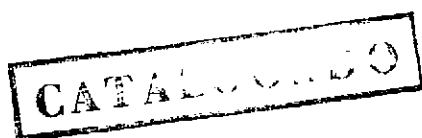


14271



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO SOBRE LAS TIERRAS ROJAS

del NORESTE

de la

PROVINCIA DE CORRIENTES.

Consultor:

Ing. Químico JOSE Z. L. MILIA

1974

CONCEPTOS PREVIOS

La realización de este trabajo encontró solo obstáculos por parte de la Naturaleza. Por el contrario, el factor humano puso todo su empeño en que resultase algo útil, tanto para la Provincia de Corrientes como para el País.

Hablar de las riquezas del Nor Este argentino parecía siempre un lugar común pero pocas veces se fue mas allá de valorarlas por su riqueza forestal o por su desarrollo agropecuario. Solo algunos historiadores que se sumergieron en el estudio de la vida de la Misiones Jesuíticas pudieron tener una leve imagen de su riqueza potencial siderúrgica. Bien es cierto que dos de sus mas valiosos elementos minerales, el Aluminio y el Titanio, eran totalmente desconocidos en esos años y por ello es que solo comienza a valorarse a las Tierras Rojas como un mineral de alto valor estratégico a partir de 1963 en que aparece la primer presentación para su explotación en la Provincia de Misiones.

Estudiar la posibilidad de utilizar los yacimientos del N.E. de la Provincia de Corrientes era algo que debería considerarse una necesidad nacional y por ello es que al realizar este trabajo se puso todo el esfuerzo posible para obtener resultados altamente positivos que se estima han sido alcanzados.

Sin embargo, llegar a ello no hubiese sido posible sin la amplia colaboración recibida en todos los ámbitos pero muy especialmente

del Señor Director de Minería de la Provincia de Corrientes, Licenciado Ricardo Delupi, la comprensión y apoyo del Consejo Federal de Inversiones -en la persona de sus directivos y técnicos- y el esfuerzo, voluntad y conocimientos técnicos con que colaboraron los integrantes del equipo de trabajo con que se contó en las distintas etapas y a todos los cuales les llega su participación en los méritos del trabajo y en el agradecimiento del Consultor.

**DOTACION DEL EQUIPO TECNICO QUE REALIZO EL "ESTUDIO SOBRE LA TIERRAS
ROJAS DEL N.E. DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES:**

Consultor:

Ingeniero Químico JOSE ZENON LISARDO MILIA.

Subdirector del trabajo:

Ingeniero Químico RICARDO CODESAL.

Coordinación de tareas de laboratorios analíticos y de ensayos.

Dirección de ensayos de pequeña planta piloto.:

Ingeniero Químico JOSE LUIS MILIA CARRARA.

Toma de muestras y análisis de materia prima:

Ingeniero Químico ANDRES ASEGUINOLAZA.

Ingeniero Químico EDGARDO DUCOMUNN.

Técnico Químico RAUL ANDRES BAZAN.

Técnico Químico ENRIQUE RAMON SILVA.

Compilación de información y de resultados:

Tecn. JORGE RAUL FEDERICO MILIA

Interpretación de balances técnicos.

Determinación de factibilidad de procesos:

Ingeniero Químico FEDERICO JOSE MILIA.

1.- REFERENCIAS.

Desde 1807 en que Buchanan comenzó a estudiar los yacimientos de Guandar en la India formados por tierras rojas que tenían la característica de endurecerse al aire y les dió el nombre de LATERITAS, -por su utilización para la fabricación de ladrillos- se han realizado un sinnúmero de trabajos de investigación sin que se haya podido llegar a una clasificación sistemáticamente adecuada. En esta tarea se distinguieron entre otros muchos, además de Buchanan: Babington, Du-bois, Van Bemmelen, La Croix, Karrossowitz, Bennema, Sharasuvana, Pendleton etc.

Teniendo en cuenta la existencia de Tierras similares, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos realizó una serie de estudios que se completaron con una reunión en la que se llegó a lo que se designó como una Séptima aproximación y cuyas conclusiones se publicaron en el año 1960. Con anterioridad las NACIONES UNIDAS tomaron a su cargo la unificación de las investigaciones y finalmente MAGNIEN⁽¹⁾ fue encargado de la realización de un estudio geofísico de las Lateritas.

Magnien, Director de Investigaciones Científicas y Técnicas de los países de Ultramar, realizó una revisión completa de los trabajos que se completó en 1960 en la publicación por las N.U. de su libro "REVIEW OF RESEARCH ON LATERITES".

Sin entrar en la crítica de este trabajo, que se basó principalmente en las Lateritas o Tierras Rojas africanas, es necesario dejar establecido que el tema no ha sido agotado desde el punto de vista geológico y mucho menos desde el químico o del tecnológico.

En nuestro país, salvo el trabajo de los Doctores Riggi⁽⁵⁾ tratando de establecer la génesis de las Tierras Rojas del Noreste ar-

gentino, los restantes trabajos son del tipo analítico.

Las Lateritas, o Tierras Rojas africanas, que estudió Magnien pertenecen a una formación del Gondwana que se prolonga posteriormente a Sud América. La constitución geológica y mineralógica, y cuantas la química, de los ejemplos que presenta junto con los de Aubert y Fauck, son diferentes de los de la India y, por lo tanto, no pueden ser consideradas Lateritas en el mismo y estricto sentido que las de la India ya que carecen de la característica esencial de endurecimiento por una especie de fraguado al ponerlas en contacto con el aire. En cambio, si se observan las formaciones geológicas mencionadas en las páginas 27 y 33 del citado trabajo, se encuentra una apreciable similitud con las Tierras Rojas (o pseudo-Lateritas) sudamericanas. Indudablemente Magnien no alcanzó a unificar los distintos criterios que influían en la sistematización de la clasificación de materiales de distinto origen.

En un trabajo anterior que se ha realizado sobre este mismo tema, luego de analizar la composición estructural y química de muestras de Gundar y Malabar (India) y compararlas con Tierras Rojas del N.E. de la República Argentina, se llegó a la conclusión de que se trataba de materiales de distinto origen y génesis geológica. Las verdaderas lateritas (las de la India) pueden ser asimiladas por su composición química a materiales cementables naturales. Por la misma razón las Tierras Rojas carecen de esa característica en las condiciones ambientales normales. Otto Labahn en su "Brontuario del Cemento" menciona los módulos aluminosos y férrico en la dosificación de crudos para la fabricación de Cemento Portland y que aplicados aquí contribuyen a dejar establecida la diferencia en forma clara. El módulo férrico, es decir la relación Al_2O_3/Fe_2O_3 es:

en las Lateritas verdaderas..... menor que 0,5

en las Tierras Rojas..... mayor o igual que 1,0

En el caso del mal llamado módulo aluminoso ,a relación es $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$, siendo $\text{R}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ el índice es:

en las Lateritas verdaderas.....entre 1,3 y 1,7

en las Tierras Rojas.....entre 0,7 y 1,2

Desde el punto de vista químico la constitución de las lateritas y pseudo-Lateritas mas aceptables es que constituyen Silico-aluminatos complejos de hierro con n moléculas de agua de hidratación. Este número n posiblemente regule en gran parte el índice de fraguado o endurecimiento.

El estudio del comportamiento de las verdaderas Lateritas por acción del calor es muy similar a los cementos siempre que la temperatura no exceda a los 600°C : Aumenta el índice de fraguado, es decir, reduce el tiempo de endurecimiento que naturalmente es de varios días (mas de 50 días) a solo cinco o seis días.

Por el contrario, las Tierras Rojas son sumamente sensibles a la acción del calor y a la temperatura de 600°C se hacen facilmente atacables por los ácidos minerales lo que hace suponer una separación mas o menos completa de los óxidos. A temperaturas superiores a los 650°C la alúmina deja de ser reactiva a la acción de los ácidos fuertes en forma progresiva.

Aún cuando la roca madre de las Lateritas y de las Tierras Rojas fuese la misma, el proceso de descomposición o laterización fue in dudablemente diferente.

Las Tierras Rojas se han originado por la descomposición de la roca base (Meláfiro o Basalto) de origen volcánico, pero en lugar de producirse una eliminación de los elementos alcalinos y alcalino-térreos manteniendose el resto con una estructura perfectamente determinada de un Silicoaluminato férrico hidratado como es el caso de las La teritas, aquí la descomposición fue mucho mas profunda—por causas que no es del caso establecer—y mediante simples métodos analíticos es posi-

ble caracterizar una amplia serie de compuestos:

Silicatos férricos hidratados
Aluminatos férricos hidratados
Silicatos hidratados de Aluminio (?)
Oxido férrico
Oxido Ferroso-Férrico
Titanato ferroso (Ilmenita)
Titanato ferroso-férrico (Titanomagnetita)
Sílice libre

Los silico-aluminatos hidratados-como ya se ha mencionado antes,son sumamente sensibles al calor y en determinadas condiciones continúan descomponiéndose y liberando total o casi totalmente los óxidos de Hierro y Aluminio. Solo los Titanatos (Ilmenita y Titanomagneta) no se van a descomponer a la temperatura mencionada pero sí a mayor temperatura,especialmente en medio oxidante.

Estas consideraciones,que pueden parecer no esenciales,clarifican conceptos que están en el ambiente y dan una base para la posterior evaluación de las posibilidades de explotación metalúrgica de las Tierras Rojas. Sin embargo es necesario recalcar que,desde el punto de vista científico,se hace necesario realizar un estudio conjunto geológico,mineralógico y químico que establezcan con exactitud la génesis,morfología y composición química de las Tierras Rojas.

1. 1.- Composición química:

Se ha considerado de suma importancia ampliar los conceptos sobre los que se desarrollará este trabajo.

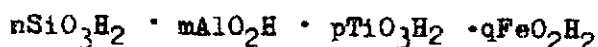
Comparando los trabajos y resultados obtenidos por investigadores argentinos como Gollá,1929⁽⁶⁵⁾;Hume y Milia,1958; Mastandrea,1968⁽³⁾ ; Valania,1970⁽⁶⁴⁾;Schmidt,1963⁽²⁾ y otros,se llega a la conclusión que las composiciones centesimales de los resultados analíticos de las Tierras Rojas son similares cuando se expresan en los óxidos que

integran el mineral. Las excepciones corresponden a terrenos bajos don de las lluvias o la descomposición orgánica ha eliminado alguno de ellos por arrastre o por solubilización. Salvo el trabajo de Hume y Milia, los restantes se refieren a las Tierras Rojas de la Provincia de Misiones. En el mencionado trabajo, glosado al expediente n° 70308/63 del Ministerio de Industria y Comercio (antes Secretaría), se incluían los promedios de análisis realizados sobre muestras tomadas en los alrededores de San Carlos (Corrientes) con resultados que coincidían con los de la vecina Provincia.

De los ensayos realizados en esa oportunidad se llegó a la teoría, basada en la composición actual del mineral, que permite identificar la acción de cuatro compuestos teóricos intermedios:

- 1.- SiO_3H_2 (Acido silícico)
- 2.- AlO_2H (Hidrato de aluminio o ácido Aluminico (?))
- 3.- TiO_3H_2 (Acido titánico)
- 4.- FeO_2H_2 (Hidrato ferroso)

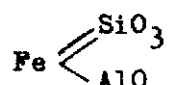
Partiendo de la base de la existencia intermedia de estos compuestos primarios se llegó a establecer una fórmula química resultante de una reacción que abarca todas las formas posibles de existir en las Tierras Rojas:



Para la realización de este trabajo se adoptó esta fórmula porque puede aceptarse como la etapa intermedia entre el Meláfiro y la Tierra Roja si se tiene en cuenta que el Al_2O_3 y el Fe_2O_3 serían productos de la deshidratación de los respectivos ácidos (AlO_2H y FeO_2H_2) que a su vez son productos de la hidrólisis de la roca madre y que el SiO_3H como el TiO_3H_2 , de acuerdo con las condiciones del medio, van a tender a formar compuestos: Silicatos, Aluminatos y Titanatos de Hierro perfectamente definidos. Pero como la condición primordial, el calor, está limitada por la presencia de agua de las grandes precipitaciones plu-

viales y alto grado de humedad de las regiones tropicales y subtropicales, es lógico pensar que el resultado de la tostación mencionada anteriormente a 600°C, conduce a una posterior y definitiva descomposición que será mas o menos completa según sean las condiciones en que se realice, ya sea en medio reductor u oxidante.

En la práctica los silicoaluminatos se unen precariamente de acuerdo con una fórmula que en su expresión básica y simple puede aceptarse así:



que facilita la explicación de como la acción del calor puede descomponerlos en Sílice, Alúmina y Sesquióxido de Hierro. Pero de la misma manera explica como en los climas tropicales y subtropicales por la acción del agua y de otros factores ecológicos se puede producir la hidrólisis que da lugar a la formación de los sílico aluminatos hidratados inestables y a la alúmina hidratada que originan las arcillas plásticas y semi plásticas y por otro lado a los óxidos de Hierro (sesquióxido, magnetita, limonita, etc.) que son los que regulan el color del material.

La Ilmenita y la Titanomagnetita, dadas sus características cristalinas son bastante estables a la acción del calor y de los ácidos fuertes.

Una característica extraña en la descomposición de la roca madre (meláfiro o basalto), es la formación de nódulos complejos de Oxidos ferrosos Ilmenita y/o Magnetita con un porcentaje total de Fe muy elevado. Pero su proporción dentro de las Tierras Rojas es muy reducida, especialmente en la zona de la Provincia de Corrientes. Al parecer, el trabajo de Schmidt y otros para Fabricaciones Militares se basaba en la separación de estos nódulos para la obtención de mineral de alto título.

con estos conceptos se ha tratado de establecer una teoría química de constitución estructural de las Tierras Rojas, en especial de las del N. E. de la Provincia de Corrientes que sea aceptable y útil para estudiar la posibilidad de su explotación metalúrgica. Una teoría completa desde el punto de vista geológico, mineralógico y químico exigiría un estudio mas profundo.

2.- INFORMACION DE BASE.

Es indudable que ha existido un olvido de parte de los investigadores argentinos con respecto a las posibilidades mineras de las Provincias que forman el extremo N. E. del país. Puede decirse que recién a partir de los primeros ensayos para la obtención de Alúmina y Aluminio en el año 1958 comienza a despertarse el interés en conocer las características geológicas y el potencial minero de la zona.

Por esto la información de base para la realización de este trabajo no es todo lo amplia que sería de desear y ha sido clasificada en: Información bibliográfica, Información personal de terceros e Información propia anterior.

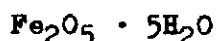
2. 1.- Información bibliográfica:

La información bibliográfica sobre las Tierras Rojas del N.E. argentino que pudo encontrarse ha sido sumamente escasa. Aunque se consultó la bibliografía brasileña, especialmente los trabajos realizados en la Universidad de Santa Catharina, no se encontró información nueva y precisa para un trabajo de índole tecnológica como el que se debía realizar. Se podría resumir diciendo que desde Azevedo a Guimaraes, a lo largo de mas de diez años, todo se ha reducido a discusiones bizantinas sobre la terminología a utilizar. Esta es la razón por la que solo se la cita en este trabajo en forma circunstancial.

Se han encontrado trabajos históricos que se refieren a las actividades en las Misiones Jesuíticas que, en general, son rudimen-

tarios e imprecisos. Por ejemplo, aunque se menciona la Reducción de San Carlos (después de su traslado desde Brasil) como el principal centro siderúrgico, también se menciona a Candelaria y a San Ignacio como productores de materiales de hierro. Sin embargo no aparece ninguna referencia a las materias primas utilizadas, ni a su procedencia.

De la confrontación de las informaciones bibliográficas históricas con piezas existentes en los museos de San Ignacio, y especialmente en el de San Carlos, se llega a la conclusión que se usó un mineral algo distinto de las Tierras Rojas: el I-tacurú. Este puede ser considerado como una Limonita parda cuya fórmula posible es:



con intrusiones de Ilmenita y de Fe metálico cuyo origen puede asignarse a una etapa de descomposición del meláfiro bajo agua donde fermentaban detritus vegetales. Es posible que los nódulos antes mencionados tengan el mismo origen.

Los trozos analizados de I-tacurú demuestran la existencia de aproximadamente entre 48 y 50 por ciento de Fe metálico. Los yacimientos identificados en la Provincia de Misiones son de relativa importancia y en la de Corrientes no se han podido detectar nada mas que pequeños depósitos cerca de San Carlos.

Trabajos como los realizados, y ya mencionados, de Schmidt y Valania fueron hechos sobre Tierras Rojas de Misiones pero de ellos se han podido sacar orientaciones para la realización de este trabajo.

El mapa Geo-Agrológico y Minero de la Provincia de Corrientes realizado por el Dr. en Geología Guido Bonarelli y por el Dr. en Química Ernesto Longobardi⁽⁶⁷⁾ es indudablemente lo mas valioso, -junto con los Tomos explicativos, como documentación sobre el tema. Aunque en su terminología se asimilen las Tierras Rojas a Lateritas o Sub-Lateritas (especificamente dice: Suelos Lateríticos u Sub-late-

ríticos) la delimitación de la zona de Tierras Rojas corresponde con a preciable exactitud a lo que ellos denominan con esos nombres. Aún mas, lo que ellos han demarcado con la primera denominación -Suelos Lateríticos- corresponde a la zona de Tierras Rojas propiamente dichas y los Sub-lateríticos a arenas ferruginosas, producto indudable de la erosión de tierras mas altas. Estas últimas carecen de valor industrial.

Este concepto, en lo que se refiere a denominación, lo usa Bruniard⁽⁵⁴⁾ indudablemente derivado de la misma fuente informativa. Este trabajo es de mucha importancia en lo que respecta a los aspectos geoeconómicos correntinos.

Desde el punto de vista geomorfológico han sido muy útiles los trabajos de Frenguelli⁽⁵⁰⁾ y de Virasoro^(51,52). El trabajo de Gollán y otros⁽⁶⁵⁾ ha sido encarado desde el punto de vista analítico y ya ha sido superado por nuevas técnicas, pero tiene el gran mérito de ser el primero en encarar el estudio de las Tierras Rojas.

2. 2.- Información personal:

El Licenciado en Geología Ricardo Delupí, a cargo de la Dirección de Minería de la Provincia de Corrientes, expresó su opinión que las Tierras Rojas se encontraban dentro del perímetro delimitado por el río Aguapey pero sin llegar a sus bañados, estableciendo como límite Sur a Santo Tomé.

El Ingeniero Agrónomo Eloy Gerónimo Olivetti, agrónomo provincial en la zona, natural además de Santo Tomé, delimitó mas ajustadamente la zona en un contorno muy cercano al establecido en el mapa Agro-Geológico de Bonarelli y Longobardi. En su compañía se visitó el vivero oficial en el que se estaba construyendo un pozo para extracción de agua y se había llegado a 14 metros de profundidad, donde se encontró una buena segunda napa de agua sin alcanzar la roca base pero se aclaró que normalmente el espesor del manto de Tierra Roja varía entre 1 y 2,5 metros debajo de la tapa de tierra vegetal que tiene un espesor

entre 0,3 y 0,7 metros.

El período de vacaciones impidió establecer contactos con profesionales de la Universidad Nacional del Nordeste.

Se aprovecharon caminos de estancia para tomar información de los pobladores y observar los pozos de agua construidos, ya que de los primeros era imposible tomar información técnica. En general se confirmó la que habíamos recibido de los técnicos antes mencionados.

En la Dirección de Minería de la Provincia no se disponía de información lo que es lógico por el corto tiempo transcurrido desde su creación. Esa Dirección comprometió su mas amplia colaboración y se convino con el Licenciado Delupé que se les facilitaría la toma de muestras a distintos niveles previamente al cuarteo y mezcla que se efectuará a los efectos de la realización de los análisis.

2. 3.- Información propia:

2. 3. 1.- Información anterior:

Durante la realización de un trabajo en la Provincia de Misiones sobre un tema mas semejante, se realizaron desplazamientos por las cercanías del límite dentro de la Provincia de Corrientes habiéndose realizados análisis sobre Tierras Rojas. Los recorridos realizados en esta zona fueron los siguientes:

- a).- De Garupá por Ruta Nacional n° 11 hasta 12 Kilómetros dentro de la Provincia;
- b).- De San José (Misiones) hasta San Carlos (Corrientes);
- c).- De Concepción de la Sierra pasando por Azara entrando 22 Kilómetros hasta Carabí, pasando por Garruchos.

Las muestras se tomaron hasta llegar a la roca con un máximo de 5 metros utilizando barrenos especiales de 5 pulgadas (121,5 mm.) de diámetro.

los resultados de los análisis sobre las muestras que se tomaron son los siguientes:

Recorrido a).-- (Dentro de la Provincia de Corrientes)

Pozo n°	Espesor manto ms	Composición				Observaciones
		SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	
1195	1,70	58,3	5,4	16,4	6,2	Costa del río, Lim.
1196	4,00	33,8	22,3	24,5	4,9	Km.4 camino.
1197	1,30	39,8	22,5	21,4	4,6	Km.8 sobre río
1198	2,70	39,2	21,4	20,7	5,1	Km.6 a 1 Km. camino
1199	2,10	41,9	24,0	23,8	3,9	Km.8 0,5 Km al Sur
1200	1,25	42,1	25,2	19,3	3,7	Km 12- 1 Km al Sur
1201	2,00	41,9	20,9	18,3	5,1	" " 0,3 Km. al N.

Nota.— ms. = mas de; el pozo de la muestra 1195 fue tomado en la costa del río en el límite sobre la desembocadura del A° Itaembé. El color de la muestra era amarillo característico de una arena limonítica.

Recorrido b).-- (Dentro de la Provincia de Corrientes)

1566	2,00	44,0	25,8	19,3	3,0	a 0,1 Km. del lím.
1567	1,90	45,1	23,3	23,9	2,9	" 1,1 " " "
1568	1,65	47,9	20,1	26,9	1,8	" 2,5 " " "
1569	2,00	40,1	19,9	33,9	1,6	" 3,5 " " "
1570	2,00	36,3	18,2	34,6	2,1	" 6,0 " " "
1571	2,00	35,8	18,1	36,9	1,3	" 8,0 " " "
1572	2,00	34,1	16,0	37,3(x)	0,9	"10,2 " " "
1573	3,00	33,7	17,2	39,9(y)	1,1	"12,2 " " "

Nota.— Ms. = mas de; (x) e (y) son pozos con alto contenido en limonita parda; La muestra n° 1573 corresponde a un pozo perforado al S.E. de San Carlos; Estas perforaciones son anteriores al descubrimiento de las ruinas de San Carlos.

Recorrido c).- (Dentro de la Provincia de Corrientes).

Pozo n°	Espesor manto ms	PORCENTAJES				Observaciones
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	
3100	2,00	33,4	23,9	24,4	6,0	Azara (Misiones)
3105	1,10	57,5	9,9	11,5(x)	1,1	Límite costa arroyo
3106	1,75	38,9	25,9	18,1	2,9	1,8 Kms. del límite.
3107	2,00	44,1	21,2	16,9	1,8	Norte de Garruchos
3108	6,00	45,0	23,1	18,9	3,1	5,3 Kms. del límite
3109	1,90	43,7	23,5	21,6	1,9	7,8 " " "
3110	3,50	45,4	24,2	19,9	5,1	Al Sur de Garabí

Nota: ms = mas de; (x) Arenas amarillas.

Este trabajo fue realizado entre 1958 y 1962

Como puede observarse, las mejores condiciones se encuentran sobre la ruta que pasa por Garruchos y Garabí. Las características que hacen mas valioso el material son indudablemente los contenidos en Al₂O₃ y en TiO₂, debiendo tenerse en cuenta que los porcentajes de cada uno de los óxidos ha sido expresado en material no secado y en condiciones altas de humedad.

Es muy importante tener en cuenta que las leyes de cada uno de los constituyentes sufren variaciones de hasta un 10 por ciento sin seguir una regla determinada por lo que en ese trabajo cada pozo representa el promedio de 3 muestras sacadas con diferencia de 100 metros.

2. 3. 2.- Información personal actual:

De acuerdo con el convenio establecido con el Consejo Federal de Inversiones, era necesario establecer, a los efectos de posteriores valoraciones, cual era la superficie real ocupadas por las Tierras Rojas. Además era necesario planificar la realización del trabajo, establecer la ubicación de los campamentos,

reconocer los caminos y determinar la posibilidad de disponibilidad de mano de obra. Con ese fin se realizó una gira utilizando una pick-up, acompañado por el Ingeniero Químico Andrés Aseguinolaza y Jorge R.F. Milia, tomando como base Corrientes, Posadas, Apóstoles, Gobernador Ingeniero Virasoro y Santo Tomé donde se disponía de las comodidades necesarias tanto para el personal como para el equipo de trabajo.

De acuerdo con las sugerencias recibidas del Licenciado Delupi, se realizó una gira con el fin de establecer con la mayor exactitud la zona que abarcaban los yacimientos de Tierra Roja en el N.E. de la Provincia de Corrientes. Se realizaron los siguientes recorridos:

- i.- Por Ruta Nacional 12, desde Ituzaingó hasta el límite con Misiones La Tierra Roja apareció sobre el nuevo camino pavimentado tomándose cinco muestras numeradas A-1 a A-5 cuyos resultados analíticos figuran en la tabla respectiva y demarcados los pozos en el plano N° 1;
- ii.- Partiendo de Apóstoles se tomó el camino hacia Playadito por Ruta N° 34 al Norte hasta 16,6 Kms (4 muestras R-34-6 a R34-9); se volvió a Playadito y por Ruta 39 se recorrieron 38,8 Kms al NNO (5 muestras R39-10 a R39-14) volviendo a Ruta N° 14 para tomar por Ruta N° 38 al NNO recorriendo 28,2 Kilómetros (5 muestras R38-15 a R38-19) para retornar a Apóstoles;
- iii.- Partiendo de Apóstoles hasta Garruchos siguiendo por Ruta N° 40 hasta Garabí (3 muestras R40-20 a 22); se siguió por Ruta N° 37 hasta Gobernador Ingeniero Virasoro (2 muestras R37-23 a 24) y por Ruta N° 37 hasta Puente Concepción (3 muestras R37-25 a R37-27) desde donde, bajando por el Camino de consorcio se llegó a Puente La Sirena hasta tomar por la Ruta N° 14 hasta Gob. Ing. Virasoro. En este tramo se tomaron 3 muestras (R14-28 a R14-30), desviando nuevamente a Garabí para terminar en Santo Tomé por la Ruta N° 40 en un recorrido de 58,8 Kilómetros en los que se toma

ron 6 muestras (R40-31 a R40-36).

De esta manera se ha podido delimitar perfectamente las zonas que corresponden a Tierras Rojas perfectamente definidas y a Arenas ferruginosas. Las muestras se tomaron con una pala hélice de 100 milímetros de diámetro a profundidades entre 0,75 y 1 metro sin tratar de llegar a la roca. No se mencionan las muestras de arenas ferruginosas y que no se pasaron para su análisis porque sus características morfológicas indicaban ya su pobre composición, es decir un porcentaje elevado de Sílice.

No fué posible ubicar dos pequeños afloramientos de Tierra Roja que, de acuerdo con informaciones existían en los esteros del Iberá al Norte de Puente Concepción por estar cubiertos de agua.

Los resultados analíticos—que han sido tabulados mas adelante— y la observaciones de las características del terreno permitieron delimitar dos zonas distintas, una de Tierras Rojas sobre el límite de Misiones cuya importancia se acentúa hacia las costas del río Uruguay y otra de arenas ferruginosas ricas en Sílice y en Materia orgánica, pero pobre en óxidos metálicos, con reducida cantidad de nódulos ferrosos y poco o nada de Oxidos de Titanio (Ilmenita o Magnetita Titanosa). Aún mas, al Oeste, hasta los esteros del Iberá se encuentran algunos yacimientos de "Ñaú" no muy extensos y, con mayor intensidad, un alto contenido en material orgánico.

Se ha tratado de establecer sobre los planos de relevamiento realizados por los dibujantes en base a las planchetas del Instituto Geográfico Militar, la delimitación de las zonas según sean Tierras Rojas, Arenas Ferruginosas y Arenas con muy bajo contenido en óxidos, es decir, arenas comunes.

En los mismos planos se ha ubicado la posición de los pozos perforados en esta primera etapa.

Era de primordial interés determinar la existencia de ya

cimientos importantes de I-tacurú, aunque en cierto modo su existencia contradeciría las distintas teorías existentes sobre la formación de las Tierras Rojas. Sin embargo se considera que en la zona Sud-Oeste de San Carlos puede encontrarse un único yacimiento de muy pequeña extensión (5 a 7 Kilómetros cuadrados) que podría ser relevado por Fotografía infraroja. Este método no puede aplicarse sobre superficies mayores por que las Tierras Rojas ubicadas dentro del gran yacimiento Corrientes-Misiones varían en su constitución química dentro de límites relativamente reducidos a distancias de 20 a 30 metros.

Una característica que diferencia esta zona de la Provincia de Corrientes de la que corresponde a la de Misiones es que en la primera los grandes mantos se encuentran en los albardones o lomas. En Misiones con formaciones de mayor altura y expuestas a la erosión del viento y de la lluvia, las cumbres están formadas por la roca desnuda. Esto se observa en las últimas estribaciones de la Sierra de Garra-chos a pocos kilómetros al Sur de esta población.

El plano N° 1 explica en forma esquemática las etapas de recorridos realizados y ha sido compuesto en base a un plano de la Red caminera de la Provincia de Corrientes facilitado por el Licenciado R. Delupi. Los planos N° 2 y N° 3 se confeccionaron sobre la base de las planchetas del Instituto Geográfico Militar, delimitando la ubicación de las muestras tomadas y de las zonas establecidas. El Plano N° 4 ha sido realizado en base al Mapa Agro-Geológico de Bonarelli y Longobardi existente en los archivos del estudio, marcando algunas diferencias que se establecieron con las condiciones actuales, determinadas posiblemente por acción de la erosión.

Los resultados de los análisis de las muestras tomadas en esta etapa van tabulados mas adelante según los recorridos.

En lo que se refiere al relevamiento de posibles yacimientos de I-tacurú se realizará dentro del plazo de las 12 a 14 horas en los

días de mucho sol y siempre que las condiciones de humedad del suelo sean las normales, de manera que se produzca la mayor acumulación de calor solar, utilizando película Kodak Infrarroja de alta velocidad HIS 135-20 con o sin filtro Wratten 893 o de características similares según las condiciones de luz y la temperatura ambiente.

3.- SELECCION DE AREA SEGUN PONDERACION DE BASE.

3. 1.- Ponderación de base:

La conjunción de la información obtenida por los distintos medios y los resultados obtenidos en la búsqueda personal permiten llegar a una ponderación de base que establezca el área sobre la que se deba trabajar.

Aunque como ya se ha informado antes, en el comienzo de este informe, es poca la información disponible en lo que se refiere a la Provincia de Corrientes, la que se ha concretado sobre la base del Mapa de Longobardi y Bonarelli y la información adquirida en el conocimiento directo de la zona, que unidas a experiencias anteriores, permiten hacer una ponderación básica del valor mineralógico y tecnológico de los yacimientos existentes.

Una comparación entre ellas permite afirmar que Longobardi y Bonarelli adjudicaron a las Tierras Rojas una zona mucho más amplia que la real. Esto es fácilmente explicable porque en su mapa incluyen en la zona marcada en cuadrículado lo que ellos denominan Lateritas y Sub-Lateritas, criterio que Bruniard adopta en su artículo⁽⁵⁴⁾ "Bases fisiogeográficas para una división regional de la Provincia de Corrientes". Sin embargo, aunque el mapa de esa publicación ha sido realizado a una escala muy reducida, pareciera que reduce la zona de radicación de las Tierras Rojas. Estas diferencias con los resultados ahora obtenidos se explica fácilmente: En el espacio adjudicado en el Mapa de 1929, las sub-Lateritas, aunque tengan un color muy parecido y en muchas ocasiones su aspecto morfológico es muy similar, son en realidad arenas ferruginosas perfectamente definidas como lo demuestran los análisis realiza-

dos, como así también la observación personal.

3. 2.- Un factor muy importante en la ponderación de base para la elección del área de trabajo es la fijación de cotas en las que se produce el cambio de las Tierras Rojas por Arenas Ferruginosas

De la observación realizada en base a las planchetas del Instituto Geográfico Militar puede decirse que la Tierra Roja desa parece aproximadamente a la cota de 100 metros. Sería aparentemente pre maturo, en base a la información disponible, tratar de dar una explicación a este fenómeno. Mas aún, escapa al alcance de este trabajo tan li mitado en el tiempo y corresponderá dilucidarlo a los geólogos.

3. 3.- Selección del área:

Se considera que el área de trabajo está comprendida entre el límite con la Provincia de Misiones y una línea sinuosa con orientación NNO que parte de la costa frente a la Isla del río Paraná denominada Mborebí llega a la Estancia Las Marías, vuelve al SSO hasta un poco arriba de Casa Pavade donde vuelve a bajar al río Uruguay, aguas arriba de Santo Tomé. Inclusive, podría agregarse que la línea en que desaparecen visualmente las arenas ferruginosas se encuentra limita da a alrededor de 15 Kilómetros del río Uruguay en su parte inferior.

4.- CERTIFICACION DE CAMPO, UBICACION.

4. 1.- Certificación de campo:

La delimitación o certificación está dada por los análisis de las muestras tomadas que confirman la selección an tes mencionada del área que corresponde también a las ideas de forma ción geológica de la zona.

Los resultados de los análisis, cuyos puntos de toma de muestra se encuentran marcados en los planos N° 2 y N° 3, están separa-

dos de acuerdo con los recorridos i), ii) y iii) con los comentarios u observaciones correspondientes.

Esta tarea se realizó con la colaboración de cinco profesionales (dos en campaña y tres en el laboratorio).

4. 2.- Ubicación:

La zona de trabajo se encuentra ubicada de acuerdo con los resultados antes mencionados en un aparente romboide formado por el límite con la Provincia de Misiones al ENE; por el río Paraná al Norte; el río Uruguay al Este; al Oeste por una línea imaginaria que corre a cotas 100-120 metros paralela a los esteros del río Aguapey y por el Sur por otra línea imaginaria que llega hasta el río Uruguay, aproximadamente a 32 Kilómetros de Santo Tomé con una orientación ONO.

Esta ubicación corresponde en forma muy aproximada con la opinión del Licenciado Delupí y del Ingeniero Agrónomo Olivetti, ya está demarcada en el Plano N° 1 y mas detalladamente en los N° 2 y N° 3.

5.- PRIMERA EVALUACIÓN.

5. 1.- Pasos de evaluación:

De acuerdo con el relavamiento inicial realizado, se estima que la superficie real de los Yacimientos de Tierra Roja, deducidas las zonas de esteros del río Aguapey y otros ríos y arroyos es de 2.600 a 3.000 Kilómetros cuadrados.

El espesor del manto es variable dentro de ciertos límites. Excepcionalmente se encuentran mantos de mas de 15 metros y son de reducida superficie. Lo normal se encuentra entre 1,00 y 5,50 metros con un valor promedio de 2,20 metros como máximo de acuerdo con la información disponible y con un criterio sumamente conservativo. Puede decirse que el espesor del manto se reduce a medida que van desapareciendo las estribaciones de las Sierras de Misiones. Como ya se ha mencionado repetidamente, los yacimientos de arenas ferruginosas adyacentes pueden ser considerados como productos de la erosión en sus distintas formas. Pero

puede darse el caso de terrenos bajos donde los materiales orgánicos han producido reacciones distintas a las características de la laterización, solubilizando en gran parte los óxidos de Hierro, Aluminio y Titanio existentes en el meláfiro o en las Tierras Rojas por acción especial del ácido úlmico. Estas arenas y tierras carecen de valor metalúrgico en la actualidad ya que el costo de concentración de los óxidos minerales remanentes sería antieconómico.

5. 2.- Evaluación del yacimiento:

Tomando como base lo mencionado anteriormente y las muestras tomadas en esta primer etapa, la composición promedio de las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes puede fijarse en los siguientes valores promedios:

Al_2O_322,0 %

Fe_2O_319,5 %

TiO_2 1,5

referidos a los óxidos que pueden ser base de procesos metalúrgicos. Tomando como base real aceptable mínima una superficie de 2.900 Kilómetros cuadrados de Tierras Rojas libres de arenas ferruginosas y un manto promedio de solo 2 metros de espesor se llega a una reserva de 5.800.000.000 metros cúbicos que referidos a materia seca- con una densidad aparente de por lo menos 1,5 Toneladas por metro cúbico da un total de 8.700.000.000 Toneladas de las que, aproximadamente, 2.000.000.000 de Toneladas corresponden a Alúmina; 1.670.000.000 al Sesquióxido de Hierro y 130.500.000 al Dióxido de Titanio. Expresadas en sus metales serían:

1.070.000.000 Toneladas de Aluminio ;

1.150.000.000 Toneladas de Hierro ; y

52.200.000 Toneladas de Titanio.

Las Tierras Rojas pueden considerarse como una etapa avanzada de la formación de Bauxita. Prueba de ello que en la misma forma-

ción,mas al Norte en Brasil se producen Tierras Rojas con alto contenido en alúmina y en las Antillas y Guayana ya se encuentran Bauxitas de muy alto contenido en gamma-alúmina que puede ser tratada por el proceso Bayer con soluciones alcalinas. Lo que hace mas valiosas a las Tierras Rojas es la existencia de proporciones apreciables de Ilmenita u otros compuestos de Titanio,libres de Cromo, Vanadio, Tungsteno, etc. que resultan difíciles de separar.

Debe agregarse la posibilidad de identificar yacimientos de limonita parda, subproductos del proceso de laterización de muy alto valor, como el que fuera usado por los Jesuitas en las Fundiciones de la Misión de San Carlos.

6. PLANIFICACION DEL TRABAJO.

6. 1.- Toma de muestras:

Tomando como base el conocimiento del área ya investigada será dividida en tres zonas a los efectos de la toma de muestras:

Zona A.- Abarca las tierras ubicadas sobre la Ruta N° 12, por el Norte hasta el río Paraná y por el Sur hasta 20 Kilómetros;

Zona B.- Las tierras que recorren las Rutas N° 34, N° 39 y N° 38 teniendo como centro a Playadito, llegando a Gobernador Ing. Virasoro y finalmente la Ruta N° 37 e incluyendo el trayecto de la Ruta N° 14 desde el límite Norte de las arenas ferruginosas hasta el límite con la Provincia de Misiones;

Zona C.- Las Tierras comprendidas sobre la Ruta N° 40 desde el límite con la Provincia de Misiones, pasando por el Garruchos al Sur y por la Ruta N° 37 desde Carabí al Oeste.

Las muestras se toman con dos barrenos sonda Helix y las perforaciones hasta 14 metros - en los casos que sea necesario- con barrenos espiral "Helix". Las muestras serán envasadas en bolsas de plástico con la numeración correspondiente a la ubicación de la perforación.

Se harán tres muestras: una para ser utilizada en las determinaciones analíticas, otra que se reserva como control y finalmente la tercera se rá remitida a la Dirección de Minería de la Provincia de Corrientes de acuerdo con sus indicaciones.

6. 2.- Equipo de trabajo en campaña:

El equipo utilizado en esta etapa y que será utilizado en las siguientes para toma de muestras está inte grado por:

- 1 Pick-up Dodge;
- 2 Barrenos zonda Helix de 100 mm Ø
- 1 Barreno espiral Helix ;
- 2 Cajas para mezcla y cuarteo de toma de muestras;
- 2 tamices con agujeros de 6 mm Ø (4 mallas/pulgada ²);
- Palas, picos, aparejos, machetes y demás accesorios de trabajo.

6. 2. 1.- Personal de trabajo en campaña:

En la primer etapa trabajaron en campaña :

- Ingeniero Químico José L. Milia ;
- Ingeniero Químico Andrés Aseguinolaza ;
- Experto Jorge Raúl Federico Milia.

En la etapa definitiva de toma de muestras definitiva el personal se integró con:

- Ingeniero Químico José L. Milia;
- Ingeniero Químico Andrés Aseguinolaza;
- Ingeniero Químico Edgardo O. Ducommun.

6. 2. 2.- Personal de trabajo en Laboratorio:

Para la realización de es te trabajo de análisis y ensayos tecnológicos trabajaron:

- Ingeniero Químico Ricardo Codesal;
- Ingeniero Químico José Luis Milia Carrara ;

Técnico Químico Andres O. Bazán;
Técnico Químico Enrique R. Silva; y
Exp. en Estadística Jorge R.F. Milia.

Los cuatro primeros han tenido a su cargo la parte analítica y posteriormente los ensayos tecnológicos y el último el control y acumulación de la información de campaña y de los resultados de laboratorio para su posterior interpretación.

La ampliación del personal previsto en el contrato dedicado a la realización de este trabajo fue consecuencia de la importancia que se le dió y la necesidad de cumplir dentro de lo posible los plazos estipulados superando los inconvenientes presentados.

7.- METODOLOGIA ANALITICA.

La composición del suelo a los efectos de sus aplicaciones tecnológicas puede ser expresada en porciento de sus óxidos tomando como base la muestra calcinada o deshidratada. En este trabajo se adoptará siempre este criterio. Otra forma aceptable sería expresar los resultados en porcentajes de sus elementos, siempre sobre la base de la muestra en las condiciones mencionadas. La forma de expresar los resultados no tiene relación con los datos que se obtengan, ni con la elección de la metodología analítica. Se adoptó la expresión en forma de óxidos por ser la que mas se presta para la clasificación del mineral como para su aplicación en los ensayos tecnológicos.

El referir los resultados a muestras deshidratadas resulta la forma mas clara y simple para interpretar los resultados especialmente con vistas a su utilización metalúrgica- porque nivela un factor accidental y variable como es la humedad. La pérdida de peso a 100°C se expresa como agua absorbida o humedad, la pérdida entre 100°C y 900°C expresa la cantidad de materia orgánica, materia volátil y agua de combinación en conjunto. Sin embargo, se adoptó finalmente llevar la calcinación solamente hasta 650°-600°C para evitar la formación de alfa-alúmi-

na que es difícilmente soluble en los ácidos y teniendo en cuenta que a esta temperatura ya desaparecen el agua de combinación, las materias volátiles y las orgánicas y la muestra puede ser directamente atacada para la realización de los ensayos.

La preparación de las muestras se hizo en el mismo lugar de extracción, se la pasó por un tamiz de agujeros perforados de 6 mm ϕ , desechándose previamente la tapa de tierra vegetal con alto contenido en materia orgánica. El material extraído se homogeneizó y se tomaron las muestras iguales sobre la base del método de cuartos. En cada bolsa se cargó un kilo de material.

7. 1.- Trabajo en Laboratorio:

El análisis de laboratorio se realizó en base a la llamada Tierra Fina para lo cual se molió el material de manera que pasase por el tamiz malla de 0,16 mm (100 mallas/pulgada²).

De los dos métodos mas corrientes que se utilizan para disolver los elementos que componen este mineral se recurrió al tratamiento en caliente con HF y HClO₄ pues de esta manera la determinación del Fe y del Ti se realiza en la forma mas rápida y precisa, de la misma manera que para el Al.

Los factores que han incidido en la elección de la metodología analítica son: Precisión, velocidad, simplicidad y economía de tiempo y pueden ser considerados los métodos mas en uso en la actualidad. Por lo tanto el sistema a utilizar es el "Semi-micro" (0,100 gr.), análisis mediante técnica espectrofotométrica de absorción (colorimétrica) utilizando un fotocolorímetro Andalí. Las determinaciones se realizarán sobre los siguientes elementos: Si, Al, Fe y Ti.

Otro factor que se tuvo muy en cuenta fue el control del pH adecuado para que las lecturas se ajustasen a valores reales y exactos.

La marcha analítica se desarrollo de esta manera:

Se pesaron 0,100 gr. de la muestra deshidratada, se la calcinó luego de pulverizada y se la atacó con HF y HClO_4 en crisoles de platino colocados en baño de arena a $200-250^\circ\text{C}$ hasta evaporación a sequedad de los ácidos. Era necesario eliminar el HClO_4 para evitar que interfiriera posteriormente en la determinación de Fe. Una vez enfriado el crisol se le agregó HCl y se lo colocó en el baño de arena hasta que hirvió suavemente y se disolviera totalmente el residuo. Como el contenido en Al_2O_3 del mineral es elevado en la casi totalidad de las muestras se debió repetir varias veces el tratamiento con HF y HClO_4 hasta que todo el residuo se disolvió. Una vez obtenida la solución con HCl se la disolvió hasta un determinado volumen. Si el suelo era rico en Ti, este precipitaba produciendo una opalescencia que se redisolvió al calentarla en baño maría en pocos minutos. Todas las muestras produjeron esa opalescencia.

Determinación del Fe y del Ti:

Se utilizó un método con el "Tirón" debido a su simplicidad, rapidez y precisión y teniendo en cuenta que no existía interferencia de otros iones. El color amarillo de la solución de Tirón en presencia de Ti es estable dentro de un rango de pH comprendido entre 4,3 y 4,6 pero el color púrpura que produce el ion Fe^{3+} varía de tonalidad de pH 4,7 a 7 por lo que se trabajó con pH 4,7 para lograr los mejores resultados, puesto que el complejo del Fe presenta un máximo de absorción a 560 m μ y el complejo del Ti presenta su máximo a 300 m μ .

Con el fotocolorímetro Andalí se valora primero la coloración correspondiente al Fe. Esta decoloración se hizo desaparecer con ditionito para evitar que interfiera en la lectura del Ti. Los colores de estos dos metales aumentan con la concentración de los reactivos por lo que es necesario utilizarlos en gran exceso. La lectura se efectuó después de 5 minutos ya que una vez formado el color, aumenta muy lentamente con el tiempo. Los porcentajes se obtuvieron llevando los valores obtenidos a una curva trazada en papel semilogarítmico tanto para el Fe

como para el Ti.

Determinación del Aluminio:

También, teniendo en cuenta su seguridad y sensibilidad se adoptó para este elemento el método con "aluminón" estandarizado por Smith y otros.

Como puede observarse, los métodos analíticos utilizados para estos tres metales tienen pequeñas modificaciones con respecto a los usados corrientemente en los laboratorios o mencionadas en la bibliografía general y especializada. Esto se debe a que los métodos preconizados en esa bibliografía se refieren a productos que se encuentran en condiciones corrientes, lo que no sucede con las Tierras Rojas.

El color rojo del Aluminón se desarrolla lentamente como consecuencia de la formación de un producto quelado, aproximadamente después de los 20 minutos de agregado el reactivo a un pH 4,2 y a temperatura ambiente. También aquí se controló la exactitud el pH ya que si era menor el color se desarrolla muy lentamente y si es mayor resulta demasiado intenso. La separación del Aluminio de los demás iones se hizo agregando $\text{NH}_4\cdot\text{OH}$ y seguido por una separación con NaOH . La lectura en el fotocolorímetro Andalí se realizó a 520 m y, también por comparación con la curva patrón en papel semilogarítmico se determinó el porcentaje de ese elemento.

Determinación de la Sílice:

En el ataque HF-HClO_4 la sílice se vaporiza por lo que se determina por pérdida de peso.

8.- PLANOS DEMOSTRATIVOS.

8.1.- Plano n° 1:

Ha sido realizado en base a un plano esquemático de la Red Caminera de la Dirección Provincial de Vialidad de la Provincia de Corrientes. Los caminos recorridos en el trabajo preliminar de ubicación han sido marcados en trazo grueso negro.

8. 2.- Mapas N° 2 y N° 3.-

Está confeccionado en base a las planchetas del Instituto Geográfico Militar N° 2757-29; 2757-30; 2757-35 y 2757-36 para el primero y N° 2957-5; 2957-6; 2957-11 y 2957-12 para el segundo. En ellos se ha delimitado la ubicación de las Tierras Rojas mediante un trazo grueso negro y la posición de los lugares donde se tomaron estas primeras muestras indicando la Ruta y N° de origen.

8 . 3.- Mapa N° 4:

Corresponde al extremo Noreste del Mapa realizado en 1929 por los Dres G. Bonarelli y E. Longobardi mencionado anteriormente en el que se ha marcado con línea de trazos gruesos la zona que, de acuerdo con las observaciones realizadas ocupan las Tierras Rojas y en cuadrículado el total de suelos Lateríticos y Sub-Lateríticos. Las diferencias radican en la interpretación de estos dos términos pero es posible que se deban a las menores facilidades y mayores dificultades existentes hace cuarenta y cinco años para realizar la exploración.

9.- CONSIDERACIONES FINALES.

De acuerdo con las observaciones realizadas será posible determinar la aptitud de estas tierras para su aprovechamiento industrial, estableciendo los métodos posibles para la obtención de Aluminio, Titanio y Hierro en forma económicamente rentable y estableciendo las condiciones de infraestructura necesarias para su viabilidad: Energía, Combustibles, Medios de transporte, Mano de obra, etc. surgiendo al mismo tiempo el aprovechamiento de productos de la zona para ser usados en estos procesos.

9. 1.- Aunque la primera evaluación de los recursos minerales disponibles es apreciablemente promisor, uno de los objetivos de este trabajo es confirmar la teoría de la existencia de una fuente de Mineral de Hierro de apreciable título tal como lo hace suponer la información Histórica recogida.

9. 2.- Las conclusiones de esta primera parte del trabajo no son defi
nitivas y solo han servido para establecer la metodología a utilizar en
la investigación de las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrien
tes.

Los trabajos que se realizaron en la Segunda Etapa comple-
tarán con una primera exactitud, o aproximación, suficiente como para en
carar estudios y ensayos de mayor envergadura en planta piloto a escala
semi-industrial que es la que debe dar los parámetros definitivos y es-
tablecer una factibilidad que se presenta sumamente promisor.

