



**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)

16306-5

UTILIZACION DE LA CAPACIDAD INDUSTRIAL-  
ACONDICIONAMIENTO DE LA FABRICA DE ACIDO SULFURICO  
DE COSSMIL EN EUCALIPTUS

SI/BOL/85/803

BOLIVIA

Informe técnico: Informe de la misión de  
investigación y asesoramiento\*

Preparado para el Gobierno de Bolivia por la Organización de las  
Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, organismo de  
ejecución del Programa de las Naciones Unidas  
para el Desarrollo

Oficial de apoyo directo: J.A. Kopytowski, Subdivisión  
de Industrias Químicas

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial  
Viena

112

\* El presente documento es la traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

INDICE

	<u>Página</u>
1.0. INTRODUCCION	3
2.0. RESUMEN DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	5
3.0. RESUMEN DE LAS CONVERSACIONES FINALES CON EL REPRESENTANTE DE COSSMIL	6
4.0. RESUMEN DE LA ENTREVISTA FINAL CON EL REPRESENTANTE RESIDENTE	7
5.0. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO	7
6.0. PARTE TECNICA	8
7.0. PARTE ECONOMICA	13
8.0. PROPUESTAS PARA EL ULTERIOR DESARROLLO DE LA INDUSTRIA QUIMICA EN BOLIVIA	17
9.0. EXPRESION DE AGRADECIMIENTO	19
ANEXO I Lista de las personas con las que se entrevistó la misión	20
ANEXO II Calendario de actividades de la misión	21
ANEXO III Esquemas de proyectos para el ulterior desarrollo de la industria química en Bolivia	22
ANEXO IV Solicitud de servicios de asesoramiento de la fábrica de sulfato de quinina	27
ANEXO V Conclusiones preliminares de la misión de investigación y asesoramiento sobre el acondicionamiento de la fábrica de ácido sulfúrico de Eucaliptus	29
ANEXO VI Gráficos del proceso de fabricación en la planta de Eucaliptus	31
ANEXO VII Producción de energía - gráfico del consumo	32
ANEXO VIII Sustituciones y adiciones para el acondicionamiento de la fábrica de Eucaliptus	33
ANEXO IX Precio oficial del transporte del ácido sulfúrico por ferrocarril	37
ANEXO X Cálculo del costo de los materiales y otros insumos para la producción de 6.000 ton/anuales de ácido sulfúrico	38
ANEXO XI Cálculo del combustible necesario	40
ANEXO XII Cálculo del costo total de producción de la fábrica de ácido sulfúrico de Eucaliptus	42
ANEXO XIII Cuadro del <u>cash flow</u> y del NPV	44
ANEXO XIV Datos preliminares facilitados por COSSMIL y situación general de la fábrica	45

## 1.0. INTRODUCCION

### 1.1. Antecedentes de la misión

El Gobierno de Bolivia lleva algún tiempo preocupado por la capacidad no utilizada de las industrias del sector público. Se estima que la mejora de la situación exigiría un complejo conjunto de medidas en materia de comercialización y evaluación económica, así como medidas para recuperar las cantidades invertidas y para contribuir al desarrollo industrial del país. A tal fin, el Gobierno de Bolivia invitó al PNUD y a la ONUDI a que preparasen un programa y procedió a investigar las posibles fuentes de financiación necesarias para su ejecución.

En diciembre de 1982 la misión de la ONUDI visitó Bolivia y pudo comprobar que la compañía estatal COSSMIL había construido una fábrica de ácido sulfúrico en Eucaliptus (aproximadamente a unos 200 km de La Paz) con una capacidad de 100 toneladas diarias. La misión manifestó que (cita del informe de la misión): "La planta funcionó durante un espacio de tiempo relativamente corto, de 1977 a 1979. Se utilizó azufre nacional como materia prima pero la falta de salidas en el mercado interno para las cantidades que era capaz de producir la planta motivó su cierre y sigue paralizada desde hace unos cuatro años".

La misión determinó igualmente que tanto desde el punto de vista técnico como económico no era posible utilizar ni el equipo ni la maquinaria de la planta para absorber los gases desprendidos en el tratamiento de mineral de estaño de bajo contenido realizado en la planta de la Palca.

Tras nuevas investigaciones, el PNUD y COSSMIL llegaron a la conclusión de que debía procederse al acondicionamiento de la planta y solicitaron una misión de la ONUDI. El Sr. J.A. Kopytowski, asesor interregional superior, CHEM/IO, fue designado para determinar la viabilidad técnica y económica del proyecto y asesorar al respecto. He aquí las preguntas formuladas:

- a) ¿Es posible el acondicionamiento de la planta?
- b) ¿Existe un mercado para el ácido sulfúrico que se produciría en Eucaliptus?
- c) ¿Puede la planta funcionar en un régimen permanente de baja capacidad, y en caso afirmativo, de qué manera?

Los datos preliminares referentes al funcionamiento de la planta y los motivos de su paralización se indican en el memorando de 11 de mayo de 1985.

La organización estatal COSSMIL construyó, durante el período 1972-1975, una planta de ácido sulfúrico con una capacidad de 100 toneladas diarias en Eucaliptus (Departamento de Oruro). La planta funcionó de 1975 a 1978 y produjo, en tres etapas, unas 10.460 toneladas

de ácido sulfúrico. Como el mercado no podía absorber la producción de la planta y la tecnología transferida por la compañía de ingeniería y el concesionario (Cimex-Staffer) limitaban la capacidad mínima al 75% de la capacidad nominal, se paró la instalación y estuvo sin funcionar desde principios de 1979. En 1979 y en 1980 se vendieron algunas cantidades de ácido sulfúrico procedente de las existencias acumuladas. En abril de 1985, COSSMIL/COFADENA, decepcionadas por el resultado de la inversión, solicitaron asistencia técnica del PNUD y la ONUDI para el acondicionamiento de la planta, antes de formular el programa de financiamiento de su nueva puesta en marcha.

## 1.2. Programa de la misión

En el anexo II se da el calendario de actividades de la misión. La misión llegó a La Paz el 11 de mayo de 1985. Aunque el día siguiente se había destinado a la adaptación a las difíciles condiciones climáticas de la capital, se organizó una primera visita al Director de COSSMIL y la misión recibió varias notas de la compañía. Ello facilitó la organización del estudio y permitió asegurar el apoyo máximo de la compañía en la recopilación de datos para la primera reunión con el representante residente y el ASEDI de ONUDI, así como con los presidentes de COFADENA y COSSMIL el 13 de mayo de 1985. La reunión fue muy fructífera y permitió celebrar un cambio de impresiones y cotejar los informes respectivos (la lista de las personas entrevistadas en Bolivia figura en el anexo I).

El 14 de mayo de 1985 la misión y los expertos locales visitaron la planta de ácido sulfúrico de Eucaliptus. Se procedió a una inspección ocular completa del equipo y maquinaria y se comprobaron los informes de producción en varios aspectos importantes. La misión dispuso de las especificaciones de las sustituciones realizadas por los especialistas locales en 1981. Se examinaron diversas posibilidades de funcionamiento de la planta. A su regreso a La Paz, la misión preparó el primer plan para mejorar el funcionamiento de la planta.

