



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

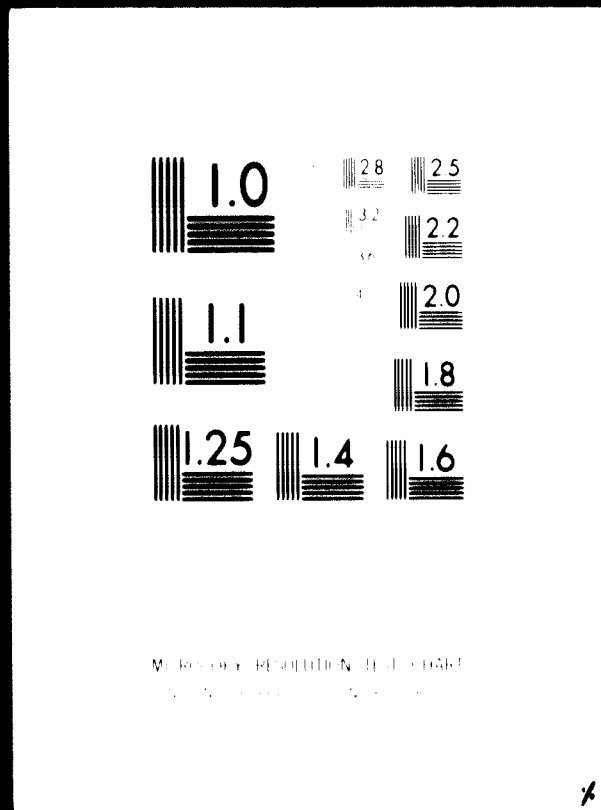
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

# 1 OF 1



# 24x E

01418



**SALZGITTER INDUSTRIEBAU GESELLSCHAFT MBH**

**SALZGITTER**

2701

**BORRADOR REVISADO**  
del  
**INFORME FINAL**  
Industria de Magnesita  
Boliviana S.A.  
Bol-041-A/Rev. 1 (SIS)  
Contrato No. 70/34

INDICE

|  | Página |
|--|--------|
| Resumen  | I - V  |
| 1. Introducción  | 1      |
| 1.1 Interesados  | 1      |
| 1.2 Alcance de los trabajos  | 1      |
| 1.3 Cronología   | 3      |
| 2. Comentario sobre el Informe de la GEOBOL del año 1967 sobre los yacimientos de magnesita del Alto Chapare | 4      |
| 3. Apreciación de los yacimientos de magnesita del Alto Chapare  | 13     |
| 4. Posibilidades de una utilización industrial de los yacimientos de magnesita del Alto Chapare              | 27     |
| 5. Determinación de los costos de los distintos procedimientos de preparación                                | 34     |
| 6. Las posibilidades de venta de productos de magnesita bolivianos en el mercado nacional y extranjero       | 55     |
| 7. Recomendaciones para trabajos ulteriores  | 64     |
| 8. Análisis y ensayos  | 67     |

## Resumen

Para examinar los yacimientos de magnesita en la región del Chapare/Bolivia, con respecto a su utilización industrial, el experto del Grupo Salzgitter, el Ingeniero diplomado Heinrich Hemmer, fue enviado a Bolivia a partir del día 17-6-1970, para un período de 6 meses, por encargo de la UNIDO y de conformidad con el Contrato No. 70/34.

En su "Job-Description" (instrucciones), las reservas de magnesita han sido indicadas con 19 millones de toneladas.

El examen del Informe de la GEOBOL, del año 1967, sobre los yacimientos de magnesita, así como el recorrido de los yacimientos dieron por resultado que, respecto a El Limbo, se puede contar con reservas probables de no más de aprox. 1 millón de toneladas de mineral de buena calidad, y respecto al yacimiento en la zona de Locotal - Cristal Mayo - Rocco Rancho con reservas posibles de composición química menos favorable.

Hasta la fecha no han sido realizadas exploraciones geológicas para determinar reservas positivas y probables en la región del Chapare, y los informes disponibles pueden calificarse solamente de resultados de trabajos de prospección.

En este sentido, las exposiciones del experto respecto a otros yacimientos de magnesita al sudeste de El Limbo en la zona del Río San Mateo, y sus indicaciones sobre las reservas de esta zona sólo pueden asignarse a la categoría geológica de reservas posibles. Las estimaciones se elevan a un volumen de 200 millones de toneladas de magnesita bruta.

Según el análisis macroscópico, la calidad de esta magnesita puede calificarse superior a la de Locotal - Cristal Mayo - Rocco Rancho. Se puede comprobar claramente su semejanza a la magnesita de El Limbo.

Una pequeña muestra procedente de este yacimiento de El Limbo pudo ser sometida a investigaciones mineralógicas y químico-analíticas, en las que se comprobó, como impureza principal, un contenido de  $\text{SiO}_2$  de 6.4 %, que tendrá que ser reducido considerablemente, antes de la elaboración ulterior de la magnesita, mediante un procedimiento de preparación a ser examinado aún detalladamente.

En el examen mineralógico no se pudo comprobar cuarzo libre, de modo que todos los indicios señalan una preparación bastante difícil.

A pesar de que las muestras investigadas no pueden considerarse de ninguna manera como representativas del yacimiento de magnesita entero, sin embargo las comparaciones visuales con muestras del mineral de distintos lugares accesibles permiten concluir que la magnesita del distrito del Chapare no es, por su naturaleza, suficientemente pura para poder prescindir de una instalación de preparación.

No ha sido posible realizar, durante el período de los trabajos, una investigación especial, en forma de ensayos de laboratorio sistemáticos, para determinar el procedimiento de preparación, ya que no se disponía de los medios financieros necesarios. Por eso el experto había extraído y marcado muestras de 8 lugares característicos, en total 500 kg, las que se hallan embaladas y almacenadas en el Depósito de la CBF en Cochabamba, listas para su envío. Los lugares de toma de muestras están indicados en el mapa geológico anexo.

En cuanto a las propiedades de la materia prima y las posibilidades de su preparación, las consideraciones acerca de la utilización industrial de los yacimientos tenían que basarse ampliamente en consideraciones teóricas. Se comparan los procedimientos de flotación y de preparación térmica, siendo recomendable dar la preferencia a este último según los conocimientos del material obtenidos hasta la fecha.

Para la instalación de una planta de magnesita en Bolivia proponemos iniciar en una primera etapa, la producción de magnesita sinterizada. Conforme a estudios preliminares de los mercados, este producto puede ser exportado a países vecinos, especialmente a Argentina. Las cifras de demanda determinadas justifican un dimensionamiento de la capacidad de la instalación a 50, 000 ton. anuales de magnesita sinterizada. Esta planta debería instalarse en un lugar inmediato a los yacimientos.

A los 2 ó 3 años, la segunda etapa podría incluir la construcción de una fábrica de ladrillos de magnesita, al disponer de experiencias más amplias acerca de las propiedades de la magnesita sinterizada como masas prensadas, y también acerca de las exigencias particulares de los posibles consumidores. La producción no debería limitarse a ladrillos normalizados. Como ubicación de tal fábrica, Cochabamba puede considerarse como apropiada. La producción económica y elevada de energía eléctrica en las centrales hidráulicas de Corani y Santa Isabel, permitiría elaborar magnesita por fusión en horno eléctrico, en una cantidad de aprox. 5, 000 t anuales. La ubicación de esta planta debe preverse inmediato a la central eléctrica. Para la construcción de ambas plantas se requiere una amplia asistencia técnica de la que se deberá disponer ya al instalar la planta de magnesita sinterizada, a fin de poder realizar independientemente investigaciones y planificación para las plantas ulteriores.

En Bolivia, los problemas de transporte desempeñan un papel importante. Por su ubicación en el centro del país, hay que recorrer largas distancias, por vía férrea, desde los yacimientos a la costa y a los consumidores. Por cierto la Administración de Ferrocarriles se muestra dispuesta a otorgar tarifas especiales; no obstante habrá que contar con que el producto estará gravado con aprox. 35 US \$, de modo que, teniendo en cuenta costos de producción, según cálculos aproximados, de también 35 US \$, resultaría un

precio de costo de aprox. 70 US \$. Suponiendo que se podrá conseguir los precios vigentes en la actualidad, de aprox. 80 US \$ por tonelada de magnesita sinterizada, la rentabilidad de los proyectos está garantizada. No cabe duda de que, una vez acabada la segunda fase, mejorará la rentabilidad, por poder conseguir precios considerablemente más elevados para ladrillos y formas especiales.

Todas las consideraciones acerca de la implantación de una industria de magnesita boliviana están sujetas, sin embargo, a las siguientes condiciones previas, siendo necesario iniciar urgentemente los trabajos indicados a continuación:

- a) Trabajos de exploración, con objeto de determinar las reservas positivas, como base de una industria de magnesita, y las propiedades de la materia prima;
- b) Investigación de muestras de mineral en escala semi-industrial, con objeto de determinar un procedimiento de preparación apropiado.
- c) Negociaciones con posibles consumidores en el mercado nacional y extranjero, para obtener datos positivos sobre las posibilidades de venta, y también sobre los precios de venta a conseguir.

Los resultados de los trabajos acabados de indicar constituyen la base para un dimensionamiento óptimo de las instalaciones. Por razones económicas, la producción no debe quedar debajo de 50,000 toneladas anuales de magnesita sinterizada.



Aunque al principio de sus trabajos en Bolivia, el experto encontró dificultades en el desempeño de sus actividades, debidas a equivocaciones por parte boliviana, y la falta de un vehículo tuvo que afectar la actividad en la zona de investigaciones, queremos aquí expresar nuestro sincero agradecimiento a todos los Señores participantes en los trabajos por su apoyo que nos ha sido deparado en ocasión de nuestra estancia en Bolivia. Estamos especialmente agradecidos a los Representantes de la UNIDO en La Paz, así como a los Señores Carlos Ganedo López (CBF), Ricardo Ramirez Villarroel, que acompañó al experto en sus dos últimos viajes a los yacimientos, asistiéndole como geólogo competente y entendido en la materia, y al Dr. Friedrich Ahlfeld, que lleva muchos años en Bolivia como geólogo minero, y dio gustosamente toda información deseada sobre problemas relacionados con los yacimientos y sobre las condiciones particulares del país.

1. Introducción

1.1 Interesados

El Gobierno de la República de Bolivia ha solicitado de las NACIONES UNIDAS (NU) una ayuda técnica y financiera para la investigación y apreciación de yacimientos de magnesita.

A este respecto, la UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO) encargó el día 10 de Junio de 1970 a la

SALZGITTER INDUSTRIEBAU GESELLSCHAFT MBH  
SALZGITTER / República Federal de Alemania

de efectuar las correspondientes investigaciones y elaborar propuestas sobre la utilización industrial de los yacimientos de magnesita (Contract Nr. 70/34).

Para la realización de las investigaciones de campo necesarias estaba previsto en el contrato que el Sr. D. Heinrich Hemmer, Ingeniero diplomado, sería enviado a Bolivia para un período de 6 meses.

1.2 Alcance de los trabajos

En el Artículo 2.02 del contrato arriba mencionado, se determina el alcance de los trabajos a efectuar por el experto como sigue:

- (a) Estudio del Informe de la GEOBOL sobre la investigación de los yacimientos de magnesita de la región del Alto Chapare, y recomendaciones acerca de la calidad de magnesita apropiada para la fabricación de material refractario y de magnesita sinterizada;
- (b) Asesoramiento sobre los aspectos técnicos y económicos de una fábrica de productos refractarios;
- (c) Elaboración de un informe preliminar sobre las posibilidades de venta, teniendo en cuenta tanto el mercado nacional como los mercados extranjeros;

- (d) Asesoramiento sobre una eventual asistencia técnica ulterior, requerida por el Gobierno a este respecto.

Con ocasión del "De-Briefing" (reunión final), la UNIDO, en base a la primera exposición oral del experto, puso de relieve otros puntos, que se hallan consignados en el Interoffice Memorandum de fecha 30-9-1970, y en el escrito de fecha 16-10-1970.

En resumen, se trata de los siguientes puntos:

- 1 - Una recopilación más amplia de los resultados del informe geológico, detallando cartográficamente las áreas más promisorias en cuanto a la disponibilidad de magnesita;
- 2 - Comentarios sobre el Informe de la GEOBOL sobre la investigación de los yacimientos de magnesita;
- 3 - Exposición de los aspectos técnicos y económicos de un proyecto de fabricación de productos refractarios, teniendo en cuenta los datos generales;
- 4 - Datos generales sobre las posibilidades de venta en el mercado nacional y extranjero;
- 5 - Recomendaciones acerca de una asistencia técnica ulterior, indicando especialmente la clase de estudio geológico a efectuar.

**1.3 Cronología**

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>16. - 18.6.1970</b>  | <b>Briefing en la UNIDO, en Viena</b>   |
| <b>20.6.1970</b>        | <b>Llegada del experto a La Paz, Bolivia</b>  |
| <b>22.6.1970</b>        | <b>Inicio del trabajo del experto en las oficinas de la Corporación Boliviana de Fomento en La Paz, Avenida Camacho.</b>  |
| <b>30.6.1970</b>        | <b>Traslado del experto a la "Duty Station" (residencia) Cochabamba</b>   |
| <b>12. - 14.7.1970</b>  | <b>Viaje a Oruro, al Instituto de las Investigaciones Mineras y Metalúrgicas</b>  |
| <b>15.7.1970</b>        | <b>Entrevista en Cochabamba con el Sr. Eduardo Rochas Ferro, para aclarar los problemas que se han producido en relación con la posición jurídica del experto</b> |
| <b>22. - 26.7.1970</b>  | <b>Viaje a los yacimientos de El Limbo</b>  |
| <b>10. - 13.8.1970</b>  | <b>Viaje a La Paz</b>   |
| <b>2. - 13.9.1970</b>   | <b>Viaje a los yacimientos de El Limbo</b>  |
| <b>5. - 9.10.1970</b>   | <b>Viaje a La Paz</b>   |
| <b>7. - 10.11.1970</b>  | <b>Viaje a Cristal Mayo - Rocco Rancho</b>  |
| <b>11. - 13.11.1970</b> | <b>Viaje a La Paz</b>   |
| <b>30.11.1970</b>       | <b>Viaje a La Paz, fin de las actividades en Cochabamba</b>   |
| <b>14.12.1970</b>       | <b>Viaje a Viena para la reunión final (De-Briefing) en la UNIDO</b>  |
| <b>16. - 17.12.1970</b> | <b>De-Briefing en la UNIDO/Viena.</b>   |

2. Comentario sobre el Informe de la GEOBOL del año 1967 sobre los yacimientos de magnesita del Alto Chapare

2.1 Este informe sobre investigaciones geológicas abarca 29 páginas mecanografiadas, basando en investigaciones de campo geológicas, llevadas a cabo en septiembre y octubre de 1966 por los ingenieros J. E. Murillo y V. Flores de la GEOBOL.

El cálculo de reservas indicado en página 25, así como los párrafos "Conclusiones" (2. 2) y "Recomendaciones" (2. 3) proporcionan una clara síntesis del contenido del Informe:

Cálculo de reservas posibles e inferidas de magnesita del Chapare

| Lugar       | Block No. | Longitud m. | Ancho m. | Ptencia m. | Peso Espec. | Tons Min. | %Magne-sita | Tons. Magn.            |
|-------------|-----------|-------------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|------------------------|
| Sud Km. 122 | 001       | 500         | 60       | 10         | 3.0         | 900.000   | 70.0        | 630.000                |
| Km. 122.100 | 002       | 100         | 40       | 10         | 3.0         | 120.000   | 70.0        | 84.000                 |
| Km. 121.700 |           |             |          |            |             |           |             |                        |
| 122.500     | 003       | 400         | 40       | 10         | 3.0         | 480.000   | 70.0        | 336.000                |
|             |           |             |          |            |             | 1500.000  | 70          | 1.050.000              |
| =====       |           |             |          |            |             |           |             |                        |
| Limbo       | 004       | 200         | 40       | 10         | 3.0         | 240.000   | 60.0        | 144.000 <sup>(2)</sup> |
| Locotal     | 005       | 400         | 30       | 10         | 3.0         | 360.000   | 60.0        | 216.000                |
| Locotal     | 006       | 400         | 30       | 10         | 3.0         | 360.000   | 60.0        | 216.000                |
|             |           |             |          |            |             | 960.000   | 60.0        | 576.000                |
| =====       |           |             |          |            |             |           |             |                        |
| T O T A L   |           | 2.000       | 40       | 10         | 3.0         | 2460.000  | 66.0        | 1626.000               |
| =====       |           |             |          |            |             |           |             |                        |

(1) Reserva posible

(2) Reserva inferida

## 2.2 Conclusiones

Por el estudio de los depósitos de magnesita en la zona de EL Limbo, en el Alto Chapare, se formulan las siguientes conclusiones:

- 2.2.1 El horizonte de magnesita ocupa una posición inmediatamente superior a las breccias "Locotal" que son las más antiguas de la Formación "Limbo", pertenecientes a la edad Cámbrica.
- 2.2.2 La magnesita se encuentra como depósito sedimentario, con enriquecimiento secundario, entre dos estratos con asbesto: las breccias "Locotal" y las areniscas cuarcíticas que sobreyacen.
- 2.2.3 Desde el punto de vista genético, existe un control stratigráfico y su continuidad y exposición, dependen de los efectos tectónicos a los que han sido sometidos, así como a la erosión, que en la zona son pronunciados.
- 2.2.4 La potencia del horizonte de magnesita dolomita, que alterna con capas de arcilla magnésica, fluctúa entre 5 y 50 m. de espesor.
- 2.2.5 Longitudinalmente, se espera encontrar una exposición de aproximadamente 20 Km. en dirección NNE-SSE desde el río Juntas del Espíritu Santo, hasta 4 km. al sud del Km. 122 del camino carretero Cochabamba-Todos Santos, donde se observa una serranía inaccesible que, por su coloración típica, se trata de un enorme depósito de magnesita todavía inexplorado.