-----0-----

ESTANCIA SAN BORDITA

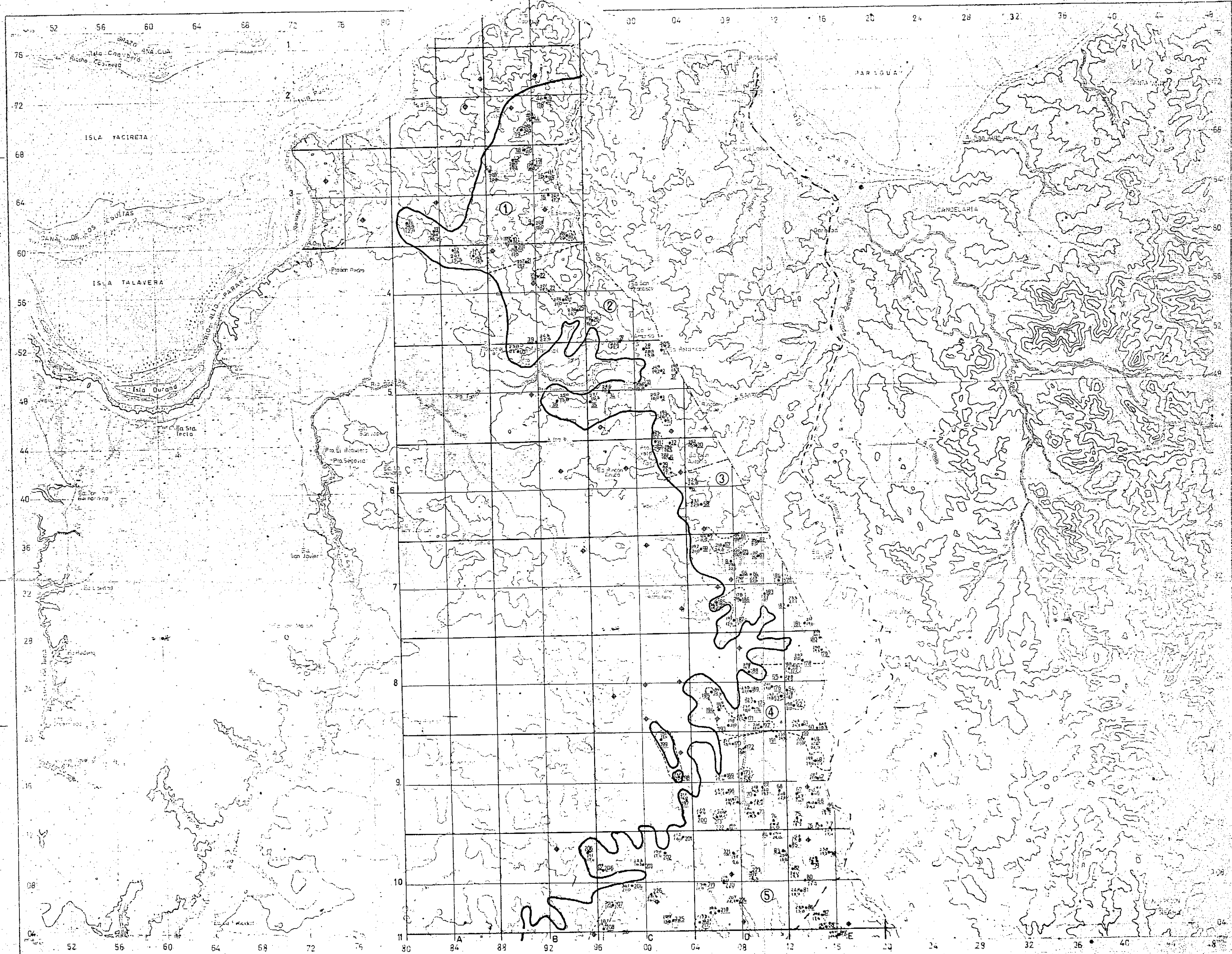
POSADAS

PASO CAA-CARAY

ARISTOLES

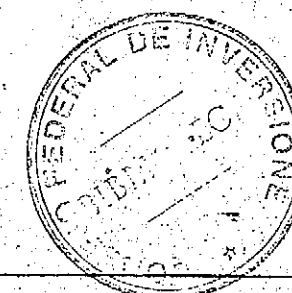
JOSE MILIA
ESTADO DE LA TIERRA COLONIAL DEL
MONASTERIO DE LA PROVINCIA DE MISIONES

HOJA Nº 37

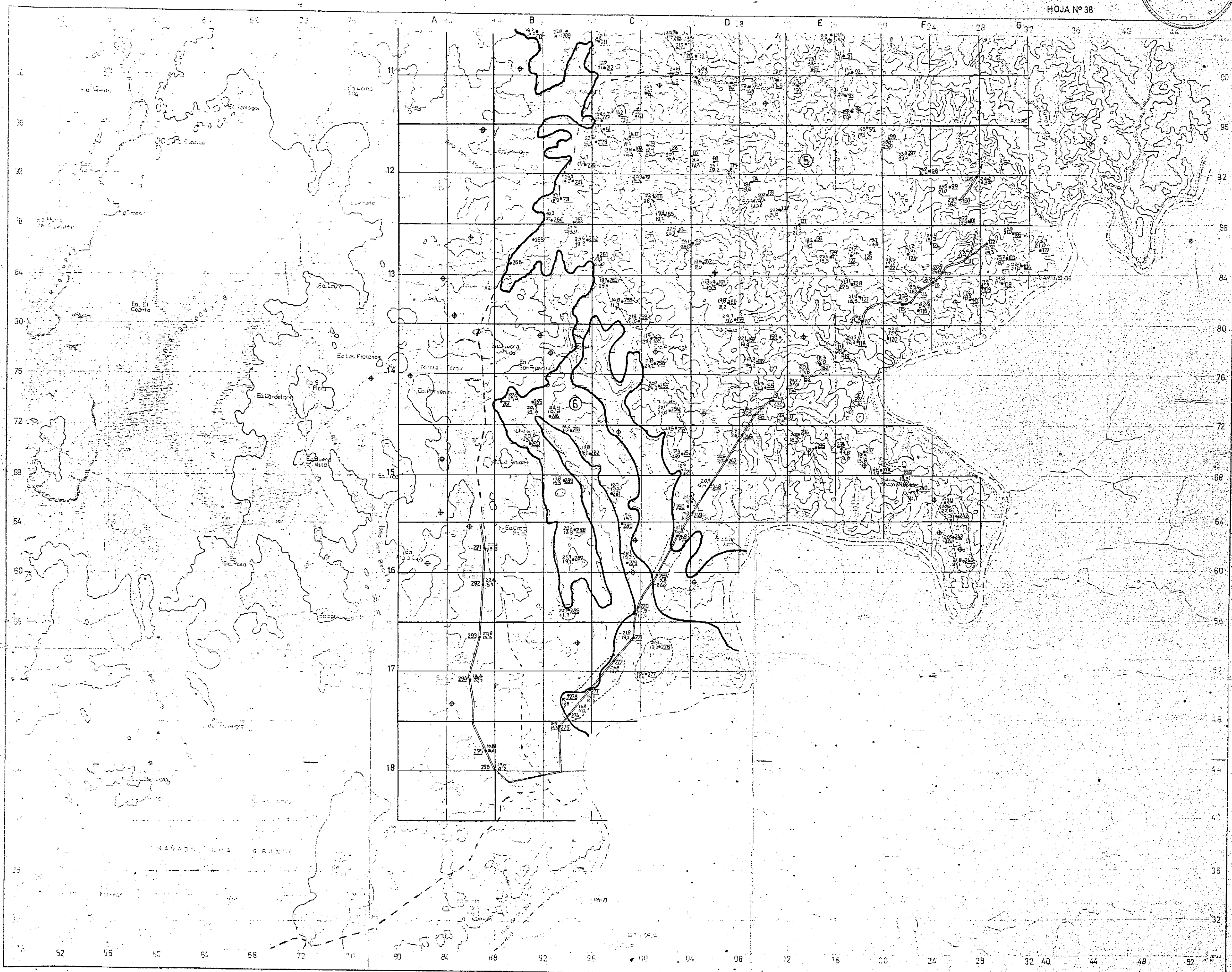


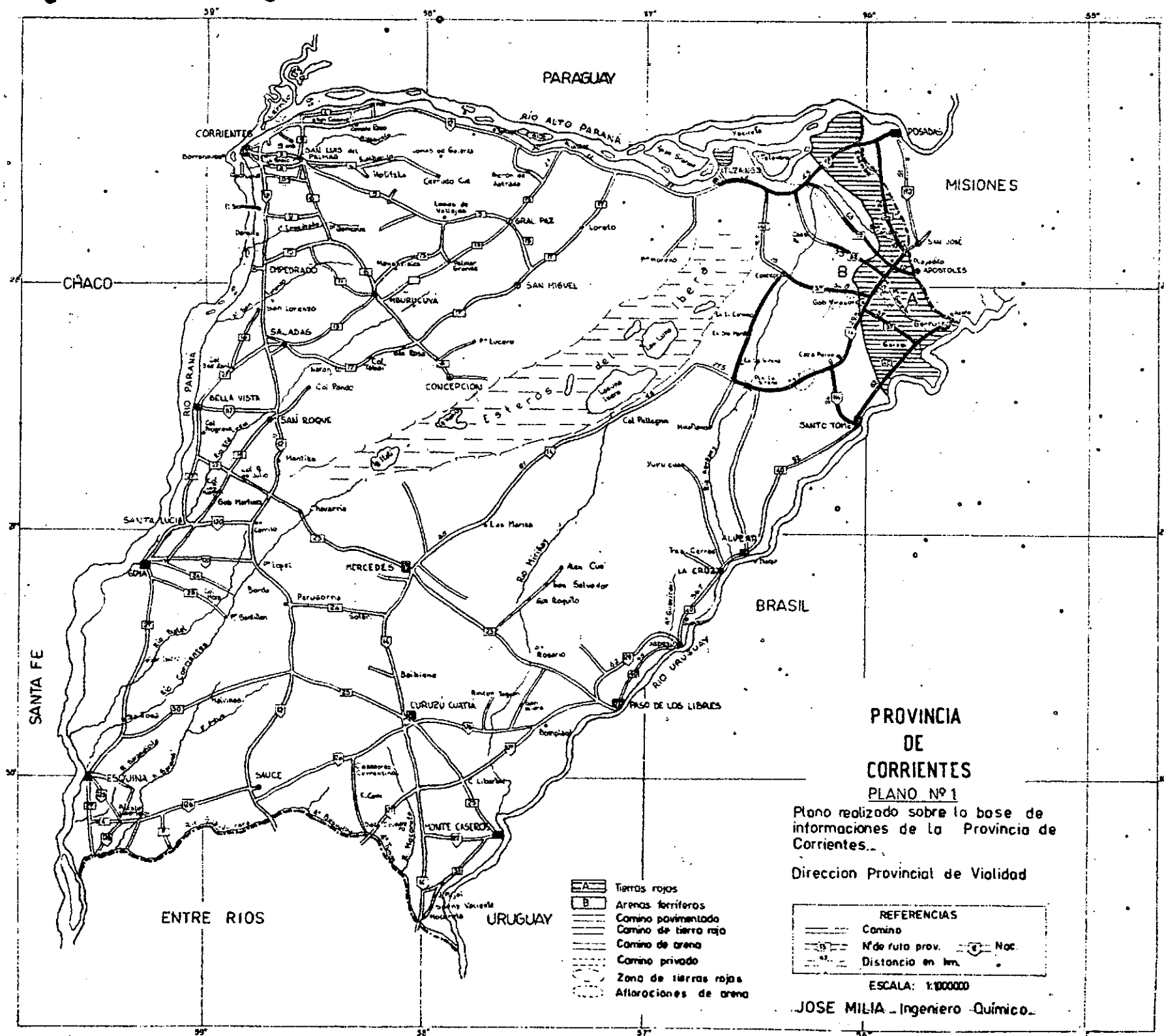
ESCALA: 1:222.222

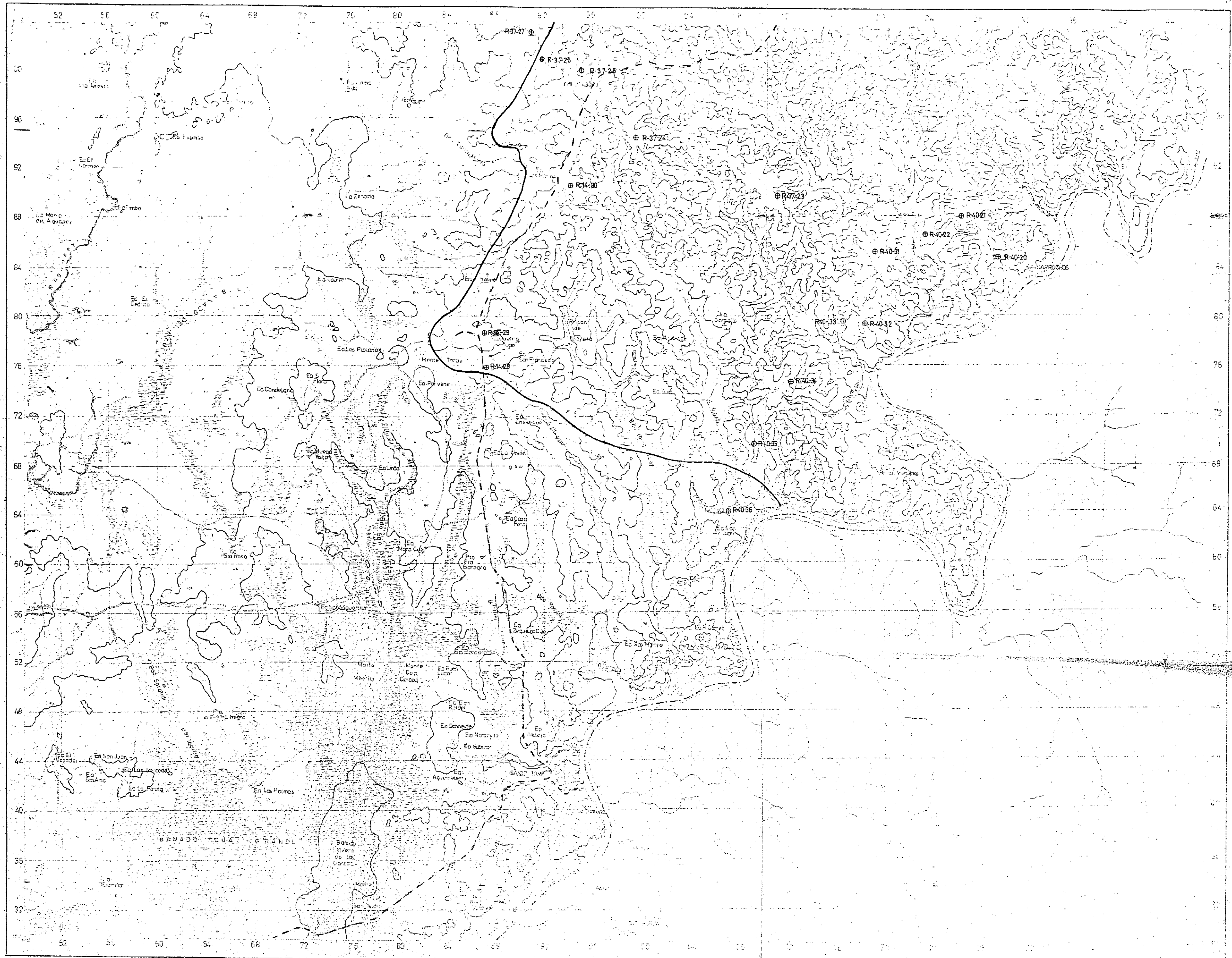
PLANO Nº 5
• Muestras no representativas
• Muestras analizadas



HOJA Nº 38







S E G U N D O I N F O R M E

10.-CONSIDERACIONES GENERALES.10. 1.- Condiciones generales en la realización de los trabajos:

La realización de los trabajos de campo para un estudio de la naturaleza del que se ha efectuado puede verse afectada por factores imprevistos que influyen en distintos aspectos de su concreción y exigen una adecuada interpretación de los resultados, tanto como ajustar la metodología prevista a las condiciones existentes en el medio en que se desarrolla. Entre estos factores, las variaciones climáticas son las mas importantes especialmente en zonas donde la red caminera no está pavimentada, afirmada o mejorada y cuando el desagüe natural supera la capacidad de eliminación de las aguas de lluvia. Este problema se agiganta cuando se trata de tierras con acentuadas características arcillosas como son las que eran tema de estudio.

La programación de este trabajo se realizó antes del mes de mayo de 1972 en que fue presentada la propuesta, previendo -en lo que a trabajo de campaña se refería-, sería realizado dentro de los tres meses, es decir, durante los meses de Julio a Agosto que se caracterizan por corresponder a un período de sequía o, por lo menos, de reducidas precipitaciones pluviales.

El convenio fue aprobado definitivamente en los últimos días del mes de Diciembre de 1972 y el comienzo de las tareas tuvo lugar en la Segunda quincena del mes de Enero de 1973. Aunque ya en esos días se produjeron precipitaciones pluviales copiosas el primer informe

fue presentado dentro del plazo establecido ya que salvo la ubicación del campo de trabajo, la parte principal del informe fue realizada en bibliotecas y laboratorio, oficinas estatales y privadas, etc. en la requisita de información bibliográfica.

No sucedió lo mismo cuando se debió salir a campaña. Desde los primeros meses de 1973 las condiciones meteorológicas fueron anormales, como son de público conocimiento, registrándose lluvias abundantes que superaron los índices normales, distorsionando el plan de trabajo programado. Como ejemplo basta mencionar que la isoyeta zonal está determinada entre los 1.800 y 2.000 milímetros anuales lo que equivale a una precipitación media mensual de 180 milímetros (deducidos los meses de sequía mencionados) cifra ampliamente superada en el período de trabajo.

10. 2.- Influencia sobre el programa de trabajos:

En condiciones normales las lluvias se presentan en forma continuada pero alternándose con días buenos. El período entre una y otra lluvia es suficiente como para que la acción de la temperatura y la facilidad de escurrimiento del agua permitan el desplazamiento de estas y así los caminos nacionales, provinciales o privados y el interior de los campos se encuentran en condiciones de ser transitados en un plazo de quince a veinte horas, por lo que cualquier paralización es momentánea y se limita exclusivamente a ese día.

Lo sucedido en ocasión de la realización de este trabajo fue diferente. Las lluvias alcanzaron intensidades extraordinarias, fuera de lo normal, con duración de tres y más días. Corrientemente el agua que cae inicialmente forma con la tierra que constituye el estrato superficial (0,3 a 0,6 metros como máximo) una capa casi impermeable como consecuencia del hinchamiento de los sílicoaluminatos y de la alúmina libre que la constituyen. Las capas inferiores reciben solamente por filtración una pequeña cantidad del agua caída que es la que mantie

ne la Humedad normal del manto de Tierra Roja propiamente dicho entre el 12 y el 24 por ciento. Pero en esta ocasión el exceso de agua se lubilizó los geles formados en la capa superior con los sílicoaluminatos y la Alúmina, sobre todo cuando llovía sin haber desaparecido los efectos de la lluvia anterior. En estas condiciones la movilidad en los caminos y dentro de los campos se vio dificultada; en los caminos el mal estado se acentuó por el tráfico de vehículos pesados. Esto impidió al equipo técnico la toma de muestras en el plazo y forma programados y en ocasiones los tuvo aislados por varios días en la zona de trabajo. Puede calcularse que como consecuencia de estas condiciones anormales, se perdieron casi cincuenta días de trabajo efectivo.

10. 3.- Influencia sobre la toma de muestras:

La profunda penetración del agua, alcanzando las capas profundas de las Tierras Rojas, influyó poderosamente sobre las características de las muestras.

Como se explicó antes, el agua inicial produce una gelificación de la capa superior que impide la penetración de grandes cantidades por ser casi impermeable y facilitando el escurrimiento rápido hacia arroyos y ríos que son sus canales normales de desagüe, especialmente en la zona N.E. de la Provincia de Corrientes donde existen declives pronunciados. Este proceso se acentúa cuando las lluvias son intensas pero cortas en su duración. En este caso, durante el período de trabajo, fueron prolongadas y continuas, especialmente en los últimos días del mes de Abril y la casi totalidad de Mayo. De esta manera el agua en exceso diluyó los geles de la capa superior, la atravesó y llegó a las inferiores que sufrieron el mismo proceso de gelificación e hinchamiento, condiciones en las que la utilización de las palas helicoidales para la toma de muestras se hizo difícil y originó demoras no previstas.

El agua que había penetrado profundamente, en condiciones normales se acumula sobre la capa de meláfiro formando una napa acuí-

fara. Pero en cambio y como consecuencia del enorme exceso de agua se encontraron con pequeñas diferencias napas secundarias intermedias que impregnaban la tierra. Las muestras tomadas en estas condiciones presentaron un tener excepcional de humedad que superó casi siempre el 20 por ciento y en algunos casos llegó al 60 por ciento.

10. 4.- Selección de los lugares de tomas de muestras:

Como este trabajo

tiene por objeto fundamental determinar la posibilidad de industrialización de las Tierras Rojas, en las tomas de muestras se ajustó el trabajo a este criterio aplicando los siguientes conceptos:

10. 4. 1.- Por su alto contenido en piedras, pedregullo, canto rodado, etc., se consideraron no representativas las muestras correspondientes a determinadas ubicaciones porque se consideró que por esa causa se requerirían operaciones especiales de clasificación, molienda e industrialización que harían antieconómica su explotación. (Dichos pozos han sido marcados en los mapas con un círculo cruzado y para no hacer mas complejas las planillas no se les asignó número). Puede decirse que esos pozos establecen el límite de las Tierras Rojas.

10. 4. 2.- Salvo en unos pocos casos especiales, no se tomaron muestras en las zonas bajas porque en esos lugares las condiciones existentes no son aceptables por el alto contenido en materia orgánica, el espesor del manto es reducido, la humedad es muy elevada, existe una cantidad grande de piedras pequeñas arrastradas por el agua y por lo tanto las posibilidades de extracción para el muestreo como para una posible explotación industrial resultan desde todo punto de vista inconvenientes.

10. 4. 3.- Se tomaron 296 muestras útiles en zonas altas con cotas mayores de 105 metros desde San Carlos al Norte y de 85 a 90 metros de San Carlos al Sur. Al redactar los informes se trató de darles una forma coherente y de esa manera hubo una limitación mencionando solo los aspec-

tos relevantes del trabajo atinentes al objeto final del mismo. En realidad el número de muestras tomado supero apreciablemente el establecido en el contrato.

Al redactar el informe se ha tratado de darles una forma coherente y de esa manera solo se mencionan los que interesan a los fines tecnológicos del trabajo en las citadas tablas. Es decir que se mencionaron solamente las muestras positivas y se menciona que se desecharon 69 por "no representativas" porque el material pétreo -disgregado o no- no podía considerarse como Tierra Roja. La descripción del total de trabajo de muestreo se realiza nuevamente en el Informe Final (Zonas de Explotación).

Pero hubo una cantidad importante de pozos que si bien presentaban un color Rojo característico, al palparse la muestra se llegó a la conclusión que se trataba de un material totalmente distinto: En algunos casos tenía la apariencia de un material gredoso pardo obscuro como el que puede observarse en la fotografía adjunta al informe final que se tornaba arenoso al secarse o eran arenas de acentuado color rojizo, en otros casos el contenido de piedras finas y medianas era importante junto con la arena ferruginosa. Estas muestras fueron desechadas salvo alguna que se mantuvo en depósito como demostración.

Se considera que el texto correspondiente al Informe Final dejará perfectamente en claro estos conceptos.

Las muestras se tomaron con intervalos de 1,3 a 1,6 Kilómetros y cuando coincidían con bajos a algo mayor distancia.

Teniendo en cuenta el conocimiento de las características de la Tierra de que se disponía, se prefirió tomar las muestras en las lomas que es donde se encuentran las mayores acumulaciones. Sin embargo en algunos casos, -y por lo general a cotas muy elevadas (por ejemplo: los pozos 88 y 89 con una cota de 177 metros)- se encontraron piedras superficiales o la roca desnuda debido seguramente, como ya se ha men-

cionado, a la erosión causada por los vientos y la lluvia. La ubicación de los pozos se muestra en su exacta localización en los planos de páginas N° 37 y N° 38.

10. 4. 4.- Por las consideraciones referentes a los problemas de las tomas de muestras, la profundidad de los pozos realizados estuvo dentro de un promedio de 1,20 metros. Este criterio fue analizado sobre el terreno con el Licenciado Delupi quien lo aceptó aconsejando seguir el trabajo en esa profundidad, que debe entenderse libre de destape de Tierra Vegetal (0,6 a 0,8 metros). Sin embargo se aprovecharon circunstancias especiales (cortes de tierra, zonas de Tierras blandas, etc.) de las que se pudieron extraer a profundidades mayores que se han indicado en la planilla de resultados.

Debe tenerse en cuenta que dada la homogeneidad del manto, las muestras tomadas en estas condiciones se ajustan a valores absolutamente reales, sobre todo si se tiene en cuenta el mencionado destape de Tierra Vegetal que fue previamente separado con respecto al nivel superior de la muestra tomada.

10. 5.- Envasamiento de las muestras:

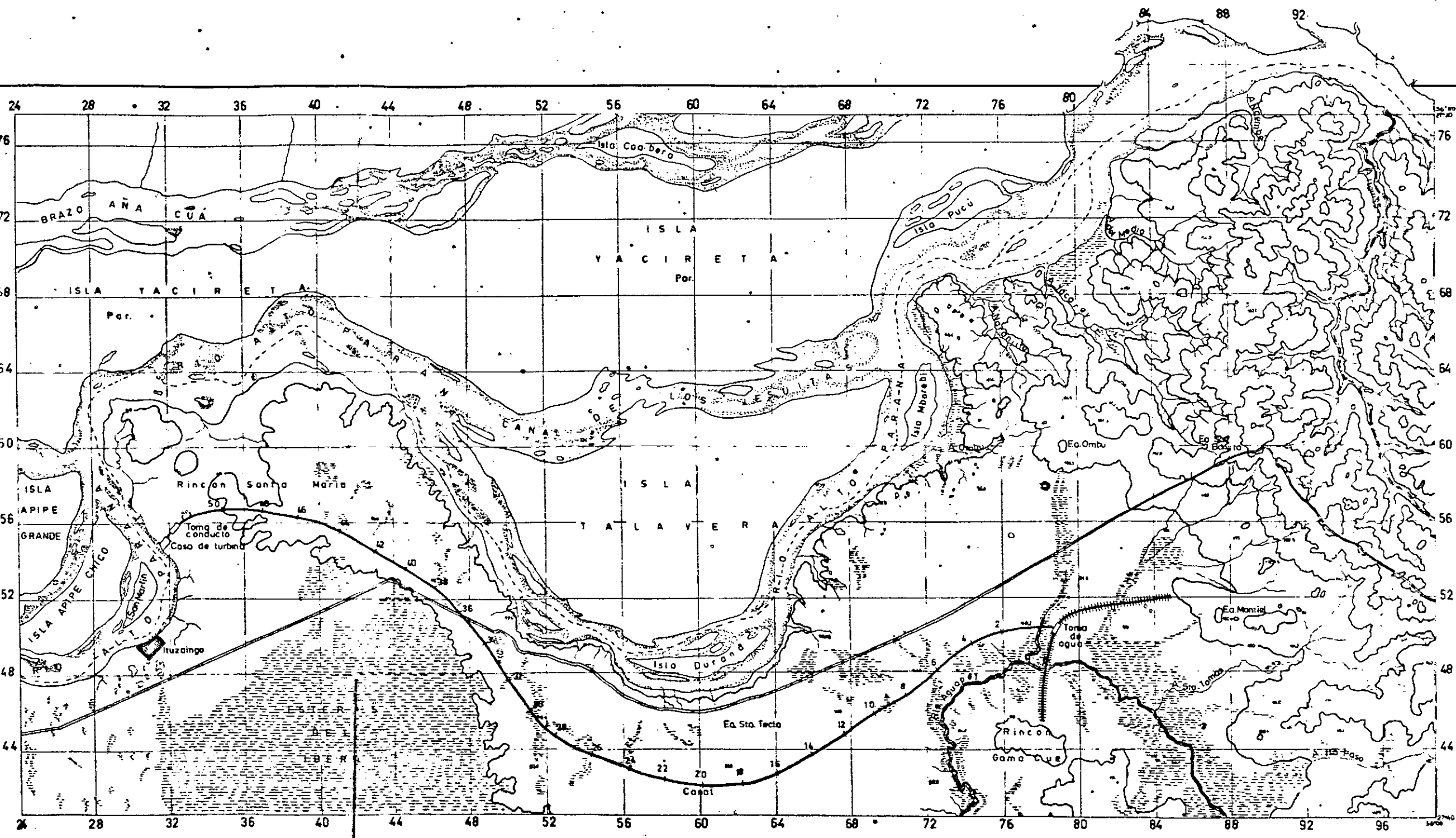
En cada caso se extrajo el material con las palas helicoidales y como la Tierra Roja se pegaba a ellas por la humedad, se la separaba con palas de mano especiales; se la desmenuaba pasándolo por un tamiz expresamente construido en chapa y con agujeros de 6 milímetros de diámetro, desechando grumos y mezclando por cuartos en la forma prevista en (6.1.) del Primer Informe, tomándose la cantidad necesaria para formar las tres muestras típicas que envasaron en bolsas herméticas de material plástico. Se ha podido comprobar que el material extraído y envasado en esa forma conservó sus características originales dos meses después de cerrado hermeticamente.

10. 6.- Estimación de la profundidad del manto de Tierra Roja:

No obs-

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

PLANO 19-5-1



Mineral

2000

Mineral	Carga
Al_2O_3	410
Fe_2O_3	358
TiO_2	20
SiO_2 e ins.	982
H_2O y vol.	230
Total	2,000

SEPARADOR
MAGNETICO

Mineral	Carga
Al_2O_3	276
Fe_2O_3	276
SiO_2 e ins.	977
H_2O y vol.	224
Total	1,881

REACTOR DE MODIFICAC
1,0°C

Contenido del Reactor	
Al_2O_3	931
Fe_2O_3	313
SiO_2 e ins.	977
H_2O	7.135
SO_3	1.352
Total	10,708

EVAPORADOR - FLASH

HIDROCICLON

Alimentación	
Al_2O_3	265
Fe_2O_3	197
SiO_2 e ins.	557
H_2O	1.163
SO_3	181
Total	2,363

REACTOR DE DIGESTION
190°C

Contenido del Reactor	
Al_2O_3	578
Fe_2O_3	313
SiO_2 e ins.	977
H_2O	6.917
SO_3	1.366
Total	10,151

EVAPORADOR - FLASH
3 Etapas

HIDROCICLON

FILTRO ROTATIVO

Licor ex-Digestión	
Al_2O_3	527
Fe_2O_3	37
H_2O	6.431
SO_3	1.352
Total	8,347

Lodo a Desecho	
Al_2O_3	3
Fe_2O_3	2
SiO_2	903
H_2O	1.235
SO_3	16
Total	2,159

480 kg vapor

Acumulador de vapor
510 kg vapor a 170°C

Acumulador de vapor
1,720 kg vapor a 250°C

Titanomagnetita	
Al_2O_3	6
Fe_2O_3	82
TiO_2	20
SiO_2 e ins.	5
H_2O	6
Total	119

HORNO DE DESHIDRATAC
NAS

HORNO DE CALCINACION
de NAS

Gases de Calcinación	
CO_2, CO, O_2	2.873
Al_2O_3	1
SO_3, SO_2, O_2	453
Total	3,327

Caldera de Calores
Perdidos

Gases de Combustión	
CO_2, CO, etc	3.123
H_2O	843
Total	3,966

Alfa-ALUMINA

510 kg
170°C

Proceso de Contacto
y Caldera Recup Calor

Acido Sulforico	
SO_3	629

110°C

FILTRO KELLY A PRESION

Licor ex-Modificac.	
Al_2O_3	600
Fe_2O_3	30
H_2O	5.386
SO_3	1.139
Total	7,155

TANQUE DE
REDUCCION

Licor Reducido	
Al_2O_3	600
Fe_2O_3	30
H_2O	5.386
SO_3	1.140
Total	7,156

REACTOR DE HIDROLISIS

Conten. React. Hidrolisis	
Al_2O_3	741
Fe_2O_3	30
H_2O	6.107
SO_3	1.140
Total	8,018

EVAP. MULTIFLASH
(7)

EVAP. FLASH DE VACIO

Licor ex-Hidrolisis	
Al_2O_3	741
Fe_2O_3	30
H_2O	3.967
SO_3	1.140
Total	5,878

INDIFUG. FUSION TYPE

Sulfato Basico de Al	
Al_2O_3	424
Fe_2O_3	453
H_2O	241
Humedad	190
Total	1,308

Vapor 170°C 30

Vapor a 250°C 361

Titanomagnetita 119

Gases de Combustión 3,966

Alfa-ALUMINA 352

Gases a Chimenea 2,873

Gases de salida 2,874

Acido Sulforico 629

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

Gases a Atadef 22

Vapor de escape 1,502

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

uel Oil

ire

Balance de Materiales del proceso al H_2SO_4 sobre la base de separación de sulfato básico de aluminio (B.A.S.)

Fig 16.3-3-2

----- Circuito de producción del BAS
----- Residuos ferricos
----- Licor ácido de proceso
----- Combustibles, gases de combustión y azufre
----- Materiales de desecho

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

ESTUDIO DE LAS TIERRAS ROJAS
DEL R.F. DE LA FLOV. COPIRINTA
Balance de Materiales
Proceso al Sulfato básico
AGOSTO DE 1973

tante lo mencionado en (10.4.3. y 10.4.4.), se ha podido comprobar la e xistentecia de mantos de Tierra Roja con espesores superiores a los 18 metros pero perforaciones que se realizaron a poca distancia en algunos casos no permitieron pasar de 1 metro pues se encontró la capa de meláfiro. En otras ocasiones pudo establecerse también la existencia de grandes mantos que se comprobaron teniendo en cuenta la profundidad de pozos para agua y cortes artificiales. El análisis de estas o bservaciones permite establecer que los mantos muy profundos son a ccidentales y están provocados por pliegues mas o menos grandes, o por grietas y fracturas de la base de meláfiro. También es importante tener en c uenta la posibilidad de existencia de dos o mas pliegues de la roca base en determinados lugares.

Como resultado es posible establecer en forma a preciablemente conservadora que en los lugares situados a cotas superiores a las mencionadas en (10.4.3.) existe un manto de Tierra Roja muy h omogéneo cuyo espesor oscila entre los 2 y 6 metros, libre de destape de T ierra Vegetal, y con un promedio de 3,5 metros.

Para llegar a esta conclusión, además de los datos obtenidos por los medios disponibles y la observación y valoración de los integrantes del equipo, se tomaron referencias para confirmar si ese valor era aceptable para lo que se recurrió a consultas a los pobladores, c onsideración de la profundidad de pozos existentes y en perforación, c omparación con cortes realizados para la construcción de caminos, examen visual de los bajos anteriores y posteriores a los lugares de toma de muestra, etc. los que confirmaron la citada estimación y aún la fijaron como m y conservadora, es decir que la profundidad media era mayor.

De esta manera también se han podido confirmar las d eterminaciones de los mantos profundos mencionados, los que deben ser considerados como excepcionales. Tal es el caso de un pozo en Carmen de Itaembé que se perforaba para extraer agua y en el que se había llegado

a 16 metros sin encontrar signos de proximidad de la roca. Pero en un pozo para toma de muestra (N° 15) perforado a menos de 1.000 metros apenas se pudo llegar a 1,20 metros (libre de destape) encontrándose directamente el meláfiro y a 150 metros se visualizaban gran cantidad de piedra y roca viva, no obstante lo elevado de la cota (125 metros).

Como conclusión, dentro de los términos mencionados, puede aceptarse como espesor promedio, libre del manto de Tierra Vegetal, los 3,5 metros antes mencionados y, en consecuencia, es lógico estimar que existe una amplísima reserva de materia prima como para asegurar el funcionamiento durante un plazo muy largo de una o varias grandes plantas industrializadoras.

10. 7.- Influencia sobre los datos analíticos:

10. 7. 1.- Humedad:

El anormal exceso de agua en las muestras hizo necesario establecer claramente el concepto de humedad de acceso normal a una planta industrializadora. Para ello se recurrió a una comparación con los resultados obtenidos en trabajos similares y a la forma de manipulación corriente en industrias de este tipo. De esta manera se ha llegado a establecer un concepto adecuado a los fines de este trabajo.

Si se tiene en cuenta que el objetivo final es determinar la factibilidad del aprovechamiento industrial de las Tierras Rojas, cualquier cálculo sobre procesos extractivos carecería de exactitud pues se lo basaría en condiciones excepcionales muy fluctuantes. Ubicado así el planteo, debe suponerse que el diseñador de una planta industrializadora tomará sus previsiones normales para el funcionamiento de la planta en forma continua para lo que incluirá en el complejo industrial la instalación de un depósito cubierto de materia prima en previsión de situaciones excepcionales como las ocurridas durante la realización de este trabajo. En estos depósitos, cualquier exceso de agua sobre lo normal (12 a 15 por ciento) se elimina por acción de la gravedad y también

por la evaporación causada por la circulación de corrientes de aire en un plazo muy breve.

De acuerdo con este criterio se tomó parte de las muestras a analizar, se las abrió en un local que se mantuvo a una temperatura entre 8 y 22°C y la humedad relativa ambiente osciló entre el 65 y 90 por ciento, dejándolas así durante 72 horas. Estas condiciones se consideraron apreciablemente mas desventajosas que las existentes en condiciones normales en los yacimientos de Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes, estandarizando así las muestras de mineral entre un mínimo de 12 por ciento y un máximo de 17 por ciento, con un promedio de 13,5 por ciento, valores que son los utilizados en estudios posteriores.

10. 7. 2.- Humedad a 100° - 105°C :

La humedad se determinó sobre una muestra de 10 gramos calentada a 105°C durante 5 horas.

A diferencia de lo recomendado en algunas bibliografías que aconsejan una retención de 12 horas hasta obtener pesada constante, se pudo establecer experimentalmente que con solo 5 horas los datos obtenidos eran lo suficientemente estables y adecuados a los fines de este trabajo.

10. 7. 3.- Densidad aparente:

Para esta determinación se pesó 100 mililitros de Tierra Roja que pasaba por el tamiz malla 4 en las condiciones mencionadas en (10.7.1.).

10. 7. 4.- Color de la muestra:

Es el color que corresponde a la muestra en el momento de la extracción. Es importante destacar que cuando la muestra tiene un color muy obscuro, mas que una característica de alto contenido en sesquióxido u otro óxido de hierro, se origina en un elevado tenor de humedad y, en ciertas condiciones, llega a adquirir una fluc-

rescencia violácea que desaparece al bajar el contenido en agua a menos del 20 por ciento. Ya, a este grado de humedad -o mas abajo- la Tierra adquiere un color característico marrón rojizo cuyo tono varía de acuerdo con el contenido en sesquióxido.

10. 7. 5.- Pérdida a 650°C:

Se realizó calentando 10 gramos de mineral en un crisol de porcelana colocado en una mufla a 650° durante 2 horas. La pérdida por calcinación expresada en porcentaje sobre el material de secado a 105°C representa el contenido del mineral en agua de cristalización mas la pérdida por volatilización del material orgánico.

10. 7. 6.- Cambio de color:

Se determina el color de la muestra después de la calcinación y se lo compara con el color original. Es importante destacar la relación que existe entre el color final y el contenido en Fe_2O_3 : Cuanto mas alto es este, mas rojizo es el color final.

10. 7. 7.- Separación magnética:

Se realizó sobre material desecado a 105°C. Debido a la elevada capacidad magnética de la Titanomagnetita y de la Magnetita y la mediana de la Ilmenita se separa una cantidad proporcional al contenido del mineral y es una forma de estimar con alguna aproximación la cantidad de Ilmenita y Titanomagnetita existentes para los casos en que resulte conveniente la industrialización del Titanio.

10. 7. 8.- Determinación de Al_2O_3 , Fe_2O_3 y TiO_2 :

Estas determinaciones se realizaron de acuerdo con la metodología descripta en el Primer Informe.

10. 7. 9.- Sílice e insolubles:

Luego de estudiar la composición del residuo de material insoluble se llegó a la conclusión de que estaba formado casi exclusivamente por SiO_2 , careciendo de utilidad, a los fines de

este trabajo, la determinación de algún otro elemento. Sin embargo debe destacarse que un ensayo cualitativo realizado sobre varias muestras reveló la presencia de vestigios de Hafnio.

10. 7. 10.- Relación Al_2O_3/Fe_2O_3 :

La tabulación de esta relación ha sido agregada por la importancia que tiene en la determinación de la orientación final del proceso de industrialización: Aluminio o Hierro.

10. 7. 11.- Granulometría del material desecado:

Aunque se realizó sobre material desecado a $105^{\circ}C$ no se ha incluido en la tabulación por la constancia de los valores obtenidos. En el material bruto pasa el 82 por ciento por el tamiz malla 4 (4,76 mm.); el 11 por ciento por el tamiz malla 10 (2,00 mm.) y el 5,3 por ciento por malla 20 (0,841 mm.). Mas estables fueron los resultados sobre material calcinado y molido: Pasa el 100 por ciento por malla 100 (0,149 mm.); 70 por ciento por malla 120 (0,105 mm.) y 3,5 por ciento por malla 200 (0,074 mm.).

11.- RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES ANALITICAS.

La posición de los pesos ha sido establecida en las planchetas de páginas N° 37 y 38 indicando el número que corresponde a cada uno de los investigados analíticamente y marcando con un círculo cruzado los "no representativos". Los resultados analíticos han sido llevados a la tabulación en las planillas de páginas 43 a 54 pero en las planchetas, al lado de cada peso, se ha indicado en la parte superior el porcentaje en Alúmina y en la inferior el de Sesquióxido de Hierro.

11. 1.- Interpretación de los resultados de los análisis realizados:

Para una adecuada interpretación de los resultados obtenidos es necesario compararlos con los que se conocen referidos a trabajos anteriores en esta y otras zonas de la República Argentina.

RESULTADO DE ANALISIS

JULIO de 1973

Jose L. Millie, Ing. Geo

NÚMERO	UBICACION	PROFUNDIDAD		HUMEDAD	DENSIDAD	COLOR	PERDIDA A 650°C	CAMBIO DE COLOR	SEP. MAG.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ insol.	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	OBSERVACIONES
		EXTRAC.	HASTA ROCA MADRE												
Nº		(m)	(m)	%			%		%	%	%	%	%		
1	C5-Rta 34-0,5 Km de límite	1,2	12,0	13,9	1,025	Rojo	8,5	R.Claro	13,6	25,5	19,2	2,1	53,2	1,32	a 50m. pozo de agua de 15 mts.
2	C5- " " - 2,4 " " "	1,2	9,0	14,1	1,002	"	8,3	"	14,2	24,9	19,2	2,3	53,8	1,29	
3	C5- " " - 5,1 " " "	1,3	6,0	14,2	1,045	"	9,4	Ocre	10,9	25,2	16,0	1,8	57,0	1,57	
4	C5- " " - 7,4 " " "	1,0	1,5-2,0	14,9	0,946	"	7,9	"	15,4	19,4	26,7	2,7	51,2	0,72	a 1 m. de prof. pedregullo
5	C4- " " - 9,5 " " "	0,8	1,0	15,1	1,130	Grís	8,1	Grísaceo	18,9	20,2	18,1	2,9	58,8	1,11	"Rad"-Afloramiento de agua
6	B6- " " - 12 " " "	1,2	3,0-4,0	14,8	0,911	Rojo	9,1	R.Claro	13,1	22,4	24,8	1,9	50,9	0,90	
7	B7- " " - 15,4 " " "	0,5	1,0	13,8	1,101	R. gris	8,7	Rojo	7,5	9,9	11,5	1,1	77,5	0,86	Gran cant. de piedras y agua
8	B7- " " - 18,4 " " "	1,4	15,0	15,1	0,993	Rojo	8,4	R. pal.	15,4	21,6	22,5	2,2	51,7	1,05	a 50mts pozo agua a 20 mts.
9	B3- " " - 12-3,7 " " "	1,2	12,0	15,6	0,875	Rojo	9,2	"	18,1	24,5	16,0	2,7	56,8	1,53	
10	B3- " " - 6,5 " " "	0,5	0,5	14,9	0,950	R. gris	8,3	Rojo	11,9	17,9	11,0	3,4	67,7	1,62	Gran cant. de piedras
11	A4- " " - 8,6 " " "	0,5	0,5	14,9	1,033	"	7,8	"	19,5	19,3	15,3	3,1	62,3	1,26	" " " "
12	A4-Camino a Ombá Chico Km 1,6	1,0	1,0	15,3	0,956	"	8,1	"	18,7	24,1	15,3	2,8	57,8	1,57	Afloramiento de agua
13	A3- " " " " Km 4,4	1,4	9,0	15,8	0,944	Rojo	8,7	R. claro	15,9	22,4	19,2	2,5	55,9	1,16	
14	A3- " " " " Km 7,4	1,0	1,0	14,7	0,942	R. gris	9,1	Rojo	21,2	25,5	12,4	3,2	58,9	2,05	Piedras
15	B3-Entra a C. de Itacambé Km 0,7	1,2	3,0	15,6	0,930	Rojo	9,4	R. claro	14,1	26,4	17,7	2,0	54,4	1,49	a 200 mts pozo agua de 7 mts
16	B3- " " " " Km 2,3	0,5	0,5	16,1	1,003	"	7,9	"	2,9	11,1	9,8	0,6	78,5	1,13	piedras
17	B3- " " " " Km 4,0	1,4	3,0-4,0	15,9	0,945	R. viol.	8,1	"	10,4	21,1	18,0	1,7	59,2	1,17	pedregullo
18	B3- " " " " Km 6,1	1,0	1,8	14,8	1,052	Pardo	8,3	R. Pardo	17,1	21,1	11,0	2,5	65,4	1,91	piedras
19	B4- " " " " Km 8,1	1,2	2,0	16,7	0,992	"	9,2	"	9,2	24,3	24,2	0,9	50,6	1,00	afloramiento cercano de piedra
20	B4-Cam. tierra de R.N 12 a R.N 34 Km 0,4	0,7	1,8	16,9	0,998	Rojo	8,4	R. claro	26,1	19,8	17,5	3,9	58,8	1,13	pedregullo
21	B4-Idem anterior, Km 2,1	1,2	3,5	17,2	1,060	"	7,1	"	22,1	25,7	19,2	3,6	51,5	1,33	
22	B4-Idem anterior, Km 4,2	1,2	5,0-6,0	14,5	0,955	"	9,3	"	14,8	25,1	19,6	2,6	62,7	2,61	afloramiento cercano de piedra
23	B4-Idem anterior, Km 6,3	1,2	5,6-6,0	13,4	0,931	"	9,2	Ocre	21,1	27,1	19,3	3,1	50,5	1,40	" " " "
24	B4-Idem anterior, Km 8,6	1,2	5,0-6,0	15,7	0,971	"	8,9	"	21,4	27,4	21,0	3,2	48,4	1,30	" " " "
25	B4-Idem anterior, Km 10,5	1,6	8,0	17,4	0,925	"	8,1	"	19,5	23,6	14,7	3,1	58,6	1,60	
26	C4-Idem anterior, Km 12,4	0,3	0,3	14,8	1,012	"	7,9	R. claro	4,9	13,2	15,1	0,8	70,9	0,87	piedras sueltas
27	C5-Idem anterior, Km 13,0	1,4	2,0-3,0	16,2	0,970	"	8,1	Rojizo	10,1	22,2	12,2	1,6	64,0	1,81	
28	C5-Idem anterior, Km 14,4	1,0	1,0-2,0	17,1	0,910	"	8,5	"	12,3	28,9	13,8	1,9	55,4	2,09	afloramiento de agua
29	C6-Entrada a Rincon Chico, Km 0,9	1,3	2,0	16,4	1,060	R. gris	9,1	Rojo	21,9	23,9	17,4	3,4	55,3	1,37	
30	D6-Entrada Forest, R. Vista, Km 1,9	1,5	3,0-4,0	15,2	0,948	Rojo	9,2	R. pal.	13,1	25,2	15,3	2,1	57,4	1,64	
31	C6-Entrada Puesto R. Vista, Km 0,3	0,3	0,3	14,8	1,061	R. pal.	8,9	R. claro	7,2	12,2	11,1	4,1	75,6	1,10	Piedras sueltas
32	C6-Entrada Ets. B. Vista, Km 1,0	1,2	4,0	15,3	0,932	Rojo	8,8	Ocre	18,9	25,6	15,3	1,0	56,1	1,67	
33	C5-Cam. Pat. Timbó, Km 0,8	1,6	2,0-3,0	14,9	0,935	"	8,7	"	14,1	23,6	13,8	2,5	60,1	1,71	
34	C5-Idem anterior, Km 2,2	1,2	2,0-3,0	13,2	1,047	"	9,3	R. pal.	21,8	24,6	18,6	3,6	53,2	1,32	
35	C5-Idem anterior, Km 4,5	1,7	5,0-6,0	16,8	0,970	Pardo obs.	9,1	R. obs.	15,3	27,1	15,3	2,6	55,0	1,77	
36	B5-Idem anterior, Km 7,2	1,2	2,0-3,0	15,4	0,950	R. pardo	8,5	Rojo	14,8	25,9	13,8	2,5	57,8	1,87	
37	C5-Est. Aberrondo, 1,1 Km R. 34	1,2	3,0-4,0	13,9	0,956	Rojo	7,9	Rojo Claro	10,1	19,9	19,2	1,9	59,0	1,03	a 20m. pozo agua a 8 mts.
38	B4-Entr. Est. Las Palmitas, Km 1,2	1,2	5,0-6,0	16,1	0,951	"	7,3	"	21,2	26,4	18,6	3,1	51,9	1,41	
39	B4-Idem anterior, Km 2,3	1,4	2,0-3,0	17,2	1,031	R. pardo	9,1	Ocre	12,9	24,3	22,5	2,1	51,1	1,08	
40	B5-Idem anterior, Km 3,9	1,9	2,0-3,0	15,9	0,972	"	8,6	"	15,1	23,8	21,0	2,4	52,8	1,13	a 100 m pozo de agua de 4 mts
41	B3-Est. Feria C. Itacambé, Km 1,6	1,5	2,0-3,0	15,8	0,990	Rojo	8,8	R. pal.	20,8	20,3	26,0	3,2	50,5	0,78	afloramiento cercano piedras
42	B3-Est. C. Itacambé bif. Sta Rosa	1,6	3,0-4,0	14,3	0,930	Marrón gris.	8,5	Grís.	4,2	28,0	19,2	1,5	51,3	1,45	
43	B3-Idem anterior, Km 2,5	1,2	3,0-4,0	16,8	0,909	"	8,7	G. Claro	16,9	20,8	24,8	2,8	51,4	0,83	a 100 mts pozo agua 5 mts
44	B2-Bif. Pto. Camatan, Km 1,0	1,2	2,0-3,0	13,9	0,935	"	8,3	"	10,5	23,2	19,2	1,9	55,7	1,20	
45	B2-Idem anterior, Km 2,1	0,5	0,5	15,3	1,190	Grís.	8,9	G. pal.	21,9	20,4	13,8	3,8	61,9	1,47	piedras sueltas medianas
46	B3-Cam. Est. Dickinson Km 0,1	1,5	3,0-4,0	14,9	0,975	Rojo	7,9	R. Claro	11,7	25,3	21,0	1,8	51,8	1,20	
47	B9-Idem anterior, Km 1,9	1,2	1,5-2,0	15,4	0,975	"	7,1	"	16,5	20,1	27,8	2,6	49,5	0,72	Sobre Arroyo Carpincho
48	B9-Idem anterior, Km 3,0	1,2	2,0-2,5	17,1	1,055	"	7,5	"	14,3	19,9	29,6	2,3	48,2	0,67	pedregullo
49	B9-Idem anterior, Km 4,7	1,2	4,0-5,0	16,8	0,985	"	9,1	Ocre	13,6	21,5	19,2	2,1	47,2	1,11	
50	B8-Idem anterior, camino Lat.	1,2	4,5-5,5	17,2	1,150	"	8,9	"	10,9	24,9	15,3	1,8	57,9	1,62	
51	B8-Idem anterior, Km 6,1	1,7	3,0-4,0	15,2	1,031	"	8,9	R. Claro	12,1	24,9	24,2	1,9	49,0	1,02	
52	B8-Idem anterior, Km 7,5	0,8	0,8	14,9	1,055	"	8,3	"	11,5	19,8	21,0	1,8	57,4	0,94	pedregullo
53	B8-Idem anterior, cam. Lat.	1,2	2,0	14,1	0,942	Grís.	8,5	G. Claro	10,9	25,2	13,8	1,8	59,2	1,82	"Rad", piedras sueltas

Julio de 1973

Jose L. Millán, Ing. Geo

Jose, L. Millán, Ing. Geo.															
NÚM. TRA No	UBICACION	PROFUNDIDAD		HUMED. %	DENS. g/cm³	COLOR	CAMBIO DE COLOR	SFP. %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	SiO ₂ Insol. %	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	OBSERVACIONES	
		EXTRAC. (m)	HASTA 10 CM (m)												
54	28-Cam. Nat. Dickinson, Km 9,3	1,8	4,0-5,0	16,2	1,050	Rojo	7,3	R. Claro	9,2	21,8	18,1	1,4	58,7	1,20	Piedras
55	04-Id. id., Km 10,3	1,5	3,0-4,0	13,8	1,015	"	7,9	"	7,6	25,8	19,2	1,2	53,8	1,34	
56	07-R. 3/4 desde S. Carlos K. 0,9	1,4	4,0-4,5	17,1	0,964	R. viol.	8,4	"	13,1	23,8	17,4	2,1	56,7	1,36	
57	07-Id. id., Km 3,7	0,6	0,6	14,9	1,022	Rojo	9,0	"	18,1	21,8	24,2	2,8	51,2	0,90	
58	06-Id. id., Km 7,1	1,2	2,0-3,0	15,8	1,075	"	9,1	"	17,9	23,1	22,5	2,9	51,5	1,02	Poca Tierra roja
59	07-Cam. Nat. Los Álamos, Km 1,3	1,6	3,0	15,1	1,020	"	8,7	"	12,4	19,2	21,0	1,9	57,9	0,91	
60	07-Al norte de San Carlos	1,2	2,0-3,0	13,4	1,115	R. pardo	8,1	Ocre	11,3	22,0	25,0	1,8	52,2	0,88	
61	07-Id. id.	0,9	1,0	16,1	0,922	Rojo	7,3	R. pal.	11,1	18,9	27,8	1,7	51,6	0,67	
62	07-Id. id.	1,8	8,0-10,0	17,1	1,020	"	9,2	"	11,5	25,6	21,0	1,8	51,6	1,21	a 50 mts pozo de agua de 13' mts a 20 mts pozo de agua de 20 mts
63	07-Id. id.	2,1	10,0-15,0	16,8	1,025	"	8,4	"	8,3	21,2	25,2	1,3	52,3	0,84	
64	07-Id. id.	1,2	5,0-6,0	15,3	0,969	"	8,1	"	9,3	23,3	22,5	1,4	52,8	1,03	
65	09-Cam. Pblo. Liebig a R. 14, Km 1,8	1,4	4,0-5,0	14,4	0,942	"	8,5	"	10,3	26,8	19,2	1,7	53,3	1,39	
66	09-Id. id., Km 2,6	1,5	5,0	13,9	0,945	"	9,5	"	12,1	24,8	24,2	1,8	49,2	1,02	a 20 mts pozo agua de 6 mts.
67	09-Id. id., Km 3,3	1,6	5,0	15,1	0,945	"	9,4	"	9,4	22,2	26,7	1,5	49,6	0,83	
68	09-Id. id., Km 4,8	1,4	4,0-5,0	14,8	0,950	"	9,3	"	6,9	24,9	22,5	1,3	51,3	1,10	
69	09-Id. id., Km 6,2	1,2	6,0-7,0	13,8	0,942	"	8,9	"	9,9	26,0	13,2	1,6	59,2	1,96	
70	09-Id. id., Km 7,8	1,8	4,0-5,0	13,1	1,015	"	7,2	"	10,2	27,8	15,3	1,7	55,2	1,81	
71	09-Id. id., Km 9,3	1,9	6,0	14,6	0,936	"	7,9	"	10,9	28,3	19,2	1,9	50,6	1,47	
72	09-Cam. Est. La Merced a Pblo. Liebig, Km 1,0	1,3	4,0-5,0	14,3	0,970	"	8,3	"	10,1	23,4	13,2	1,6	61,8	1,67	
73	09-Id. id., Km 2,5	1,2	6,0-7,0	17,2	0,979	"	7,9	"	9,3	24,9	15,3	1,7	58,1	1,62	
74	09-Id. id., Km 3,8	1,8	5,0	15,9	0,922	"	8,2	"	6,9	25,2	21,0	1,1	52,7	1,20	
75	09-Id. id., Km 5,4	1,9	7,0	16,8	0,952	"	7,9	"	10,1	22,3	19,2	1,8	56,7	1,16	
76	09-Id. id., Km 7,1	1,5	5,0-6,0	15,3	0,952	"	9,1	R. claro	10,5	23,8	17,4	1,8	57,0	1,36	
77	09-Id. id., Km 8,5	1,9	5,0-6,0	16,9	0,937	"	8,2	"	12,4	24,9	17,4	1,9	55,8	1,43	
78	110-Cam. Pblo. Liebig-Garruchos Km 2,0	1,2	5,0-6,0	16,2	0,970	"	9,3	R. pal.	9,9	23,8	19,2	1,6	55,4	1,23	a 20 mts pozo agua de 20 mts
79	110-Id. id., Km 3,7	1,4	4,0-5,0	17,1	0,927	"	7,9	"	11,7	24,5	15,3	1,8	58,3	1,60	
80	110-Id. id., Km 5,1	1,8	6,0	13,8	1,010	"	10,1	"	10,9	24,2	17,4	1,9	56,5	1,39	
81	110-Id. id., Km 6,1	1,2	5,0	14,9	0,954	"	8,3	"	13,6	22,4	11,9	2,1	73,6	1,88	
82	110-Rucia Est. La Merced, Km 1,8	1,9	8,0-10,0	15,8	0,927	"	7,9	"	11,5	26,0	19,2	1,8	52,9	1,35	a 100 mts pozo de agua de 14' mts.
83	110-Id. id., Km 3,7	1,9	6,0-7,0	17,2	0,945	R. obs.	8,1	Rojo	11,9	25,4	13,8	1,9	58,9	1,84	
84	110-Id. id., Km 5,3	1,5	5,0	13,9	0,920	Rojo	8,9	R. claro	10,4	25,2	21,0	1,6	52,2	1,25	
85	110-Id. id., Camino lateral	1,8	6,0-7,0	14,1	0,960	"	9,1	"	11,2	25,3	13,8	1,8	59,1	1,83	
86	110-A partir P. 81, Km 1,3	1,6	8,0-10,0	13,7	1,010	"	7,9	R. pal.	13,2	23,8	13,8	2,1	60,2	1,72	a 100 mts pozo de agua de 14' mts.
87	110-B/camino lateral	1,9	10,0-12,0	16,2	0,950	"	7,9	"	14,3	27,2	14,4	1,3	53,1	1,56	
88	110-Id. id., Km 2,6	1,6	8,0-10,0	17,8	1,020	"	8,5	"	18,1	18,9	8,8	1,8	70,1	2,30	
89	111-Id. id., Km 4,1	1,5	3,0-4,0	16,9	0,965	"	8,4	"	16,3	19,9	21,0	1,5	56,6	0,94	
90	111-Id. id., Km 5,9	1,3	3,0	15,8	0,937	"	9,1	"	13,2	21,5	17,4	2,1	59,0	1,23	aflorescente de piedras cerros
91	111-Id. id., Km 7,5	1,8	12,0-15,0	16,7	0,859	"	9,6	"	11,9	17,1	27,1	1,9	53,9	0,63	
92	111-Id. id., Km 9,2	1,8	10,0-12,0	17,9	0,950	"	7,8	"	13,3	19,2	16,4	2,2	62,2	1,17	
93	111-Id. id., Km 10,8	1,6	10,0-12,0	14,3	1,015	"	7,5	"	11,1	21,0	24,0	1,8	53,2	0,87	
94	111-Id. id., Km 12,4	1,8	10,0-11,0	15,8	0,985	"	9,1	"	11,9	28,1	12,6	1,9	57,4	2,23	a 100 mts pozo agua de 17 mts
95	112-Id. id., Km 14,2	1,9	8,0-10,0	16,9	0,942	"	10,2	"	13,9	19,8	17,1	2,2	60,9	1,15	
96	112-Id. id., Km 16,1	1,2	8,0	17,2	0,975	"	8,9	"	11,1	20,8	23,0	1,7	54,5	0,90	
97	112-Id. id., Km 17,8	1,6	8,0-10,0	16,5	0,945	"	9,1	"	13,3	23,4	22,4	2,1	52,1	1,04	
98	112-Id. id., Km 20	1,8	8,0-10,0	15,9	0,943	"	8,4	"	12,5	25,2	15,8	2,0	57,0	1,59	
99	112-Id. id., Km 21,8	1,6	8,0-10,0	16,3	1,030	"	7,9	"	13,2	23,5	21,0	2,1	53,4	1,11	
100	112-Id. id., Km 23,3	1,9	10,0	14,3	0,920	"	8,9	"	9,2	23,4	18,2	1,8	56,6	1,28	
101	112-Id. id., Km 25,2	1,8	6,0-8,0	12,9	0,923	"	9,2	R. Claro	11,8	25,9	18,8	1,9	53,4	1,37	
102	112-Id. id., Km 27,4	1,6	6,0-8,0	12,6	0,850	"	8,5	"	13,7	21,2	15,3	2,1	67,4	1,38	Graca o/pav. Santo Tomás
103	112-Id. id., Km 29,0	1,9	6,0-8,0	13,9	0,901	"	9,1	"	10,1	25,7	18,1	2,5	53,7	1,51	
104	112-Id. id., Km 30,9	1,6	6,0	15,7	0,865	"	8,6	"	11,7	23,5	21,0	1,9	53,6	1,11	
105	112-Pav. Arr. Chinitay-Sto. Tomás	1,9	8,0-10,0	14,7	0,910	"	9,6	R. pal.	25,1	23,8	16,8	4,2	55,2	1,41	
106	113-Norte de Garruchos	1,2	4,0-6,0	16,1	1,003	"	7,9	R. Claro	18,6	23,5	21,0	2,9	52,6	1,11	
107	113-Id. id.,	1,5	4,0-5,0	13,8	0,968	"	8,4	"	11,3	24,7	21,0	1,8	52,5	1,17	