El 15 de mayo de 1985 la misión presentó sus conclusiones y propuestas. Continuaron las reuniones hasta el día siguiente, en que se calcularon los parámetros del funcionamiento de la planta. El 16 de mayo de 1985 por la tarde la misión preparó un cálculo definitivo de los costos de producción y un análisis financiero de las dos soluciones alternativas propuestas. Las conclusiones y recomendaciones preliminares fueron redactadas y examinadas en una reunión con el representante residente y el ASEDI de ONUDI.

El 17 de mayo de 1985 se presentaron las conclusiones y recomendaciones finales a los directores de COFADENA y COSSMIL, así como a un grupo de especialistas, en presencia del ASEDI de ONUDI. También se examinaron nuevas modalidades de proyectos posibles. La misión salió de La Paz el 13 de mayo de 1985.

## 2.0. RESUMEN DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existen todas las condiciones para que la planta de Eucaliptus pueda ser modernizada y funcione económicamente en las condiciones actuales del mercado, en un proceso continuo y a baja capacidad (del 25% al 30% de la nominal) por lo que una breve ayuda técnica y económica de la ONUDI está plenamente justificada.

### 2.1. Conclusiones

- a) He aquí las causas que motivaron el prolongado cierre de la planta:
  - fallos en la transferencia de tecnología;
  - defectos económicos del sistema logístico (transporte y distribución);
  - falta de información acerca de las posibilidades de ayuda de la ONUDI por parte de la dirección.
  
- b) El acondicionamiento de la planta exigirá sustituciones y nuevos equipos y máquinas por un valor de \$EE.UU. 200.000, sin incluir el costo de la mano de obra, que representa menos del costo de un año de mantenimiento.
  
- c) Funcionando a plena capacidad, el ácido sulfúrico podría venderse a unos \$EE.UU. 100/ton.
  
- d) Debido a la falta de mercado y a los elevados costos de transporte la planta debería funcionar durante algún tiempo a baja capacidad.
  
- e) Es posible el funcionamiento de la planta a baja capacidad (6.000 tons/a) y para ello se han recomendado dos soluciones:
  - conexión del sistema energético de la planta a la red general de energía eléctrica (mediante una inversión de \$EE.UU. 80.000);
  - utilización de una caldera auxiliar como fuente de vapor de presión media, para hacer funcionar la maquinaria.Ambas soluciones son posibles pero la primera supone un costo inferior de producción y una mayor flexibilidad de funcionamiento.
  
- f) Los análisis del cash flow indican que a una determinada gama de precios y dadas las condiciones prevalecientes en el mercado boliviano la tasa interna de rendimiento puede mantenerse a un nivel del 20%.
  
- g) La asistencia a corto plazo está plenamente justificada.

## 2.2. Recomendaciones

a) La ONUDI presentará a COSSMIL las conclusiones y recomendaciones de la misión (en traducción española).

b) El Gobierno podría estudiar la posibilidad de pedir a la ONUDI que emprenda el proyecto de ayuda a corto plazo, con un costo estimado de \$EE.UU. 65.000.

c) COSSMIL iniciará todos los preparativos necesarios para el acondicionamiento de la planta de Eucaliptus y adaptar su funcionamiento a baja capacidad. Para ello son necesarias las medidas siguientes:

- reunir ofertas de suministradores de maquinaria y equipo y proceder a su selección;
- modificar el estudio de factibilidad adaptándolo a la situación de 1986 y conseguir la financiación del proyecto por la Corporación Andina;
- reanudación de la producción de azufre en San Pablo de Nappa y poner en práctica una solución económica para el transporte del azufre y del ácido sulfúrico;
- preparación del manual de operación para la nueva solución técnica.

## 3.0. RESUMEN DE LAS CONVERSACIONES FINALES CON EL REPRESENTANTE DE COSSMIL

El 17 de mayo de 1985 mantuvimos una última entrevista con los representantes de COSSMIL. Participaron en la reunión todos los especialistas que habían colaborado con la misión. La reunión fue presidida por los presidentes de COFADENA y COSSMIL. El ASEDI de ONUDI y el oficial auxiliar participaron en nombre del PNUD.

Durante esta reunión se expusieron las conclusiones y recomendaciones de la misión, así como los resultados de las conversaciones técnicas y económicas.

Los presidentes de COFADENA y COSSMIL expresaron su satisfacción por la labor realizada por la misión y aseguraron que sus recomendaciones facilitarían las decisiones de carácter técnico y económico referentes al acondicionamiento y funcionamiento de la planta.

El presidente de COFADENA decidió solicitar una ayuda financiera de la Corporación Andina de Desarrollo para el acondicionamiento de la planta de ácido sulfúrico.

Se examinó el proyecto preparatorio de asistencia técnica que realizaría la ONUDI y se decidió que el personal de contraparte presentaría una solicitud oficial a la oficina del PNUD en La Paz. Se destacó que una de las condiciones para la reconversión de la planta sería la obtención del asesoramiento de expertos en comercialización, financiación y tecnología.

La misión agradeció a COSSMIL la perfecta organización de sus actividades así como la participación de destacados especialistas en la presentación de información e inspección de la planta, que resultaron muy valiosos para la formulación de las conclusiones finales.

#### 4.0. RESUMEN DE LA ENTREVISTA FINAL CON EL REPRESENTANTE RESIDENTE

Durante la última reunión con el representante residente la misión informó acerca de las conversaciones con el personal de contraparte y expuso las conclusiones formuladas de acuerdo con los datos técnicos y económicos reunidos durante la misión. Se presentó al representante residente un proyecto provisional. Este expresó su satisfacción por las rápidas medidas adoptadas por la Subdivisión de Industrias Químicas con respecto a la solicitud de asistencia técnica.

Sin embargo, el representante residente manifestó que en virtud de las cifras indicativas de planificación y de los niveles presupuestarios autorizados no se dispondría de fondos para un proyecto de asistencia técnica durante el período 1985-1986 y de recibirse una solicitud del Gobierno, la ONUDI, como organismo de ejecución, prestaría la asistencia al amparo del plan de Servicios Industriales Especiales.

La misión manifestó su agradecimiento por la activa colaboración prestada por el ASEDÍ de ONUDI y el oficial auxiliar en todas sus actividades.

#### 5.0. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO

Las actividades de seguimiento de la misión serán las siguientes:

a) Presentar una propuesta de proyecto de asistencia técnica a COSSMIL, que se financiará con fondos de los Servicios Industriales Especiales. El presupuesto total estimado de dicho proyecto es de \$EE.UU. 65.000. El proyecto prestará asistencia intermedia en las actividades siguientes:

- i) análisis del desarrollo del mercado - se enviarán expertos de alto nivel en la comercialización del ácido sulfúrico para averiguar las salidas futuras del producto (2 h/m),
- ii) el personal de contraparte deberá preparar un estudio de factibilidad completo - en la etapa final será precisa la colaboración de un experto en análisis financiero de alto nivel (1 h/m),
- iii) selección de las licitaciones para el suministro de sustituciones y adiciones y preparación de un manual de operación, redactado especialmente para la producción de ácido sulfúrico en régimen de baja capacidad de la planta - un experto de alto nivel en tecnología deberá colaborar en la etapa final de selección de las licitaciones y redacción del manual (3 h/m),
- iv) ensayo del catalizador y análisis del azufre en institutos especializados;

b) Facilitar a COSSMIL la información referente a la ejecución y financiación del proyecto;

c) Seleccionar expertos que colaboren en el acondicionamiento de la planta una vez aprobado el proyecto;

d) Preparar nuevas propuestas para la modernización técnica y económica de la planta después de haber realizado el proyecto con éxito y de que se haya alcanzado una capacidad de producción determinada.

