N. América ha dedicado una amplia serie de estudios, unos realizados a escala piloto en Institutos de Metalurgia en centros universitarios y otros tomados directamente de plantas en funcionamiento, entre los que se distinguen los RI6927, RI6933, RI7068 y RI7299. De acuerdo con informaciones avaladas por una interesante información técnica el costo de instalación de las plantas se encontraría alrededor de U\$S 115 por Tonalada-año y el de producción por molienda en húmedo sería de u\$s 71,61 equivalentes a \$ 7.161.- Ley 18.188 por Tonelada sin tener en cuenta la recuperación de subproductos de los lodos rojos.

El proceso Pedersen parte de la base de formar una escoria de Aluminato de calcio, generalmente en horno eléctrico que se leviga una vez molida y fría con soluciones de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para precipitar el  $\text{CaCO}_3$  y continuar con el proceso



similar al Bayer.

Como el material de escoria fundida obtenido está compuesto por dos-y posiblemente tres- aluminatos de calcio, ( $6\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  ;  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) al ponerlo en contacto con la solución de Carbonato de sodio se producen varias reacciones en las que en todos los casos, al menos teóricamente, se debería precipitar totalmente el  $\text{CaCO}_3$ .

Aunque se sabe que en el Mundo existen varias plantas que utilizan el Proceso Pedersen para Bauxitas de Baja calidad, una de ellas en Brasil, se carece de información directa de los costos de Instalación y de Producción. El mismo Bureau of Mines ha publicado una serie de informaciones técnicas del proceso en sus RI6939 y RI7079 que si bien demuestran el desarrollo del proceso no aportan información económica. Sin embargo es indudable que el proceso es apto para minerales del tipo mencionado y especialmente cuando el porcentaje de Hierro es elevado. Pero no puede dejarse de lado la dificultad que presenta, como todos los procesos básicos, para eliminar mínimas cantidades de hierro de la Alúmina final.

#### Métodos Ácidos:

Es indudable que los procesos ácidos para el

*[Handwritten signature]*

aprovechamiento de los minerales aluminíferos presenta muchas perspectivas, especialmente para el procesamiento de minerales con contenidos apreciables de  $\text{SiO}_2$  y bajo título en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Aparentemente la utilización de los procesos ácidos da la idea de enormes costos en las instalaciones como consecuencia de la necesidad de recurrir a materiales especiales para la construcción de los equipos. Pero como consecuencia de la mayor actividad química, las reacciones se realizan rápidamente y por lo tanto el volumen de los equipos es muy reducido. Las reacciones en medio ácido son mucho más controlables y la recuperación de los insumos es muy elevada con lo que se reducen los costos de instalación.

En los procesos ácidos los productos intermedios, sales de aluminio, pueden ser perfectamente purificadas; el índice de extracción sobre el mineral es muy elevado y en determinadas condiciones se supera el 95 % del  $\text{Al}_2\text{O}_3$  contenido en el mineral y los insumos necesarios no configuran materiales críticos, escasos o de alto precio.

Los procesos ácidos, y en especial con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  se utilizaron durante la Segunda Guerra Mundial en ambos bandos.

En los EE.UU. ante el problema de la Guerra submarina, se ins-

*[Handwritten signature]*

laron plantas para obtención de Alúmina para la producción de Aluminio en Alemania, cerca de la frontera con Suiza en las que se utilizaron arcillas típicas de la zona. En los estados Unidos se dispone de información de la instalación de plantas similares en los Estados de la Costa Oeste, principalmente en California y Washington.

Para Alemania la utilización de ácido sulfúrico era crítica y una vez ocupada Francia aprovechó minerales e instalaciones en este país paralizando las antes mencionadas.

Una vez terminada la Guerra, Estados Unidos se encontró con una superproducción de Alúmina y por licitación adjudicó las plantas por tratamiento ácido que fueron adquiridas y cerradas definitivamente por el "cartel" internacional que de otra manera sufría la desvalorización de los enormes yacimientos de Bauxita.

Como en el caso de otros productos industriales básicos, a pesar del constante aumento en el consumo de Aluminio y de Alúmina, han surgido intereses nacionales que imponen la necesidad de recurrir a otras fuentes de abastecimiento para su industria metalúrgica o porque—como en el caso del cobre— se ha creado por razones de política internacional una competencia

*[Handwritten signature]*

con grandes y pequeñas industrias internacionales y esta competencia no se puede sostener dependiendo de los competidores para el abastecimiento de materia prima.

De la misma manera los países en desarrollo tienen a independizarse y en el campo del Aluminio la independencia no está tanto en producirlo como en producir su Materia prima básica: la ALUMINA.

Los procesos ácidos actualmente, o anteriormente, en uso y en perfeccionamiento son de tres tipos:

1.- Con Acido Nítrico:

El mas conocido, y actualmente en operación en una planta norteamericana, está basado en la Patente Little ( nº 3.211.521 del 30/7/62; 3.211.524 del 12/10/65; 3.586.477 del 22/6/71; 3.586.481 del 22/6/71 y 3.647.373 del 7/3/72) cuyo Flow Sheet se encuentra en la Página nº 58, y en la siguiente el Balance de Materiales del proceso a escala semi-piloto que coincide con las previsiones teóricas.

No se cuenta con una información mas completa desde fuentes extranjeras, salvo que se prevee la instalación de una planta con capacidad para 300.000 Toneladas de  $Al_2O_3$  anuales. Los estudios realizados en escala semi-piloto utilizando otras



resinas amino-alifáticas de características similares dieron resultados aceptables y demuestran que se trata de un proceso con muy buenas perspectivas y sumamente simple en su operación. El problema mas delicado se presenta de acuerdo con lo expresado en 1.3.3.4.3 es la dificultad en eliminar las últimas trazas de Hierro. Esto podría ser solucionado mediante una extracción por una serie de etapas con la resina de intercambio iónico.

Por carecerse de una información mas completa y no contarse con elementos técnicos adecuados para la realización de ensayos a una escala mayor, no se han hecho cálculos sobre Costos de Instalación y Costos de Producción. Sin embargo, se considera que los datos mencionados en el informe son suficientes para escalar a primera aproximación y establecer un Costo Unitario de Instalación para plantas para una producción de hasta 50/60.000 Toneladas de Alúmina/año de \$ 18.500.- por tonelada/año de  $Al_2O_3$  y el costo probable de producción en \$ 700.- por Tonelada de Alúmina Grado electrolítico puesta Puerto Bs. As. para minerales con no mas de 21% de  $Al_2O_3$ .

Métodos con Acido Clorhídrico:

De las informaciones disponibles

se ha llegado a la conclusión que aunque se está experimentan-



en distintos países la posibilidad de llegar a la Alúmina Gra-  
do electrolítico por extracción de la misma con Acido Clorhídri-  
co, se considera que los últimos ensayos realizados en la Argen-  
tina son los mas prometedores aunque todavía se encuentran en  
escala experimental.

No se ha podido detectar la ubicación de una plan-  
ta en funcionamiento en EE. UU. y otra en Canadá, ni se ha conse-  
guido información fehaciente de los costos de Instalación y de  
Producción. Al parecer la materia prima utilizada en ambos ca-  
sos serían distintos tipos de esquistos.

Los técnicos del Centro de Investigaciones Me-  
talúrgicas del College Park han confeccionado un informe muy  
completo sobre cinco distintos procesos hidrometalúrgicos para  
la obtención de Alfa-Alúmina por extracción con Acido Clorhí-  
drico del cual el mas destacado es el que utiliza Eter Isopro-  
pílico para eliminación del Hierro y las estimaciones de Cos-  
tos de Producción varían entre u\$s 65.-- (\$ 6.500.--) para es-  
te proceso hasta \$ 11.965.-- (u\$s 119,65) por Tonelada de  $Al_2O_3$   
Precios que en nuestro país resultarían posiblemente 5 % mas  
elevados. Los costos de Instalación de la Planta resultan muy  
altos y se estiman en el RI6133 de Bureau of Mines en \$ 25.400.--

(U\$S 254.-/Ton-año de Alúmina. Este costo indudablemente elevado afecta a la posible rentabilidad de una planta, a lo que se debe agregar la existencia de algunos puntos del proceso que es necesario profundizar, en especial la posible formación de compuestos orgánicos secundarios por acción de HCl libre sobre el Eter Isopropílico.

Métodos con Acido Sulfúrico:

Aunque la primer patente de extracción ácida se realizó en 1896 y se proponía el Acido Clorhídrico, los métodos con  $H_2SO_4$  se han desarrollado y durante el período de la Segunda Guerra Mundial fue el único utilizado.

Es indudable que la posibilidad de utilizar como etapa intermedia para llegar a la Alúmina, al Sulfato de Aluminio presentaba muchas ventajas, entre las que se destaca la facilidad de cristalización y el amplio rango en que esta puede producirse, que significaban un proceso relativamente simple y fácilmente automatizable. El aspecto negativo del proceso se encontraba en la gran cantidad de agua de cristalización (18 moléculas) que había que evaporar además de la propia humedad de los cristales obtenidos lo que significaba una cantidad muy grande de calor que con el de calcinación previa (para des-

*[Handwritten signature]*

truir la ligadura de la Alúmina con la Sílice) a 600°C., lo que representa el 50 % aproximadamente del costo de producción.

En 1964, T. R. Scott del Scientific and Industrial Research Organization (C.S.I.R.O.) del Gobierno Australiano descubrió que en determinadas condiciones de presión y temperatura y una relación adecuada  $\text{SO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  podía llegarse a obtener por hidrólisis un Sulfato Básico de Aluminio (Basic Aluminium Sulphate, B.A.S.)  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  lo que significaba reducir a 1/6 parte el agua de cristalización a evaporar.

En 1961 Hume y Milia habían podido establecer un nuevo método de eliminación del Sulfato Férrico por cristalización del Sulfato Normal con Alcoholes y éteres orgánicos. Pero se mantenía la necesidad de redissolver y producir el BAS insoluble en agua fría que permitía la eliminación del Sulfato Ferroso que no era hidrolizable.

En el Informe Final se analizaron ambos procesos a los que se los consideró los mas efectivos, de mayor simplicidad y factibilidad económica. Se han provisto allí tanto los Flow de procesos totales y/o parcializados como los Balances de Materiales.

En el Expediente 70.308/63 del Ministerio de




Industria y Comercio, en momentos en que recién se ponía a punto el Proceso C.S.I.R.O., se calculaba que el costo de la Alúmina sería de u\$s 66.- F.O.B. Puerto Bs. As. para una Tierra Roja de la Provincia de Misiones con solo 20,5% de Alúmina. Pero en las condiciones actuales, con los perfeccionamientos alcanzados y con un mineral fácilmente obtenible de 26 % de  $Al_2O_3$ , el costo de la Alúmina Grado Electrolítico no debe exceder de \$ 465.- (u\$s 46,50) la Tonelada F.O.B. Bs. As.

El aspecto mas importante de este proceso es en primer lugar la factibilidad de un trabajo cíclico de los insumos químicos los que no gravitan mayormente en el costo final y, en segundo lugar, la posibilidad de ciclos térmicos de recuperación de calor que reducen el consumo de combustible a límites inferiores a los previstos o generar energía eléctrica para su propio consumo.

En la actualidad se está trabajando en la sustitución de los hornos rotativos para la descomposición del sulfato por otros sistemas de hidrólisis térmica de muy elevado rendimiento.

Sin tener en cuenta, estas mejoras al proceso, el costo de instalación es de aproximadamente u\$s 265.- (\$ 26.500.-)



por Tonelada-año de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pero se encuentran incluidas una planta para la producción de Dióxido de Titanio, una planta para recuperación de ~~Acido~~ Sulfúrico y una de concentración de mineral de Hierro residual.

Otros procesos Hidrometalúrgicos:

Existen otros procesos en vías de experimentación pero entre ellos solo se destacan los procesos al Sulfato de Aluminio y Amonio (Alumbre de Amonio), que solo han sido experimentados a nivel de pequeña planta piloto (RI6290 y RI6573) en el Bureau of Mines del Gobierno de los Estados Unidos.

1. 3. 4.-

Procesos Pirometalúrgicos:

Los procesos pirometalúrgicos tienen la gran ventaja de tratarse de una unidad totalmente integrada, aún en aquellos casos de reducida capacidad de producción.

Se trata de un proceso que puede ser operado en base a insumos producidos totalmente en la zona, con bajos costos de producción. La energía eléctrica para una planta inicial puede obtenerse, tal como se ha previsto, por generación hidráulica en base al río Aguapey. El ácido sulfúrico para com-


*[Handwritten signature]*

— pensar las pérdidas de proceso (en el caso de optar por el tratamiento ácido de la escoria) podrá obtenerse del yeso existente en la misma Provincia de Corrientes. El carbón para la fabricación de electrodos o para el proceso de precarburiación podrá obtenerse de maderas inferiores, residuos de aserraderos o de Turbas (y posiblemente lignitos primarios) de la Laguna Iberá. En este aspecto se han desarrollado distintos sistemas, con y sin adición de coke de petróleo.

Es indudable que la escasez de Carbón mineral coqueable y la crisis del petróleo en el orden mundial ha creado problemas sumamente difíciles de superar. La opinión de los industriales japoneses expresada en el último congreso del acero en Baltimore establece que los Altos hornos solo son rentables cuando superan la producción de 8.000.000 de Toneladas de metal.

La situación general de la Industria del Acero había orientado la investigación no solo a otros procesos como el de Reducción Directa sino también a la utilización de materiales con bajo título en Hierro como consecuencia de los precios en aumento del mineral y el paulatino agotamiento de los yacimientos ricos.

En esas condiciones debe aceptarse que las Tie-

L  —

rras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes se adaptan perfectamente a esos procesos, con la ventaja de poder ofrecer como subproductos algunos de excepcional valor como los derivados de Aluminio y de Titanio.

En el planeamiento de este trabajo, en lo que respecta específicamente al Hierro, se ha tenido presente entre otros trabajos los siguientes:


Frederik Cartwright..- CHALLENGE TO THE BLAST FURNACE (New Scientist, 4 Mayo 1972.- Pag. 252.)