2.2.6 **Las reservas de magnesita en esta área pueden considerarse potencialmente cuantiosas, superiores a los dos millones y medio de toneladas previstas para la zona de "El Limbo", lo cual es suficiente para abastecer cualquier tipo de industria.**

2.2.7 **Los contenidos de magnesita en el yacimiento fluctúan entre los 60 y 70 % de  $MgCO_3$ , presentando en determinadas capas del horizonte concentraciones del orden del 80 y 90 % de  $MgCO_3$ .**

**Un nuevo muestreo realizado en el Km 122, a lo largo de 12 metros dió 75.83 % de ley promedio.**

**La calidad industrial de la magnesita está probada en las pequeñas fábricas instaladas en la ciudad de Cochabamba, tanto para refractarios como para material de construcción.**

2.2.8 **Es factible la obtención de la magnesita calcinada en el mismo lugar de los depósitos, evitando de esta manera los altos costos de transporte.**

2.2.9 **La madera del lugar es igualmente excelente para obtener fibras, que al ser mezcladas convenientemente con el oxiclорuro de magnesio, dan lugar a la obtención de materiales de construcción de buena calidad.**

2.2.10 **Es imprescindible la complementación de los estudios de evaluación y prospección adicionales, además de la realización de pruebas semi-industriales para la utilización de la magnesita, con objeto de promover muchos productos industriales para los cuales es apto este importante recurso natural no renovable y únicamente conocido en la región del Alto Chapare.**

### 2.3 Recomendaciones

2.3.1 Efectuar la limpieza sistemática de los afloramientos de magnesita mediante sendas y desde éstas, hacer zanjas de reconocimiento cada 50 m., perpendicular a la estratificación, muestreando sistemáticamente cada zanja.

Realizar el estudio de los blocks de magnesita que resulten favorables, una vez que sean delimitados con el muestreo propuesto.

2.3.2 Para el beneficio de la magnesita y eliminación del contenido de sílice, dolomita y otros, en los depósitos de magnesita del Chapare, se ha considerado métodos por gravedad, electrostáticos y flotación:

- a) Por gravedad- Los compuestos de magnesita, sílice, dolomita y otros son tan parecidos en su peso específico, que resulta inútil considerar este método.
- b) Electrostáticos. - Existe la posibilidad de separar la sílice libre por modernos sistemas electrostáticos.
- c) Por flotación. - Existen pruebas de flotación en que se ha realizado la separación de la magnesita y la dolomita como producto flotado permaneciendo la calcita en el producto no-flotado. Sería éste el método más aconsejable para la producción de magnesita de alta calidad.



2.3.3 Impulsar una nueva prospección de yacimientos de magnesita en la zona de Cristal Mayo y otras áreas contiguas al camino carretero asfaltado del Proyecto 4. Se han encontrado afloramientos de fuertes bancos de magnesita en las inmediaciones de la mina asbestífera "San Francisco", de la indicada zona. El estudio anterior debe ser combinado con el de los yacimientos de asbesto, en un área aproximada de 10 Km<sup>2</sup>., limitando por el Norte con el río Juntas del Espíritu Santo.

De obtenerse resultados positivos, el costo de transporte rebajará considerablemente; aún más, una explotación futura en la zona de "El Limbo", se verá perjudicada por la falta de mantención de la actual carretera, puesto que estará en explotación la carretera 2, salvo que organismos especializados como el Servicio de Caminos comprometan su mantenimiento.

2.3.4 Se recomienda el estudio geofísico regional para determinar:

- a) El basamento o Escudo Brasileiro.
- b) La tectónica del lugar.
- c) El límite y la potencialidad de las breccias "Locotal" de gran interés por constituir el control inmediatamente inferior del horizonte de magnesita.
- d) Determinar los estratos de interés económico de magnesita y asbesto que sobreyacen a las breccias.
- e) Métodos magnéticos pueden ser aplicados al horizonte de las areniscas asbestíferas como hematita, que sirve de control a los yacimientos de magnesita.

2.3.5 Simultáneamente con los trabajos anteriores, se recomienda realizar un estudio mineralógico en detalle de las breccias "Locotal", por sus posibilidades de aplicación industrial dado el contenido de anhídrita.

2.4 La página 25 del Informe indica una reserva de 1 millón de toneladas de magnesita, y además unas 570,000 ton. de magnesita de calidad inferior. Estas cantidades no justificarían mayores inversiones, pudiendo cubrir solamente la demanda local, p. ej. para la fabricación de magnesita cáustica para losas de cemento Sorel.

Con ocasión del examen de los yacimientos se pudo comprobar que la investigación referida en el Informe de la GEOBOL se limita a yacimientos accesibles, mientras que se desatendieron otros yacimientos, con seguridad considerablemente más importantes, ubicados a solamente unos 500 mts. al sureste.

La carretera toca con sus numerosas curvas tres veces el yacimiento de El Limbo. Por esta razón es fácilmente accesible y pudo ser investigado detalladamente por la GEOBOL. Con respecto a esta zona, el informe indica como **posible** la cantidad de 1 millón de toneladas de magnesita bruta. Además se habla de 230,000 toneladas de magnesita más pobre, que dicen que **existieran** en la zona de Locotal. Este yacimiento es también fácilmente accesible por una senda de herradura, que desde el **puesto** de aduana de El Limbo lleva a Cristal Mayo.

Parece incomprensible que la GEOBOL, durante las investigaciones de campo realizadas en 1966 por iniciativa y por cuenta de la CBF, no **extendió** los trabajos a los yacimientos colindantes al sudeste y considerablemente mayores. Así, a una distancia de unos 500 mts. de la curva en km 122.5 sigue el yacimiento de Agua Verde, conocido probablemente ya en aquel tiempo, que en la profundidad debe de unirse con el de la Quebrada Seca.

En contestación a preguntas sobre la causa de este proceder, el Ing. Salomón Rivas Valenzuela, director de GEOBOL, **declaró** que GEOBOL es una organización relativamente joven, y que sus ingenieros se **atuvieron** a las bases de licitación y a los deseos de la CBF.

Las cantidades indicadas en el Informe han sido calculadas con gran esmero, lo que también resulta de los mapas y perfiles estratigráficos adjuntos. Sin embargo, no se hicieron sondeos. También en el caso de un yacimiento de minerales cerca de la superficie, como p. ej. de magnesita, se podrá efectuar una cubicación exacta solamente después de realizar numerosos sondeos. Además una magnesita con un contenido de  $MgCO_3$  de p. ej. 60 %, tal como se indica en la página 23 del Informe para los yacimientos de Locotal, no es un material suficientemente adecuado para una futura industria de magnesita. Aún el caso de que tal yacimiento esté ubicado muy cerca de su centro de consumo, la preparación necesaria sería tan costosa, que no se podría alcanzar una rentabilidad de una planta establecida en base a tal yacimiento.

Debido a que los yacimientos del Alto Chapare están ubicados a más de 1000 Km. (por vía terrestre) de los consumidores más cercanos en Argentina, Chile y Perú, y teniendo en cuenta que la demanda del mercado nacional no representa en modo alguno una base suficiente para tal industria, entonces, para entrar en competición con los productores en Austria, Checoslovaquia, etc., que actualmente dominan el mercado mundial, sería necesaria una empresa que disponga de una materia prima de un grado de pureza tal que una eventual preparación sencilla podría efectuarse a un costo económico. Sin embargo, en la lista de análisis adjunta se hallan indicados varios muestreos que, además de reducidos contenidos de alúmina y de cal, presentan solamente 5 - 10 % de ácido silícico como impurezas a separar.

Además de los numerosos análisis indicados en el Informe de la GEOBOL, disponemos, hasta la fecha, de los resultados de tres análisis químicos de la magnesita bruta de "El Limbo", llevadas a cabo en el extranjero, a saber:

|                                | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO   |
|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|
|                                | %                | %                              | %                              | %    | %     |
| Salzgitter, Alemania           | 6.40             | 0.12                           | 0.57                           | 1.15 | 45.45 |
| Kraljevo, Yugoslavia           | 8.50             | 0.30                           | 0.72                           | 0.44 | 43.87 |
| Harbinson + Walker,<br>EE. UU. | 7.50             | 1.30                           | 0.80                           | 0.70 | 43.60 |

Una magnesita bruta con un contenido de SiO<sub>2</sub> inferior a 10 %, de CaO inferior a 2 %, y de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> inferior a 1 %, respectivamente, podría muy bien constituir la base para una planta de magnesita a construir en Bolivia, siempre que esté disponible en cantidades dignas de explotación.

El Informe de la GEOBOL, o sea las investigaciones de campo descritas en el mismo, dan la prueba de que en la zona de El Limbo existe magnesita bruta en calidad suficiente.

Para determinar, si también las cantidades son suficientes, se harían necesarias otras investigaciones, sobre todo de la zona del Río San Mateo colindante al sudeste de El Limbo. Dichas investigaciones tendrían que ser confirmadas mediante sondeos, de aproximadamente 500 metros lineales de perforación.

- 2.5 El valor del Informe de la GEOBOL puede ser apreciado solamente por una persona que, igual que el experto, tuvo la posibilidad de recorrer la región del Alto Chapare y de examinar personalmente las descripciones contenidas en el mismo. A este respecto, se puede sacar las siguientes conclusiones:

- 2.5.1 El yacimiento de "El Limbo" es fácilmente accesible por la llamada "carretera antigua" y dispone de magnesita bruta con un contenido de ácido silícico de tan sólo 5 - 10 % como única impureza. Sin embargo, las cantidades existentes, que se elevan a aprox. 1 millón de toneladas, no son suficientes para que el yacimiento pueda ser calificado como digno de explotación.
- 2.5.2 En cuanto a la prolongación de este yacimiento en dirección NW hasta la zona de Locotal - Cristal Mayo - Rocco Rancho, se puede decir que tanto los análisis indicados en el Informe de la GEOBOL como el examen visual ponen de manifiesto que en esta zona sólo se encuentra magnesita fuertemente impurificada. No es de suponer que valga la pena efectuar otros trabajos de exploración en esta zona. Esta constatación del experto está en contradicción con las "Recomendaciones" arriba reproducidas (Item 2.3.3).
- 2.5.3 Como indicado en las "Conclusiones", Item 2.2.5, el yacimiento de "El Limbo" se extiende ciertamente hasta la zona ubicada a ambos lados del río San Mateo, calificada de inaccesible. Suponiendo, de acuerdo con el Informe de la GEOBOL, que en la zona de "El Limbo" se hallan depósitos de magnesita bruta del orden de 1 millón de toneladas, resulta muy probable que la zona casi inaccesible contenga un volumen de magnesita muy superior a esta cantidad. Una condición previa de trabajos de campo geológicos en esta zona es la construcción de unos 15 Km. de sendas de herradura y exploración.

Según opinión del experto, los yacimientos a ambos lados del río San Mateo representan los únicos verdaderamente dignos de explotación de la zona del Alto Chapare. Un cuadro de los costos a esperar para un estudio geológico detenido de esta región se halla indicado en el capítulo 3.

3. Apreciación de los yacimientos de magnesita del Alto Chapare

Conforme a lo indicado bajo Cifra 1.3, los yacimientos de magnesita en la zona del Alto Chapare se recorrieron e investigaron en total tres veces. La estancia de sólo 15 días en los yacimientos mismos permitió al experto constatar lo siguiente:

Los yacimientos son fácilmente accesibles desde Cochabamba por la carretera vieja construída a principios de los años treinta, que atraviesa la Cordillera Oriental a una altura de 4,430 mts. Los yacimientos mismos están ubicados en la falda oriental de esta cordillera, a una altura de 1,700 - 2,200 mts. s n/m. Su prolongación hacia el nord-este en la zona de Locotal - Cristal Mayo baja hasta un nivel de 700 mts.

En el tramo entre Km 121 y Km 123, la carretera antigua toca tres veces un yacimiento de magnesita en el valle del río La Cascada. En el Informe de la GEOBOL se halla una investigación exacta de este yacimiento, que ofrece los mejores resultados de análisis según el mismo Informe. El yacimiento está constituido por un estrato de buzamiento casi vertical y de 5 a 10 mts. de espesor, posiblemente desplazado lateralmente por una o varias fallas, que presenta en total una extensión de unos 600 mts. de altura, desde el nivel de aprox. +1,700 mts. hasta aprox. +2,300 mts. Una medición exacta es difícil debido a las laderas extraordinariamente escarpadas y la densa vegetación parecida a una selva virgen. Además los afloramientos son accesibles solamente en aquellos lugares, en que están atravesados por la carretera, es decir en tres lugares. Si durante la investigación de este yacimiento por la GEOBOL se abrieron sendas o se cavaron escalones, éstos han desaparecido entretanto o están cubiertos de maleza.

Respecto a este yacimiento, la GEOBOL indica la cantidad de aprox. 1 000 000 ton. de magnesita, suponiendo, debido a la falta de perforaciones, que el estrato se extiende por lo menos hasta la profundidad de 10 m. Por lo tanto esta estimación ha de calificarse de cuidadosa. Debido al reducido espesor, la explotación avanzaría bastante rápidamente con gran rendimiento, planteándose grandes

problemas de transporte.

La composición química y mineralógica del material estaría sujeta a considerables variaciones, ya que se debe contar con roca encajante.

De acuerdo con normas internacionales, tal yacimiento es sólo condicionalmente digno de explotación. Por consiguiente, la GEOBOL examinó otro yacimiento, en la zona de Locotal, durante las investigaciones de campo efectuadas en septiembre y octubre de 1966. Este yacimiento es accesible por una senda de herradura, que lleva desde el puesto de aduana "El Limbo" a la desembocadura del río Cristal Mayo en el río Espíritu Santo. Su altura, que se sitúa en aprox. +1,600 mts., es inferior a la del yacimiento "La Cascada". Los análisis químicos referidos en el Informe de la GEOBOL indican, para este yacimiento, sólo una magnesita bruta fuertemente impurificada, o sea un mineral, que debe calificarse de magnésfíco, no representando de ningún modo una fuente de materia prima para una futura planta de magnesita.

En el Estudio de Prefactibilidad de la CBF del marzo de 1970 se señala que en la zona del río San Mateo, al sudeste de El Limbo, se encuentran yacimientos no investigados por la GEOBOL. Solamente se pudo realizar un recorrido parcial de estos yacimientos. Conforme a lo indicado en las aclaraciones de la Cronología, resultó imposible cruzar el río San Mateo. Sin embargo se puede decir, que los yacimientos existentes a ambos lados de este río, los que en el mapa adjunto del geólogo Ricardo Ramirez Villarroel se hallan representados detalladamente, tienen un volumen muchas veces más extenso que el de los yacimientos descritos en el Informe de la GEOBOL.

Respecto al yacimiento accesible del lado de acá, se juzgó por los afloramientos visibles a una dimensión diez veces mayor. También los yacimientos del lado opuesto eran claramente visibles, lo que permitió deducir que su magnitud es por lo menos la misma. Por lo tanto es de suponer que en esta zona existen unos 20 millones de toneladas de mineral de magnesita digno de explotación.