ESTUDIO DE LAS TIERRAS ROJAS DEL NOROESTE DE COCHINTES
RESULTADO DE ANALISIS

Planilla No 3

48

Julio de 1973

José L. Milán, Ing. Geo

NÚM. TRA	UBICACION	PROFUNDIDAD		HUMI- DAD	DENSI- DAD	COLOR	FERRI- DA 650°C	CAMBIO DE COLOR	SEP. MAG.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ Insol.	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	OBSERVACIONES
		EXTRAC	HASTA RO- CA MADRE												
ES		(m)	(m)	%			%		%	%	%	%	%		
108	G13-Sur de Carruchos	1,6	8,0-10,0	15,9	0,897	Rojo	10,2	R. Claro	14,9	21,2	17,4	2,3	59,1	1,21	a 20 mts pozo de agua de 12m.
109	G13-Id. Id.	1,2	2,0-3,0	16,3	0,989	R. Gris	9,9	Ocre	18,3	17,9	27,8	2,8	51,5	0,64	
110	F13-Id. Id.	0,5	0,5	17,1	1,105	Gris	9,1	G. Claro	5,2	16,1	18,2	0,9	64,8	0,88	Mucha piedra a flor de tierra
111	F13-Pav. Arr. Chiniray-Sto Tomé	1,4	6,0-8,0	15,8	1,005	Rojo	9,8	R. Claro	15,7	23,5	21,7	3,1	51,7	1,08	
112	F13-Id. Id., Km 10,8	1,2	3,0-4,0	14,6	1,010	"	10,1	"	20,1	20,9	27,8	3,2	48,1	0,75	
113	F13-Id. Id., Km 12,5	1,5	6,0-8,0	16,2	0,959	"	8,9	"	15,3	23,4	24,2	4,1	48,3	0,96	
114	F13-Id. Id., Km 14,1	1,5	6,0-8,0	15,5	0,917	R. viol.	9,9	R. pal.	13,1	23,6	18,2	2,1	56,1	1,29	
115	F13-Id. Id., Km 16,0	1,4	3,0-4,0	14,9	0,909	"	8,8	R. Claro	11,1	20,3	24,9	2,8	52,0	0,81	
116	F13-Id. Id., camino lateral	1,3	5,0-6,0	13,2	0,930	Rojo	8,7	"	13,9	23,5	24,2	2,3	50,0	0,97	
117	F13-Id. Id., Km 19	1,5	5,0	16,8	0,935	"	8,3	R. pal.	9,2	23,8	21,0	1,4	53,8	1,13	
118	F14-Id. Id., Km 20,5	1,4	5,0	13,9	0,927	"	8,5	"	10,1	24,2	15,3	1,6	58,9	1,98	
119	F14-Id. Id., Km 22,1	1,8	12,0-15,0	12,9	0,999	"	8,6	"	7,2	17,2	29,6	1,1	52,1	0,58	
120	F14-Cam. Col. Garabí	1,2	5,0-6,0	14,1	1,001	"	9,1	"	10,2	23,8	22,5	1,6	52,1	1,05	
121	F13-Cam. a C. Virasoro entre A° Siriaco y Garabí, Km 1,5	1,4	6,0-8,0	15,2	0,930	"	9,2	"	7,9	21,2	15,3	1,3	62,2	1,38	
122	F13-Cam. Lat. A° Garabí, Km 3,6	1,2	4,0-5,0	15,8	0,930	"	9,5	"	9,3	23,6	19,2	1,5	55,7	1,22	
123	F13-Id. Id., Km 5,2	1,2	3,0-4,0	15,4	0,960	R. viol.	9,1	"	12,9	21,2	17,4	2,1	59,3	1,21	a 300 mts A° Garabí
124	F13-Id. Id., Km 6,7	1,3	6,0	16,1	0,930	Rojo	8,8	"	16,3	23,4	15,3	2,6	58,7	1,52	
125	F13-Id. Id., Km 8,4	1,5	4,0-5,0	17,2	0,895	"	7,9	"	18,1	23,9	15,3	2,8	57,9	1,56	
126	F13-8/cam lat. a 1,8 Km Pozo 122	1,4	5,0-7,0	16,4	0,928	"	8,5	"	11,2	19,7	13,8	1,8	64,7	1,42	
127	F13-Id. Id., a 3,5 Km	1,5	5,0-7,0	13,1	0,825	R. viol.	7,9	"	12,3	21,2	17,4	2,1	59,3	1,21	
128	F13-Cam. a C. Virasoro a partir de pozo 121. Km 2,1	1,3	5,0	16,2	0,820	"	9,3	R. Claro	12,2	21,7	22,5	1,9	53,9	0,96	
129	F13-Id. Id., Km 4,6	1,5	6,0	14,1	0,990	"	7,1	"	11,3	23,4	15,3	1,7	59,6	1,52	
130	F13-Id. Id., Km 6,3	1,2	6,0	13,8	0,965	Rojo	7,9	"	11,5	18,2	13,2	1,8	66,8	1,37	
131	F13-Id. Id., Km 8,0	1,2	2,0	13,9	0,899	R. amar.	8,4	Gris	7,3	17,3	21,0	1,2	60,5	0,82	
132	D12-Id. Id., Km 9,9	1,2	3,0	15,2	0,888	R. gris	8,9	Ocre	8,2	22,6	21,0	1,3	55,1	1,07	
133	D12-Id. Id., Km 11,6	1,2	4,0-5,0	14,1	0,879	"	7,5	"	7,1	20,2	12,4	1,2	66,2	1,62	
134	D12-Id. Id., Km 13,2	1,4	4,0-5,0	13,8	0,870	Rojo	8,3	R. claro	5,2	18,1	9,6	0,9	71,4	1,88	
135	D12-Id. Id., Km 15,0	1,3	4,0-5,0	14,1	0,925	"	8,9	"	4,3	20,6	12,4	1,7	65,3	1,66	
136	D12-Id. Id., Km 16,6	1,6	5,0-7,0	15,8	0,827	"	7,9	"	7,8	24,1	19,2	1,2	55,5	1,25	
137	D12-Id. Id., Km 18,2	1,5	5,0-6,0	15,7	1,040	"	9,9	"	6,9	21,6	19,2	2,1	57,1	1,12	
138	G12-Id. Id., Km 19,8	1,3	5,0	12,9	0,944	R. viol.	10,1	Ocre	6,2	20,9	16,4	1,0	61,7	1,27	
139	G12-Id. Id., Km 21,6	1,2	5,0	16,5	0,852	Rojo	9,4	R. pal.	8,2	18,4	35,3	1,3	45,0	0,52	
140	G12-Id. Id., Km 23,4	0,7	0,7	13,5	0,930	R. amar.	9,9	"	9,9	16,5	19,2	1,6	62,7	0,85	Pedregullo
141	G12-Id. Id., Km 25,7	0,6	0,6	17,1	0,857	"	8,9	"	11,9	19,1	12,4	3,4	65,1	1,54	"
142	C11-Cam. Virasoro-Curuzá, paral. ferrocarril, Km 1,7	1,2	3,0	15,9	0,970	Rojo	10,1	"	16,5	20,4	18,2	2,6	58,8	1,12	Piedras sueltas
143	C11-Id. Id., Km 3,5	1,4	4,5	16,2	0,880	"	9,3	"	14,9	20,1	26,0	2,3	51,6	0,77	
144	C11-Id. Id., Km 5,1	1,5	4,0	15,8	0,860	"	9,1	R. Claro	20,3	23,3	24,2	3,1	49,4	0,96	
145	C11-Id. Id., Km 7,7	1,6	4,0-5,0	14,9	0,927	"	8,9	R. Pal.	10,5	24,6	22,5	1,8	51,1	1,09	
146	D11-Id. Id., Km 9,6	1,3	3,5	13,7	0,837	"	8,7	"	11,9	24,8	21,0	1,9	52,3	1,18	
147	D11-Id. Id., Km 11,4	1,2	4,0	16,1	0,881	"	7,9	"	10,3	25,9	26,0	1,8	46,2	0,99	
148	D11-Id. Id., Km 13,1	1,5	6,0-7,0	17,2	0,891	R. viol.	7,8	Ocre	11,1	22,4	15,6	3,2	58,8	0,94	a 500 mts de A° Garabí
149	D11-Id. Id., Km 15,3	1,4	5,0	16,9	0,854	Rojo	9,1	R. pal.	11,8	26,1	17,4	1,9	54,6	1,50	
150	D11-Id. Id., Km 16,9	1,4	5,0	13,9	0,955	"	10,1	"	10,4	18,7	31,4	1,8	48,1	0,59	
151	D11-Id. Id., Km 18,6	1,8	4,0-5,0	13,8	0,927	"	9,1	R. pal.	10,1	23,1	24,2	1,6	51,1	0,95	
152	F14-Camp. Pav. a cart A° Ciriaco Km 1,9	1,2	2,0-3,0	14,9	1,002	"	8,3	"	9,2	18,3	16,0	1,5	64,2	1,14	
153	F14-Id. Id. Km 3,6	1,5	5,0	17,2	0,937	"	8,7	"	8,9	20,1	13,8	1,4	64,7	1,45	
154	F14-Id. Id. Km 5,2	1,2	3,0-4,0	16,8	0,860	R. Ocre	8,5	"	11,2	23,2	21,0	1,8	54,0	1,10	
155	F14-Camino a Virasoro entre A° Ciriaco y Yocsa Km 1,3	1,8	10,0-12,0	16,7	0,960	Rojo	8,4	R. Claro	10,3	24,3	17,4	1,6	56,7	1,39	A 100 ms pozo de agua de 13ms
156	D14-Id. Id. Km 3,4	1,2	2,5	15,3	0,950	"	7,9	"	7,9	19,9	19,2	1,2	59,7	1,03	
157	D14-Id. Id. Km 5,0	1,8	5,5	12,9	0,925	"	10,1	"	10,8	22,1	13,8	1,6	62,5	1,60	
158	D14- Camino particular	1,2	3,0	13,8	0,980	R. Ladr.	9,3	Ocre	10,9	20,6	15,4	1,8	62,2	1,33	
159	D13-Id. Id. Km 6,7	1,7	5,0-3,0	14,1	0,950	"	8,5	"	9,1	24,7	9,6	1,4	64,3	2,55	
160	D13-Id. Id. Km 8,5	1,5	5,0	15,2	0,810	"	8,7	"	8,2	19,8	8,2	1,3	70,7	2,41	

RESULTADO DE ANALISIS

Julio de 1973

José L. Millán, Ing. Geo.

MUESTRA N°	UBICACION	PROFUNDIDAD		HUMEDAD	DENSIDAD	COLOR	PERDIDA A 650°C	CAMBIO DE COLOR	SEP. MAG.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ INSOL.	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	OBSERVACIONES
		EXTRAC. HASTA 10 CM	CA. NOMBRE (m)												
161	D13-Camino Part., Km 10,1	1,4	4,0	13,9	0,950	R. obs.	8,8	Ocre	9,2	21,9	15,3	1,5	61,3	1,43	
162	D13-Id. Id., Km 12,1	1,2	2,0	12,2	0,945	Rojo	8,9	R. pal.	8,3	17,5	9,6	1,3	71,6	1,82	
163	D13-Id. Id., Km 13,9	1,6	4,0	14,1	1,024	"	8,3	"	10,1	23,1	25,8	1,6	49,4	0,89	
164	D13-Id. Id., Km 15,4	1,5	4,0	14,8	0,925	"	7,9	"	9,1	22,5	24,2	1,4	51,9	0,92	
165	C18-Id. Id., Km 17,1	1,9	8,0-10,0	12,8	0,925	"	8,8	"	6,9	19,8	12,4	1,1	66,7	1,59	a 150 mts cote de 12,5 mts
166	C12-Id. Id., Km 18,8	1,2	4,0	13,3	0,838	"	9,1	Ocre	11,9	22,4	28,3	1,9	47,4	0,79	
167	C12-Id. Id., Km 20,5	1,8	5,0	15,1	0,843	"	10,1	"	11,5	20,9	15,3	1,8	61,9	1,36	
168	C12-Id. Id., Km 22,1	1,8	7,5	16,3	0,943	Marrón	9,3	Ocre obs.	5,6	21,8	15,3	0,9	62,0	1,42	
169	D9-R.N. 14 de Playadita a San Carlos, Km 0,6	1,3	4,0	14,8	0,877	Rojo	8,5	Rojo Claro	14,9	23,4	17,4	2,4	56,8	1,34	
170	D9-Id. Id., Km 2,3	1,2	4,0	15,1	0,998	"	8,9	"	12,4	21,1	13,8	1,9	63,2	1,52	
171	D8-Id. Id., Km 4,5	1,8	6,0	16,2	1,002	"	10,2	"	9,3	23,9	17,4	1,4	57,3	1,37	
172	D9-Id. Id., Camino Lateral	1,5	5,0	13,6	0,928	"	8,9	"	7,3	25,9	13,8	1,1	59,2	1,87	
173	D9-Id. Id.,	1,2	2,0	12,8	0,931	"	9,3	R. pal.	7,9	21,8	15,3	1,3	61,6	1,42	Piedras sueltas
174	D8-Id. Id., Km 6,1	1,5	3,5	17,3	0,862	Marrón	9,2	Ocre	13,8	23,7	18,0	2,1	56,2	1,31	
175	D8-Id. Id., Km 7,7	1,2	4,0	16,2	0,980	Rojo	8,9	R. pal.	7,6	24,3	19,2	1,2	55,3	1,26	
176	D8-Id. Id., Km 9,5	1,8	3,5	12,9	0,910	"	8,4	R. Claro	1,9	24,1	19,6	1,3	55,0	1,22	
177	E8-Id. Id., Km 11,3	1,2	2,0-3,0	13,5	0,825	"	9,1	"	12,8	18,8	13,8	2,1	65,3	1,36	Pedregullo
178	E8-Id. Id., Km 13,0	1,2	4,0-5,0	14,1	0,978	Marrón	9,3	Ocre	13,5	24,2	21,0	2,3	52,5	1,15	
179	E8-Id. Id., Km 14,6	1,8	5,0	15,1	0,915	"	7,9	O. pal.	18,3	35,0	19,3	2,9	52,8	1,29	
180	E8-Entr. San Carlos por R. 34, Km 16,3	2,2	6,0-8,0	12,8	0,855	Rojo	8,5	R. pal.	15,9	29,9	20,1	2,6	47,4	1,48	
181	E7-Id. Id., Km 17,9	1,8	6,0	14,3	0,855	"	8,1	"	11,2	21,2	19,6	1,8	57,4	1,08	
182	E7-Id. Id., Km 19,7	1,2	4,0	12,9	0,970	"	9,3	"	10,3	23,3	21,1	1,6	54,0	1,10	
183	D7-Id. Id., Km 22,6	1,8	6,0-8,0	17,8	0,930	"	10,1	"	10,9	22,2	18,1	1,7	58,0	1,22	
184	D7-Camino Lateral	1,2	3,0	16,2	0,910	"	9,8	R. Claro	11,9	20,8	22,4	1,9	54,9	0,92	Afloramiento cercano de piedra
185	D7-De S. Carlos a Est. S. Juan	1,4	2,5	13,3	0,950	R. Gris.	8,9	Gris.	6,9	20,6	19,8	1,1	58,5	1,04	" " " "
186	D7-Cam. al sur de S. Carlos hacia R.N. 14, Km 0,4	1,2	2,3	13,9	0,908	"	8,4	"	8,1	17,8	29,6	1,3	51,3	0,60	" " " "
187	D7-Id. Id., Km 2,1	1,0	1,8	17,4	1,118	"	9,5	"	9,2	19,2	12,4	1,6	66,8	1,54	Pedregullo
188	D8-Id. Id., Km 6,3	1,2	2,0	15,1	0,899	Rojo	9,3	R. Claro	8,2	20,8	24,2	1,3	53,7	0,85	Bajos del Aguapey
189	D8-Id. Id., Km 8,2	1,2	3,0-4,0	16,2	0,940	"	8,9	"	8,9	23,5	21,0	1,5	54,0	1,11	
190	E9-Cam. Est. Dickinson a R.N. 14 Km 0,8	1,0	1,0	17,8	0,920	"	8,3	"	11,9	20,7	21,0	2,4	55,9	0,98	Pedregullo
191	D9-Id. Id., Km 2,9	1,6	4,0-5,0	17,1	0,925	"	8,4	"	13,8	23,3	24,3	2,2	50,2	0,95	
192	D8-Id. Id., Km 4,4	1,0	1,0	16,3	0,926	Marrón	8,7	R. obs.	8,1	21,8	17,4	1,9	58,9	1,25	Pedregullo
193	D8-Entr. Est. La Puya, Km 1,0	0,9	0,9	14,9	0,945	Rojo	7,9	R. Claro	4,9	19,8	21,0	0,8	59,4	0,94	Mucha piedra suelta
194	D8-Id. Id., Km 3,0	1,4	3,0-4,0	13,8	0,970	"	7,8	"	3,4	18,9	17,4	0,5	63,2	1,08	" " "
195	D8-Id. Id., Km 5,3	1,6	3,0-4,0	16,1	1,062	R. Pardo	7,9	Ocre	3,6	19,4	15,3	0,6	64,7	1,26	" " "
196	D9-R.N. 14 Desde Playadita a G. Viesco, Km 0,9	1,8	4,0-5,0	12,9	1,095	Rojo	8,9	R. Claro	6,8	23,4	24,2	1,1	51,3	0,96	Naciente A° Garahí
197	C9-Entr. Est. Itzamal	0,3	0,3	17,2	1,050	G. Pardo	8,7	Gris	5,7	21,2	16,0	0,9	61,9	1,32	"Rad"
198	C9-Id. Id.,	1,2	2,4	15,1	1,055	R. Pardo	8,6	Rojo	2,9	23,2	21,0	0,4	55,4	1,10	Piedras sueltas
199	C9-Id. Id.,	1,6	3,0	16,8	1,020	"	10,1	R. Claro	3,3	19,6	12,4	0,5	67,5	1,58	" "
200	D9-R.N. 14, desde pose 196, Km 2,7	1,8	4,0-5,0	16,2	0,950	Rojo	9,9	"	8,9	22,4	17,4	1,4	58,8	1,28	
201	C10-Id. Id., Km 4,5	1,2	2,0-3,0	13,1	0,990	"	10,3	R. pal.	9,3	21,2	16,0	1,6	61,2	1,32	
202	C10-Id. Id., Km 6,6	1,6	3,0-4,0	12,6	0,990	"	9,9	R. amar.	10,9	19,8	17,4	1,7	61,1	1,13	Mineral muy parejo
203	C18-Id. Id., Km 8,3	1,8	4,0-5,0	12,9	0,885	"	8,9	"	10,1	22,2	15,3	1,6	60,9	1,45	" " "
204	C10-Id. Id., Km 10,2	1,8	4,0-5,0	14,3	0,910	R. obs.	9,1	R. pardo	8,2	24,1	21,0	1,3	53,6	1,14	Mapa sec. agua a 2,5 mts
205	C10-Cam. Lat. Est. San Buenaventura	1,4	4,0-5,0	13,8	0,950	Rojo	7,9	R. Claro	7,1	19,9	26,0	1,1	53,0	0,76	Mineral muy ferruginoso
206	E10-Id. Id.,	1,2	3,0	14,4	0,970	R. gris.	7,8	G. obs.	5,3	19,1	17,4	0,8	62,7	1,09	Material barroso
207	C10-A partir pose 204, Km 12,7	1,3	2,0-3,0	15,3	0,930	R. Pardo	8,9	R. obs.	8,9	20,4	16,0	1,4	62,2	1,27	Pedregullo fino
208	C10-Id. Id., Km 15,0	1,4	3,0	16,1	1,000	Rojo	8,3	R. Claro	5,4	18,7	19,2	0,9	61,2	0,97	" "
209	E11-Cam. Est. Itzamal, Km 2,0	1,5	4,0-5,0	12,8	0,950	Idem	7,9	"	6,9	22,8	17,4	1,1	58,7	1,31	
210	E11-Id. Id., Km 6,3	1,2	4,0-5,0	13,1	1,001	R. gris	10,1	Gris.	5,4	18,6	19,2	0,8	61,4	0,96	
211	C11-A partir pose 208, Km 16,7	1,5	2,0-3,0	15,1	0,980	R. Pardo	8,9	Rojo	7,7	20,4	19,2	1,2	59,2	1,06	
212	C11-Id. Id., Km 18,8	1,6	4,0-5,0	14,3	0,990	Rojo	9,5	R. pal.	9,9	22,8	21,0	1,6	73,5	1,08	

Julio de 1973

José L. Milite, Ing. Ges

NÚMERO	UBICACION	PROFUNDIDAD		HUMEDAD	DEFINICION	COLOR	PERDIDA A 650°C	CAMBIO DE COLOR	SHP. MAG.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ Insol.	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	OBSERVACIONES
		EXTRAC (m)	HASTA ROCA MADRE (m)												
213	D9-Cam. Lat. frente entr. Est. Itusaindo	1,4	4,0- 5,0	13,6	0,945	Rojo	8,5	R. pal.	9,8	20,8	8,2	1,5	69,5	2,33	Mucha piedra suelta
214	D11-Cam. Int. Est. La enterrriana	1,9	5,0- 6,0	15,1	0,923	"	9,3	"	13,3	24,7	12,4	2,2	60,7	1,99	
215	C11-Id. id.,	1,6	5,0- 6,0	14,5	0,945	"	9,1	"	12,3	24,5	9,6	1,9	64,0	2,55	Pedregullo fino
216	C11-Id. id.	1,6	7,0	16,7	0,965	"	8,9	R. Claro	12,9	23,9	11,0	2,1	63,0	2,17	
217	D10-Id. id.	1,9	5,0- 6,0	13,7	0,945	"	10,2	"	15,7	17,4	8,2	2,4	72,0	2,20	Pedregullo
218	D10-Id. id.	1,9	12,0-14,0	14,3	0,920	"	10,0	"	12,1	19,2	9,6	1,9	69,3	2,00	A 200 mts pose de agua de 20m.
219	D10-Id. id.	1,6	8,0	15,1	0,940	"	9,3	"	10,3	22,5	17,4	1,6	58,5	1,29	
220	D10-Id. id.	1,8	6,0- 7,0	13,9	0,910	"	8,9	R. pal.	14,2	21,8	16,0	2,3	59,9	1,36	
221	D10-Id. id.	1,4	4,0- 5,0	12,6	0,895	R. gris.	9,9	Gris.	13,3	19,7	9,6	2,1	68,6	2,05	
222	D9-Id. id.	1,5	6,0-	12,9	0,942	"	9,3	"	15,2	19,6	12,4	2,4	65,6	1,58	
223	D10-Id. id.	1,8	6,0- 7,0	13,4	0,910	Rojo	7,9	R. Claro	13,9	20,1	15,3	2,3	62,3	1,31	
224	D10-Id. id.	1,7	6,0- 7,0	14,8	0,959	"	10,1	"	12,2	20,7	22,4	1,9	55,0	0,92	
225	C10-Id. id.	1,6	6,0- 7,0	15,7	0,971	R. Gris.	9,8	Gris.	11,1	19,9	13,8	1,8	64,5	1,44	
226	C10-Id. id.	1,4	5,0- 6,0	13,7	0,976	"	9,1	Ocre	9,1	20,3	26,0	1,7	52,0	0,78	
227	C11-R.N. 14 de G. Virasoro a Sto. Tomé, Km 1,4	1,6	2,0- 3,0	12,6	0,899	Rojo	7,9	R. Claro	11,2	20,8	22,4	3,2	53,6	0,92	Pedregullo fino
228	C12-Id. id., Km 4,8	1,7	4,0- 5,0	19,6	1,010	"	9,8	R. pal.	13,9	22,6	15,3	2,4	59,7	1,47	
229	B12-Id. id., Km 6,8	1,5	5,0	17,3	0,989	"	7,9	"	13,2	24,7	17,4	2,1	55,8	1,41	
230	B12-Id. id., Km 8,6	1,4	2,0- 3,0	15,3	0,997	"	9,4	"	11,9	23,5	19,2	1,9	55,6	1,22	
231	B12-Id. id., Km 10,9	1,5	4,0- 5,0	12,1	1,002	R. obs.	8,3	Ocre	10,8	23,1	19,2	1,7	56,0	1,20	
232	D14-Entr. a R. Mercedes, Km 0,0	1,2	4,0	13,9	0,920	Rojo	9,4	R. Claro	7,3	19,7	11,2	1,1	68,0	1,75	Pedregullo variado
233	D14-Id. id., Km 1,7	1,5	5,0	17,8	0,950	"	19,1	"	8,4	19,8	12,4	1,3	66,5	1,59	
234	E15-Id. id., Km 3,6	1,8	4,0	17,6	0,880	"	10,2	"	7,3	20,8	15,3	1,2	62,7	1,35	
235	E15-Id. id., Km 5,3	1,4	3,0	16,9	0,905	R. pal.	9,9	"	9,2	21,2	17,4	1,4	60,0	1,21	Abundantes piedras sueltas
236	E15-Id. id., Km 7,1	1,6	4,0- 5,0	17,2	0,930	"	9,1	"	7,1	19,8	9,6	1,1	69,5	2,06	
237	E15-Id. id., Km 9,0	1,8	4,0- 5,0	15,9	0,965	"	9,2	"	5,8	18,9	13,8	0,9	65,5	1,44	
238	E15-Id. id., Km 10,6	0,5	0,5	14,8	1,050	R. Gris.	8,9	Ocre	11,3	16,4	19,5	1,8	63,9	0,98	Piedras sueltas
239	F15-Id. id., Km 12,3	1,2	2,5	17,2	0,950	R. uel	8,7	R. Claro	3,9	18,9	11,0	0,6	69,5	1,71	Pedregullo
240	F15-Id. id., Km 14,1	1,6	4,0- 5,0	16,9	1,020	"	8,9	"	9,2	20,3	11,7	1,5	66,5	1,73	
241	F15-Id. id., Km 16,3	1,1	1,1	15,3	0,945	"	8,1	"	9,9	20,6	22,5	1,7	55,2	0,91	Pedregullo
242	F15-Id. id., Km 18,1	0,9	0,9	14,9	0,930	R. Gris	8,8	Ocre	4,9	22,3	21,7	0,8	55,2	1,02	Piedras sueltas
243	F16-Id. id., Km 19,5	1,2	2,0	13,2	0,970	"	9,1	"	10,1	20,5	31,4	1,6	46,5	0,65	
244	F16-Id. id., Km 21,5	1,2	3,0	16,1	0,965	"	9,5	"	8,9	21,8	27,1	1,5	49,6	0,80	
245	D14-De R. Mercedes a Sto. Tomé por pav., Km 1,8	1,8	4,0- 5,0	14,8	0,962	Rojo	9,4	R. Claro	7,3	19,8	26,9	1,2	52,1	0,73	
246	D15-Id. id., Km 3,8	1,6	4,0- 5,0	15,3	0,918	"	9,3	"	5,1	22,3	26,0	0,9	50,8	0,85	
247	D15-Id. id., Km 6,7	1,8	4,0- 6,0	12,9	0,910	"	10,2	"	4,1	21,8	21,0	0,8	56,4	1,03	
248	D15-Id. id., Km 8,4	1,6	4,6- 6,0	14,7	0,911	"	9,7	"	6,3	20,9	12,4	1,1	65,6	1,68	
249	D15-Id. id., Km 10,6	1,8	4,0- 5,0	17,1	0,940	"	8,9	"	3,9	19,3	11,0	0,7	69,0	1,75	
250	C15-Pav. a G. Virasoro, Km 1,4	1,6	4,0- 5,0	16,3	0,920	"	8,5	"	6,8	21,8	9,6	1,1	67,5	2,27	
251	C15-Id. id., Km 3,1	1,1	1,1	14,1	1,115	R. pardo	8,5	Rojo	4,9	18,9	24,2	0,9	56,0	0,78	Pedregullo
252	C15-Id. id., Km 4,8	0,9	0,9	13,3	1,310	"	8,4	"	4,3	17,9	28,9	0,8	52,4	0,64	"
253	C15-Id. id., Km 6,7	1,0	1,0	15,8	0,990	"	9,1	"	7,1	19,8	26,0	1,1	53,1	0,76	"
254	C14-Id. id., Km 8,3	1,2	2,0- 3,0	16,2	1,145	R. amar.	8,9	R. pal.	4,4	22,1	21,0	0,8	56,1	1,05	
255	C14-Id. id., Km 10,3	1,6	4,0- 5,0	12,3	0,923	Rojo	9,2	R. Claro	4,1	20,2	24,2	0,7	54,9	0,83	
256	C14-Id. id., Km 12,3	1,8	4,0- 5,0	15,4	0,940	"	10,1	"	3,3	21,8	24,2	0,6	53,4	0,90	
257	C14-Id. id., Km 14,0	1,6	5,0- 6,0	13,2	0,910	"	9,8	"	3,1	17,9	27,1	0,4	54,6	0,66	
258	C13-Id. id., Km 15,7	1,2	2,0- 3,0	12,9	0,920	"	8,9	"	4,2	21,8	21,0	0,7	56,5	1,03	Pedregullo
259	C13-Id. id., Km 17,6	1,4	2,0- 3,0	14,7	0,957	"	8,5	"	5,1	16,8	11,7	0,9	70,6	1,43	
260	C13-Id. id., Km 19,6	1,2	2,0- 3,0	15,6	0,980	"	7,9	"	5,0	18,9	29,3	0,8	51,0	0,64	
261	C13-Id. id., Km 21,6	1,7	4,0- 5,0	12,9	0,940	"	9,1	"	7,3	21,8	26,0	1,2	51,0	0,83	
262	B13-Id. id., Km 23,1	1,9	4,0- 5,0	16,3	0,950	"	8,9	"	7,1	23,2	19,2	1,1	56,5	1,20	
263	B13-Id. id., Km 24,7	1,3	4,0- 5,0	13,1	0,925	"	9,2	"	8,1	24,5	12,4	1,3	61,8	1,97	
264	B12-R.N. 14 desde G.V. a S. Tomé Km 1,7	1,4	3,0	13,7	0,965	R. Gris	8,8	Ocre	7,8	19,2	11,7	1,2	67,9	1,64	
265	B13-Id. id., Km 3,8	1,4	2,5	15,1	0,953	"	8,5	Mar. Roj.	5,1	16,2	32,8	0,8	50,2	0,49	
266	B13-Id. id., Km 5,5	1,2	2,0	16,3	1,010	"	8,9	"	6,9	19,8	15,3	1,1	63,8	1,29	

Julio de 1973

José L. Melia, Ing. Geo.

MUESTRA No	UBICACION	PROFUNDIDAD		HUMEDAD %	DENSIDAD APART	COLOR	PERDIDA a 650°C %	CAMBIO DE COLOR	SEP. MAG. %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	SiO ₂ Insol. %	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	OBSERVACIONES
		EXTRAC (m)	HASTA RO CA MADRE (m)												
268	B14-R. 14 desde 0.7a S.T. Km 16,7	1,2	2,5	17,1	0,940	R. amar.	8,4	Ocre Claro	7,3	20,2	16,3	1,2	62,3	1,23	
269	C16-Pav. Est. S. Juan a Sto. Tomás Km 2,2	1,1	1,1	16,2	0,910	Rojo	8,4	R. Claro	1,8	22,1	15,3	0,3	62,3	1,44	Pedregullo
270	C16-Id. 14., Km 5,8	1,0	1,0	13,5	0,835	"	8,7	"	4,9	19,8	26,0	0,8	53,4	0,76	
271	C16-Id. 14., Km 7,9	1,2	2,0	14,9	0,930	"	9,1	"	5,1	17,0	12,4	0,9	68,8	1,44	
272	C17-Id. 14., Km 10,3	1,2	2,0	12,4	0,845	"	8,9	"	7,2	21,8	19,2	1,1	57,9	1,13	Pedregullo
273	C17-Id. 14., Km 13,3	1,1	1,1	15,4	0,935	"	10,1	"	8,1	23,8	12,4	1,3	62,5	1,91	
274	B17-Id. 14., Km 16,1	1,2	2,0	16,3	0,979	"	10,0	"	7,3	18,9	15,3	1,2	64,6	1,23	
275	B17-Id. 14., Km 18,2	1,4	3,0	17,1	0,964	"	9,1	"	6,9	16,8	11,0	1,1	71,1	1,52	
276	B18-Id. 14., Km 20,6	1,2	3,5	16,9	1,004	"	9,5	"	5,3	18,9	15,3	0,9	64,9	1,23	
277	C17-Rincón San Mateo	1,2	2,0	14,3	0,936	R. Gris.	8,4	O. Pal.	6,3	21,4	19,2	1,1	58,3	1,11	Pedregullo abundante
278	C17-Id. 14.	1,0	1,0	12,9	0,914	"	8,9	"	5,2	20,6	17,4	0,9	61,1	1,18	Bastante piedras sueltas
279	B17-Camino Lat. hacia KM 14 Km 2,8	1,3	2,0-3,0	16,1	1,040	Rojo	9,1	R. Pd.	5,1	19,4	13,8	0,8	66,0	1,40	
280	C16-Cam. Entr. R. S. N. hasta R. N. 14., Km 2,6	1,2	2,3	15,3	0,932	R. Gris.	9,2	Ocre	5,9	20,7	15,3	1,0	63,0	1,35	Algo de pedregullo
281	C16-Id. 14., Km 6,3	1,2	1,8	14,8	1,027	"	8,9	"	7,3	19,6	15,3	1,2	63,9	1,28	
282	C15-Id. 14., Km 8,8	1,2	2,0	13,9	1,022	R. amar.	8,1	R. pd.	5,6	18,9	15,3	0,9	64,9	1,23	
283	B15-Id. 14., Km 12,6	1,2	2,0-3,0	16,7	1,015	"	7,9	"	3,8	17,8	18,1	0,6	63,5	0,98	Algo de pedregullo
284	B15-Id. 14., Km 15,4	1,2	2,0-3,0	15,9	0,975	Rojo	8,2	R. Claro	5,2	19,2	11,7	0,8	68,3	1,64	
285	B14-Id. 14., Km 17,5	1,2	2,0	13,7	0,995	"	8,9	"	7,3	22,4	13,8	1,1	62,7	1,62	
286	B14-Id. 14., Km 19,1	1,2	2,0-3,0	16,1	1,019	R. amar.	9,1	R. pal.	7,5	20,9	15,3	1,2	62,6	1,36	
287	B16-A cont. poseso 278, Km 7,1	0,9	0,9	17,2	1,027	R. gris.	9,2	Ocre	4,9	22,7	11,7	0,9	64,7	1,94	Bastante pedregullo
288	B16-Id. 14., Km 11,0	1,3	3,0	16,4	1,057	Rojo	8,9	R. Claro	7,4	21,9	19,2	1,3	57,6	1,14	
289	B16-Id. 14., Km 13,5	1,5	3,0	15,8	1,024	R. amar.	9,4	R. pd.	6,3	20,4	13,8	1,1	64,7	1,47	
290	B15-Id. 14., Km 17,3	1,2	3,0	14,3	1,045	"	9,3	"	4,9	19,8	15,3	0,8	64,1	1,29	
291	B15-Id. 14., Km 22,0	1,2	2,0	13,9	1,033	"	9,2	"	7,2	20,6	13,2	1,1	65,1	1,76	
292	A16-Cam. pav. Camp Pava a Sto Tomás, Km 2,3	1,2	3,0-4,0	12,8	0,985	Rojo	8,9	R. Claro	5,0	20,4	13,8	0,8	65,0	1,47	Bastante pedregullo
293	A16-Id. 14., Km 4,9	1,2	2,0	17,1	1,062	R. gris.	8,5	R. pal.	4,3	22,4	15,3	1,0	61,3	1,46	
294	A17-Id. 14., Km 9,1	0,9	0,9	16,1	1,051	M. Gris.	7,9	P. claro	4,1	20,8	15,3	0,9	63,0	1,35	Bastante piedras pequeñas
295	A17-Id. 14., Km 12,9	1,2	1,5	15,1	1,020	R. amar.	8,2	R. pal.	3,9	19,3	22,5	0,8	57,4	0,85	
296	A18-Id. 14., Km 18,7	1,2	1,5	14,3	0,955	"	8,8	"	4,2	16,8	15,3	0,8	67,1	1,09	Bastante pedregullo
297	A18-Id. 14., Km 20,4	1,2	2,0	14,5	1,092	"	8,1	"	4,1	19,6	18,2	0,7	71,5	2,39	

ACLARACIONES SOBRE REGULATIVAS DE COLORES

Gris. : Grisáceo	R. amar. : Rojo Amarillento
O. amar. : " amarillento	R. Claro : " Claro
O. Claro : " Claro	R. Gris. : " Grisáceo
O. Obs. : " Obscuro	R. Lad. : " Ladrillo
O. Pal. : " Pálido	R. Obs. : " Obscuro
O. Pardo : " Pardo	R. Pal. : " Pálido
M. Gris. : Marrón Grisáceo	R. Pardo : " Pardo
M. Roj. : " Rojizo	R. Viól. : " Violeta
P. Claro : " Claro	
P. Obs. : " Obscuro	

Como ya se mencionó anteriormente, se tomaron muestras de Tierras Rojas de la zona, dejándose de lado las que se consideraron "no representativas" porque a simple vista mostraban la existencia de alto contenido en materia orgánica, piedras sueltas, pedregullo, sílice, etc., o mostraban procesos fermentativos o microbiológicos definidos. Sobre un total de 296 muestras útiles se realizaron las determinaciones físicas, químicas y físico-químicas que se habían establecido a lo que se agregó una aclaración de la ubicación de cada pozo y observaciones referidas a las características del lugar donde fueron tomadas.

La metodología analítica se ajustó a las especificaciones establecidas en el Primer Informe (6.1.-Trabajo en Laboratorio) habiéndose perfeccionado en algunos detalles con el fin de llegar a resultados indiscutibles.

Las determinaciones de Hierro y Titanio se realizaron paralelamente por dos métodos: a).- Tirón y Sulfocianuro y b).- Tirón y Peróxido de Hidrógeno; en el caso del Aluminio se utilizaron también dos métodos: a).- Aluminón y b).- Verzenato. Se consideró necesario utilizar estos métodos paralelos porque debido a las dificultades de importación se consideró necesario contrastar los resultados ante el riesgo de tener que utilizar drogas viejas. Aunque en todos los casos se tomaron en cuenta los datos mas bajos, practicamente no hubo diferencias entre ambas opciones.

Además, como un autocontrol, y con el fin de prevenir algunas interferencias posibles de procesos bío-orgánicos se entregaron muestras típicas al Laboratorio de Bionedafología del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Prov. de Santa Fé (Departamento de Suelos y Aguas). Esas muestras fueron tomadas en las cercanías de los pozos N° 28 y N° 171 y los análisis concuerdan apreciablemente con los resultados obtenidos y cuya información oficial se encuentra al final del trabajo.

11. 1. 1.- Diferenciación de ubicaciones:

Como primera consideración ~~pue~~ de establecerse que los terrenos bajos, especialmente los bañados, donde nacen los ríos y arroyos que forman la red por donde desaguan las lluvias, no ofrecen material adecuado para ser industrializado de acuerdo con los procesos tecnológicos corrientes y en condiciones económicas. Por otra parte, como consecuencia de las condiciones del medio en que se encuentran no son Tierras Rojas en la plena acepción de la palabra.

Pedría aventurarse la teoría -en cierto modo ya adelantada por algunos investigadores para otros procesos geológicos- que la acción del Ácido Carbónico (H_2CO_3) producido por la actividad de bacterias, hongos y líquenes que proliferan en el medio al amparo de condiciones de humedad y temperatura promedio apreciablemente altas, produce una solubilización de los Óxidos de Hierro que son solubilizados y arrastrados. Esto puede explicar porqué en esos lugares se produce una disminución del tenor en Hierro férrico, la extraordinaria plasticidad que se debe indudablemente a la presencia de un gel de $Al(OH)_3$ y finalmente la presencia de "Mau" que puede ser considerado una arcilla hidratada con algo de Hierro ferroso.

Además el H_2CO_3 actúa como reductor pasando los compuestos férricos a ferrosos y cambiando el color de pardo rojizo a negro grisáceo.

Como consecuencia de estas consideraciones se desecharon los bajos y anegadizos de arroyos y ríos como así también los bañados. Esto puede observarse muy claramente en la plancheta de página N° 37 en los esteros donde se forma el río Aguapey y su afluente el Arroyo Santo Tomás y en la plancheta de página N° 38 en los bajos del arroyo Pariepi y en los bañados de Ibirá-Copay.

De la misma manera se desecharon superficies muy grandes de la zona aledaña al río Paraná en la que pudo determinarse que bajo el manto de Tierra Vegetal se encontraba directamente el meláfiro.

11. 1. 2.- Forma de realización de la toma de muestras:

Los resultados obtenidos demuestran que el mecanismo adoptado para tomar muestras ha sido muy adecuado para los fines de la realización de este trabajo.

11. 1. 3.- Epesor del manto de Tierra Roja:

Este es un factor sumamente importante ya que de el depende la valoración de la reserva de mineral existente que es sobre lo que se debe basar la posibilidad de explotación industrial.

Si bien existen zonas donde el espesor del manto alcanza importante profundidad, solo deben ser considerados como valores excepcionales. Durante la toma de muestras pudo observarse que el manto de Tierra Roja extraíble era -en forma muy conservadora- el mencionado anteriormente de 3,5 metros.

11. 1. 4.- Superficie explotable de Tierra Roja:

De la observación del terreno se pudo establecer que existían zonas donde podía resultar inconveniente, por ahora, la explotación industrial de las Tierras Rojas pero que en el futuro podrán ser aprovechadas, ya sea porque se las someta a procesos previos de concentración o se utilicen nuevos procesos especiales de industrialización. A los fines de este trabajo solo se tuvo en cuenta la superficie directamente explotable. Los procesos especiales serían necesarios porque se trata de zonas con muy poco declive y cercanas donde se produce el verdadero proceso de Laterización que da origen a las Tierras Rojas pero formando costras relativamente duras que indudablemente mantienen como estructura química silicoaluminatos muy hidratados que exigen una molienda previa e inclusive una testación para descomponer la formación molecular.

De acuerdo con los resultados obtenidos pueden establecerse tres calidades de Tierra Roja bien definidas:

- a.- Tierras de fácil extracción y alto tenor en Al; Fe y Ti;
- b.- Tierras que con aceptables tenores de Al; Fe y Ti necesitan un tratamiento especial previo; y
- c.- Tierras con bajo contenido en los tres metales, o en dos de ellos, que requerirán el desarrollo de procesos especiales o su utilización en industrias no-metalúrgicas.

Las tierras incluidas ocupan una superficie aproximada de 1900 Kilómetros cuadrados; las correspondientes al grupo b) llegan a 800 Kilómetros cuadrados y las del grupo c) alcanzarían a 1100 Kilómetros cuadrados.

11. 1. 5.-Reservas Metálicas:

Se consideró que de acuerdo con el estado de los conocimientos tecnológicos en la actualidad solo valía tener en cuenta los yacimientos del grupo a). Esto no significa que en el futuro no puedan tenerse en cuenta los del grupo b) y mas adelante los del c), en la medida que las necesidades del consumo hagan imprescindible su explotación y los precios de venta de los productos resulten compensatorios. No es posible olvidar que los procesos hidrometalúrgicos y metalúrgicos están en pleno desarrollo, en especial para la utilización de bajo título, y es de esperar que en el futuro aparezcan otros nuevos mas selectivos. En el caso de las Tierras que corresponden a la zona c) sería dable estudiar la posibilidad de utilizarlas para la producción de cementos de fraguado normal aprovechando ciertas calizas existentes en la zona Este de la Provincia de Corrientes.

Sin embargo, de acuerdo con las posibilidades técnicas conocidas y las necesidades de Alúmina y Aluminio metálico existentes y futuras, las reservas de la zona a) cubren las necesidades del país y aún del Mundo por muchos años.

A los efectos de establecer con la mayor aproximación cua les eran las reservas totales del yacimiento representado por la zona a),

se ha observado que los depósitos de Tierra Roja adoptan casi siempre la forma de una lentilla cóncavo-convexa apoyada por el lado cóncavo en la roca base de las lomas o cerros por lo que su mayor espesor se encuentra normalmente en las cimas aunque existen en algunas ocasiones afloraciones excepcionales de rocas -a lo que ya se ha hecho referencia- por lo que puede aceptarse con un gran margen de seguridad este aspecto lenticular de los depósitos. Según este criterio, los bajos son generalmente pedregosos como consecuencia de la erosión y arrastres causados por el agua de lluvia al desplazarse.

Este criterio también ha podido ser comprobado prácticamente a medida que se tomaron las muestras en los perfiles de los cortes realizados para la construcción de caminos y en las variaciones de la profundidad de pozos perforados para la extracción de agua. Otra observación interesante a los fines de determinar la posibilidad de explotación de los yacimientos del grupo a) es que la cota correspondiente a las lomas supera siempre los 150 metros y los bajos están a 100 a 120 metros y es característico que el manto de Tierra Roja es mas grueso cuanto mayor es la altura.

A los efectos de determinar el espesor promedio del manto se tomaron los recorridos entre los pozos 1 a 6 (Zona 2 en el mapa de ubicación de las perforaciones); 178 a 183 en la zona 3 y pozos 65 a 77 en la zona 5. Estos últimos fueron objeto de especial atención ya que por su recorrido se realizó un circuito en el que se pudieron observar perfectamente las evoluciones del espesor de lo que conformaba una enorme loma. En base a los resultados de las perforaciones y teniendo en cuenta la altura de algunos cortes existentes se hizo un cálculo del espesor que arrojó un valor promedio de 5,8 metros al que se aplicó un coeficiente de seguridad de 0,6 y de esta manera se adoptó un manto de 3,5 metros que aunque considerado excesivamente conservador se considera que es conveniente adoptar por razones de seguridad para cualquier inversión que se

realizase. No se duda en absoluto que los datos posteriores calculados en base a este promedio deben ser considerados el "mínimo minimorum".

Para determinar la reserva total del yacimiento, se estableció sobre las planchetas de páginas 37 y 38 la superficie de la zona deduciendo los bajos y terrenos donde, por distintas razones (recas, barro con material orgánico, etc.) no eran utilizables para una industrialización. De esta manera se llegó a establecer la superficie real mínima aprovechable de 1900 Kilómetros cuadrados que multiplicada por el man to promedio establecido se llegó a determinar un volumen de 6.650.000.000 de metros cúbicos que a una densidad promedio mínima de $0,87 \text{ Tt./m}^3$ representa una reserva de material de primera calidad de 5.750.000.000 Toneladas aproximadamente. Para la determinación del tonelaje, con el mismo criterio adoptado anteriormente, se optó por utilizar los promedios mínimos sobre material de depósito, es decir llevando la humedad normal al 12 por ciento.

Reserva de cada óxido en el total del yacimiento:

A los efectos de esta determinación "a primera aproximación y manteniendo siempre el criterio ampliamente conservador se optó, para tomar como base para la determinación de cada uno de los óxidos metálicos que integran el mineral, los porcentajes promedios de cinco muestras de calidad aceptable:

Al_2O_3	20,5 %
Fe_2O_3	18,0 %
TiO_2	1,5 %

multiplicando estos porcentajes por las 5.750.000.000 Toneladas establecidas como reserva de mineral se llega a discriminarla así:

1.150.000.000 Toneladas de Alúmina o su equivalente de

575.000.000 Toneladas de Aluminio metálico;

1.000.000.000 Toneladas de Óxido de Hierro o su equivalente de

700.000.000 Toneladas de Hierro metálico;
 86.250.000 Toneladas de Bióxido de Titanio o su equivalente de
 51.700.000 Toneladas de Titanio metálico.

Para la transformación de los óxidos metálicos en sus metales se recurrió a la multiplicación de la reserva en óxido prevista por las relaciones metal/óxido respectivas: $Al_2/Al_2O_3 = 0,5$; $Fe_2/Fe_2O_3 = 0,7$ y $Ti/TiO_2 = 0,6$ tomadas al primer decimal.

La opción por lo valores mínimos extremos, tanto en lo que se refiere a la profundidad del manto como al contenido promedio en óxido, se ajusta al criterio conservador repetidamente mencionado y no es una exageración decir que las reservas reales pueden ser mayores en un 25 a 30 por ciento. La experiencia ha demostrado que en los planteos económicos financieros de industrias —especialmente si involucran una inversión elevada— es el mas conveniente.

12.- CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS ANALITICOS.

12. 1.- Densidad aparente:

El material extraído y estandarizado en la forma ya especificada, tiene una densidad aparente que varía entre 0,810 y 1,310. Este valor es indicativo del grado de descomposición de la Tierra Roja. Cuando se presentan densidades elevadas debe entenderse que los Siliceoaluminatos han tenido una descomposición mediana o reducida y, consecuentemente, su ataque por los reactivos es apreciablemente mas dificultoso. En cambio los de baja densidad aparente (como por ejemplo los pesos 91, 104, 127, 166, etc.) presentan un contenido mayor en Óxidos de Hierro y Aluminio en buena proporción al estado libre y por eso son mas facilmente atacables. Se la expresa en Ton. por metro cúbico.

12. 2.- Variaciones de color:

Se ajustan a lo indicado anteriormente en este informe.

12. 3.- Pérdida por calcinación:

De la misma manera que en el cambio de color, los resultados se ajustan a lo mencionado oportunamente.

12. 4.- Separación magnética:

Los valores obtenidos son indudablemente elevados, al extremo de llamar poderosamente la atención. Por esta razón se hicieron determinaciones especiales de las que surgió claramente la explicación.

En los lugares en que las condiciones climáticas son algo diferentes -mas al Norte en la Provincia de Misiones- El Titanio se encuentra en forma de cristales negros característicos de Ilmenita (cristales hexagonales, Titanato ferroso, $TiO_2 \cdot FeO$) medianamente magnético. En el mineral encontrado casi inmediatamente sobre el límite con la Provincia de Misiones, el Titanio se encuentra en forma de cristales pardo oscuros, planos, de Titanomagnetita (Titanato ferroso-férrico, $TiO_2 \cdot Fe_3O_4$ o $TiO_2 \cdot FeO \cdot Fe_2O_3$) fuertemente magnética.

Esta es una información de gran valor ya que significa que se puede separar un producto importante a un apreciable estado de pureza mediante una operación simple y facilmente regulable para someterle a procesos hidrometalúrgicos adecuados y llegar a ambos metales en condiciones de concurrencia y con métodos simples.

Para la realización de estos ensayos de separación magnética se utilizó el método de Thor-Tomvsen: Se colocó en un vaso de precipitados 50 gramos de mineral desleído en 150 cc. de agua manteniendo agitación constante y se introdujo en el lodo un imán permanente estándar "Grant" envuelto en una bolsa de polietileno; se mantuvo todo en agitación 5 minutos y se extrajo la bolsa con el imán y el material adherido al plástico por imanación. Se extrajo el imán de la bolsa y el material imantado se descargó en un vaso de Erlenmeyer derramando agua por un embudo. El material magnético denso se depositó en el fondo y se le sometió a repetidos lavados para eliminar los restos de Tierra

Reja adherida o incluida. Cuando el agua de lavado quedaba limpia, se se paró el material magnético, se secó a 110°C y se pesó determinándose el porcentaje recuperado magnéticamente que figura en la tabla de resultados.

Los métodos especiales fueron utilizados en el comienzo de las determinaciones analíticas pues resultaba extraña la característica fuertemente magnética del material separado y su porcentaje. Se recurrió entonces a la utilización del método de Puig utilizando un electroimán de campo regulable colocado en el fondo de un vaso de 200 cc. que se lle na con lodo y se invierte. Una vez sedimentado el material, habiendo quedado el electroimán en la parte superior se aumenta gradualmente la intensidad del campo magnético hasta que no se produzca mas elevación de material. Se determinó la cantidad elevada para cada intensidad pudiendo detectarse la presencia de materiales altamente magnéticos y medianamente magnéticos. Entre los primeros se encontró que se presentaban cla ramente la Titanomagnetita y la Magnetita y para mas altas intensidades la Ilmenita aunque en pequeña proporción. Estos ensayos se realizaron solamente sobre las muestras 5, 9, 11, y 14 y no se consideró necesario continuar con este método pues los resultados coincidían con los obtenidos con el método de Thor-Tomvsen.

12. 5.- Oxidos metálicos:

Fueron confirmados y determinados los resultados ya que son la base del estudio de factibilidad de aprovechamiento del mineral. Los títulos son, en general, altos y constantes y su distr ibución origina la división en zonas que se indican mas adelante.

Relación $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$: Aunque esta determinación no había sido prevista, se hizo sobre varias muestras una determinación con valores variados de campo magnético (Variación de intensidad). Se llegó a la conclusión que los porcentajes de Titanomagnetita son perfectamente identificables pero se entremezolan otros óxidos fuertemente magnéticos que no solo tienen

la composición definida de la Magnetita siné que se los debe considerar como compuestos especiales con la composición probable $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot x\text{FeO}$ para los ferrosos y $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot y\text{Fe}_2\text{O}_3$ para los férricos. En esas condiciones resulta sumamente difícil, dentro de las limitaciones de este trabajo, establecer esta relación. Lo que sí puede establecerse es que existe una amplia variación en el porcentaje y en la composición del material magnético, tanto en relación con el mineral como con el Sesquióxido existente en el al extremo de que puede existir una relación $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$ entre 0,1 y 0,65.

Aclaración del criterio para definir densidad aparente y unidad en que se la expresa: Aunque este concepto ya ha sido expuesto en (12.1.) conviene ampliarlo aquí por su posible referencia a la influencia del peso de los óxidos en el de la unidad de medida del material y en la que pudieran tener sobre la presencia de material magnético.

La densidad aparente es el peso de una unidad de volumen al estado en que se lo encuentra o en que se lo usa. Como a los efectos de los cálculos de los procesos de industrialización resulta conveniente llevarla a las condiciones en que entraría en una planta industrial. Por eso la determinación se hizo sobre Tierra Roja llevada a condiciones normales de humedad, es decir el 12 por ciento, y que pasase por el tamiz de malla 4 lo que representaba el mineral que mas llenaba naturalmente los intersticios. Es que a los efectos de la determinación de la factibilidad de los procesos de industrialización, la densidad aparente es un parámetro esencial, no solo en lo que se refiere al movimiento de la materia prima sinó también para el dimensionamiento de los equipos de tratamiento primario y de extracción.

La densidad aparente es la relación peso/volumen y se determinó en la forma indicada en (12.1.) es decir en este caso por 100 centímetros cúbicos pero de la misma manera y en forma mas práctica para los procesos industriales conviene expresarla en Toneladas por metro

cúbico. Por ejemplo, la Densidad aparente de la muestra N° 1 es 1,025 o su equivalente 1.025 Kilogramos/metro cúbico o 1,025 Ton.m⁻³.

12. 6.- Sílice e insolubles:

Los resultados se obtuvieron ajustándose a lo establecido en el Primer Informe y a lo expresado en (10.7.9.) en este Segundo Informe.

13.- INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en los análisis confirman la información provista por las determinaciones anteriores y las que se realizaron como base para la planificación y ejecución de este trabajo. Sin embargo en unos aspectos se ofrece una idea algo diferente en cuanto a la superficie real y aprovechable de las Tierras Rojas ya que de una estimación inicial de 4.900 Kilómetros cuadrados se la ha reducido solamente a 2.700 Kilómetros cuadrados de mineral directamente aprovechable.

Las Tierras incluidas en la clasificación o) (11.1.4.) no es posible considerarlas exactamente como Tierras Rojas, no pueden ser utilizadas económicamente para procesos metalúrgicos aunque pueden tener otras aplicaciones industriales como la fabricación de cementos ya mencionada.

Es importante mencionar que en la zona Norte, sobre el río Paraná, ha habido una apreciable reducción en la superficie pre-establecida, no solo con respecto al informe inicial, sino también con respecto a lo que en 1929 indicaban los Dres Bonarelli y Longobardi. Si bien se las encuentra superficialmente, ya se ha mencionado que el manto está conformado principalmente por una mezcla de Tierra vegetal y Piedra depositada directamente sobre la roca base.

13. 1.- Clasificación por zonas:

En el Primer Informe se hizo una clasificación general en tres zonas. Contando con un análisis mas completo

del material por el mayor número de muestras, por la forma en que fueron extraídas y por la ubicación de los pozos, se consideró conveniente una clasificación mas estrecha del yacimiento en las zonas siguientes:

- 1.- Desde las nacientes del A° Itaembé hasta el Norte;
- 2.- Desde el A° Itaembé hasta el Pozo N° 5 (Est. San Antonio);
- 3.- San Carlos y alrededores;
- 4.- Desde el Norte del Est. Aguapey y Estancia El Timbó (Pozo N° 177) hasta el Norte del Arroyo Capincho (Estancia Dickinson, Pozos N° 48, 192, 193, 194, 195);
- 5.- Desde el Sur del A° Carpincho hasta los Bañados de Iberá-Qcay;
- 6.- Desde el Oeste del Bañado de Iberá-Qcay hasta el límite Sur del trabajo.

Estas zonas están marcadas en los planos de páginas 37 y 38 con el número respectivo.

13. 1. 1.- Zona desde nacimiento del A° Itaembé al Norte:

Esta zona

puede considerarse el límite superior del manto de Tierras Rojas industrializable pues en la zona costera la piedra ha sido lavada ya que teniendo el terreno un declive pronunciado y constante las aguas de lluvia corren sin encontrar obstáculos y arrastran el mineral. Excepcionalmente se encuentran lugares donde existe una fina capa de Tierra vegetal pero en algunos lugares pueden observarse en cantidades apreciables un mineral sin descomponer, muy duro con una apariencia exterior de Agata.