## 6.0. PARTE TECNICA

En esta parte del presente informe se exponen los problemas técnicos y las dificultades operacionales, así como las soluciones propuestas. La presentación del problema es muy compleja y abarca desde la extracción del azufre hasta la distribución del ácido sulfúrico.

### 6.1. Azufre

#### 6.1.1. Información facilitada

Todos los yacimientos de azufre descubiertos en la parte occidental de la provincia de Potosí de origen volcánico, son concesiones de COSSMIL. Se mencionaron cinco yacimientos: San Pablo de Nappa, Porveni, Brema Vista, El Carmen I y El Carmen II. De todos los mencionados, uno solo, San Pablo de Nappa, se encuentra en explotación, concedida por COSSMIL a tres sociedades privadas: Salmik, Enicla y Barnero. No se tienen cifras detalladas de los recursos de azufre, pero éstos se estiman en unos 32 millones de toneladas. El contrato de arrendamiento ha expirado y COSSMIL empezará la explotación de la mina por sí misma.

La explotación técnica de la mina se nos presentó con diapositivas. Se hace una excavación de cerca de 1 metro de profundidad y se extrae el azufre, que después es sometido a molturación y flotación (aumentándose la concentración al 80%) y purificación por fundición (aumentando la concentración al 98-99%). Una vez cristalizado al aire, el azufre es transportado en camiones. El espesor de la almohadilla es de 5-6 m. No se cree que pueda encontrarse azufre a mayores profundidades. Los recursos de San Pablo de Nappa se estiman en 2,5 TM con un contenido de mineral de azufre del 40%.

La capacidad extractora y transformadora de la mina era de 600-1000 toneladas de azufre mensuales. Hay unas 40.000 ton de residuos de la explotación anterior con un contenido de azufre de cerca del 40%. Las instalaciones de extracción y concentración están prácticamente destruidas y deben renovarse. Está en marcha un estudio de factibilidad y una sociedad espera iniciar la explotación dentro de 11 meses (abril de 1986) según el programa siguiente: terminación del estudio de factibilidad (tres meses), finalización de los acuerdos de financiación (3 meses), renovación física (5 meses). El costo de

reconstrucción se estima en \$EE.UU. 200.000; el 30% del cual será financiado por COSSMIL y el 70% por un inversionista extranjero. Además, hay en construcción un grupo de viviendas destinado al personal de la mina valorado en \$EE.UU. 30.000.

El problema más difícil de la actualidad es el transporte del azufre. Las estaciones de ferrocarril de Chiguana y Uguni se encuentran a una distancia de 127 km y 150 km, respectivamente. La carretera de Chiguana cruza territorio chileno y debe reconstruirse la desviación. La carretera de Uguni atraviesa un desierto de sal y puede ser utilizada solamente siete meses al año, de abril a noviembre. El costo de transportar el azufre en vagones de ferrocarril corrientes es muy elevado y el inversionista que va a explotar la mina lo calcula en \$EE.UU. 0,1/kg para recorrer la distancia hasta Eucaliptus. Para un transporte periódico puede negociarse un descuento del 20% con la compañía ferroviaria, pero no puede garantizarse la regularidad del servicio que depende de la disponibilidad de vagones.

#### 6.1.2. Conclusiones y recomendaciones

La misión observó que la distancia a que se encuentra la mina no resulta prohibitiva de por sí ya que en todo el mundo el azufre se transporta a gran distancia por distintos medios (carretera, ferrocarril, barco, etc.). Dado que el precio del transporte en los ferrocarriles nacionales es muy elevado y puede afectar gravemente el régimen económico de la producción de ácido sulfúrico, la misión aconseja estudiar la posibilidad de utilizar un transporte especial, propiedad de la sociedad minera o de la planta de ácido sulfúrico. El transporte por carretera supondría la compra de 3 camiones de 40 ton de carga o 5 camiones de 20 ton (un camión de reserva en cada caso) y unos 14 vagones volquetes de ferrocarril especiales de 20 ton cada uno para la plena producción de la planta (unas 12.000 ton/año). Como se proyecta operar la planta con una capacidad de 6.000-8.000 ton/año de ácido sulfúrico, serían necesarios dos camiones de 20 ton y cuatro vagones especiales. La depreciación prevista de dicha inversión a razón del 25%, aumentaría el precio del azufre (CIF) en \$EE.UU. 21,7/ton a baja capacidad y en \$EE.UU. 17,5/ton a plena capacidad. En este caso el costo del ferrocarril no debería exceder de \$EE.UU. 10-13/ton para la distancia a Eucaliptus, con lo que el costo total del transporte puede estimarse entre \$EE.UU. 30 y 40/ton. Esta posibilidad debería examinarse con la compañía de ferrocarriles y analizarse a fondo al preparar el estudio de factibilidad. Los camiones podrían construirse en la fábrica de COFADENA con chasis importados (Renault) y los volquetes pueden fabricarse en cualquier taller ferroviario. La misión facilitará al inversionista más detalles al respecto.

El coste del azufre a pie de mina se estima en unos \$EE.UU. 50-60/ton pero el precio de oportunidad del azufre para la compañía minera es de \$EE.UU. 100/ton FOB en la frontera chilena y éste será el precio utilizado como base en todos los cálculos.

Se ha facilitado a la misión una muestra de 1 kg de azufre para que pueda realizar los análisis correspondientes.

## 6.2. Acido sulfúrico

### 6.2.1. Información facilitada

La técnica de producción, basada en un catalizador Staffer, sigue un método típico de contacto simple/adsorción simple (SC/SA). Se adjuntan dos gráficos del proceso de producción (anexo VI). Dos son las soluciones técnicas adoptadas:

- a) el contenido de SO<sub>2</sub> no debe exceder del 8%;
- b) se suministra vapor de presión media (300 psig, 400°C) para accionar el compresor de aire y las bombas dobles de agua; el excedente de producción se utiliza para producir energía eléctrica en una turbina de 187 KW/t y para calentar y fundir el azufre. Dada la altura de la planta, la turbina alcanzó solamente una capacidad de 100 KW.

Durante el funcionamiento de la planta la capacidad más baja alcanzada fue del 70% pero solo puede conseguirse un funcionamiento estable con el 75% de la carga nominal. El resto de la energía eléctrica necesaria para accionar las bombas y para la iluminación y el control es suministrado por un generador de gasóleo, sincronizado eléctricamente con la turbina\*. La situación en materia de producción de energía se ilustra en el gráfico del anexo VII. El consumo mensual de energía fue de 92.000 KWh y el costo de la energía producida por el generador de gasóleo de \$EE.UU. 0,063/KWh.