Esta parte de los yacimientos se caracteriza por el hecho de que

- el espesor de los estratos del mineral, con su buzamiento casi vertical, es considerablemente mayor que en la zona de "El Limbo".
- desde el punto de vista tectónico, se presentan considerablemente menos fallas, lo que haría más fácil una futura explotación.

Respecto a los yacimientos en la zona del río San Mateo se tendrá que llevar a cabo un programa de exploración más amplio, a fin de determinar de modo más exacto las reservas, lo que más adelante se tratará con más detalle.

Los análisis químicos, efectuados por encargo de la CBF, de muestras de la magnesita bruta boliviana, procedentes todas del yacimiento "La Cascada", habían dado por resultado - de acuerdo con el análisis en Salzgitter de una muestra de la misma procedencia - que esta magnesita bruta presenta únicamente ácido silícico como impureza a separar. La composición química de la muestra mencionada en último lugar fue determinada como sigue:

|                                |      |      |                  | TiO <sub>2</sub> +             |      |       |                 | pérdida  |                 |
|--------------------------------|------|------|------------------|--------------------------------|------|-------|-----------------|----------|-----------------|
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P    | S    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO   | CO <sub>2</sub> | p. calc. | Cl <sub>2</sub> |
| % 0,57                         | 0,02 | 0,04 | 6,40             | 0,12                           | 1,15 | 45,45 | 45,38           | 46,21    | 0,45            |

Una magnesita bruta de esta composición química representa sin duda una valiosa materia prima industrial, si se puede realizar un procedimiento que reduzca en gran parte el contenido de ácido silícico.



Las reservas existentes en la zona del río San Mateo, que son de aproximadamente 20 millones de toneladas, podrían asegurar por varios decenios la explotación de una mina.

La ubicación de los yacimientos de magnesita en la ladera este de la Cordillera Oriental, hallándose intercalados en escarpadas pendientes y siendo casi inaccesibles hasta la fecha, es característica de los yacimientos de magnesita de este tipo. Igualmente los yacimientos de Austria, Checoslovaquia y del norte de España están intercalados en escarpadas pendientes, encontrándose, en especial en Austria, a niveles de +1,200 a 3,200 mts. (Sunk cerca de Trieben, Steiermark (Estiria) +1,250 mts., Radenthein +2,600 mts., Zillertal +3,100 mts.)

La falta de la infraestructura y la ubicación topográfica de los yacimientos de magnesita bolivianos no excluyen de antemano su utilización industrial. Una decisión sobre esta cuestión dependerá, en modo decisivo, de otros factores, tales como:

- un estudio geológico detenido de los yacimientos, sobre todo de aquéllos ubicados a ambos lados del río San Mateo, cuyos resultados tendrían que ser confirmados en todo caso mediante perforaciones con recuperación de testigos;
- investigaciones semitécnicas y de laboratorio, con respecto a la posibilidad de separar, a un coste económico, el ácido silícico presente como impureza;
- planificación de instalaciones rentables de extracción, preparación y enriquecimiento;
- dimensionamiento óptimo de las capacidades de explotación y de producción.

3.10 En cuanto a la prevista construcción de sendas de herradura de una longitud aprox. de 15 Km., cabe decir que, de todos modos, esta senda contribuirá a un mejoramiento de la infraestructura de dicha región. Al realizar su segundo viaje al Chapare (2. - 13.9.1970), el experto pudo comprobar que, entretanto, la senda cortada a través de la selva había sido utilizada por labradores para recoger cañas de bambú para fines de construcción, las que se transportaron con camiones a Cochabamba, por la "carretera antigua".

Para la mencionada construcción de sendas, y también para el estudio geológico propiamente dicho de la región promisoría de magnesita a ambos lados del río San Mateo es indispensable que se disponga de mapas exactos.

El experto pudo comprobar que, lamentablemente, no existen hasta la fecha mapas oficiales de esta región de Bolivia. Por esta razón, al formarse un juicio sobre los mapas adjuntos a este Informe, habrá que tener en cuenta la falta de documentación cartográfica exacta.

3.11 El mapa general en escala 1 : 250.000, "Plano de Ubicación de Yacimientos Asbesto-Magnesita del Chapare" (No. 238 571) fue sacado del Informe de la GEOBOL. La zona, en la que se concentró el estudio del experto, está denominada "Región investigada".

El mapa No. 238 572 fue dibujado por el geólogo Ricardo Ramirez Villarroel en base a fotografías aéreas proporcionadas por la Corporación Boliviana de Fomento. En Salzgitter se procedió por medios fotográficos a su cambio a escala 1 : 25,000. Las cotas se midieron in situ mediante un altímetro barométrico.

Durante el segundo viaje del experto a los yacimientos (2. - 13. 9. 1970), se sacaron en total 500 Kgr. de muestras, que se almacenaron en el depósito de la CBF en Cochabamba. Proceden de 8 lugares de muestreo, indicados y numerados en el mapa No. 238 572. Del lugar de muestreo 1 se extrajeron 300 Kgr., ya que fue posible cavar un pozo de 4 mts. de profundidad en magnesita pura. De cada uno de los otros siete pozos se sacaron unos 30 Kgr. Todas las muestras fueron cuidadosamente provistas de marcaciones duraderas.

El "Perfil estratigráfico" No. 238 573 fue también dibujado por el geólogo Ricardo Ramirez Villarroel en base a fotografías aéreas existentes, siendo el resultado y resumen de estudios geológicos efectuados in situ. No lleva escala, y tiene por misión demostrar que los bancos de magnesita buzan muy escarpadamente y a veces en sentido opuesto, que frecuentemente están cubiertos de sedimentos aluviales, y que toda la región presenta un intenso grado de tectonismo.

- 3.12 Como el experto es, de acuerdo con la Job description BOL-041-A (SIS), un tecnólogo en productos refractarios, declina toda responsabilidad en lo que concierne a la exactitud de los mapas adjuntos al presente Informe. Puede únicamente dar fe de que éstos se fundan en un recorrido cuidadoso y fatigoso del terreno, y que de ningún modo fueron sacados del Informe de la GEOBOL. Lo mismo vale para los 500 Kgr. de muestras, que actualmente se hallan en el depósito de la CBF en Cochabamba.

- 3.13 En cuanto a un futuro estudio geológico de la zona de "El Limbo", el experto atribuye especial importancia al yacimiento de Quebrada Seca, que cruza el río San Mateo, siguiendo a su lado este en una región completamente inaccesible. Por lo tanto, en el mapa No. 238 572 están marcados los puntos de futuros muestreos o sondajes de exploración, que han podido fijarse por el momento.

**3.2** Por encargo del experto, el geólogo Ricardo Ramirez Villarroel elaboró un presupuesto de gastos detallado para los trabajos geológicos de exploración absolutamente necesarios.

El estudio abarca las zonas de Limbo, SE del río San Mateo y Vandiola.

- 3.2.1** Instalación y construcción de campamentos auxiliares en los lugares previamente escogidos durante el estudio preliminar.
- 3.2.2** Construcción de sendas de herradura y/o exploración, apertura de zanjas transversales.
- 3.2.3** Perforación y sondeo con diamantina entre las profundidades de 100 y 700 mts. según los casos.
- 3.2.4** Muestreo sistemático.
- 3.2.5** Determinar y calcular el volumen de las reservas positivas (ya que sólo se hizo un cálculo de las reservas posibles).

- 3.2.6 Estudio para explotación y transporte del mineral.
- 3.2.7 Trabajos de gabinete y laboratorio.
- 3.2.8 Otros recursos económicos.

Estos 8 puntos se realizarían durante el año 1971 haciendo toda la preparación que requiere el caso. Los puntos 1 y 2 se efectuarían durante los meses abril y mayo; también se haría la preparación de plataformas para las perforaciones. El estudio en sí abarcaría los meses de junio, julio y agosto, los trabajos de gabinete, laboratorio y redacción de informes los meses de septiembre, octubre y noviembre.

### 3.3 Personal a emplearse

#### Técnicos

Asesor de ONU, Director del proyecto.

1 geólogo

1 topógrafo

1 jefe de diamantina

2 alarifes o ayudantes (para el geólogo y topógrafo)

1 secretaria (para oficina en la ciudad)

Mano de obra

- 1 administrador de campamento
- 2 capataces
- 2 perforistas
- 1 ayudante de diamantina
- 1 chofer
- 20 peones (para tareas generales)
- 5 peones (para diamantina)
- 5 peones (para muestreo)
- 1 carpintero
- 1 cocinero
- 1 ayudante de cocina

Todo este personal tendrá contratos temporales y se los empleará de acuerdo al trabajo que se realice, siempre que sea necesario el empleo de ellos. Así, en el período de construcciones (ptos. 1 y 2) meses de abril y mayo trabajará el siguiente personal: geólogo, topógrafo, alarifes, administrador, perforistas, capataz, carpintero y 20 peones. En el período de prospección, el siguiente personal: geólogo, jefe de diamantina, un alarife, administrador, un capataz, 5 peones para diamantina, 5 peones para muestreo, un perforista; para los dos períodos se emplearía al cocinero, su ayudante y chofer. Para el último período, que se haría en la oficina, sería necesario el empleo de una secretaria.

(Ver cuadro de presupuesto para personal).

3.4 Equipo y material

Una camioneta de doble tracción ("pickup")

3.4.1 Material de campo para técnicos

1 brújula

1 eclímetro

1 taquímetro

1 cateador

1 wincha de 50 mts.

1 alfiler

2 miras y jalones

1 escalímetro

No es necesario su compra ya que CBF posee este material.

100 bolsas para muestreo (con confección especial)

3.4.2 Material de escritorio para el campo

2 libretas tamaño carpeta para anotaciones

1 libreta para registros

1 caja de lápices 2 H

1 caja de gomas de borrar

1 caja de lápices 24 colores (no acuarela)

Marcadores 4 colores (rojo, azul, verde y cepia)

1 rollo de scotch

Escuadras de 45°, 30° y 60° (pequeñas y grandes)

Reglas y escalímetros

Fotografías aéreas del Chapare



Mapas topográficos escalas 1 : 50,000 y 1 : 10,000. Este último de la faja mineralizada; los proporcionados sólo corresponden a 1/3 de la zona mineralizada:

**3.4.3 Material para mano de obra**

- 1 equipo de diamantina completo
- 2 perforadoras portátiles o manuales.
- 20 palas
- 20 picos
- 10 machetes
- 5 carretillas
- 5 hachas
- 5 barrenos
- 4 combos de 8 y 16 lbs.
- 2 cajones de dinamita y fulminantes
- 1 rollo de guía
- 1 qq. de amonio
- 2 serruchos (grande y pequeño)
- 3 Kilos de clavos de 2.4 y 6 pulgadas a 1 Kg.
- 1 rollo de alambre

**3.4.4 Material de campaña**

- 3 carpas grandes, una para dormitorio de técnicos, otra para personal y la otra para comedor
- 5 catres y camas para técnicos
- 15 catres para obreros
- 3 lámparas a gas
- 1 mesa larga y 2 bancos largos
- 5 caramañolas

3.4.5 Material de cocina

- 1 cocina portátil, 3 hornillas a gas
- 3 ollas grandes
- 1 caldera grande
- 1 sartén grande
- 1 termo grande
- 2 docenas de cubiertos completo
- 2 docenas de tazas
- 2 docenas de platos
- 1 cucharón y espumadera
- 2 cuchillos de cocina
- 4 recipientes para agua
- cajas para provisiones

3.4.6 Presupuesto necesario

|  | \$ b    | \$ US  |
|--|---------|--------|
| Sueldos y salarios                                 | 231,000 | 19,250 |
| Material de escritorio y<br>de campo para técnicos | 54,000  | 4,500  |
| Material para mano de obra                         | 60,000  | 5,000  |
| Material de campaña                                | 12,000  | 1,000  |
| Material de cocina                                 | 3,000   | 250    |
| 10 % de previsto                                   | 36,000  | 3,000  |
|  | <hr/>   | <hr/>  |
| TOTAL  | 396,000 | 33,000 |

Proyecto Magnesita

Presupuesto para Personal

Estudio geológico

| Personal        | N° | Tiempo de trab. | Sueldo mens. \$ b | Sueldo mens. \$ US | Total p/pers. \$ b | Total p/pers. \$ US | Sobre tiempos \$ b | Sobre tiempos \$ US | Total General \$ b | Total General \$ US |
|-----------------|----|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|                 |    |                 |                   |                    |                    |                     |                    |                     |                    |                     |
| Asesor ONU      | 1  | 3               | 18.000            | 1.500              | 54.000             | 4.500               |                    |                     | 54.000             | 4.500               |
| Geólogo         | 1  | 6               | 2.400             | 200                | 14.400             | 1.200               | 7.200              | 600                 | 21.600             | 1.800               |
| Topógrafo       | 1  | 2               | 1.800             | 150                | 3.600              | 300                 | 1.800              | 150                 | 5.400              | 450                 |
| Jef. Diamnt.    | 1  | 3               | 1.500             | 125                | 4.500              | 375                 | 2.250              | 188                 | 6.750              | 563                 |
| Administrador   | 1  | 6               | 1.200             | 100                | 7.200              | 600                 | 3.600              | 300                 | 10.800             | 900                 |
| Capataz         | 2  | 6               | 1.200             | 100                | 7.200              | 600                 | 3.600              | 300                 | 21.600             | 1.800               |
| Perforista      | 2  | 4               | 840               | 70                 | 3.360              | 280                 | 1.680              | 140                 | 10.080             | 840                 |
| Ayd. Diamnt.    | 1  | 3               | 840               | 70                 | 2.520              | 210                 | 1.260              | 105                 | 3.780              | 315                 |
| Alarife         | 2  | 6               | 840               | 70                 | 5.040              | 420                 | 2.520              | 210                 | 15.120             | 1.260               |
| Chofer          | 1  | 6               | 720               | 60                 | 4.320              | 360                 | 2.160              | 180                 | 6.480              | 540                 |
| Peones senda    | 20 | 1               | 600               | 50                 | 1.800              | 150                 | 300                | 75                  | 18.000             | 1.500               |
| Peones muestreo | 5  | 3               | 600               | 50                 | 1.800              | 150                 | 900                | 75                  | 13.500             | 1.125               |
| Peones diamnt.  | 5  | 3               | 600               | 50                 | 1.800              | 150                 | 900                | 75                  | 13.500             | 1.125               |
| Cocinero        | 1  | 6               | 300               | 25                 | 1.800              | 150                 | 900                | 75                  | 2.700              | 225                 |
| Ayd. Cocinero   | 1  | 6               | 300               | 25                 | 1.800              | 150                 | 900                | 75                  | 2.700              | 225                 |
| Secretaria      | 1  | 3               | 840               | 70                 | 2.520              | 210                 | 1.260              | 105                 | 3.780              | 315                 |

10 % no previsto

20.979 1.748

TOTAL

230.769 19.231

4. Posibilidades de una utilización industrial de los yacimientos de magnesita del Alto Chapare

4.1. Debido a la falta de investigaciones ulteriores, las siguientes consideraciones y propuestas acerca de un procedimiento de elaboración de los yacimientos de magnesita se basan en el análisis químico de la muestra enviada, que dio los siguientes porcentajes:

| Fe <sub>2</sub> O | P    | S    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO   | CO <sub>2</sub> | pérdida Cl<br>por calci-<br>nación |      |
|-------------------|------|------|------------------|--------------------------------|------|-------|-----------------|------------------------------------|------|
| % 0.57            | 0.02 | 0.04 | 6.40             | 0,12                           | 1.15 | 45.45 | 45.38           | 46.21                              | 0.45 |

El examen mineralógico de esta muestra dio los siguientes resultados:

4.1.1 Magnesita bruta de El Limbo/Chapare, Bolivia

4.1.1.1 Examinación macroscópica y con lupa stéreo: Material blanco, denso, descoloración blanca en la superficie. Exfoliación indistinta. En parte estriado, en distancia de cerca 2 - 5 mm.

4.1.1.2 Examinación en sección delgada: Magnesita predominantemente de grano muy fino, tamaño 5 - 15  $\mu$ . La forma del grano es redonda hasta algo alargada con delimitaciones irregulares.

Los granos están débilmente engranados entre sí.

Por la altura del relieve y las impurezas finas, en parte especialmente frecuentes y de color castaño oscuro grisáceo,

la estructura y los límites de grano son indistintamente

reconocibles. Donde se notan límites de grano, no existen películas de cuarzo alrededor de los granos de magnesita.