Hydrocarbon Research, Inc..- DIRECT REDUCTION BY H-IRON.- Informe de la empresa. 1970.- Estima como costo de la Tonelada métrica de Fe en polvo -Hierro Esponja- :u\$s 8,87 = \$a 87.-

P.M.UNTERWEISER..- H-IRON: COMPETITION TO THE BLAST FURNACE. (The Iron Age, Julio 12, 1956) Página 71.

M. TENENBAUM y C. M. SQUARCY..- DIRECT REDUCTION OF IRON USING THE FLUIDIZED SOLIDS TECHNIQUE.+ Informe a la reunión general del American Iron and Steel Institute. Mayo 23, 1951.

SWINDELL-DRESSLER..- ~~THE~~ H & L PROCESS (DIRECT REDUCTION PROCESS) Informe privado.- 1972.: Estima el costo de acero de alta calidad en \$ 62,26 Dólares Americanos/Tonelada para una capacidad de producción del orden de 250.000 Toneladas/año.



STORA KOPPABER BERLAGS AKTIEBOLAG.-(Metallurgical Research Centre).- Informe privado y publicación en IAMI.

EDMUND L. VAN DEUSEN.- BYPASSING THE BLAST FURNACE.- (Fortune Octubre de 1956)

G.J.McManus, Raymond Shah y P. J. Mullins.+ PARA REDUCIR LOS COSTOS LAS ACERIAS PROCURAN CAMBIAR SU EQUIPO Y TECNOLOGIA.- IAMI, Mayo de 1972

P. C. KEITH, H.H.STOTLER Y R. J. Mac MULLAN.-LATEST DEVELOPMENTS OF THE "H-IRON" PROCESS.- (Iron and Steel Engineer, Noviembre de 1963)

Dr. J. B. AULD y Dr.E. G. MASDIN.- ONE STEP STEEL.- (New Scientist, Mayo 8 de 1969)

Se ha sugerido como el mas indicado el proceso pirometalúrgico teniendo en cuenta las excepcionales condiciones del mineral correntino, al par que la facilidad de poder disponer de los elementos de proceso en el propio sitio de ubicación de la planta y la posibilidad de poder instalar inicialmente una planta de limitadas dimensiones.

Por otra parte, los nuevos procesos de precarburae ción y reducción o de reducción directa, resultan convenientes en su instalación para capacidades limitadas de fabricación.

L



El precio del producto terminado ha sido establecido en base a las condiciones menos propicias y con una recuperación muy inferior a lo real, pues no se ha tenido en cuenta, por ejemplo, la producción de Alúmina y de Bióxido de Titanio.

Si se tuviesen en cuenta estas recuperaciones o la producción de cemento de escoria permitiría reducir el costo de la Tonelada del lingote de Hierro a \$ a 1.800.-/Ton.



Observación: CERTIFICAR CIFRAS DE LAS RESERVAS DE ALUMINA Y CITAR

FUENTES.-

Aclaración:

1. 3. Se hizo una estimación de la reservas potenciales de la República Argentina, además de las existentes en la Provincia de Corrientes, en base a los estudios e informaciones existentes para las Tierras Rojas de la Provincia de Misiones. Podrían también incluirse los yacimientos de Caolín existentes sobre la Cordillera de los Andes desde la Provincia de Catamarca hasta la de Chubut y los de Alunita existentes en Camarones (Chubut) pero el elevado valor de venta de los primeros que tienen otro destino industrial o las dificultades y elevado costo de extracción de las Alunitas determinó que no se las considerase, por ahora, fuentes potenciales para la producción de Alúmina.

La Provincia de Misiones tiene una superficie de 29.801 Kms<sup>2</sup>, según datos del Instituto Geográfico Militar, con un manto de Tierra Roja cuyo espesor promedio puede estimarse en 4 ms lo que representa un total de 119.200.000.000 m<sup>3</sup> o su equivalente de la misma cifra en Toneladas. Si a la Tierra Roja se le asigna una ley de 20 % en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se llega a la reserva mencionada de 24.000.000.000 de Toneladas.



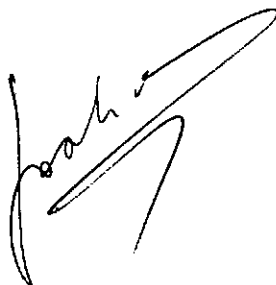
Esta información esta basada en los estudios  
realizados por:

Dirección de Minería de la Provincia de Misiones.

Hume y Milia..- ESTUDIOS PARA EL PROYECTO DE LA PLANTA DE ALUM  
MINIO. Informe privado.(1962-1970)

Dirección Nacional de Geología y Minería: SUELOS ROJOS DE LA  
PROVINCIA DE MISIONES. por el Dr. J. Valania. 1970.-

Dirección Nacional de Geología y Minería: ESTUDIO DE LOS SUELOS  
ROJOS DE LA ZONA Pto WANDA-COLONIA LANUSSE (Msnes). por  
el Dr. J. Valania para COPEDESMEI, 1971.







Observaciones: PORQUE NO SE MENCIONA EL TITANIO EN LA COMPOSICIÓN DE

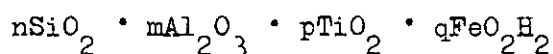
LAS TIERRAS ROJAS?

COMO SE LLEGA A ESA FÓRMULA Y PORQUE NO SE MENCIONA

EL TITANIO EN LAS TIERRAS ROJAS?

Aclaración:

1. 3. 2. 1.- En el primer informe se mencionó una fórmula teórica que interpretaba la composición de las Tierras Rojas en función del Oxido Ferroso monohidratado y de los restantes óxidos, lo que es una forma práctica de interpretación de la composición química de las arcillas. Podrían haberse agregado los óxidos de ~~Ca~~, Na, K, etc. pero no son esenciales en el caso de la Tierras Rojas. La fórmula mencionada era la siguiente:



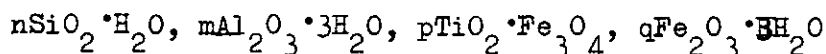
que es muy caracterís-

tica de las arcillas grises o pardas.

En la Pag. 5 de este Informe Final figura una fórmula que es el resultado de diversos ensayos de laboratorio, físicos y físico-químicos, que se ajusta exactamente a las Tierras Rojas del N.E. de Corrientes y que da una explicación aceptable desde el punto de vista de su composición y comportamiento químico, tomando como base la existencia de un ácido -  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  -

L *J*

los óxidos hidratados de Aluminio y Férrico y la Titanomagne-  
tita:



A poco que se analice esta fórmula puede divi-  
dírsele:

- 1.-  $p\text{TiO}_2 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$  Titanomagnetita cristalizada, y
- 2.-  $n\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}, m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}, q\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  Arcilla amorfa

En el Segundo Informe (Pag. 34) se mencionó que las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes conte-  
nían cristales planos, pardo oscuros, de Titanomagnetita (Tita-  
nato Ferroso-férrico:  $\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  o también  $\text{TiO}_2 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

Este material fuertemente magnético, no forma un material totalmente homogéneo con la Tierra Roja, sino simplemen-  
te una mezcla de constitución variable. Prueba de ellos es que puede ser separada facilmente por métodos hidráulicos o mas efi-  
cientemente mediante la acción de separadores magnéticos (ver a-  
claración a la Hoja n.º 21). Algunas de estas operaciones deben ser realizadas necesariamente cuando se trate de industrializar la Tierra Roja ya que la Titanomagnetita tiene un gran valor indus-  
trial y estratégico.

Por esto cuando cuando se habla de Tierras Rojas

L  
f

en este trabajo se presupone la previa separación de los compuestos de Titanio y entonces la fórmula (2) puede resumirse mas simplemente:



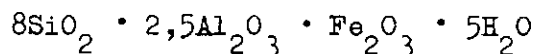
Partiendo de una composición típica como esta:

$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	25 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	16 %
$\text{SiO}_2$ .....	50 %
$\text{H}_2\text{O}$ .....	9 %

es decir que de la composición centesimal se llega a la estequiométrica expresada en óxidos así:

$\text{Al}_2\text{O}_3$ / PM	= 250/101,94	= 2,5 M
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ / PM	= 160/159,68	= 1,0 M
$\text{SiO}_2$ / PM	= 500/60,06	= 8,0 M
$\text{H}_2\text{O}$ / PM	= 91/18	= 5,0 M

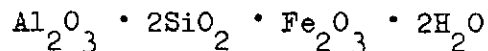
y la fórmula correspondiente:



De acuerdo con los ensayos físico-químicos realizados, parte de estos óxidos conforman la Tierra Roja propiamente dicha que, en realidad, es una arcilla. En esas condiciones 6M de  $\text{SiO}_2$  se encuentran al estado libre o en una combinación

*[Handwritten signature]*

sumamente inestable con 1,5M de  $Al_2O_3$  y 3M de  $H_2O$  para formar un ácido silícico-alumínico que es un gel cuya mayor o menor hidratación (o humidificación) es la que debe determinar la plasticidad característica. Esta puede ser también una explicación de la mayor o menor latericidad de las arcillas que encuentran un caso típico en las Tierras "Ñaú" de Corrientes y también en las arcillas cerámicas del Río Paraná y en los "loess" plásticos de la Provincia de Santa Fé y S.E. de la de Córdoba. Deducidas las moles que forman ese ácido sílico-alumínico, la fórmula real de las Tierras Rojas puede expresarse así:



Si las Tierras Rojas se calcinan a mas de 600°C, se llega a la separación de gran parte de los óxidos y la desaparición total del agua que actúa facilitando la formación de aquellos ligamentos entre ellos.


De esta manera es que se ha llegado a la fórmula mencionada y se explica el hecho de no mencionar al Titanio en las Tierras Rojas.

Es necesario hacer notar que los ensayos y cálculos industriales se realizaron en base al contenido total en óxidos.

Observaciones: CORREGIR Y DAR UNIDADES; ACLARAR UNIDADES EN LOS CUADROS

Aclaración: En 1. 2. 1. 5. (Referencia de los resultados) se expresó que "con el fin de facilitar la comparación ~~de~~ los resultados obtenidos en los distintos ensayos, en todos los casos fueron relacionados a 2.000 Kilogramos de material seco o se los refirió a porcentajes". En algunos casos se han hecho varias referencias.

En esta forma se facilita cualquier cambio de escala. No obstante al hacer la redacción final del trabajo puede tenerse en cuenta la posibilidad de establecer en cada caso las unidades, aunque se considera corriente el método adoptado.

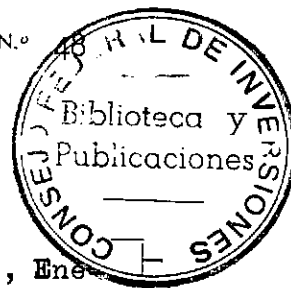


Observación: COMO SE ESTIMA LA RELACION ENTRE LOS COSTOS FIJOS PARA OPTIMIZACION?. CITAR FUENTES.

Aclaración:

Se ha dispuesto de estimaciones de costos de instalación (presupuestos) oficiales para plantas de elevada capacidad (1.000 Ton. de  $Al_2O_3$ /día), de ambos procesos y se ha podido establecer que los costos por Tonelada de Alúmina producida son mas elevados para los procesos básicos. Si a esto se agrega que por el mayor volumen de las instalaciones existe una absorción mayor de mano de obra resulta claro que existe otro factor decisivo que es el mayor costo de producción. Como los materiales de construcción son menos críticos y de mayor amortización (plazo de amortización) la relación costo de instalación entre las plantas de tratamiento ácido y básico de 1:20 bajan en los costos fijos a cifras entre 1:2,5 y 1:4 citadas.

Las Fuentes de información: Revue de l'Alluminium  
(Mayo 1972: L'avances des procédés acides (Editorial)  
Bureau of Mines RI6927, RI7068, RI7299 Proc. Básicos y  
RI 6229, RI6290, y RI6573 (métodos ácidos)  
C. S. I. R. O.-Chemical Engineering aspects of the acid a-



lumina process. por J.W. Bloodworth, Informe Interno, Enero

ro de 1964.-(Referido a Lateritas de Misiones.)

G. G. Green- Technology of Alumina and Alluminum Industry.

Univ. Library.-1972.

Además se hicieron valuaciones de costos en base a los criterios de:

Chaplin Tyler.- CHEMICAL ENGINEERING ECONOMICS.- McGraw-Hill

Book Co.,Inc.

Eric Jenett.- GUIDELINES FOR SUCCEFUL PROJECT MANAGEMENT.

Chemical Engineering. Vol. 80 n° 16, Pag 70 y Sig.

Naciones Unidas.-Pre-investment Data for the Aluminium Industry

John Happel.- CHEMICAL PROCESS ECONOMICS.-John Wiley & Sons

Inc.,Publishers

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'John' followed by a stylized flourish.

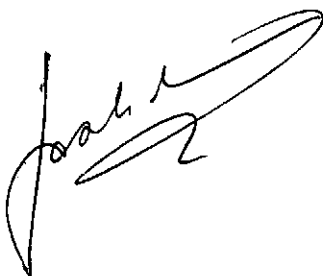
Observación: CITAR FUENTES SOBRE LAS TIERRAS ROJAS MISIONERAS EN EL

TEXTO.-

Aclaración:

En la aclaración a la Hoja n° 27 se mencionan las informaciones disponibles sobre la Tierra Roja de Misiones.

Cabría agregar un folleto sobre análisis de Tierras Rojas de Misiones de J. Gollán, M. Nicollier y José Cruellas publicado por la Universidad Nacional del Litoral en el año 1929 que se cita en la bibliografía básica.





tita de las que se separan Dióxido de Titanio (Rutilo y Anatasa) y Rojo Inglés para la fabricación de pinturas. Los resultados de este proceso por formación de Sulfato Básico de Aluminio son:

ENTRADAS

Mineral

Ks. 2.000

PRODUCTOS

Alúmina

Ks 352

Subproductos

Insumos

Azufre

" 70

Titanomagnetita

" 119

Combustibles

Mineral de Hierro

" 434

Fuel Oil

" 276

Vapor a 250° y 170°C

" 571

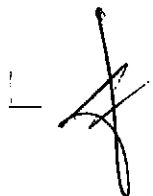
Debe tenerse en cuenta que en el caso de recurrirse al secuestro de sales de Hierro por intercambio iónico baja el consumo de Azufre a los mismos niveles que en el caso de la purificación con Etanol, es decir 3 Kilos por cada 352 Kilos de Alúmina producida.