Como las ventas diarias no excedieron de 15 toneladas, no podía mantenerse la planta en funcionamiento y se decidió su cierre (la capacidad más baja fue de 70 ton/día). Durante el período de funcionamiento y posteriormente durante el período de espera, parte del equipo fue desmantelado y en 1981 se redactaron las especificaciones de los recambios necesarios para reiniciar la producción (anexo VIII).

Se ha perdido el manual de operación pero la dirección dispone de todos los informes y datos correspondientes al período de funcionamiento, que pueden servir para su nueva redacción.

### 6.2.2. Conclusiones y recomendaciones

#### Acondicionamiento de la planta

La misión inspeccionó todo el equipo y la maquinaria, las torres de absorción y secado, así como el interior de las calderas y el horno.

Se comparó el estado físico de la planta con las especificaciones de las sustituciones indicadas en el primer estudio de factibilidad de 1981 (COSSMIL, Departamento de empresas, "Estudio de factibilidad para el acondicionamiento y arranque de la fábrica de ácido sulfúrico 1981 La Paz") llegándose a las conclusiones siguientes:

---

\* Se utiliza una tensión de 480/227 W y 50 HZ.

i) la planta está bien mantenida y conservada; todas las válvulas funcionan y las superficies internas están conservadas con grasa y queroseno;

ii) la especificación para las sustituciones son todavía válidas y muchas piezas y materiales se encuentran en el almacén;

iii) antes de empezar deberían probarse todas las tuberías y equipo mediante la debida presión de agua o aire y en caso necesario desmontarlos y volverlos a montar;

iv) debe revisarse cada uno de los motores y bombas.

#### Funcionamiento a baja capacidad

El actual plan de suministro-consumo de energía no permite hacer funcionar la planta a baja capacidad debido a un mal diseño de elasticidad. Lamentablemente, con las instrucciones técnicas iniciales no se incluyeron todos los detalles del proceso. Por lo tanto, el nuevo inversionista no puede seguir un sistema rígido para encontrar soluciones que le permitan hacer funcionar la planta a distintos niveles de capacidad. En la actualidad son posibles dos soluciones alternativas pero aún en 1978 tan solo una de ellas era aplicable (la segunda). La misión presentó las soluciones siguientes:

#### a) Alternativa eléctrica

Como a 2 km de la planta de ácido sulfúrico pasa una línea eléctrica de alta tensión de 1.500 KW (25 KV), es posible suministrar energía eléctrica a la planta (unos 500 KW). La energía eléctrica no solo alimentará todas las bombas, y facilitará energía para el alumbrado y control sino que puede utilizarse también para accionar el motor sincrónico del compresor de aire. El vapor de las calderas de recuperación se utilizará para accionar las bombas de suministro de agua, fundir y calentar el sistema de circulación del azufre y el resto se utilizará para producir energía eléctrica en las actuales turbinas y alimentar el sistema eléctrico general. La producción de la planta será controlada por las rotaciones del motor sincrónico y la alimentación de azufre. Las temperaturas de la alimentación a la primera bandeja de conversión pueden controlarse además por la alimentación derivada del horno. Para mantener la eficiencia del intercambio de calor de la caldera, puede reducirse el diámetro de los tubos mediante anillos llenadores u otras modificaciones de construcción. Ello deberá decidirse tras detenidos cálculos cuando se redacte el nuevo manual de operación.

La adopción de esta alternativa exigirá (estimación):

- tendido eléctrico de 2 km	SEE.UU.	20.000
- un transformador de 25 KV/440V (500 KVA)	"	13.000
- más el costo de instalación	"	3.600
- un sistema de sincronización	"	6.000
- costo del enlace de 500 KVA a la red nacional	"	600
- costo del motor sincrónico de 200 KW/440V	"	15.000
	SEE.UU.	58.200

Este costo complementario debe añadirse al costo de acondicionamiento. El precio actual de la energía eléctrica es muy bajo (Bol \$ 1.900 por KWh) y para calcular el precio del ácido sulfúrico debería tomarse un precio realista, como el utilizado en el Informe del Banco Mundial (\$EE.UU. 0,06). El consumo máximo de energía según este plan sería de unos 328 KW.

Este plan, con un crédito de 60 KW producidos con la recuperación del calor, da un consumo de 360 KWh/t de energía por tonelada de ácido sulfúrico (\$EE.UU. 21,5/t) con una baja capacidad de producción (6.000 t/anales). De no seguirse esta alternativa por algún motivo, la otra solución sería la siguiente:

b) Alternativa interna

El principio de la alternativa interna se indica en el esquema de la producción-consumo de energía. La caldera auxiliar, empleada únicamente para poner en marcha la instalación, se utilizaría permanentemente. Un vapor con los parámetros necesarios (300 psig 400°C) se utilizará para accionar el compresor de aire. La capacidad máxima de la caldera permite que la turbina funcione al 80% de su capacidad. De mantenerse la proporción entre el consumo de vapor y la producción de aire (lo cual no siempre es totalmente cierto debido a la disminución del rendimiento a más baja capacidad) entonces serían necesarias unas 2.000 lbs/h de vapor para alimentar el compresor de aire. A plena capacidad, la caldera gasta 3.000 l diarios de gasóleo. Disminuido el rendimiento de la caldera a la mitad debido a la inferior, exigiría unos 83 l de gasóleo por tonelada de ácido sulfúrico.

El calor recuperado del horno y la reacción se utilizará para alimentar el turbogenerador y el resto de la energía eléctrica se producirá con un generador diesel que permita el funcionamiento de la planta a baja capacidad. Como se ha perdido el manual de operación, habrá que hacer nuevos cálculos (el nuevo equilibrio de calor y energía) al redactar el nuevo manual. Esta alternativa utiliza para la producción propia de energía unos 153 l de gasóleo por tonelada de ácido sulfúrico (al no disponerse de datos sobre el consumo de gasóleo para la producción de energía eléctrica a plena y baja cargas la cifra del consumo unitario se tomó del informe, a 70 l/t, lo que parece una cifra segura).

La inversión exigida por esta alternativa es muy baja ya que solo son necesarias dos válvulas adicionales y una tubería de derivación de 2-3 m y 300 psig. El costo puede estimarse en unos \$EE.UU. 6.000. La ventaja de esta alternativa es el consumo total del calor recuperado a capacidades superiores (por encima de 14-16 Kt/año), lo que no es posible con la alternativa eléctrica ya que por encima de dicha capacidad necesitaría vapor adicional. El inconveniente de la solución es el elevado consumo de gasóleo.

Caso de empalmarse la planta a la red de energía eléctrica, entonces son posibles otras alternativas intermedias, como por ejemplo alimentar el compresor de aire con el vapor de la caldera auxiliar y tener parado el generador de gasóleo.

En el capítulo siguiente se comparan las soluciones posibles desde el punto de vista económico.