Esporádicamente ocurren algunos granos de magnesita más grandes (60 - 100  $\mu$ ) o también lentes enteros con aquellos,

juntamente con carbonatos (probablemente calcita). Ocasionalmente se encuentran éstos también en intersticios de

10 - 50  $\mu$ . Los granos están engranados entre sí y tienen contacto directo.

Cuarzo no pudo ser comprobado. Posiblemente esté contenido en la magnesita compacta, en un grano más fino.

Por consiguiente, desde el punto de vista tecnológico, el mineral es una microbreccia cretácea, con diámetros de grano entre 5 y 15  $\mu$ . Muy esporádicamente se presentan mayores granos de magnesita, con diámetros entre 60 y 100  $\mu$ . Una característica especial e importante consiste en que el ácido silícico, comprobado en el análisis químico con contenidos de aprox. 7 % no es visible al microscopio, lo que es de importancia decisiva para el procedimiento de preparación.

**4.2 En el mercado internacional, los productos de magnesita se negocian en las siguientes formas:**

- 1) Magnesita sinterizada a temperaturas superiores a 1,500°C.**
- 2) Ladrillos refractarios, fabricados en distintas formas en base a magnesita sinterizada.**
- 3) Magnesita cáustica, calcinada a temperaturas entre 800 y 1,200°C para su empleo en la industria química y de materiales de construcción.**
- 4) Magnesia obtenida por fusión en horno eléctrico, a temperaturas superiores a 2,000°C partiendo frecuentemente de la magnesita cáustica.**

4.3 Mientras que la magnesita bruta, como lo demuestra el análisis químico anteriormente mencionado, es un carbonato, es decir una composición química con el ácido carbónico, todos los productos comerciables son óxidos, de los cuales se extrajo, mediante calcinación, el ácido carbónico presente en la materia prima. Pero como el análisis químico demostró una pérdida por calcinación de 46.21 % queda eliminada la posibilidad de exportar la magnesita bruta no calcinada, puesto que el contenido de ácido carbónico provocaría un aumento excesivo de los costos de transporte. En efecto, la magnesita bruta se comercia muy poco en el mercado internacional.

Al desacidificar la magnesita bruta boliviana mediante calcinación a temperaturas superiores a 900°C, se obtendría el siguiente análisis químico:

| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P    | S    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO   | CO <sub>2</sub> | pérd. calc. | Cl |
|--------------------------------|------|------|------------------|--------------------------------|------|-------|-----------------|-------------|----|
| % 1.06                         | 0.04 | 0.07 | 11.90            | 0.22                           | 2.14 | 84.57 | --              | --          | -- |

4.4 Los contenidos de fósforo, azufre y alúmina son tan reducidos, que pueden despreciarse, y por lo demás, contenidos de alúmina de esta magnitud no tienen influencias desventajosas en los productos de magnesita. Respecto al contenido de hierro, el producto tendría que clasificarse en el grupo de magnesitas pobres en hierro, las que son muy solicitadas en el mercado internacional. Un contenido de cal de aprox. 2.2 % representaría el límite superior de tolerancia, siendo muy oportuna una disminución mediante un procedimiento de preparación, p. ej. a menos de 1 %. Sin embargo, el contenido de ácido silícico, de aprox. 12 % es del todo inaceptable. Aún en el caso de que en base a la magnesita bruta boliviana se elaboren únicamente materiales cáusticos, para su utilización en la industria de materiales de construcción, la que, por regla general, no es muy exigente en cuanto a la calidad y pureza del producto, entonces un contenido de ácido silícico tan elevado se consideraría únicamente

como carga inútil, y la magnesita cáustica sería vendible solamente haciendo grandes concesiones de precios. Debido a los costos de transporte en Bolivia, los productos de bajo precio no pueden ser exportados o solamente bajo circunstancias muy especiales, lo que más adelante se detallará.

- 4.5 Por tal motivo se deberá examinar, para la utilización industrial de los yacimientos de magnesita del Chapare, un procedimiento de preparación económico, con el fin de reducir el contenido de ácido silícico. No ha sido posible llevar a cabo investigaciones tecnológicas acerca de un procedimiento adecuado para la separación del ácido silícico, y por lo tanto sólo se puede considerar teóricamente las posibilidades de una preparación de la magnesita bruta boliviana. Debido a la estructura de grano fino y la naturaleza aún indeterminada del contenido de  $\text{SiO}_2$ , habrá que contar con dificultades en la preparación de esta materia prima, cuya eliminación se tendrá que examinar en institutos apropiados al efecto.

La finalidad de tales ensayos de preparación consiste en conseguir un contenido de ácido silícico de aprox. 2 % en el producto final sinterizado. Un contenido máximo de  $\text{SiO}_2$  de 3 % representa el límite extremo aún tolerable, puesto que en el caso de una utilización del producto preparado como material refractario, el ácido silícico disminuye su calidad en grado especialmente alto.

Si se consigue obtener, mediante la preparación, un producto final sinterizado con un contenido máximo de óxido de hierro de 1 %, un contenido máximo de cal de 2 % y un contenido máximo de ácido silícico de 3 %, este producto, que tendría por lo menos 94 % de  $\text{MgO}$ , sería de calidad superior e interesante desde el punto de vista técnico, siendo vendible en el mercado internacional.

4.6 Hoy día la magnesita se produce frecuentemente en base a agua de mar u otras soluciones salinas presentes en la naturaleza, y la producción se eleva a más de 1 millón de toneladas anuales, referidas al MgO. Este producto es de gran pureza, sirviendo de norma de calidad. La importancia cada vez mayor de la magnesita obtenida en base al agua de mar dio lugar a que, en los dos últimos decenios, los productores tradicionales de la magnesita natural (Austria, Checoslovaquia, Rusia, Corea etc.) han preparado elevadas cantidades de magnesita mineral bruta extraídas en estos países, en el curso de la elaboración ulterior. Puesto que la obtención de magnesita en base al agua de mar es bastante costosa debido a las grandes cantidades de materias transformadas, los costos de la preparación de la magnesita natural resultan ser aceptables.

En general, la magnesita bruta de los países proveedores tradicionales se caracteriza por el hecho de que se presenta, además del ácido silícico, también cal como impureza a separar. En el caso de la magnesita bruta boliviana, es de considerar como ventaja, que las medidas de preparación podrían limitarse a la separación del ácido silícico. La experiencia enseña que p. ej. en el caso de una elaboración en un horno tubular rotativo, la impureza se concentra principalmente en el polvo. Por lo tanto se puede contar también con una disminución p. ej. del contenido de cal durante la elaboración.

4.7 Hoy la mayor parte de la magnesita extraída se prepara mediante flotación, cuya técnica puede obtenerse de la tabla "Preparación de magnesita bruta - Comparación entre flotación y preparación térmica".



La característica de este procedimiento consiste en que a la preparación propiamente dicha tiene que preceder un proceso de molienda del mineral bruto. Seguidamente esta mezcla de granos puede ser separada mediante flotación, siendo necesario desecar y aglomerar el producto depurado antes del proceso de sinterización en el horno rotativo tubular o de cuba.

Sin embargo, por razones relacionadas con la técnica de los procedimientos, la flotación queda limitada a márgenes de granulometría entre 0.2 y 0.4 mm. A pesar de que la muestra individual no puede considerarse como representativa del yacimiento entero, sin embargo comparaciones, por examen visual, con las demás muestras sacadas indican que se trata de material de la misma estructura. La estructura de grano fino anteriormente mencionada restringiría las posibilidades de flotación, a no ser que se pueda emplear el procedimiento de flotación de granos muy finos, el que desde hace algunos años se halla en estado de desarrollo.

- 4.8 En la tabla "Preparación de magnesita bruta - Comparación entre flotación y preparación térmica" se halla indicado otro procedimiento de preparación, que es más apropiado para la estructura mineralógica de la magnesita bruta boliviana. Consiste en una calcinación de la magnesita bruta a una temperatura, que por una parte garantice la expulsión del ácido carbónico, y que por otra parte sea tan baja que no tiene lugar una amalgamación del ácido silícico, presente en la magnesita bruta, con otros componentes del mineral. Una temperatura de aprox.  $900^{\circ}\text{C}$  sería adecuada para tales condiciones.

Al desacidificar el carbonato de magnesia tiene lugar una alteración de la composición mineralógica. Mientras que el carbonato cristaliza en forma ditrigonal-escalenoedra, el óxido magnésico restante es estable únicamente en estructura cristalina cúbica.

Por lo tanto, al tener lugar la disociación térmica causada por el aumento de temperatura, se transforman las estructuras cristalinas, siendo de interés que este proceso afecta solamente a uno de los componentes del mineral, a saber al carbonato, pero de ningún modo al ácido silíceo, que es químicamente muy resistente. De este modo se puede incluso conseguir una separación de la cal, si la temperatura de desacidificación se mantiene tan baja que se desprende el ácido carbónico del carbonato de magnesia, pero no el del carbonato de calcio. En casos particulares, este procedimiento de separación de la cal ha dado buenos resultados, eliminándose mediante cribado los restantes copos de cal intactos.

- 4.9 En el caso de la magnesita bruta boliviana, una calcinación cuidadosa en esta forma representaría una buena preparación del mineral, ya que, según lo acabado de expresar, el contenido de magnesita es alterado totalmente en su estructura cristalina, mientras que el contenido de ácido silíceo queda enteramente intacto. A fin de poder separar el ácido silíceo de la sustancia base, se podría tratar de emplear la preparación electrostática. También sería practicable una separación magnética a campo fuerte, en el caso de que el componente férrico esté ligado al cristal de magnesita, formándose ferrita ferromagnética. Una decisión sobre el procedimiento apropiado podrá tomarse solamente después de haber efectuado ensayos en mayor escala.

Al emplear este procedimiento, el primer tratamiento térmico ya dará un producto vendible en forma de magnesita cáustica. A continuación de este procedimiento de preparación, el material pasará dos veces por un horno rotativo. De la comparación de costos expuesta en la tabla, que se basa en los sueldos y precios bolivianos, se desprende que ambos procedimientos suponen aproximadamente los mismos gastos.

5. Determinación de los costos de los distintos procedimientos de pre-  
paración

5.1 Preparación por flotación

5.1.1 Extracción

Inversiones incluyendo abertura de mina, maquinaria, etc.

Costos aproximativo: 420,000. -- US \$

Costos de producción: aprox. 5 US \$ por t del producto final  
(Repartición de costos : voladura:28 %; carga: 24 %; transporte:  
26 %; machacado: 22 %)

Consumo de energía eléctrica: 8 KWh/t del producto final

5.1.2 Trituración previa a aprox. -80 mm y trituración ulterior a  
aprox. -10 mm

Equipo para trituración previa, constituido por:

Triturador de mandíbulas 1000 x 630

Tolva

Cortina de cadenas

Transportador vibratorio con criba incorporada

Cintas transportadoras

Plataformas de servicio,

Canales inclinados, etc.

Costo aproximativo: 100,000. - US \$

Potencia instalada: 95 kW

95 kW x 0.8 x 10 h = 760 kWh/día

= 228,000 kWh/año

= 4.6 kWh/t del producto final

Equipo para la trituración ulterior, constituido por:

Trituradora rotatoria

Tolva intermedia

Tolva de almacenamiento

Plataformas de servicio, etc.

|                         |                              |            |
|-------------------------|------------------------------|------------|
| Costo aproximativo:     | 73,000. - US \$              |            |
| Potencia instalada:     | 155 kW                       |            |
| 155 kW x 0.8 x 10 h =   | 1240 kWh/día                 |            |
| =                       | 372,000 kWh/año              |            |
| =                       | 7.4 kWh/t del producto final |            |
| Costos de construcción: | 31,000. - US \$              |            |
| Inversión total:        | 204,000. - US \$             |            |
| Costos de producción:   |                              |            |
| Energía eléctrica:      | 12.0 kWh x 0.03 US \$        | 0.36 US \$ |
| Sueldos y salarios:     |                              | 0.50 US \$ |
| Servicio de capital:    |                              | 0.59 US \$ |
| Otros:                  |                              | 0.29 US \$ |
|                         |                              | <hr/>      |
|                         |                              | 1.74 US \$ |

por t del producto final

El dimensionamiento de estas instalaciones se basa en un servicio de un solo turno.

### 5.1.3 Molienda a -0.5 mm y flotación

Estas instalaciones, al igual que todas las demás indicadas a continuación, se destinan a un trabajo en tres turnos.

Equipo, constituido por:

Molino 2000 x 2000

Clasificador

Tubería, etc.

7 células de flotación dobles, c/u de 2 m<sup>3</sup>

Plataforma de reactivos

Plataformas de servicio, etc.

|                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| Costo aproximativo:   | 150,000 US \$               |
| Potencia instalada:   | 165 kW                      |
| 165 kW x 0.8 x 24 h = | 3,168 kWh/día               |
| =                     | 950,400 kWh/año             |
| =                     | 19 kWh/t del producto final |

|                         |                     |                          |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|
| Costos de construcción: | 35,000 US \$        |                          |
| Inversión total:        | 185,000. - US \$    |                          |
| Costos de producción:   |                     |                          |
| Energía eléctrica:      | 19 kWh x 0.03 US \$ | = 0.57 US \$             |
| Sueldos y salarios:     |                     | = 1.58 US \$             |
| Reactivos:              |                     | = 2.30 US \$             |
| Servicio de capital:    |                     | = 0.57 US \$             |
| Otros:                  |                     | = 0.57 US \$             |
|                         |                     | <u>5.59 US \$</u>        |
|                         |                     | por t del producto final |

5.1.4 Espesamiento, filtración, secado

Equipo, constituido por:

Hidrociclón,

Espesador,

Bombas, tubería, plataformas de servicio,

Filtro de 25 m<sup>2</sup>, incluyendo instalaciones accesorias,

Secadero rápido,

Transportadores intermedios, etc.

|                         |                       |                               |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Costo aproximativo:     | 150,000. - US \$      |                               |
| Costos de construcción: | 70,000. - US \$       |                               |
| Inversión total:        | 220,000. - US \$      |                               |
| Potencia instalada:     | 90 kW                 |                               |
| 90 kW x 0.8 x 24 h      | =                     | 1728 kWh/día                  |
|                         | =                     | 518,800 kWh/año               |
|                         | =                     | 10.5 kWh/t del producto final |
| Costos de producción:   |                       |                               |
| Energía eléctrica:      | 10.5 kWh x 0.03 US \$ | = 0.33 US \$                  |
| Sueldos y salarios:     |                       | 0.60 US \$                    |
| Servicio de capital:    |                       | 0.73 US \$                    |
| Combustible:            |                       | 0.14 US \$                    |
| Otros:                  |                       | 0.56 US \$                    |
|                         |                       | <u>2.36 US \$</u>             |
|                         |                       | por t del producto final      |

5.1.5 Aglomeración

Equipo, constituido por:

Prensa de cilindros,  
Instalación dosificadora,  
Tolva,  
Cinta transportadora,  
Canal de vibración,  
Depósito de aglutinante,  
Mezclador de doble tornillo sinfín,  
Transportadores intermedios, tubería, etc.

Costo aproximativo: 60,000. - US \$

Costos de construcción: 30,000. - US \$

Inversión total: 90,000. - US \$

Potencia instalada: 20 kW

20 kW x 0.8 x 24 h = 384 kWh/día

= 115,200 kWh/año

= 2.3 kWh/t del producto final

Costos de producción:

Energía eléctrica: 2.3 kWh x 0.03 US \$ = 0.07 US \$

Sueldos y salarios: 0.25 US \$

Aglutinante: 2.28 US \$

Servicio de capital: 0.26 US \$

Otros: 0.17 US \$

3.03 US \$

por t del producto final

5.1.6 Sinterización a 1600°C

Equipo, compuesto de:

Horno rotatorio,

Refrigerador,

Instalación para combustión de aceite,

Instalaciones despolvadoras, aparatos de medición  
y control,

Instalaciones de transporte,

Otros

**Inversión aproximativa incluso costos de construcción:**

1,340,000. - US \$

Potencia instalada: 280 kW

280 x kW x 0.8 x 24 h = 5376 kWh/día

= 1,612,800 kWh/año

= 32.3 kWh/t del producto acabado

**Costos de producción:**

Energía eléctrica: 32.3 kWh/t x 0.03 US \$ = 0.97 US \$

Combustible: 5.10 US \$

Sueldos y salarios: 0.39 US \$

Servicio de capital: 4.05 US \$

Otros: 1.10 US \$

11.61 US \$

por t del producto final

**5.1.7 Inversión total aproximativa para Item 1.1 a 1.6**

2,459,000. - US \$

más 30 % para montaje, servicios de ingeniería, gastos impre-  
vistos, etc.