Este proceso ha sido objeto de perfeccionamientos por técnicos argentinos basados en una experiencia de mas de doce años y puede estimarse que en las condiciones mencionadas es el proceso mas económico.

También es de mucha importancia la posibilidad de sustituir los reactores discontinuos por otras continuos con lo que se podría llegar a una automatización total del proceso con el consiguiente aumento en los rendimientos y reducción del costo operativo.

1. 3. 3. 3.- Proceso al  $\text{HNO}_3$ .-

De los procesos ácidos es el de mas re-



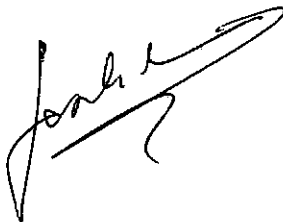
Observación: PUEDEN ACLARARSE LAS BASES DE LA ECONOMICIDAD DE ESTE PRO

CESO?

Aclaración:

Es indudable que el Proceso con  $H_2SO_4$  con etapa intermedia de Sulfato Básico de Aluminio resulta económico por la posibilidad de un reciclo de licores muy simplificado, el aprovechamiento elevado de los calores, los excedentes de Vapor que pueden ser destinados a la producción de Energía Eléctrica y la reducida absorción de mano de obra. Agregame a esto la posibilidad de alterar en determinada etapa el proceso y producir indistintamente  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  de amplia aplicación en la industria y para el tratamiento de agua de consumo. Y para terminar la factibilidad de obtener excedentes de  $H_2SO_4$ , los pigmentos de Titanio (Rutilo y Anatasa) y de Hierro.

El Flow-Sheet de página n° 53 confirma todas estas consideraciones que se amplían en Página n° 95 (3. 5. 3.)

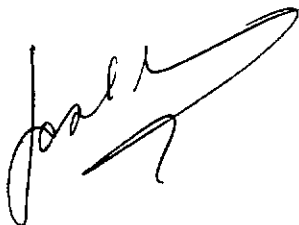


Observación: SERIA NECESARIA UNA MENCIÓN MAS CONCRETA RESPECTO A LA  
POSIBILIDAD DE OBTENCION DE  $\text{HNO}_3$ , SEGUN PRECIOS?

Aclaración:

El aspecto crítico de la provisión del  $\text{HNO}_3$  no reside tanto en el costo de adquisición, sino en que se trata de un volumen anual apreciable y se trata de un producto crítico.

Si bien es cierto que la recuperación del ácido utilizado es elevada, siempre existe una pérdida de proceso que es de 1.410 Ton./año.



Observacion: QUE INCIDENCIA EN LOS COSTOS IMPLICARIA EL USO DE LOS MATERIALES PROPUESTOS? SE CONSIGUEN EN PLAZA?

Aclaración:

Los costos de instalación previstos en el informe final fueron realizados sobre la base de material vidriado para las partes en contacto con los licores y lodos ácidos. La utilización de materiales mas sofisticados como son los aceros especiales o los revestimientos de Zirconio, Titanio o Tantalio puede significar un aumento en los costos de instalación del orden del 20 % teniendo en cuenta que solo una parte de los equipos necesitaría el uso de esos materiales.

No se dispone de información sobre trabajos de esta naturaleza realizados en el país pero se considera que existen varios talleres industriales en condiciones de realizarlos. El material para este trabajo debe ser importado.



Observacion: SERIA NECESARIO INDICAR LAS INCIDENCIAS EN LOS COSTOS

DE MANO DE OBRA Y DISTINTAS SUBSTANCIAS PROPUESTAS; PARA  
EL CASO DE LA PURIFICACION CON ALCOHOL CON EL FIN DE EVA-  
LUAR LAS POSIBILIDADES DE EVENTUALES DEL PROCESO CON REFEREN-  
CIA A LOS OTROS CITADOS.

Aclaración:

La incidencia de la mano de obra en el tratamiento de purificación con Etanol es practicamente la misma que en el Proceso por etapa intermedia del Sulfato Básico de Aluminio. Pero el costo unitario del alcohol es sumamente elevado y resulta difícil conseguirlo para muy altas graduaciones Gay Lussac. Pero el uso del Etanol exige un consumo 250 % mas elevado de combustible y la misma proporción en cuanto a energía eléctrica (ver páginas n° 95 y n° 96).

Las instalaciones del proceso con Etanol son peligrosas en su manipulación y exigen determinadas instalaciones contra incendios que pueden incidir en su costo aunque no en una proporción demasiado elevada, quizá un 5 % de la inversión fija.

En cuanto a la sustitución del Etanol con Metanol o con Alcohol Isopropílico, su menor costo puede ser compen-

sado por las pérdidas por la formación de éteres u otros productos de descomposición que para su aprovechamiento posterior exigiría instalaciones especiales.

Desde el punto de vista tecnológico existen algunos problemas secundarios como la posibilidad de que en el proceso de lixiviación se produzca alguna cantidad de Sulfato ferroso que igual que el Sulfato de Aluminio es insoluble en el Etanol.

Observación: TAMBIEN COMO EN EL CASO ANTERIOR, CONVENDRIA ESTIMAR ESCALAS COMPARATIVAS A NIVEL GENERAL Y CITAR FUENTES Y/O EJEMPLOS.

Aclaración:

En el estudio sobre Cálculos de Preinversión para la Industria del Aluminio realizado por técnicos de la Naciones Unidas en Pagina 10 figuran los estudios para una serie de plantas para 60.000 T., 100.000 T., 165.000 T., y 330.000 T. para la producción de Alúmina. Hume y Milia han hecho el mismo estudio para 30.000, 68.000 y 150.000 Toneladas.

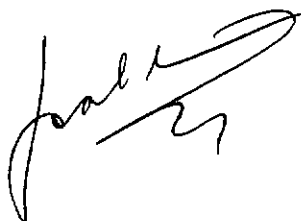
Con posterioridad a la presentación del estudio final, el 10 de Octubre de 1973, se remitió a ese Consejo Federal de Inversiones una ampliación en la que se explicaba la Metodología para la Determinación de los Costos de Capital

*[Handwritten signature]*

y de Operación según Holland, Watson y Wilkinson a primera aproximación para producciones de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 44,5 Tt., 500 Tt., y 1.000 Tt. por día de trabajo estableciéndose los respectivos costos con los que se confeccionaron las Curvas de Costos de Instalación y los Costos de producción de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  para la producción de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  por los métodos Cal-soda,  $\text{HNO}_3$ , Etanol y Sulfato Básico de Aluminio.

De acuerdo con esas informaciones todos los métodos ácidos son rentables a partir de una producción de 15.000 Tt. de Alúmina por año, sobre todo si se encara la recuperación de los pigmentos de Titanio y de Hierro.

Se adjunta copia del mencionado informe.



# JOSÉ L. MILIA

INGENIERO QUÍMICO  
INSC. CONS. ING. SANTA FE N.º 851  
INSC. CONS. PROF. CHACO N.º 108

JERÓNIMO 2959  
OFICINAS

CATAMARCA 4057  
LABORATORIO

T. E. 84573 - SANTA FE  
REPÚBLICA ARGENTINA

Santa Fé, 10 de Octubre de 1973

Señor

Secretario General del CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Licenciado ALBERTO GONZALEZ ARZAC

Alsina 1401


BUENOS AIRES.

De mi mayor consideración:

Ref.: ESTUDIO SOBRE LAS "TIERRAS ROJAS" DEL  
N.E. DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES.

No obstante haber dado terminación al estudio sobre las "Tierras Rojas" del N.E. de la Provincia de Corrientes, de acuerdo con las estipulaciones del Contrato firmado oportunamente con ese Consejo y entregado el Informe Final he continuado estudiando este problema con la colaboración de mi equipo técnico, en especial los factores que incidirían en la industrialización de ese mineral con el fin de establecer los costos reales de Instalación y de Producción de los distintos procesos que, "a primera aproximación" y de acuerdo con los resultados obtenidos al nivel ensayado, se llegó a determinar que eran factibles de ser utilizados para la producción de Alúmina, Bióxido de Titanio y Mineral de Hierro.

No se ha concretado un estudio similar para el proceso de precarburation para la obtención de Hierro maleable en lingotes y sus sub-productos, porque considero necesario disponer de una mayor experiencia en Planta Piloto que permita contar con parámetros mas ajustados para la determinación del costo de instalación. Esto no significa que se tenga





Sr. Secretario General del C.F.I.

10/10/73

Ninguna duda sobre la factibilidad de este proceso y por el contrario debe considerárselo el de mas porvenir para el futuro de las Tierras Rojas.

Todos los resultados obtenidos, que han sido llevados a los gráficos adjuntos, están basados sobre los mismos datos utilizados en el Informe Final y por lo tanto tienen un margen de seguridad sumamente amplio, no solo por haber utilizado las condiciones e insumos de trabajos mas críticos por exceso, sino también porque se previó la utilización de un mineral de muy baja calidad cuya composición figura en la Pagina n° 11 del referido informe y es muy inferior a los promedios normales. Si en su lugar se hubiese utilizado otra muestra, como por ejemplo, la n° 21, puede asegurarse que los costos de producción para la misma capacidad de planta expresado en Alúmina se reducirían en un 25 % con respecto a los que se establecieron.

Estos resultados obtenidos fueron graficados en dos figuras: la N° 1 se refiere a los costos de instalación de las plantas de Industrialización, mientras que la n° 2 se refiere a los costos de producción por Tonelada de Alúmina producida para cada capacidad.

Aunque en el contrato no estaba previsto llegar a la determinación de una información de este tipo, es indudable que representa un aporte sumamente positivo para una mejor interpretación y aplicación de los resultados consignados en el informe final y por ello he pensado que agregado al mismo lo complementaría haciéndolo mas efectivo y permitiría que ese Consejo Federal de Inversiones o la Provincia de Corrientes pudiesen tomar decisiones sobre la posterior intensificación de esta investigación o la instalación de una planta experimental a escala industrial, que sirviese de orientación para que el Estado o el Capital privado se decidan a desarrollar una industria basada en la utilización de las Tie-

f

Sr. Secretario General del C.F.I.

10/10/73

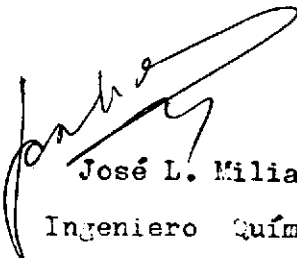
rras Rojas.

Como Ud. podrá observar de acuerdo a la escueta información adjunta, existe una cierta paridad en los costos de instalación de las plantas industrializadoras especialmente cuando la capacidad de producción es reducida.

En cambio los costos de producción (Fig. n° 2), salvo el proceso Cal-Soda, si bien difieren muy poco para pequeñas producciones, se aproximan mucho entre sí a medida que aumenta la capacidad de producción de cada uno de los tipos de plantas.

Si a vuestro juicio considerase oportuno y útil agregar un resumen de este trabajo, con la explicación del criterio utilizado y las copias correspondientes a estos gráficos al total del trabajo realizado, para una mejor información de los interesados, le agradeceré comunicármelo para remitirle las copias necesarias.

Saluda al Señor Secretario General con la mayor consideración

  
José L. Milia  
Ingeniero Químico



2 adjuntos.--

JLM/d.

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS  
DE CAPITAL Y DE OPERACION

66

Parámetros para la determinación de Costo de Capital:

1.- COSTO DE CAPITAL FIJO:

1. 1.- Equipos básicos de proceso: Reactores, Tanques, Bombas, Filtros, equipos de recuperación, etc.
1. 2.- Gastos de instalación de los equipos básicos.
1. 3.- Cañerías de proceso.
1. 4.- Aislaciones.
1. 5.- Instrumentación.
1. 6.- Servicios auxiliares: Estaciones de producción de energía, calderas, Instalaciones de acondicionamientos de agua, etc.
1. 7.- Líneas exteriores: Cañerías exteriores, soportes y postes de sustentación, para cañerías, y conductos eléctricos de distribución.
1. 8.- Terrenos y mejoras para su utilización.
1. 9.- Edificios, estructuras y caminos interiores.
1. 10.- Honorarios en concepto de ingeniería y diseño de la planta y supervisión de la instalación.
1. 11.- Pagos a subcontratistas.

2.- COSTO DE CAPITAL EN GIRO:

2. 1.- Materia prima para la puesta en marcha.
2. 2.- Existencia normal de materia prima y de productos intermedios y semiterminados.
2. 3.- Gastos de manipulación y transporte a y desde los depósitos.
2. 4.- Costo de control de existencias, depósitos, seguros vinculados, dispositivos de seguridad, etc.

*[Handwritten signature]*

2. 5.- Dinero disponible para concesión de créditos a los consumidores  
menos créditos a recibir de los proveedores.

2. 6.- Dinero para afrontar los pagos primarios al comienzo del funcionamiento de la planta.

2. 7.- Dinero disponible para emergencias.

2. 8.- Dinero efectivo disponible para la operación del proceso o de la comercialización.

3.- PARAMETROS PARA ESTABLECER EL BALANCE DE GANANCIAS Y PERDIDAS Y  
LOS COSTOS OPERATIVOS EN UN EJERCICIO COMPLETO.

3. 1.- Ventas totales en el año (Importe; Precio Unit./Kg.; % sobre ventas.)  $A_S$

3. 2.- Gastos directos de producción (Importe; Valor Unit/Kg; % s/ventas)

3. 2. 1.- Materia prima.

3. 2. 2.- Mano de obra directa

3. 2. 3.- Insumos

3. 2. 4.- Supervisión del proceso

3. 2. 5.- Costos servicios auxiliares

3. 2. 6.- Mantenimiento

3. 2. 7.- Repuestos

3. 2. 8.- Royalties y patentes.