Es importante tener en cuenta a esta zona para la posible radicación de una planta industrializadora pues se encuentra sobre la orilla del río, lo que significa contar con la posibilidad de transporte fluvial, amplia disponibilidad de agua para procesos, tiene cercana una línea de ferrocarril y dispondrá en el futuro de un amplio aprovisionamiento de energía eléctrica del Dique Yaciretá-Apipé.

13. 1. 2.- Zona desde A° Itaembé hasta pozo N° 5 (Est. San Antonio):

Es-

ta es una buena zona ya que el contenido en Alúmina está representado, en general, por un porcentaje apreciablemente elevado (entre 20 y 27 por ciento) y el de Titanio se encuentra dentro de los valores normales.

Sobre la Ruta se encuentran algunos afloramientos de piedras pero en general el manto de Tierra Roja está algo arriba del valor promedio previsto, es decir que puede considerarse muy buena, muy pareja y con amplia disponibilidad de mineral.

Esta zona carece de fuentes importantes para aprovisionamiento de agua, salvo el río Aguapey del cual pueden extraerse hasta 8 metros cúbicos/segundo, lo que cubriría ampliamente las necesidades de cualquier planta industrializadora.

13. 1. 3.- Zona de San Carlos y alrededores:

Esta zona está comprendida entre la Estancia San Antonio y el Establecimiento La Lisette en su límite Sur.

Resulta difícil explicar la existencia de una zona como esta dentro de los límites de las Tierras Rojas por el alto contenido en Hierro y la presencia en cantidades apreciables de I-tacurí. El contenido del mineral en Fe_2O_3 varía, en general, entre 19 y 29 por ciento, mientras que los valores de Al_2O_3 se ubican entre esas mismas cifras, 19 a 29 por ciento.

Las características de estas Tierras establecen la necesidad de realizar un estudio mas profundo ante la posibilidad de encontrar una fuente muy importante de mineral de Hierro muy puro, como así también establecer cual es el producto mas importante para ser explotado: el Al o el Fe, ya que puede ser factible la utilización de un proceso para la producción de Hierro en lingotes como producto principal y extraer el Aluminio y el Titanio de los residuos.

La ubicación de este yacimiento es excepcional ya que está muy cercano al puerto de Posadas y de Ituzaingó sobre el río Paraná

a los que se une por la Rutas Nacionales N° 14 y 110 (esta última pavimentada) y por la Ruta Provincial N° 34 que la comunica con la Ruta Nacional N° 2. Hacia el Sur se puede descargar la producción por la Ruta Provincial N° 40 en avanzado estado de pavimentación. La Estación del F.C. Gral Urquiza se encuentra a una distancia aproximada de 15 Kilómetros.

13. 1. 4.- Zona entre Est. Aguapey y ribera Norte del A° Carpincho:

Esta zona se caracteriza por los afloramientos de roca y por la presencia de piedra y pedregullo, productos de una incipiente degradación de la roca madre. Está atravesada por muchos caminos, tanto nacionales, provinciales (Pavimentados o a pavimentar) y de consorcios de estancias que permiten una fácil movilidad. Uno de ellos es la Ruta Nacional N° 14.

No obstante lo comentado sobre la existencia de piedra y pedregullo, sobre la Ruta y en el camino a las nacientes del río Aguapey, se encuentra una zona de Tierra Roja de aproximadamente 8 Kilómetros cuadrados con un espesor de manto de 3 metros promedio que de acuerdo con la metodología utilizada en (11.1.5.- Reservas Metálicas) tiene la forma de un triángulo formado por líneas imaginarias que unirían los pozos N° 171, 49 y 55. El espesor del manto es menor que el tomado como promedio total y por la presencia de núcleos pedregosos ha sido estimado en 3 metros (que es el 60 por ciento del espesor real estimado). De esta manera se dispone en esta superficie de 24.000.000 de Ton. de Mineral con un contenido de 20,5 por ciento de Alúmina (Al_2O_3); las que pueden producir aproximadamente 5.000.000 de Toneladas de Alúmina grado electrolítico o 2.500.000 Toneladas de Aluminio metálico lo que representa el consumo del país en los próximos veinte y cinco años que con una tasa de crecimiento del consumo de metal del 5 por ciento anual, las necesidades del país totalizarían 2.386.155 Toneladas según la tabla adjunta:

TABLA DE CONSUMOS DE ALUMINIO METALICO EN LA REPUBLICA ARGENTINA

Base: Crecimiento anual: 5 % (Años 1973 - 1997)

1973	50.000 Tt..	1983	81445 Tt.	1993	132665 Tt.
1974	52.500 "	1984	85515 "	1994	139300 "
1975	55.125 "	1985	89795 "	1995	146265 "
1976	57.880 "	1986	94280 "	1996	153375 "
1977	60.775 "	1987	98995 "	1997	161255 "
1978	63.815 "	1988	103945 "	Total	2386155 Tt.
1979	67.005 "	1989	109145 "		
1980	70.355 "	1990	114600 "		
1981	73.875 "	1991	120330 "		
1982	77.565 "	1992	126350 "		

Estos cálculos han sido realizados en base a la fórmula clásica:

$$C_t = \sum_{n=1}^t C_1 (1 + i)^n$$

donde C_t es la sumatoria de los consumos desde el primer año tomado como base hasta el que se toma como final de producción; C_1 = Consumo en el año tomado como base que en este caso fue 1973 con 50.000 Toneladas de metal importadas y el índice i es el porcentaje del crecimiento del consumo dividido por 100. Por lo tanto esa fórmula adopta los valores siguientes para el caso del Aluminio metálico:

$$C_t = \sum_{25}^1 50.000 \left(1 + \frac{5\%}{100}\right)^{25} = \sum_{25}^1 50.000 \cdot 1,05^{25}$$

Se ha adoptado un índice de crecimiento del 5 por ciento sobre el consumo de metal ajustándola a las tasas de crecimiento del FBI aunque debe aceptarse que el crecimiento real del consumo de aluminio por año es mayor y tiende a acentuarse por la ampliación de los usos en que se aplica.

13. 1. 5.- Zona desde la ribera Sur del A° Carpincho hasta los Bañados de Iberá-Ocay:

Esta es la zona de mayor importancia como re-

serva de mineral en el N.E. de la Provincia de Corrientes, no solo por la amplitud de su superficie y el espesor de los mantos de Tierra Roja, sino también por las características del material que resulta muy parejo tanto en composición como en su contenido en Titanio.

En general los mantos tienen un espesor constante que se ajusta a lo expresado en ocasión anterior pero en las cimas de las lomas es normalmente mas pronunciado. Sin embargo, a los efectos de la reserva que representa esta zona se consideró oportuno tenerlos en cuenta, considerando los excepcionales y no convenir apartarse del criterio conservador que fijaba el manto promedio con un espesor de 3,5 metros libres de destapa de Tierra vegetal.

Es importante observar que en esta zona aunque los tenores en Al_2O_3 y TiO_2 se mantienen constantes, en cambio el de Fe_2O_3 se va reduciendo a medida que se desciende hacia el Sur.

Esta zona tiene una superficie de 1.650 Kilómetros cuadrados por lo que representa una reserva aproximada de 5.000.000.000 de Toneladas que de acuerdo con lo expresado en páginas 61 y siguientes (Reservas metálicas- 11.1.5.) equivalen a:

1.029.000.000 de Toneladas de Alúmina o su equivalente

de 515.000.000 de Toneladas de Aluminio metálico;

900.000.000 de Toneladas de Sesquióxido férrico o su equivalente

de 630.000.000 de Toneladas de Hierro metálico; y

75.000.000 de Toneladas de Bióxido de Titanio o su equivalente

de 45.000.000 de Toneladas de Titanio metálico.

Un simple análisis de estos valores da una idea del enorme valor de esta reserva que podrá ser aprovechada en la medida de que se la provea de una infraestructura adecuada ya que en su casi totalidad carece de caminos transversales transitables en todo tiempo y de comodidades para la mano de obra necesaria para operación de las plantas industrializadoras.

La cercanía del río Uruguay y los numerosos ríos y arroyos aseguran la provisión de agua para cualquier proyecto y aún podría estudiarse la posibilidad de obtener de ellos energía eléctrica.

Para terminar de ubicar las posibilidades que ofrece esta zona es conveniente establecer que estos valores han sido fijados a primera aproximación y que como se trata de una zona, que aún en los bajos, se encuentra arriba de la cota de 125 metros, los valores de esta reserva mineral pueden ser mucho mayores en la realidad.

13. 1. 6.- Zona desde el Oeste del Bañado de Ibará-Ocay hasta el límite Sur del trabajo:

Esta zona está constituida por dos largas lenguas de Tierra Roja formadas por las cimas de cerros con cotas superiores a los 85 metros pero en ocasiones se encuentran cases en que la acción del agua y el viento han dejado la roca al desnudo.

No se han tenido en cuenta las zonas ubicadas sobre la ribera del río Uruguay (Rincón San Mateo) dentro de los 1.000 a 2.000 metros donde también aflora la roca en la misma forma que sobre la costa del río ~~Encomienda~~ aunque la morfología de la roca es distinta.

Como puede observarse en el plano de página N° 38, esta zona se extiende hasta las cercanías de la Ciudad de Santo Tomé donde ya los afloramientos de Tierra Roja tienden a desaparecer y donde existen bañados de importancia.

La importancia de esta zona, aún cuando el mineral no es de tanto valor radica en que cuenta con amplias posibilidades para la toma de agua para procesos, comodidades para transporte por camión o ferrocarril y la proximidad de una población importante -Santo Tomé- que puede aportar la mano de obra necesaria para el funcionamiento de una planta industrial.

13. 1. 7.- Otras zonas:

La zona situada al Oeste, sobre el camino a Co-

bernador Ing. Virasoro y sobre la vía del F.C.Gral Urquiza, está formada por lomas bajas con gran contenido en piedras chicas y pedregullo, pero siempre con un contenido bastante bajo en alúmina. A esto se agrega la desigualdad del manto que en general es de reducido espesor.

14.- TRATAMIENTOS ESPECIALES PARA CONCENTRACION DE LOS MINERALES TITANIFEROS:

Es importante tener en cuenta que minerales como la Ilmenita y la Titanomagnetita son de muy alto valor potencial, sobre todo si se tiene en cuenta que se encuentran libres de contaminaciones con otros elementos como Cromo, Manganeso, Vanadio, Cobalto, etc., pueden ser tratadas por cualquiera de los métodos ácidos y en especial con ácido sulfúrico para llegar, mediante una hidrólisis selectiva, a la producción de Dióxido de Titanio (TiO_2) hidratado que se calcina para producir Anatasa a 800° o Rutilo a $1.100^\circ C$. Es indudable que la ausencia de la contaminación de los elementos mencionados hace que esos procesos resulten simples y la única exigencia es la calidad de los equipos de separación y el ajuste adecuado de la etapa de hidrólisis.

15.- CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA ETAPA DEL TRABAJO.

De la realización de un estudio comparativo de los resultados de los análisis de la Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes en relación con los de otras zonas del país y del extranjero, se llega a la conclusión de encontrarse con un material en el que la acción de los agentes climáticos no ha sido tan penetrante y por lo tanto el volumen de la tierra descompuesta (laterizada) es menor.

De acuerdo con este criterio era de esperar que la estructura química de los silicoaluminatos de Hierro debió haber sido mas fuerte y, por lo tanto, la acción de los reactivos cálsicos menos profunda o mas lenta. Es posible que la acción de los ácidos orgánicos generados por la descomposición vegetal hizo que la descomposición se produjese

se en otra forma. Prueba de esto es la presencia de cantidades apreciables de sílice libre que se encuentra en menor cantidad en las cercanías del límite con la Provincia de Misiones y la presencia de Magnetita y Titanomagnetita solo explicables por una acción biológica apreciablemente fuerte.

La calidad del yacimiento, aunque ligeramente inferior a lo previsto, puede considerarse en términos generales muy buena y similar a la de la Provincia de Misiones pero superior a la que existe en las zonas limítrofes de países vecinos: Brasil y Paraguay.

Es posible que la mayor descomposición del mineral facilite la aplicación de los modernos procesos metalúrgicos e hidrometalúrgicos ~~mejor~~ adecuados para el aprovechamiento de materiales de este tipo.

En la valoración de estos yacimientos debe tenerse en cuenta la importancia de los tres metales que se pueden extraer a lo que se debe agregar el valor estratégico de los mismos y la ubicación de industrias en zonas de frontera. Es de suma importancia, también, su ubicación cercana a los grandes centros de consumo en una zona donde es posible la realización de un desarrollo industrial por la disponibilidad de los elementos básicos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es indudable el enorme valor que tiene este enorme yacimiento especialmente por su ubicación pero del que será necesario determinar cuales son las posibilidades de su aprovechamiento a escala industrial. La última etapa de este trabajo establecerá cuales son las posibilidades reales.

INFORME FINAL

16.- FACTIBILIDADES INDUSTRIALES.

16. 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 la amortización en un plazo aceptable y, sobre todo, que asegure la ocupación de mano de obra zonal por el mayor plazo de tiempo posible.

Ateniéndonos a los resultados obtenidos en base a los trabajos de campo y de laboratorio que se concretan en el Segundo informe (Págs. 58 a 62.- It. 11.1.3 a 11.1.5.) es indiscutible que en este caso se da la existencia de una reserva mineral valiosísima por su calidad, por su volumen y por su ubicación.

En razón del agotamiento de los yacimientos de alta calidad, en la metalurgia del Hierro como en la del Aluminio, existe una tendencia a la utilización de minerales de bajo tener metálico (low-grade ores). A este planteo debe agregarse el alto precio alcanzado como consecuencia de la formación de "pools" o de unificación de políticas económicas de países subdesarrollados. También han influido en otros casos la escasez o alto costo de los insumos necesarios para el procesamiento. Tal es el caso de la escasez de carbón para coqueificar, en el caso del

Hierre o el constante aumento en el precio de la Soda Solvay -o de la Soda cáustica- en el caso de la producción de Alúmina para obtener aluminio metálico.

Todavía debe agregarse a estas consideraciones el extraordinario perfeccionamiento tecnológico en la hidrometalurgia que ha permitido un aprovechamiento integral de los minerales, haciendo posible la utilización de aquellos en que los elementos químicos metálicos se encuentren en una proporción relativamente baja y agregándose, casi en todos los casos, la factibilidad de reciclar los reactivos reduciendo el costo de los insumos cuyo precio unitario es generalmente elevado.

16. 1. 1.- Criterios a utilizar en el análisis de la factibilidad de utilización de las Tierras Rojas:

Esta factibilidad depende de la posibilidad de utilizar la tecnología adecuada representada por esos nuevos procesos que permiten, básicamente, la separación de los óxidos (o sus metales) que las integran. Esto depende de una serie de factores: La existencia de porcentajes aceptables del o de los óxidos a obtener; la capacidad en materia prima disponible para ser sometida a la acción de los reactivos y de la infraestructura necesaria para el desarrollo de este tipo de industrias que requieren, casi siempre, una tecnología bastante refinada.

16. 1. 2.- Composición de las Tierras Rojas:

En la realización de este trabajo se sucedieron tres etapas que han sido reducidas a los informes respectivos. Inicialmente se tomaron como base los conceptos existentes en la bibliografía mencionada pero, en especial, la experiencia anterior sobre las Tierras Rojas de la Provincia de Misiones. No obstante la magnitud de este último trabajo, para el que se tomaron y analizaron mas de 4.600 muestras, su objeto estaba orientado directamente a un planteo tecnológico que era diseñar una planta para producir Alúmina y

Aluminio metálico. No obstante, en cierta medida, se trató de conformar un criterio sobre la constitución química de las Tierras Rojas (o Lateritas) y los criterios desarrollados en las Referencias (1.) siguen teniendo valor aunque haya variado en algunos aspectos.

De acuerdo con los resultados obtenidos ahora y que figuran en las planillas de páginas 44 a 55 puede establecerse que la composición de las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes se encuentra dentro de los siguientes límites:

Al_2O_316,0 a 32,0 %

Fe_2O_314,0 a 34,0 %

TiO_2 1,0 a 2,5 %

SiO_2 32,0 a 56,0 %

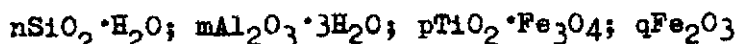
Existen valores mas elevados que se consideró inconveniente tener en cuenta en un estudio de factibilidad. Sin embargo, aún dentro de este concepto de su existencia excepcional, no debe olvidárselos ya que siempre representan una posibilidad de explotación paralela a la que se realice con minerales ubicados en los valores medios.

Pero la mayor importancia reside en contar con la factibilidad de llevar a la práctica los procesos Pirometalúrgicos e Hidrometalúrgicos modernos para lo cual es necesario conocer bien la estructura molecular que es la que va a determinar la forma en que el mineral va a actuar en los procesos que se apliquen para la separación de sus óxidos o metales componentes. Es decir que, aunque la composición química expresada por los resultados analíticos permita establecer el valor venal de la producción comercial, la estructura química del mineral es la que determina la posibilidad de separarlos a un costo que los coloque en condiciones competitivas en el mercado interno e internacional.

16. 1. 3.- Estudio de la estructura química:

En el párrafo 1.-REFEREN-

CIAS del Primer Informe se establecía ya la posible constitución de las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes, llegándose a establecer en la etapa de formación la existencia de un silicoaluminato férrico con (x) moléculas de agua de hidratación. Los ensayos de laboratorio han confirmado esta teoría pero a la que se debe dar nueva forma:



Un análisis de esta posible estructura molecular 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 del agua sobre ese complejo molecular teórico, pero posible, puede alterar la situación del complejo parcial titanato ferroso férrico facilitando su cristalización y separación, por variaciones de pH del medio originadas por la acción del ácido carbónico que aún puede llegar a una reducción de los óxidos ferroso-férricos y de esta manera se explica la existencia de Ilmenita en ciertos lugares, especialmente en la Provincia de Misiones, y de Titanomagnetita en otros. Cualquiera de ambos tienen una característica definida en su cristalización y se encuentran mezclados en la Tierra Roja de la que se separa por arrastre de las aguas de lluvia para formar algunas veces placeres de relativa importancia o mezclarse en las arenas de los ríos.

De la misma manera y en situación opuesta, por acción del calor se explica que la deshidratación que se produce elimina una, sino la mas fuerte, de las ligaduras existentes en las moléculas de los silicoaluminatos y cuando se alcanzan temperaturas del orden de los 600°C es posible llegar casi a una descomposición primaria en los óxidos metálicos. Sin embargo no debe olvidarse que las Tierras Rojas están ya naturalmente descompuestas en alto grado con relación a la roca madre y que son facilmente 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.

Pero aunque se acepte que es real la existencia del complejo expresado en la fórmula anterior, está fuera de toda duda que coexisten paralelamente y en porcentajes variables al estado libre los siguientes compuestos: Al_2O_3 (Alúmina); Fe_2O_3 (Sesquióxido de Hierro); FeO (Óxido ferroso); Fe_3O_4 (Magnetita); $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Óxido ferroso-férrico hidratado) y la 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 sílico-aluminato ferroso como también dentro de los de los óxidos de Aluminio o de Hierro que tienen un aspecto esponjoso.

La Titanomagnetita contenida en las Tierras Rojas es un material excepcional solo superado por las Ilmenitas en la Argentina. A diferencia de los yacimientos clásicos de Titanio -ya sea esquistos, arenas titaníferas o arenas negras- ambas son de una pureza extraordinaria pues no contienen, como ya se ha mencionado, elementos como Níquel, Cobalto, Cromo, Manganeso, Vanadio, etc. sumamente difíciles de separar cuando se trata de obtener Blanco de Titanio para pinturas o Tricloruro de Titanio para catalizadores.

Debido a esa característica especial, tanto la Ilmenita como la Titanomagnetita se pueden separar fácilmente con equipos magnéticos de mediana o alta intensidad, tanto en medio húmedo como en seco, aunque en el primero se obtiene una mayor pureza.

Cuando se recurre a la tostación previa del mineral para descomponerlo no debe sobrepasarse los $550^\circ\text{--}650^\circ\text{C}$ ya que a esta temperatura comienza a formarse eta-Alúmina o Alúmina reactiva pero cuando se

superan estas temperaturas comienza la formación de alfa-Alúmina que no reacciona a los agentes químicos en condiciones normales.

16. 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 las tablas, que es una característica originada en la formación geológica que, en dirección NNE a SSO, viene desde las costas atlánticas de Brasil como una continuación de los yacimientos africanos perfectamente determinados 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. 4.

Óxidos	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 %
SiO_2	36,5 a 56,0 %	59,0 %

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 (Pesos 81 a 88) con porcentajes entre 25 y 27 por ciento en una superficie de aproximadamente 124 Kilómetros cuadrados y un manto promedio de 1,5 metros por los menos. Esto significa una reserva de 48.360.000 Toneladas de Fe_2O_3 que equivalen a 33.852.000 Toneladas de Hierro metálico. Todavía habría que agregar otras zonas cercanas sobre el camino de Gobernador Ing. Virasoro a Curuzú (Pesos 144 a 151) tanto o mas ricos en este óxido que los mencionados antes. Esta es, posiblemente, la reserva

que se trataba de ubicar en base a fotografía infraroja.

En lo que se refiere a los óxidos de Aluminio (Alúmina) y de Titanio, los porcentajes máximos se encuentran en la Argentina en el Sur de la Provincia de Misiones y en la de Corrientes en el límite con aquella. Esto puede observarse en los resultados del trabajo realizado por el Dr. J. Valania para COPEDESNEI y en obtenidos en este trabajo y que figuran en las tablas respectivas en el Segundo Informe.

Aunque de los valores que se dan para los distintos óxidos podría establecerse una prioridad hacia la obtención de Alúmina, de Hierro o de Dióxido de Titanio, lo real es que los métodos modernos Hidrometalúrgicos como los Piremetalúrgicos hacen factible, y aconsejan, el aprovechamiento de todos ellos. Sin embargo, en las Tierras Rojas con alto contenido en Sesquióxido férrico puede ser conveniente utilizar métodos de concentración previa y pasar directamente a un proceso piremetalúrgico con el que se puede obtener una escoria al estado de cemento o tratarla para obtener por métodos ácidos Alúmina y Dióxido de Titanio.

16. 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 de N.E. de la Provincia de Corrientes en seis zonas según tres tipos establecidos en el Primer Informe que varían de acuerdo con su riqueza en los óxidos de Aluminio, Hierro y Titanio. En 11.1.5. (Reservas metálicas y Reservas de cada óxido en el total del yacimiento) se estableció cuales eran las reservas que representaba la zona a), considerada la mas apta para iniciar la explotación industrial, expresadas en la cantidad de metal disponible y que se estimaron en 575.000.000 de Toneladas de Aluminio, 700.000.000 de Toneladas de Hierro metálico y 51.750.000 toneladas de Titanio. La metodología utilizada para esta determinación está explicada en detalle en

en los párrafos mencionados y también en 13.1.4. al hacer una valoración de los depósitos existentes en un determinado lugar de la zona 4.

Si se tienen en cuenta las características generales y especiales que facilitan la extracción del mineral a cielo descubierto a un costo ínfimo y que, a primera vista, su aprovechamiento económico industrial está asegurado, el valor de este yacimiento representa para el país una riqueza excepcional, pudiendo asegurarse que representa el abastecimiento por más de un cuarto de milenio. Por ello debe considerarse necesaria la investigación y explotación de la zona estimada potencialmente una de las más ricas del país en materias primas para la industria pesada y de gran valor estratégico.

Para establecer la duración del yacimiento como abastecedor de Aluminio, ya que es indudable que esta valoración debería ajustarse al producto de mayor importancia entre los que pueden obtenerse de las Tierras Rojas, se contempló básicamente las posibilidades de producción de Alúmina grado electrolítico para la producción del metal como para sus aplicaciones en la industria química, cerámica, refractarios, etc. Es decir que el régimen de explotación debía ser previsto en función de esa producción y prever la de Titanio, Hierro (o mineral de Hierro), Dióxido de Titanio y derivados o subproductos en forma dependiente de aquella. Es con referencia a la producción de Alúmina que se ha llegado a expresar la capacidad de abastecimiento del país por un cuarto de milenio.

Partiendo de la base que las leyes inferiores promedias en la zona a) son:

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

indudablemente va-

leres sumamente conservadores, de acuerdo con los resultados de los análisis, se hicieron todos los cálculos. Pudo haberse tenido en cuenta la posibilidad de sustitución de alguno de estos óxidos y metales por nuevos productos originados en el constante adelanto de la tecnología, como ser plásticos, productos vítreos, materiales cerámicos, aglomerados, etc., pero se tuvo en cuenta que también en el caso del aluminio se presentan constantemente nuevas aplicaciones y se consideró que no valía la pena tener en cuenta ese factor.

Por ahora, la tendencia a la sustitución afecta casi exclusivamente al Hierro y es indudable que esto se acentuará a medida que se agoten los yacimientos de minerales de alto y mediano título o como de los combustibles o se haga mas costosa su extracción y producción.

Con el fin de establecer sobre una base matemática las proyecciones futuras del consumo - y por ende - las necesidades del abastecimiento en los próximos años, se tomó como base una tasa de crecimiento del consumo I del 3 % anual. Esto se ajusta al crecimiento de la producción interna actual y es superior al crecimiento vegetativo. Pero aun que mas adelante ese índice I aumentase, lo que es indudable en un futuro a mediano plazo, las necesidades y disponibilidades mundiales, como la economía del país, obligará a una recuperación organizada de la chatarra. 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 de consumo para los próximos 250 años se realizó partiendo de la base del Aluminio primario en lingotes importado en el año 1972 que alcanzó un volumen real de 50.000 Toneladas y aplicando la fórmula clásica utilizada por Vaillard⁽⁷⁵⁾ y también por Torrealba⁽⁷⁶⁾ y otros, -que es una variante de la usada corrientemente para establecer la Capitalización a interés compuesto⁽⁷⁷⁾;

$$C_n^1 = \sum_{i=1}^n C_i \left(1 + \frac{I}{100} \right)^n$$

Donde C es el consumo total desde el año 1 al n; I es la tasa de crecimiento anual del consumo expresada en por ciento. Esta fórmula ya fue aplicada en 13.1.4 en la valoración del yacimiento mencionado especialmente en la zona 4 entre Est. Aguapey y la ribera Norte del Arroyo Carpincho. En esa oportunidad, como el cálculo se hizo para 25 años se tomó como índice del crecimiento del consumo una tasa del 5 por ciento pero en este caso se consideró que la tasa a aplicar debería ser solamente del 3 por ciento. Aplicando el consumo inicial mencionado para el año 1973 igual al de 1974 se llegó a establecer que para los próximos 200 años el consumo total acumulativo alcanzará a 600.000.000 de Toneladas de Aluminio metálico y si se tiene en cuenta que para producir 1 Tonelada de metal se necesitan 2 toneladas de Alúmina, el consumo de esta en el mismo período será de 1.200.000.000 de Toneladas para lo que, disponiendo de un mineral con el 20 por ciento de Al_2O_3 se necesitarán 6.000.000.000 de Toneladas de Tierras Rojas.

Las reservas del yacimiento de la zona de acuerdo con el Segundo Informe (11.1.5.-Reservas metálicas) están representadas por:

$$1.900 \times 10 \text{ m}^2 \times 3,5 \text{ m. (esp. mante)} \times 1,0 \text{ (d)} = 6.650.000.000 \text{ Ton.}$$

menos provisión por posibles fallas de espesor de los mantos: 15 por ciento

Reserva neta de Tierra Roja

997.500.000 Ton.

 5.652.500.000 Ton.

Es decir que las reservas alcanzarán prácticamente para satisfacer el consumo de Alúmina y Aluminio en los próximos 200 años, sobre todo si se tiene en cuenta que al determinar el espesor de 3,5 metros del manto se tomó un factor de seguridad de 0,6. Cabe agregar que el cálculo de las reservas se hizo exclusivamente con aquellas Tierras Rojas que se consideraren de fácil extracción como son las de

la zona (a),previendo que para los próximos años los adelantos de los métodos de extracción y obtención de Alúmina y los otros derivados serán perfeccionados,se considera 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 podría satisfacer el consumo previsto.

Es necesario aceptar,ante el panorama abrumador de estas cifras -que parecería significar la necesidad de arrasar con todo lo existente- ,que la extracción de estas Tierras Rojas no significaría una anulación para la futura explotación agrícola ya que los residuos silíceos del proceso químico de extracción de los productos volverían al lugar de origen y serían cubiertos con el destape de Tierra Vegetal reservada previamente al cenensar,que por otra parte no tiene aplicación industrial.

16. 2.- Ensayes 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 ensayes metalúrgicos en base a los procesos que "prima facie" ofrecían mejores perspectivas de utilización. Al mismo tiempo se fijarían los parámetros básicos necesarios para establecer la factibilidad técnica y económica de cada uno de los métodos ensayados. Por esa razón se realizaron a dos escalas de manera que la comparación de los resultados pudiese establecer la viabilidad de llevarlos mediante un cambio de escala a niveles en que se pudiese determinar el desarrollo de su economía y la escala mínima de industrialización (break-even point).

16. 2. 1.- Metatología de los ensayes metalúrgicos.

16. 2. 1. 1.- Tipos de muestras para ensayes:

Para la realización de los ensayos metalúrgicos se partió de muestras típicas de la zona (2) del plano que establece la ubicación de los pozos y su valoración en los óxidos de Aluminio y Titanio. Para esta decisión se consideró que, por razones de economía, cualquier proyecto de industrialización convenía que se iniciase en las mejores zonas y en la que se contase con una infraestructura mínima, sinéxistamente en el lugar, por lo menos en sus cercanías. Este criterio puede ser aplicado a varias zonas del N.E. de la provincia. Resultaría obvio resaltar las dificultades iniciales que debe afrontar toda nueva industria en sus comienzos y en especial cuando es la primera en 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 "Tierras Rojas" de la zona (2) caracterizadas por sus valores medios para obtener un volumen final de Tierra con la composición siguiente:

Al_2O_3	20,5 %
Fe_2O_3	18,1 %
TiO_2	1,9 %
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 decirse que cualquier cálculo de factibilidad que se realice dará la seguridad en cualquier escala en que se lleve a cabo.

Esta mezcla fue molida y tamizada pasando el 98% por el tamiz de malla 80 que fue la parte utilizada en los distintos ensayos.

16. 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°C y $+10^{\circ}\text{C}$ de manera que se aseguró la imposibilidad que se produjesen cambios estructurales o físico-químicos tales como la vitrificación de los sílice-aluminatos o que la alúmina pasase a alfa-alúmina no reactiva.

16. 2. 1. 3.- Tamaño de los ensayos:

Los ensayos se realizaron a escala de laboratorio y cuando los resultados lo aconsejaban se pasó a la pequeña escala piloto. Este criterio fue adoptado 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 como 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 e-

iles. Los equipos provistos, 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 Pirometalurgia.

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 y 4,0 Kilogramos de muestra.

16. 2. 1. 4.- Materiales utilizados en los ensayos:

Los ensayos de laboratorio fueron realizados casi totalmente en equipos comunes de vidrio Pirex y cuando se necesitó trabajar a altas presiones, los recipientes de este material fueron colocados dentro de autoclaves o reactores adecuados con calefacción directa.

Los ensayos a pequeña escala piloto para los Hidrometa-
lúrgicos, se realizaron en reactores: Un reactor vidriado de capacidad útil 30 litros; un reactor revestido de plomo, capacidad 10 litros (el plomo utilizado era 99,9% de pureza) y un reactor revestido con Teflón con capacidad para 32 litros. Ante el fracaso de la utilización de este plástico fue revestido posteriormente con Plomo 99,9%. En todos los cases habían sido calculados para resistir presiones de hasta $30 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ y estaban provistos de manómetros y termómetros de visión directa (estos hasta 300°C) colocados en vainas rosadas.

Las operaciones de filtrado se realizaron en filtros de material cerámico al vacío. 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 de la información completa

para el diseño de estas plantas seccionales. El mismo criterio se aplica para la recuperación de Etanol, en cuyo caso se hizo una destilación directa con balones de vidrio y refrigerantes a corriente de agua a temperatura ambiente.

En los ensayos Pirometalúrgicos se usaron crisoles con capacidad de 4 litros en los que se cargaba como máximo 1 Kilogramo de Tierra Roja y se completaba con fundente y carbón de madera hasta 2,3 Kilogramos. La calefacción externa se realizó con quemadores especiales de Gas-oil.

En lo que se refiere a las cantidades de combustibles consumidas solo se menciona el tipo utilizado pero en páginas posteriores, donde se encuentran los balances de materiales y "flow-sheets" se han establecido los insumos de combustibles ajustados a los rendimientos reales en planta de acuerdo con la información y experiencia disponible.

16. 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 seco o se los refirió a porcentajes.

16. 2. 2.- Ensayos físicos (Concentración o separación).

16. 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 sedimentó.

16. 2. 2. 1. 1.- Con Tierra Roja cruda (promedio de 5 ensayos):

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 16. 2. 2. 1. 1.

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

El material separado estaba constituido por Titanomagnetita, en forma de cristales negros brillantes y nódulos negros de sílice-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 dio la siguiente composición promedio:

Al_2O_3	20,2 %
Fe_2O_3	17,8 %
TiO_2	0,5 %
SiO_2 e 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 Oxidos 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 Titanomagnetita 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 desleibles en agua, teóricamente podría esperarse una separación de los óxidos libres. Pero la pequeña diferencia entre las densidades de los óxidos y de los sílico aluminatos ferrico y ferroso da una simple explicación de la ineficacia del método.

16. 2. 2. 1. 2.- Con mineral calcinado a 600°C (promedio de 5 muestras):

En

tes ensayos se realizaron en la misma forma y condiciones que los ante-

riores. Como consecuencia de la calcinación, la "Tierra Roja" se pulveriza fácilmente y se deslíe con mucha rapidez en el agua. La separación de los materiales densos al reducir la agitación, dio los siguientes resultados:

Tabla 16. 2..2. 1. 2.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Mat. denso separado y secado a 110°C	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 el 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:

Al_2O_3	20,3 %
Fe_2O_3	18,0 %
TiO_2	0,9 %
SiO_2 e insolubles.....	49,2 %
Humedad y volátiles.....	11,4 %

Es indudable que la calcinación 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 la hacen mas dificultosa. La temperatura de calcinación afecta también la separación de la Titanomagnetita y de la Ilmenita.

16. 2. 2. 2.- Concentración 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 entre los distintos componentes del mineral (salvo con la Titanomagnetita) pues la diferencia entre ellos es menor de 0,3.

16. 2. 2. 3.- Separación por flotación:

Se trató la Tierra de la misma

manera que para la Separación Densitaria pero agregando al agua 0,5 % de Hexametafosfato de Sodio (Calgón) considerado lo mas adecuado para la separación de los óxidos metálicos y en especial los de Hierro.

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

16. 2. 2. 3. 1.- Con mineral crudo (promedio de 6 ensayos):

Al reducirse

la agitación del lodo se llegó a la siguiente precipitación de materiales pesados:

Tabla 16. 2. 2. 3. 1.

	Promedio	Máximo	Mínimo
<u>Mat. denso separado y secado a 110°C</u>	6,5 %	6,6 %	6,3 %

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

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

Al_2O_3	20,8 %
Fe_2O_3	18,4 %
TiO_2	0,5 %
SiO_2 e insolubles.....	48,9 %
Humedad y volátiles.....	11,4 %

16. 2. 2. 3. 2.- Con material calcinado a 600°C (promedio de 4 ensayos):

De

la misma manera que los anteriores, se realizaron los ensayos con material calcinado llegándose a los siguientes resultados:

Tabla 16. 2. 2. 3. 2.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Material 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_2O_3	20,1 %
Fe_2O_3	17,9 %
TiO_2	0,5 %
SiO_2 e insolubles.....	49,1 %
Humedad y volátiles.....	12,4 %

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

16. 2. 2. 4.- Conclusiones:

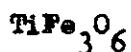
Los ensayos realizados por separación física, tanto por simple diferencia de densidades como por flotación, no ofrecen ventajas. En el caso de la flotación, las mejoras son tan pequeñas que no compensan el gasto en Hexametáfosfato de Sodio. En todos los casos la separación de estos tipos de separaciones son costosas por su tamaño cuanto por su operación. En realidad estos últimos pueden ser reducidos y llegar a ser sumamente bajos cuando se realizan en forma totalmente automatizada y en ese caso pueden llegar a estar cerca de \$ 0,02 por Tonelada de Mineral tratado. En cambio el costo del Hexametáfosfato, y su eliminación para evitar problemas de polución, estaría en alrededor de \$ 0,09 a 0,12 lo que supera ampliamente el mayor valor por tonelada de mineral concentrado.

Existen varios substitutos del Calgón que se utilizan co

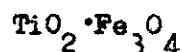
no colectores en celdas del tipo Denver para este tipo de minerales. Entre ellos puede citarse el ácido oleico, ácidos grasos y sus jabones, soluciones ácidas de alcoholes grasos sulfonados y algunos hidrocarburos minerales del tipo nafténico. En casos de minerales con óxidos de Hierro (Fe_2O_3) libres en un porcentaje del 25-30% pueden utilizarse soluciones ácidas de Fuel-oil y ácidos grasos sulfonados, (principalmente Dodecil benceno sulfonado) pero en el caso de las 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 requeriría altos costos de instalación.

16. 2. 3.- Separación magnética:

La Titano magnetita es un mineral altamente magnetizable y junto con la Ilmenita es característica de la descomposición de los minerales portadores de Titanio en la zona tórrida. Las teorías al respecto ya fueron explicadas ampliamente en el Primero y Segundo Informes. De acuerdo con los análisis de este material separado de las Tierras Rojas, la composición mas aceptable en este caso es la siguiente:



o



De esta manera puede centrarse 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 compuestos magnetizables como la Magnetita, medianamente magnéticos como la Ilmenita y algunos óxidos hidratados de Hierro y algunos no magnéticos en los que se encuentran ocultos aquellos.

Como existe la posibilidad de descomposición de la Titano-magnetita en otros compuestos no magnetizables o debilmente magnéticos si se la somete a la acción de calor, se trabajó en todos los casos con

mineral crudo.

Los separadores magnéticos, salvo casos excepcionales trabajan con mayor eficiencia en medio húmedo por lo que se preparó un lodo con 30% de sólidos totales. Como agentes magnéticos se usaron 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 utilizando una sola unidad de imán permanente por períodos de 1, 3 y 5 minutos sumergida en el lodo bien agitado, pesándose el material, luego de secado en cada ensayo. Los resultados obtenidos promedios para un total de 5 ensayos son los siguientes:

Tabla 16. 2. 3. 1.

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

Los porcentajes están referidos al peso del mineral crudo utilizado en la preparación del lodo. El material separado está integrado por Titanio magnetita, Magnetita, Ilmenita, Oxido Ferroso y Férrico y Tierra Roja excluida.

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

Al_2O_3	20,3 %
Fe_2O_3	12,8 %
TiO_2	40,1 %
SiO_2	52,9 %
Humedad y volátiles.....	13,9 %

Estos ensayos han sido considerados positivos pues se llegó a separar la casi totalidad de 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 con un elevado título de pureza. Tomando como base estos resultados se realizaron tres ensayos a nivel de pequeña escala piloto.

16. 2. 3. 2.- Ensayo de separación magnética a nivel de pequeña escala piloto:

La utilización de los electroimanes convencionales presenta dificultades para su manipulación a escala de laboratorio por los inconvenientes derivados de su mayor tamaño y las conexiones eléctricas o por los efectos de las caídas de tensión. Agréguese a esto el riesgo que significa trabajar en medio húmedo. Todo esto se aplica también a los ensayos en pequeña escala piloto y da la explicación de la opción por los imanes permanentes constituidos por mezclas de Ferrite de Bario y silicatos complejos que además de tener una elevada intensidad magnética agregan la constancia y permanencia de su carga. La industria los utiliza en gran escala con indiscutibles ventajas, especialmente en la clasificación y concentración de minerales.

Los de pequeño y mediano tamaño para ser usados en laboratorios pueden ser utilizados en unidades aisladas o acoplados con lo que se puede variar ampliamente el campo magnético.

En estos ensayos se utilizaron unidades en forma de tere de 60 mm. de diámetro exterior, 22 mm. de radio interior y 14 mm de espesor cada unidad cuya fuerza de atracción equivale a 4.000 amperes-vuelta lo que equivaldría en un imán convencional a una entrada de 4,5 amperes o a 100 Gauss-pole por unidad, aproximadamente.

Para este trabajo se dispuso de 10 unidades pero solo se usaron alternativamente una en los ensayos de laboratorio y nueve juntas en pequeña escala piloto. Como medio de separación se optó por el Policloruro de vinilo (PVC) que por su gran permeabilidad no afectaba la atracción del material magnetizable.

En los ensayos a pequeña escala piloto se utilizaron nueve imanes permanentes que en conjunto representaban una fuerza de atracción de 36.000 amperes-vueltas.

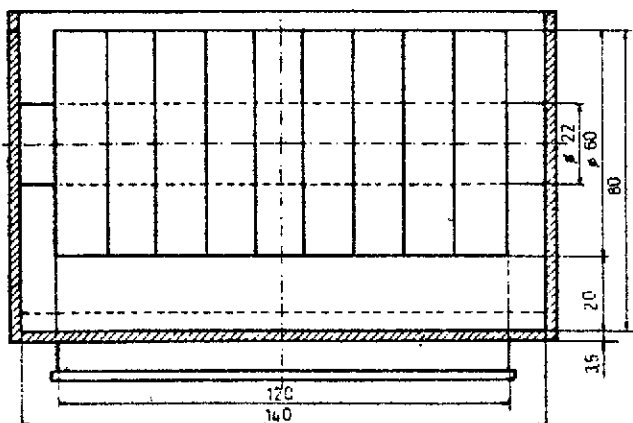
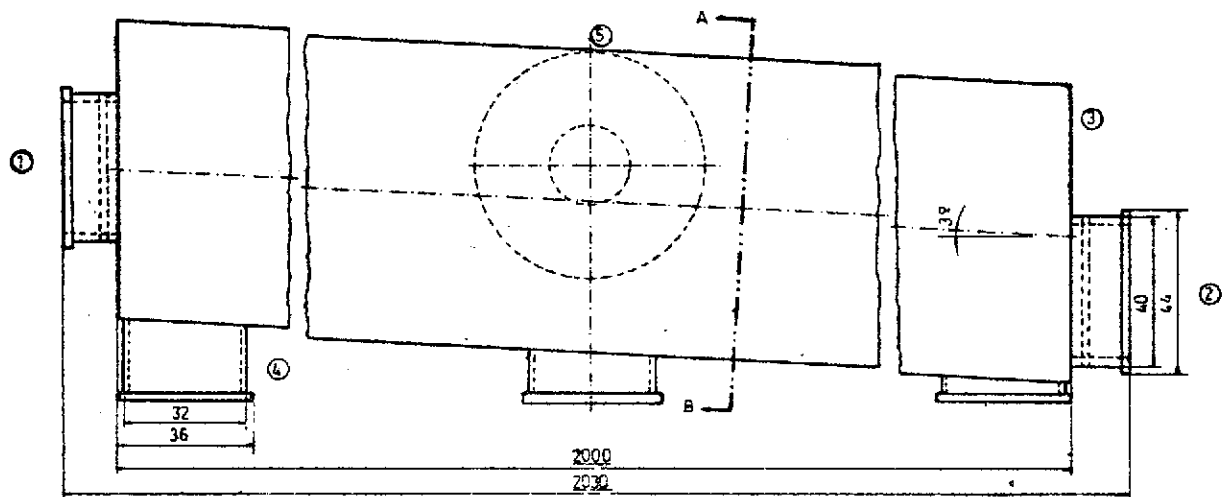
Teniendo en cuenta que la permeabilidad magnética de los materiales que integran las Tierras Rojas es:

	Permeabilidad	Fuerza de atracción Hierro = 100
Titanomagnetita ($\text{TiO}_2 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$)	1,520	44,25
Magnetita (Fe_3O_4)	1,470	40,18
Ilmenita ($\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}$)	1,280	24,70
Hematite roja (Fe_2O_3)	1,008	1,32
Sílice (SiO_2)	1,0022	0,21

es evidente que se va a producir la separación de los dos primeros (altamente magnéticos) y de la Ilmenita (semimagnética).

Los resultados a pequeña escala piloto corresponden al promedio de los tres ensayos para los cuales se utilizaron los nueve imanes permanentes mencionados formando un cilindro de 6 cms de diámetro por 12 cms de largo que fue recubierto con una hoja de policloruro de vinilo. 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 dos (2) centímetros 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 dibujo de página 98 da una idea de la disposición del equipo.

El lodo fue vertido de manera que se mantuvo un flujo constante con una velocidad de desplazamiento de 0,25 ms/cm. obteniéndose los siguientes resultados para un total de tres ensayos en los que se hizo pasar 15 litros de lodo al 30% de sólidos totales:



Vista con corte A-B

Esc: 1:2

Fig 16-2-3-2

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	Cont

ESTUDIO DE TIERRAS ROJAS DE CORRIENTES

SEPARADOR MAGNÉTICO PARA ENSAYO

[Signature]

JOSE L. MILIA - Ing. Geo. -

Dibujo: E. Silva

Tabla 16. 2. 3. 2.

	E N S A Y O S			
	1°	2°	3°	Promedio

Mat. Separado y secado a 110°C	14,6 %	15,0 %	15,1 %	14,9 %
--------------------------------	--------	--------	--------	--------

El lodo rojo restante se separó por decantación y se secó en corriente de aire a 75°C arrojando la siguiente composición:

Al ₂ O ₃	20,4 %
Fe ₂ O ₃	14,1 %
TiO ₂	0,1 %
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.

16. 2. 3. 3.- Consideraciones sobre los ensayos de separación magnética:

Con

respecto al comportamiento del mineral en el lodo, además de los ensayos que se han mencionado se han tomado una serie de fotografías que muestran las características de los imanes y la forma en que atraían el material. Esas fotografías son:

N° 1.- Muestra un elemento de imán permanente con un escalímetro para comparación de su tamaño;

N° 2.- Muestra dos unidades efrentadas en posición vertical y horizontal respectivamente;

N° 3.- Nueve unidades colocadas en serie para dar una idea de la forma en que fueron utilizadas, revestidas después con PVC. Pueden observarse restos de material imantable del mineral que se dejaron exprofeso orientados según el polo de atracción;

N° 4.- Los mismos nueve imanes fueron colocados en paralelo;

N° 5.- Una muestra del material ha sido distribuida sobre una hoja de papel blanco de 0,2 mm de espesor;

N° 6.- La misma muestra sobre el papel fue colocada sobre los imanes permanentes en paralelo de la fotografía n° 4. Puede observarse la acción "erizante" que orienta el material magnético (Titanomagnetita, Magnetita, Ilmenita, etc.);

N° 7.- En esta Fotografía (como en las siguientes, tomada con cámara Canon FT, 1/1000 seg. película 500 ASA) puede observarse la fuerte atracción de los imanes permanentes envueltos en PVC 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.

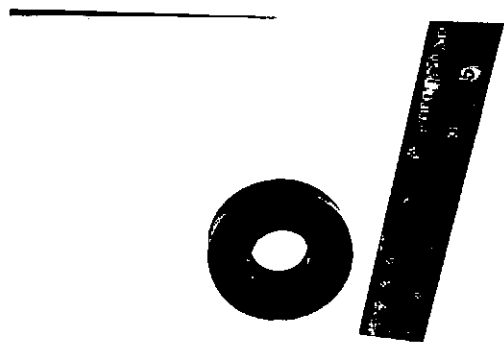
N° 8.- y

N° 9.- Corresponden a ensayos similares a los anteriores con los imanes desnudos, habiéndose realizado las tomas justamente en el momento que se les acercaba a la muestra.

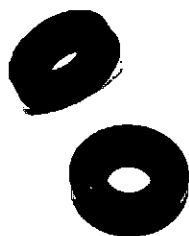
Las fotografías tomadas de los ensayos en húmedo no dan detalles por la falta de transparencia del lede que tapaba a los imanes permanentes envueltos en PVC.

La razón por la cual no se fotografió el equipo utilizado en la separación magnética a pequeña escala piloto fue que debido a sus dimensiones, la toma se tenía que hacer a distancia muy grande con lo cual no se podrían apreciar los detalles constructivos del mismo, los que se pueden ver claramente en el plano de página n° 98. donde también pueden observarse las esclusas reguladoras ubicadas a la entrada y salida separadas por dos metros que es la longitud del aparato.

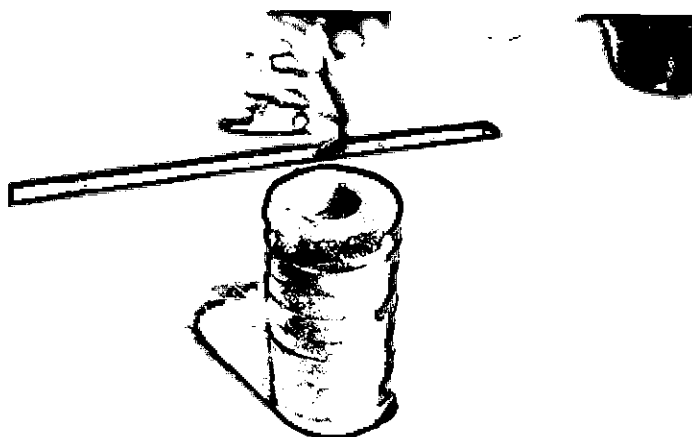
Comparando los resultados obtenidos en el laboratorio introduciendo un iman recubierto en PVC en un vaso cristallizador, en el cual para evitar la decantación del lede se lo mantenía en circulación por medio de agitación, se llegó a la conclusión de que los resultados eran prácticamente similares a los obtenidos por medio del equipo anteriormente descrito.



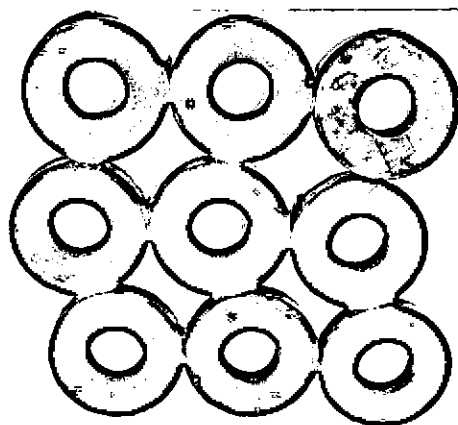
Fotografía N° 1



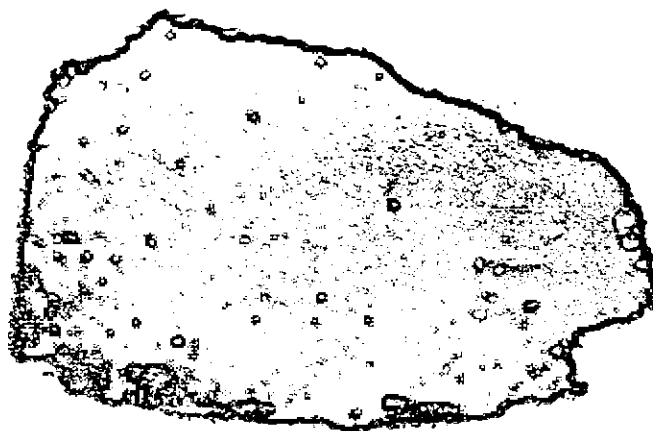
Fotografía N° 2



Fotografía N° 3



Fotografía N° 4



Fotografía N° 5



Fotografía N° 6



Fotografía N° 7



Fotografía N° 8



Fotografía n° 9

16. 2. 3. 4.-Conclusiones:

Como se mencionara anteriormente, la separación magnética tiene importancia porque permitiría la utilización de un material de muy alto valor económico, tecnológico y estratégico como es el Titanio que contribuirá a hacer factible la explotación de las Tierras Rojas.

Pero debe tenerse en cuenta que por la diferencia en la composición química de la Titanomagnetita y la mayor presencia de magnetita, el porcentaje o rendimiento en Dióxido de Titanio o en Titanio metálico va a ser menor que en zonas situadas mas al Norte donde prima la existencia de Ilmenita.

16.3.- ENSAYOS HIDROMETALURGICOS.

La importancia que tienen las Tierras Rojas desde el punto de vista industrial depende del valor venal que tienen sus productos en el mercado. Para no referirnos nada mas que a sus óxidos que son los productos primarios de los procesos, ese valor se obtiene multiplicando el contenido del óxido en una tonelada por el precio de venta del mayorista en el país expresado en pesos Ley 16188 que

se cotizaban en el mercado internacional en el mes de Junio de 1973, ajustado a las condiciones de comercialización en el país, es decir que debe considerarse CIF Buenos Aires. El valor de los productos sería el siguiente:

Alúmina:

205 Kilogramos x \$ 820.-/Ton. - \$ 168,10

Dióxido de Titanio (Rutilo):

19 Kilogramos a \$ 9.000.-/Ton. - \$ 171.--

Oxidos de Hierro (80% Fe_2O_3) p/Industria metalúrgica:

225 Kilogramos x \$ 240.-/Ton. - \$ 54.--

De acuerdo con estos valores debe destacarse que la producción de Alúmina y de Dióxido de Titanio en forma económica, es decir a precios competitivos dentro del mercado internacional, pueden no solo abastecer la totalidad de las necesidades actuales del país y las futuras, sino transformarlo -quizá- en el mayor exportador del mundo, criterio aplicable especialmente al Dióxido de Titanio o a los respectivos metales. El análisis de los métodos ensayos en los procesos Hidro y Pírometalúrgicos establece la ubicación del problema en sus valores reales, estableciendo cual o cuales son los que permiten separarlos al estado de pureza adecuados: 99.7 a 99.9 % en ambos casos.

La ausencia de metales como el Cromo, Níquel, Vanadio, Tungsteno, Manganeso, Cobalto, etc. hacen factible la utilización de los procesos Hidrometalúrgicos basados en la utilización de ácidos fuertes (HCl , H_2SO_4 y HNO_3) con los que se puede llegar a porcentajes muy elevados de extracción. Sin embargo, la presencia de Hierro en cantidades elevadas al estado de sus óxidos plantea un problema que si bien no es simple, ha dejado de ser insoluble, pero dejando abierto el camino a los procesos Pírometalúrgicos que separan directamente el Hierro metálico eliminando la etapa de producción de arrabio que producen con subproducto secundario una escoria de la que pueden extraerse por esos mismos métodos hidro

metalúrgicos ambos metales (Al y Ti o sus óxidos o llegar a producir un buen cemento de escorias.

Dentro de los métodos Hidrometalúrgicos pueden también incluirse los de extracción básica y en especial las variaciones del clásico Proceso Bayer, como por ejemplo el método Cal-Soda.

La industria de la Alúmina tiene ya una centuria de desarrollo paralelamente con la del Aluminio y ha dependido hasta ahora 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 las Nefelinas, Arcillas, Caolines, etc. Durante el período bélico los EE. UU. utilizaron arcillas y esquistos con resultados satisfactorios mediante procesos hidrometalúrgicos.

Pero el consumo de Bauxita ha ido agotando los buenos yacimientos y las nuevas reservas se encuentran en zonas sumamente alejadas, como Australia, sobre cuya producción de Bauxita o de Alúmina incide poderosamente el costo del flete y la inseguridad de los abastecimientos en casos de crisis. Esto ha llevado a los grandes países industriales a premencionar la investigación de nuevos procesos extractivos que utilicen materias primas de precio inferior.

Salvo en el caso de Australia, Francia y los EE. UU. las grandes reservas de Bauxita se encuentran en África y en Centro América en países subdesarrollados sobre los que ha influido la política de los productores de petróleo y también han comenzado a tener exigencias en sus pretensiones en los precios del mineral. Es decir que el problema presenta expectativas de una crisis similar a la de los hidrocarburos.

Para muchos países, como es el caso de la Argentina, el problema se presenta porque los yacimientos de Bauxita y las plantas de Alúmina se encuentran en poder de un "cartell" internacional que regula los precios de esta última controlando los precios y creando una depen-

dencia total, aún en los casos en que se disponga de plantas productoras de Aluminio.

Las especificaciones de calidad del Aluminio derivan directamente de la calidad de la Alúmina a utilizar. COPEDESMEI (Comisión para el desarrollo de los Metales Livianos) estableció la base para las especificaciones que debía cumplir la Alúmina Grado electrolítico para la confección del Decreto N° 1617/73:

Al_2O_3	%	97,420
Fe_2O_3	"	0,030
TiO_2	"	0,006
Na_2O	"	0,650
ZnO	"	0,020
V_2O_5	"	0,002
CaO	"	0,060
MnO	"	0,001
CuO	"	0,005
Humedad	"	1,500
Sílice	"	0,040
Pérdida por calcinación	%	0,600
Retención en malla + 100	%	5,000
Retención en malla + 325	%	94,250

Es indudable que estas especificaciones adolecen de un error: Si se tiene en el producto una humedad de 1,5%, la pérdida por calcinación (debe entenderse por calcinación el calentamiento por lo menos a 600°C) debe significar la eliminación total de la humedad, inclusive si fuese de hidratación.