737,000. - US \$

total 3,196,700. - US \$

aprox. 3.2 millones de US \$

\*\*\*\*\*

**5.1.8 Costos de producción totales para Item 1.1 a 1.6**

Extracción: 5.00 US \$

Energía eléctrica: 2.30 US \$

Sueldos, salarios: 3.32 US \$

Servicio de capital: 6.20 US \$

Combustibles: 5.24 US \$

Aglutinantes: 2.28 US \$

Reactivos: 2.30 US \$

Otros: 2.69 US \$

total 29.33 US \$

por t del producto final

5.2 Preparación térmica

5.2.1 Extracción

(véase Item 1.1)

Inversión aproximativa: 420,000. - US \$

Gastos de explotación: 5 US \$ por t del producto final

5.2.2 Trituración previa y ulterior

(véase Item 1.2)

Inversión aproximativa 204,000. - US \$

Gastos de explotación: 1.74 US \$

5.2.3 Calcinación a 900°C, refrigeración y cribado

Equipo, compuesto de:

Horno rotativo con refrigerador,

Instalación para combustión de aceite,

Instalación filtradora de polvo,

Aparatos de medición y control,

Instalaciones de transporte

Tubería, piezas de unión , etc.

Inversión aproximativa: 230,000. - US \$



Potencia instalada: 210 kW  
210 kW x 0.8 x 24 h = 4032 kWh/día  
= 1,209,000 kWh/año  
= 24.2 kWh/t del producto final

Costos de construcción: 90,000. - US \$

Inversión total aproximativa 320,000. - US \$

Costos de producción:

Energía eléctrica: 24.3 kWh x 0.03 US \$ = 0.75 US \$

Sueldos y salarios: 0.35 US \$

Combustible: 3.75 US \$

Servicio de capital: 1.45 US \$

Otros: 0.72 US \$

7.02 US \$

por t del product final

#### 5.2.4 Separación electrostática o magnética a campo fuerte

Equipo, constituido por separadores magnéticos a campo fuerte o por separadores electrostáticos, incluyendo todas las instalaciones accesorias necesarias:

Inversión aproximativa: 180,000. - US \$

Potencia instalada: 150 kW

150 kW x 0.8 x 24 h = 2880 kWh/día  
= 864,000 kWh/año  
= 17.3 kWh/t del producto final

Costos de construcción: 90,000. - US \$

Inversión total

aproximativa: 270,000. - US \$

Costos de producción:

|                      |                         |                   |
|----------------------|-------------------------|-------------------|
| Energía eléctrica:   | 17.3 kWh x 0.03 US \$ = | 0.52 US \$        |
| Sueldos y salarios:  |                         | 0.47 US \$        |
| Servicio de capital: |                         | 1.16 US \$        |
| Otros:               |                         | <u>0.75 US \$</u> |
|                      |                         | 2.90 US \$        |

por t del producto final

5.2.5 Aglomeración y secado

(véase Item 1.5, pero máquinas de reducido rendimiento)

50,000. - US \$

|                     |                                |
|---------------------|--------------------------------|
| Potencia instalada: | 35 kW                          |
| 35 kW x 0.8 x 24 h  | = 672 kWh/día                  |
|                     | = 201,600 kWh/año              |
|                     | = 6.7 kWh/t del producto final |

Costos de construcción: 25,000. - US \$

Inversión aproximativa para el secado (incluyendo costos de construcción): 60,000. - US \$

Inversión total aproximativa:

135,000. - US \$

Costos de producción:

|                      |                        |                   |
|----------------------|------------------------|-------------------|
| Energía eléctrica:   | 6.7 kWh x 0.03 US \$ = | 0.20 US \$        |
| Sueldos y salarios:  |                        | 0.31 US \$        |
| Servicio de capital: |                        | 0.69 US \$        |
| Aglutinantes:        |                        | 1.38 US \$        |
| Otros:               |                        | <u>0.44 US \$</u> |
|                      |                        | 3.02 US \$        |

por t del producto final

5.2.6 Sinterización a 1600°C

(véase Item 1.6)

Inversión aproximativa: 1,340,000. - US \$  
(incluyendo costos de construcción)

Consumo de energía eléctrica 32.3 kWh/t del producto final

Costos de producción:

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| Energía eléctrica:   | 0.88 US \$        |
| Combustible:         | 3.10 US \$        |
| Sueldos y salarios:  | 0.69 US \$        |
| Servicio de capital: | 4.23 US \$        |
| Otros:               | <u>1.10 US \$</u> |
|                      | 10.00 US \$       |

por t del producto final

5.2.7 Inversión total aproximativa para Item 2.1 a 2.6

2,689,000. - US \$

más 30 % para montaje, servicios de ingeniería, gastos  
imprevistos, etc. 806,700. - US \$

total 3,495,700. - US \$

aprox. 3.5 millones de US \$  
=====

Costos de producción totales para Item 2.1 a 2.6

|                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| Extracción           | 5.00 US \$/t del producto final  |
| Energía eléctrica:   | 2.71 US \$/t "                   |
| Sueldos y salarios:  | 2.32 US \$/t "                   |
| Servicio de capital: | 8.12 US \$/t "                   |
| Combustibles:        | 6.85 US \$/t "                   |
| Aglutinantes:        | 1.38 US \$/t "                   |
| Otros:               | <u>3.30 US \$/t "</u>            |
| total                | 29.68 US \$/t del producto final |

A continuación se dará una comparación de los costos  
aproximativos de ambos procesos, para indicar como se  
determinaron los gastos anteriores.

Magnesite separation  
Comparison between Flotation and Thermic separation

| Flotation                             |                  |           |                      | Thermic separation                             |                  |           |                      |
|---------------------------------------|------------------|-----------|----------------------|--|------------------|-----------|----------------------|
| Process stage                         | Investment US \$ | Power kWh | Operating cost US \$ | Process stage                                  | Investment US \$ | Power kWh | Operating cost US \$ |
| Mining                                | 420.000.-        | 8,0       | 5,00                 | Mining   | 420.000.-        | 8,0       | 5,00                 |
| Rough and secondary crushing          | 204.000.-        | 4,6       | 1,74                 | Rough and secondary crushing                   | 204.000.-        | 4,6       | 1,74                 |
| Grinding, Flotation                   | 185.000.-        | 19,0      | 5,59                 | Calcination 900°C cooling, screening           | 320.000.-        | 24,3      | 7,02                 |
| Thickening, filtration, drying        | 220.000.-        | 10,5      | 2,36                 | Elektrostatic or high intens. magn. separation | 270.000.-        | 17,3      | 2,90                 |
| Briquetting                           | 90.000.-         | 2,3       | 3,03                 | Briquetting and drying                         | 135.000.-        | 6,7       | 3,02                 |
| Sintering 1600°C                      | 1.340.000.-      | 32,3      | 11,61                | Sintering 1600°C                               | 1.340.000.-      | 32,3      | 10,00                |
| Subtotal                              | 2.459.000.-      | 76,7      | 29,33                | Subtotal                                       | 2.689.000.-      | 91,2      | 29,68                |
| Erection, engineering unforeseen etc. | 737.700.-        | —         | —                    | Erection, engineering unforeseen etc.          | 806.700.-        | —         | —                    |
| Total                                 | 3.196.700.-      | 76,7      | 29,33                | Total  | 3.495.700.-      | 91,2      | 29,68                |
| abt.                                  | 3.200.000.-      | 77        | 30                   | abt.   | 3.500.000.-      | 92        | 30,00                |

- 5.3 De conformidad con el Estudio de Prefactibilidad de la CBF se debe partir de un rendimiento anual de 50,000 ton. de magnesita sinterizada para la primera etapa de la utilización industrial de los yacimientos. Tomando como base los valores empíricos obtenidos en la industria austríaca, se necesitan aprox. 3 ton. de magnesita bruta para la producción de 1 ton. de magnesita sinterizada.
- 5.4 Para el abastecimiento de combustible de una futura planta de magnesita en Bolivia se dispone de fuel-oil de buena calidad, es decir de una potencia calorífica de unas 10,000 kcal/Kg. Sin embargo, el precio indicado por YPF, que se eleva a 26.50 US \$/ton., puesta en refinería Cochabamba, es elevado. A pesar de que los costos de combustible ascienden a aprox. 28 % del costo de fabricación de la magnesita sinterizada ( a este resultado llega el Estudio de Prefactibilidad de la CBF, tomando como base las condiciones existentes en Bolivia, y este valor coincide bastante bien con valores empíricos europeos), no obstante un precio elevado del fuel-oil en Bolivia no tendría influencias demasiado negativas en la rentabilidad de una futura planta de magnesita, ya que parece ofrecerse la posibilidad de abastecer la planta a construir en las cercanías de los yacimientos, es decir cerca de la localidad de Palmar, con gas natural, que es un combustible considerablemente más barato.

Hace algunos años que se descubrió, en la región de Bulo-Bulo, al margen del Chapare en dirección hacia Santa Cruz, un campo de gas natural. Existen planos de convertirlo en la base para una planta petroquímica a construir en Cochabamba, para la cual se tendría que tender un gasoducto de Bulo-Bulo a Cochabamba, es decir a través de la Cordillera.

Suponiendo un rendimiento anual de 50,000 ton. de magnesita sinterizada, una planta de magnesita tendría, con un consumo de calor de 2,250 kcal/ton., una demanda de 40 ton. diarias de fuel-oil, o de 40,000 Nm<sup>3</sup> de gas natural por hora.

5.5 Aun en el caso de que un gasoducto se dimensione para el triple consumo, o sea tomando en cuenta de antemano futuras etapas de ampliación, la construcción de un gasoducto de una capacidad tan reducida resultaría antieconómica. Ahora bien, la alimentación de la planta petroquímica en Cochabamba hará necesaria de todos modos la construcción de este gasoducto. Es de suponer que el trazado de esta tubería seguirá primero la carretera "Proyecto 1" hasta la zona de Villa Tunari, y luego la carretera "Proyecto 4" a través de la Cordillera. Si este trazado hará necesaria la construcción de un ramal de p. ej. 15 km de longitud, para el suministro a la planta de magnesita, resultaría un abastecimiento de combustible muy económico, lo que se desprende de la siguiente comparación:

| Combustible | Precio          | Potencia calorífica         | Precio por<br>10 <sup>6</sup> kcal |
|-------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Fuel-oil    | 27.60 US \$/ton | 10,000 kcal/kg              | 2.76 US \$                         |
| Gas natural | 0.20 US \$/ton  | 10,000 kcal/Nm <sup>3</sup> | 0.706 US \$                        |

El precio de 0.20 US \$/1000 ft<sup>3</sup> = 28.32 Nm<sup>3</sup> fue señalado al experto en la Central de YPFB en La Paz. Han sido aprobadas las consideraciones acerca del gasoducto a tender para el suministro a la planta petroquímica en Cochabamba.

5.6 Suponiendo una capacidad de 50,000 toneladas anuales, la planta de magnesita tendría que ser alimentada con corriente de fuerza de aprox. 500 kW de potencia conectada, durante su primera etapa, siendo incluido en este valor tanto el consumo de la mina, como el de los alojamientos a edificar. Teniendo en cuenta que en el Chapare se produce energía eléctrica en cantidad elevada, en la central eléctrica de Corani (27,000 kW) y, en un tiempo no lejano, también en Santa Isabel (34,000 kW), el suministro de esta cantidad no constituye, por principio, un problema. Sin embargo se tendría que tender una línea aérea de unos 40 km de longitud. Por lo tanto se debe examinar, si la construcción de una pequeña

central hidroeléctrica totalmente automática resultaría más económica, aprovechando una de las numerosas caídas de agua, de gran altura, en las cercanías de los yacimientos, que incluso en la temporada seca presentan un caudal suficiente. P. ej. el río La Cascada, cuyo caudal es por lo menos de  $0.5 \text{ Nm}^3/\text{seg.}$  y ofrece una caída utilizable de 300 mts., podría ser aprovechado para esta fin. En este caso, al igual que en el caso del gasoducto, se tendría que tener en cuenta las necesidades de futuras etapas de ampliación, dimensionando la pequeña central hidroeléctrica en base a un consumo nominal de 1000 kW. Tomando como base los precios vigentes en Europa, esta central, cuyo peso de entrega sería de aprox. 85 ton, valdría unos 280,000 US \$. Se debería examinar, si esta solución resultaría más económica, comparada con el suministro a la planta por una línea de corriente fuerte de 40 Km. de longitud a través de un terreno intransitable. Además la construcción de tal central pequeña contribuiría a la independencia de una futura planta de magnesita boliviana.

- 5.7 La ubicación de la futura planta será determinada en medida decisiva por el hecho de que el proceso de calcinación debe efectuarse inmediato a los yacimientos, debido a la disminución del peso de aprox. 50 %, que tiene lugar en el curso de dicho proceso. El geólogo Ricardo Ramirez Villarroel, que acompañó al experto en sus viajes a los yacimientos, secundándole en todo respecto, elaboró propuestas y alternativas acerca de esta cuestión, las que se detallarán más adelante. Una decisión sólo podrá tomarse una vez realizada una investigación detallada del terreno y la construcción de caminos de penetración.

En la "Estrategia Socio-Económica del Desarrollo Nacional" para los años 1971 - 1991, del Ministerio de Planificación, el proyecto figura en Cuadro No. 14 en el párrafo "Ideas de Proyectos", No. 15, a saber bajo la denominación "Calcinación Magnesita y

Ladrillos para exportación y otros proyectos minero-industriales. " Se supone una inversión de capital de 5 millones de US \$, y la fecha de la puesta en servicio se fija en el año 1976.

- 5.8 Aparentemente estos planos consideran como conjunto la instalación de una planta de calcinación de magnesita y la de una fábrica de ladrillos refractarios. Nuestras experiencias de muchos años nos han enseñado que ambas fases - la construcción de una planta destinada a la calcinación de magnesita bruta por una parte, y la construcción de una fábrica de ladrillos refractarios, mortero y masas prensadas por otra parte - deben separarse estrictamente respecto a tiempo, ubicación y posiblemente también respecto a su organización.

La técnica de la fabricación de magnesita sinterizada y de magnesita cáustica es relativamente sencilla, parecida, en cierto modo, a la de la fabricación de cemento.

Esta afirmación no está en contradicción con el hecho de que la magnesita bruta boliviana tendría que ser sometida a una preparación en forma aún no determinada, a fin de conseguir un contenido de ácido silícico, en el producto acabado, inferior a 3 %.

El procedimiento de esta preparación tendrá que ser determinado por medio de ensayos semitécnicos. Seguidamente se podrá encargar el suministro a una firma especializada en la construcción de instalaciones de preparación de este tipo, la que deberá prestar una garantía, incluyendo una temperatura de sinterización de p. ej. 1650°C, así como una capacidad diaria de 150 ton. Una planta de magnesita, que funcione bajo estas condiciones, podría suministrar magnesita sinterizada de una composición exactamente determinada y, como consecuencia de la temperatura de sinterización garantizada, de una favorable estructura cristalina. Suponiendo costos competitivos, tal producto sería con seguridad vendible en el mercado mundial.



- 5.9 No ocurre lo mismo en el caso de la fabricación de ladrillos refractarios, mortero y masas prensadas. Esta clase de producción supone la utilización de una magnesita bruta de primer orden, o sea de magnesita sinterizada de alta calidad. Una vez puesta en funcionamiento la instalación de preparación y de sinterización, se podría cumplir con estas condiciones.

En cuanto a la composición granulométrica de los ladrillos, su resistencia al cambio de temperaturas y su comportamiento frente a otras materias, el revestimiento de magnesita en la zona de sinterización de un horno rotativo de cemento tiene que responder a exigencias muy distintas de aquéllas que se presentan p. ej. en el caso del revestimiento de los convertidores empleados en la producción de cobre. Los países vecinos ofrecen un mercado muy bueno para la venta de ambas calidades. En lo que se refiere a la industria del acero, los ladrillos de bóveda de los hornos M. S. están sujetas a condiciones distintas de las que se presentan p. ej. en el caso del revestimiento de pared, de los conductos de gas y de los intercambiadores de calor. Además, el mercado exige ladrillos de magnesita y de cromo-magnesita (en el caso de la adición de minerales de cromo) de distintas formas, tanto quemados como químicamente ligados, frecuentemente también revestidos de chapa o alquitranados al vacío. A título de ejemplo se indica a continuación el programa de producción mensual de una empresa europea renombrada.