3. 3.- Gastos indirectos de fabricación:  $A_{IME}$

3. 3. 1.- Sueldos de dirección

3. 3. 2.- Laboratorio y control de calidad

3. 3. 3.- Administración y supervisión general de planta

3. 3. 4.- Envasado y depósito

3. 3. 5.- Impuestos

3. 3. 6.- Seguros.

3. 4.- Costo total primario de fabricación

X

3. 5.- Amortización  $A_{BD}$

3. 6.+ Otros gastos

3. 6. 1.- Gastos de administración y/o generales

3. 6. 2.- Despacho y ventas

3. 6. 3.- Comercialización

3. 6. 4.- Información técnica

3. 6. 5.- Investigación y desarrollo.

3. 7.- GSTOS TOTALES  $A_{TE}$

3.7. 1.- COSTO ANUAL POR TONELADA

3. 8. UTILIDAD NETA ANUAL

4.- ORIENTACION PARA EL DESARROLO DEL ESTUDIO:

Partir de los resultados

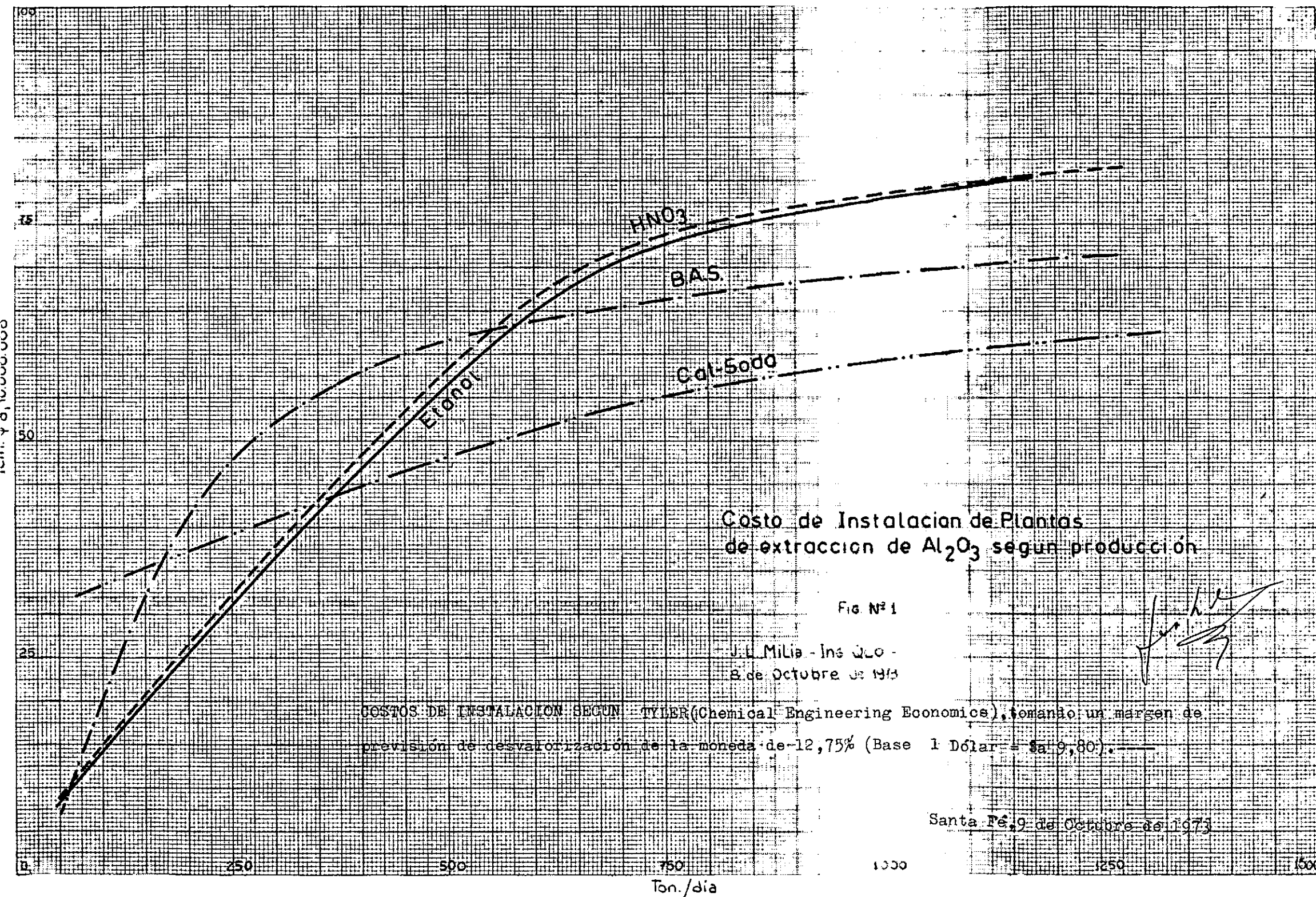
de los ensayos que figuran en el estudio de factibilidad de las Tierras Rojas del N.E. de Corrientes y cotejarlos con los obtenidos para las de Misiones, determinando los costos en función de las siguientes capacidades de producción de Alúmina: 44,5 TT/día; 500 TT/día; y 1.000 TT/día. En la determinación de los costos de instalación se tendrán en cuenta la información disponible, las cotizaciones recibidas y recurriendo a los folletos: Cost of Process Equipment y de Installed Cost of Corrosion Resistant Piping de CH.E.

5.- FORMA DE DESARROLLARLO:

Se desarrollarán por tres manos independientemente y se cotejarán y discutirán los resultados. Si hubiese diferencias de más del 15% en algún valor se requerirá información adicional.

6.- Acondicionamiento de resultados.- Se graficarán los resultados extrapolando hasta m/m 1.300 TT/día y los resultados de los costos de producción se compararán con los costos internacionales tomando como bases los declarados para ALUAR en el Decreto respectivo.





# Costos de producción de $\text{Al}_2\text{O}_3$ según volumen de producción

FIG. Nº 2

L. Milla Ing. Qco.

8 de Octubre de 1973

ESTUDIO DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LAS TIERRAS ROJAS DEL N.E. DE LA PROV. DE CORRIENTES.Variaciones de costos de producción según cambio de escala.

Costos de producción determinados s/método de Holland, Watson y Wilkinson a "Primera Aproximación"

Diferencias acertables + 5% y - 10%

Santa Fé, 10 de Octubre de 1973

 $\text{Al}_2\text{O}_3$  importada de Australia CIF Pto Madryn.

Col-Soda

 $\text{Al}_2\text{O}_3$  importada de Antillas CIF Pto MadrynEragnol  
BAS  
HNO<sub>3</sub>

Nota:.- Los precios de la Alumina importada han sido fijados de acuerdo con las condiciones existentes antes de la crisis del petróleo.

Ton/Año




feros de bajo o mediano título se encuentra actualmente en pleno desarrollo debido al agotamiento de los que contenían altos porcentajes de metal. También ha influido la escasez de carbón de piedra coquificable que no solo ha alcanzado precios elevados, sino que su abastecimiento se torna cada vez mas crítico.

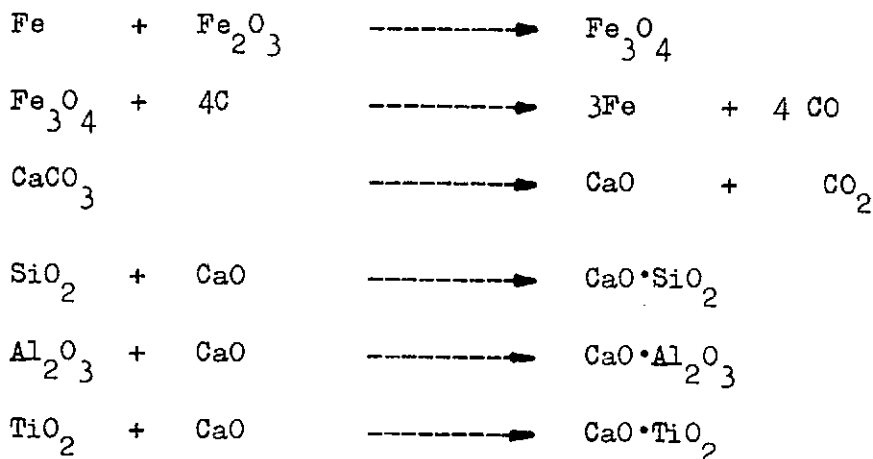
En el caso de los países en que los minerales disponibles son relativamente pobres en Hierro pero que al mismo tiempo contienen otros óxidos de valor, como los de Titanio y de Aluminio, la solución ha llegado en forma mas simple y se tiende a su separación en escorias de alto valor, ya sea como cemento o por su tratamiento posterior por procesos Hidrometalúrgicos como los antes mencionados.

Los nuevos conceptos para explotación de estos minerales de Hierro de baja Ley, se basan en la utilización de carbones baratos de madera o de lignito y fundentes adecuados para producir a su vez un escoria facilmente atacable por los ácidos.

Los óxidos férricos son reducidos por el carbón parcialmente en una primera etapa en un intercambiador u horno rotativo ~~pasándolos~~ pasando aproximadamente en un 60 % al estado de magnetita (Óxido Ferroso-férrico) y el resto pelletizándose con formación de algunos compuestos, entre ellos varios tipos de carburo de Hierro. El Carbón y el óxido que no se han combinado ~~pasan~~ pasan junto con la sílice, Alúmina, Titano magne-







Además de estas, se producen otras reacciones y intermedias y secundarias que se considera que no es necesario hacer referencia de ellas aquí.

El Carbón se agrega en una proporción equivalente al 125% necesaria estequiométricamente y tiene por objeto, además, de la reducción de los óxidos de Hierro, mantener dentro del horno rotatorio de precarburation un ambiente reductor y una temperatura adecuada de alrededor de 700°C (cercana al Rojo sombra). Esta temperatura debe ser mantenida entre  $\pm 10\%$  para evitar la producción prematura de escoria fundida que se pegaría a las paredes y perjudicaría a su vez al material refractario obstruyendo el funcionamiento del equipo.

El arco eléctrico sumergido provee el resto de carbón y eleva la temperatura hasta alrededor de 1.600-1700°C de manera que se produzca la reacción entre el carbono y los óxidos de Hierro reduciendo a estos y al mismo tiempo dando lugar a la formación de la es-




Observación: NO ES CLARA LA REFERENCIA ACERCA DE LAS EFICIENCIAS DE PLANTA. COMO SE ESTIMA EL LIMITE MINIMO? APARENTEMENTE, Y SI NO SE CITAN OTRAS FUENTES AL RESPECTO, APARECE UNA CONTRADICCION CON LA RECOMENDACION DE PAG. 74.-

Aclaración:

Las informaciones disponibles, especialmente sobre los equipos para el Proceso DORED de Stora-Koppaberg como así también de Siderurgica Belgo-Mineira S.A. en Monlevade (Brasil) y de la Sociedad Siderúrgica de Chimbote S.A. (SOCESA) en Chimbote, Perú han permitido, en la misma forma que para los procesos hidrometalúrgicos establecer plantas tipos que puede ser escaladas (scaling-up).

El límite mínimo ha sido estimado para una planta en la que la capacidad mínima ha sido la suficiente como para cubrir el costo de producción, lo que correspondería a una producción de 3 Ton./día de hierro en lingotes (1.000 Ton./año) pero la planta comienza a ser eficiente cuando el proceso alcanza a 10 Ton/día (3.500 Ton./año). Esto ya se mencionaba por Jeffry Jackson en un artículo "Steel in Latin America" publicado el 1º de Abril de 1965 en "New Scientist", en el que se hacía notar la importancia de disponer de carbón de madera

L



y de energía eléctrica barata. Al establecer estas capacidades se ha tenido en cuenta la conveniencia de llegar a una planta inicial que sirva de ejemplo para futuras instalaciones de mayor capacidad y, por supuesto, de mayor eficiencia. Sin embargo, se mantiene el criterio expresado de la conveniencia de instalar plantas medianas integradas, es decir que realicen una explotación completa de todos los productos industrialmente utilizables o producibles.

Se considera que no existe contradicción entre lo expresado en esta hoja y en la hoja n° 74. Posiblemente no se ha conseguido expresar claramente los resultados; la información disponible es lo suficientemente amplia. Lo que puede hacer falta, dentro de ciertos límites, es contar con una planta inicial de adaptación del proceso a las condiciones existentes.



[Rojas y solo se conocían los ensayos realizados en Australia por el Dr. T. R. Scott y los realizados por investigadores argentinos en el país.]


Las experiencias realizadas en laboratorio y en pequeña planta piloto, confirman los resultados de investigaciones extranjeras sobre minerales de calidades similares y en algunos casos inferiores. Por esto debe considerarse que existen indudables e indiscutibles posibilidades de llegar a la explotación de las Tierras Rojas en forma industrial para lo que se cuenta con una parte importante de la infraestructura necesaria. Lo que corresponde es profundizar la información disponible para determinar los productos a obtener y establecer el volumen de los mismos que se deberá producir inicialmente.

## 2.- PLAN DE EXPLORACION

### 2.1.- Zonas factibles de ser exploradas y explotadas:

De acuerdo con lo establecido en el contrato firmado oportunamente, correspondía explorar una zona que estaba ubicada entre los esteros del río Aguapey, el río Paraná, el límite con la prov. de Misiones y el río Uruguay hasta las inmediaciones de la ciudad de Santo Tomé.

Los trabajos se realizaron utilizando los equipos de



Observación: CUANDO SE MENCIONAN LAS MUESTRAS DESECHADAS Y NO REPRESENTATIVAS, NO SE ACLARA SI SE HAN TOMADO EN CUENTA PARA LA ESTIMACION DE RESERVAS EN DICHAS AREAS.-

Aclaración:

En todos los casos las muestras desechadas y no representativas, no se tomaron en cuenta para la estimación de reservas.

En determinados casos estas muestra establecieron la zona límite de explotación y cuando se encontraron dentro de zonas consideradas explotables se dedujo la superficie que ocupaban.