Además, se ha previsto una pureza de solo 97,42% en Al_2O_3 y se consideran como límites máximos la presencia de TiO_2 en 0,006%; de Na_2O en 0,650% y en CaO en 0,060%. El Titanio puede estar presente en la electrolisis en porcentaje mayor sin afectar la calidad del Aluminio

metálico final, ni la realización del proceso electrolítico. Pero resulta difícil aceptar la presencia de CaO y Na_2O en esas proporciones sin que se afecte la calidad del producto final o que se produzcan reacciones secundarias que afecten 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 su vez de B.A.S. (Sulfato Básico de Aluminio, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) siendo el título de esa Alúmina de 99,0% en Al_2O_3 y el contenido en Hierro expresado en Fe_2O_3 menor que 0,005%.

Aluminium Journal considera que las características estándar para la Alúmina grado electrolítico exigen que el contenido en Al_2O_3 sea 98,5% y que no se exceda de 0,008% en Fe_2O_3 ; de 0,030% en Na_2O ; de 0,015% en CaO y 0,002 en P_2O_5 . Es indudable que resulta muy difícil ajustarse a estas características para la Alúmina utilizando el Proceso Bayer, especialmente en lo que al Sodio (Na_2O) se refiere, por trabajar en un medio básico y con 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 que es donde se produce realmente la electrólisis y ocasiona su descenso.

Puede asegurarse que las empresas han establecido las especificaciones para la Alúmina en función de la Materia Prima de que disponían y como el "cartell internacional" es propietario del 95% de las reservas conocidas de Bauxita y de el mismo porcentaje de la capacidad productora de las plantas de Alúmina, no se hacen problemas por obtener un producto de mucha mejor calidad. No obstante, como consecuencia de la diversificación encarada por las empresas productoras de Cobre, han aparecido nuevas exigencias en cuanto a la calidad de la Alumina en el mer-

cado de la Alúmina.

La utilización de la Nefelina está limitada a la Unión Soviética ya que es el único mineral aluminífero de que dispone en cantidad apreciable. Su composición está dada por la fórmula $KAlSiO_4$, según otros, en especial Kelugin y Tohercoff es $K_2Al_4Si_9O_{34}$. Es un mineral importante no solo por la producción de Alúmina sino también como fuente de sales de Potasio.

El proceso de extracción se basa en el ataque con HCl en solución al 35-50% con lo que se obtiene la cristalización de la Sílice. El Potasio y el Aluminio pasan a KCl y $AlCl_3$ pero este puede ser fácilmente hidrolizado y se separa en forma de $Al(OH)_3$ que posteriormente se lava y se calcina obteniéndose, según una muestra observada, una Alúmina de título muy elevado y prácticamente deshidratada. Generalmente es calcinada a 1.100°C con lo que pasa al estado de alfa-alúmina, difícilmente atacable por los agentes químicos y absolutamente anhidroscópica.

Dadas las características de la producción industrial de la URSS, aunque se ha contado con la patente ofrecida por Licensitorg, resulta imposible conocer cual es el costo real de la Alúmina producida a partir de la Nefelina pero es indudable que debe ser, desde todo punto de vista muy conveniente por la recuperación de sales potásicas de alto valor y esenciales para la agricultura de ese país.

LICENSITORG, ente oficial para la negociación de patentes rusas ofrece las que llevan los N° 669.714 y N° 669.715 vinculadas directamente a la producción de Alúmina pero que no pueden ser valoradas por falta de información experimental acumuladas en plantas pilotes con Nefelina.

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 utilizados por los investigadores americanos pueden ser clasificados de esta manera:

A.- Métodos básicos:

En aquel país 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 extrae de Split Rock, en el Estado de Minnesota. La composición real es una mezcla en proporciones variadas de Albita y Anortita diferenciándose en que la primera tiene el Calcio substituido por el Sodio.

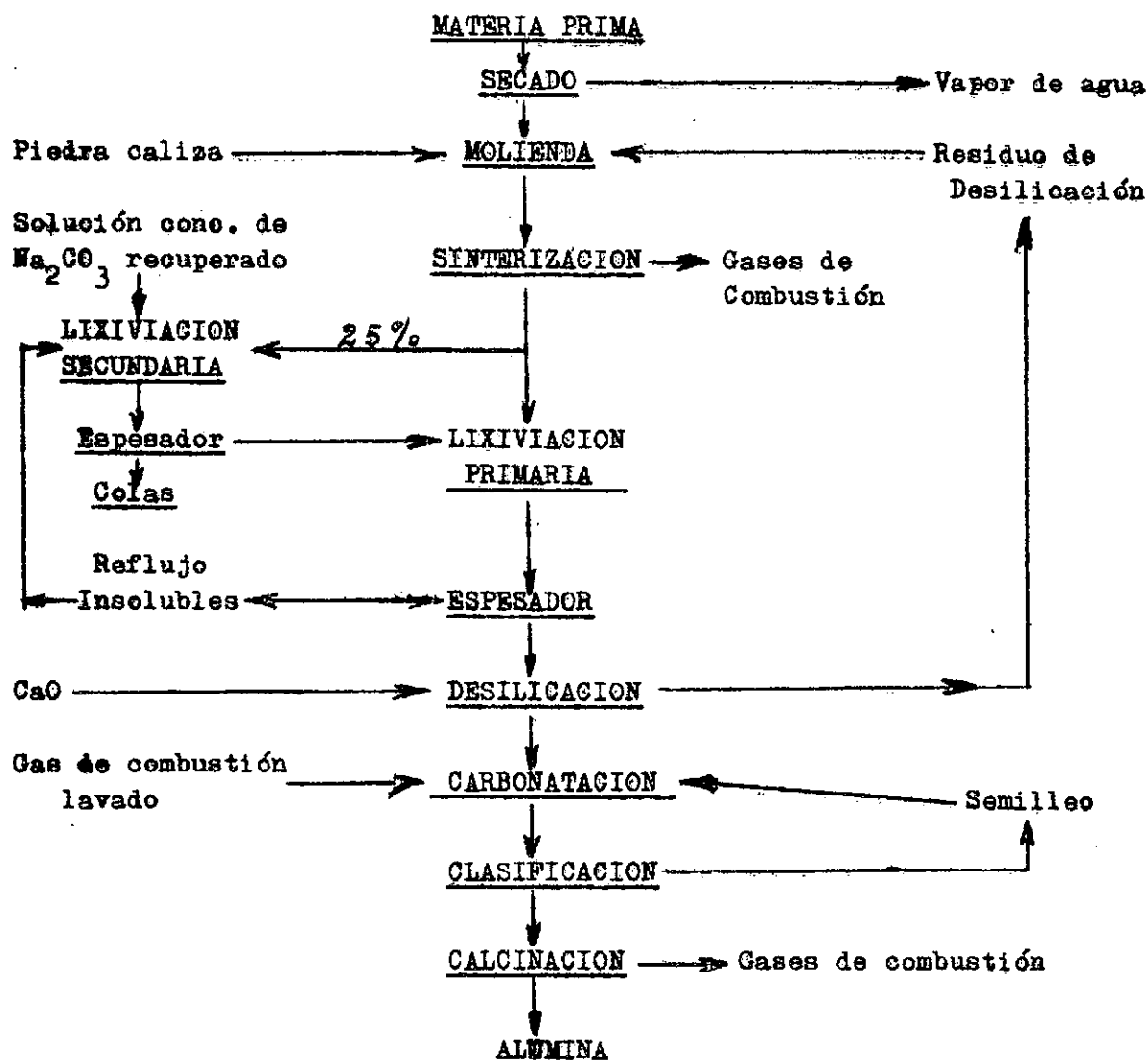
Las llamadas Bauxitas ferruginosas de los Montes Salem, en la costa del Pacífico son muy similares a las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes en lo que se refiere a la presencia de Fe_2O_3 , Al_2O_3 y TiO_2 pero con un contenido muy variado en cuanto a SiO_2 , CaO , P_2O_5 , MgO y una 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 Fe_2O_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 primero de los procesos está basado en una sinterización de los sílicoaluminatos con piedra caliza (CaCO_3), tratamiento del 25% del material sinterizado con una solución concentrada de Na_2CO_3 . De esta levigación secundaria, el lodo es sedimentado y separado y el licor se utiliza para levigar el resto del material sinterizado. Los procesos de levigación se realizan corrientemente a temperaturas entre 60 y 70°C. Las dificultades que se presentan radican principalmente en la dificultad

**FLOW-SHEET DEL PROCESO DE OBTENCION DE ALUMINA POR EL METODO DE
SINTERIZACION CON CAL-SODA.**



de obtener una recuperación elevada de la soda y en elevado consumo de calor.

Se desconocen los costos reales (tanto de instalación como operativos) de las plantas que están en funcionamiento en la Costa Oeste de los EE.UU. que pertenecen al grupo Kaiser, Alcoa, Reinhold, etc. pero es lógico pensar que si se mantienen en funcionamiento los costos de producción deben estar ubicados dentro de los precios de mercado.

El Bureau of Mines del Departamento del Interior de los Estados Unidos de Norte América ha dedicado una amplia serie de estudios, unos realizados directamente a escala piloto semi-industrial en diversos Institutos de Metalurgia de Universidades y otros tomados de plantas en funcionamiento, entre los que se distinguen los RI6927, RI6933, RI7068 y RI7299. De acuerdo con los resultados, evaluados por una muy interesante información técnica, el costo de instalación de las plantas se encontraría en alrededor de u\$s 115 por tonelada-año de Alúmina y el de producción llegaría a u\$s 73,61 por tonelada de Alúmina, equivalentes a \$ 7.161.- por tonelada expresado en nuestra moneda. En estos valores no se ha tenido en cuenta la recuperación de los lodos rojos para la obtención de subproductos.

El proceso Pedersen parte de la base de formar una escoria de Aluminato de Calcio generalmente en horno eléctrico: cuando esta fría y melida se leviga con soluciones de Na_2CO_3 continuando el proceso en forma similar al Bayer.

Como el material de escoria fundida que se obtiene está compuesto por dos -y posiblemente tres- aluminatos de calcio ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ y $36\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) al ponerlo en contacto con una solución de Carbonato de Sodio se producen varias reacciones en las que en todos los casos, al menos teóricamente, se debería precipitar el CaCO_3 quedando en la solución el Aluminato de Sodio del que se cristaliza como en el proceso Bayer el $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Aunque se sabe que en el mundo existen varias plantas que utilizan el proceso Pedersen, una de ellas en Brasil, para Bauxita de baja calidad, se carece de información directa de los costos de instalación y de producción. El mismo Bureau of Mines ha publicado algunas informaciones técnicas del proceso en sus RI6939 y RI7079 que si bien muestran el desarrollo del proceso, no aportan información económica. Sin embargo, es indudable que el proceso es apto para minerales del tipo mag

cionado y especialmente cuando el porcentaje de Hierro es elevado. Pero no puede dejarse de lado, 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 aprovechamiento de los minerales aluminíferos presenta muchas perspectivas, especialmente para el procesamiento de minerales con contenidos apreciables en SiO_2 y bajo título en Al_2O_3 .

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

En los procesos ácidos, los productos intermedios (sales de aluminio) pueden ser purificadas con bastante facilidad; el índice de extracción sobre el mineral es muy elevado y en determinadas condiciones se supera el 95% del Al_2O_3 contenido en el mineral y los insumos necesarios no configuran materiales críticos, escasos o de precio elevado.

Los procesos ácidos, y en especial con H_2SO_4 , se utilizaron durante la Segunda Guerra Mundial en ambos bandos. En los EE. UU. ante el problema de la guerra submarina se instalaron plantas para la obtención de Alúmina para producir Aluminio, en la costa Oeste preferentemente, por este proceso ácido; en Alemania, cerca de la frontera con Suiza, se instalaron plantas del mismo tipo en las que se utilizaron arcillas típicas de la zona. Pero para Alemania la utilización de ácidos era crítica y una vez ocupada Francia aprovechó los minerales de Bauxita y las

instalaciones por el proceso Bayer paralizando las antes mencionadas. Una vez terminada la Guerra, Estados Unidos se encontró con una superproducción de Alúmina y por licitación adjudicó las plantas excedentes que fueron adquiridas por los integrantes del "cartell internacional" que las cerraron definitivamente, especialmente las de proceso ácido, ya que de otra manera significaba la desvalorización de sus enormes yacimientos de Bauxita.

Pero como en el caso de otros productos industriales básicos, como consecuencia del aumento en el consumo de Alúmina y de Aluminio por multiplicación de aplicaciones, han surgido intereses que imponen la necesidad de abastecerse en otras fuentes de materia prima o porque como en el caso del Cobre se han creado por razones políticas internacionales una competencia con industrias grandes y pequeñas de otros países, la que no se puede sostener siendo dependientes una parte de los competidores de esa centralización. De la misma manera, como ya se citó antes, los países en desarrollo han tomado el ejemplo de los productores de petróleo y como en el campo del Aluminio la independencia no está solamente en producirlo, sino en contar con las materias primas (Bauxita o Alúmina) baratas, los productores del metal se encuentran en este momento ante la necesidad de recurrir a minerales de fácil obtención, extraer y tratar. Es el caso del proceso ácido en general y de las arcillas, lateritas, caolines, esquistos, etc.

Los procesos ácidos actualmente - o anteriormente - en uso y en perfeccionamiento son tratados mas adelante en detalle.

16. 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 prevista 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 por paralización, no solo de la planta productora sino también de las que utilizan el producto para su manufacturación intermedia o final. 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 autoabastecimiento 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 en que se exploten reservas existentes de mineral como las del N.E. de la Provincia 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 nuestro país. Esto completa un cuadro eminentemente satisfactorio para la posibilidad de su explotación en base al mercado interno.

Por esto es de importancia la selección del o los procesos mas convenientes y adecuados a las condiciones existentes. Para establecerlo es necesario partir del concepto que el clásico proceso Bayer es totalmente inaplicable para las Tierras Rojas; 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 soluble, difícil de separar y costoso para recuperar

al estado del insumo 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 para los procesos para el Aluminio.

De acuerdo con los ensayos de laboratorio y en pequeña escala piloto, el método mas adecuado es la separación magnética en medio líquido (agua) formando lodos livianos. El lodo residual de la separación magnética puede ser decantado naturalmente o por instalaciones adecuadas o sino separado por centrífugas continuas, superdecanter, 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 facilmente en el mercado y pueden ser totalmente automatizados.

Los investigadores mas avanzados en el conocimiento de los minerales aluminíferos, tales como T.R.Scott, F.A.Peters, P.W.Johnson, W.T. Holmes, R.C.Kirby, W.Sakaroff y otros aconsejan la precalcincación de los silicoaluminatos 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 EE.UU. aconsejan esta calcincación, salvo en los casos de minerales que deban ser sometidos a fusión alcalina o a sinterización.

Ensayos realizados en el país, inclusive algunos para este estudio, con las Tierras Rojas de distintos lugares de la República Argentina, si bien llegan a la conclusión de las ventajas de la precalcincación, 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 -especialmente los ácidos- mencionada en la Página 77 en (16. 1. 3.) se activa realmente pero que pueden obtenerse resultados si

milares aún cuando no se proceda a esa precalcinación que siempre es costosa ya que exige instalaciones especiales y un elevado consumo de combustible.

16. 3. 2.- Metodología de los ensayos hidrometalúrgicos:

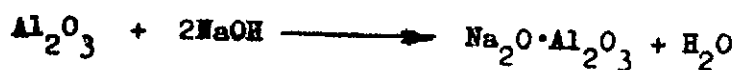
De acuerdo con lo mencionado en 16.2.1.3. (Pag. 88) y en 16.3.(Pag. 106), los ensayos de laboratorio se realizaron atacando entre 100 y 250 gramos de muestra tipo para los de hidrometalurgia y 150 gramos para los de pirometalurgia. Los ensayos a pequeña escala piloto se realizaron con cantidades variables entre 1,5 y 4 Kilogramos de dicha muestra. Tal como ya se ha mencionado, los resultados de los ensayos de laboratorio han sido referidos al rendimiento final mientras que los ensayos a pequeña escala piloto se refirieron proporcionalmente siempre a 2.000 unidades (kilogramos) de la muestra y los resultados de cada etapa registrados en los Balances de Materiales. Este criterio se adoptó porque permitía una comparación rápida y clara entre un proceso y otro.

16. 3. 2. 1.- Métodos hidrometalúrgicos básicos:

El proceso Bayer fue desarrollado inicialmente para tratar Bauxitas de elevada calidad pero a medida que se tuvo que recurrir a yacimientos con menor título en Al_2O_3 - substituida en la casi totalidad de los casos por la Sílice- fue necesario compensar el mayor costo final ocasionados por las pérdidas de Soda cáustica en los silicatos solubles y tratar de obtener un producto en el que se mantuviesen ausentes la SiO_2 y el Na_2O . Como consecuencia se desarrollaron variantes al proceso y para los casos en que el contenido en Sílice es muy alto se ha recurrido al Cal-soda en sus distintas variantes.

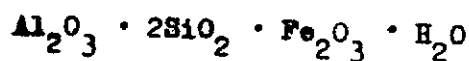
En su forma mas simple, el Proceso Bayer consiste en la disolución de Al_2O_3 contenida en el mineral por acción del Hidrato de Sodio ($NaOH$) en reactores a una temperatura de $180^{\circ}C$ aproximadamente y una

presión de 7 a 9 Kg·cm⁻² de acuerdo con esta reacción teórica:



Pero generalmente los minerales aluminíferos contienen cantidades variables de SiO₂, FeO, Fe₂O₃ y Fe₃O₄. Bajo la acción de la solución fuertemente básica, los óxidos de Hierro se mantienen insolubles y tienden a unirse al estado de Fe₂O₃ que se separa de la solución alcalina como un sólido rojo juntamente con la Ilmenita o la Titanomagnetita, por decantación de la solución de Aluminato de sodio. El Silicato de Sodio que también se forma adopta también la forma de Silicato Sódico-férreo en muy pequeñas cantidades pero que como es soluble puede ser arrastrado al precipitar el Al(OH)₃.

La Tierra Roja del N.E. de Corrientes, a los efectos de su comportamiento ante los procesos básicos puede asimilarse a la fórmula siguiente:



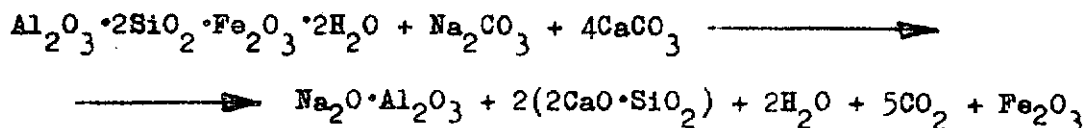
Logicamente que con esta composición estequiométrica aproximada, la cantidad de Silicato de Sodio soluble que se forma es muy grande y aunque si bien una gran parte del Aluminato de Sodio se descompone al hidrolizarse por semilleo con Al(OH)₃, el Silicato de Sodio se mantiene en solución con la parte no hidrolizada que pasa al reciclaje creando un problema difícil para su eliminación. Pero el Silicato sódico-férreo también se hidroliza y, aunque en pequeña cantidad, precipita con el Hidrato de Aluminio en cantidades que dependen de la relación Al₂O₃/Fe₂O₃.

Para solucionar esta situación y hacer que el proceso básico resultase económico en su operación y de calidad aceptable en su producto, productores ingleses que habían estado trabajando en un problema de raíz similar, en la fabricación de pastas celulósicas, adaptaron el proceso Cal-Soda para el tratamiento de minerales de Aluminio.

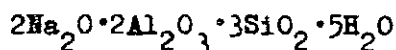
Esta variante consiste en una sinterización previa del mineral de bajo título aluminico con Carbonato de Calcio (CaCO₃). Este pro-

ceso fue descripto en un Flow-sheet simple en 16.3 (Pag. 113) y se repite mas adelante mas detallado por operaciones y procesos unitarios.

La reacción se produce en reactores a presión según la siguiente reacción:

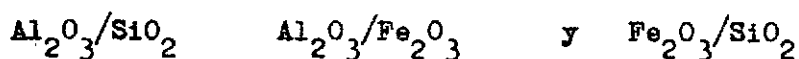


como ya se aclaró el Hierro, al estado de Sesquióxido de Hierro, se mantiene insoluble en su casi totalidad. Pero la Sílice combinada reacciona a su vez en mas de un 90 % y además forma un precipitado insoluble de Silicato de Calcio y Sodio que tiene la siguiente composición química:



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

En estas condiciones es fácil llegar a la conclusión sobre las limitaciones que tiene este proceso (y en especial el proceso Bayer) que depende del porcentaje de Sílice y sesquióxido ferrico existentes en el mineral lo que estará expresado por las relaciones:



A esto hay que agregar que además de estos problemas de orden puramente técnica se agregan: la posibilidad de disponer de Carbonato sódico (o Sosa Solvay) en cantidad suficiente y su precio.

Una ventaja positiva de este proceso es que puede ser instalado en base a materiales metálicos o de construcción comunes pero presenta la dificultad de su enorme tamaño por unidad de alúmina producida.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en escala de laboratorio se pasó a la pequeña escala piloto, realizando la sinteriza-

ción 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 Na_2CO_3 y 2,2 mol. de CaCO_3 por 1 mol. de Al_2O_3 y 1 mol. de SiO_2

El total fue molido de manera que pasase el 100% por el tamiz malla 80, se mezcló intimamente y se calentó hasta 650°C . Previamente se preparó una solución teórica de reciclado y se colocó el total en un reactor donde se calentó hasta alcanzar una presión de $6 \text{ Kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ mantenida durante 2,5 horas, se dejó sedimentar y se filtró. El residuo se envió nuevamente al reciclado y el filtrado se carbonató con una solución de CO_2 agregándose eta-Alúmina para semilleo, aunque en la práctica es mucho más efectivo utilizar para ese fin $\text{Al}(\text{OH})_3$. Se filtró nuevamente y se lavó el depósito sólido con agua caliente para arrastrar los compuestos solubles de sodio. Finalmente se lo secó y se calcinó en una mufla a 1.100°C . Esta operación fue reciclada tres veces y se hicieron tres ensayos similares.

El proceso ha sido graficado en el Flow-Sheet de la página N° 123 y el Balance de Materiales de Página N° 124. De acuerdo con este último los resultados pueden resumirse así:

BALANCE DEL PROCESO CAL-SODA

ENTRADAS

Mat. prima

Ks 2.000

Producción

Alfa-Alúmina Ks 355

Insumos:

Soda Solvay (equiv. a 741 Ks Na_2O) " 1.267

Caliza (" "1392 " CaO) " 2.487

Combustibles:

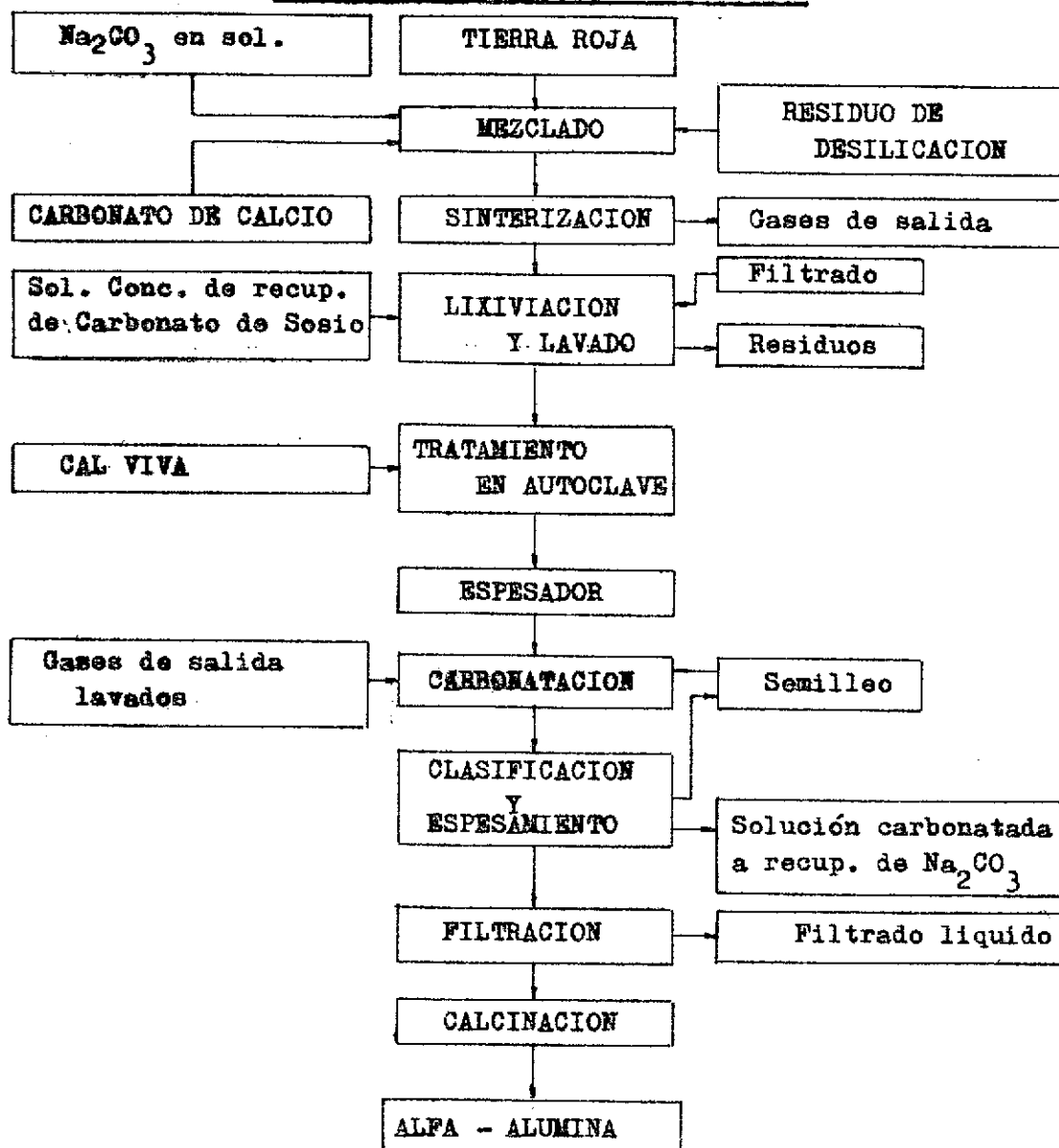
Fuel-oil para calcinación y calefac." 565

El lodo rojo que contiene 20 Ks. de TiO_2 no es aprovechable por el enorme consumo de reactivos necesario para separarlo.

16. 3. 3.- PROCESOS ACIDOS:

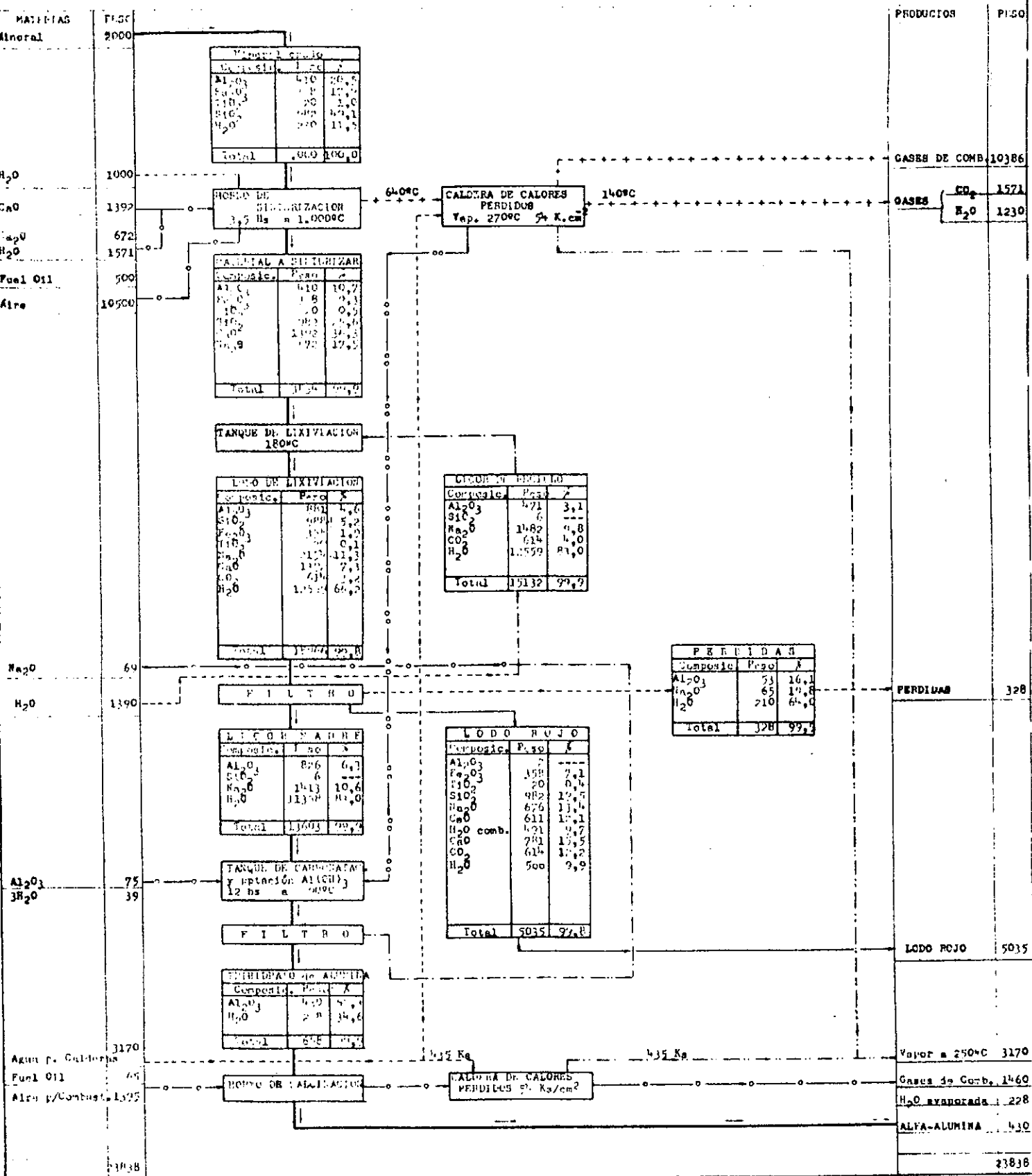
Los métodos ácidos para la obtención de Alúmi

PROCESO DE SINTERIZACION CAL-SODA



16. 3. 2. 1.- Flow-sheet del Proceso Cal-Soda

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



- Balance de materiales

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

JOSE L. MILLIA Ing. Quím.

FEB 21
1973

Fig. 16-3-2-2

— Línea de producción de ALUMINA
 - - - Derivados (Lodo Rojo)
 o o o Insumos
 + + + + + Combustibles y gas de combustión

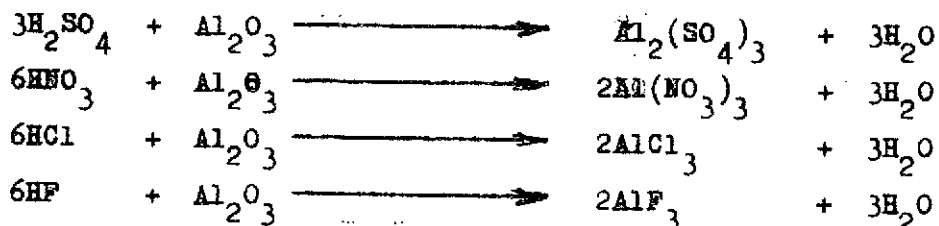
— Agua
 - - - Licores de reciclaje
 o o o Vapor de agua
 + + + + + Pérdidas de fábrica



na han sido desarrollados intensamente y como presentan ventajas aprecia-
bles -especialmente en lo que se refiere a la calidad de la materia pri-
ma- están alcanzando un auge tan insospechado que no es exagerado espe-
rar que en un futuro cercano se los utilice para producir la mayor parte
de los requerimientos mundiales. Esta opinión se explica fácilmente por-
que, además de tratarse de procesos muy simples, permitirían substituir ma-
teria prima cara y de importación (Bauxita) por arcillas comunes eliminan-
do un enorme drenaje de divisas y que en nuestro país se acentuaría ya
que la totalidad de los insumos serían de origen nacional.

Los ácidos minerales, -únicos que pueden ser utilizados en
la producción de Alúmina- producen reacciones muy fuertes que atacan a
los óxidos que entran en la composición de las Tierras Rojas para formar
en primer términos sales solubles de Aluminio, Titanio y Hierro e insolu-
bilizar la Sílice. Los tres sulfatos metálicos pueden ser hidrolizados ,
especialmente el de Fe^{+++} , cuando se dan las condiciones químicas y fí-
sicas adecuadas. También pueden descomponer el material orgánico, si lo
hubiera, cuando no ha existido una calcinación previa. Lo mismo podría su-
ceder con otros óxidos metálicos pero, en general, se producirían sulfatos
insolubles.

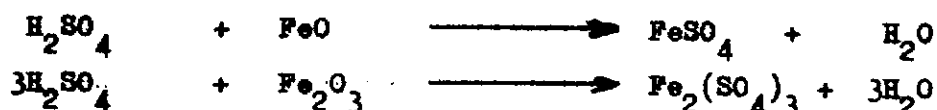
En los casos de los óxidos de Aluminio, las reacciones pro-
bables serían las siguientes:



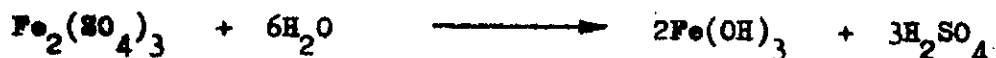
Los productos de estas reacciones pueden ser mas o menos
hidratados según sean las condiciones de presión y temperatura a que tie-
nen lugar. Algunas como el $AlCl_3$ son altamente volátiles o se descompo-
nen facilmente en presencia de agua, (se hidrolizan), revertiendo el pro-
ceso.

La Sílice, tanto la libre como la combinada, se separan totalmente en forma de cristales insolubles, en especial cuando se trabaja en caliente y a presión, salvo en el caso en que se la ataca con HF que se volatiliza.

Los óxidos de Hierro reaccionan con el Acido Sulfúrico de esta manera:



El Sulfato Férrico en presencia de agua se hidroliza casi totalmente y en forma mas acentuada cuando se trabaja en caliente y a presión. La reacción que se produce es la siguiente:

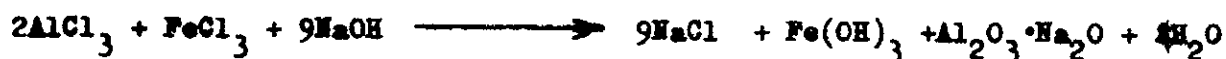


El Hidrato Férrico que se forma floccula en la solución y se separa facilmente, aunque en la solución de Sulfato de Aluminio queda una cantidad de sulfato sin hidrolizar que es la que luego puede contaminar a la Alúmina.

Con el Acido Clorhídrico la reacción es la siguiente:

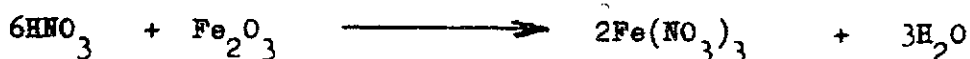


Para hidrolizar a esta sal hay que recurrir siempre a una base fuerte y especialmente al Hidróxido de Sodio. En este caso, ya que en el mineral está presente una cierta cantidad de Alúmina-libre o combinada- en primera instancia se va a formar Aluminato de Sodio soluble y después se produciría el Hidrato Férrico, quedando tambien en la solución Cloruro de Sodio:

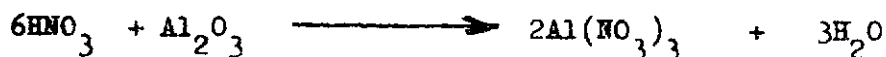


La Alúmina mencionada se encontraría al estado de Cloruro de Aluminio por acción del HCl. Este proceso es caro e incidiría en el coste final porque además habría que agregar el gasto en Hidróxido de Sodio que insumiría la Sílice al reaccionar para formar Silicato de Sodio soluble muy difícil de separar.

Con el HNO_3 teóricamente debería producirse la siguiente reacción:



Pero el Ácido Nítrico actúa como oxidante y el Óxido Férrico se mantiene insoluble; el Óxido Ferroso que pudiese estar presente pasaría también a Férrico precipitando en las mismas condiciones, mientras que la Alúmina pasa a Nitrato de Aluminio soluble, e hidrolizable en forma relativamente lenta, salvo que haya exceso de ácido. La reacción es:



Normalmente los procesos ácidos atacan entre el 95 % y el 98 % de la Alúmina existente en el mineral y mantienen en solución cantidades reducidas de Sales de otros metales, tanto o mas reducidas cuanto mayor es la temperatura a que se trabaja. En estas condiciones, el problema de los procesos ácidos para la obtención de una Alúmina pura se reduce a encontrar la forma de separar las sales no aluminosas.

Los tratamientos ácidos para la extracción de Alúmina han sido completamente experimentados y, aún en nuestro medio han sido utilizados por Obras Sanitarias de la Nación para la producción de Sulfato de Aluminio Hexadecahidratado destinado al tratamiento de aguas para el consumo utilizando como materia prima Bauxitas importadas de mediana calidad.

En los procesos ácidos, corrientemente, el producto intermedio, antes de llegar a la Alúmina es la sal correspondiente que se descompone por calcinación. La Alúmina se separa y los gases residuales se tratan de manera que se recuperen los ácidos originales.

16. 3. 3. 1.- Métodos con H_2SO_4

Aunque la primera patente para la extracción ácida de la Alúmina data del año 1896 y se proponía como medio de extracción el Ácido Clorhídrico, posteriormente se han desarrollado los métodos con H_2SO_4 y algunos países dependieron de él en forma exclusiva durante una parte de la Segunda Guerra Mundial.

Es indudable que la posibilidad de utilizar como etapa intermedia para llegar a la ALUMINA 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 simple y fácilmente automatizable. El aspecto negativo se encontraba en la gran cantidad de agua de cristalización (18 moléculas) que había que eliminar, además de la propia humedad de los cristales obtenidos, lo que representaba una cantidad muy grande de calor, la formación de costras de fusión y el calor necesario para la calcinación previa (para destruir la ligadura de la Alúmina con la Sílice y eventualmente el Hierro) a 600°C lo que representa en total el 50 % 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 adecuada relación $\text{SO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ podía llegarse a obtener por hidrólisis un Sulfato Básico de Aluminio (Basic Aluminium Sulphate, B.A.S.) que respondía a la fórmula $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ lo que significaba reducir a una sexta (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 de Aluminio normal con alcoholes y éteres orgánicos. Pero se mantenía la necesidad de redissolver y producir el BAS insoluble en agua fría con lo que se conseguía la eliminación del Sulfato Ferroso no hidrolizable.

Mas adelante se analizan los distintos procesos que se consideraron mas efectivos, de mayor simplicidad y factibilidad económica, con los Flows de los procesos totales y/o parciales como los Balances de Materiales..

En el expediente 70308/63 del Ministerio de Industria y

Comercio de la Nación, 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 Buenos Aires 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. Puerto 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 el propio consumo de la planta.

En la actualidad se está trabajando en la substitución de los hornos rotativos para la descomposición del Sulfato por otros sistemas de descomposición química térmica de muy elevado rendimiento.

Sin tener en cuenta estas mejoras del proceso, el costo de instalación aproximadamente es de u\$s 265.- (\$ 26500.-) por Tonalada/año producida, incluyendo los procesos para la producción de Dióxido de Titanio, concentración de mineral de Hierro y recuperación del Acido Sulfúrico.

16. 3. 3. 1.- Método con H_2SO_4 y purificación con alcoholes:

Este método ha sido utilizado en escalas limitadas para la producción de Sulfato de Aluminio con 18 mol. de H_2O destinado a la producción de mordientes para pigmentos, para tratamientos de agua y para producir Alúmina especial destinada a la producción de aisladores cerámicos especiales.

Está basado en que las sales férricas se disuelven en el alcohol y en algunos éteres mientras que las sales de Aluminio y en especial el Sulfato son insolubles en esos medios. Esto permite que mediante

una serie de operaciones simples pueda llegarse a un producto -Sulfato de Aluminio hidratado- de elevada pureza. Los alcoholes o ésteres orgánicos son fácilmente recuperables.

Se realizaron tres ensayos de laboratorio con 100 Grs de muestra trabajando en material de vidrio. En el proceso de extracción ácida a alta temperatura se colocaron los recipientes de vidrio Pyrex en autoclaves ligeramente basculantes. El lavado de los cristales de Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) se hizo con Etanol en un caso, luego con Metanol y finalmente con Propanol-2 (Alcohol Isopropílico). Los resultados no ofrecieron diferencia salvo que para los últimos se necesitan cantidades muy grandes de solvente orgánico. Los cristales de Sulfato de Aluminio con 18 mol. de H_2O se deshidratan parcialmente a solo 16 mol. de agua cuando se los lava con Etanol de mas de 95°C.L. Los cristales lavados se colocaron en un crisol de porcelana y se calcinaron. Una vez pesada la Alúmina se ensayó la presencia de Hierro con resultado totalmente negativo. Las Figuras 16. 3. 3. 1. 1. 1. a 16. 3. 3. 1. 1. 3. dan los resultados promedios para cada etapa del proceso. La Figura N° 16.3. 3. 1. 1. 4. corresponde al Flow-sheet del proceso industrial.

Se realizaron dos ensayos a pequeña escala piloto, a los que se ajustan los resultados anteriores, sobre 1,25 Kgs de mineral utilizando en ambos casos Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 96°C.L. Los procesos de extracción se realizaron en una sola etapa en un reactor de acero vidriado. El licor filtrado se concentró por evaporación a 160°C y posteriormente se mezcló con una solución de Etanol al 70% enfriando (la solución ya se había llevado a solo 68°C) en forma lenta hasta 12°C con lo que se formaron tres fases perfectamente definidas: Cristales, Solución ácida y Alcohol que se filtraron y se separaron los cristales característicos de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ que se colocaron en otro recipiente en el que se agregó Etanol al 75%. El sulfato pasó a contener solo 16 mol. de H_2O . El sulfato férrico como el ferroso son solubles en los alcoholes y en esta forma es

que se obtiene la eliminación del Hierro de los cristales.

Los cristales se calcinaron como en el ensayo de laboratorio y se controló la presencia de Hierro con resultado negativo. El alcohol fue destilado y reciclado al proceso. Cada ensayo fue realizado en tres recidos que proporcionaron los datos que figuran en los balances mencionados.

No se realizó la recuperación del ácido de los gases de calcinación, por considerarse que es imposible realizarlo a tan pequeña escala y porque, además, la información disponible sobre los procesos de contacto para la recuperación del ácido Sulfúrico es tan amplia que se cuenta con la totalidad de los parámetros para diseñar el equipo necesario.

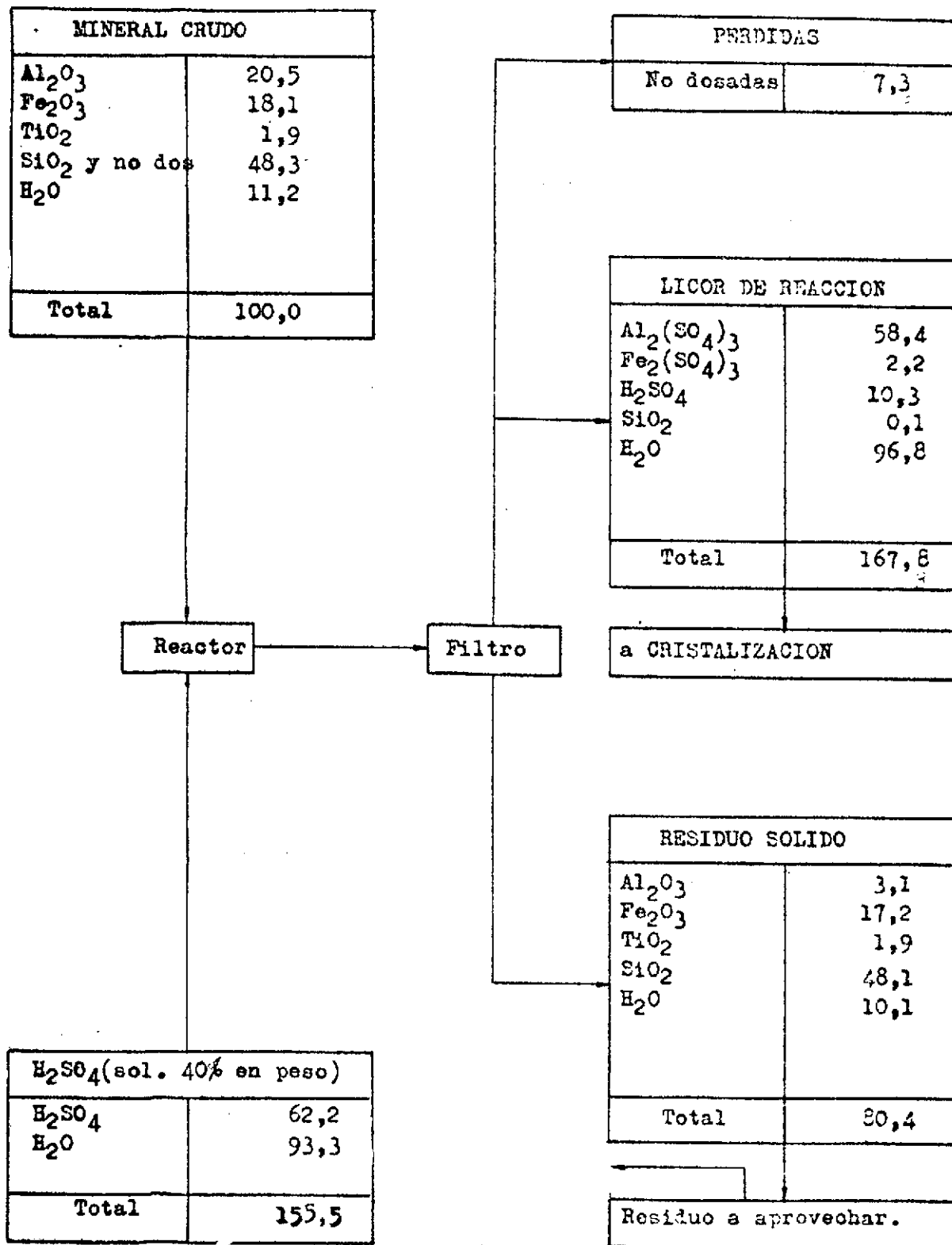
Es de mucha importancia hacer notar que los resultados obtenidos en ambas escalas son prácticamente similares y por lo tanto sus resultados pueden ser ampliados a escalas mucho mas grandes, cosa explicable por la experiencia existente ya mencionada y por tratarse de reacciones homogéneas y no reversibles.

A los efectos de la determinación posterior de la factibilidad del proceso, el Balance efectivo de los materiales es el siguiente:

<u>INSUMOS</u>		<u>PRODUCTOS</u>	
<u>Materia prima:</u>			
Mineral	Ks	2.000	
<u>Insumos básicos:</u>			
Asufre	"	3	
Etanol	"	1	
<u>Combustibles:</u>			
Fuel-oil	"	250	Alúmina Ks 375

El Balance general ha sido establecido en base a los resultados a pequeña escala piloto en la Fig. 16.3.3.1.1.5. (Pag. 132)

ENSAYO DE LABORATORIO



B-1.- Extracción de Al₂O₃ con H₂SO₄ 40%.

Fig 16-3-3-1-11

JOSE M. J. J.

ENSAYO DE LABORATORIO

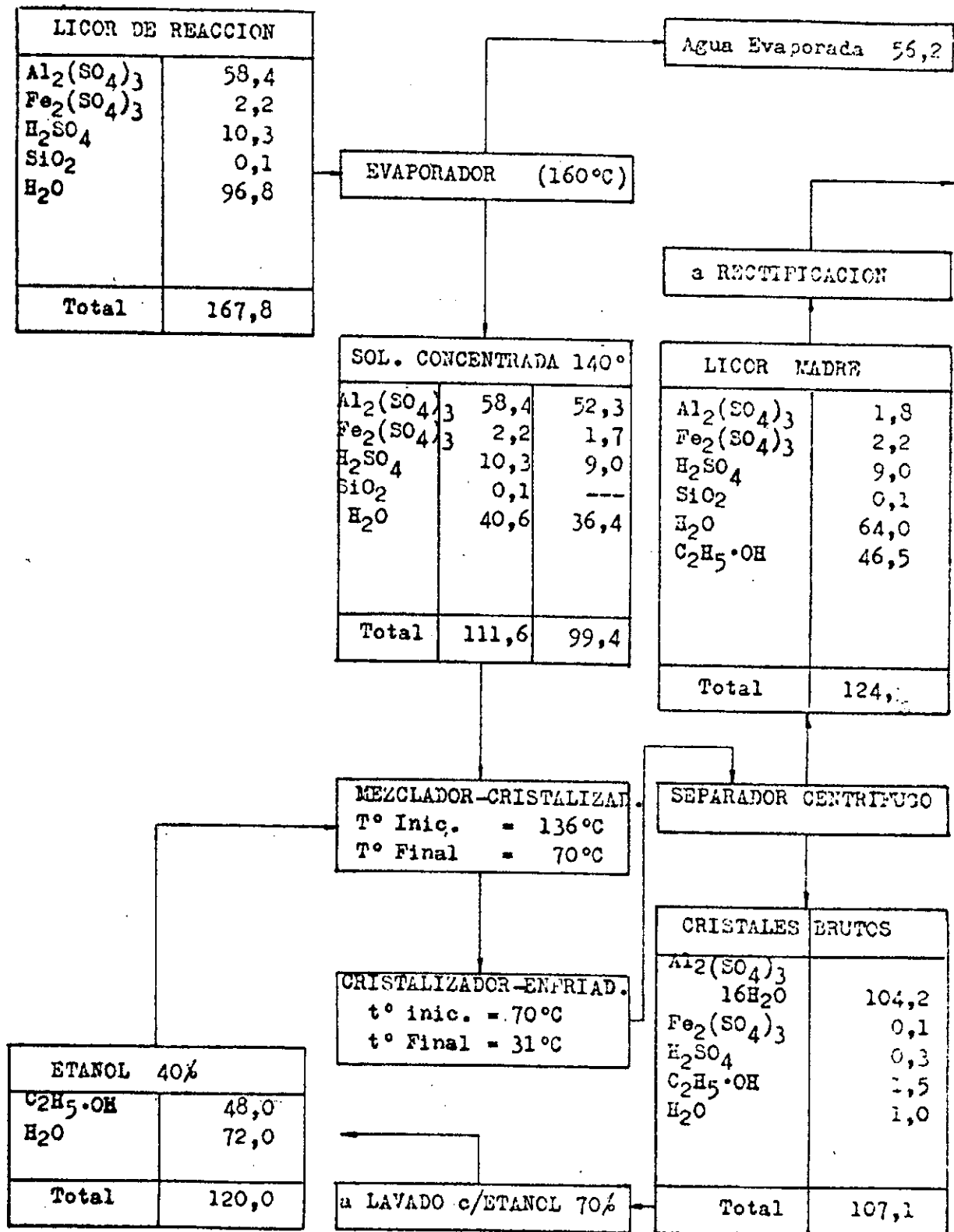
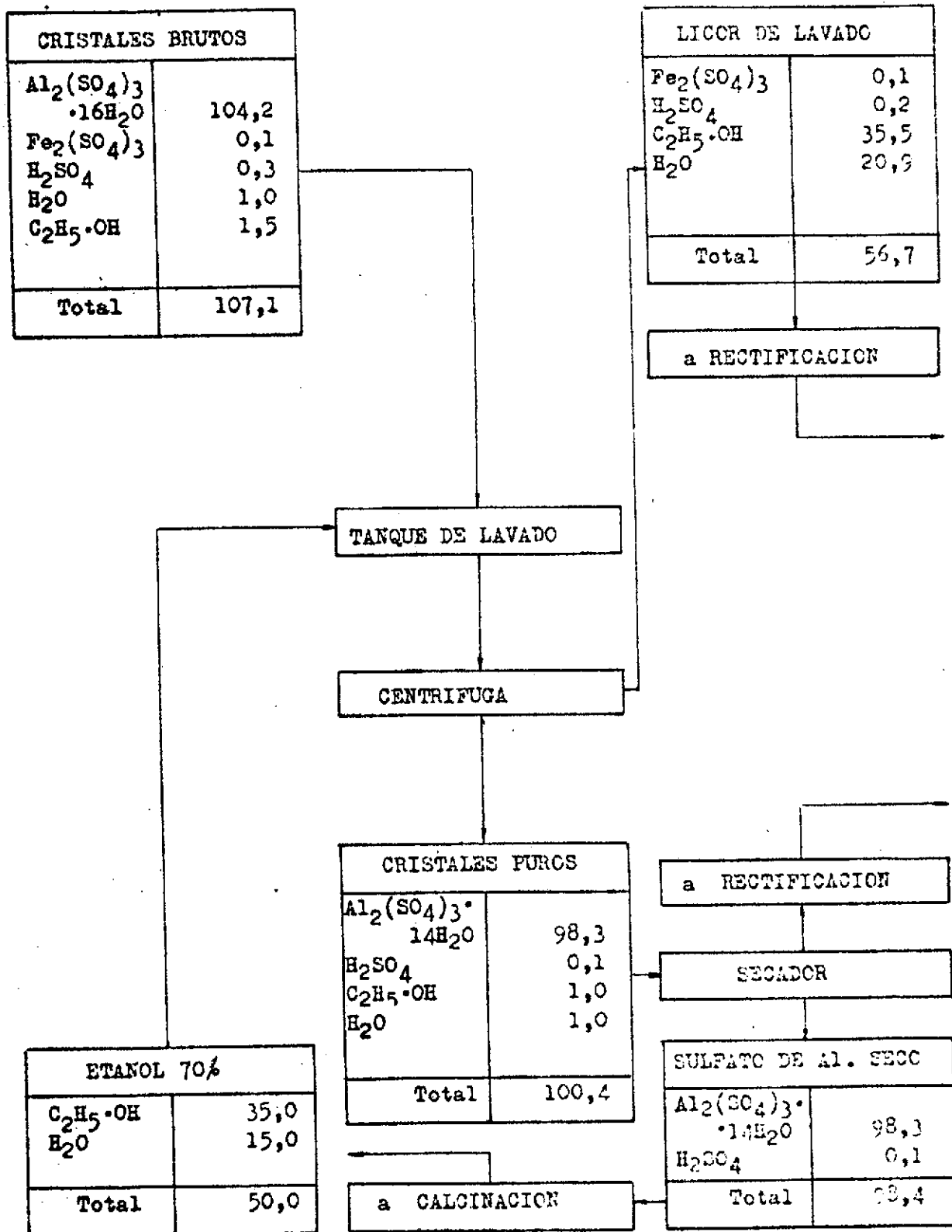
- Cristalización del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con Etanol al 40%

Fig. 16-33-1-1-2

[Handwritten signature]

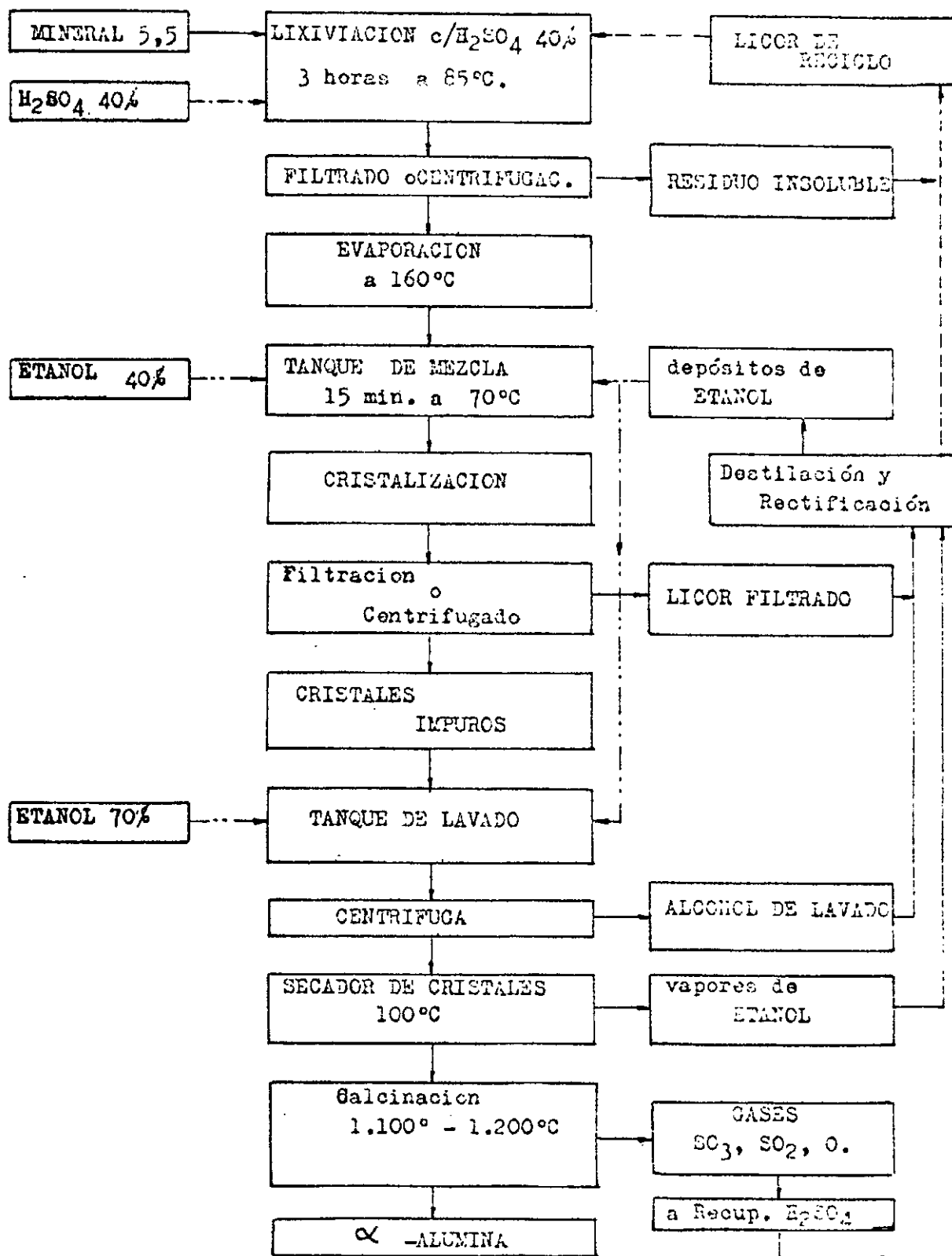
16-33-1-1-2

ENSAYO DE LABORATORIO



Purificación de los cristales de sulfato de aluminio.-

Fig. 16-3-3-1-1-3



Flow-sheet del proceso ácido c/purificación con Etanol

Fig. 16-3-3-14-4

16. 3. 3. 2.- Método con H_2SO_4 y separación al estado de Sulfato Básico de Aluminio (B.A.S.):

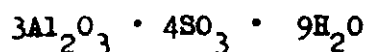
El tratamiento de los minerales alumi-
níferos para la extracción de Alúmina con Acido Sulfúrico simplifica su
operación en la medida que se pueda alcanzar la automatización máxima y,
eventualmente, llegar a trabajar en flujo continuo. Si a esto se agrega
la posibilidad de trabajar en condiciones elevadas de temperatura y pre-
sión, se consigue paralelamente una gran aceleración del proceso extrac-
tivo que se traduce en un mejor aprovechamiento de los equipos. Preci-
samente es en este aspecto en que se basa la superioridad actual de los
métodos ácidos sobre los básicos. Estos requieren prolongados períodos
de retención que hacen que los equipos sean enormemente grandes y, como
consecuencia, de muy elevado costo aunque los materiales con que se los
construye sean de bajo precio. Los equipos para trabajar con Acido Sul-
fúrico a bajas concentraciones requieren materiales sofisticados pero
aún así resultan económicos en su operación. Para dar una idea de la re-
lación de uso de equipo entre métodos ácidos y básicos basta mencionar
que el ciclo para cualquiera de los primeros no excede de cinco horas
mientras que en el método Bayer, desde el comienzo hasta la terminación,
es decir, la obtención de alfa-alúmina, lleva noventa y seis horas. Prae-
ticamente una relación de 1:20 mucho mayor que la de costos fijos que
puede estar como máximo de 1:2,5 hasta 1:4.