Tabla 1

|                 | Ladrillos quemados |              |             |               |              |             | Ladrillos químicamente ligados |              |            |               |              |             |
|-----------------|--------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------|------------|---------------|--------------|-------------|
|                 | Normalizados       |              |             | Especiales    |              |             | Normalizados                   |              |            | Especiales    |              |             |
|                 | Cantidad ton.      | %            | %           | Cantidad ton. | %            | %           | Cantidad ton.                  | %            | %          | Cantidad ton. | %            | %           |
| Magnesita       | 1600               | 51,7         | 15,9        | 8450          | 73,2         | 84,1        | --                             | --           | --         | --            | --           | --          |
| Magnesita-cromo | 500                | 16,1         | 10,0        | 1700          | 14,7         | 34,0        | 400                            | 66,7         | 8,0        | 2400          | 75,0         | 48,0        |
| Cromo-magnesita | 1000               | 32,2         | 39,3        | 1400          | 12,1         | 41,2        | 200                            | 33,3         | 5,9        | 800           | 25,0         | 23,5        |
| <b>Total</b>    | <b>3100</b>        | <b>100,0</b> | <b>16,8</b> | <b>11550</b>  | <b>100,0</b> | <b>62,7</b> | <b>600</b>                     | <b>100,0</b> | <b>3,2</b> | <b>3200</b>   | <b>100,0</b> | <b>17,3</b> |

| Suma            |               |              |
|-----------------|---------------|--------------|
|                 | Cantidad ton. | %            |
| Magnesita       | 10050         | 54,5         |
| Magnesita-cromo | 5000          | 27,1         |
| Cromo-magnesita | 3400          | 18,4         |
| <b>Suma</b>     | <b>18450</b>  | <b>100,0</b> |

5.10 De ello se deduce que solamente una instalación de gran flexibilidad podrá responder a esas exigencias especiales, la que supondría ya un extenso "know-how". Se proponía en Bolivia que, para mayor sencillez, la fábrica de ladrillos debía proyectarse en la primera etapa exclusivamente para la producción de ladrillos normalizados (prismáticos). No podemos consentir en esta propuesta, debido a que hornos industriales, conforme a lo que se deduce del cuadro arriba indicado, no son revestidos únicamente de ladrillos normalizados, los que apenas representan un 20 % de la demanda total. En el caso de Bolivia, una semejante limitación a la fabricación de ladrillos normalizados significaría que se tendría que renunciar al suministro de la industria del cobre en Chile y Perú, puesto que una gran parte de los convertidores empleados en dicha industria están revestidos de ladrillos cuneiformes.

Según las listas de precios vigentes actualmente en Europa, los precios de las formas especiales de ladrillos de magnesita y de cromo-magnesita son los siguientes:

Table 2

| Ladrillos normalizados<br>(en \$ por ton.) | Formas especiales sencillas | Formas especiales, clase |        |        |        |
|--|-----------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|
|  |                             | 1                        | 2      | 3      | 4      |
| 160. -                                     | 173, 50                     | 187, -                   | 200, - | 225. - | 236. - |

Debido a que los ladrillos normalizados y especiales se producen en base a la misma materia prima, la fabricación de formas especiales permite sin duda obtener un rendimiento financiero considerablemente más elevado. Por cierto esta clase de fabricación presupone una cuidadosa construcción de moldes, la que, sin embargo, se requiere también en la producción de ladrillos normalizados, si se observan las exigencias de calidad necesarias.

5.11 Seguramente sería sumamente difícil determinar a la industria de productos refractarios a poner a disposición "know-how" para la solución de los problemas existentes en Bolivia, incluso en el caso de ofrecerse la posibilidad de una participación de capitales en la planta de magnesita a construir. Recetas acerca de la composición granulométrica o de una adición de mineral de cromo, las que en otros países han dado buenos resultados, no podrían de ningún modo adoptarse sin una cuidadosa adaptación a las condiciones especiales de la magnesita sinterizada boliviana. Más bien, a tal modo de proceder deberían preceder costosos trabajos de investigación, las que no podrían empezar antes de disponer de magnesita sinterizada en mayores cantidades y de una calidad siempre constante, obtenida en base a la magnesita bruta boliviana. Esta condición de constancia de calidad presupone, sin embargo, una fabricación boliviana de productos sinterizados.

Esto no quiere decir que durante muchos años se tenga que renunciar a la fabricación de ladrillos de magnesita. Como ya anteriormente mencionado, se han producido, en base a magnesita bruta boliviana, ladrillos de magnesita, a título de ensayo, en la fábrica de los Hnos. Schiavi en Cochabamba.

En caso que se suministre, a esta fábrica, magnesita sinterizada de buena calidad, procedente de la planta de magnesita a construir, dicha fábrica probablemente estaría muy pronto en condiciones de cubrir la demanda de la industria del cemento boliviana. La capacidad de esta fábrica respondería del todo a esta exigencia. En cambio, es de suponer que la nueva fundición de estaño en Vinto, cerca de Oruro, requiere productos refractarios de una calidad tan alta, que las posibilidades de utilización de ladrillos bolivianos son muy reducidas, por lo menos en la fase inicial de fabricación.

Magnesita sinterizada de granulometría normal (aprox. 0-15 mm  $\phi$ ) y de composición normal (es decir menos del 2 % de CaO, menos del 2 % de SiO<sub>2</sub> y, a ser posible, menos del 1 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), se negocia actualmente a un precio de 80 US \$/ton. En comparación con esto, los ladrillos de magnesita fabricados en base a dicho material valen actualmente, según lo indicado en Tabla 2, entre 160. - y 236. - US \$/ton. según su forma. Por lo tanto, la fabricación de ladrillos en base a magnesita sinterizada permite sin duda obtener un rendimiento financiero considerablemente más elevado. Pero este precio relativamente elevado de los ladrillos de magnesita se explica por el hecho de que incluye, entre otros, los gastos muy elevados para los trabajos de investigación, que se requieren para poder garantizar una calidad constante conforme a las normas del mercado mundial, y para poder cumplir las exigencias crecientes y también alternantes de las industrias consumidoras.

- 5.12 Una vez aclarados todos los factores anteriormente indicados y hasta la fecha desconocidos Cochabamba estaría indicada como ubicación de una fábrica de ladrillos, ya que dispone de un terreno de fundación plano, de buenas vías de comunicación, de la posibilidad de contratar mano de obra, y de un clima favorable. De acuerdo con el Estudio de Prefactibilidad de la CBF, esta fábrica de ladrillos deberá tener una capacidad de 12,000 toneladas anuales en su primera fase. Sin embargo, la construcción de una fábrica de ladrillos no deberá empezarse antes de haber esperado por lo menos dos años contados a partir de la puesta en servicio de la instalación de sinterización. Así se tendrá la posibilidad de aprovechar, en la construcción de la fábrica de ladrillos, las experiencias obtenidas durante este período acerca de la tecnología de la magnesita boliviana.

En caso que las investigaciones destinadas a la determinación de un procedimiento de preparación tengan por resultado que la propuesta preparación térmica llevará al fin deseado, la empresa estaría, ya en la primera fase, en condiciones de ofrecer, además de magnesita sinterizada, también magnesita cáustica. Actualmente, este producto se negocia, en el mercado mundial, a precios de aprox. 65. - US \$. Teniendo en cuenta los gastos de transporte existentes en Bolivia, resulta dudoso si será posible una exportación a este precio. Habrá que examinar la posibilidad de utilizar esta magnesita cáustica para la ampliación de la producción de losas de lana vegetal y cemento Sorel para construcciones ligeras, tal como se fabrican en la actualidad en la empresa "Aislit" en Cochabamba. De este modo se transformaría madera blanda, que abunda en la región del Chapare, en un valioso material de construcción. Es bastante probable que para este producto se ofrecerán posibilidades de exportación a las provincias fronterizas en los países vecinos.

5. 13 En la actualidad se produce ya en el Chapare energía eléctrica en grandes cantidades en base a fuerza hidráulica, a saber en la central de Corani, que dispone de una potencia de 27, 000 kW. En un futuro próximo será terminada la central de Santa Isabel, que tendrá una potencia de 34, 000 kW. Entonces habrá incluso energía sobrante. En discusiones con la Dirección de la Empresa Nacional de la Electricidad (ENDE) en Cochabamba se puso de manifiesto que el establecimiento, en esta región, de un consumidor de altas cantidades de electricidad sería incluso acogido con satisfacción.
5. 14 En los últimos años, la magnesia obtenida por fusión en horno eléctrico ha obtenido una importancia cada vez mayor, a saber en forma de masas prensadas, empleándose en medida creciente en

talleres de fundición continua, tanto en la industria del acero como en fábricas de automóviles. Este tipo de magnesia puede obtenerse en base a magnesita sinterizada, y también en base a magnesita cáustica, por fusión en hornos de arco eléctrico, y este producto se negocia en estado granulado al precio de 250. - US \$.

5. 15 Por lo tanto se ofrece la posibilidad de transportar una porción de la producción de la futura planta de mangesita, sea en forma de magnesita sinterizada, sea en forma de magnesita cáustica, desde Palmar a Santa Isabel, para convertirla, en una planta a construir, en magnesia fundida (electric fused magnesite). De este modo los costos de transmisión para la energía eléctrica podrían reducirse a un mínimo. Puesto que Sta. Isabel se halla ubicada junto a la nueva carretera "Proyecto IV" de Villa Tunari a Cochabamba, no resultarían costos de transporte adicionales.

La magnesia obtenida por fusión en horno eléctrico es un producto nuevo; debido a que se produce a temperaturas de aprox. 2200°C, el aspecto tecnológico se presenta difícil, por lo que no se podría prescindir de una licencia de procedimiento (know-how) extranjera. Se puede considerar posible producir, inmediato a la central de Santa Isabel, magnesia obtenida por fusión en horno eléctrico, en base a aprox. 10 % de la producción de una futura planta de magnesita en su primera fase, o sea 5000 toneladas anuales de magnesita sinterizada o cáustica. Debido a que en el Chapare están disponibles a precio ventajoso tanto magnesita como energía eléctrica, esta región puede considerarse como especialmente favorable en cuanto a la obtención de magnesia en hornos eléctricos.

6. Las posibilidades de venta de productos de magnesita bolivianos en el mercado nacional y extranjero

6.1 Durante muchos años, el mercado boliviano no estará en condiciones de absorber la producción total de una planta de magnesita en el Chapare. Aun suponiendo que la nueva fundición de estaño en Vinto sea reacomodada totalmente para el empleo de productos de magnesita bolivianos, no resultaría una demanda suficiente, por tener los hornos en la industria de metales no-férricos una larga duración de vida. Tomando como base un consumo de 5 Kgr. de magnesita por tonelada de estaño puro, y una capacidad de la fundición de estaño de 7,500 toneladas anuales por etapa, se obtendría un consumo de aprox. 40 ton. de productos de magnesita por año. Puesto que la planta de magnesita no estaría en condiciones, durante los primeros años después de la puesta en servicio, de proveer el conjunto del programa de fabricación de ladrillos perfilados, ladrillos de bóveda al cromo, etc., no es posible considerar por lo pronto esta demanda al estimar las posibilidades de una futura planta de magnesita.

No ocurre lo mismo en el caso de la industria del cemento. Sería muy recomendable, desde el punto de vista técnico, que la industria del cemento reacomode sus hornos tubulares rotativos para el empleo de revestimientos de magnesita en la zona de sinterización. Como el peso de tal revestimiento, considerando los tamaños de horno usuales en Bolivia, es de aprox. 100 ton., y su duración de vida, por experiencia, de unos 10 meses, y suponiendo una utilización total de la capacidad de la industria del cemento boliviana, se podrían colocar 5 revestimientos de este tipo al año, de un peso total de aprox. 500 ton.

En este caso se trata de una calidad uniforme, pero esta demanda total no justificaría tampoco la instalación de una fábrica de ladrillos en Bolivia. En la fábrica de los Hnos. Schiavi en Cochabamba



se podría muy bien producir tal cantidad, partiendo de magnesita sinterizada, producida en las cercanías de los yacimientos. Utilizando las experiencias que se harán en el curso de los años, se pudiera obtener una mejora de calidad en medida tal que se estaría en condiciones de fabricar también productos de exportación en una instalación más grande.

- 6.2 El el capítulo anterior se había recomendado limitarse, durante la primera fase de la implantación de una industria de magnesita boliviana, a la producción de magnesita sinterizada, aplazando para una fecha posterior la instalación de una fábrica de ladrillos. Por consiguiente, la empresa dependería, durante los primeros años, de la venta de magnesita sinterizada.

En la industria, la magnesita se emplea para los siguientes usos:

- 1) Con granulometría entre 0 y 15 mm, como pasta de arreglar para soleras, en hornos M.S. en la industria del acero;
- 2) Con granulometría entre 0 y 5 mm, y suponiendo una clasificación cuidadosa y la adición de aglutinantes apropiados, como masas prensadas en la construcción y reparación de hornos industriales;
- 3) Como materia prima para la fabricación de ladrillos refractarios.

En el primer caso, la planta de magnesita boliviana vendería, por lo tanto, directamente a la industria del acero. Como el Brasil tiene su propia industria de magnesita, cuya producción cubre suficientemente la demanda de la industria del acero nacional, se podría contemplar, como países compradores, los países vecinos Argentina, Chile y Perú. En el año 1968, la producción de acero bruto de estos países era la siguiente:

|           |                  |
|-----------|------------------|
| Argentina | 1, 550, 000 ton. |
| Chile     | 570, 000 ton.    |
| Perú      | 105, 000 ton.    |
| <hr/>     |                  |
| Suma:     | 2, 225, 000 ton. |

6.3 Es sabido que en estos países el acero se produce, aun hoy en día, principalmente en hornos Martin-Siemens, pero es de esperar que las futuras cuotas de crecimiento se obtendrán solamente utilizando el procedimiento básico de soplado de oxígeno con lanza (LD).

A diferencia del horno Martin-Siemens, la obtención del acero en el convertidor se caracteriza por un consumo considerablemente más reducido de material refractario.

Mientras que en una acería M.S. bien conducida se necesitan 15 Kgr. de productos de magnesita por tonelada de acero bruto, ya sea en forma de pasta de arreglar para solera, ya sea en forma de ladrillos, la cantidad de material básico requerida en convertidores es de solamente 4 Kgr. por tonelada de acero bruto.

Mientras que en los hornos M.S. la magnesita puede sustituirse solamente en parte, a saber en el caso de su empleo como pasta de arreglar para solera, por dolomía, que es más barata, esa sustitución es casi total en el caso de los convertidores.

Argentina, Chile y Perú, cuya producción de acero se realiza principalmente según el procedimiento Martin-Siemens, deberían ofrecer un mercado con posibilidades de absorber

cerca de 15, 000 t anuales de magnesita sinterizada como pasta de arreglar para solera.

Generalmente las exigencias de calidad no son muy altas en el caso de emplearse la magnesita sinterizada como pasta de arreglar para solera. Por lo tanto se deberían eliminar los proveedores establecidos principalmente mediante la oferta de precios más ventajosos. Es de suponer que la Zona de Libre Comercio del Grupo Andino, en curso de formación, concederá determinadas ventajas aduaneras a la magnesita sinterizada boliviana.

6.4 En cuanto a la industria de productos refractarios, se deberían buscar también posibilidades de venta en países vecinos, para la producción de masas prensadas refractarias y ladrillos. Así p. ej., en la región de Buenos Aires, hay varias fábricas de productos refractarios, que en parte reciben capital y asistencia técnica de grupos extranjeros.

El Sr. Francisco Soligno, Presidente de las "Industrias Bolivianas Unidas S.A.", manifestó la opinión de que se podría colocar en Argentina con seguridad

aprox. 35,000 ton. al año de magnesita sinterizada

Al experto se le dio la promesa de que Banco Industrial y Banco Mercantil examinarán las posibilidades de venta de este producto a través de las fuentes de información de que disponen. Durante la estancia del experto en Bolivia, los resultados de esta encuesta no estaban disponibles. Asimismo el análisis del mercado para Argentina y Perú, prometido en la carta de la CBF, de fecha 22-10-1970, que debía efectuarse por medio de las representaciones diplomáticas, quedó sin resultado.

6.5 Chile es uno de los principales productores de cobre del mundo. Su producción actual es del orden de

700,000 t anuales de cobre,

siendo previsto un incremento para los próximos años. La obtención del cobre se realiza en convertidores y hornos de reverbero (en Chile se obtienen, sin embargo, unas 250,000 ton., anuales por un procedimiento químico en húmedo. Es de suponer que para la producción de 1 ton. de cobre se requieren 5 Kgr. de productos de magnesita, por cierto en forma de ladrillos de magnesita o de cromo-magnesita de alta calidad.