[derecha a la típica Tierra Roja de alto valor (Pag. 81). Puede afir-  
marse que el color de la muestra secada al aire, como son las de esta fo-  
tografía, adelantan una valoración sobre la calidad y posibilidades de  
utilización.

Sobre un total de 529 muestras extraídas hasta algo al Sur  
de Santo Tomé, se desecharon 72 muestras por tratarse de arenas ferrugi-  
nosas sin valor; 92 muestras correspondían a rocas en descomposición  
primaria como las de las fotografías n.º 17 y n.º 18. Del total restante  
se debieron desechar por insuficiente espesor de manto y principalmen-  
te por estar constituidas por roca muy fraccionada pero que no tenían  
aplicación para los fines previstos 69 muestras, con lo que quedaron ú-  
tiles 296, sobre las que se hicieron los ensayos.

En las experiencias de laboratorio y pequeña escala piloto  
se utilizaron seis bolsas extraídas de distintos lugares.

Con respecto a las no representativas, como puede observar-  
se en los planos adjuntos al Segundo Informe, puede ubicárselas general-  
mente en terrenos bajos y excepcionalmente en algunas cimas correspon-  
dientes a altas cotas. En este caso se trata de rocas disgregadas sin  
material plástico (arcillas) que las ligue.

2. 2.- Ubicación de las zonas prioritarias de exploración y explotación:

Es indudable

L



Observación: EN EL TEXTO NO SE MENCIONA SI LAS CARACTERÍSTICAS DEL  
CORRESPONDEN CON LOS ENSAYOS DE PLANTA PILOTO EFECTUADOS,  
NI RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS DE EXPLORACIÓN.-

Aclaración:

Los procesos ensayados a pequeña escala piloto, tienen una latitud suficientemente amplia en cuanto a la ley de los óxidos que integran el mineral. Como se ha mencionado en el informe, se optó por utilizar una muestra tipo (Página ~~11~~ 11) de manera que se pudiesen comparar los resultados.

Se sugirió como explotación prioritaria una zona aledaña a Curuzú (o Pueblo Liebig) teniendo en cuenta la calidad del mineral y la existencia de una infraestructura mínima suficiente como para desarrollar la explotación del mineral y su posterior industrialización. No obstante la certeza de la existencia de un yacimiento adecuado para ser explotado por los resultados de los análisis realizados, es esencial la realización de una exploración intensiva del yacimiento para conocer con mayor exactitud los espesores del manto. Se considera que por la génesis del yacimiento, no existirán mayores diferencias en cuanto a




la composición centesimal pero permitirá establecer las condiciones mas adecuadas para la ubicación de la planta industrializadora.

La exploración del yacimiento comprendería la realización de 600 perforaciones (9 perforaciones por Kilómetro cuadrado) a profundidades hasta 9 metros con separación de muestras cada 3 metros sobre las que se realizarían los análisis para la determinación de la composición en Sílice ( $\text{SiO}_2$ ), Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Dióxido de Titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y Oxidos de Hierro (Expresados en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Se determinaría la cantidad de material separado magneticamente y su composición. Finalmente podrían realizarse en una planta diseñada especialmente nuevos ensayos a escala piloto, es decir mayores que los realizados en este trabajo, con el fin de establecer los parámetros básicos para el diseño de una planta definitiva.

El trabajo realizado alcanza mucho mas que una primera aproximación y el trabajo mencionado en el párrafo anterior ya debería considerarse un estudio básico definitivo para una posterior instalación de una planta industrializadora.

El plazo de realización de ese programa sería ,





siempre referido a la zona en las inmediaciones de Curuzú,

el siguiente:

	Días hábiles
Perforación pozos y toma de muestras	40
Análisis de las muestras	60
Confección mapas de ubicación y perfiles	40
Redacción informe	20
Total	<u>160</u>

Realización ensayos escala piloto:

Diseño de la planta piloto	90
Montaje de la planta piloto	90
Puesta en marcha de la Planta Piloto	30
Ensayos varios en la planta piloto	<u>180</u>
Total	<u>390</u>

Debe tenerse en cuenta que la Planta Piloto ,realizada a la escala mínima prevista cubriría los gastos de funcionamiento o podría ser destinada posteriormente a la industrialización de Titanomagnetita para la producción de Dióxido de Titanio y Pigmentos de Hierros del Rojo al ~~Par-~~do negro, con elevada rentabilidad aún a una producción tan reducida.

En base a la realización de un trabajo de esta naturaleza podrían intensificarse las informaciones sobre

las otras zonas mencionadas en la Página n.º 25 y a otras a ubicar de acuerdo con la calidad obtenida en este trabajo.

No se ha previsto el plazo que llevaría la adquisición de la planta piloto.

El personal para la realización de estos trabajos estaría indicado por las necesidades de las tareas a cumplir y el funcionamiento de la planta permitiría formar el necesario para su funcionamiento con habitantes de la zona.

Esta aclaración responde a la Observación de Página 86.



Observación: NO SE ACLARA, LO CUAL SE ENTIENDE CONVENIENTE, LAS POSIBILIDADES DE LAS OTRAS TRES AREAS CITADAS COMO INTERESANTES, AL NO ESPECIFICARSE SI SON POSIBILIDADES MINERALES, INFRAESTRUCTURALES, ETC.

Aclaración:

Desde el punto de vista de la calidad del mineral, las otras tres zonas citadas, son tan valiosas como la de Curuzú, pero esta dispone de mayores facilidades y la cercanía de lugares de aprovisionamiento de materiales y accesorios, se encuentra cerca de camino pavimentado y de ferrocarril.

Se entiende que una planta inicial debe contar con el mayor número de facilidades para su operación. Su funcionamiento creará poco a poco las condiciones de infraestructura necesarias para el desarrollo de las otras zonas.



Observación: COMO SE LLEGA A LAS CIFRAS MENCIONADAS COMO LIMITE MI-

NIMO APARENTE DE PRODUCCION ECONOMICA?

CITAR FUENTE Y, DE EXISTIR, DATOS DE PROYECCION DE DEMANDA

A NIVEL GENERAL.

SERIA CONVENIENTE, EN TODO CASO, LA RELACION DEL PROYECTO DE

PREFACTIBILIDAD CON EL PLAN DE "ALUAR" Y SUS IMCOMPATIBILI-

DADES EVENTUALES.

Aclaración:


En la aclaración a la página 64 se ha dado una explicación en lo que se refiere a las cifras mencionadas como límite mínimo aparente de producción económica.

La fuente principal de información sobre la demanda de los distintos productos son las obtenidas en la Dirección Nacional de Estadísticas y Censos. A ello se ha agregado la consulta a los principales fabricantes que los utilizan y así se completó la información disponible, que es la siguiente:

C O N S U M O Ton.			
	IMPORTACION	PRODUCCION NACIONAL	TOTAL
Alúmina }	6.500	26.000(x)	32.500
Bauxita }	12.000		
Bióxido de Titanio	14.500	-----	14.500
Ocres y Pigm. de Hierro	500	16.000	16.500

Estas cifras son mínimas. Por ejemplo, en el caso de la alúmina y la Bauxita, debe consignarse que los fabricantes de materiales refractarios y cerámicos están recurriendo a otros de inferior calidad ante la imposibilidad de adquirir los adecuados para sus procesos de fabricación. El Bióxido de Titanio ha alcanzado ultimamente precios elevados (hasta 75.000 pesos Ley la Tonelada) debido a su escasez y a la multiplicación de sus aplicaciones. El Rojo Inglés se produce en base a métodos rudimentarios y su costo se ha elevado enormemente hasta superar \$a 7.000.-. Con todo, este precio es inferior al precio internacional, que para el Rojo Málaga es de u\$s 9000.- (\$a 9.000.-), por lo que existe la posibilidad de poder exportarlo.

En lo que se refiere a la relación de la producción de Alúmina con respecto al proyecto de planta de Aluminio de ALUAR debe tenerse en cuenta que esta empresa está obligada de acuerdo con el Decreto de radicación a adquirir por lo menos 50.000 Toneladas anuales de óxido apto para ser tratado en las celdas de electrólisis. A esto debe agregarse que de acuerdo con la Ley "COMPRE ARGENTINO" debe dar preferencia a la producción nacional. Agréguese que, co-



mo consecuencia de la crisis petrolera reciente, no solo se presentarán dificultades para la obtención de barcos ~~para~~ para traer Alúmina desde Australia, sino que los fletes aumentarán en alrededor del 75 % con respecto al corriente en Junio de 1973. Esto significa que el costo puesto Puerto Argentino subirá apreciablemente, quedando la producción argentina en excepcionales condiciones para aprovisionar a dicha planta.



[Observación: DE ACUERDO AL VOLUMEN CITADO DE RESERVAS, NO QUEDA CLARO

LA LIMITACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PLANTAS PROCESADORAS, DE ACUERDO A LA ASEVERACIÓN DE QUE SOLO DEBEN ESTAR RESTRINGIDAS A EXPLOTACIONES DE MEDIANO A REDUCIDO RANGO. DEBERIAN CONSIGNARSE LAS RAZONES TECNICO-ECONOMICAS QUE IMPOSIBILITARIAN EL TRATAMIENTO A MAYOR ESCALA.

Aclaración:

La falta de claridad en el texto del Informe Final ha dado lugar a una interpretación equivocada en lo que se refiere a establecer el volumen óptimo de las plantas industrializadoras de las Tierras Rojas.

Si bien es cierto que existe una tendencia mundial por razones de organización y estrategia a establecer plantas industriales de mediano e incluso pequeño tamaño, especialmente en zonas de fronteras, no existe ningún inconveniente en multiplicar la capacidad de las que se instalen.

En el caso del N.E. de la Provincia de Corrientes existen otros factores que aconsejan la limitación inicial del tamaño de las plantas procesadoras como consecuencia de lo limitado de la infraestructura existente. Es indudable que las que se instalen a escala limitada, tendrán la posibilidad de

[  
X  
]

ampliar su capacidad aprovechando la experiencia adquirida y la posibilidad de una autocapitalización o de créditos especiales como consecuencia de una operación satisfactoria.

Para el Estado resultará mucho mas fácil conceder créditos para medianas empresas que para una sola de enorme tamaño. En realidad no se ha considerado que haya imposibilidad en el tratamiento a gran escala por razones tecnico-económicas.





Observación: CORREGIR REDACCION Y ACLARAR MAS EN DETALLE LA UBICACION

POSIBLE DE PLANTA EN SAN CARLOS.

CUALES SERIAN LOS FACTORES QUE INCIDIRIAN COMPARATIVAMENTE  
EN MAYOR FORMA EN LA INVERSION PRIMARIA Y SU POSTERIOR REN-  
TABILIDAD?

Aclaración:

Corrección de la redacción: En términos generales puede establecerse que la ubicación puede estar en el lugar mencionado inicialmente en las inmediaciones de Curuzú para una planta de industrialización directa de la Tierra Roja para la obtención de Alúmina, pero en el caso de utilizar procesos pirometalúrgicos para llegar inicialmente a la producción de Hierro metálico y de la escoria obtener los otros productos, entonces la ubicación mas adecuada estaría en las inmediaciones de San Carlos que es la zona de mayor contenido en óxidos de Hierro.

En este tipo de procesos la incidencia principal en la inversión primaria ( costos de inversión) radica indudablemente en los equipos en conjunto ya que el proceso en sí es cíclico y cada etapa es dependiente pero si en algo pueden influir en la rentabilidad de la industria las de trata-



Observación: ACLARAR MAS EN DETALLE LA UBICACIÓN POSIBLE DE LA PLANTA  
DE SAN CARLOS.

Aclaración:

En dirección NNE desde San Carlos puede ubicarse un rombo limitado por dos líneas que pasan por los pozos n° 61 y 62 en su límite Norte y n° 56 y n° 64 en la parte Sur. La línea superior tiene una extensión aproximada de 3,5 a 4 Kms hasta el límite con la Provincia de Misiones y ~~la~~ Sur se extiende a lo largo de 6 Kilómetros desde el mismo límite. La distancia entre ambas líneas es de 3 Kilómetros y la superficie del yacimiento sería aproximadamente de 15 Kilómetros cuadrados, con un espesor de manto promedio de por lo menos 4 metros.

Esto equivale a una reserva de 60 millones de Toneladas de mineral o 12.000.000 de Toneladas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

La planta correspondería ubicarla al Norte de San Carlos en la zona ocupada por la Estancia Vieja de San Carlos. Podría ser una planta dedicada a la producción de hierro en lingotes y completarla con la producción de aceros especiales.



Observaciones. -CORRESPONDERÍA CITAR FUENTES SOBRE LAS INVERSIONES

PROPUESTAS Y CAPACIDADES MINIMAS DE PLANTA.

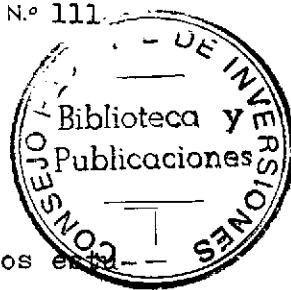
NO SE CITAN FUENTES NI UNIDADES DE MONEDA-AÑO.

Aclaración:

Esta observación ha sido aclarada ya en la correspondiente a Pag. n° 70 y en la aclaración adjunta a la n° 74.

En la aclaración a Página 24 ya se mencionó que, salvo en los casos en que se hace mención especial a una moneda determinada, siempre se refiere a Pesos Ley 18.188. En cuanto a la fecha de los valores tomados corresponde a Junio de 1973-

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'José L. Milia', written in a cursive style.



Luego de completado este trabajo, se continuaron los estudios de laboratorio que han confirmado resultados similares obtenidos en algunas muestras de Tierras Rojas de la Provincia de Misiones.

En muestras de zonas donde el contenido en  $Al_2O_3$  supera el 21 % (muestras n.º 65, N.º 74, N.º 83 y otros) se han detectado en reacciones cualitativas la presencia de Hafnio y posiblemente de Zirconio, lo que significa la posibilidad de obtener otros productos de muy elevado valor.