Se ha considerado conveniente realizar los ensayos sobre
la base de doble extracción en contracorriente y separación del compues-
to intermedio como Sulfato Básico de Aluminio no obstante haber sido ya
experimentado, con las Tierras Rojas para poder establecer el comporta-
miento de los minerales del N.E. de Corrientes, apreciablemente mas des-
compuestos.

Teniendo en cuenta lo complejo del proceso y las condicio-
nes de trabajo, sumadas a la experiencia disponible, se realizaron directa

mente dos ensayos con dos reciclos cada uno a escala de pequeña planta piloto, separando previamente el material imanable con imanes de baja intensidad para evitar arrastres y eliminando la calcinación previa.

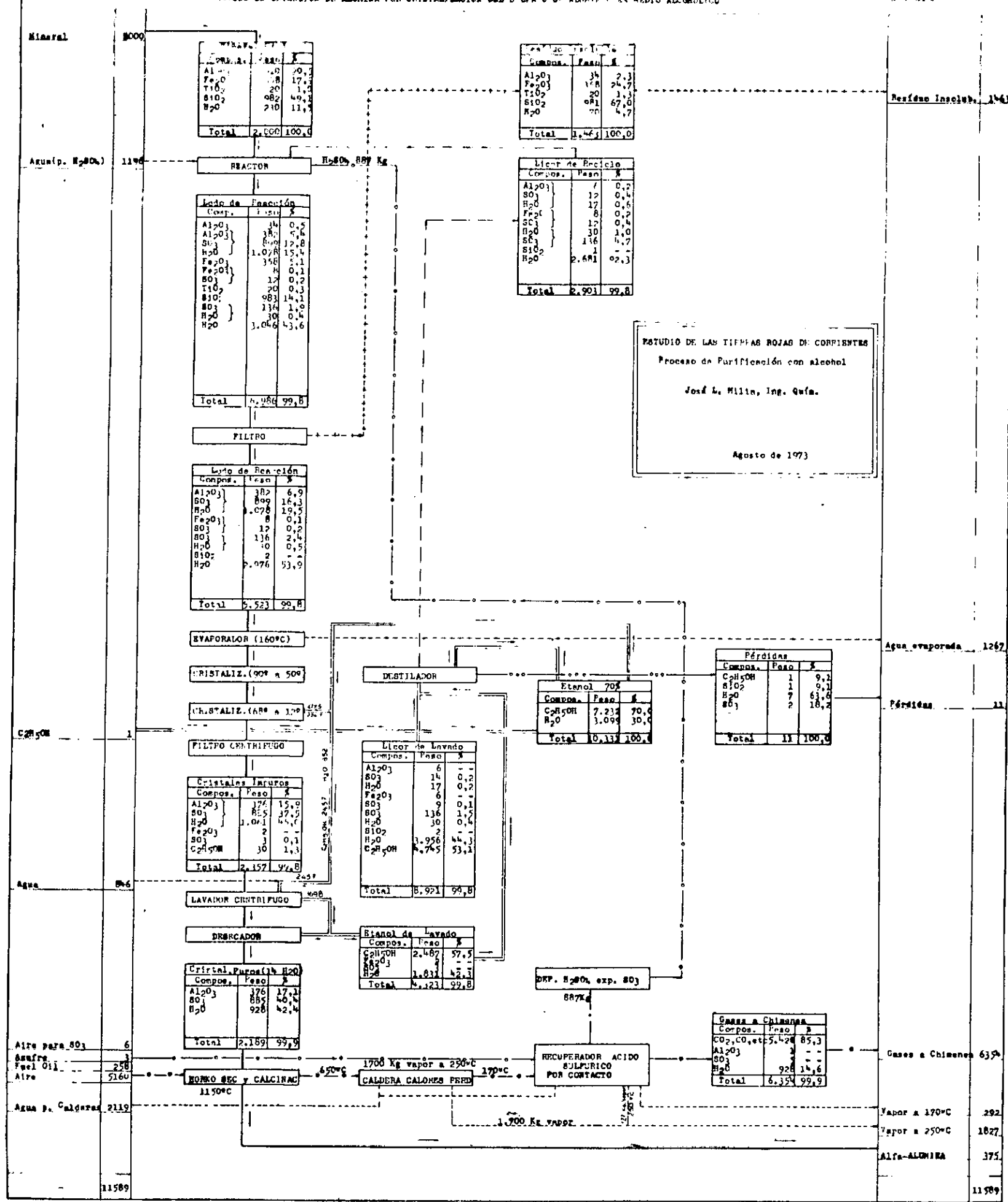
El proceso consiste en tratar el mineral con soluciones de H_2SO_4 al 12 a 14 % en contracorriente, a temperatura de $190^{\circ}C$ en la etapa de Digestión (Segunda etapa de extracción) y $130^{\circ}C$ en la etapa de Modificación (Primera etapa) con el fin de obtener una extracción rápida y con el mayor rendimiento posible. El lodo obtenido se filtra y en el licór 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 el Sulfato Férrico. Como a diferencia de otros procesos, en este no se cristaliza el Sulfato de Aluminio Hexa o Tetradecahidratado, sino al estado de Sulfato Básico de Aluminio insoluble, cuya fórmula es:



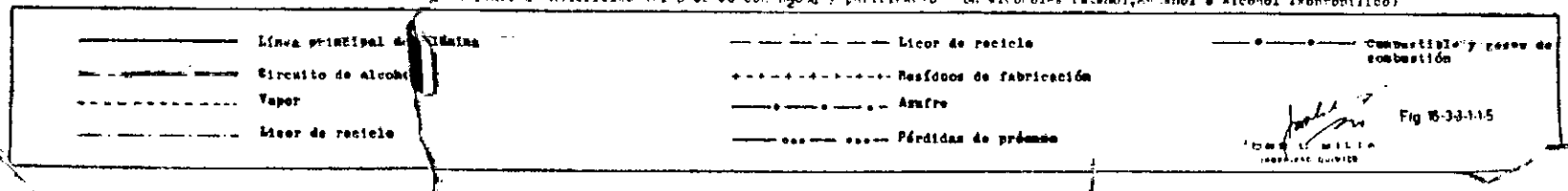
cuyo origen es una hidrólisis producida a $210^{\circ}C$ y una presión aproximada de 18 Ks.cm^{-2} . En estas condiciones también precipitaría el Sulfato Férrico existente por hidrolización, contaminando el Sulfato Básico de Aluminio (B.A.S.) y, por consiguiente, la Alúmina que se obtuviese por contaminación.

Este problema se soluciona haciendo barbotear SO_2 (Anhídrido sulfuroso) que reduce el Sulfato Férrico a Ferroso el que tiene la particularidad de no hidrolizarse y además es sumamente soluble. Investigaciones muy recientes permiten solucionar también este problema, secuestrando los iones Fe^{+++} y Fe^{++} por medio de un proceso de intercambio iónico mediante resinas fácilmente recuperables y que dejan como producto residual pigmentos purísimos.

El proceso de calcinación del Sulfato Básico de Aluminio tiene la ventaja de contener menos agua de cristalización (3 Mol. de H_2O por cada Mol de Al_2O_3) cuando el sulfato de Aluminio común tiene 18, 16 o 14 Mol. de H_2O por cada Mol. de Al_2O_3). Esto se traduce en un menor



Balance de Materiales del proceso con H₂SO₄ y purificación con alcoholes (Etanol, Metanol e Alcohol Isopropílico)



gasto de combustible en la etapa de deshidratación, previa a la de 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 un 34,5 % de la Alumina que se precipita luego de calcinada al estado de Alúmina reactiva (Eta-Alúmina) a no mas de 650°C. La duración del proceso de Hidrólisis es de 20 minutos a 210°C y el lodo de reacción se filtra o centrifuga, lavando el material solido separado (BAS) con agua fría. El licor residual se utiliza para la recuperación del Acido Sulfúrico de los gases de calcinación y se lo recicla nuevamente al proceso.

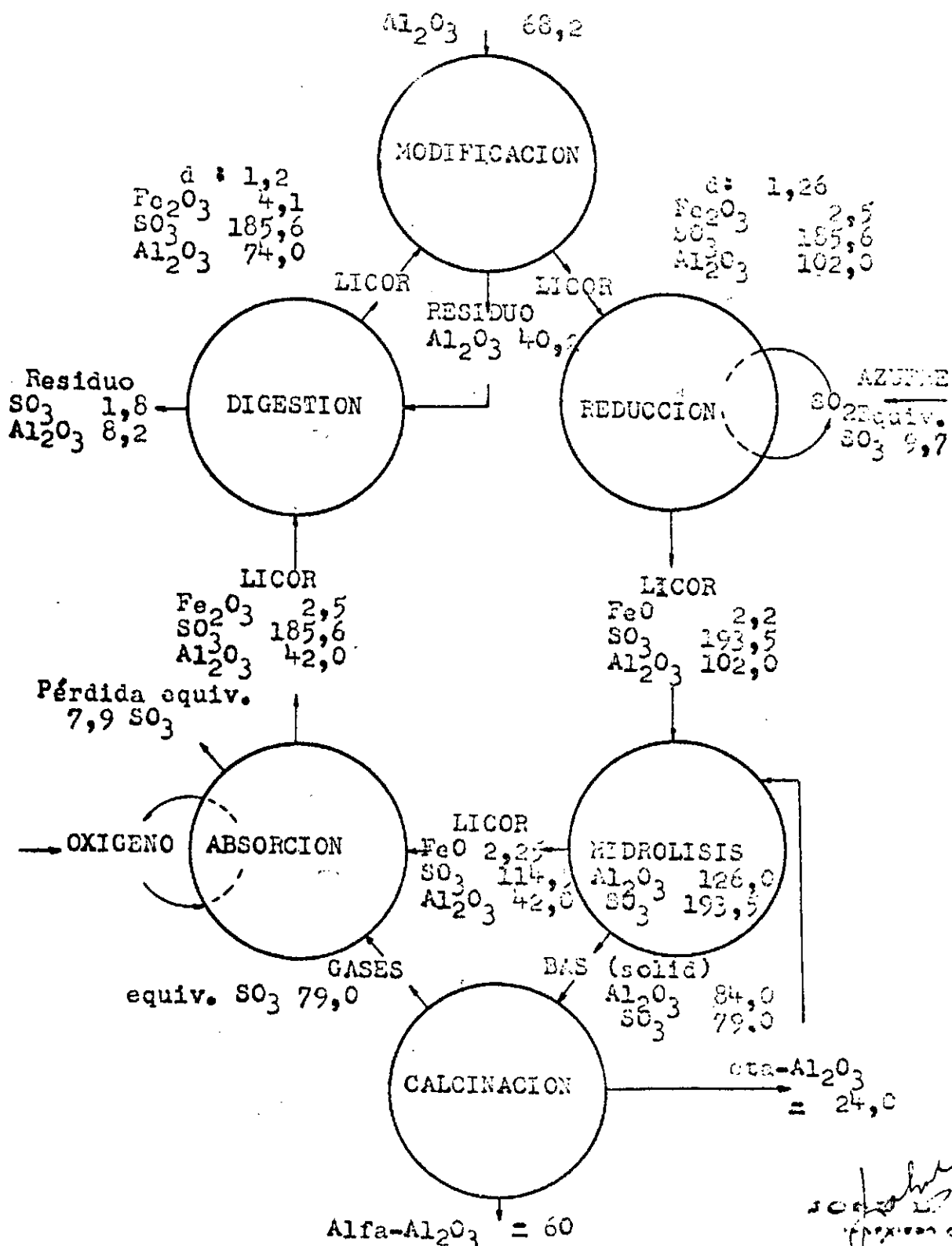
El material sólido lavado (Sulfato Básico de Aluminio, BAS) se envía a un horno donde se deshidrata y posteriormente se calcina, descomponiéndose en Alfa-Alúmina sólida y en los gases de combustión que arrastran el SO_2 , SO_3 , O_2 , etc. los que se hacen pasar por un equipo de contacto para recuperar el H_2SO_4 .

En la Pag. 136 (Fig. N° 16.3.3.2.1.) se ha descripto sintéticamente el proceso; en la Pag. 137 (Fig. N° 16.3.3.2.2.) puede verse el Balance de Materiales del proceso completo; y en la Pagina N° 138 (Fig. 16.3.3.2.3.) se ha desarrollado el Flow-sheet del proceso esquematisando los equipos necesarios, de acuerdo con los resultados de los ensayos.

Es de hacer notar que con las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes se llega a un rendimiento ligeramente mayor que con las Tierras Rojas del Norte de la Provincia de Misiones, con la ventaja de que aquellas no necesitan una Tostación previa del mineralillo que representa una economía apreciable a favor del mineral Correntino. El consumo de combustible representa en este proceso casi el 50 % del Costo Operativo.

Los resultados directos del proceso deben ser completados

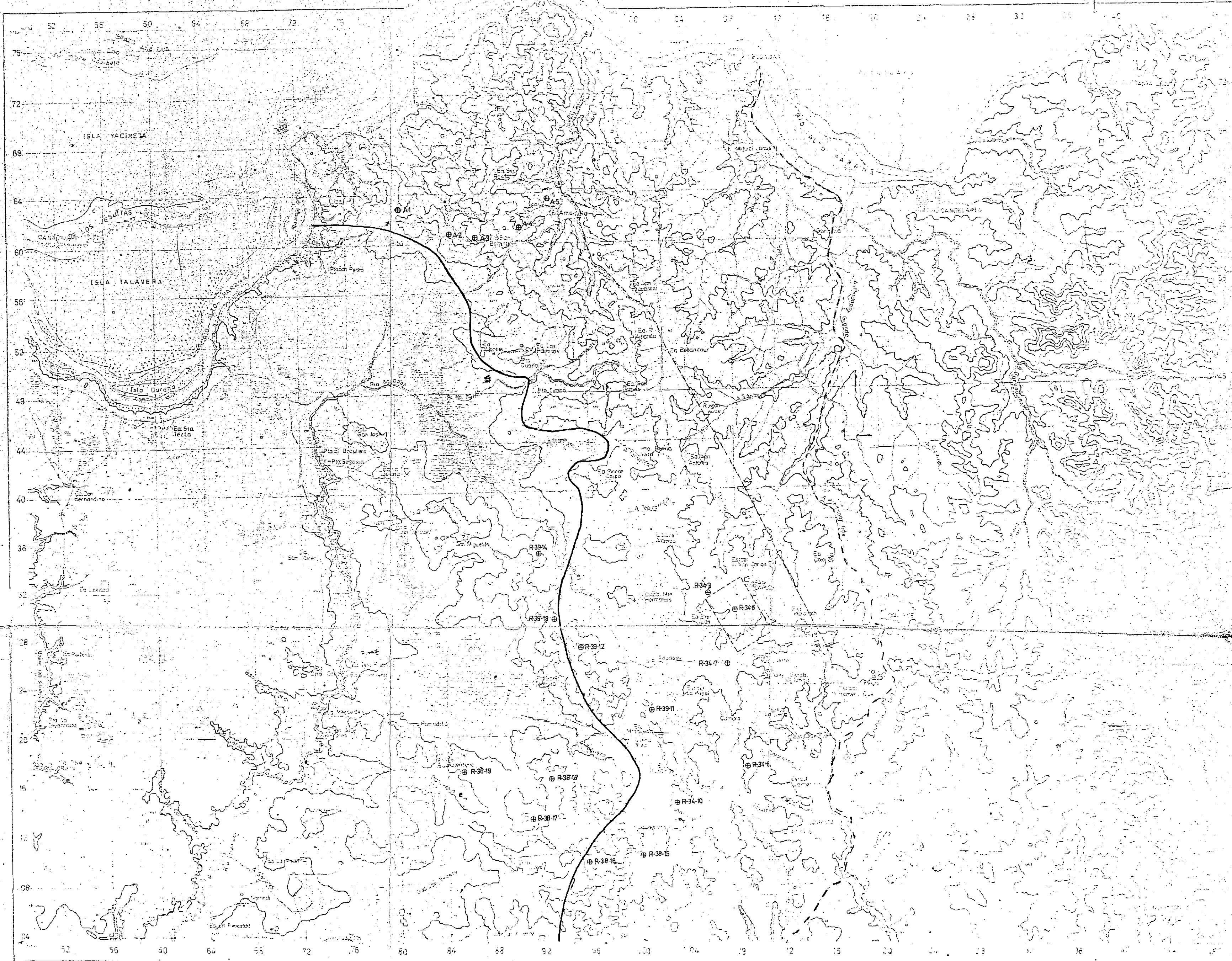
.-Esquema del Proceso Acido al Sulfato Nitrico.



JOSE L. MILIA
DIRECTOR QUINCO

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

Fig. 16-3-3-2-1



con los que se obtienen del tratamiento de la Titanomagnetita y de la Magnetita de las que se separan Dióxido de Titanio (Rutilo y Anatasa) y Rojo Inglés para la fabricación de pinturas. Los resultados de este proceso con H_2SO_4 y etapa intermedia de Sulfato Básico de Aluminio son:

INSUMOSPRODUCTOSMateria Prima:

Mineral

Ks 2.000

Alúmina

Ks 352

Titanomagnet.

" 119

Insumos reactivos:

Azufre

" 70

Mineral de

Hierro

" 474

Combustible:

Vapor a 250°C

Fuel oil

" 276

y a 170°C " 571

Debe tenerse en cuenta que al recurrirse al secuestro de las 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 Kgs. por cada 352 Kgs. 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, para la producción de Alúmina, es el mas económico.

También es de mucha importancia la posibilidad de substituir 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 disminución de los costos operativos.

Es indudable que este proceso con H_2SO_4 con la etapa intermedia del Sulfato Básico de Aluminio resulta económico por la posibilidad de un reciclo casi total de licores muy simplificado, el elevado aprovechamiento de los calores, los excedentes de vapor que pueden ser destinados a la producción de energía eléctrica y la reducida necesidad de mano de obra. Todavía puede agregarse la posibilidad de alterar el proceso en determinada etapa y producir indistintamente

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ de amplia aplicación en la industria y para el trata-

miento del agua para consumo. Todo esto se complementa con la factibilidad de producir excedentes de Acido Sulfúrico y pigmentos de Titanio y de Hierro ya mencionados.

Los estudios de factibilidad que se incluyen mas adelante confirman todas estas consideraciones.

16. 3. 3. 3.- Proceso con HNO_3

De los procesos de reciente aparición es el que promete mejores resultados en la medida que sea posible contar con Acido Nítrico a bajo precio aunque mas importante es la posibilidad de contar con un volumen anual apreciable, ya que se trata de un material crítico y, aunque la recuperación del ácido es elevada, para una planta de mediana capacidad habría una pérdida a compensarse con producto fresco de 1.400 Ton./año.

Tal como se mencionó en 16.3.3. (Página N° 127) con el 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 Fe_2O_3 que se separan por filtración y sedimentación junto con el material insoluble. El licor filtrado se enfría y es cristalizado al vacío, pudiendo eventualmente ser concentrado. Posteriormente se filtra para separar los cristales de Nitrato de Aluminio que se lavan con Acido Nítrico al 50% eliminándose así cualquier rastro de Hierro. Este licor de lavado en 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 materia prima (mineral) nueva.

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, se desprende HNO_3 que se condensa y sirve después como ácido fresco para el proceso de extracción. La Alúmina continúa calcinándose hasta 1.150°C de manera de llegar a obte-

ner Alfa-Alúmina.

El proceso ácido ha sido descrito en el flow-sheet de Página N° 142(16.3.3.3.1.) en el que puede observarse su simplicidad.

A esto debe agregarse que los materiales para construir 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, las temperaturas no exceden de 150°C y por lo tanto las presiones son muy cercanas a la atmosférica.

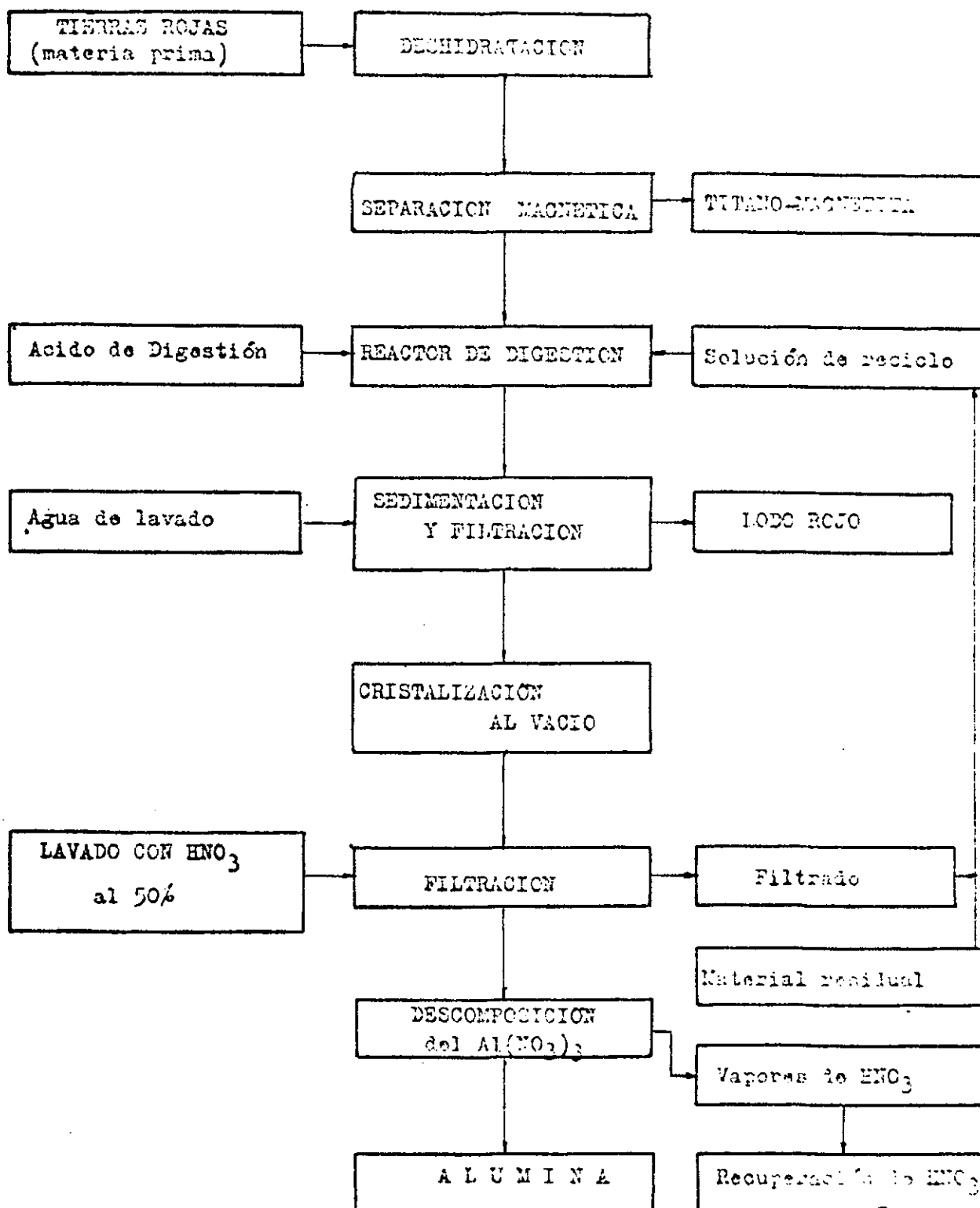
Se realizaron tres ensayos a escala de laboratorio que arrojaron un resultado muy alto (96,5%) de extracción de Alúmina sobre el contenido teórico del mineral, lo que es explicable pues a una escala tan reducida ese trabajo puede realizarse en condiciones cercanas a lo ideal, tanto en las operaciones como en los procesos unitarios que integran el proceso total.

A pequeña escala piloto se realizaron también tres ensayos cuyos resultados están transcriptos en el balance de materiales de Página N° 143 (16.3.3.3.2.) y que presentan la característica de tener entre ellos ínfimas diferencias, lo que hace que este balance adquiere una importancia muy grande. Sin embargo se considera que es necesario proceder 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 en que por el amplio conocimiento del proceso no se realizó la recuperación del H_2SO_4 , en estos tres sí 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, llevados a una planta industrial serán apreciablemente mejores, especialmente en lo que se refiere a consumo de ácido.

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

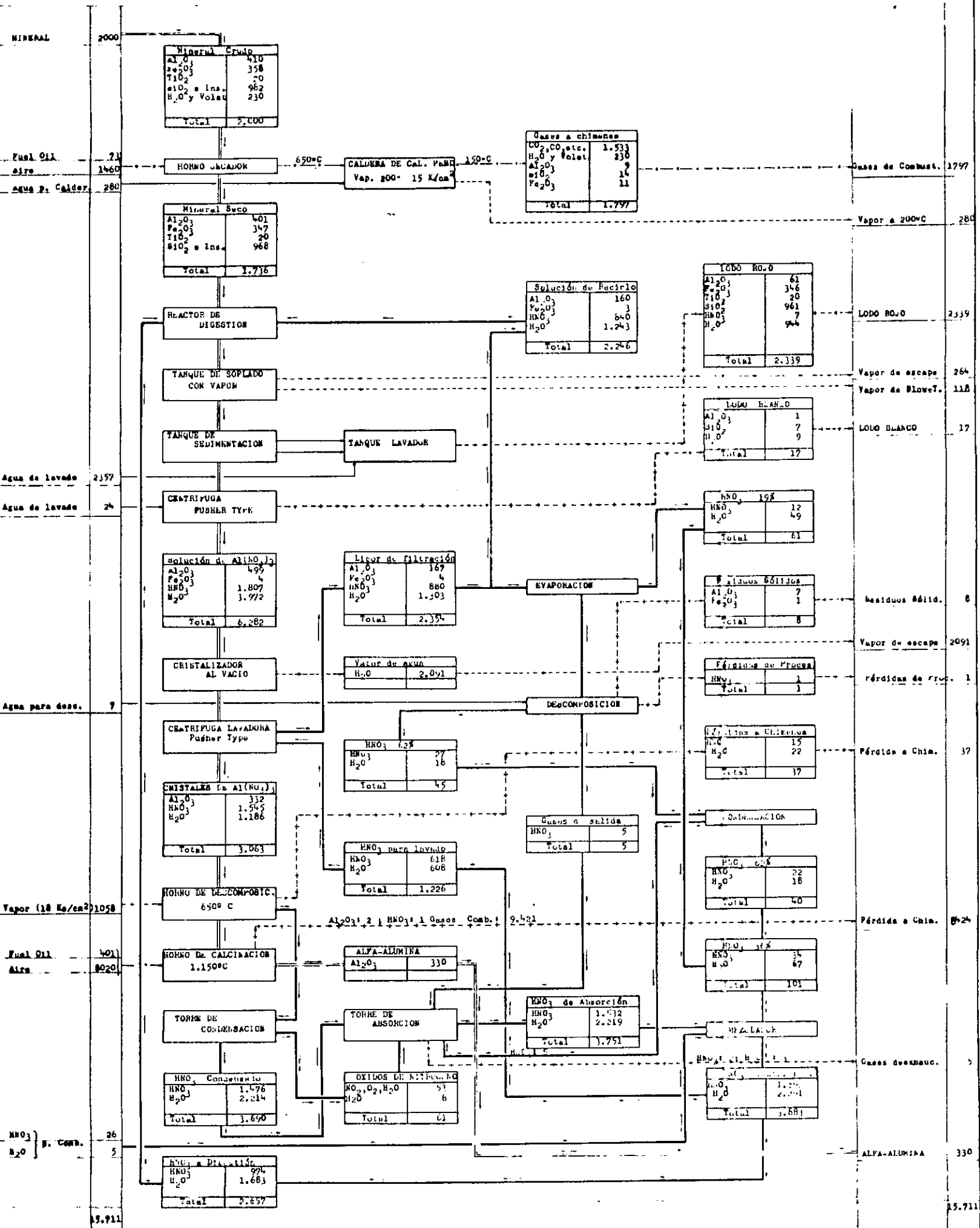


- Flow-sheet del proceso con ácido nítrico

AGOSTO DE 1973

JOSE L. GARCIA Ing. Quím.

Fig 16-3-33-1



Como en casos anteriores, se hizo la separación de la Titanomagnetita que se utilizaría para la producción de Óxido de Titanio (Rutilo y Anatasa) 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 de que ello fuese necesario.

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

INSUMOS

PRODUCCION

Materias primas:

Mineral	Ks 2.000	Alúmina	Ks 330
<u>Insumos técnicos:</u>		Mineral de Fe	" 1385
Acido Nítrico	" 26	Vapor de agua	
Vapor de agua a 18 Ks.cm ⁻²	" 1.058	a 200°C	" 280

Combustibles:

Fuel-oil	" 474
----------	-------

Como en casos anteriores, no se ha descrito el proceso de 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 Ks.cm⁻²) que es característico de todos estos procesos aunque figuren en el Balance de materiales.

16. 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 purificar los cristales obtenidos para llevarlos al máximo estado de pureza de manera que al ser calcinados produzcan Alfa-Alúmina con un título superior al 99,5 % y liberen los óxidos de ácido que permitan su recuperación y reciclaje en

el 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 H_2SO_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 (más de $200^\circ C$ y de 20 Ks.cm^{-2}). En cambio cuentan a su favor con la ventaja de trabajar con tiempos de retención muy cortos con lo que tienen una relación producción/volumen muy elevada. De esta manera se compensa el mayor costo por unidad de peso. Los materiales vidriados actúan perfectamente dentro de los $230^\circ C$, máximo a que se llega en el proceso que tiene como etapa intermedia la producción de Sulfato Básico de Aluminio (BAS).

Los costos de instalación que se han previsto en los estudios de factibilidad mas adelante, 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 lo son los aceros especiales o los revestimientos de Zirconio, Titanio o Tantalio, pueden significar un aumento en los costos de instalación del orden del 20 % teniendo en cuenta que solo una parte de los equipos necesitaría 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 estos trabajos debe ser importado.

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

Ultimamente se ha comenzado a ofrecer aceros especiales

al Titanio, otros con bajos porcentajes de Itrium 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 H_2SO_4 con producción intermedia de Sulfato Básico de Aluminio (BAS)— poder contar con una automatización, sinó total, por lo menos en un 90 %.

En el caso del proceso al Acido Nítrico se pueden utilizar aleaciones de ferro-silicio que poseen (para ese proceso) una resistencia 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 contracorriente en el proceso con Acido Sulfúrico y etapa intermedia de 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:

16. 3. 3. 4. 1.- Procedimiento al H_2SO_4 con purificación con alcohol:

Es—

te proceso exige instalaciones características de la extracción con Acido Sulfúrico pero las operaciones unitarias correspondientes a la purificación de los cristales son simples y los equipos totalmente estandarizados. La parte negativa de este proceso es la elevada cantidad de agua de cristalización a eliminar, el medio de trabajo en la destila-

ción 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. También es importante tener en cuenta que puede substituirse el etanol con metanol,o con alcohol isopropílico,mucho mas baratos.

La incidencia de la mano de obra en el tratamiento de purificación con alcoholes es practicamente la misma que en el Proceso con etapa de cristalización del Sulfato Básico de Aluminio. Pero el costo del alcohol es sumamente elevado y resulta de difícil obtención para altas graduaciones Gay Lussac;además el uso de Etanol,-o de cualquier otro alcohol- exige un consumo de combustible 250% mas elevado y la misma proporción en cuanto a energía eléctrica ya que es necesaria la redestilación y rectificación del Alcohol y hay un mayor movimiento de líquidos.

Las instalaciones en el proceso con alcoholes,-especialmente con Etanol- tienen un buen porcentaje de peligro en su manipulación y por lo tanto exigen determinadas prevenciones contra explosiones e 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 substitución del Etanol por el Metanol o el Alcohol Isopropílico u otro producto similar,su costo menor está compensado con las pérdidas por la formación de éteres u otros productos de descomposición que para su aprovechamiento posterior exigirían 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,al igual que el de Aluminio,son insolubles en el Etanol,razón por la cual se necesita un control sumamente acentuado en las etapas de cristalización y lavado.

16. 3. 3. 4. 2.- Procedimiento con H_2SO_4 y producción intermedia de Sulfato Básico de Aluminio (BAS):

En el estudio sobre Cálculos de producción, especialmente en lo de Preinversión para la industria del Aluminio, realizados por los técnicos de la Naciones Unidas figuran los resultados para una planta mínima de 60.000 Toneladas/año además de otras para 100.000 T./a; 165.000 T./a y 330.000 T./a de producción de Alúmina partiendo de minerales típicos de Bauxita de alta calidad. Hume y Milia, para la gestión del expediente antes mencionado, han realizado el mismo trabajo para 30.000; 68.000 y 150.000 Ton/año pero partiendo de las Tierras Rojas de la Provincia de Misiones. Oportunamente se remitió al Consejo Federal de Inversiones un detalle de la Metodología adoptada para la determinación de los costos de Capital y de operación adoptando la sistematización de Holland, Watson y Wilkinson, la que será descripta en oportunidad de tratar los costos de Instalación y operación de los distintos procesos y establecer las condiciones óptimas para la explotación de la Alúmina.

Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos todos los métodos ácidos son rentables para producciones anuales de 15.000 Toneladas de Alúmina grado electrolítico a partir de minerales con bajo título y en especial si existe la posibilidad de recuperar los pigmentos de Titanio y de Hierro y el mineral férrico concentrado.

Precisamente, los ensayos realizados con el proceso con H_2SO_4 y producción intermedia de Sulfato Básico de Aluminio es el que proporcionó una información mas exacta y completa para llegar a esas conclusiones.

Los ensayos se realizaron con equipos discontinuos y en base a esos resultados se completaron los balances de Materiales y de energía. Sin embargo, los procesos ácidos, - y mas especialmente este- pueden ser adaptados para la utilización de reactores continuos to

talmente automatizados con lo que se elimina una incidencia de mano de obra especializada y el costo operativo baja acentuadamente. Este proceso puede ser llevado a esas condiciones especiales de trabajo aún para escalas relativamente reducidas, del orden de las 25.000 Toneladas/año de Alfa-Alúmina.

Las condiciones de temperatura y presión a que se realiza este proceso exigen la utilización de materiales muy sofisticados: aceros vidriados, revestimientos metalizados de Ti, Ta, o Zr, Aceros especiales resistente a ácidos, etc.- pero en cambio ofrecen la facilidad excepcional de operación, una enorme ductilidad para la producción de materiales aluminíferos para distintos usos, además de la Alúmina, sin necesidad de cambios y/o correcciones en los equipos, una mayor recuperación térmica y la mas elevada relación Producción/Volumen de equipos.

Cuando en este proceso se utilizan las resinas de intercambio iónico para eliminación de los restos de sales de Hierro para purificar las soluciones de Sulfato de Aluminio previamente a la Hidrólisis, se reduce el consumo de azufre, como ya se ha mencionado, y a su vez su consumo está compensado con el subproducto que se obtiene: Rojo Inglés para pigmento.

Sin lugar a dudas puede considerarse que es el proceso ácido mas desarrollado tecnicamente y el que ofrece la seguridad de una Alúmina grado electrolítico de mejor calidad. En la actualidad esta siendo ensayado por Francia, habiendo cumplido primero una etapa de planta piloto con capacidad de 1 Tonelada diaria, luego otra de veinte toneladas diarias y en la actualidad se está en el diseño de una planta industrial de 300.000 Toneladas en la que se utilizará materia prima de relativa calidad: Arcillas comunes de las que no se pueden extraer otros subproductos valiosos como en el caso de las Tierras Rojas.

16.3. 3. 4. 3.- Procedimientos con 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 Acido Nítrico de los gases de descomposición de las sales nítricas de Aluminio, no requiere materiales especiales y los mas aconsejables son altamente resistentes a la abrasión. Sus aspectos negativos residen en: La necesidad de contar con instalaciones especiales, lo suficientemente seguras como para evitar perjuicios a la salud del personal; la contaminación del ambiente por los gases de escape de la planta y el mayor contenido en Hierro de la Alúmina final.

Tambien puede observarse una mayor dificultad en el control del proceso como consecuencia de la influencia que producen las variaciones de otros óxidos-especialmente los de Hierro- sobre la reacción principal. Indudablemente es el que menos seguridad ofrece para llegar a mantener la Alúmina exenta de trazas de Hierro lo que tiene mucha importancia cuando se la debe destinar a la producción de Aluminio por el método Hall.

16. 3. 4.- Métodos Pirometalúrgicos:

El tratamiento de minerales ferrosos de bajo o mediano título se encuentra actualmente en pleno desarrollo como consecuencia del agotamiento los yacimientos que contenían altos porcentajes del metal. También ha influido la escasez de carbón de piedra coquificable que, además, no solo ha alcanzado precios sumamente elevados, sino que su abastecimiento es 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 Aluminio-, la solución ha llegado en forma mas simple y se tiende a la separación de estos como escorias de alto valor, ya sea como cementos o por su tratamiento posterior por procesos hidrometalúrgicos como los antes mencionados, quedando el Hierro metálico como producto principal.

Los nuevos conceptos para la explotación de estos mine-

rales,mas o menos pobres en Hierro,se basan en la utilización de carbones de bajo precio,-o de lignito carbonizado- y fundentes adecuados para producir el Hierro fundido y una escoria cementable o facilmente atacable por los ácidos.

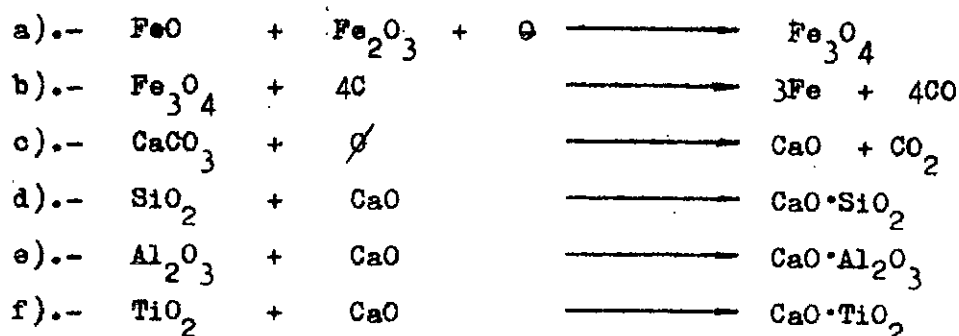
Los óxidos férricos y ferrosos son reducidos de esta manera en forma parcial por el Carbón en una primer etapa en un intercambiador que puede ser un crisol especial o un horno rotativo pasándolos aproximadamente en un 60 % al estado de Magnetita y peletizándose el resto con formación de algunos compuestos del tipo de Carburo de Hierro. El Carbón y el Oxido que no se han combinado,pasan junto con la Sílice,Alúmina,Titanomagnetita y Calcita (Carbonato de Calcio) -que es el fundente mas adecuado para este proceso-,y el Oxido del Calcio (CaO) a un tipo de horno eléctrico,o convertidor con inyección de Oxígeno,en el que la reacción se completa. En el caso del Horno eléctrico se utiliza el arco sumergido,pero con cualquiera de ellos la calidad final del lingote es muy buena aun cuando debe reconocerse la superioridad de este equipo. De acuerdo con publicaciones recientes,instalaciones basadas en este proceso trabajan eficientemente,llegando a producir aceros de calidad. Quizá se dan dos razones poderosas para su éxito: Bajo costo de instalación,pues son rentables aún para bajas producciones,y bajo costo de manipulación.

Los gases del horno,constituidos entre un 45 y un 60 % de CO ,pasan al Horno rotativo donde,en contracorriente,van concretando la precarburation y luego el calentamiento de la mezcla de Mineral,Carbón y Fundente que entra así al Horno eléctrico ya a una temperatura de 700°C . Los gases del intercambiador u horno de precarburation se han enriquecido en CO y se queman en una caldera especial para la producción de vapor de alta presión destinado a generar electricidad.

Dentro del Horno eléctrico,(o del convertidor en su caso) se produce la reduccion total de los minerales de Hierro y la for-

mación 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:



Los productos de las reacciones d), e), y f) forman entre si complejos que constituyen la escoria fundida. Además de las mencionadas se producen otras reacciones intermedias y secundarias a las que no es necesario hacer referencia aquí.

El Carbón se agrega en una proporción equivalente al 125 % de lo que se necesitaría estequiométricamente y tiene por objeto, además de la reducción de los óxidos de Hierro, mantener dentro del horno rotativo de precarburação un ambiente reductor y una temperatura adecuada de alrededor de 700°-800°C (cerca al rojo sombra). Esta temperatura debe ser mantenida entre ± 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°-1.700°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 escoria fundida. 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, substituyándolo por un tipo de convertidor con inyección de Oxígeno básico, el porcentaje de Carbono a utilizar debe llevarse al 160 % del necesario teóricamente, teniendo en cuenta la calefacción del equipo.

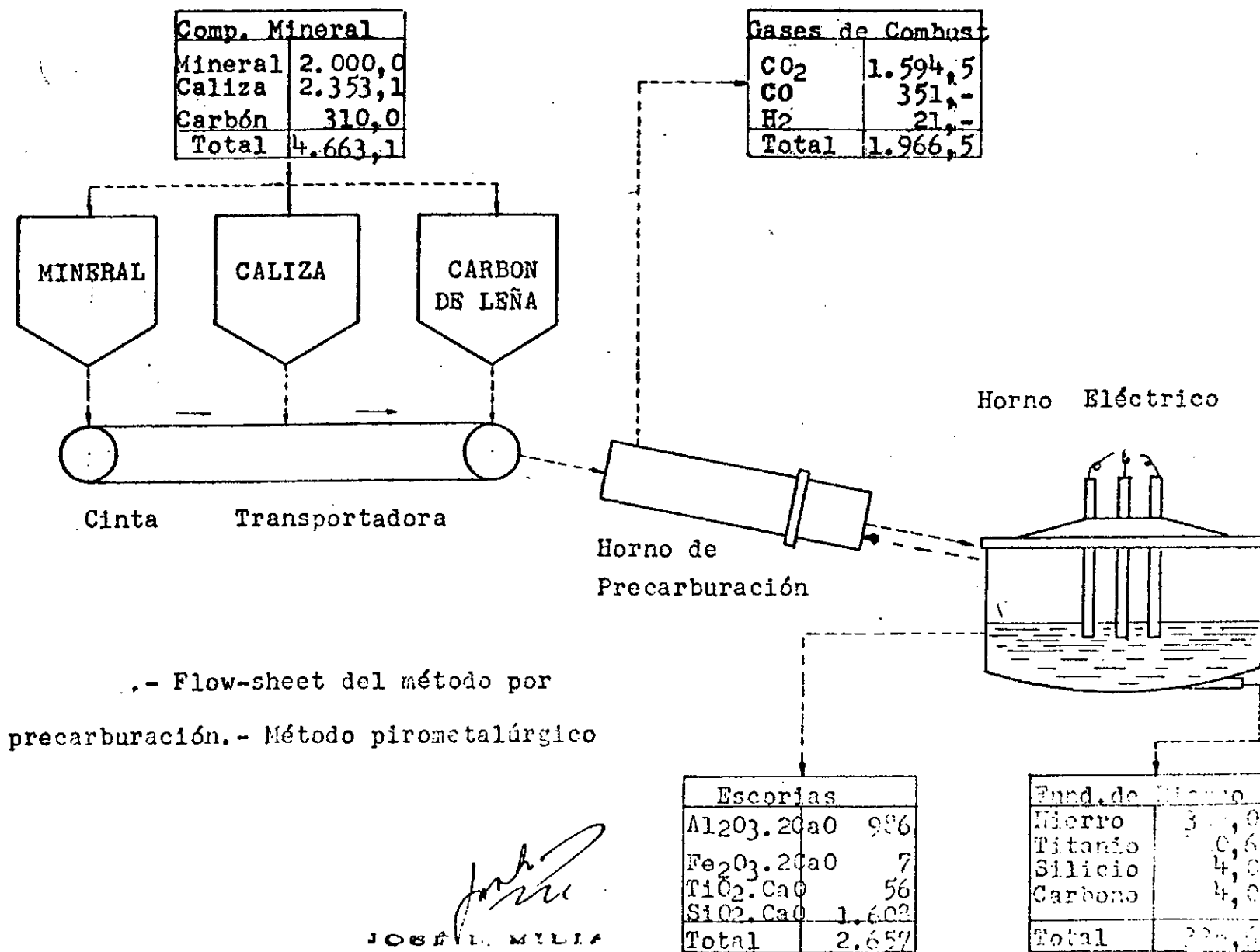
La inexistencia en el país de equipos como para armar una pequeña planta piloto, ha limitado los ensayos a su realización a escala de laboratorio, trabajando con 100 grs. de mineral, 120 Grs. de marmol molido y 50 grs de carbón que se colocaron en un crisol refractario calentando a 700°C durante 3,5 horas, posteriormente se pasó el crisol a una fragua en la que la temperatura alcanzó al 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 Grs de escoria. Esta se trató con H_2SO_4 al 50 % a 115°C durante 2 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 canadiense se ha confeccionado un Flow-Sheet del proceso 16.3.4.1. (Pag. 154) y un balance de materiales 16.3.4.2. (Pag. 155) 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 planta hidroeléctrica vecina al yacimiento y a la planta, puede trabajarse aún en producciones de hasta 3 Ton./día como límite inferior económico. Aunque una planta muy eficiente, desde cualquier punto de vista deberá estar dentro de una capacidad de producción de 10 Toneladas por día o 3.500 Toneladas/año.

Para asentar estas opiniones se ha contado con informaciones, especialmente sobre plantas en base al Proceso DORED de Stora-Kopaberg A.B., como así también de Siderúrgica Belgo-Mineira S.A. en Mon



José L. Milia
 JOSÉ L. MILIA
 INGENIERO QUÍMICO

Fig: 16-3-4-1

Mineral 2000

Mineral	
Al ₂ O ₃	740
Fe ₂ O ₃	742
TiO ₂	34
SiO ₂	840
H ₂ O	184
Total	2.000

Gases de Combust.	
CO ₂	1594,5
CO	351,0
H ₂	21,0
Total	1966,5

Carbón mad 310

Caliza 2.353,1

HORNO DE PRECAL.

Gases de 1966,5
Combust.

Carga del Horno	
Al ₂ O ₃	470,0
Fe ₂ O ₃	472,0
TiO ₂	34,0
SiO ₂	840,0
Caliza	2.353,1
Carbón	
Total	4.479,1

Gases	
CO	65,0
CO ₂	2044,-
Total	2109,5

Oxígeno 297

HORNO ELECTRICO

Fundic. de Hierro	
Hierro	328,0
Titanio	0,6
Silicio	4,0
Carbono	4,0
Total	336,6

Escorias	
Al ₂ O ₃ .2CaO	986
Fe ₂ O ₃ .2CaO	7
TiO ₂ .CaO	56
SiO ₂ .CaO	1.608
Total	2.657

Escorias 2657

Fund. de 336,6
Hierro

4960,1

.-Balance de Materiales

4960,1

— Línea principal.
-+-+ Escorias

--- Gases
— Gas de agua

Fig:16-3-4-2

JOSE L. NIEZA
INGENIERO QUIMICO

levade (Brasil) y de la Sociedad Siderúrgica de Chimbote S.A. SOGESA, en Chimbote (Perú), han permitido, en la misma forma que para los procesos hidrometalúrgicos, establecer plantas tipos que pueden ser ampliadas de escala (scaling-up).

El límite mínimo ha sido estimado para una planta en la que la capacidad era suficiente como para cubrir el costo de producción, lo que correspondería a una producción de 3 Toneladas por día de hierro en lingotes (1.000 Ton./año) pero la planta comienza a ser bien redituable cuando el proceso alcanza a 10 Toneladas/día (3.500 Ton./año). Esto ya se mencionaba por Jeffrey Jackson en un artículo "Steel in Latin America" publicado el 1° de Abril de 1965 en New Scientist en el que se hacía notar la importancia de disponer de Carbón de madera para la producción de Hierro en base a minerales de bajo título.

De acuerdo con el balance de Pag. 155 (16.3.4.2.) el funcionamiento con el Horno eléctrico se resume así:

<u>ENTRADAS</u>		<u>PRODUCTOS</u>	
Mineral	Ks 2.000	Hierro maleable	Ks 337
<u>Insumos:</u>		Vapor	" 18.000
Caliza	" 2.353	Alúmina	" 320
Carbón	" 310	TiO ₂	" 34
Electrodos	"		
0,04 Ks Elec./Kg. Fe	" 14		
Energía eléctrica:	kWh 2.000		
6 kWh/Kg. Fe			

El proceso es indudablemente factible con las Tierras Rojas de la Provincia de Corrientes y en especial con las de las zonas con alto tenor en Hierro con vistas a la producción de Hierro maleable en lingotes pero debe ser completado con el proceso adecuado para la obtención de Alúmina y del Bióxido de Titanio a partir de la Escoria; el panorama que ofrece es sumamente interesante y posiblemente es la

solución mas efectiva para la explotación de estos minerales.

16. 3. 5.- Otros métodos:

En la actualidad se utiliza para ese tipo de minerales del N.E. de la Provincia de Corrientes el proceso de Reducción Directa pero para ello es necesario encarar el proyecto a una escala tan grande y con disponibilidad de enormes volúmenes de combustibles gaseosos (gas natural o 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.

16. 4.- INTERPRETACION Y VALORACION:

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 experimentales, aunque conocidos, no habían sido aplicados industrialmente sobre las Tierras 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.

17.- PLAN DE EXPLORACION.

17. 1.- Zonas factibles de ser exploradas y explotadas:

De acuerdo con el contrato se establecía que correspondía explorar una zona que estaba ubicada entre los Esteros del río Aguapey, el río Paraná, el límite con la Provincia de Misiones y el río Uruguay hasta las inmediaciones de la Ciudad de Santo Tomé.

Los trabajos se realizaron utilizando los equipos de toma de muestra establecidos. 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° 17.1.1. (Pag. 159) que corresponde a la muestra n° 73 (Ubicación D-9) en que se perforó hasta 1,2 ms. donde comenzó a aparecer la roca pero se pudo establecer que el manto tenía un espesor de 17 metros.

En total se llegó a 529 extracciones, realizándose un promedio de 24 tomas de muestra 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 17.1.2. (Pag. 160) es una fotografía tomada en la ubicación de la muestra n° 145 (Ubicación C-11) 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, la roca semidescompuesta. La calidad del manto útil en este caso, era excepcional (24,6 % de Al_2O_3 ; 22,5 % de Fe_2O_3 y 1,8 % TiO_2), corresponde a la zona ubicada sobre el camino paralelo a las vías férreas entre Gobernador Virasoro y Curuzú. No obstante, basta comparar estas dos fotografías (17.1.1. y 17.1.2.) para observar la diferencia apre-



• 100 •

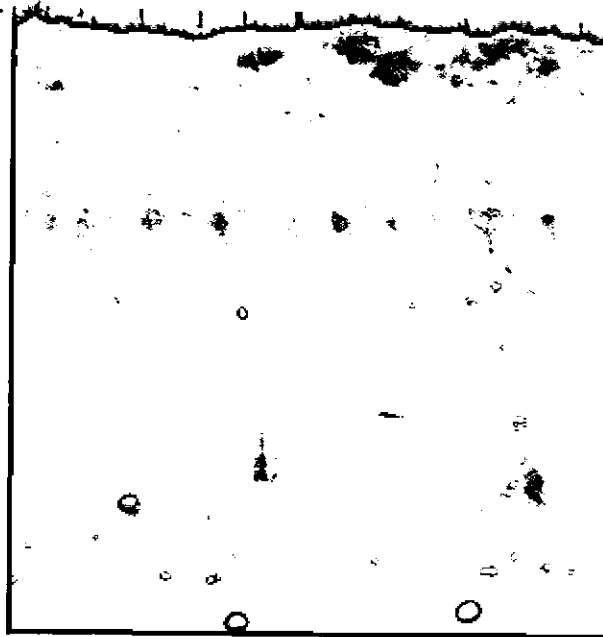


Fig. N° 17. 1. 1.- Ubicación D-9- Lugar de extracción de la
muestra N° 73

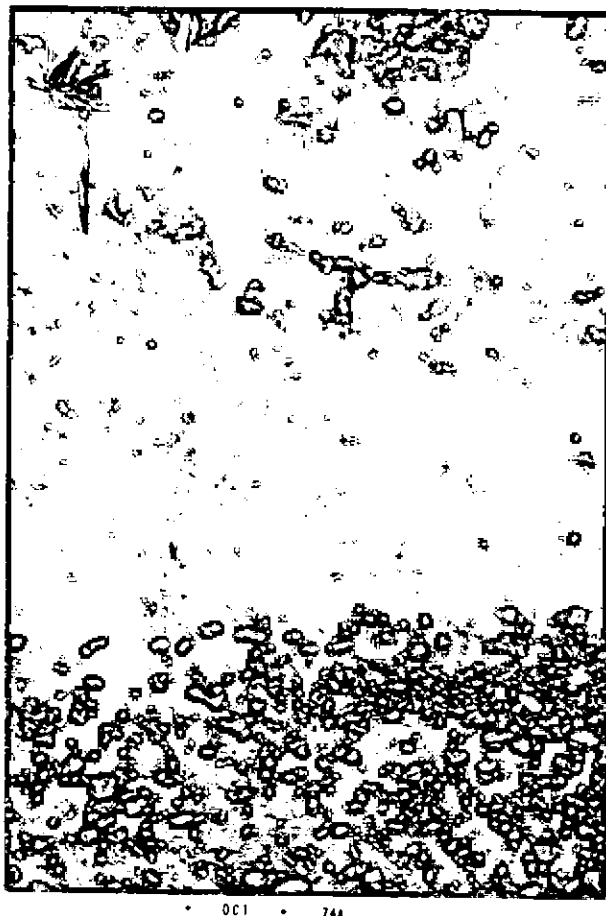


Fig. N° 17. 1. 2.- Muestra N° 145.- Ubicación C-11.-Corte de Tierra
Roja en el Camino de Gobernador Virasoro a Curuzú

ciable en la homogeneidad del material, mucho mas rojo y constante en la primera.