Además Chile no solamente dispone de mayores reservas de mineral de hierro, sino también de carbón de calidad superior, presentándose de este modo todas las condiciones para un incremento de la producción de acero chilena.

- 6.6 A fin de llevar a cabo un estudio detallado del mercado, la CBF rogó al Dr. Bransilav Slavkovic, Senior Advisor de la UNIDO (Industrial Development Planning and Promotion), que elabore un informe sobre las perspectivas de una futura producción de magnesita boliviana. Este informe fue terminado el 12-11-1970. El experto y Dr. Slavkovic estaban de acuerdo que su estudio, conforme a lo indicado bajo Cifra 4.3, debía completarse por contactos directos con consumidores importantes en los países vecinos. Para este fin se debía viajar por estos países, con objeto de visitar las fábricas renombradas de productos refractarios, e investigar las posibilidades de venta de la magnesita boliviana.

Además de los países vecinos, podría entrar en cuenta también el Japón como mercado futuro para magnesita sinterizada boliviana. Por cierto el Japón es un productor importante de magnesita obtenida en base al agua marina, pero su producción de acero manifiesta un ritmo de crecimiento tan elevado que también hay necesidad de importaciones de magnesita sinterizada. La experiencia enseña que las características de los ladrillos de magnesita y de cromo-magnesita son especialmente favorables al utilizar en su producción una mezcla de magnesita natural y de magnesita obtenida en base al agua marina, ya que en este caso la proporción de magnesita natural provoca la formación de una estructura cristalina favorable.

- 6.7 En el caso del empleo del procedimiento de preparación térmica, una porción de la producción podría exportarse también en forma de magnesita cáustica, cuyo precio en el mercado internacional, que es del orden de 65. -- US \$/t, es ciertamente inferior al precio de la magnesita sinterizada, que se eleva a 80. -- US \$/ton.

6.8 Sin embargo, el ejemplo de la India, que exporta unas 5,000 ton. al año de magnesita cáustica a los Estados Unidos, demuestra que es posible comercializar este producto en el extranjero, pese a las insuficientes vías de comunicación en el interior del país y el transporte marítimo extremadamente largo.

6.9 Todo esfuerzo dirigido a la venta de productos de magnesita bolivianos en el extranjero tiene que tomar en cuenta la ubicación desfavorable, desde el punto de vista vial, de los yacimientos en el centro de Bolivia y en la ladera este de la Cordillera Oriental. Los cálculos efectuados ponen de manifiesto claramente que en base a la magnesita bruta boliviana puede elaborarse magnesita sinterizada a un precio inferior a 35 US \$.

Las informaciones, que la CBF obtuvo en la Gerencia General de la Empresa Nacional de Ferrocarriles, dieron por resultado los siguientes tipos de flete, de conformidad con las conversaciones mantenidas por el experto con la Dirección de la misma empresa:

Costos por ton. del producto comerciable

Cochabamba - Arica

|                      |          |        |       |       |
|----------------------|----------|--------|-------|-------|
| Cochabamba - Charana | \$ bol.  | 290,79 | US \$ | 24,22 |
| Charana - Arica      | E° chil. | 158,96 | US \$ | 11,10 |
|                      |          |        | US \$ | 35,32 |

Cochabamba - Antofagasta

|                       |         |        |       |       |
|-----------------------|---------|--------|-------|-------|
| Cochabamba - Ollagüe  | \$ bol. | 287,41 | US \$ | 23,95 |
| Ollagüe - Antofagasta | US \$   | 7,05   | US \$ | 7,05  |
|                       |         |        | US \$ | 31,-- |

Cochabamba - Baires

|                        |         |          |       |       |
|------------------------|---------|----------|-------|-------|
| Cochabamba - La Quaica | \$ bol. | 410,19   | US \$ | 34,20 |
| La Quaica - Baires     | \$ arg. | 6.160,-- | US \$ | 17,58 |
|                        |         |          | US \$ | 51,78 |
| Sta. Cruz - Pocitas    | \$ bol. | 218,20   | US \$ | 18,29 |

Actualmente los Ferrocarriles Bolivianos clasifican la magnesita sinterizada de acuerdo a las tarifas para "minerales pobres"; que se basan, como p. ej. el concentrado de mineral de estaño de 20 %, en un valor de 300 US \$/ton. Es evidente que la magnesita sinterizada, que representa un producto elaborado y se negocia actualmente a precios de 80 US \$/ton., apenas podrá soportar tales gastos de transporte. La Administración de Ferrocarriles reaccionó positivamente a estos argumentos y prometió el otorgamiento de una tarifa especial. Se indicó el ejemplo del proyecto de sosa en el sudeste de Bolivia, que actualmente se halla también en fase de planificación, para el cual se había ofrecido una tarifa especial elevándose a 12 US \$/ton., para el recorrido desde el yacimiento a la frontera. Además se habló de que esta tarifa podrá ser disminuída hasta 8 US \$/ton. en el caso de cantidades de producción muy elevadas.

El volumen total de mercancías transportadas por los Ferrocarriles Bolivianos se estima en 350,000 ton. anuales. Si en la zona de Cochabamba se produjesen 50,000 ton. anuales de magnesita sinterizada, esta cantidad representaría un aumento del volumen de transporte de más de 14 %. Ya que un volumen de transporte suficiente y regular constituye la base fundamental de un servicio rentable de toda empresa ferroviaria, se comprende bien, que la Administración de Ferrocarriles Bolivianos también fomentaría la instalación de una planta de magnesita mediante el otorgamiento de tarifas especiales. Como se desprende de la tabla arriba indicada, la ubicación desde el punto de vista vial de la zona de Cochabamba es especialmente desfavorable en cuanto al transporte a Argentina, que constituye un mercado potencial, haciéndose notar la falta de una comunicación ferroviaria de Cochabamba a Santa Cruz.

Al estudiar los problemas de transporte, hay que tener en cuenta que en los países vecinos de Bolivia hay una demanda efectiva de productos de magnesita que, en la actualidad, se cubre por importaciones de países lejanos, principalmente de Europa y Estados Unidos. A pesar de que este transporte por vía marítima es relativamente barato, sin embargo a Bolivia se le ofrece una auténtica posibilidad de conquistar una gran porción de este mercado.

6.10 En base al Contrato de Montevideo se está realizando actualmente el plano para una Asociación Latinoamericana para el Libre Comercio (ALALC). Dentro de esta Asociación se ha formado, en base al Contrato de Cartagena, el Grupo Andino, cuya organización ha hecho grandes progresos. Es evidente que la finalidad de estas asociaciones consiste en proteger, mediante aranceles aduaneros, los productos sudamericanos contra la competencia de los países industriales. Por consiguiente, los productos de magnesita bolivianos disfrutarían de ventajas aduaneras al ser exportados a Argentina, Chile y Perú, las que podrían muy bien compensar las desventajas de la ubicación desfavorable de los yacimientos en el centro de Bolivia.

6.11 De acuerdo a los cálculos expuestos en Capítulo 5, la magnesita sinterizada puede producirse, en la zona de Cochabamba, a un costo propio de

US \$ 35. --/ton.,

siempre que el problema de la separación del ácido silícico resulte solucionable. Este importe incluye un porcentaje destinado a la cobertura de gastos de venta, etc. Igualmente es una suposición realista que, después del otorgamiento de tarifas especiales por la Administración de Ferrocarriles, esta producción será recargada con costos de transporte de no más de

US \$ 35. --/ton.

en promedio, franco consumidor.

Como en el caso de magnesita sinterizada de alta calidad se debe calcular con un precio de

US \$ 80.--/ton.,

la empresa podría obtener una ganancia de aprox.

US \$ 10.--/ton.,

De acuerdo con la planificación, la producción se elevará, durante la primera fase, a 50,000 ton. anuales de magnesita sinterizada, de modo que resultaría una ganancia anual de US \$ 500,000.

Según lo acabado de expresar, la construcción de una planta de magnesita en base a los yacimientos de magnesita bruta del Chapare puede calificarse de favorable desde el punto de vista económico.



7. Recomendaciones para trabajos ulteriores

7.1 Se recomienda la realización de los siguientes trabajos, con objeto de conseguir una aclaración y decisión definitiva acerca del problema de la implantación de una industria de magnesita en Bolivia:

7.1.1 Habrá que efectuar una investigación geológica detenida de los yacimientos en la zona del río San Mateo, siendo dignos de recomendación las propuestas del geólogo Ricardo Ramirez Villarroel. A los trabajos de exploración deberá seguir la planificación de la extracción. Según los resultados obtenidos hasta la fecha, el equipo de personal técnico deberá solucionar las siguientes cuestiones:

- a) El área promisoría en cuanto a magnesita, a ambos lados del río San Mateo, deberá hacerse accesible mediante la construcción de caminos de aprox. 15 Km. de longitud total.
- b) Deberá realizarse un muestreo cuidadoso de los estratos de magnesita de por lo menos 100 mts. de ancho hallándose allí. Las muestras deberán extraerse no de la superficie, sino de 3 mts. de profundidad mínima, sin que presenten contacto alguno con la roca encajante.
- c) El volumen de las reservas de magnesita deberá comprobarse mediante perforaciones con recuperación de testigos, de por lo menos 500 metros lineales perforados, determinándose los puntos, en que deben realizarse, por un geólogo experimentado o un perito en minería.

- d) Las muestras sacadas deberán someterse a investigaciones químicas, con objeto de determinar la composición química en dependencia de la extensión geográfica del yacimiento.
- e) Las muestras sacadas, de una cantidad de por lo menos 500 Kgr., deberán someterse a investigaciones de laboratorio semitécnicas, con objeto de determinar un procedimiento económico de separación del ácido silícico. Una condición previa de esto la constituyen investigaciones mineralógicas, cuya finalidad consiste en determinar la forma, en que el ácido silícico se halla incluido en el mineral.
- f) En el curso de la construcción de caminos se deberá investigar las cercanías de los yacimientos, a fin de determinar un sitio suficientemente plano de aprox. 5 ha de extensión para la instalación de una planta de magnesita.

7.1.2 Será necesario realizar ulteriores estudios detallados de mercados, que deberán incluso abarcar promesas de compra, p. ej. en forma de "Letters of Intent". Además se deberán mantener negociaciones definitivas con la Administración de Ferrocarriles, con objeto de conseguir el otorgamiento de tarifas especiales. Sin duda el Dr. Branislav Slavkovic, Senior Advisor de la UNIDO, que trabaja ya en Bolivia, reúne, en base a sus experiencias, todas las condiciones para una realización eficaz de estas labores.

7.1.3 La implantación de una industria de magnesita en Bolivia deberá limitarse a la construcción de una fábrica de magnesita sinterizada de una capacidad de 50,000 toneladas anuales. La instalación de una fábrica de ladrillos de magnesita deberá aplazarse para una fase posterior.

- 7.1.4 Se deberá considerar la construcción, ya en la primera fase, de una planta separada para la obtención de magnesita por fusión en horno eléctrico, de una capacidad de unas 5,000 toneladas anuales. Para esto se haría necesaria una asistencia técnica por una empresa experimentada, que se ocuparía también de la venta del producto bajo su propia responsabilidad.

**8. Análisis y ensayos**

**8.1** Todo el presente Informe tiene que quedar obra imperfecta, ya que, debido a la falta de ejecución de ensayos de preparación, no es posible decidir si los métodos mencionados bajo 4.1 y 4.2 son eficaces, o si posiblemente sólo uno de los dos resulta practicable. Sin duda el análisis de los 500 Kgr. de muestras, que actualmente se hallan en el Depósito de la CBF en Cochabamba, procedentes de 8 distintos lugares de muestreo, haría posible tomar ya una primera decisión sobre las posibilidades de una preparación económica de la magnesita del Chapare.

Como ya estipulado en el Contrato No. 70/34 bajo 2.04 (b), los siguientes institutos alemanes tienen capacidad de ejecutar tales investigaciones:

- 1) Didier Forschungsanstalt, Wiesbaden
- 2) Inca GmbH, Gesellschaft für Verfahrenstechnik, Köln
- 3) Technische Universität, Clausthal-Zellerfeld

Se efectuaron negociaciones con la Universidad Técnica de Clausthal sobre los costos de una investigación de los 500 Kgr. de muestras depositadas en Cochabamba. Estas negociaciones tuvieron el siguiente resultado:

**8.1.1** Presupuesto de gastos para una investigación relativa al método de preparación, de los 500 Kgs. de muestras depositadas en Cochabamba.

|       |   |                               |
|-------|---|-------------------------------|
| 8.1.2 | Análisis químico respecto a los componentes $Fe_2O_3$ ,<br>$SiO_2$ , $Al_2O_3$ , CaO, MgO, $CO_2$ , pérdida por calcinación,<br>así como examinación mineralógica al microscopio y en<br>sección delgada, 8 muestras de 3 Kgr. c/u,<br>1 muestra \$ US 160. - | 1,300. -                      |
| 8.1.3 | Flotación + aglomeración + sinterización<br>a $1650^{\circ}C$ + investigación<br>1 muestra de 30 Kgr.   | 1,600. -                      |
| 8.1.4 | Calcinación a $1000^{\circ}C$ + separación electro-<br>stática + aglomeración + sinterización<br>a $1650^{\circ}C$ + investigación<br>1 muestra de 30 Kgr.  | 2,000. -                      |
| 8.1.5 | Análisis físico-químicos especiales<br>10 % no previsto   | 200. -<br>500. -              |
|       |   | <hr/>                         |
|       |   | TOTAL \$ US 5,600. -<br>***** |

8.2 Cabe mencionar que, según informaciones disponibles al experto, el flete aéreo incluyendo embalaje para 500 Kgr. de muestras de Cochabamba a Alemania Occidental sería del orden de

\$ US 450. -

El costo del transporte por vía marítima, que duraría unas 6 semanas, sería del orden de

\$ US 100. -

- 8.3 Las perforaciones recuperación de testigos, de por lo menos 500 mts. lineales, recomendadas bajo Punto 7.1.1 (c). sólo tendrían sentido si los testigos recuperados fuesen analizados químicamente en intervalos de 3 mts. como máximo. A fin de mantener bajos los costos. el análisis podría restringirse a la determinación del contenido de MgO.

Seguramente Bolivia dispone del equipo necesario para la realización de estas perforaciones, tanto en las existencias de GEOBOL como en las de COMIBOL. El diámetro de testigo podría ser de 35 mm, sin embargo serían preferibles 50 mm. Habría que recuperar, marcar y depositar cuidadosamente los testigos, cortando longitudinalmente cada uno de los tramos elegidos para el análisis y conservando la mitad para poder efectuar análisis documentales.

- 8.4 Una vez terminado el programa de perforación y los análisis químicos pertinentes, se podría formarse una idea exacta de la composición y extensión vertical del yacimiento. Seguidamente se debería sacar otros 500 Kgr. de muestras en un lugar apropiado para la instalación de una futura explotación, sometiéndolos a una investigación relativa al método de preparación.

El cálculo de los costos de esta investigación es como sigue:

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| 500           | mts. perforados, analizados químicamente en intervalos de 3 mts. respecto a MgO. |           |
| 500 : 3 = 170 | a \$ US 18. -  | 3,000. -  |
| 10            | análisis completos, incl. examinación mineralógica, a \$ US 160. -               | 1,600. -  |
| 5             | ensayos de preparación con 30 Kgr. de muestras, a \$ US 2,000. -                 | 10,000. - |

|   |                                      |                    |
|---|--------------------------------------|--------------------|
| 5 | análisis físico-químicos especiales, |                    |
|   | a \$ US 200. -                       | 1,000. -           |
|   | 10 % gastos imprevistos              | <u>1,600. -</u>    |
|   | TOTAL US-\$                          | 17,200. -<br>***** |

De acuerdo con lo indicado en el capítulo 3, se tendría que gastar \$ US 33,000. -

para un estudio geológico detenido de las zonas particularmente promisorias en cuanto a magnesita, a ambos lados del río San Mateo. A esto habrá que añadir otros

\$ US 17,200. -

para investigaciones químicas relativas al método de preparación.

Es evidente que la decisión relativa al gasto de los montos para el estudio de factibilidad de una futura industria de magnesita en Bolivia se puede hacer dependiente de los resultados obtenidos en la investigación de los 500 Kgr. de muestras de magnesita depositadas en Cochabamba, como indicado en el Punto 8.1.