La presencia de estos elementos es características de las Bauxitas, Lateritas y ciertas arcillas plásticas por lo que sería conveniente contemplar la posibilidad de incluir su investigación en cualquier estudio analítico que se realice.

A handwritten signature in dark ink, appearing to be "José L. Milia", written over a horizontal line.

M E R C A D O

Observación: COMO SE LLEGA AL DIMENSIONAMIENTO MINIMO DE LA PLANTA DE  
ALUMINA ( 15.000 Ton./año)?  
Y EL DE LA DE 12.000 Ton./año?

## ACLARACION:

En la aclaración a la Hoja n° 70 se estableció el límite mínimo de 1.000 Ton./año para Hierro en lingotes en el que sal varían los costos de producción y los costos fijos y en 3.500 Ton./año para una planta que comienza a ser rentable. Al fijar un límite de 12.000 Toneladas/año se previó que la empre sa sería altamente rentable y al mismo tiempo sería una base tanto para la producción de aceros especiales como para la instalación de otras plantas manufactureras, en especial de laminación..

El mismo criterio se adoptó para la planta de Alúmi na pues con una producción de 15.000 Toneladas/año podría en cararse en forma firme la provisión a los industriales del país que requieren esa materia prima o producir subproductos como el Sulfato de Aluminio hidratado con 14, 16 o 18 moléculas de agua utilizado por Obras Sanitarias de la Nación y por la industria textil.

M E R C A D O (continuación)

Se considera que no existe contradicción con lo mencionado como estimaciones mínimas ya que en este caso se ha tratado de plantear la posibilidad de empresas altamente rentables y de sólido afincamiento, evitando los problemas que se presentan comunmente en la explotación minera. En es te caso se ha contemplado basicamente la colocación de la pro ducción dentro del país, quedando como una posibilidad la realización de exportaciones de productos no tradicionales.



MERCADO (continuación)

Observación: MAYOR DESAGREGACION Y ACLARACION DE LAS UNIDADES FISICAS Y MONETARIAS EN LA PLANTA POR TRATAMIENTO ACIDO. EXPLICACION DE LA HIPOTESIS Y FUENTES DE INFORMACION.

## Aclaración:

En lo que se refiere a los costos de instalación de las plantas de tratamiento ácido las unidades monetarias han sido expresadas en Pesos Ley 18.188. En cuanto a las unidades físicas deberá tomarse como base "LA METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LOS COSTOS DE CAPITAL Y DE OPERACION" que fueron enviados a la Secretaria del C.F.I con fecha 10 de Octubre de 1973 y de los que se adjunta copia a las aclaraciones a la Hoja n° 64.

La fuente de información para los costos de capital fueron los ya mencionados Reports of Investigation del Bureau of Mines, información directa de fabricantes de equipos, estudios privados de Hume y Milia obrantes en el expediente 70.308/63 (Sec. de Industria y Comercio) y los diseños para anteproyecto preparados para este estudio.

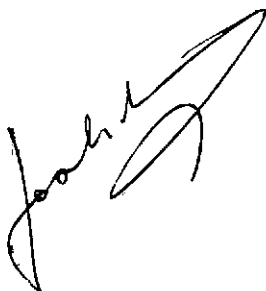
En lo que se refiere a los costos operativos, las unidades están expresadas en cantidad por año y sus importes



M E R C A D O (continuación)

también están expresados en Pesos Ley 18.188.

A los efectos de la determinación de los costos operativos, sobre la base de la planta diseñada al efecto se completaron los modelos teniendo en cuenta la materia prima utilizable, los insumos y la mano de obra. Los valores obtenidos fueron comparados con los establecidos por las Naciones Unidas en sus "Estudios Económicos de la Industria (Pre-Investment Data for the Aluminium Industry)" y los existentes en el expediente 70.308/63 antes mencionado, cotejándolos con los obtenidos en los ensayos a pequeña escala piloto que figuran en el informe.





M E R C A D O (continuación)

Observación: FUENTE DE INFORMACION SOBRE COSTOS DE ADMINISTRACION Y  
COMERCIALIZACION POR TONELADA (Puntos 3, 4.-; Hoja N.º 93).

## Aclaración:

De la misma manera que para los costos de capital, en lo que se refiere a los costos de administración y comercialización se realizaron modelos tipos basados en información recibida de empresas que actúan en la comercialización de estos productos, en los estudios realizados por Hume y Milia en los "Parámetros para establecer el balance de Ganancias y Pérdidas y los Costos Operativos en un Ejercicio Completo" que se agregó a la ampliación enviada a ese C.F.I. el 10 de Octubre de 1973.

Es importante tener en cuenta que para la confección de los gráficos adjuntos a esa ampliación se realizaron las determinaciones de Costos de Capital y de Operación para diferentes volúmenes de producción anual ajustados a los costos de los insumos en la República Argentina.



M E R C A D O (continuación)

Observación: EN GENERAL, AMPLIACION DE LA INFORMACION Y EXPLICITACION  
DE LAS HIPOTESIS PARA TODOS LOS PROCESOS.

Aclaración:

Del estudio realizado pueden extraerse las siguientes conclusiones adicionales a las mencionadas en Hoja n° 109:

1.- Se ha tratado de limitar en el Informe Final las opiniones sobre factibilidad de la explotación de las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes, manteniendo un criterio restrictivamente conservador, es decir colocándose en las condiciones mas desfavorables. Pero de los resultados obtenidos debe deducirse que es imperativo para la economía argentina y, en especial, para la de la Provincia encarar en el mas breve plazo posible la industrialización de ese potencial minero. Esto se ha acentuado con posterioridad a la presentación del Informe Final por la crisis de la energía y especialmente de los combustibles que ha de incidir en los precios de venta. Teniendo en cuenta que los productos que se pueden obtener de esas Tierras son insumos básicos para muchas industrias es fácil deducir que importándolos, las incidencias encadenadas en los costos afectarán gra-

X

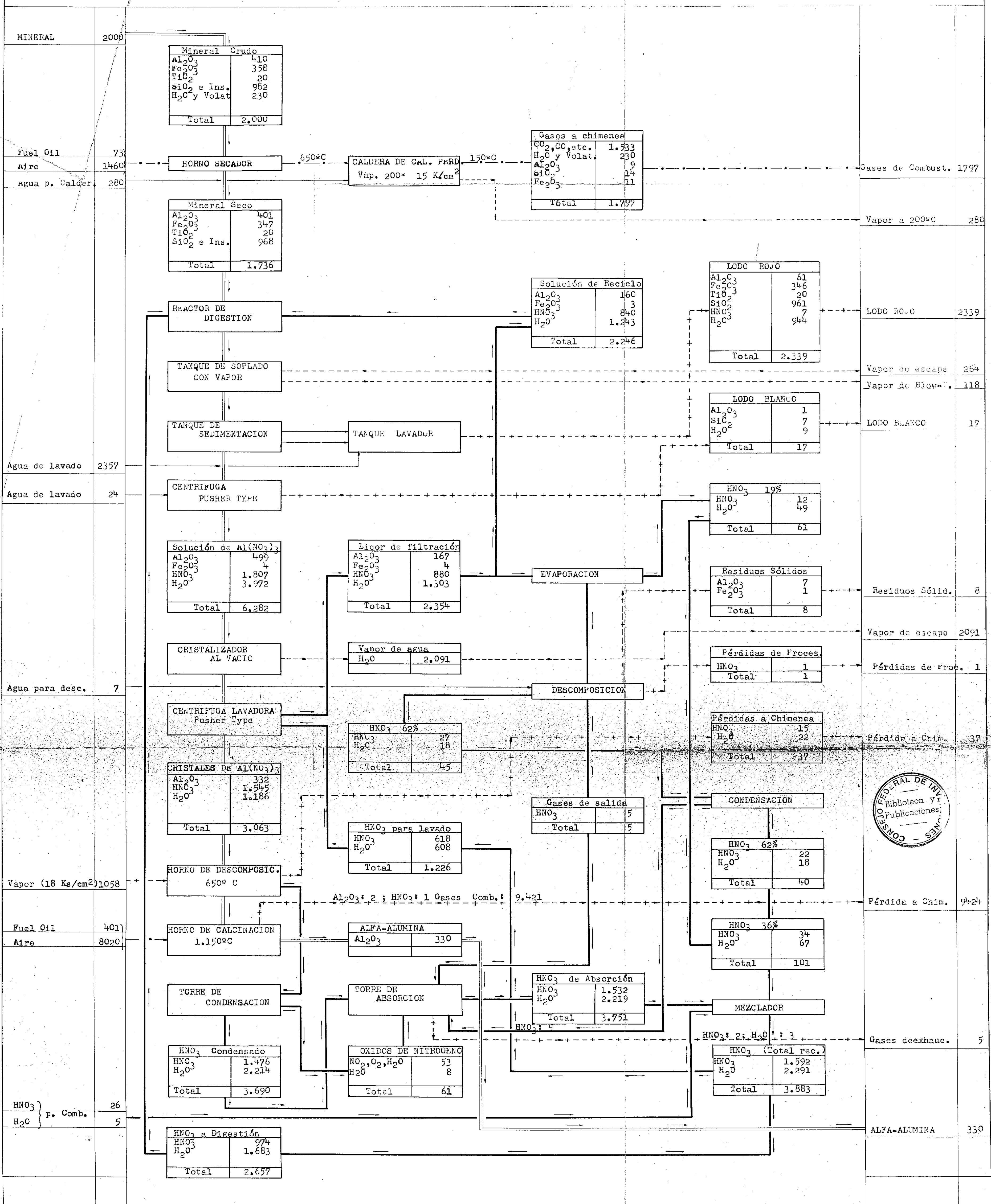


Fig. No12.- Balance de Materiales del Proceso al HNO<sub>3</sub>

M E R C A D O (continuación)

vemente la economía del país. Inclusive es posible que como consecuencia de esa crisis petrolera puedan verse afectados los abastecimientos.

2.- Dejando de lado los procesos básicos como el Cal-soda que además de ser antieconómico tropezaría con la dificultad en el abastecimiento de soda, los procesos ácidos se adaptan perfectamente al mineral disponible.

Se ha dado preferencia en el tratamiento directo al Proceso con ácido sulfúrico y etapa intermedia de Sulfato básico de Aluminio por ser indudablemente el más económico en su operación y su ductilidad en cuanto a la producción. Al mismo tiempo presenta ventajas importantes en lo que se refiere a su balance térmico y es el que mayor extracción de Alúmina obtiene. Ofrece las perspectivas de una automatización completa que una vez realizada permitiría una reducción en los costos. Los insumos que se utilizan se producen totalmente en el país y sus productos determinarían la instalación de otras industrias derivadas en sus inmediaciones.

X El Proceso con ácido Sulfúrico y purificación con

M E R C A D O (continuación)

Etanol aunque muy simple presenta la dificultad que el producto intermedio es un Sulfato de Aluminio con 14 o mas moléculas de hidratación que exige un consumo adicional de combustible para su eliminación y creando problemas por su fusión inicial. El Etanol necesario para compensar las pérdidas de proceso tiene un costo muy elevado y exige la preoxidación del Sulfato ferroso.

El tratamiento con ácido nítrico, si bien simple en el proceso en sí, requiere practicamente las mismas instalaciones, pero resulta peligroso y es de difícil regulación por variación de las reacciones paralelamente al contenido en óxidos.

El proceso pirometalúrgico integrado es lo mas adecuado pues además de separar inicialmente el material magnético de Titanio, produce el Hierro en lingotes sin pasar por la etapa de arrabio y finalmente de la escoria se puede obtener cemento de escorias de buena calidad o tratarla con ácido sulfúrico para llegar a la Alumina .

Tal como se ha expresado en el Informe Final, en las condiciones actuales cabe elegir entre el proceso con ácido



M E R C A D O (continuación)

sulfúrico con etapa intermedia de Sulfato Básico de Aluminio, el Proceso Pirometalúrgico para la obtención de Hierro metálico y su complementación inicial o posterior. Este último conviene tomarlo como etapa inicial en aquellas zonas donde el contenido en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  es superior a 22 %.

Planteadas estas hipótesis su selección debe basarse en las disponibilidades de inversión en activo fijo y el balance de los productos, debiendo optarse en este último caso por la producción mas interesante para la economía del país y su importancia estratégica lo que está representado por los óxidos de Aluminio y de Titanio.

Es posible agregar finalmente que las planta de tratamiento ácido con etapa intermedia de BAS son aptas para el tratamiento directo de minerales con alto contenido en Titanio de los que existen varios placeres en la Provincia.

Si se agrega la posibilidad de aprovechar hidroelectricamente el río Aguapey, a pesar de su reducida potencia, significaría una solución que permitiría afirmar la instalación de un complejo industrial altamente tecnificado en el orden de la mediana industria.



**JOSÉ L. MILIA**

INGENIERO QUÍMICO  
INSC. CONS. ING. SANTA FE N.º 851  
INSC. CONS. PROF. CHACO N.º 168

SAN JERÓNIMO 2959  
OFICINAS

CATAMARCA 4057  
LABORATORIO

T. E. 34578 - SANTA FE  
REPÚBLICA ARGENTINA

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO SOBRE LAS TIERRAS ROJAS

Del Noreste de la

Provincia de CORRIENTES

Aclaraciones a las Observaciones al Informe Final

Marzo de 1974

13022

JOSÉ L. MILIA

INGENIERO QUÍMICO  
INSC. CONS. ING. SANTA FE N.º 851  
INSC. CONS. PROF. CHACO N.º 183



N JERÓNIMO 2959

T. E. 84578 - SANTA FE  
REPÚBLICA ARGENTINA

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO SOBRE LAS TIERRAS ROJAS

Del Noreste de la Provincia

de

CORRIENTES

Observaciones a las Aclaraciones del Informe Final

0  
H.2222  
M19e  
IV (apexar)

Marzo de 1974

A large, stylized handwritten signature in dark ink, slanted upwards to the right.