En muchas ocasiones se realizaron perforaciones en zonas como las que representan la Fig. n° 17.1.3. y n° 17.1.4. (Pag. 162).

Generalmente tenía un manto de tierra negra o vegetal de 15 a 20 cms. En algunos casos la perforación arrojó materiales como los de la Fig. 17.1.3. en el que aparece la Tierra Roja en pequeña proporción, mezclada con piedra poco descompuesta o de composición correspondiente a otra zona. En la Fig. N° 17.1.4. puede verse una situación similar pero el manto de roca degradada es menor y aparece en la base 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 las 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 ms. de espesor formado por una mezcla de 75 % y 25 % de roca y Tierra Roja aproximadamente. La segunda corresponde a zonas ubicadas al S.E. de Gobernador Virasoro: 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 ms de espesor y finalmente el meláfiro rojo característico de la zona 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 y no fueron tomadas en cuenta para la estimación de reservas.

En determinados casos estas muestras establecieron la



Fig. N° 17. 1. 3.- Corte de Tierra cercano a Santo Tomé



Fig. N° 17. 1. 4.- Corte de Material de Tierra poco degradado

zona límite de explotación y cuando se encontraron dentro de zonas con sideradas explotables se dedujo la superficie que ocupaban.

Las muestras NO REPRESENTATIVAS corresponden a pozos de los que se extrajo un material aparentemente útil pero que aunque pasaban 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 el 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 n° 17.1.5. (Pag. n° 164) muestra objetivamente los tipos de tierra: 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 derecha a la Tierra Roja típica de alto valor. 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 de descomposición primaria como las de las fotografías N° 17.1.3. y 17.1.4. 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 muestras, sobre las que se hicieron ensayos.

Para las experiencias de laboratorio y pequeña escala piloto se extrajeron 6 bolsas.

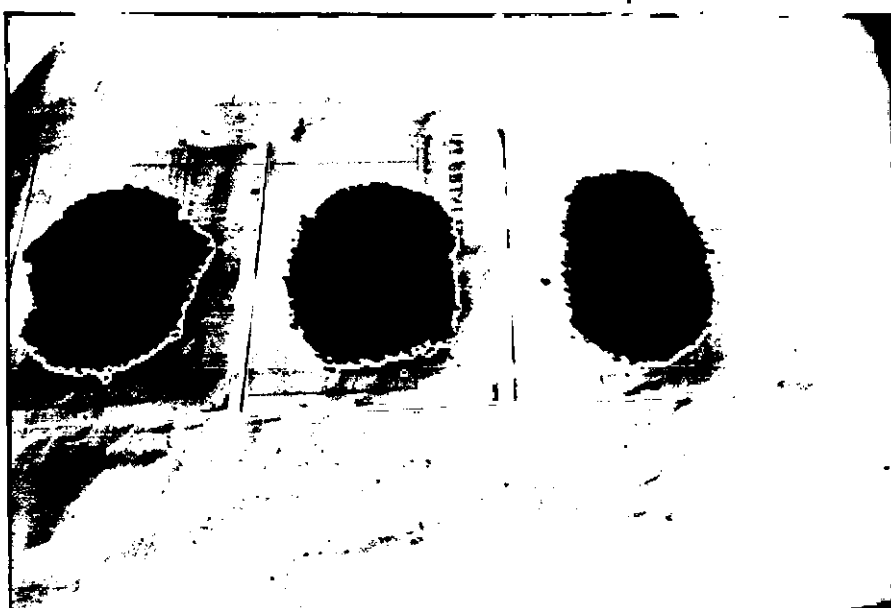


Fig. N° 17. 1. 5.- Tipos básicos de tierras extraídas

Con respecto a las muestras no representativas, como pue de observarse en los planos incluidos en la Segunda parte de este trabajo, se las extrajo generalmente en terrenos bajos y, excepcionalmente, en las cimas correspondientes a cotas altas, que no estuvieron defendidas de la erosión eólica. En este caso eran rocas disgregadas sin material que tuviese plasticidad (arcillas) que les sirviese de liga.

27.2.- Ubicación de las zonas iniciales de explotación:

Es indudable que existen varias zonas aptas para la explotación e industrialización 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 de mineral y de disponibilidad de un sistema mínimo de transportes que haga accesible la producción a los principales mercados de consumo en tanto se ubiquen en las vecindades las plantas industriales manufactureras (laminadoras, repujadoras, fundiciones, fábricas de pinturas, etc.). Este es un aspecto de importancia en los comienzos de esta, como de cualquier explotación industrial de materiales primarios pero que pierde su valor en el futuro a medida que se va creando un nuevo y propio mercado en industrias basadas en la disponibilidad de su producción.

También tiene importancia valorar las disponibilidades de abastecimientos en elementos industriales que aseguren el funcionamiento constante de la planta y los que sean necesarios para posibles reparaciones. También se debe tener en cuenta la posibilidad de abastecimientos de consumo para comodidad del personal que indudablemente deberá radicarse, además del existente, para el funcionamiento de la Unidad industrial.

Es necesario tener como base que para estos requerimientos de todo complejo industrial, sin tener en cuenta la instalación de otras industrias derivadas, se crean fuentes de trabajo para un prome-

dio de 6 a 8 personas por cada una que tiene trabajo efectivo 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 minerales, permiten hacer una primera aproximación en la ubicación. Aún teniendo en cuenta todos estos factores, será imposible encontrar el lugar ideal, es decir que llene todas esas exigencias. Pero los elementos que pudieran faltar o escasear, siempre serían compensados sobre la marcha y superados con amplitud.

De acuerdo con los resultados de los análisis, las perforaciones para las tomas de muestras y la observación personal (quizá esto lo mas importante) se ha podido determinar la existencia de un manto de Tierra Roja en las proximidades de Curuzú (o Pueblo Liebig) que cubre una superficie de 65 Kilómetros cuadrados aproximadamente y un espesor de por lo menos 6 metros. Dentro de esta zona se encuentran ubicados los pozos-muestras N° 65 a N° 88 en los que el título en Al_2O_3 es aproximadamente de 25 %; el de Fe_2O_3 de 20 %; y el de TiO_2 del 1,8% de promedio.

De acuerdo con estos porcentajes, puede establecerse que existe una reserva mínima de 390.000.000 de Toneladas de mineral que equivalen a 97.500.000 Toneladas de Alúmina pura; 78.000.000 Toneladas de mineral de Hierro con 80 % en Fe_2O_3 ; y 7.000.000 de Toneladas de Dióxido de Titanio.

Esta ubicación tendría la ventaja de estar sobre la línea férrea del Ferrocarril Gral Urquiza desde cuya estación Apóstoles podría construirse un corto desvío. Cuenta además de camino pavimentado y está cercana a poblaciones de importancia para su abastecimiento pero fuera de centros urbanos con lo que también puede preverse un esquema para el futuro desarrollo de la población.

Los procesos ensayados a pequeña escala piloto tienen una latitud suficientemente amplia en cuanto a la influencia de la ley

de los óxidos que integran el mineral sobre el comportamiento de los procesos. A los efectos de establecer los resultados de los distintos métodos de industrialización se optó por utilizar una muestra tipo descripta en la Página n° 86 con el fin de poder comparar los resultados.

La sugerencia de ubicar como explotación inicial la de la zona aledaña a Curuzú se basó en la calidad del mineral y la existencia de una infraestructura mínima, suficiente como para poder 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 consideró 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 entonces 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 (SiO_2), Alúmina (Al_2O_3), Dióxido de Titanio (TiO_2) y Oxidos de Hierro (expresados en Fe_2O_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. Esto no sería necesario para procesos como el de Acido Sulfúrico con etapa intermedia de B.A.S. que debe considerarse exhaustivamente estudiado.

El trabajo realizado alcanza mucho mas que una prime-

ra aproximación y el trabajo mencionado en el párrafo anterior ya debería considerarse un estudio básico definitivo para una posterior instalación de una planta industrializadora. Esto se aplicaría en especial para una eventual planta para la obtención de Hierro por precarburation.

El plazo de realización de ese programa sería, siempre referido a la zona en las inmediaciones de Curuzú, el siguiente:

	<u>Días hábiles</u>
Perforación pozos y toma de muestras	40
Análisis de las muestras	60
Confección mapas de ubicación y perfiles	40
Redacción del informe	<u>20</u>
Total de esta etapa	<u>160</u>
Realización de ensayos a 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 de esta etapa	390

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 Hierro del Rojo al Pardo negro, con elevada rentabilidad aún a una producción tan reducida.

En el programa de instalación de la planta piloto no se ha incluido el tiempo de construcción de la planta por resultar imposible hacerlo sin disponer de los planos correspondientes.

En base a la realización de un trabajo de esta naturaleza podrían intensificarse las informaciones sobre las otras zonas mencionadas anteriormente y a otras a ubicar de acuerdo con la calidad ob-

tenida en este trabajo.

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 vecinos de la zona.

Las otras tres zonas que se mencionaron son tan valiosas desde el punto de vista de la calidad del mineral como la de Curuzú. Si se optó por esta como ubicación de la planta inicial es porque dispone de mayores facilidades y está cercana a los lugares de aprovisionamiento de materiales y accesorios y cuenta, además, con la facilidad del transporte por Ferrocarril o por camión.

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

Esas otras tres zonas, que ya se han mencionado y son, desde el punto de vista técnico fácilmente explotables, se encuentran ubicadas: La primera dentro de la zona (2) de la plancheta de ubicación de las muestras; la segunda en los alrededores de San Carlos y la tercera sobre el camino que une Gobernador Virasoro con Garruchos. Esta última tiene la posibilidad de poder utilizar un dique en estudio que podría proveerla de energía eléctrica. Para las otras dos se sugiere el estudio del aprovechamiento hidroeléctrico del río Aguapey al que se hará referencia mas adelante..

17. 3.- Forma de explotación del yacimiento:

Por tratarse de un yacimiento explotable a cielo abierto la extracción resulta sumamente económica. Deberá comenzarse por la extracción del destape de tierra vegetal en espesores variables entre 30 y 75 cms la que se acumulará para re-
tornarla una vez extraído el total de mineral. La extracción de la

Tierra Roja puede hacerse por medio de motopalas que la lleven directamente a la planta industrializadora lo que exige una inversión apreciable en equipos que se amplía a medida que el lugar de donde se saca el mineral queda mas alejado de la alimentación del proceso, aunque el costo operativo es bastante bajo. También puede hacerse este trabajo con palas mecánicas o con draga a canchilones que desoargan el mineral a camiones que lo transportan a la fábrica. Este sistema exige una menor inversión, sobre todo si se contrata este transporte pero en estas condiciones puede ser algo mas costoso.

También puede contemplarse la posibilidad de utilizar vagonetas decauville movidas por cables con trochas entre 770 a 1000 milímetros con cajas tolvas de descarga automática, que son cargadas por una draga a canchilones o una pala mecánica. Este sistema tiene una inversión mas elevada pero ofrece la ventaja de una amortización muy larga, bajo costo de mantenimiento y operación y muy reducida mano de obra, factores que se acentúan en la medida que se aumenta la capacidad de trabajo de la planta.

El problema del transporte en la etapa inicial tiene una importancia relativa pues debe partirse de la suposición que se comenzará a extraer el mineral en lugares próximos a la ubicación de la planta industrializadora.

18.- PLAN DE EXPLOTACION INDUSTRIAL.

18. 1.- Ubicación de los centros de explotación:

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

Debe entenderse que el N.E. del país, dentro de cuya superficie se encuentran las Tierras Rojas de la Provincia de Corrientes es, potencialmente, una de las zonas mineras mas ricas de la República

Argentina pero que no existe en ella todavía un criterio de explotación minera y mucho menos de industrialización metalúrgica. Y esa forma de pensar es necesario formarla para que la explotación la hagan, en lo posible sus propios pobladores o por lo menos participen activamente en ella.

En primer lugar es necesario convencer que la extracción del mineral no significa una política de "tierra arrasada". Los residuos de fabricación se vuelcan nuevamente sobre el terreno donde se realizó la extracción y pueden ser mejorados mediante el agregado de elementos de los cuales carecen las Tierras Rojas. Sobre ellos se vuelca el destape de tierra vegetal no utilizada 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 le corresponderá al Estado, y en especial al Gobierno Provincial, 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 la instalación de plantas privadas. En este caso se deberá tener en cuenta el efecto multiplicador de la riqueza y de los ingresos públicos y privados que tiene la industria en general y la minero-metalúrgica en especial.

En este tipo de explotación, los procesos de industrialización son perfectamente conocidos y han sido experimentados total o parcialmente. La Hidrometalurgia como la Pirometalurgia no solo no ofrecen problemas a los técnicos especializados sin que, al nivel en que se desarrollan permiten que cualquier nueva concepción técnica sea asimilada inmediatamente por los establecimientos en funcionamiento que los asimilan a los procesos en uso y les permite superar el riesgo de la obsolescencia de sus equipos. Lo que es difícil en la industria mi-

nera es afrontar lo que se designa específicamente como riesgo minero que está representado por el riesgo de agotamiento o terminación de un yacimiento. Esto existe en el caso de vetas dentro de materiales rocosos, en los filones y aún en los placeres en zonas montañosas. Este no es precisamente el caso de las Tierras Rojas donde ha sido relativamente simple determinar en forma inequívoca la reserva disponible y establecer en forma definida su valor.

En estas condiciones es mas fácil la acción del Estado utilizando como instrumento el crédito a las nuevas explotaciones y las ventajas impositivas (que se recuperan en forma de impuestos indirectos) ya que los riesgos de esas inversiones 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 mencionados, no solo compensan los perdidos por beneficios de exención sino que por acumulación son muy superiores a los que esas tierras pueden producir en las condiciones corrientes.

Existiendo ventajas para la instalación de estas plantas industriales, la ubicación de las mismas se va a ajustar 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 ubicación mas acertada puede estar en el lugar mencionado inicialmente en las inmediaciones de Curuzú para una planta industrializadora de Tierra para la obtención de Alúmina. Pero en el caso de utilizar procesos Pi-

rometalúrgicos, llegando inicialmente a la producción de Hierro metálico y a obtener de la escoria los otros productos, entonces la ubicación adecuada estaría en las inmediaciones de San Carlos donde es mayor el contenido en Fe_2O_3 .

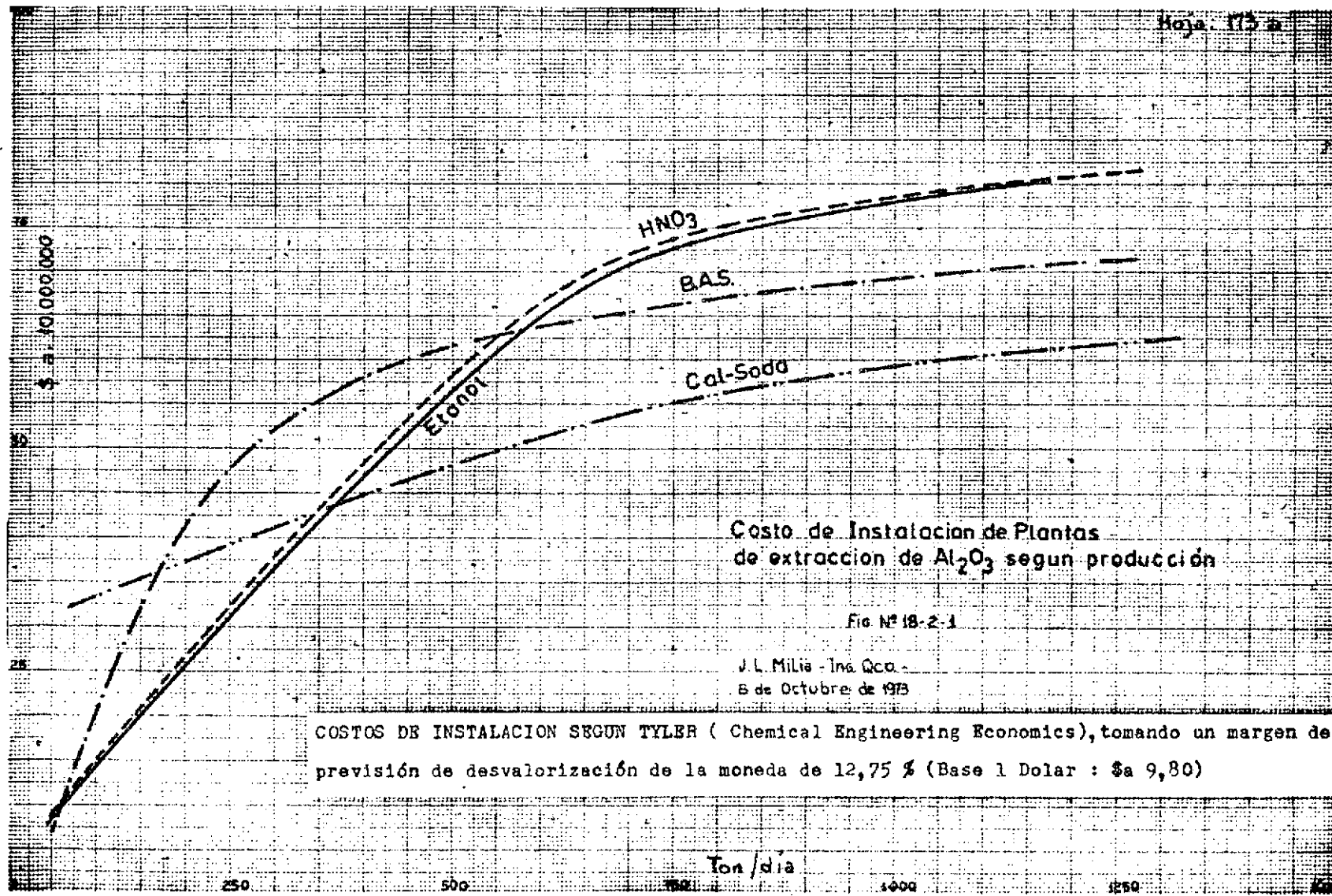
18. 2.- Métodos de industrialización sugeridos:

El método ideal para la industrialización de las Tierras Rojas sería producir Hierro metálico mediante un proceso pirometalúrgico y aplicar a las escorias la extracción de los otros productos por procesos ácidos. En esas condiciones la inversión es muy elevada, pero lo indudable es 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 buena rentabilidad.

No obstante que este trabajo debía limitarse a una "primera aproximación" en cuanto a la determinación de las posibilidades de industrialización del mineral existente se consideró conveniente ir mas allá, profundizando el análisis de las condiciones que se presentaban para cada uno de los procesos analizados y estableciendo la factibilidad de producir Alúmina, Dióxido de Titanio y Mineral de Hierro estableciendo los costos de instalación y de producción.

No se consideró oportuno realizar esa tarea para el proceso de precarburation para la obtención de Hierro maleable en lingotes y sus subproductos, por no contarse con los parámetros necesarios para la determinación del costo de instalación lo que exigiría una mayor experiencia en planta piloto. Esto no significa que se tenga ninguna duda sobre la factibilidad del proceso, al que se considera, de cualquier manera, el de mas porvenir para el país por cuanto significaría actualizar el proceso de obtención de materiales siderúrgicos.

Todos los datos obtenidos mediante la metodología descrita mas adelante, han sido llevados a los gráficos N° 18.2.1. y

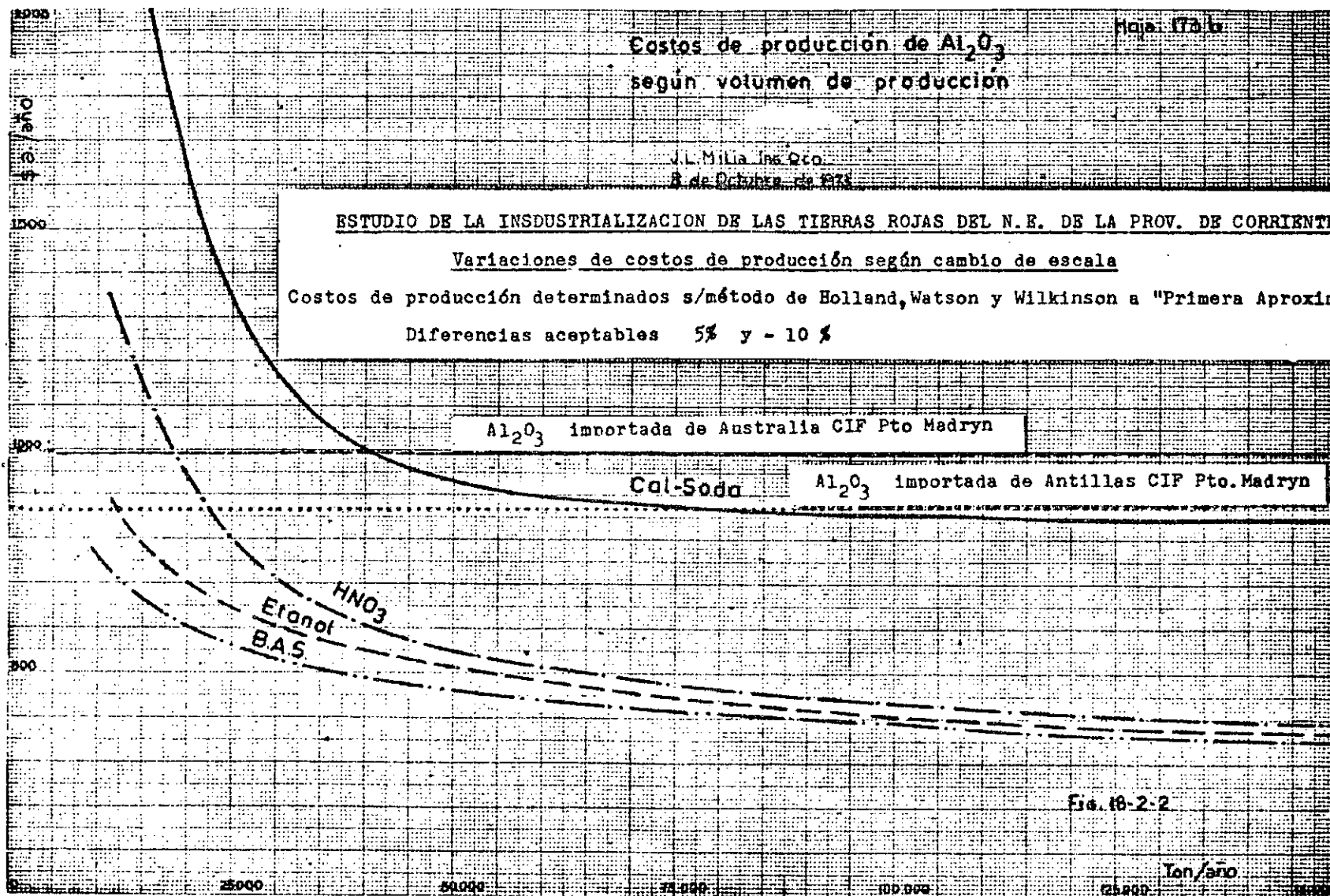


Costo de Instalacion de Plantas de extraccion de Al_2O_3 segun produccion

Fig N° 18-2-1

J.L. Millia - Ina Qco -
8 de Octubre de 1973

COSTOS DE INSTALACION SEGUN TYLER (Chemical Engineering Economics), tomando un margen de prevision de desvalorización de la moneda de 12,75 % (Base 1 Dolar : \$a 9,80)



174

18. 2. 2. que están basados en los resultados obtenidos en los ensayos decriptos y que tienen un margen de seguridad sumamente amplio, no solo por haber utilizado las condiciones de trabajo y los insumos en las condiciones mas críticas, sino también porque se previó la utilización de un mineral de muy baja calidad e inferior a los promedios normales. Si en su lugar se hubiese utilizado otra muestra, como la N° 21 por ejemplo, puede asegurarse que los costos de producción para la misma cantidad de producción de Alúmina en la planta se reduciría en un 25 % con respecto a los que se han establecido.

18. 3.- Metodología para la determinación de los costos de Capital y de Operación:

Parámetros utilizados en las determinaciones.

18. 3. 1.- Costos de Capital o Activo fijo:

- 18. 3. 1. 1.- Equipos básicos de procesos: Reactores, Tanques, Bombas, Filtros, Equipos de recuperación, Hornos, Crbitalizados, etc.
- 18. 3. 1. 2.- Gastos de montaje e instalación de los equipos básicos.
- 18. 3. 1. 3.- Cañerías de proceso.
- 18. 3. 1. 4.- Aislaciones.
- 18. 3. 1. 5.- Instrumentación.
- 18. 3. 1. 6.- Servicios auxiliares: Estaciones de producción de energía, Calderas, Instalaciones de acondicionamiento y provisión de agua, Depósitos de combustibles, Talleres, Laboratorios, Equipos de seguridad, etc.
- 18. 3. 1. 7.- Líneas exteriores: Cañerías exteriores, Soportes y postes de sustentación para cañerías y conductos eléctricos de distribución, etc.
- 18. 3. 1. 8.- Terrenos y mejoras para su utilización.
- 18. 3. 1. 9.- Edificios, estructuras y caminos interiores.
- 18. 3. 1. 10.- Honorarios en concepto de Ingeniería de proceso, Diseño

de la planta y dirección y supervisión de la instalación,
Puesta en marcha, etc.

18. 3. 1. 11.- Pagos a subcontratistas.

18. 3. 2.- Costo de Capital en giro:

18. 3. 2. 1.- Materia prima para la puesta en marcha.

18. 3. 2. 2.- Existencia normal (reservas) de materia prima y de productos intermedios y semiterminados.

18. 3. 2. 3.- Gastos de manipulación y transporte a y desde los depósitos.

18. 3. 2. 4.- Costo de control de existencias, depósitos, seguros vinculados, dispositivos de seguridad, etc.

18. 3. 2. 5.- Dinero disponible para concesión de crédito a los consumidores menos créditos a recibir de los proveedores.

18. 3. 2. 6.- Dinero para afrontar los pagos primarios al comienzo del funcionamiento de la planta.

18. 3. 2. 7.- Dinero disponible para emergencias.

18. 3. 2. 8.- Dinero efectivo disponible para la operación del proceso y de su comercialización.

18. 3. 3.- Parámetros para establecer el Balance de Ganancias y pérdidas y los costos operativos en un ejercicio completo:

18. 3. 3. 1.- Ventas totales en el año (Importe; precio unitario/kilogramo; por ciento sobre ventas).- A_S

18. 3. 3. 2.- Gastos directos de producción (Importe, valor unitario/Kilogramo; por ciento sobre ventas) A_{DME}

18. 3. 3. 2. 1.- Materia prima

18. 3. 3. 2. 2.- Mano de obra directa mas cargas sociales

18. 3. 3. 2. 3.- Insumos

18. 3. 3. 2. 4.- Supervisión del proceso

18. 3. 3. 2. 5.- Costos de servicios auxiliares.

18. 3. 3. 2. 6.- ~~Mantenimiento~~ y reparaciones.

- 18. 3. 3. 2. 7.- Repuestos
- 18. 3. 3. 2. 8.- Royalties y patentes
- 18. 3. 3. 3.- Gastos indirectos de fabricación. A_{IME}
- 18. 3. 3. 3. 1.- Sueldos de Dirección y Control (mas cargas sociales)
- 18. 3. 3. 3. 2.- Laboratorio y Control de calidad
- 18. 3. 3. 3. 3.- Administración y Supervisión general de planta
- 18. 3. 3. 3. 4.- Envasado y depósito
- 18. 3. 3. 3. 5.- Impuestos
- 18. 3. 3. 3. 6.- Seguros

- 18. 3. 3. 4.- Costo total primario de fabricación($A_S + A_{DME} + A_{IME}$)
- 18. 3. 3. 5.- Amortización A_{BD}
- 18. 3. 3. 6.- Otros gastos
- 18. 3. 3. 6. 1.- Gastos de administración y/o generales
- 18. 3. 3. 6. 2.- Despacho y ventas
- 18. 3. 3. 6. 3.- Comercialización
- 18. 3. 3. 6. 4.- Información técnica
- 18. 3. 3. 6. 5.- Investigación y desarrollo
- 18. 3. 3. 7.- GASTOS TOTALES A_{TE}
- 18. 3. 3. 7. 1.- COSTO ANUAL POR TONELADA
- 18. 3. 3. 8.- UTILIDAD NETA ANUAL, RENTABILIDAD BRUTA Y NETA.
- 18. 4.- ORIENTACION PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD:

Se

partió de los resultados de los ensayos que se han mencionado en este trabajo en estudio de factibilidad técnica de las Tierras Rojas del NE. de Corrientes y se los cotejó y comparó con los obtenidos para las de Misiones, determinándose 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 tuvieron en cuenta la información disponible, las cotizaciones recibidas y se recurrió a los folletos: "Cost of Process Equipment" e "Instaled Cost of Corrosion".

Resistant Piping" de Ch.E.

18. 5.- FORMA DE DESARROLLARLO:

Estos estudios se desarrollaron por tres manos independientes, se cotejaron y finalmente se discutieron los resultados. Cuando hubo diferencias de mas del 15 % en algún valor se requirió información adicional y en base a ello se unificaron criterios.

18. 6.- ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESULTADOS:

Los resultados finales fueron graficados extrapolando hasta mas o menos 1.300 Tt./día y los resultados de los costos de instalación se compararon con los costos internacionales. En cuanto a los costos de producción se compararon con los que regían en el mercado a fines del año 1973 y en especial los establecidos para la adquisición de Alúmina para ALUAR en el Decreto respectivo, que han sido marcados con una línea punteada la producida en las Antillas y con una línea de trazos la producida en Australia. En ambos casos los precios son CIF Puerto Madryn.

Las conclusiones sobre la capacidad mínima a instalar dependerían principalmente sobre la posibilidad de consumo del país. De acuerdo con información tomada de la Dirección Nacional de Estadística y Censos de la Nación completada con la obtenida de los industriales que utilizan los productos que podrían obtenerse de las Tierras Rojas, el consumo del País hasta el año 1972 es el siguiente, entendiéndose por el año calendario:

	CONSUMO EN TONELADAS		
	Importación	Producción Nacional	Total
Alúmina	6.500	26.000 (x)	32.500
Bauxita	12.000	-----	12.000
Dióxido de Titanio	14.500	-----	14.500
Oores y pigmentos de Hierro (xx)	500	16.000	16.500

Debe tenerse en cuenta que en lo computado como Alúmina

de producción nacional (x) incluye principalmente algunos caolines lavados que no corresponden exactamente a esa definición. En lo que se refiere a ocres y pigmentos de Hierro de importación, debe considerarse que no expresa la verdadera cantidad pues depende de la designación es pécifica que se les da, que ocasiona su clasificación en múltiples rubros distintos.

Si se tienen en cuenta estos valores en lo que hace a las necesidades del país, deben ser considerados como cifras mínimas. Por ejemplo, en el caso de la Alúmina es necesario consignar que los fa bricantes de materiales refractarios y cerámicos están recurriendo a productos de inferior calidad ante las dificultades para su importación está recurriendo a otros de origen nacional de inferior calidad o que deben ser costosamente concentrados o purificados.

El Dióxido de Titanio ha alcanzado ultimamente precios sumamente elevados (hasta \$ 75.000 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 los \$ 7.000 la Tonelada. Con todo este precio en el País es inferior al precio internacional que, para el Rojo de Málaga es de u\$s 900.- (\$ 9.000 la Tonelada al cambio oficial) por lo que si se produce a precio adecuado podría tener mercado, muy interesante en la exportación.

También en el caso de la Alúmina existe posibilidad de exportar ya que la situación de este producto ha tomado las mismas características que el mercado petrolero. Los yacimientos mas grandes de Bauxita se encuentran en Africa y en las Antillas, en países considerados como recientemente liberados o subdesarrollados, que están tratando de obtener precios mas elevados por su mineral y para ello han formado una unión de productores cuya primer actividad ha sido establecer un aumento bastante grande y anunciando otros futuros. Esto ha obligado

a los grandes consumidores de Aluminio a estudiar nuevos procesos en base a nuevas materias primas autóctonas. Tal es el caso ya mencionado de las plantas en Francia en base a procesos ácidos y los estudios realizados en los Estados Unidos por el Bureau of Mines, Aluminium Corporation of América, Reinhold Aluminium Company, etc. y en Canada por Aluminium Company of Canada (ALCAN) en base a esos mismos procesos y a otros que recién se encuentran en la fase experimental.

En lo que se refiere a la relación de la producción posible de Alúmina con respecto a la planta productora de Aluminio en Puerto Madryn, deben tenerse en cuenta algunas situaciones: En primer lugar la empresa ALUAR, según el contrato propuesto por COPEDESMEL, está obligada a comprar en el país por lo menos 50.000 toneladas de Alúmina Grado electrolítico por año al mismo precio CIF Puerto Madryn que le cuesta la Alúmina del mismo tipo importada; debe agregarse que de acuerdo con la Ley COMPRES ARGENTINO debe dar preferencia a las materias primas de producción nacional y finalmente que, en la situación actual del mercado internacional, difícilmente podrá adquirir Alúmina a un precio inferior a la que se pueda producir en el país, puesto que al aumento en el precio antes mencionado debe agregarse la dificultad en conseguir bodegas y el aumento en el costo de los fletes que en fuentes informadas sobre transporte marítimo estiman que aumentarán para Junio de 1975 en un 75 % con respecto a la misma fecha de 1973. Esto significará que el costo aumentará mas de lo previsto y paralelamente lo hará el del metal.

La producción de Alúmina en el N.E. de la Provincia de Corrientes permitiría la producción de Aluminio a muy bajo costo ya que se economizaría el flete de la Alúmina y se contaría con energía eléctrica muy barata como sería la producida por los diques de Apipé-Yaciretá, Corpus y otros que están en estudio en la zona. También sería mucho mas económico poner el metal en pleno centro de consumo: Buenos Aires, Rosario, Santa Fé, Córdoba, etc.

19.- ESTUDIO DE LA INVERSION FACTIBLE MINIMA.

Esta etapa del trabajo ha sido realizada sobre los procesos hidrometalúrgicos tomando la base de los resultados graficados en 18.2.2. (Gráfico: Costos de producción según volumen de Producción) de los que se deduce que para los procesos ácidos en base a la producción intermedia de Sulfato Básico de Aluminio (B.A.S.) el mínimo rentable estaría representado por una planta que produjese 15.000 Toneladas anuales de Alúmina y las cantidades correspondientes de Dióxido de Titanio y Mineral de Hierro; Para el proceso con purificación por Etanol la capacidad mínima es de 25000 Toneladas/año en las mismas condiciones; y de la misma manera para el proceso con HNO_3 salvando el problema de la posible deficiencia de la Alúmina por su contenido en Hierro- ese mínimo estaría entre 35 y 40.000 Toneladas anuales.

Sobre el proceso Piro metalúrgico se hicieron también determinaciones similares y se llegó a la conclusión que la planta mínima estaría limitada por una producción anual de 12.000 Toneladas de Hierro en lingotes a lo que habría que agregar el aprovechamiento de

19. 1.- Costo de instalación de una planta para la producción de Alúmina por procedimientos con H_2SO_4 y etapa intermedia de B.A.S.:

El

costo establecido para una planta de este tipo, expresado en los rubros por secciones principales es el siguiente:

Adquisición de tierras	\$	335.000
Edificios e instalaciones civiles	"	4.319.500
Equipos e instalaciones	"	6.720.000
Servicios de planta	"	210.000
Organización y puesta en marcha	"	1.250.000
Gastos financieros durante la instalac.	"	<u>270.000</u>
Total de Inversión Fija	\$	13.104.500

Capital para <u>giro comercial</u>	\$ 1.895.500
Capital o <u>Inversión Total</u>	\$15.000.000

19. 1. 1.- Costos de Administración y Comercialización:

Con el criterio establecido de una planta mínima de 15.000 Toneladas de Alúmina por año (3.3.1.) o de 12.000 Toneladas de Hierro en lingotes por año, se ha establecido el costo de administración y comercialización por tonelada de cada uno de esos productos según el caso, que es el siguiente:

Administración y Gastos Generales	\$ 70.-
Mantenimiento de planta	" 28.-
Amortización de edificio y equipos	" 45.-
Intereses sobre créditos	" 65.-
Gastos de comercialización e imprevistos	" 70.-
Total	\$ 278.-

19. 1. 2.- Costo operativo para el proceso con H₂SO₄ y B.A.S.:

Materia prima

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

Insumos:

Asufre: 1.050 Tt. a \$ 240.- " 252.000.-

Resinas de Interc. (Estimado) " 150.000.-

Combustible:

Fuel oil 4.140 Tt. a \$ 500.- " 2.060.000.-

Energía Eléctrica:

160 kWh/día x 24 H. x 350 d. x \$ 0,15 " 181.600.-

Mano de Obra directa: (inc. Leyes sociales)

Total en el año(8 Tecn. y 60 Obreros) " 3.840.000.-

Total costo primario \$ 6.628.600.-

Costo primario por Tonalada:

\$ 6.628.600/13.960 Tt. \$ 474,80

Suma que pasa al Fº sigte \$ 474,80

Suma que viene del F° anterior	\$ 474,80
Gastos de administración y comercialización:	
Según 19. 1. 1.	" 278.--
Flete a destino	" 162.--
Costo Total	\$ 914,80
Menos recuperación de Subproductos:	
Eutiles: Por Tt. \$ 260.--	
Min. Fe: " " " 0,70	" 260,70
Costo neto por TT de Alúmina	\$ 654,10

19. 1. 3.- Precios de venta de la producción:

19. 1. 3. 1.- Alúmina:

No se ha querido tomar en cuenta el precio que pagan los fabricantes de material refractario y se prefirió tomar como base el del producto que deberá adquirir ALUAR que está exento de impuestos de importación; los precios se establecen en la moneda de origen (Dólares americanos) y el costo final se lo transforma a pesos argentinos (Ley 18.188):

Precio por Tt. FOB puerto antillano	u\$s 68.--
Flete a Puerto Argentino por Tmétrica	" 14.--
Gastos de descarga	" 2.--
Gastos de Aduana, etc. sin recargos	" 4.--
Costo total en puerto del Sur	u\$s 88.--
Equivalente al cambio actual de \$ 9,80/dólar	\$a 862,40

19. 1. 3. 2.- Ocre o Rojo Inglés:

El precio corriente de este producto destinado a la fabricación de pinturas es de: p/tt. \$ 1.900.--
Este es un valor sumamente conservador pues ya se ha mencionado que los precios reales llegan hasta \$ 7.000 por Tonelada puesto en fábrica. La adopción de una cifra tan baja tiene por objeto mantener el criterio eminentemente conservador en los cálculos que se realizan para pó-

der establecer la rentabilidad en forma totalmente indiscutible.

19. 1. 3. 3.- Rutilo (Dióxido de Titanio):

También este producto sería totalmente absorbido por las industrias de las pinturas y del papel. Su precio actual por Tonelada en depósito en Bs. As. es de \$ 6.000.-

19. 1. 3. 4.- Mineral de Hierro:

El mineral de Hierro se computa en base a su título en Fe_2O_3 (o en Fe metálico). Sobre la base del Oxido férrico para su utilización en Altos hornos puesto en el Puerto de San Nicolás es de \$ 19.500.- por Tt. para el tipo Victoria pero como el que se obtendría sería de un título de 80% el valor puede ser estimado en \$ 24.000.- Debe tenerse en cuenta que el Mineral residual de Hierro estaría totalmente libre de Azufre y Fósforo.

19. 1. 4.- Rentabilidad del proceso con H_2SO_4 y B.A.S.:

Calculado sobre el Capital o inversión total, teniendo en cuenta el costo de la Alúmina neto luego de deducir la recuperación de Rutilo y Mineral de Hierro de \$ 854,10 a lo que se debe deducir en concepto de Rojo Inglés (25 Kilogramos/Tt. de Al_2O_3) \$ 47,50 lo que representa por Tt. de Alúmina \$ 806,60 puesto puerto del Sur.

Total de las ventas:

\$ 862,40/Tt x 13.900 Tt./año	\$ 11.987.360
-------------------------------	---------------

Costo de producción:

\$ 606,60/Tt x 13.900 Tt./año	" 8.431.740
-------------------------------	-------------

Margen anual	\$ 3.555.620
--------------	--------------

Rentabilidad bruta anual sobre inversión total: 24 %

Debe hacerse notar que se ha hecho la estimación de la rentabilidad; además de utilizar datos eminentemente conservadores se previó en concepto de intereses sobre créditos \$ 65.- por Tonelada de Alúmina que al interés del 14 % representa una reducción de la inver-

184

si3n directa de \$ 6.000.000.- con lo que la rentabilidad es entonces:
 $\$ 3.555.620 / (\$ (15.000.000. - 6.000.000.))$ equivalen a 39,51 %

Tambi3n es importante tener en cuenta que estos valores utilizados para el estudio de rentabilidad han variado apreciablemente y los precios de los productos de importaci3n han aumentado mucho mas que los gastos por lo que los resultados de una planta de este tipo con una producci3n de solo 15.000 Toneladas/año es altamente rentable y por lo tanto factible.

La curva de costos de la Fig. 18. 2. 2. es algo superior a los costos reales pues se tuvieron en cuenta costos de comercializaci3n que no existen ya que las ventas son directas, ya se hagan dentro del pa3s o en el exterior.

19. 2.- Proceso con H_2SO_4 y cristalizaci3n en alcohol:

En el estudio de factibilidad de este proceso se adoptaron los costos de administraci3n y comercializaci3n que se fijaron en 19.1.1.

19. 2. 1.- COSTO OPERATIVO:

Gastos:

Materia prima: Mineral 80.000 Tt. a \$ 7,50 \$ 600.000

Insumos:

Alcohol etílico 40 T. " " 3.000 \$ 120.000

Azufre 120 Tt. " " 240 \$ 29.000 " 149.000

Combustibles:

Fuel oil mezcla 6.100 Tt. " " 500 " 3.050.000

Energía eléctrica:

1.360.000 kWh. " " 0,15 " 204.000

Mano de obra directa (incluido cargas sociales):

10 Técnicos y 56 obreros y peones " 3.852,000

Total costo primario \$ 7.855.000

Costo de producción por Tonelada de Al_2O_3 :

\$ 7.855.000/ 13.900 Tt.:año

\$ 565,11

Mas:

Gastos fijos y de comercialización

" 278.-

Flete a Puerto del Sur

" 162.- \$ 1.005,11

A deducir por recuperación:

Dióxido de Titanio

\$ 200.-

Mineral de Hierro

" 0,70

Rojo Inglés u Ocre

" 47,50 " 248,20

Costo neto por tonelada

\$ 756,91

19. 2. 2.- Rentabilidad del proceso al H_2SO_4 y purificación con Etanol:

En

las mismas condiciones que en el caso anterior, ya que lo que varía en estos procesos son los costos primarios manteniéndose prácticamente la misma recuperación de los subproductos, la rentabilidad del proceso está dada así:

Total de ventas:

\$ 862,40 x 13.900 Tt/año

\$ 11.987.360

Costo de producción:

\$ 756,91 x 13.900 Tt./año

" 10.521.049

Margen neto anual

\$ 1.466.311

Rentabilidad bruta anual sobre inversión total:

\$ 1.466,311 (Mna)/ \$15.000.000 (It) 9,8 %

Rentabilidad bruta anual sobre inversión sobre créditos probables:

\$ 1.466.311 (Mna)/ (15.000.000 It. - \$ 6.000.000 Cr.) 16,3 %

Es muy importante tener en cuenta que a pesar de haberse previsto una capacidad de producción de 15.000 Tt./año de Alúmina los cálculos solo se hacen sobre 13.900 Tt./año es decir que el rendimiento real sea solo de 92,7 % de los previsto. Esto se hizo también con el proceso que utiliza el B.A.S. como etapa intermedia.

Puede observarse en el gráfico de costos de producción que a medida que se aumenta la capacidad de la planta, baja el costo de producción acercándose al que se puede obtener con el método que utiliza el Sulfato Básico de Aluminio.

Puede decirse, con las reservas que se han hecho antes, que este proceso es factible a escala industrial para ser aplicado a las Tierras Rojas de Corrientes, tanto desde el punto de vista técnico como del económico.

19. 3.- Proceso con HNO_3 :

Aunque para este proceso el costo de instalación para limitadas producciones es inferior al del proceso en base al Sulfato Básico de Aluminio, manteniéndose al mismo nivel, -o casi aproximadamente- al del Etanol, pero en cambio el costo de producción, que para bajos volúmenes de producción es mas elevado, se va reduciendo hasta acercarse a los anteriormente mencionados. Debe tenerse en cuenta que al tomar una decisión sobre su adopción habrá que valorar los factores negativos que presenta.

19. 3. 1.- Costo operativo:

El estudio de costos que se transcribe se refiere exclusivamente a una planta para producir 15.000 Toneladas anuales como máximo, mas los subproductos del proceso, de la misma manera que para los procesos con H_2SO_4 antes mencionados.

Para el HNO_3 los costos operativos son los siguientes:

Materias primas:

Mineral	1.000 Toneladas a \$ 7,50	\$ 682.500
---------	---------------------------	------------

Insumos:

HNO_3 Conc.	1.410 Ton. a \$ 350.-	" 493.500
----------------------	-----------------------	-----------

Combustibles:

21.545 Ton. F. oil	a \$ 500.-	\$ 10.772.500
--------------------	------------	---------------

Suma que pasa al F° Siguiete		\$ 11.948.500
------------------------------	--	---------------

Suma que viene del F° anterior \$ 11.948.500.-

Energía eléctrica:

3.360.000 kWh a \$ 0,15 " 504.000.-

Mano de obra:

Igual que en el Proceso B.A.S. " 3.852.000.-

Total costo primario \$ 16.304.500.-

Costo de producción por Tt. de Alúmina:

\$ 16.304.500/ 13.900 Tt:año \$ 1.172,98

Mas Gastos fijos y de comercialización " 278.-

Flete a Puerto del Sur " 162.- \$ 1.612,98

A deducir por recuperación de:

Dióxido de Titanio \$ 380.-

Mineral de Hierro " 1,10

Rojo Inglés u ocre " 26,50 " 407,60

Costo neto por Tonelada \$ 1.205,38

19. 3. 2.- Factibilidad:

Se llega a la conclusión 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 condiciones muy cercanas a los costos de producción con el Proceso con H_2SO_4 y producción intermedia de Sulfato Básico de Aluminio. Si se superan los inconvenientes básicos de la calidad final y en la medida que se adapten los equipos para la recuperación del ácido nítrico, evitando las posibilidades de contaminación puede reducirse el costo de instalación pero para muy grandes producciones, arriba de 200.000 Toneladas/año de Alúmina, es superior al procedimiento con H_2SO_4 antes mencionado. Otro factor positivo es que a medida que aumenta la capacidad de la planta, mejora el rendimiento de extracción de Alúmina y bajan los costos de producción.

19. 4.- EVALUACION DEL PROCESO CAL-SODA.

19. 4. 1. -Costo operativo:

En la República Argentina tanto la soda cáustica como las diversas formas del Carbonato de Sodio son materiales críticos porque su producción es limitada y su consumo crece mas rapidamente que la instalación de nuevas plantas, por lo que directamente ya se presenta un problema que significa un escollo casi insalvable para su utilización. Sin embargo, se consideró conveniente realizar la evaluación de costos que se encuentra expresada en el gráfico 18. 2. 2. en el que puede deducirse que si bien puede llegar a producir Alúmina a precio inferior al de importación, el margen de utilidad recién aparecería para alrededor de 100.000 Toneladas/año pero sin llegar a ofrecer una rentabilidad adecuada.

Materia Prima:

Mineral : 60.000 Tt. a \$ 7,50	\$	450.000
--------------------------------	----	---------

Insumos:

Caliza 41.760 Tt. a \$ 160.-	"	6.681.000
------------------------------	---	-----------

Soda Solvay 22.230 T. a \$ 260.-	"	5.579.800
----------------------------------	---	-----------

Combustibles:

Fuel oil 16.950 Tt. a \$ 500.-	"	8.475.000
--------------------------------	---	-----------

Mano de Obra (Inc. Leyes sociales):

5 Técnicos y 40 obreros	"	2.088.000
-------------------------	---	-----------

Total costo primario	\$	23.473.800
----------------------	----	------------

Costo de producción de ton. de Alúmina :

\$ 23.473.800/ 13.900 Ton.:año	\$	1.688,76
--------------------------------	----	----------

Mas:gastos fijos y de comercialización	"	278.-
--	---	-------

Flete a puertos del Sur	"	162.-	\$	2.128,76
-------------------------	---	-------	----	----------

A deducir por recuperación de:

Dióxido de Titanio	\$	180.-
--------------------	----	-------

Mineral de Hierro	"	1,10	"	181,10
-------------------	---	------	---	--------

Costo neto por Tonelada	\$	1.94\$,66
-------------------------	----	-----------

El proceso Cal-Soda resulta inconveniente pues además de los factores de aprovisionamiento de materia prima el costo de la Alumina producida colocada en Puertos del Sur es mucho mas elevado que el de la importada.

19. 5.- TRATAMIENTO DE LAS TIERRAS ROJAS POR PRECARBURACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE HIERRO MALEABLE EN LINGOTES PARA UNA PRODUCCIÓN DE 25.000 Tt./Año:

19. 5. 1.- Consideraciones previas:

De acuerdo con el Flow-sheet y Balance de materiales de Figuras 16.3.4.1. y 16.3.4.2. (Pags 154 y 155) existe la factibilidad de orientar el proceso tomando como producto principal al Hierro en lingotes y pudiendo producir la escoria como subproducto, ya sea en la forma de un cemento algo superior al de Altos Hornos o tratándola por procesos con H_2SO_4 para la obtención de Alúmina y Dióxido de Titanio.

Este proceso tiene una ventaja muy apreciable que consiste en la posibilidad de aprovechar grandes cantidades de calor que pueden producir los gases de salida con alto contenido en monóxido de carbono (CO) para producir vapor de alta presión en calderas de gases residuales con la posibilidad de producir a su vez ,para una planta del tamaño de la prevista aproximadamente 8.500 KWh para una potencia instalada de 8.500 KW. y trabajando a presiones de 40 Kgs.cm⁻² a un costo en los bornes del generador de \$ 0,075/kWh como máximo.

El proceso puede trabajar indistintamente con el Horno eléctrico de arco sumergido o con un convertidor muy parecido al Bessemer. Cuando se trabaja con el horno eléctrico el consumo total de energía eléctrica del proceso es de 6 kWh/Kg. de Hierro en lingotes producido cuyo consumo estaría cubierto en base a la energía que se generase por esa recuperación mas, la provista por la red oficial. Debe tenerse en cuenta que en un futuro próximo se podrá disponer de

de energía eléctrica en amplia cantidad procedente de Yaciretá-Apipé que también será, indudablemente, de muy bajo precio ya que podrán evitarse complejidad y distancia en la transmisión.

Si bien se ha tomado como base para los costos de instalación 25.000 Toneladas anuales de producción de metal en lingotes ya que se contaba con una cotización directa de \$ 24.000.000 para la instalación de la planta por este proceso, es de hacer notar que es rentable en forma amplia una planta con capacidad para producir 40 Tt./día (15.000 Ton./año).

A fin de poder adelantar una base para un aprovechamiento integral del proceso y de los medios disponibles se han desarrollado dos procesos de aprovechamiento de la energía hidráulica aprovechando las condiciones del río Aguapey en base a ideas del Ing. R.C.Hume: Una está basada en la construcción de un dique y un canal que derivaría mas o menos $16 \text{ m}^3/\text{seg.}$ al río Paraná en cuya costa descargaría por una turbina acoplada a un generador produciendo aproximadamente un mínimo de 2.450 KW y otra, construyendo un dique y un canal derivador que, salvando la curva del río Aguapey, descargase aguas abajo en el cauce del mismo río con un salto aprovechable de 14 a 16 metros y una potencia instalada de alrededor de 2.500 KW. Este último anteproyecto no afectaría la ecología de la cuenca del río Aguapey, regulando simplemente el cauce y régimen del río y mantendría la posibilidad de conservar en producción continuada la zona de los bajos destinada a la explotación de ganado.

El costo de los diques, como los de las instalaciones para generación de electricidad y su control, no son elevados y el costo de la energía en los bornes del generador o del transformador de salida sería superior a \$ 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

la realización del primer anteproyecto cuyo plano esquemático corresponde a la Figura n° 19.5.1. (Página N° 192) mientras que la segunda, correspondiente a la Figura N° 19.5.2. (Pag. n° 193) no presentaría ningún inconveniente para su realización y los beneficios que produciría con la regulación del caudal del río compensarían ampliamente el costo del terreno necesario para la formación del embalse.

Debe tenerse en cuenta que ninguna planta de este tamaño sería rentable explotada por el Estado pero puede resultar sumamente rentable en el caso de que una empresa privada la construyese por la eliminación de la incidencia de los gastos de distribución, comercialización y cobranza.

Las condiciones del medio aseguran por lo menos el caudal medio previsto en base a las estadísticas de precipitaciones pluviales 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 en la zona otros ríos que podrían ser explotados adecuadamente para esos fines.