## 7.0. PARTE ECONOMICA

En esta parte económica se hace un análisis preliminar del posible funcionamiento de la planta de ácido sulfúrico a baja capacidad y en las actuales condiciones del mercado. Los datos presentados tienen carácter aproximado, se basan en información comunicada verbalmente y, por lo tanto, no pueden utilizarse en el estudio de factibilidad que debería realizarse sobre la financiación del acondicionamiento de la planta. En este capítulo se comparan posibles alternativas y se ofrece a la dirección de COSSMIL una idea de las consecuencias económicas del funcionamiento de la planta a baja capacidad.

### 7.1. Situación del mercado

El ácido sulfúrico en Bolivia procede de dos fuentes:

- a) una productora privada, SAMCO, con una posibilidad de producción de unas 2.000 t/anales y con un costo de producción desconocido;
- b) las importaciones efectuadas por los puertos de Arica (Chile) y Hatarani (Perú). Los precios del ácido sulfúrico importado en los puertos (\$EE.UU. 120-130 la tonelada) coinciden con las informaciones recibidas de otras fuentes. Teniendo en cuenta los costos de descarga, transporte, y derechos de aduanas, el precio en el mercado de La Paz se eleva a \$EE.UU. 400-500 la tonelada y es más alto en los puntos de consumo más alejados. Se venden pequeñas cantidades a \$EE.UU. 700-835 la tonelada (información recibida de la fábrica de curtidos de COFADENA).

El consumo del mercado se estima en 12-15 ton diarias (hace cinco años era de 8-9 ton diarias). El consumo real ha pasado de 3.000 ton en 1979 a 5.100 ton en 1982 y después del cierre de la planta de Eucaliptus las importaciones en 1982 alcanzaron la cifra de 4.100 ton. El grueso del consumo (85-90%) se divide entre cuatro sociedades:

COMIBOL	52%
Ing. AZUCREA	21%
ENAF	18%
YPFB	9%

Dada la falta de ácido sulfúrico en el mercado, llegan al país cantidades desconocidas por medios ilegales. Por lo tanto, para que la producción de ácido sulfúrico pueda realizarse a precios competitivos, COSSMIL ha de poder cubrir todo el mercado. En los cálculos siguientes se utilizarán dos tipos de precios de oportunidad:

- a) \$EE.UU. 456 (La Paz), que al precio oficial del transporte por ferrocarril da un precio de fábrica de \$EE.UU. 350 por ton. (anexo IX);
- b) \$EE.UU. 356 (La Paz), que en las mismas condiciones, arroja un precio de fábrica de \$EE.UU. 250 la ton.

Se ha formulado un caso hipotético de crecimiento de la producción a lo largo de 15 años, para alcanzar la utilización total de la capacidad en el año 2.000.

Para el primer nivel de precios se ha supuesto que con el aumento de la producción el precio debería pasar de \$EE.UU. 350/ton a \$EE.UU. 250/ton en fábrica. Para el segundo nivel de precios se mantuvo el precio estable de \$EE.UU. 200 en fábrica durante todo el periodo de crecimiento. Los elevados costos de transporte (unos \$EE.UU. 700.000 anuales de Eucaliptus a La Paz) son el motivo de que se aconseje adquirir una flota propia de vagones de ferrocarril, camiones y barriles para los consumidores pequeños.

Esta adquisición debería ser tenida debidamente en cuenta en el estudio de factibilidad.

## 7.2. Estimación del costo de inversión y la depreciación de la planta

La evaluación del costo de inversión resulta difícil porque la planta estuvo parada muchos años. Hay algunos componentes que no deberían agregarse sin la debida reducción:

Costo primario de inversión (1975)	\$EE.UU.	1.480.000
Adiciones durante el arranque y el funcionamiento (1978)	"	54.000
Intereses del capital, mantenimiento, personal, impuestos	"	2.500.000

Descontando las dos primeras cantidades un 10% y suponiendo que el tercer componente refleja el valor real, el costo de la inversión será el siguiente:

Costo primario de inversión	\$EE.UU.	3.172.500
Adiciones	"	95.600
Otros	"	2.500.000
TOTAL	\$EE.UU.	5.768.100

Las sustituciones y adiciones necesarias pueden estimarse en \$EE.UU. 200.000, por lo que el costo de la inversión al reanudarse el funcionamiento de la planta ascenderá a \$EE.UU. 6.000.000. Las adiciones de la primera alternativa se estimaron en \$EE.UU. 60.000 y las de la segunda en \$EE.UU. 6.000.

El capital circulante para una producción de 6.000 ton anuales durante cuatro meses según un ciclo de cuatro meses se estima en \$EE.UU. 200.000. El costo total de la inversión será, por lo tanto:

Alternativa eléctrica	\$EE.UU.	6.260.000
Alternativa interna	"	6.206.000

La depreciación de esta cifra compuesta es muy difícil de calcular ya que no puede aplicarse directamente ninguna de las reglas económicas corrientes. Así, para dar un ejemplo de la influencia de las decisiones sobre el problema, la depreciación se estimó en cuotas iguales durante todos los años de funcionamiento previsto (15 años) es decir, el 6,7%, y el mantenimiento se calculó en el 3% del costo de las instalaciones, es decir, \$EE.UU. 3.538.100 para la primera alternativa y \$EE.UU. 3.474.100 para la segunda alternativa.

### 7.3. Costo de producción

#### 7.3.1. Materiales y otros insumos

En el proceso de producción del ácido sulfúrico intervienen los siguientes materiales e insumos:

i) el consumo de azufre en la planta de Eucaliptus se estimó en 383 kg/ton de ácido sulfúrico. Los sistemas modernos de contacto doble/adsorción doble (DC/DA) permiten un consumo del nivel de 330 kg/t. Por lo tanto, trabajando la planta a plena capacidad, el exceso de consumo de azufre puede elevarse a 1.700 toneladas anuales con un valor de \$EE.UU. 220.000. Debería considerarse especialmente la posibilidad de pasar del método SC/SA al DC/DA cuando el mercado permita la utilización de la capacidad.

ii) combustibles y lubricantes - el consumo de combustible según las dos alternativas variará de la manera siguiente:

Alternativa I (eléctrica) - para esta alternativa se gastarán pequeñas cantidades de lubricantes, gasolina y queroseno. El valor del consumo puede estimarse en \$EE.UU. 0,6/ton de ácido sulfúrico.

Alternativa II (interna) - en el caso de un sistema energético totalmente autónomo se utilizará gasóleo en las dos unidades de transformación:

- la capacidad de consumo de la caldera auxiliar (max. 3.000 l/día) para 6.000 ton/año se calcula en 83 l/ton de ácido sulfúrico,
- de los datos anteriores puede estimarse que el consumo del generador será de 70 l/ton de ácido sulfúrico para una capacidad de 6.000 t/anuales.

iii) productos químicos - para el tratamiento del agua, así como en el proceso de producción, se utilizan algunos productos químicos. Las cantidades calculadas se basan en los datos del estudio de factibilidad realizado en 1981. Aun cuando no se utilizaran todos ellos en el proceso de fabricación, deben tenerse en cuenta para llegar a un cálculo seguro:

	<u>kg/t</u>
- sulfato de aluminio	0,66
- carbonato de sodio	1,0
- fosfato de trinatrio	0,2
- sulfito de sodio	0,17
- hidróxido de sodio	0,11
- diatomita	0,11

para una capacidad de 6.000 ton/anuales.

iv) suministros de fábrica - son necesarios para el funcionamiento continuo de la planta y se estiman en \$EE.UU. 3,2/ton de ácido sulfúrico.

v) suministros públicos - la situación es distinta según la alternativa:

Alternativa I (eléctrica) - la cantidad de energía eléctrica procedente de la red pública se estima en 360 KWh/ton de ácido sulfúrico.