JOSÉ L. MILIA

INGENIERO QUÍMICO

Hoja N.º

Observaciones del  
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

tos óxidos y metales por nuevos productos originados en el adelanto constante de la tecnología como ser plásticos, productos vítreos, materiales cerámicos, aglomerantes, etc. pero se prefirió no tener en cuenta este factor.--

En este aspecto, y por ahora, la tendencia a la substitución afecta casi exclusivamente al Hierro y es indudable que se irá acentuando en la medida que se agoten los yacimientos de minerales y combustibles o se haga mas costosa su extracción.

Con el fin de establecer matematicamente las proyecciones futuras del consumo - y por ende las necesidades del abastecimiento- en los próximos años, se tomó como base del crecimiento del consumo una tasa I del 3% que se ajusta al crecimiento de la producción interna en la República Argentina en los últimos años y que es superior al crecimiento vegetativo. Pero, aunque el índice o tasa de crecimiento del consumo I aumentase, es indudable que en el futuro un conocimiento mas profundo de las necesidades mundiales a largo plazo obligará a hacer en forma sumamente organizada la recuperación de chatarra de los distintos metales.

Una idea de la importancia de este problema es que el gran proveedor de chatarra en el Mundo - los EE. UU. - acaban de establecer regulaciones para su venta y sobre todo para su exportación.

El cálculo del consumo para los próximos 200 años se realizó partiendo de la base del Aluminio primario en lingotes importado en el año 1972 que alcanzó en cifras redondas a un volumen real de 50.000 Toneladas, aplicando la fór-



mula clásica utilizada por Vaillard<sup>(1)</sup> y también por Torrealba<sup>(2)</sup> y otros, -que es una variante de la usada corrientemente para establecer la Capitalización a Interés Compuesto<sup>(3)</sup>:

$C_{tn}$  = Sumatoria de los consumos anuales en "n" años =

$$= \sum_{n=0}^{n=200} C_0 \left( 1 + \frac{I}{100} \right)^n$$

siendo:

$C_0$  = Consumo inicial de Aluminio

I = Tasa del crecimiento del consumo anual

n = Número de años a calcular el consumo

Realizando estas operaciones obtenemos que para los próximos 200 años, el consumo a partir de nuestros días, será de 600.000.000 de Toneladas de Aluminio metálico.- Si se tiene en cuenta que para producir 1 Tonelada de Aluminio se necesitan 2 Toneladas de Alúmina, el consumo de ésta será de un mil doscientos millones de toneladas (1.200.000.000) para lo cual se necesitarán 6.000.000.000 de Toneladas de Tierras Rojas.- Para este último cálculo se consideró que las Tierras Rojas contienen 20 % de Alúmina.-

Las reservas del yacimiento de la zona (a), de acuerdo con el segundo informe (2. 1. 5.- "Reservas Metálicas") están representadas por:

$$1.900 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 3,5 \text{ m (esp. manto)} \times 1,9 \text{ (d)} =$$

6.650.000.000 T.

menos previsión por posibles fallas de

calidad de los mantos (15 %)

997.500.000 T.

Reserva neta de Tierra Roja

5.652.500.000 T.

Es decir que estas reservas alcanzarán prácticamente para satisfacer el consumo de Aluminio y Alúmina en los próximos

200 años.--Teniendo en cuenta que, como se dijo anteriormente, para satisfacer el mismo se tendrán que procesar ///// 6.000.000.000 de Toneladas de Tierras Rojas.-- Cabe agregar que el cálculo de las reservas se realizó exclusivamente con aquellas Tierras Rojas consideradas de fácil extracción, como son las de la zona (a), previendo que para los próximos años los adelantos en los métodos de extracción y obtención de Alúmina serán perfeccionados, consideramos que también se podrán utilizar las Tierras Rojas de las zonas (b) y (c), consideradas actualmente de difícil extracción.--

Pero si la tasa de crecimiento de consumo fuese del 4 % anual el problema se haría mucho mas delicado y solo un aprovechamiento integral de todas las zonas podrían satisfacer el consumo previsto.--

Cabe acotar, ante el panorama abrumador de estas cifras, que la extracción de esas Tierras Rojas no significaría su anulación para la futura explotación agrícola ya que los residuos de extracción volverían al lugar de origen y serían cubiertos con el destape de la tierra vegetal reservada previamente, la cual no tiene ninguna aplicación industrial.--

- 
- (1).-- GEORGES VAILLARD.-- Reserves minerales a l'Europe Occidental  
J. Servant et Fils, Editeurs. París, 1966.--Pág. 104.--
- (2).-- JOSE Ma. de TORREALBA.-- El Futuro de la Metalurgia.-- Ediciones  
C. Cánaves, Barcelona.-- 1958, pág. 26.--
- (3) HUTTE.-- Manual del Ingeniero.-- Ediciones Gustavo Gili, Buenos  
Aires.-- Tomo I, pág. 63.--

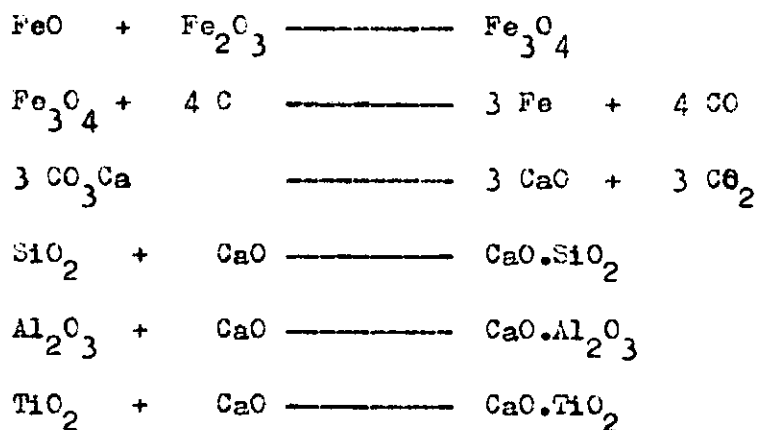


Se pregunta: NO SE MENCIONAN LAS CANTIDADES DE COMBUSTIBLES UTILIZADAS.-

Aclaración.- En las páginas 14 y 15 del Informe Final donde se describen los ensayos pirometalúrgicos no se mencionan las cantidades de combustibles utilizadas debido a que las mismas no servirían para realizar el cambio de escala correspondiente a una planta industrial dado que al tratarse simplemente de un ensayo de laboratorio, se busca demostrar la factibilidad del proceso y no su economía.-

En cambio en las páginas 71 y 72, donde se encuentran el balance de materiales y el flow-sheet de este proceso, se han establecido los insumos de combustibles teniendo en cuenta los rendimientos reales en planta de acuerdo a la bibliografía especializada (PERRY, HUTTE, DUBBEL, etc.) y la información suministrada por los fabricantes de los equipos adecuados a este tipo de proceso (Sueco-Noruegos: STORA-KOPPARBERG; norteamericanos: UNITED STEEL, EXXON; mexicanos: HIERRO Y HOJALATA).-






Además de éstas, se producen otras reacciones intermedias y secundarias que se consideran que no es necesario hacer referencia de ellas aquí.-

El Carbón se agrega en una proporción equivalente al 125 % necesario estequiométricamente y tiene por objeto, además de la reducción de los óxidos de Hierro, mantener dentro del horno rotatorio de precarburation un ambiente reductor y una temperatura adecuada de alrededor de 700°C (cerca al rojo sombra).- Esta temperatura debe ser mantenida entre  $\pm 10$  º para evitar la producción prematura de escorias fundidas que se pegarían a las paredes y perjudicaría a su vez al material refractario obstruyendo el funcionamiento del equipo.-

El arco eléctrico sumergido provee el resto del carbón y eleva la temperatura hasta alrededor de 1.600 - 1.700°C de manera que se produzca la reacción entre el carbono y los óxidos de Hierro reduciendo a estos.- El agregado de LOD (Óxígeno Básico (?)) permite una regulación del proceso en cuanto a su contenido en carbono, carburos, etc., dando lugar al mismo tiempo a la formación de escorias.-



Observaciones del Ministerio de  
AGRICULTURA, GANADERIA E INDUSTRIA  
DIRECCION D. INDUSTRIA  
Departamento de Minería  
Corrientes

Se pregunta: LA ACLARACION DE COSTOS IMPLICA UN DESGLOSE DE LOS DISTINTOS ÍTEM'S QUE LO COMPONEN, COSA QUE NO SE CONTESTA EN LA PREGUNTA.-

Aclaración..- Los costos se desglosan según los siguientes ítems:

a.- Energía	sa	0,003
b.- Insumos	sa	0,004
c.- Mano de obra	sa	0,003
d.- Amortizaciones	sa	0,010

En el caso de usar Calgón (Hexametáfosfato de sodio) los costos operativos aumentan debido al mayor costo de los equipos adicionales para la eliminación de los fosfatos.

Los ítems son entonces:

a.- Energía	sa	0,003
b.- Insumos	sa	0,005
c.- Mano de obra	sa	0,003
d.- Amortizaciones	sa	0,090

Las amortizaciones, de acuerdo a los equipos utilizados, a su financiación, etc., pueden variar entre la 0,080 a la 0,120.

Estos datos se obtuvieron en función de la información técnica, ajustándose la misma a las estrictas condiciones existentes en el momento para combatir la polución.

Se pregunta: REFERENTE A LA SEGUNDA PARTE DE LA OBSERVACION SE CITAN COMO SUSTITUTOS DEL CALGON UNA SERIE DE DROGAS, PERO NO SE EXPLICA EN QUE PROPORCION ACTUAN ESTAS, CON QUE pH, NI TAMPOCO SI DEBEN SER ACOMPARADAS POR UN EFECTO PRECIPITICO.-

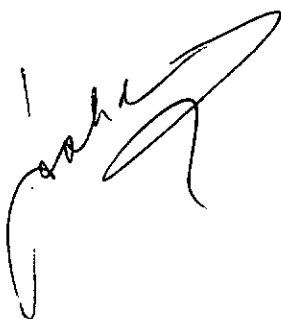
Aclaración..- En los estudios realizados con las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes, para su concentración en Hierro, se usó solamente el Calgón dado los antecedentes existentes.- Los mismos indican que por tratarse de Tierras Rojas formadas por compuestos sílico-



alumínicos, el efecto de separación de los óxidos de Hierro es poco factible porque la alúmina, aluminatos y sílico-aluminatos flotarían juntamente con los óxidos de Hierro.-

No se realizaron los ensayos con los sustitutivos mencionados en la hoja N.º 20 de las Aclaraciones al Informe Final por considerar a priori que el objeto de este estudio ha sido un trabajo a primera aproximación.-

Por otra parte, los reactivos antes nombrados (ácido oleico, ácidos grasos y sus jabones) se comportan en forma similar al Calgón. Con los restantes (soluciones ácidas de alcoholes grasos sulfonados e hidrocarburos minerales) no se realizaron ensayos por no existir en plaza.-



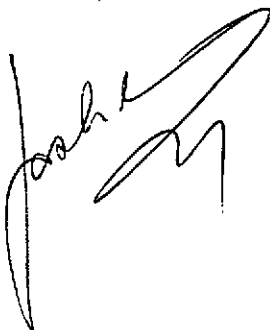
Se pregunta: ¿PUEDE ACLARAR EL EQUIPO UTILIZADO EN FORMA LO MAS EXPLÍCITA POSIBLE, YA QUE SI SE HAN SACADO FOTOGRAFÍAS DE LOS IMANES PERMANENTES Y SU FORMA DE ACTUAR ES LOGICO QUE SE PRESENTE UNA FOTOGRAFIA DEL EQUIPO UTILIZADO.