# PERFIL ESTRATIGRAFICO A-A'

CORRESPONDIENTE AL MAPA No. 230 572



**SALZGITE**

UNIDO - BOL - 041 - A (SIS)

## PERFIL

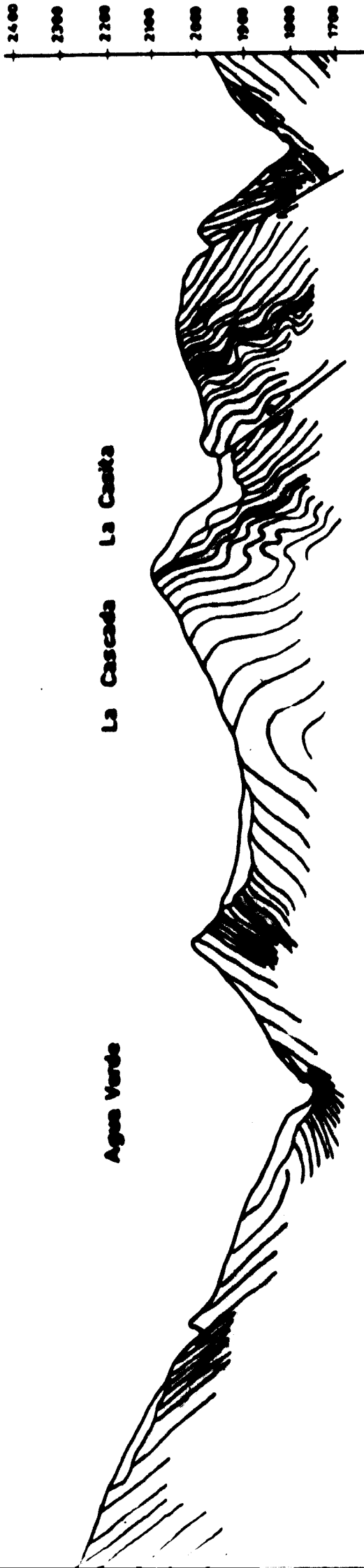
| Proyecto      | Fecha   | Altim. |
|---------------|---------|--------|
| 40 00010      | 28.1.71 | 2000   |
| Escuela, 1028 |         |        |
|               |         |        |

**SECTION 1**



# PERFIL ESTRATIGRAFICO A-A'

CORRESPONDIENTE AL MAPA No. 238 572



**SALZGITTER INDUSTRIEBAU GMBH**

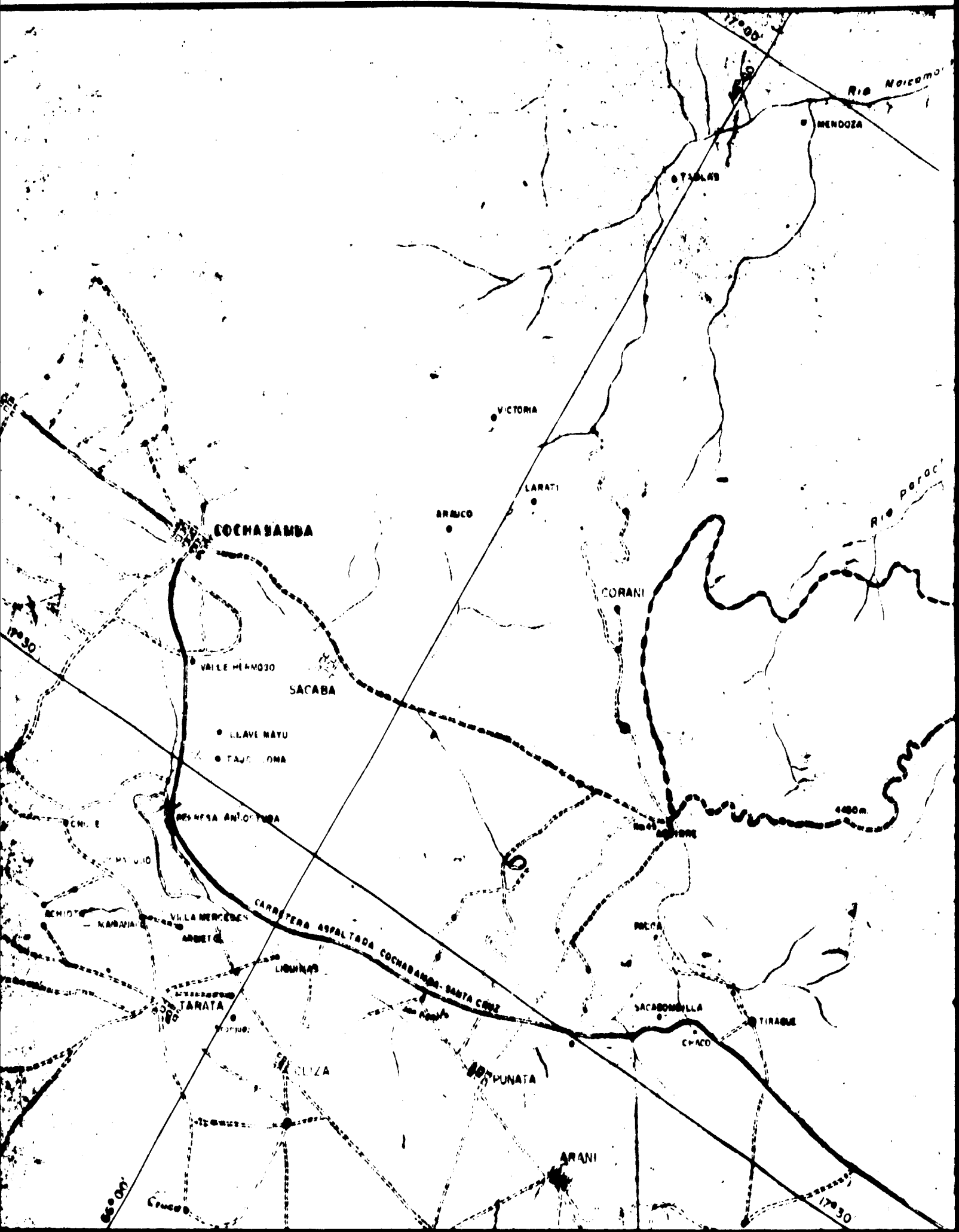
UNIDO - BOL - 041 - A (SIS)

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

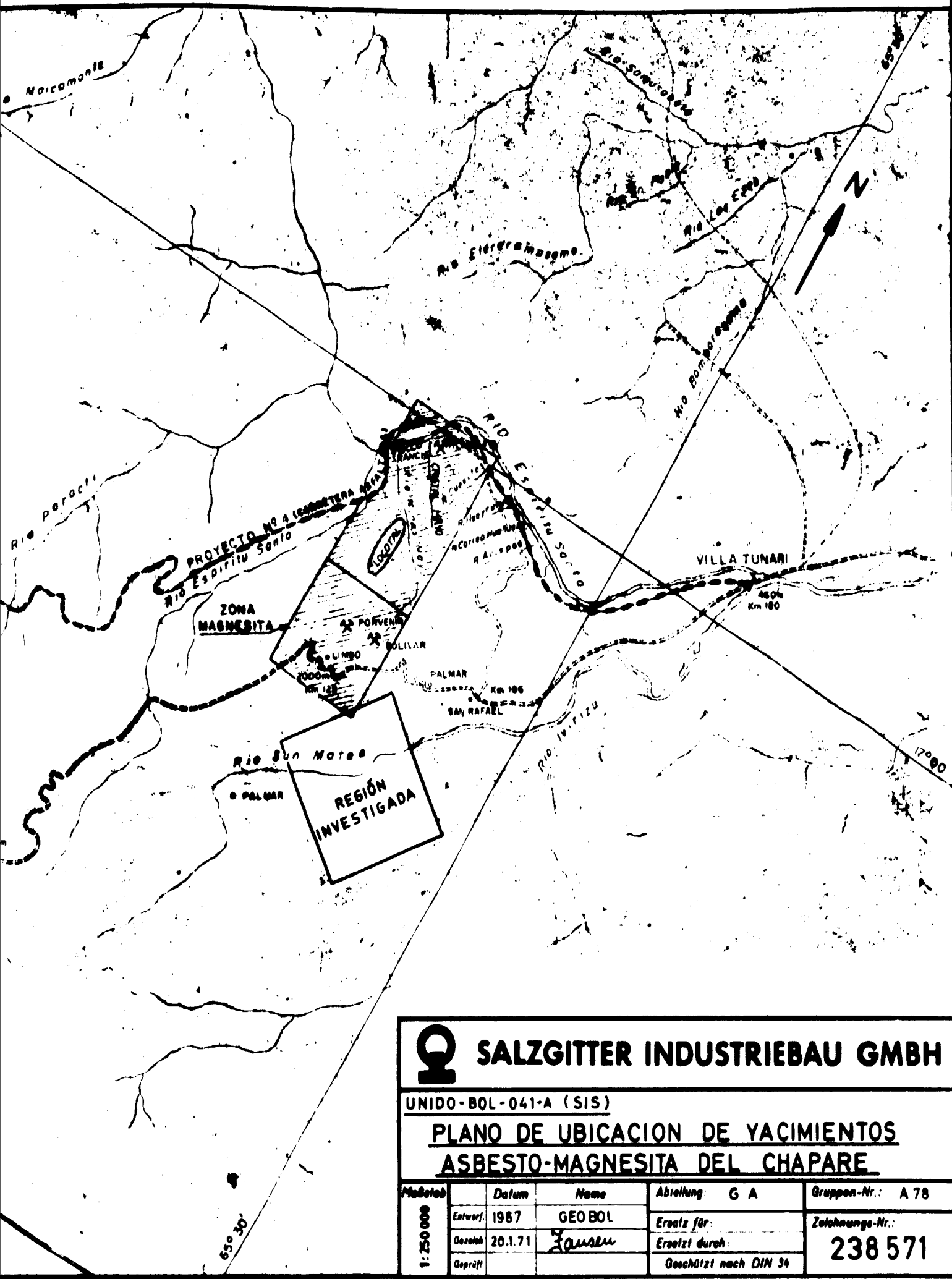
|           |         |                |               |                |         |                |      |
|-----------|---------|----------------|---------------|----------------|---------|----------------|------|
| Proyecto: | 10000   | Fecha:         | 1970          | Abstracción:   | G-A     | Grupos-Ar.:    | A 70 |
| Objeto:   | 20000   | Elaborado por: | R. RAMIREZ V. | Escala:        | 1/5000  | Zonas-Ar.:     |      |
| Objeto:   | 30000   | Fecha:         | 29.1.71       | Elaborado por: | Quisbal | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 40000   | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 50000   | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 60000   | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 70000   | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 80000   | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 90000   | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 100000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 110000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 120000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 130000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 140000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 150000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 160000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 170000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 180000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 190000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 200000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 210000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 220000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 230000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 240000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 250000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 260000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 270000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 280000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 290000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 300000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 310000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 320000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 330000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 340000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 350000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 360000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 370000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 380000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 390000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 400000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 410000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 420000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 430000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 440000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 450000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 460000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 470000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 480000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 490000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 500000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 510000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 520000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 530000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 540000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 550000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 560000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 570000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 580000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 590000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 600000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 610000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 620000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 630000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 640000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 650000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 660000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 670000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 680000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 690000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 700000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 710000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 720000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 730000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 740000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 750000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 760000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 770000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 780000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 790000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 800000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 810000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 820000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 830000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 840000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 850000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 860000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 870000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 880000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 890000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 900000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 910000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 920000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 930000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 940000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 950000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 960000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 970000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 980000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 990000  | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |
| Objeto:   | 1000000 | Objeto:        |               | Elaborado por: |         | Elaborado por: |      |

SECTION 2

238573



SECTION 1



**SALZGITTER INDUSTRIEBAU GMBH**

UNIDO-BOL-041-A (SIS)

**PLANO DE UBICACION DE YACIMIENTOS  
ASBESTO-MAGNESITA DEL CHAPARE**

|                      |            |               |                       |                                   |
|----------------------|------------|---------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Maßstab<br>1:250 000 |            | Datum         | Abteilung: G A        | Gruppen-Nr.: A 78                 |
|                      | Entwurf    | 1967          | Erstellt für:         | Zeichnungs-Nr.:<br><b>238 571</b> |
|                      | Gezeichnet | 20.1.71       | Erstellt durch:       |                                   |
|                      | Geprüft    |               | Geschätzt nach DIN 34 |                                   |
|                      |            | Name          |                       |                                   |
|                      |            | GEO BOL       |                       |                                   |
|                      |            | <i>Jansen</i> |                       |                                   |

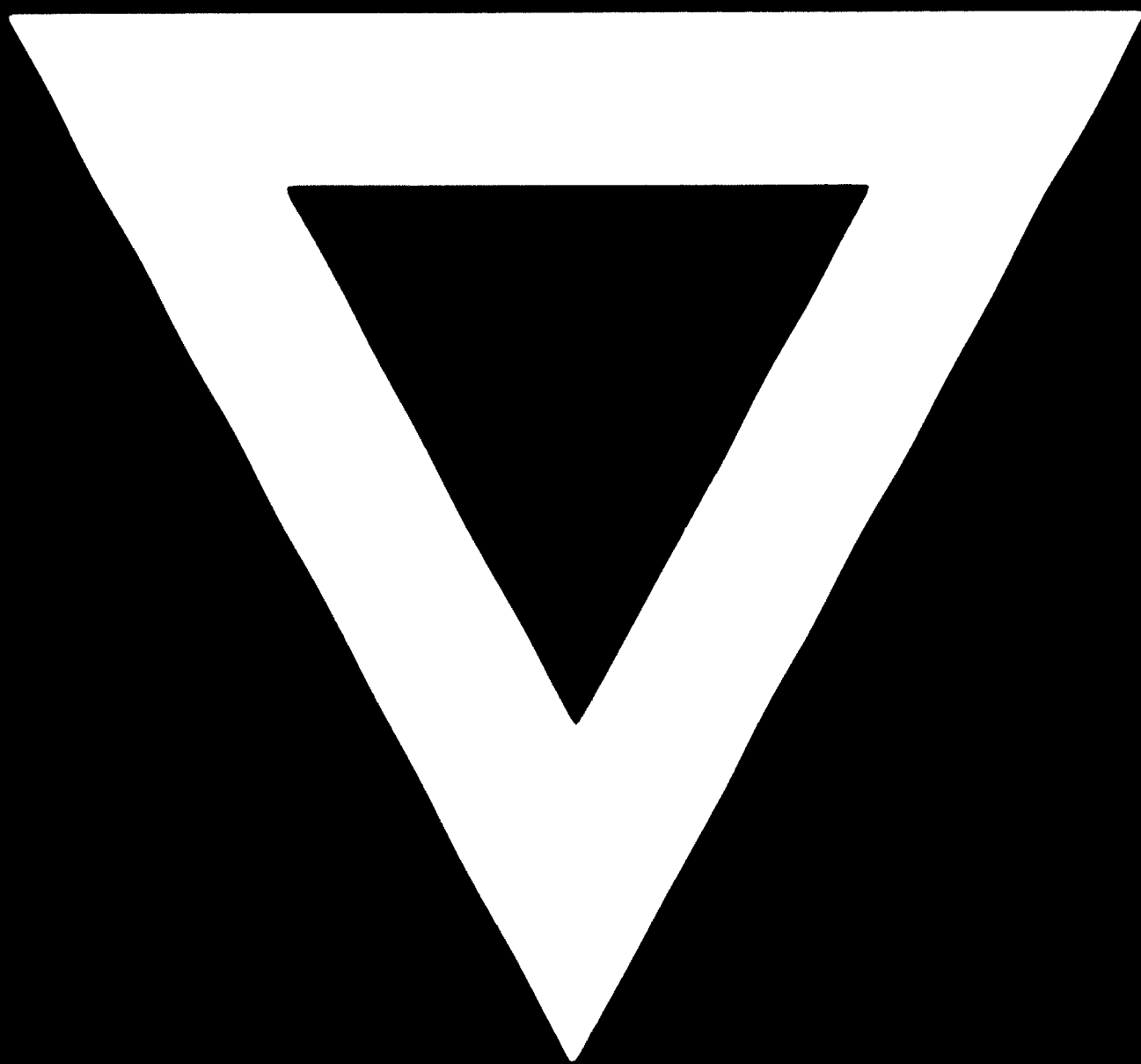
MAP:

MAPA ALTO CHAPARE  
YACIMIENTOS  
DE MAGNESIA 6

NOT  
PHOTOGRAPHED



**A - 829**



**82.07.20**