Alternativa II (interna) - no hay consumo de suministros públicos.

En ambos casos el agua procede del río, por lo que es gratis. Todos los costos de bombeo y tratamiento están incluidos en los costos de energía. En el anexo X se da un cálculo del costo de los materiales y otros insumos.

### 7.3.2. Costos de personal

La evaluación de los costos de personal depende del personal que se asigne a la instalación. La plantilla normal de una fábrica de ácido sulfúrico no suele sobrepasar los 30-32 trabajadores. Teniendo en cuenta que se trata del único establecimiento industrial de la ciudad, se propone la plantilla siguiente (semana de 46 horas y 3,5 turnos):

<u>Tipo de trabajo</u>	<u>Por turno</u>	<u>Total</u>
Operadores	5	17,5
Encargado	2	4,5 (1 hombre por turno)
Ajustadores y soldadores	6	11 (4 personas en el turno de la mañana solamente)
Electricistas y controladores	2	4,5 (1 hombre en el turno de la mañana solamente)
		37,5=38 trabajadores
Personal técnico:		
Ingeniero de fábrica	1	1
Ingeniero mecánico	1	1
Servicios (contabilidad, compras, ventas)	3	3
Total		5

El salario mínimo ha sido fijado por el Gobierno en B.\$ 6.400.000 mensuales (equivalentes a \$EE.UU. 915). Teniendo en cuenta la capacitación que será necesaria, el nivel medio de los sueldos puede estimarse en \$EE.UU. 150 mensuales y de \$EE.UU. 250 mensuales para el personal técnico. Los gastos generales (días no trabajados, licencia por enfermedad, impuestos, seguridad social y dietas) suponen el 75% de los sueldos. He aquí el total de sueldos y salarios:

Sueldos	38 x 1.800	=	68.400
	75%	=	51.300
Salarios	5 x 3.000	=	15.000
	75%	=	11.250
<hr/>			
Total \$EE.UU. 145.950			

No hay diferencia de empleo tanto si la fábrica funciona a baja o alta capacidad.

### 7.3.3. Costo total de producción

Se ha calculado el costo total de producción para ambas alternativas a baja y a plena capacidad (debido a la diferencia mínima de las partidas de costos). Los cuadros de costos figuran en el anexo XII.

Producción según la capacidad en t/anales (costo en fábrica)	6.000 \$EE.UU.	33.000	Incl. \$EE.UU. por cada 1.000 t/año adicionales
Alternativa I (eléctrica)	194,6	73,2	4,5
Alternativa II (interna)	211,66	73,2	5,00

### 7.4. Análisis financiero

El análisis financiero se limita en este informe al cuadro del cash flow y al cálculo del valor actual del proyecto sin financiamiento exterior y descartando imprevistos. Pero estas cifras darán a la empresa una cierta idea de la política a seguir en materia de precios y producción. En el anexo XIII se dan dos ejemplos de política de precios: i) decrecientes con la producción, ii) constantes.

Del análisis del numerario se observará que con una reducción del 10% en ambos casos los resultados son positivos y la tasa interna de rendimiento es de cerca del 20% en ambos casos.

## 8.0. PROPUESTAS PARA EL ULTERIOR DESARROLLO DE LA INDUSTRIA QUIMICA EN BOLIVIA

La misión celebró varias conversaciones sobre el futuro programa de desarrollo y, en especial, sobre los proyectos que pueden necesitar el apoyo de las organizaciones internacionales. Se propusieron dos tipos de proyectos que pueden interesar a la ONUDI:

- misiones asesoras de corta duración,
- ayuda a largo plazo para el desarrollo de la industria química.

### 8.1. Misiones asesoras de corta duración

La misión tuvo la posibilidad de visitar una planta extractora en la que se producen sulfato de quinina y tanino. La calidad, la producción y la tecnología seguida no se adaptan a las exigencias de la

farmacopea moderna, por lo que los productos se venden a bajo precio. La empresa local espera obtener asistencia, especialmente, como se explicó durante la inspección de la fábrica, en la aplicación de los procesos continuos modernos (extracción, filtrado, cristalización, etc.). En el anexo IV figura una nota explicativa que da detalles sobre la posible asistencia futura.

La misión tuvo también oportunidad de visitar la fábrica de calzado COFADENA. El método seguido para el curtido del cuero es muy primitivo y la producción de zapatos es enteramente manual. Se explicó a la empresa que existen varias maneras de solicitar ayuda técnica del PNUD/ONUDI.

## 8.2. Asistencia a largo plazo para el desarrollo de la industria química y otras industrias

Se examinaron los proyectos siguientes:

### a) Fábrica de transformación de grasas (jabones, ácidos grasos, glicerol)

En la provincia septentrional de Bolivia hay una gran producción de carnes. Debido a dificultades de infraestructura, las grasas, cueros y huesos, suelen destruirse. Esta valiosa materia prima podría transformarse, con un bajo costo de inversión, en productos que faltan en la región.

### b) Fábrica de jugos y concentrados de frutas

A unos 300 km al norte de La Paz hay una gran producción de cítricos y otros frutos (Altobeni y Caranavi son los núcleos urbanos donde está localizada la producción).

Si se dispusiera de una tecnología simple y materiales de envasado de fácil obtención, esta producción reduciría la importación de jugos y aún permitiría la exportación a algunos países andinos.

### c) Sales inorgánicas

Bolivia posee riquísimos recursos de sales inorgánicas como el bórax, sulfato de calcio y de magnesio. Hay el proyecto de iniciar la explotación del bórax para transformarlo en ácido bórico, sales de ácido bórico, perboratos, etc. Está en construcción una fábrica con una capacidad de 800-4.000 ton anuales. Se trata de una obra de envergadura y se espera poner en funcionamiento una planta piloto para adaptar la tecnología obtenida en el laboratorio.

### d) Fábrica de tratamiento del caucho natural

En las orillas del río Mamore hay algunas plantaciones de hevea brasiliensis donde se produce látex y caucho natural. Por otro lado, Bolivia importa la mayor parte de los neumáticos y artículos de goma que necesita. Parece factible la construcción de una pequeña fábrica para producir artículos de goma y el recauchutado de neumáticos. También podría iniciarse la producción de bienes de consumo de gomiespuma, a partir del látex.

e) Salidas del ácido sulfúrico

Se ha mencionado varias veces anteriormente que la transformación ulterior del ácido sulfúrico no es solamente importante desde el punto de vista de la economía de la producción, sino también porque hay muchos sulfatos que son indispensables para la economía nacional. Entre ellos cabe citar los productos siguientes:

- sulfato de aluminio
- sulfato de cobre
- sulfato de zinc

El proyecto para producir sulfato de amonio es considerado viable por los servicios consultores FRG en las condiciones bolivianas actuales.

f) Fábrica de pesticidas

Hace algunos años que en las provincias de Santa Cruz y Cochabamba se vienen aplicando algunos pesticidas pero las composiciones finales son adquiridas. Como las fábricas de composición suponen siempre un alto valor añadido, parece razonable investigar esta posibilidad

g) Pequeña fábrica de cloro-álcali por electrolisis

Las dificultades de transporte desde los puertos y la falta de medios de distribución especializados hacen que la fabricación de una pequeña producción (5-6 KT/año) de cloro y ácido hidrocloreídrico pudiera resultar económica si se dispone de células y diafragmas apropiados.