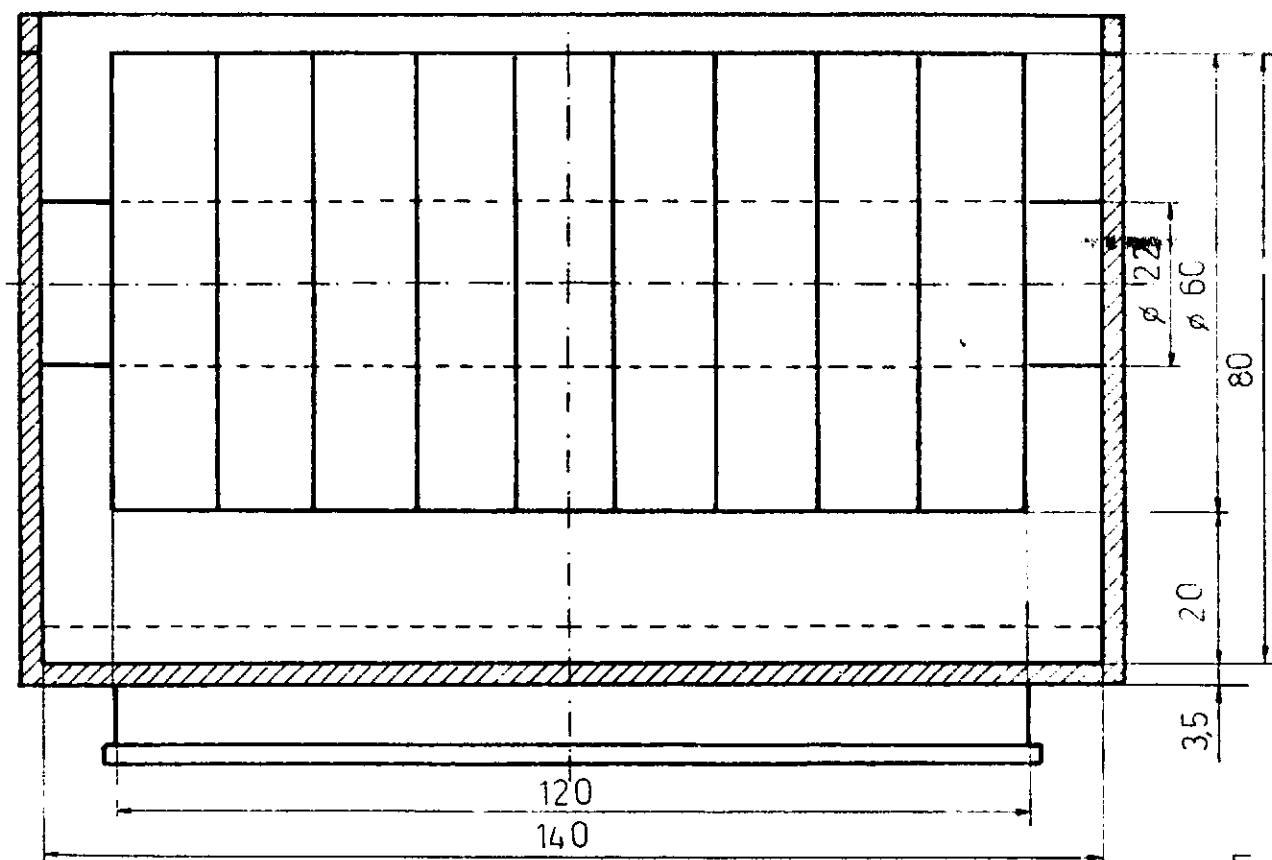
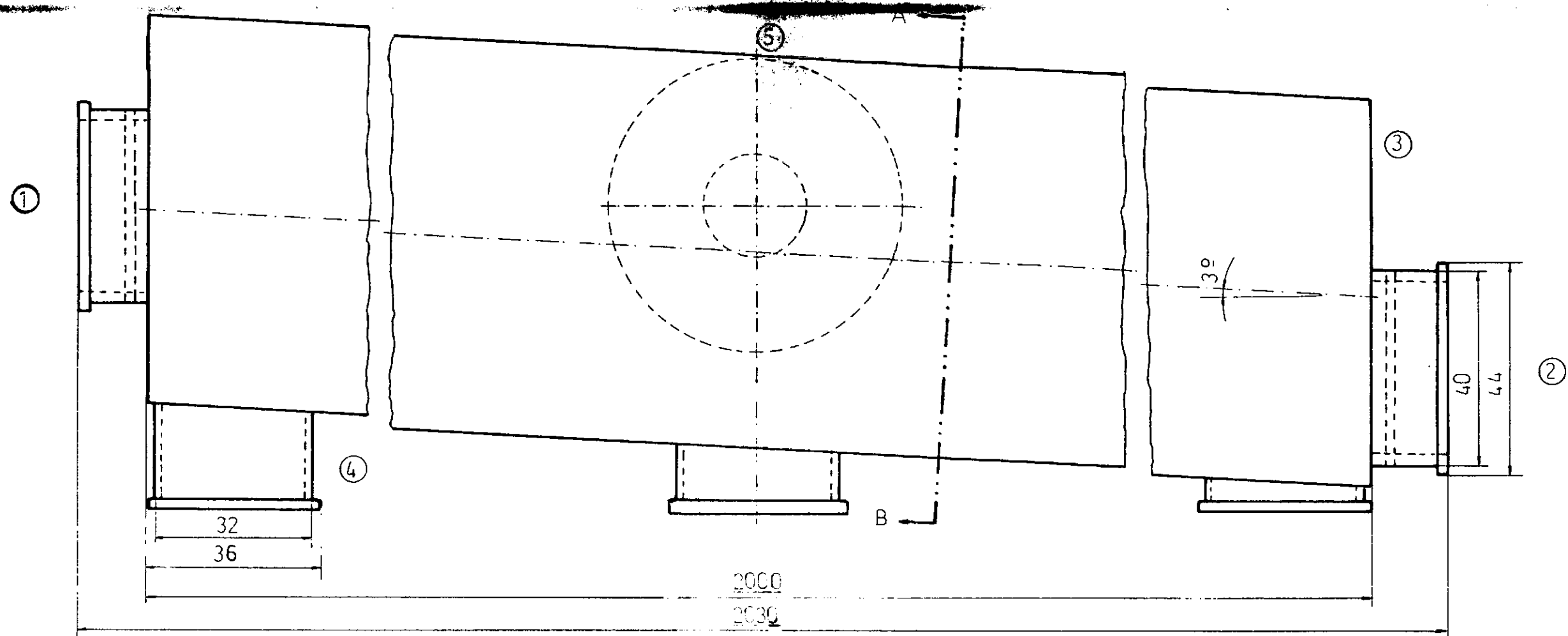
Aclaración.— Las fotografías adjuntas en las Aclaraciones al Informe Final, en las cuales se muestra la forma de operar de los imanes permanentes, se tomaron para demostrar que la separación de material magnetizable (Ilmenita, Titanomagnetita, Magnetita) era posible, no obstante, <sup>que</sup> ante comentarios de que en el INTI no se había podido lograr esta separación.— Este aspecto fue aclarado posteriormente dado que no se trataba del mismo material.—

La razón por la cual no se sacó una fotografía del equipo utilizado en la separación magnética a escala piloto fue que debido a sus dimensiones, la toma se tenía que hacer a distancia considerable con lo cual no se podrían apreciar los detalles constructivos del mismo. Con el fin de dejar aclarada la objeción planteada se adjunta por separado el plano correspondiente a este equipo. El mismo consiste en 9 imanes permanentes formando un cilindro de 6 cms de diámetro y 12 cms de largo recubiertos por una hoja de PVC.— Este cilindro fue colocado en la parte media de una canaleta de madera de 14 cms de ancho, 8 cms de alto y 2 ms de largo.— La inclinación de la canaleta era del 2 % ( con respecto a la longitud total del equipo).— Los imanes se mantuvieron a 2 cms del fondo de la canaleta por medio de un eje de madera, buscando de esta forma que la sección de pasaje del lodo fuese de 12 cms de largo por 2 cms de ancho.— El lodo fue vertido de manera de obtener una velocidad constante de  $0,25 \text{ cms. seg}^{-1}$ .— La regulación de esta velocidad se efectuó en las bocas de entrada y salida mediante esclusas reguladoras, tal como se indica en la lámina adjunta.— No

creemos necesario abundar en mas detalles constructivos debido a que consideramos que el croquis es lo suficientemente explícito.- Dado que se trataba de un aparato de madera las partes constitutivas del mismo fueron utilizadas con otro destino, quedando a disposición, en este laboratorio, del CFI los imanes permanentes utilizados.-

Comparando los resultados obtenidos en laboratorio introduciendo un imán recubierto en PVC en un vaso cristizador, en el cual para evitar la decantación del lodo se lo mantenía en circulación por medio de agitación, se llegó a la conclusión de que los resultados eran practicamente similares a los obtenidos por medio del equipo anteriormente descripto.





Vista con corte A-B

Esc: 1:1

5	Imanes permanentes	9
4	Apoyos de altura regulable	3
3	Canaleta	1
2	Boca de salida con regulacion	1
1	Boca de entrada con regulacion	1
Nº	DENOMINACION	Cant

ESTUDIO DE TIERRAS ROJAS DE CORRIENTES ...

SEPARADOR MAGNÉTICO PARA ENSAYO

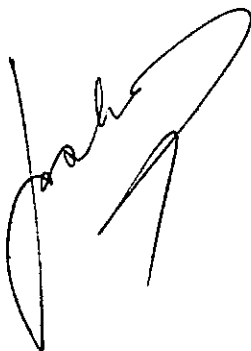
JOSE L. MILIA - Ing. Qco. -

Dibujo: E. Silva

Se pregunta: NO SE CONTE TA LA PREGUNTA.- En las aclaraciones del Informe Final se preguntaba: PORQUE NO SE UTILIZAN SEPARADORES MAGNETICOS CONVENCIONALES, CON EL FIN DE EVALUAR CORRECTAMENTE LA CONCENTRACION DE MINERALES MAGNETICOS EN EL LODO Y PODER COMPARAR LOS RESULTADOS CON ENSAYOS REALIZADOS PARA OTRAS MUESTRAS?.-

Aclaración.- Los imanes permanentes de las características de los usados para realizar los ensayos correspondientes dan parámetros con una exactitud extraordinaria, cosa que por lo general no se pueden obtener con los equipos electromagnéticos convencionales.-

Las razones de esta afirmación están debidamente explícitas en las observaciones al Informe Final, página 21 ( 1. 2. 3.- "Dar características del imán utilizado y mas completa metodología a escala de laboratorio).-



Se preguntaba: EN LA ACLARACION A ESTA OBSERVACION SE MENCIONA EN LA PARTE DE PROCESOS PIROMETALURGICOS LA POSIBILIDAD DE EXPLOTAR YESO Y TURBA (LIGNITOS PRIMARIOS) EN FORMA ECONOMICA, DE YACIMIENTOS EXISTENTES EN LA PROVINCIA.- SE SOLICITA QUE EL CONSULTOR ACLARE EN QUE LUGAR Y QUE FUNDAMENTOS ESCRIBE PARA HACER TAL ASEVERACION.-

Aclaración.- En nota dirigida por la firma HUME y MILIA al Departamento de Minería de la Provincia de Corrientes, que originó posteriormente el expediente 463/c/64, se pidió un permiso para cateo y explotación de turba y sus derivados en la zona de la Laguna y Esteros del Iberá.- En dicho expediente se encuentran todas las presentaciones efectuadas y los planos de ubicación de los yacimientos turberos.- Estos yacimientos turbogasíferos, de acuerdo con la opinión de los solicitantes de dicho permiso, son similares a los que actualmente explota el ENI que han servido en Italia para el desarrollo posterior de su gran industria petroquímica.- Desgraciadamente, debido a problemas que aún hoy desconocemos, este pedido no tuvo resolución en ningún sentido.-

En cuanto al yeso, se tomó la información publicada en varios diarios de la ciudad de Buenos Aires en los cuales se publicaba la posibilidad de explotar estos yacimientos y se supuso que tales aseveraciones estaban avaladas por estudios realizados por organismos oficiales de esa provincia.-

De cualquier manera, en la Provincia de Entre Ríos, sobre el Río Paraná y cerca del límite con la Provincia de Corrientes, existen yacimientos perfectamente estudiados y explotados del material en cuestión.- Cabe agregar que en la Facultad de Ingeniería Química de Santa Fe se han realizado varios estudios de estos yacimientos subterráneos.-



[Se pregunta: NO LE CONTESTA LO QUE SE PREGUNTA, PUES UNA ESTIMACION IMPLICA UN DESGLOSE EN LOS DISTINTOS ITEMS QUE FORMAN LOS GASTOS FIJOS.- SE ESTIMA QUE LAS FUENTES DE INFORMACION CITADAS TIENEN UN VALOR RELATIVO PARA ESTABLECER UN COSTO, YA QUE LOS DATOS NO SON IGUALES EN EL PAIS Y EN EL EXTERIOR.-

Aclaración.- Con respecto a esta objeción, la misma ha sido debidamente aclarada en la carta dirigida al Sr. Secretario General del Consejo Federal de Inversiones, Lic. Alberto González Arzac con fecha del 10 de octubre de 1973, a la que se acompañó la metodología para la determinación de los Costos de Capital y Operativos y los gráficos donde se aclaran los Gastos de Instalación y de Producción y que se encuentra intercalada entre las páginas 64 y 66 de las Aclaraciones al Informe Final.-

En cuanto al valor relativo de las fuentes de información para establecer costos cabe hacer la siguiente aclaración.- En la misma se citan dos tipos de fuentes de información.- Una, la parte técnica, que involucran:

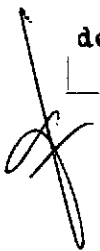
Revue de l'Alluminium ( mayo de 1972)

Bureau of Mines: RI6927, RI7068, RI7299 (Procesos básicos) y  
RI6229, RI6290, RI6573 (Métodos ácidos)

CEIRC.- Chemical Engineering aspects of the acid alumina process, por J.M. Bloodworth, Informe interno, Enero de 1964 (Referido a Lateritas de Lisiones)

G.G. Green.- Technology of Alumina and Aluminium Industry,  
Univ. Library, 1972

En base a estas informaciones se confeccionaron los balances de masa y las relaciones necesarias para el dimensionamiento y determinación de costos según muestran las gráficas entre páginas 64 y 66 de las



**Aclaraciones al Informe Final.--**

En el segundo tipo de información, se usó como metodología para la determinación de costos de producción:

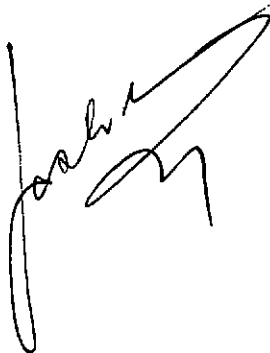
Chaplin Tyler: CHEMICAL ENGINEERING ECONOMICS.-- Mc Graw Hill Book Co., Inc.

Eric Jenett: GUIDELINES FOR SUCCESSFUL PROJECT MANAGEMENT.--Chemical Engineering, Vol 80, N.º16, pág. 70 y siguientes

Naciones Unidas: PRE-INVESTMENT DATA FOR THE ALUMINIUM INDUSTRY

John Happel: CHEMICAL PROCESSES ECONOMICS.-- John Wiley & Sons Inc., Publishers

Los datos extraídos de esta bibliografía fueron adaptados a nuestra realidad nacional en función de los insumos locales.--

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Milia', is written over the bottom right portion of the page. The signature is stylized with a large, sweeping initial 'J' and a final flourish.





Se pregunta: NO SE CONTESTA LO QUE SE PREGUNTA.- La pregunta pide: SERIA NECESARIO UNA MENCION MAS CONCRETA RESPECTO A LA POSIBILIDAD DE OBTENCION DE ACIDO NITRICO, SEGUN PRECIOS.-

Aclaración.- La capacidad ociosa y el excedente actual de ácido nítrico nacional apenas cubriría las necesidades para suplir las pérdidas de proceso.- Previendo una posible expansión de la industria de los fertilizantes, (siendo esta industria la que en todas partes del mundo consume un 70 - 80 % de la producción de  $\text{HNO}_3$ ), el consumo de esta materia prima aumentaría considerablemente y nuestro país se vería en la necesidad de importarlo.-

En base a los estudios que hemos realizado el costo de una planta para producir ácido nítrico por cualquiera de los métodos clásicos (aunque el mas adecuado sería el de Linde) para compensar las pérdidas de proceso, sería enormemente costosa y representaría una inversión mayor que el método contemplado.-

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'J. L. Milia'.