19. 5. 2.- Costo operativo:

Materia prima:

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

Insumos:

Carbón de madera	23.000 Tt.	a \$ 140.-/Ton.	"	3.220.000
Caliza	174.000 Tt.	" " 180.-/Ton.	"	31.000.000
Electrodos	12.500 Tt.	" " 800.-/Ton.	"	10.000.000

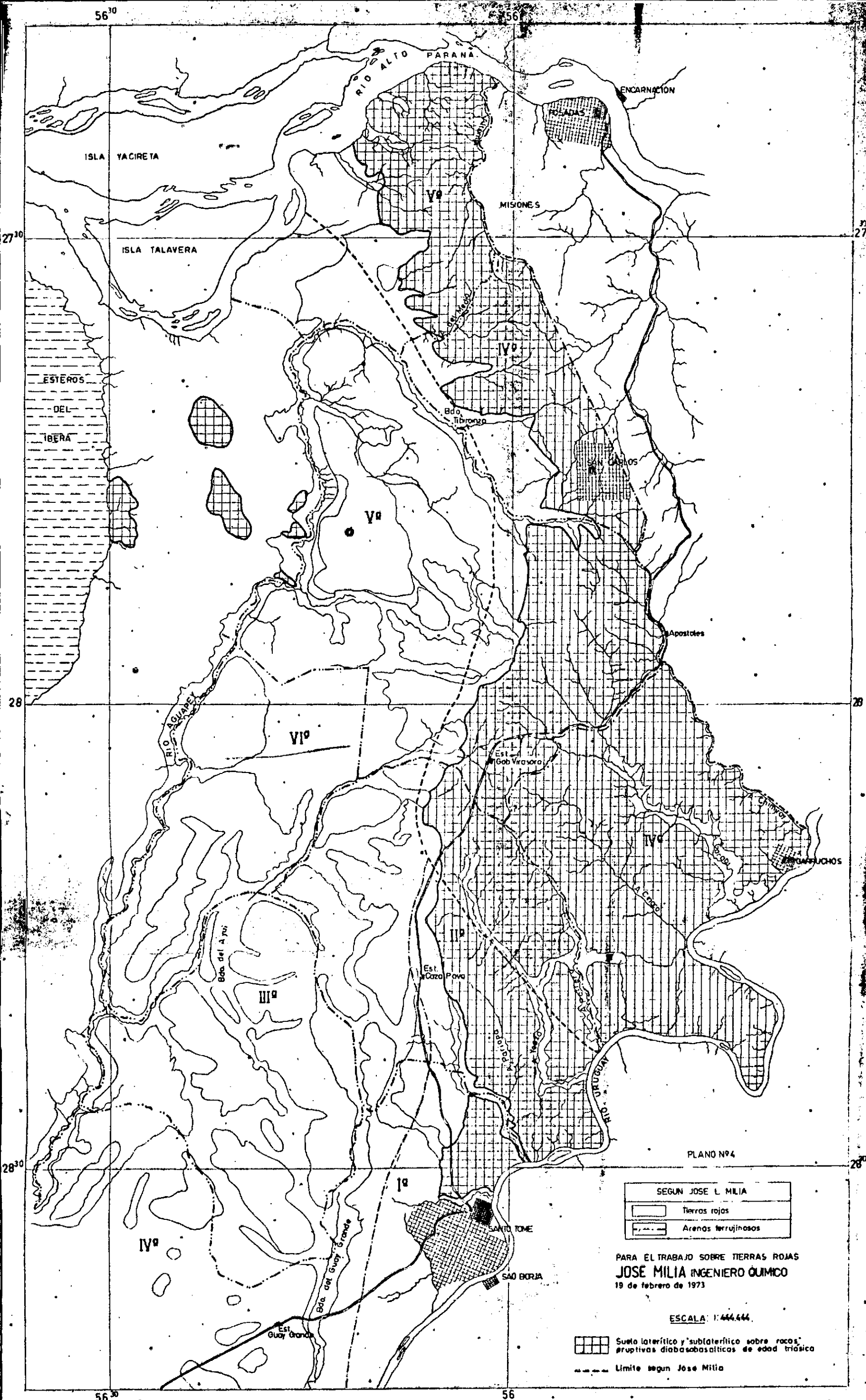
Energía eléctrica:

6 kWh/Kg	150.000.000 kWh
----------	-----------------

menos autoprop.	8.750.000 "
-----------------	-------------

141.250.000 kWh	" " 0,09/Ton.	"	12.712.500
-----------------	---------------	---	------------

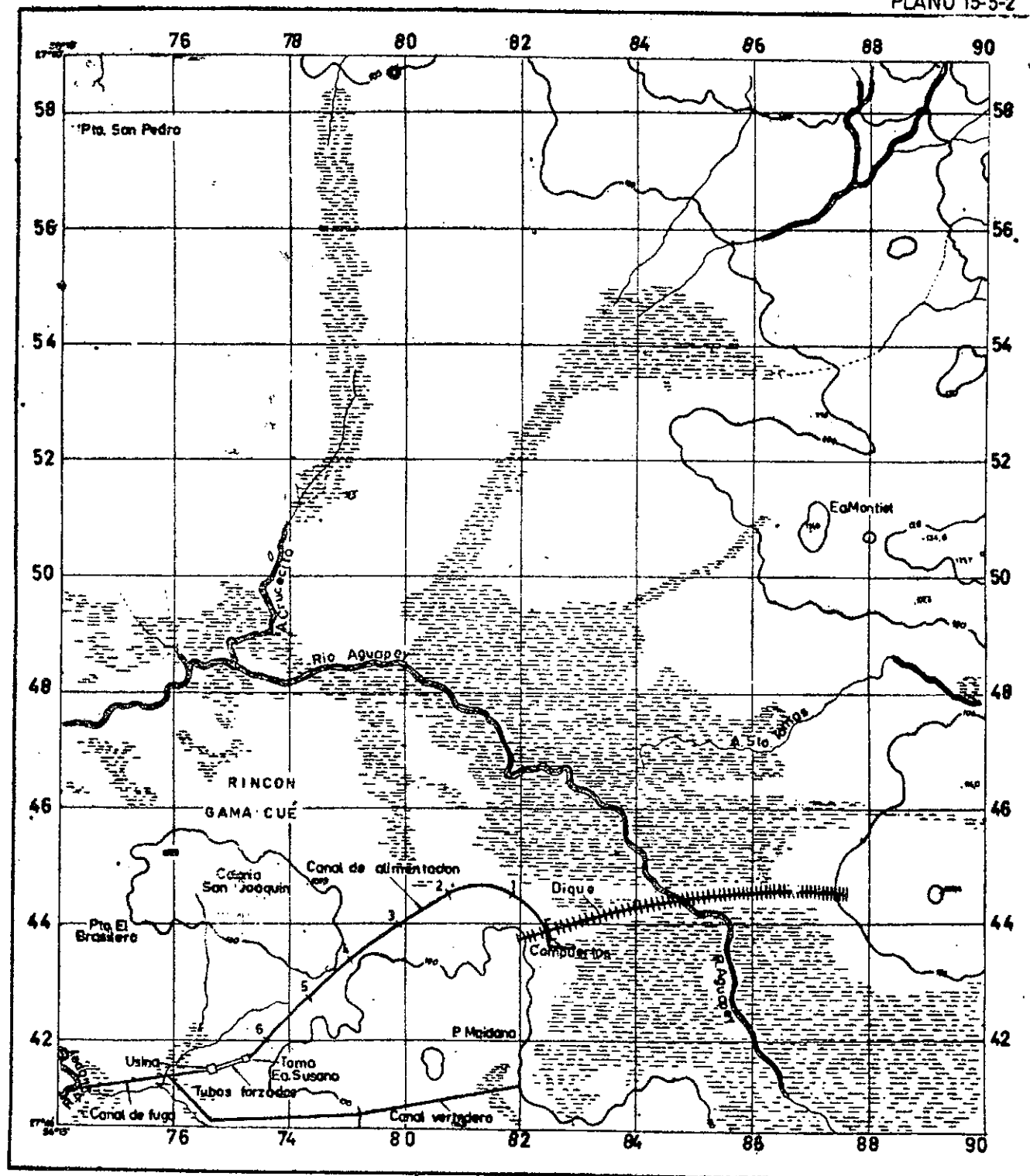
Suma que pasa al F° siguiente	\$ 58.062.500
-------------------------------	---------------



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

HOJA Nº193

PLANO 15-5-2



JOSE MILIA Ingeniero Químico.

ESCALA: 1:50000

Suma que viene del F° anterior	\$ 58.062.500
<u>Mano de obra directa (inc. Cargas sociales):</u>	
10 profesionales, 100 obreros y 20 peones	" 7.200.000
Costo primario de producción	\$ 65.262.500
Costo primario por Tonelada	\$ 2.610.-
Gastos de dirección y administración	" 278.-
Flete a Bs. As. por transporte fluvial	" 120.-
Total	\$ 3.008.-
Menos: Recuperaciones varias	" 288.-
Costo por tonelada de lingote	\$ 2.720.-

19. 5. 3.- Rentabilidad:

Para la determinación de la rentabilidad solo se ha tenido en cuenta la posibilidad de alguna pequeña recuperación por Tonelada (\$ 288.-) que sería mucho mas si se tratase de producir además Alúmina de las escorias o que las escorias fuesen en realidad un cemento de mediana calidad. Se adoptó este criterio de la misma manera que ya se hizo referencia anteriormente: Mantener un criterio eminentemente conservador en todos los cálculos económicos para poner cualquier inversión a cubierto de problemas financieros posteriores.

Se ha previsto un precio de venta para el lingote entregado a los laminadores de \$ 3.250.-/Tt. que es indudablemente inferior al corrientemente entregado por SOMISA o al precio actual de la chatarra.

Total de ventas:

25.000 Ton./año a \$ 3.250.- \$ 81.250.000.-

Costo de producción

25.000 Ton./año a \$ 2.720.- " 68.000.000.-

Margen bruto

\$ 13.250.000.-

Rentabilidad sobre inversión fija total:

\$ 13.250.000 / \$ 24.000.000 equivalente al 51,04 %

Pero como indudablemente se utilizará un crédito para completar el importe necesario para la instalación de la planta y su funcionamiento, se consideró oportuno mantener ese importe en la suma de \$ 6.000.000 por lo que el capital real de la Sociedad que implementase la instalación de una planta de este tipo sería de \$ 18.000.000 y en ese caso se tendría que la rentabilidad bruta sería:

$$\frac{\$ 13.250.000}{\$ 18.000.000} \text{ equivalente a } 73,61 \%$$

Debe hacerse notar que en este caso no se ha tenido en cuenta en el capital la inversión para la planta turboeléctrica para la recuperación de los calores perdidos. Pero aún teniendo en cuenta esta inversión habría que valorizar las necesidades horarias para producir 3.000 Ks/h. de metal y el aprovechamiento de los subproductos no tenidos en cuenta. De esta manera se mantiene la elevada rentabilidad prevista que se ve confirmada por recientes informaciones sobre resultados de plantas que están trabajando con procesos muy similares en el Hemisferio Norte y una, ya mencionada, en Brasil.

Aunque se dijo antes que los resultados experimentales no se referían a una planta piloto, sino a un trabajo en pequeña escala, se pudo llegar a establecer la factibilidad industrial de este proceso por comparación con los resultados que se obtienen en plantas en funcionamiento con una capacidad inferior a 15.000 Tt./año cuya positividad se explica, aunque trabajen solamente con el lingote de Hierro en la eliminación de la etapa de producción de arrabio y el desplazamiento del alto horno que, según técnicos japoneses, solo es rentable para producciones arriba de 8.000.000 de ton./año por equipo. Pero si se contempla también el aprovechamiento de la escoria en cualquiera de las aplicaciones mencionadas, es indudable que se está ante una solución efectiva del problema argentino del Hierro y del Aluminio.

En este estudio se ha tratado de determinar la factibilidad del aprovechamiento de las Tierras Rojas del N.E. de la Provin-

cia de Corrientes estableciendo para capacidades determinadas estimadas dentro de las posibilidades de absorción de la producción por el mercado argentino. Esto fue posible realizar para los procesos hidrometalúrgicos puesto que además de los resultados obtenidos se disponía de información completa para plantas similares o muy semejantes para capacidades muy grandes y por ello resultó posible concretar esos resultados en las curvas de Costos de Instalación y de producción de las Figuras N° 18.2.1. y 18.2.2. En cambio para el proceso pirometalúrgico solo se contó con información fehaciente para plantas trabajando hasta 30.000 Tt./año y por lo tanto se consideró oportuno hacer el estudio para una de 25.000 Tt./año que estaba dentro de las posibilidades de abastecimiento en carbón de leña y de energía. Esto no impide que por cambio de escala se puedan instalar plantas de mucho mayor capacidad en la medida que se asegure el abastecimiento en combustible y en energía eléctrica barata.

Pero se ha sugerido la instalación de plantas de mediana y aún pequeña escala por razones estratégicas y por la facilidad de poder integrar los capitales necesarios en una región de fronteras donde hasta ahora solo ha tenido vigencia la industria agropecuaria. Pero una planta de este tamaño tiene la capacidad y posibilidad para ampliarse capitalizándose con parte de las utilidades y reservas, transformándose en grandes empresas solidamente constituidas y habiendo podido formar personal técnico a distintos niveles.

Para el Estado resultará mucho mas fácil facilitar el desarrollo de estas industrias-refiriéndose a todos los procesos estudiados- a nivel de medianas empresas que al de grandes empresas por razones técnico-económicas antes que afrontarlas directamente ya que le crearía problemas de burocracia difícilmente superables. Los métodos mas indicados para hacerlo son: La concesión de exenciones impositivas y de créditos a largo plazo.

19. 5. 4.- Ubicación de la planta:

En términos generales se puede decir que la ubicación de la planta para una instalación prevista para producir Alúmina grado electrolítico por procesos hidrometalúrgicos puede ser en las inmediaciones de Curuzú. Esto se aplica a la primer planta que se instale. Esto es lógico pues, en la medida que se produzca el desarrollo zonal y se cree la infraestructura necesaria podrá optarse por otras ubicaciones que reunirán las condiciones básicas para su funcionamiento.

Pero si se trata de utilizar el método pirometalúrgico para comenzar produciendo Hierro metálico y obtener de la escoria como subproductos la Alúmina y el Dióxido de Titanio, entonces la ubicación mas adecuada estaría en las proximidades de San Carlos que es la zona donde el mineral tiene un mayor contenido en Hierro.

20.- FACTORES QUE INCIDEN EN LA INVERSION PRIMARIA Y SU POSTERIOR RENTABILIDAD.

En este tipo de procesos-los hidrometalúrgicos- la incidencia principal sobre la inversión primaria (Costo de Inversión Fija o de Instalación) radica indudablemente en los equipos que integran el proceso de industrialización que por ser cíclicos y cada etapa interdependiente de las otras exige un conocimiento exacto de los parámetros óptimos para su funcionamiento. Esta es una característica de los procesos en reciclo que requieren una constancia en las condiciones de trabajo.

Por eso, cuando se trata de estas instalaciones industriales, si hay algo que pueda incidir poderosamente en su operatividad y como consecuencia directa en su rentabilidad es la máxima automatización del proceso adoptado con lo que se aumentará y regulará un elevado rendimiento de extracción y reducirá el volumen de mano de obra, aunque la requerirá mucho mas especializada.

Dentro de los planes de desarrollo zonal esto puede aparecer como un factor negativo ya que aparentemente el criterio ideal sería proporcionar trabajo a la mayor cantidad de personas. Es indudable que esto es aparente. Las opiniones mas diversas que vienen desde Frederic Winslow Taylor, pasan por Charles Ramsay, -Secretario técnico del Partido laborista inglés,- Nicolay Rostov, Técnico en el planeamiento de industrias pesadas en la U.R.S.S.- y Celso Furtado -uno de los gestores del "boom" brasileño- coinciden en que es esencial asegurar el funcionamiento de las plantas básicas pesadas y semi-pesadas sobre la base de una elevada organización técnica que aseguren la provisión de materia prima para las industrias manufactureras que son las que realmente van a crear la gran necesidad de mano de obra y que directa o indirectamente son las que van a ir creando mercado, estabilidad y consumo para el conjunto de desarrollo zonal. La experiencia de los realizadores de este trabajo ha sido sumamente clara e indiscutible: La instalación de una planta de aceites vegetales en Manuel Galvez (provincia de Santa Fé) y una planta frigorífica permitió la necesidad de disponer al cabo de pocos años mas de sesenta veces el personal original (35 personas); en Coronda, también en la provincia de Santa Fé, la instalación de una planta para conservas y dulces vegetales dió origen a la creación de cinco plantas similares, se multiplicó la mano de obra directa en las plantas industrializadas y en la explotación agrícola se multiplicó la producción en un 500 % y por cada operario que comenzó a trabajar en las plantas de envasamiento de dulces se necesitaron 8 obreros para la recolección de la fruta.

Es indiscutible que la instalación de plantas que produzcan lingotes de Aluminio o de Hierro darán origen a la instalación de laminadoras y manufacturas de Aluminio y de Hierro; la producción de Alúmina a la de materiales refractarios; Las de Oxidos de Hierro y

de Titanio darán ocasión a la instalación de plantas de pigmentos y posiblemente de pinturas que podrán llegar a la utilización de aceites de Tugg oxidados. A todo estos habrá que agregar la instalación de talleres auxiliares para reparación y construcción de equipos, organizaciones comerciales para abastecimiento de la población directa e indirectamente dependiente de las fábricas como ya hemos hecho referencia anteriormente como así también del aumento que significará para el Estado en impuestos indirectos.

Pero un factor que no se ha mencionado hasta ahora es la importancia capital de ampliar el espectro de producción actualmente limitado a la industria agropecuaria con lo que se pueden equilibrar los períodos de depresión periódicos que se presentan por factores internos y externos.

Todo lo dicho se aplicaría también a los procesos pirometalúrgicos y es posible que en las condiciones actuales y teniendo en cuenta las características del mineral podría resultar mas aceptable la iniciación con estos procesos ya que con ellos no solo se podría afrontar la necesidad de cubrir el consumo de Alúmina y de Dióxido de Titanio, sino que se contribuiría a solucionar ciertos problemas que afectan a la siderurgia argentina aplicando métodos totalmente modernos y factibles ya que están en funcionamiento en condiciones, sinó iguales, muy semejantes a la propuesta en este trabajo. Debe destacarse que el mineral del N. E. de Corrientes no es exactamente igual al usado en otros países y resultó necesario reformar los procesos existentes y adaptarlos a las condiciones de la materia prima disponible.

La planta en San Carlos puede ubicarse dentro de un rombo limitado por dos líneas que pasan por los pozos N= 61 y 62 en su límite Norte y 56 y 54 en la parte Sur. La línea superior tiene una extensión aproximada de 3,5 a 4 Kilómetros y la distancia entre

líneas es de 3 Kilómetros. La línea Sur se extiende hasta el límite con la Provincia de Misiones, como la anterior a lo largo de 6 Kilómetros. De esta manera la superficie aproximada del yacimiento es de 15 Kilómetros cuadrados, con un espesor de manto promedio de por lo menos 4 metros, lo que equivale a una reserva de 60.000.000 de Toneladas de mineral o a 12.000.000 de Toneladas de Fe_2O_3 .

La ubicación ideal se encontraría al Norte de San Carlos, en la zona ocupada por la Estancia Vieja de San Carlos y podría ser una planta destinada a la producción de Hierro en lingotes, complementada con la producción de aceros especiales y la obtención de Alúmina y bióxido de Titanio.

20. 1.- Consideraciones adicionales:

20. 1. 1.- Valor Básico para los cálculos de rentabilidad:

Se ha considerado conveniente repetir resaltándolo, que todos los cálculos están basados en los consumos y producción de acuerdo con los balances de materiales y de energía y los resultados obtenidos en ensayos a pequeña escala piloto. Pero también se considera que esos resultados tienen un valor real pues han sido cotejados con resultados obtenidos en ensayos similares, pero a una escala mayor, utilizando materias primas muy similares a las Tierras Rojas del N.E. de la Provincia de Corrientes. Es necesario hacer constar que esos ensayos fueron realizados paralelamente en el país y en el extranjero. Cuando en algún ensayo apareció algún resultado no coincidente se buscó la explicación repitiendo los ensayos y cotejando resultados.

Es importante tener en cuenta que es normal que los resultados que se obtienen a pequeña escala piloto son inferiores a los que se alcanzan en una planta industrial por lo que los que figuran en este trabajo han sido tomados con la prevención de que la efi-

ciencia del proceso será mayor a medida que aumente la escala de trabajo.

20. 1. 2.- Dimensionamiento mínimo de las plantas:

Para los procesos pirometúrgicos se mencionó como una planta mínima operable la de capacidad (16.3.4., Pag.153) de 3 Ton./día de metal pero para tener una rentabilidad aceptable, es decir superar el precio de venta al de costo debería llegarse a 3.500 Ton./año (10 Ton./día). Cuando se fijó la capacidad límite mínima en 12.000 Ton./año se previó que ya a ese nivel la empresa comienza a ser altamente rentable y sería al mismo tiempo una base, tanto para la producción de aceros especiales como para la instalación de plantas laminadoras o trafiladoras.

El mismo criterio se adoptó para la planta de alúmina pues con una producción de 15.000 Ton./año se estaría en condiciones de proveer de materia prima a algunas industrias del país en condiciones competitivas de precio o producir subproductos como el Sulfato de Aluminio con 14,16 ó 18 moléculas de agua de hidratación que utiliza corrientemente Obras Sanitarias de la Nación y las industrias textiles.

Se considera que no existe contradicción con lo expresado en párrafos anteriores pues estas estimaciones mínimas se refieren a plantas en las que está asegurado un precio superior al costo de producción, en el que se asegura su funcionamiento evitando problemas que se presentan comúnmente en la industrialización de productos de la industria minera. En estos cálculos se contempló básicamente la colocación de la producción dentro del país y, se repite, deben ser considerados mínimos rentables pero es indudable que desde el punto de vista económico y los intereses del país resulta ventajoso superar esos límites.

Para llegar a estas consideraciones, especialmente en

lo que se refiere a Costos de Instalación, se tomo como base la "Metodología para la determinación de los Costos de Capital y de Operación" de Pag. N° 174 (18.3.).

Las fuentes de información para los costos de Capital fueron: Los ya mencionados "Reports of Investigation" del Bureau of Mines de los EE.UU.; Información directa de los fabricantes de equipos; estudios privados de Hume y Milia obrantes en el expediente N° 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 se expresan en pesos Ley N° 18.188.

A los efectos de la determinación de los costos operativos, sobre cada planta diseñada esquemáticamente para cada proceso, 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 la 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 y cotejándolos con los resultados obtenidos en los ensayos a pequeña escala piloto que figuran en este informe.

De la misma manera que para los costos de Capital, los costos de administración exigieron la realización de costos tipos basados en información recibida de empresas que actúan en la comercialización de estos productos y en los estudios realizados para establecer los "Parámetros para determinar el Balance de Ganancias y Pérdidas y los Costos operativos de un Ejercicio Completo" .

También es de mucha importancia tener en cuenta que para la confección de las curvas sobre Costos de Instalación y de Operación se hicieron las determinaciones para diferentes volúmenes

de producción anual ajustados a los costos de los insumos y gastos en la República Argentina.

20. 1. 3.- Precios de compra de insumos y de venta de productos:

Los precios de adquisición se adoptaron de acuerdo con las cotizaciones mas elevadas del mercado para partidas de volúmenes importantes. De la misma manera para los productos de proceso se adoptaron los precios pero con un criterio opuesto: Los precios mínimos para las cotizaciones conocidas u obtenidas. Por ejemplo: en el caso de la Alúmina se adoptó 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 mas de un 11%. Los precios del Azufre, Acido Nítrico, Alcohol Etílico, de la caliza y del Carbonato de Sodio (Sosa Solvay) corresponden a las mayores cotizaciones de plaza.

20. 1. 4.- Sueldos y Jornales:

Se adoptaron precios superiores a los establecidos en los convenios vigentes para el Comercio, la Industria Minera y la Industria química. En lo que se refiere a las cargas sociales se adoptó un índice del 100% en el que se incluyen jubilaciones, seguros del trabajo, vacaciones, reservas para indemnizaciones por despido o muerte, ausencias por enfermedad o causas accidentales, etc. que se considera muy razonable para una empresa que comienza sus actividades.

20. 1. 5.- Instalaciones accesorias:

Todos los procesos mencionados eliminan como subproducto cantidades importantes de vapor de alta presión que pueden ser transformadas en energía eléctrica de manera que parte del costo previsto por este concepto podría ser reducido apreciablemente ya que estaría formado solamente por la mano de obra, los gastos de administración y la amortización de los equipos y estaría solamente en \$ 0,08 a \$ 0,10 por kWh, lo que significaría una reducción de costos.

El insumo en energía eléctrica es gravoso en todos los procesos, especialmente en el de precarburation para obtener Hierro en lingotes, aún en el caso del aprovechamiento del vapor producido por los calores perdidos. Teniendo en cuenta este problema 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 a abastecer directamente a estas o a otras pequeñas o medianas industrias del tipo hidro o Pírometalúrgico.

Así se consideró realizar un estudio a primera aproximación del aprovechamiento del río Aguapey a que se ha hecho referencia en 19.5.1. (Pag. 190) en dos forma: Una, construyendo un dique y un canal que derivaría $16 \text{ m}^3/\text{seg.}$ de agua al río Paraná con un salto de 18-20 ms a través de una turbina de 2.450 KW según un diseño de anteproyecto 19.5.1. (Pag. 192) y otro que prevee la construcción de un dique y un canal derivador que eliminando la curva superior del río Aguapey descarga aguas abajo en el mismo río con un salto aprovechable de 14 metros y una producción probable de 2.500 KW. Este anteproyecto corresponde a la Figura 19.5.2. (Pag. N° 193).

La primera de las soluciones propuestas afectaría indudablemente a la ecología zonal. En cambio el segundo anteproyecto mantendría y mejoraría las actuales condiciones en los bajos de ese río.

El costo de construcción de los diques, como de las instalaciones y equipos de generación eléctrica no son proporcionalmente elevados y el costo de la energía en los bornes del generador o del transformador de salida no excedería de \$ 0,04/kWh siempre que esa energía fuese consumida directamente en la planta de industrialización y que esta estuviese localizada en un punto cercano.

También la traza del proyecto Apipé-Yaciretá hace difícil realizar el primer anteproyecto ya que requeriría la construcción de un acueducto para mantener el nivel del canal hasta la costa del río

Paraná. El otro no sería rentable para una explotación de una central estatal o por una cooperativa porque no compensaría los gastos de distribución pero resultaría de valor para su aprovechamiento en la forma expresada en el párrafo anterior.

Los técnicos de la Provincia de Corrientes han realizado un estudio para el aprovechamiento del Río Chimiray que estaría en las mismas condiciones que el segundo proyecto y posiblemente podría llegar a generar una potencia algo superior.

Estos tres proyectos tienen la ventaja de encontrarse ubicados en una zona en la que la elevada precipitación pluvial distribuida a lo largo de 9 a 10 meses asegura una constancia muy buena en la regulación del flujo de agua.

20. 1. 6.- Autoabastecimiento provincial en insumos:

Las necesidades en Ácido Sulfúrico pueden ser cubiertas con yacimientos de yeso existentes en la zona limítrofe de la Provincia de Corrientes con la de Entre Ríos cuya existencia fue publicitada ampliamente en la prensa de la Ciudad de Buenos Aires. En la actualidad existen dos procesos utilizados a muy gran escala industrial para la obtención de H_2SO_4 partiendo de Minerales de yeso de mediana calidad produciéndolo a precios competitivos en el mercado internacional, dejando como subproducto cal hidratada.

También existiría la posibilidad de explotar los enormes depósitos de Turba lignífera gaseosa existentes en los esteros del Iberá, muy similares a los que dieron origen al Ente Nazionali Idrocarburi en Italia los que podrían ser utilizados para la producción de gas o para la producción de carbón en polvo para ser utilizado como combustible o para la fabricación de electrodos. La firma Hume y Milia solicitó al Departamento de Minería de la Provincia de Corrientes un permiso especial de cateo y explotación de turba y sus derivados que originó posteriormente el expediente 463/c/64. En dicho expediente se encuentran todas las

presentaciones efectuadas y los planos de ubicación del yacimiento.

Con referencia a los yacimientos de yeso, cabe agregar que la Facultad de Ingeniería Química de la U.N.L., según publicaciones aparecidas en la prensa, ha realizado estudios sobre posibles yacimientos en la Provincia de Corrientes.

21.- 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 la ubicación aproximada del yacimiento de Tierras Rojas, estableciéndose los sistemas de trabajo y haciendo comparaciones con antecedentes anteriores.

En el Segundo Informe se completó la información sobre la base de los resultados obtenidos en los análisis de las muestras tomadas y se estableció con exactitud la ubicación de los materiales explotables dentro de la clasificación de Tierras Rojas, estimándose también la capacidad de la reserva de mineral.

En el Tercer Informe se analizó la capacidad de explotación minera, la posibilidad de aplicar procesos de transformación y extracción a las Tierras Rojas para la obtención de productos industriales derivados del Aluminio, Hierro y Titanio y la factibilidad económica de su realización.

Sin embargo, con posterioridad a la presentación de este último informe se continuó con ensayos de laboratorio que han permitido llegar a resultados muy parecidos a los obtenidos con las Tierras Rojas de la Provincia de Misiones: En muestras donde el contenido en Al_2O_3 era superior al 21 % (muestras N° 65, N° 74, N° 83 y otras) pudo detectarse mediante reacciones cualitativas la presencia de rastros de Hafnio y posiblemente de Zirconio lo que puede ser un indicio de la existencia de productos de muy elevado valor. Pero debe hacerse notar que en los ensayos sobre Tierras Rojas misioneras las reacciones fueron francamente

definidas. Como la presencia de estos elementos es característica de las Bauxitas, Lateritas y ciertas arcillas plásticas, sería conveniente que en el caso de realizarse algún estudio geo-químico de estos suelos se incluyera su investigación y determinación en el plan de trabajo.

Para completar este trabajo se hace necesario interpretar los resultados obtenidos y sugerir la forma de llevar adelante la ejecución de los posibles procesos de industrialización.

21. 1.- Evaluación del medio:

Ya se ha mencionado la necesidad de crear una conciencia minero-industrial para la explotación de una de los yacimientos mas grandes de metales estratégicos existentes en el País. Esto no se crea enseñando, sino dando el ejemplo. Cuando se vea desarrollar 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 idiosincracia 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 las 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 estas empresas, 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 estos planteos 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, o los que resultasen aparentemente mas interesantes, a una escala mayor sinó rentable, que por lo menos cubriese los gastos operativos. La operación de esa planta podría contratarse con núcleos de técnicos que serían supervisados por personal idóneo 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 esa 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 representa la industria metalúrgica pues le 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.

21. 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 oír hablar pero que nunca se la determina, ni se establecen las formas en que puede ser aprovechada para beneficio de la comunidad.

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 solo se podrán culpar a deficiencias en la forma en que se lleven a cabo.

21. 3.- CONCLUSIONES FINALES:

Este trabajo puede ser resumido en las expresiones siguientes:

21. 3. 1.- Existe un enorme yacimiento de mineral que contiene Oxidos de Hierro,Aluminio y Titanio;
21. 3. 2.- El mineral existente es facilmente tratable por agentes químicos para separarlo al estado de sus óxidos o de sus metales;
21. 3. 3.- El volumen de la reserva minera enormemente grande y puede ser extraída sin necesidad de recurrir a operaciones mineras costosas;
21. 3. 4.- Los procesos industriales experimentados a escala de laboratorio y pequeña escala piloto,son simples y han sido experimentados 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;
21. 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 fomento,aplicación de leyes vigentes con criterio de liberación de su reglamentación y otorgamiento de verdaderos créditos de fomento,sin la exigencia de garantías exageradas y teniendo en cuenta la solvencia técnica del proyecto;
21. 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;

21. 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;
21. 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;
21. 3. 9.- Solicitar de Agua y Energía Eléctrica que se tenga en cuenta para el futuro la posibilidad de destinar la energía eléctrica suficiente y a precio adecuado para fomento industrial destinada al funcionamiento de las industrias que se dediquen a la transformación industrial de las Tierras Rojas;
21. 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;
21. 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.

De esta manera se ha completado la realización del trabajo "ESTUDIO SOBRE LAS TIERRAS ROJAS DEL NORESTE 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, 15 de Julio de 1974

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

- 1.- MAGNIEN R.- Review of Research on Laterites.- UNESCO,1966.
- 2.- SCHMIDT J.A.,NAVARINI A.,BARRIONUEVO L.A. y FUSCHINI M.C.- Informe sobre estudios y exploración de Mineral de Hierro en la Provincia de Misiones.-Fabricaciones Militares.-1963.-
- 3.- MASTANDREA OTTO.- Visita a las Tierras Lateríticas de la Provincia de Misiones.- I.N.G.M.-Carpeta 715.- 1968.-
- 4.- LIBBY F.,LOWRY W.D. y MASSON R.S.- FERROGINOUS BAUXITES.-Deposits in N.W.Oregon.- Economic Geology, Vol. 41 año 1946.
- 5.- RIGGI J.C. y RIGGI,N.A.F. de- Meteorización de basaltos en Misiones. Revista de la As. Geológica Argentina.Tomo I N° 1,Pag. 57-70.-1954.
- 6.- MEMOYO E. A.,LAPIDUS A. y DURANTE N.J.A.- Informe Hierro.- Revista de la D.N.G.M. Año VII n° 25,1971.- Pag. 21 a 25.
- 7.- BRARDA S.- Concentración de Minerales.- Rev. de la D.N.G.M.- Año 6, N° 22, 1970.- Pags. 25 a 52.-
- 8.- GAUDIN A. N.- Principles of Mineral Dressing.-McGraw-Hill. 1939
- 9.- PERRY J.-Chemical Engineering Handbook.- 4ta Edic. McGraw-Hill,1963
- 10.- JACKSON M.L.-Análisis Químico de Suelos.- 2da Ed.-Ed. Omega.
- 11.- SCOTT W.-Standard Methods of Chemical analysis.- 5ta Edic.- D.Van Nostrand,1939.
- 12.- ENGINEERING & MINING JOURNAL.- Sept. 1957.-Pags 93 a 105.
- 13.- COPPERTINI SPARTACO.- Aluminio,producción con materias primas nacionales.-Industria y Química.- Vol. 18 N° 8.-Año 1958.Pag. 501 a 520.
- 14.- FONTANA L.P.- Argentina debe producir Aluminio.- Revista Nacional de Aeronáutica. Marzo 1957.- Pags. 22 a 27.
- 15.- LICENSITORG.-Chemical Engineering Fundamentals and Equipment for production of Alúmina.- Patente U.R.S.S. Año 1962.
- 16.- SCOTT T.R.- Alumina by Acid Extraction.-Journal of Metals.- Febrero 1962.

- 17.- CANADA DEPARTMENT OF MINES AND TECHNICAL SURVEYS.- The Extraction of Titanium Dioxide from Ilmenite.-RR.N° MD-176.-Marzo 1955.
- 18.- Thomas G. y Ingraham T.R.- The Alum-Amine process for the recovery of Alúmina from Shales.- Canada Dep. of Mines & T.S.- RR.-45.- Abril 1959.
- 19.- PETERS F.A.,JOHNSON P.W. y KIRBY R.C.-Methods for producing Alumina from Clays.- US. Dep. of Int.Bureau of Mines RI-5997- 1962.
- 20.- ID. ID. .- RI- 6229, Año 1963
- 21.- ID. ID. .- RI- 7123, " 1962
- 22.- ID. ID. .- RI- 6290, " 1963
- 23.- JOHNSON P.W.,PETERS F.A. y KIRBY R.C.- Methods for producing Alúmina from Clay.- U.S. D. I.;B.of M. RI-6431, 1964
- 24.- HOLMES W.T.,yBANNING Ll.H.-Electric smelting of Titaniferous Iron Ores from Alaska,Montana and Wyoming.- B. of M. RI-6497, año 1964
- 25.- PETERS F.A.,JOHNSON P.W. y KIRBY R.C.- Methods for Producing Alumina from Clays.- B. of M.- RI-6573. 1965.-
- 26.- LEITCH H.,IVERSON H.G. y CLEMMER J.W.- Extraction of Alumina by Leaching melted and quenched Anorthosite in Sulfuric Acid.- U.S.B. of M.-RI-6744,año 1966
- 27.-PETERS F.A.,HOHNSO T.W.,HENN J.J. y KIRBY R.C.- METHODS FOR PRODUCING ALUMINA FROM CLAY.- US. B.of M. RI-6927.Año 1967.
- 28.- AMPIAN S.G.- Lime-Soda Sinter Process.- US.B.of M.-RI-6923,año 1967
- 29.- BLACKKE H.E.,FURSMAN O.C.,FUGATE A.D. y BANNING Ll.H.- Adaptation of the Pedersen Process to the Ferruginous Bauxites on the Pacific Northwest.- Us.B.of M. RI-6939.Abril 1967.
- 30.- JOHNSON P.W. y PETERS F.A.- METHODS for producing Alumina from Anorthosite.- US.B. of M. RI-7068, Enero 1968
- 31.- FURSMAN O.C.,BLACKKE H.C. y MAUSCHER J.E.- Recovery of Alumina and Iron from Pacific Norwest Bauxites by the Pedersen Process.-US B. of M. RI- 7079. Febrero 1978.

- 32.- LEARY R.J., COULEHAM R.P., TUCKER H.A. y WILSON W.G.- Effects of adding Rare Earth Silicides, Aluminium and Cryolite to Molen Steel. US.B. of M. RI-7091 Marzo 1968.
- 33.- IVERSON H.G. y LEITCH H.- Alumina Extraction By Autoclave precipitation of Basic Sodium Aluminium Sulphate.- US. B.of. M.-RI-7162 Agosto de 1968.-
- 34.- TOWN J.W., SNACKER P.E. y KELLY H.J.- Alkalized-Alúmina attritioning and SO_2 sorbtion rates. US. B.Of M. RI-7275, Julio 1969.
- 35.- SMITH J.B. y YOUNG N.B.- Determination of Dawsonite and Nahcolite in Green River Formation of oil Shales.- US. B.of M. RI-7286, Agosto de 1969
- 36.- ODEN L.L. y FRANCOEUR P.E.- Preparing alkalized Alumina.- US. B. of M.- RI-7294, Sept. 1969
- 37.- HENN J.J., JOHNSON P. W., AMEY III E.B., y Peters F.A.- Methods for producing Alumina from Clay.-US.B.of M. RI-7299, Sept. 1969
- 38.- HENRY J.L., RUSSELL J.H. y KELLY H.J.- The System Al_4C_3 -AlN- Al_2O_3 . US. B. of M. RI- 7320 Nov. 1969
- 39.- KIRBY D.E., RUSSELL J.H., KELLY H.J., SINGLETON E.L. y SULLIVAN T.A.- Electrowinning Aluminium from Aluminium Chloride.-US. B.of M. RI-7353 Marzo 1970.
- 40.- CAMMAROTA V.A.-y SCHCLAIN D.- ANODE MATERIALS from alumina reduction. US. B.of M. RI-7370. Abril 1970.
- 41.- PAIGE J.I., TOWN J.W., RUSSELL J.H. y KELLY H.J.- Sorbtion of SO_2 and regeneration of Alkalyzed Alumina in Fluid-bed reactors.- US. B. of M. R.I.-7414.- Agosto 1970.
- 42.- RUSSELL J.H., TOWN J.W. y KELLY H.J.- Mathematical evaluation of SO_2 sorbtion- Regeneration- Reactions in Alkalyzed Alumina.- Us. B.of M. RI-7415.- Agosto de 1970.
- 43.- FURSMAN O.C., MAUSCHER J.E., BUTLER M.O. y STICKNEY W.A.- Utilization of red mud in the Lime-Soda Sinter and residues from Alúmina produc-

tion.- US. B. of. M. RI-7454.- Nov. 1970.

- 44.- FRENGUELLI JOAQUIN.- Apuntes geomorfológicos de la Provincia de Corrientes.-Edit. Coni.- 1924
- 45.- VIRASORO V.- Los Esteros y las lagunas del Iberá.-Su Extensión, ramificaciones y comunicabilidad con los ríos Corrientes y Miriñay. Revista de la Soc. Geográfica Argentina.-Tomo VI-Año 1898.BS.AS. (Atención del Dr. Horacio Pradere Muñoz).
- 46.- VIRASORO V.- Memoria descriptiva de la Provincia de Corrientes.-Boletín(del Ministerio) Dep. Nacional de Agricultura. Tomo XI Año 1887, Bs. As.(Atención del Dr. Ignacio Pradere Muñoz).
- 47.- SCHULTZ G.- Posible origen de la Laguna Iberá.-Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Tomo V. Año 1937.
- 48.- BRUNIARD E.D.- Bases fisiogeográficas para una división regional de la Provincia de Corrientes.-NORDESTE,Rev. de la Facultad de Humanidades de la U.N.E.- N° 8, año 1966, Pag. 7 a 80.
- 49.- BRUNIARD E.D.- El caracter regional y la regionalización del N.E. Argentino.- NORDESTE,N° 11-13, 1969-71,Pag. 7 a 63.
- 50.- SCOTT T.R.- La recuperation de Alúmina de minerales por un procedimiento con Acido Sulfúrico.- International Symposium of A.I.M.E. New York. Febrero 1962.
- 51.- Hume y Milia.- El Proceso C.S.I.R.O. inventado por el Dr. T.R. SCOTT para la extracción de Alúmina aplicado a las Tierras Lateríticas de Misiones.- Inédito. Agregado al expediente 70308/63 de la Secretaría de Industria y Comercio.
- 52.- MILIA J.L.- Problemas del Desarrollo del Nordeste Argentino.- Universidad Nacional del Litoral,1970.
- 53.- VALANIA J.- Suelos Rojos de la Provincia de Misiones. D.N.G.M. 1970
- 54.- GOLLAN J.,CRUELLAS J. y NICOLLIER V.- Las Tierras Rojas de Misiones. Instituto Experimental Agrícola Ganadero. Ministerio de Agricultura de la Provincia de Santa Fé, 1929.

- 55.- PINI A. y CARUGO J.E.- El descubrimiento de las Ruinas de San Carlos en Misiones.- Todo es Historia.-N° 70 Pag. 54 Feb. 1973.
- 56.- BONARELLI G. y LONGOBARDI E.-Mapa Geo-Agrológico y Minero de la Provincia de Corrientes. 1929
- 57.- ID. ID. .Folleto explicativo del Mapa Geoagrológico y Minero de la Provincia de Corrientes .- Separata de los Anales de la Sociedad Científica Argentina Tomo CX, Pags. 294 y Sigtes (Del Archivo de la Imprenta Conf)
- 58.- KOLTOFF y SANDELL E.V.- Tratado de Química Analítica Cuantitativa. Nigar, 1968.-
- 59.- MINIA E.V.C.- Método de Análisis químico de Minerales.- Revista de D.N.G.M. Junio-Agosto 1972 Pag. 47 a 51.
- 60.- HILDEBRANDT Y LUNDELL.- APPLIED INORGANIC ANALYSIS. John Wiley & Sons.- New York, 1929.-
- 61.- ROBINSON y otros.- US. D.A.-Technical Bulletin 1013 (1950).
- 62.- COREY y JACKSON.- Annalitical Chemistry.- 25:624 (1953)
- 63.- THORNTON W.M.- Titanium with special reference to the analysis of Titaniferous substances. Pag. 90. Chemical Catalog C.O.- New York 1927.
- 64.- AHRENS L.H.- Spechtrochemical Analysis.- Addison, Wesley, 1950
- 65.- PEHLKE R.D.- Unit process of Extractive Metallurgy.- Americ. Elsevier Pub. Co. Inc. N.Y. 1973.
- 66.- VALANIA J.- Estudio de los suelos rojos de la zona Pto Wanda-Col. Lanusse, Misiones.- D.N.G.M. 1971.
- 67.- Revue de L'Alluminium.- (Mayo 1972: L'avance des procédés acides. Editorial-)
- 68.- GREEN G.G.- Technology of Alumina and Alluminium Industry.- University Library, 1972.-
- 69.- TYLER CHAPLIN.- Chemical Engineering Economics.- MCGRAW-Hill Book Inc.

- 70.- JENETT ERIC.- Guidelines for Succesful Project Management.- Chemical Engineering.- Vol. 80 N° 16.- Pag. 70 y sigtes.
- 71.- NACIONES UNIDAS.- Pre-Investment Data for the Aluminium Industry.
- 72.- NACIONES UNIDAS.- Manual de Proyectos de Desarrollo Económico.-
- 73.- HAPPEL JOHN.- Chemical Process Economics.- J. Wiley and Sons Inc. Publishers.-1958.
- 74.- SINGE y SINGER.- Cerámica Industrial.- Ed. Urmuo.-Barcelona.

----- 0 -----

I N D I C E

	Tema	Pag.
1.-	REFERENCIAS.	1
1.1.-	Composición Química	4
2.-	INFORMACION DE BASE	7
2.1.-	Información Bibliográfica	7
2.2.-	Información personal	9
2.3.-	Información propia	10
2.3.1.-	Información anterior	10
2.3.2.-	Información personal actual	10
3.-	SELECCION DE AREA SEGUN PONDERACION DE BASE	16
3.1.-	Ponderación de base	16
3.2.-	Fijación de cotas	17
3.3.-	Selección de área	17
4.-	CERTIFICACION DE CAMPO,UBICACION.	17
4.1.-	Certificación de campo	17
4.2.-	Ubicación	18
5.-	PRIMERA EVALUACION	18
5.1.-	Pasos de evaluación	18
5.2.-	Evaluación del yacimiento	19
6.-	PLANIFICACION DEL TRABAJO	20
6.1.	Toma de muestras	20
6.2.-	Equipo de trabajo en campaña	20
6.2.1.-	Personal de trabajo en campaña	20

I N D I C E (cont.- 1)		Pag.
6.2.2.-	Personal de trabajo en laboratorio	20
7.-	METODOLOGIA ANALITICA	22
7.1.-	Trabajo de laboratorio	23
8.-	PLANOS DEMOSTRATIVOS	25
8.1.-	Explicación plano N° 1	25
8.2.-	Explicación Mapas N° 2 y N° 3	26
8.3.-	Explicación mapa n° 4	26
9.-	CONSIDERACIONES FINALES A LA PRIMERA PARTE	26
	<u>SEGUNDA PARTE</u>	
10.-	CONSIDERACIONES GENERALES	31
10.1.-	Condiciones generales en la realización de los tra- bajos	31
10.2.-	Influencia sobre el programa de trabajo	32
10.3.-	Influencia sobre la toma de muestras	33
10.4.-	Selección de los lugares de toma de muestras	34
10.4.4.-	Criterio de extracción de muestras	36
10.5.-	Envasamiento de muestras	36
10.6.-	Estimación de la profundidad del manto de Tierra Roja	36
10.7.-	Influencia sobre los datos analíticos	40
10.7.1.-	Humedad	40
10.7.2.-	Humedad a 100°-105°C	41
10.7.3.-	Densidad aparente	41
10.7.4.-	Color de la muestra	41
10.7.5.-	Pérdida por calentamiento a 650°C	42
10.7.6.-	Cambio de color	42
10.7.7.-	Separación magnética	42
10.7.8.-	Determinación de Al_2O_3 , Fe_2O_3 y TiO_2	42
10.7.9.-	Sílice e insolubles	42
10.7.10.-	Relación Al_2O_3/Fe_2O_3	43

	I N D I C E (Cont.- 2.)	Pag.
10.7.11.-	Granulometría del material desecado	43
11.-	RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES ANALITICAS	43
11.1.-	Interpretación de los resultados de los análisis reali- zados	43
	Planilla N° 1 Resultados de análisis	44
	" " 2 " " "	46
	" " 3 " " "	48
	" " 4 " " "	50
	" " 5 " " "	52
	" " 6 " " "	54
11.1.1.-	Diferenciación de ubicaciones	57
11.1.2.-	Forma de realización de la toma de muestras	58
11.1.3.-	Espesor del manto de Tierra Roja	58
11.1.4.-	Superficie explotable de Tierra Roja	58
11.1.5.-	Reservas metálicas	59
12.-	CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS ANALITICOS	62
12.1.-	Densidad aparente	62
12.2.-	Variación de color	62
12.3.-	Pérdida por calcinación	62
12.4.-	Separación magnética	63
12.5.-	Oxidos metálicos	64
12.6.-	Sílice e insolubles	66
13.-	INTERPRETACION DE RESULTADOS	66
13.1.-	Clasificación por zonas	66
13.1.1.-	Zona desde nacimiento del A° Itaembé al Norte	67
13.1.2.-	Zona desde A° Itaembé hasta pozo N° 5(Est.San Antonio)	67
13.1.3.-	Zona de San Carlos y alrededores	68
13.1.4.-	Zona entre Est. Aguapey y ribera Norte del A° Carpincho	69

13.1.5.-	Zona desde la ribera Sur del A° Carpincho hasta los ba ñados de Iberá-Ocay	70
13.1.6.-	Zona desde el Oeste del Bañado de Iberá-Ocay hasta lí- mite Sur del trabajo	72
13.1.7.-	Otras zonas	72
14.-	TRATAMIENTOS ESPECIALES PARA CONCENTRACION DE LOS MI- NERALES TITANIFEROS	73
15.-	CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA PARTE	73
	<u>TERCERA PARTE</u>	
16.-	FACTIBILIDADES INDUSTRIALES	75
16.1.-	Reservas probables existentes	75
16.1.1.-	Criterios a utilizar en el análisis de la factibilidad de utilización de las Tierras Rojas	76
16.1.2.-	Composición de las Tierras Rojas	76
16.1.3.-	Estudio de la estructura química	77
16.1.4.-	Interpretación de los resultados de los análisis	80
16.1.5.-	Valoración de las reservas en función de la factibilidad de su explotación industrial	81
16.2.-	Ensayos metalúrgicos	85
16.2.1.-	Metodología de los ensayos metalúrgicos	85
16.2.1.1.-	Tipos de muestras para ensayos	85
16.2.1.2.-	Tipos de ensayos realizados	86
16.2.1.3.-	Tamaño de los ensayos	87
16.2.1.4.-	Materiales utilizados en los ensayos	88
16.2.1.5.-	Referencia de los resultados	89
16.2.2.-	Ensayos físicos (Concentración o Separación)	89
16.2.2.1.-	Separación densitaria	89
16.2.2.1.1.-	Con Tierra Roja cruda	89
16.2.2.1.2.-	Con mineral calcinado a 600°C	90

I N D I C E (Cont. 4)	Pag.
16.2.2.2.- Concentración por líquidos de densidades intermedias	91
16.2.2.3.- Separación por flotación	91
16.2.2.3.1.- Con material crudo	92
16.2.2.3.2.- Con material calcinado a 600°C	92
16.2.2.4.- Conclusiones	93
16.2.3.- Separación magnética	94
16.2.3.1.- Tabla de valores	95
16.2.3.2.- Ensayos de separación magnética a nivel de pequeña es- cala piloto	96
16.2.3.3.- Consideraciones sobre los ensayos de Separación mag- nética	99
16.2.3.4.- Conclusiones	106
16.3.- Ensayos hidrometalúrgicos	106
16.3.1.- Condiciones para la valoración de los procesos hidro- metalúrgicos	116
16.3.2.- Metodología de los ensayos hidrometalúrgicos	119
16.3.2.1.- Métodos hidrometalúrgicos básicos	119
16.3.3.- Procesos ácidos	122
16.3.3.1.- Métodos con H_2SO_4	127
16.3.3.1.1.- Método con H_2SO_4 y purificación con alcoholes	129
16.3.3.2.- Método con H_2SO_4 y separación al estado de Sulfato Bá- sico de Aluminio (B.A.S.)	133
16.3.3.3.- Proceso con HNO_3	140
16.3.3.4.- Comparación de los distintos procesos ácidos	144
16.3.3.4.1.- Procedimiento al H_2SO_4 con purificación con alcohol	146
16.3.3.4.2.- Procedimiento con H_2SO_4 y producción intermedia de Sulfato básico de Aluminio (B.A.S.)	148
16.3.3.4.3.- Procedimiento con HNO_3	149
16.3.4.- Métodos pirometalúrgicos	150

I N D I C E (Cont. 5)

	Pag.
16.3.5.- Otros métodos	157
16.4.- Interpretación y valoración	157
17.- PLAN DE EXPLORACION	157
17.1.- Zonas factibles de ser exploradas y explotadas	158
17.2.- Ubicación de las zonas iniciales de explotación	165
17.3.- Forma de explotación del yacimiento	169
18.- PLAN DE EXPLOTACION INICIAL	170
18.1.- Ubicación de los centros de explotación	170
18.2.- Métodos de industrialización sugeridos	173
18.3.- Metodología para la determinación de los costos de Capital y de Operación	174
18.3.1.- Costo de Capital o Activo Fijo	174
18.3.2.- Costo de Capital en Gire	175
18.3.3.- Parámetros para establecer el Balance de Ganancias y Pérdidas y los Costos operativos en un Ejercicio com- pleto	175
18.4.- Orientación para el desarrollo del Estudio de Facti- bilidad	176
18.5.- Forma de desarrollarlo	177
18.6.- Acondicionamiento de los resultados	177
19.- ESTUDIO DE LA INVERSION MINIMA	180
19.1.- Costo de instalación de una planta de producción de Alúmina por procedimientos con H_2SO_4 y etapa intermedia de B.A.S.	180
19.1.1.- Costo de Administración y Comercialización para pro- ceso con H_2SO_4 y B.A.S.	181
19.1.2.- Costo operativo para el proceso con H_2SO_4 y B.A.S.	181
19.1.3.- Precios de venta de la producción	182
19.1.3.1.- Alúmina	182

I N D I C E (Cont. 6)		Pag.
19.1.3.2.-	Ocre o Rojo Inglés	182
19.1.3.3.-	Rutilo (Dióxido de Titanio)	183
19.1.3.4.-	Mineral de Hierro	183
19.1.4.-	Rentabilidad del proceso con H_2SO_4 y B.A.S.	183
19.2.-	Proceso con H_2SO_4 y Cristalización en alcohol	184
19.2.2.-	Rentabilidad del proceso al H_2SO_4 y purificación con Etanol	185
19.3.-	Proceso con HNO_3	186
19.3.1.-	Costo operativo	186
19.3.2.-	Factibilidad	187
19.4.-	Evaluación del proceso Cal-Soda	187
19.4.1.-	Costo operativo	188
19.5.-	Tratamiento de las Tierras Rojas por precarburation para la producción de Hierro maleable en lingotes para una producción de 25.000 Ton./año	189
19.5.1.-	Consideraciones previas	189
19.5.2.-	Costo operativo	191
19.5.3.-	Rentabilidad	194
19.5.4.-	Ubicación de la planta	197
20.-	FACTORES QUE INCIDEN EN LA INVERSION PRIMARIA Y SU POSTERIOR RENTABILIDAD	197
20.1.-	Consideraciones generales	200
20.1.1.-	Valores base para los cálculos de rentabilidad	200
20.1.2.-	Dimensionamiento mínimo de la planta	201
20.1.3.-	Precios de compra de insumos y venta de productos	203
20.1.4.-	Sueldos y Jornales	203
20.1.5.-	Instalaciones accesorias	203
20.1.6.-	Autoabastecimiento provincial de insumos	205
21.-	CONCLUSIONES	206

I N D I C E (Cont. 7)

	Pag.
21.1.- Evaluación del medio	207
21.2.- Valor del trabajo realizado	208
21.3.- Conclusiones finales	209
Bibliografía	211
----- 0 -----	
<u>Planos y dibujos.</u>	
Plano N° 1: Red Caminera de la Provincia de Corrientes	28
Plano N° 2: Ubicación de zonas	28b
Plano N° 3: Ubicación de zonas	29
Plano N° 4: Ubicación según Bonarelli y Longobardi	30
Plano N° 5: Ubicación de pozos (Analizados y no representativos)	37
Plano N° 6: Id. Id.	38
16.2.3.2.- Separador magnético	98
16.3.2.2.- Balance de Materiales del Proc. Cal-Soda	124
16.3.3.1.1.1.-Balance de extracción de Alúmina con H_2SO_4	132a
16.3.3.1.1.2.- " " cristalización del Sulfato de Aluminio con Etanol	132b
16.3.3.1.1.3.-Balance de purificación de los cristales de Sulfato de Aluminio	132c
16.3.3.1.1.4.-Flow-sheet del proceso ácido con H_2SO_4 y purificación con Etanol	132d
16.3.3.1.1.5.-Balance de Materiales del Proc. con H_2SO_4 y purificación con Alcoholes	132e
16.3.3.2.1.- Flujo esquemático del proceso con H_2SO_4 y calcinación del B.A.S.	136
16.3.3.2.2.- Balance de Materiales del proc. c/ H_2SO_4 y B.A.S.	137
16.3.3.2.3.- Flow-sheet del proc.c/ H_2SO_4 y Calcinación del B.A.S.	138

I N D I C E (Cont. 8)		Pag.
16.3.3.3.1.	Flow-sheet del proceso con HNO_3	142
16.3.3.3.2.-	Balance de Materiales del proceso con HNO_3	143
16.3.4.1.-	Flow-sheet del método con pre-carburación	154
16.3.4.2.-	Balance de materiales del met. con precarburación	155
18.2.1.-	Gráfico de costos de instalación de plantas de Alú- mina	173a
18.2.2.-	Gráfico de costos de producción de plantas de Alúmina	173b
19.5.1.-	Anteproyecto "D" de aprovechamiento Hidroeléctrico del río Aguapey	192
19.5.2.-	Anteproyecto "E" de aprovechamiento Hidroeléctrico del río Aguapey	193
----- 0 -----		



FE DE ERRATAS

<u>Pág.</u>	<u>Reng.</u>	<u>Dice</u>	<u>Debe decir</u>
2	12	(o psedo-Lateritas)	(o pseudo-Lateritas)
5	18	resulta	resultado
7	23	ídole	índole
8	21	depósito	depósitos
10	17	mus	muy
10	27	(121,5mm)	(127,0mm)
10	29	los	Los
11	13	los	lor
14	10	aploramientos	afloramientos
15	25	establecieros	establecieron
16	29	ferrigino-	ferrugino-
18	14	ya está	y está
24	2	atacón	atacó
25	15	el pH	del pH
25	19	520 m	520 μ m
32	17	príodo	período
33	20	declices	declives
34	11	el	en
60	2	cócavo	cóncavo
63	20	conomicidad	economicidad
73	28	cálsicos	clásicos
81	6	en obtenidos	en los obtenidos
87	7	magnética	magnética
93	22	separción	separación
107	29	con	como
112	24	basdo	basado
113	24	en elevado	en el elevado
118	13	centrí-	centrífu-

FE DE ERRATAS

<u>Pág.</u>	<u>Reng.</u>	<u>Dice</u>	<u>Debe decir</u>
144	5	asgurar	asegurar
165	30	se crean	se creen
170	26	seterminará	determinarán
179	4	Bureaur	Bureau
180	19	agregar : la escoria	
203	20	resrevas	reservas
209	11	minera enormemente	minera es enormemente

----- 0 -----