Al terminar las conversaciones sobre nuevos proyectos futuros, la misión prometió someter nuevas ideas a la oficina del PNUD para su ulterior estudio por parte de empresas públicas y privadas (véase el anexo III).

9.0. EXPRESION DE AGRADECIMIENTO

La misión desea dejar constancia de su agradecimiento a COSSMIL por la eficaz cooperación y cordial hospitalidad que se le brindó durante su trabajo. La información facilitada con toda prontitud, la perfecta organización de la inspección de la planta y la plena cooperación de destacados especialistas en las tareas de la misión, permitieron que ésta pudiera realizar su trabajo dentro del breve tiempo fijado. Nuestras más sentidas gracias al Director de COSSMIL, cuya participación directa contribuyó a la feliz solución de los problemas económicos y técnicos. Vaya también nuestro reconocimiento al ASEDI y a los oficiales auxiliares del PNUD en La Paz, que prestaron su colaboración a las difíciles tareas de la misión.

ANEXO I

LISTA DE LAS PERSONAS CON LAS QUE SE ENTREVISTO LA MISION

Representantes de COFADENA (sociedad de cartera)

Sr. Arsenio González Rojas	Presidente y Director General
Sr. Oscar Guardia	Departamento de Planificación
Sr. Alberto Gutiérrez	" "
Sr. Jorge Torres	Asesor
Sra. Blanca Vera	Asesora del Departamento de Economía
Sr. Enrique Velasco (IMQUIBOL)	Asesor
Sr. De Corbeta Manuel Gutiérrez	Departamento de Planificación

Representantes de COSSMIL

Sr. Hernán Alfaro Cortez	Presidente y Director General
Sr. Alberto Landivan Sánchez	Director
Sr. Tito Cruz Antezana	Director adjunto
Sr. Edgar Mallo Bureta	Jefe del Departamento de Explotación de Minas
Sr. Abraham Velasco Flores	Jefe de la Planta de Acido Sulfúrico
Sr. César Ruiz Ortez	Jefe de la Planta Guimine

Oficina del PNUD, La Paz

Sr. T. Painter	Representante residente
Sr. R. Peñaherrera	ASEDI ONUDI
Sra. S. Korpela-Torres	Oficial auxiliar

ANEXO II

CALENDARIO DE ACTIVIDADES DE LA MISION

10 de mayo de 1985	Salida de Viena
11 de mayo de 1985	Llegada a La Paz
12 de mayo de 1985	Día de adaptación
13 de mayo de 1985	Reunión en la oficina del PNUD con el representante residente Reunión con COFADENA Reunión con COSSMIL
14 de mayo de 1985	Inspección de la planta de ácido sulfúrico de Eucaliptus en el Departamento de Oruro
15 de mayo de 1985	Sesión técnica en COSSMIL
16 de mayo de 1985	Sesión económica y técnica en COSSMIL Reunión en la oficina del PNUD con el representante residente
17 de mayo de 1985	Reunión en COFADENA Reunión en COSSMIL

ANEXO III

ESQUEMAS DE PROYECTOS

PARA EL ULTERIOR DESARROLLO DE LA INDUSTRIA QUIMICA EN BOLIVIA

Con referencia al capítulo 8 del informe, se indican a continuación cuatro esquemas de proyectos destinados al mayor desarrollo de la industria química en Bolivia.

1. Primer estudio de factibilidad para la transformación de grasas animales.
2. Primer estudio de factibilidad para la transformación del caucho.
3. Primer estudio de factibilidad de una pequeña fábrica de cloro-álcali.
4. Primer estudio de factibilidad de una fábrica de jugo de naranja.

ESQUEMA DE PROYECTO Nº 1

1. Título: Primer estudio de factibilidad para la transformación de grasas animales
2. País: Bolivia
3. Duración: 8 meses
4. Objetivo de desarrollo: Explotación de los recursos naturales
5. Objetivo inmediato: Obtener el apoyo del Director para evaluar la posibilidad y la viabilidad económica de la explotación de recursos naturales.
6. Antecedentes: En la parte septentrional de la provincia de La Paz se produce mucha carne de vacuno. Debido a dificultades logísticas, se desperdician los demás subproductos de los animales, lo que crea al mismo tiempo un grave peligro para el medio ambiente. Por otro lado se importan productos tales como jabones, detergentes y glicerol, lo que dada la situación actual del mercado limita el consumo y tiene una influencia negativa sobre la higiene general del país. La carne se despacha en pequeñas carnicerías privadas, por lo que hay que resolver el problema de la recogida de los restos así como el transporte de materias primas, como productos industriales.
7. Resultados esperados:
  - a) estudio del mercado sobre la cantidad y calidad de la materia prima y el consumo potencial de los productos obtenidos con la elaboración de las grasas;
  - b) análisis técnico de la técnica de transformación, insumos materiales, y logística de las ventas del producto;
  - c) análisis económico y financiero del posible proyecto.Deberían enviarse expertos escalonadamente para asegurar la utilización de las conclusiones y recomendaciones del punto anterior.
8. Insumos necesarios y presupuesto aproximado:

- a) tres expertos (analista de mercados, ingeniero industrial y economista industrial) durante 6 h/m;
- b) equipo de laboratorio corriente para el tratamiento de grasas y análisis de materiales y productos, que se montaría en el lugar elegido por el Gobierno.

Presupuesto previsto (excluido los gastos generales):

Expertos	6 h/m	SEE.UU.	48.000
Equipo de análisis y tratamiento		"	12.000
Varios		"	4.000
			<hr/>
TOTAL		SEE.UU.	64.000

ESQUEMA DE PROYECTO Nº 2

1. Título: Primer estudio de factibilidad de la transformación del caucho
2. País: Bolivia
3. Duración: 8 meses
4. Objetivo de desarrollo: Explotación industrial de recursos naturales
5. Objetivo inmediato: Obtener apoyo directo para determinar la importancia y posibilidades del tratamiento del caucho natural.
6. Antecedentes: En la provincia de Beni hay plantaciones de hevea brasiliensis y se produce caucho natural y látex. Debido a la falta de instalaciones transformadoras el caucho natural se transporta por el río y se exporta, no siempre a los mejores precios del mercado. Al mismo tiempo, el país importa grandes cantidades de artículos técnicos de goma, y suelas de goma. Dadas las características de las carreteras locales se observa un rápido desgaste de las cubiertas de los neumáticos, mientras el resto se encuentra en buen estado y podría utilizarse mucho más. Por ello una pequeña instalación de recauchutado podría aumentar mucho la duración de los neumáticos, que son bienes importados.

7. Resultados esperados:

- a) análisis del mercado sobre la cantidad y calidad del caucho natural existente así como el detalle de los artículos de goma importados. Análisis de la cantidad y calidad de los neumáticos importados en el país y evaluación de la dispersión del consumo y posible análisis logístico de posibles centros de recogida;
- b) análisis técnico de los métodos técnicos, insumos materiales, especificaciones de la maquinaria para las instalaciones de fabricación de artículos técnicos de goma y recauchutado;
- c) evaluación económica y técnica de la capacidad mínima del proyecto, impacto sobre la balanza de comercio externo.

Los expertos deberían enviarse escalonadamente para desglosar la información y utilizar las conclusiones y recomendaciones del párrafo anterior.

8. Insumos necesarios y presupuesto aproximado:

- a) tres expertos (analista de mercado, ingeniero industrial y un economista técnico e industrial) durante 6 h/m;
- b) equipo de laboratorio para determinar las propiedades del caucho natural, así como de las suelas de goma y productos técnicos, en el lugar que elija el Gobierno.

El presupuesto previsto es el siguiente:

Expertos	6 h/m	\$EE.UU.	48.000
Equipo de laboratorio		"	150.000
Varios		"	4.000

TOTAL \$EE.UU. 202.000

ESQUEMA DE PROYECTO Nº 3

1. Título: Primer estudio de factibilidad de una pequeña fábrica de cloro-álcali
2. País: Bolivia
3. Duración: 6 meses
4. Objetivo de desarrollo: Explotación de los recursos naturales
5. Objetivo inmediato: Conseguir apoyo directo para determinar la viabilidad económica de una pequeña fábrica de cloro-álcali.
6. Antecedentes: La falta de productos químicos básicos en el mercado interno boliviano afecta gravemente al desarrollo de la industria de bienes de consumo. Hay un grupo importante de productos químicos básicos que se producen por electrolisis de la sal (sosa cáustica, cloro, ácido hidróclórico, percloratos). La capacidad óptima de una fábrica de este tipo en los países desarrollados es de 60.000 a 200.000 ton/anuales. Este tipo de instalación sería demasiado grande para la economía boliviana. Por otro lado, Bolivia, que es un país sin salida al mar, no ha resuelto sus problemas de transporte interno, cuyo costo es muy elevado, y por este motivo una fábrica de pequeña capacidad sería adecuada dada la situación actual del mercado. Se encuentran cubas electrolíticas de pequeño tamaño, aun con electrodos de dimensiones estables.
7. Resultados esperados:
  - a) análisis de mercado sobre las salidas para una planta pequeña de cloro-álcali;
  - b) análisis técnico sobre la tecnología y las instalaciones indispensables para una fábrica pequeña (5.000-6.000 ton/año);
  - c) análisis económico y financiero del proyecto, incluidas las oportunidades de importación, dada la situación logística actual de Bolivia.
8. Insumos necesarios y presupuesto aproximado:
  - a) tres expertos (un analista de mercado, un técnico industrial y un economista industrial) durante 6 h/m;
  - b) una cuba electrolítica experimental para reunir información sobre las condiciones específicas de funcionamiento a pequeña escala.

El presupuesto previsto es el siguiente:

Expertos	6 h/m	\$EE.UU.	48.000
Cuba electrolítica experimental		"	40.000
Varios		"	4.000
			<hr/>
		TOTAL \$EE.UU.	92.000

ESQUEMA DE PROYECTO Nº 4

1. Título: Primer estudio de factibilidad de una fábrica de jugo de naranja
2. País: Bolivia
3. Duración: 6 meses
4. Objetivo de desarrollo: Explotación de los recursos naturales
5. Objetivo inmediato: Conseguir apoyo directo para determinar la viabilidad de una fábrica de jugo de naranja.
6. Antecedentes: A unos 150 km de La Paz, cerca de Coronavi, hay grandes plantaciones de naranjos. Debido a las dificultades de transporte, gran parte de la producción se echa a perder. De conseguirse un envasado apropiado del jugo de naranja la producción podría colocarse no solamente en el mercado nacional sino que podrían exportarse algunas cantidades a Perú y Chile. Las plantaciones de Coronavi son las más próximas a los grandes centros de consumo de Bolivia y a los países vecinos.
7. Resultados esperados:
  - a) análisis del mercado local y de exportación, política de precios y estudio del material de envase adecuado para el transporte;
  - b) análisis técnico y especificaciones de la maquinaria y equipo;
  - c) análisis económico y financiero del proyecto.
8. Insumos necesarios y presupuesto aproximado:

Tres expertos (un analista de mercado, un ingeniero industrial técnico, un economista industrial) durante 4 h/m.

El presupuesto previsto es el siguiente:

Expertos	4 h/m	SEE.UU.	32.000
Varios		"	4.000
		TOTAL	SEE.UU. 36.000

ANEXO IV

SOLICITUD DE SERVICIOS DE ASESORAMIENTO DE LA  
FABRICA DE SULFATO DE QUININA

**MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL**  
**CORPORACION DE SEGURIDAD SOCIAL MILITAR**  
**LA PAZ - BOLIVIA**

TELEFOS: 373030 — 373033

CAJON POSTAL: 4298

CABLES: COSSMIL

DEPARTAMENTO:

CITE:

REQUERIMIENTO DE PERSONAL TECNICO ESPECIALIZADO

UNIDAD:

La Fábrica Nacional de Quinina elabora Sulfato de Quinina de grado técnico, SQ-7, en su composición contiene de 72-74 % en Quinina anhidra.

En el mercado internacional no se tienen los precios para el SQ-7, por tal motivo FANAQUINA necesita elaborar SQ-2 y Quinina anhidra, a partir del SQ-7 dichos productos cuentan con los precios internacionales respectivos.

Con este propósito FANAQUINA requiere de un Técnico especializado en la materia, el cual indique que factores (equipos, Laboratorio, Instrumentos etc.) son necesarios para producir SQ-2 y Quinina Anhidra.

También se cuenta con un sub-producto denominado Totaquina, que contiene otros alcaloides; tales como Cinconidina, Cinconina quini na, sulfato de quinina técnico y otros.

Se desea conocer los medios de separación de estos productos.

*C. López*  
Jefe de Producción de Sulfato de Quinina

La Paz, Mayo 17 de 1985

### FABRICA NACIONAL DE QUININA

La Fábrica Nacional de Quinina, elabora sulfato de quinina de grado técnico, a partir de cortezas de quino.

El método de extracción que utiliza en los procesos de obtención del sulfato de quinina es de extracción por lotes con solventes orgánicos, más específicamente el kerosene; es un proceso discontinuo.

Parte de la maquinaria y equipo con los que cuenta la fábrica son del año 1932 (Guerra del Chaco), pero también cuenta con equipos modernos.

La capacidad instalada de la planta es de 6.000 kilos/año, de sulfato de quinina técnico.

Debido a la escasez de corteza de quino, la fábrica ha trabajado al 60% de su capacidad.

Mensualmente logra procesar 8.000 kilos de corteza de quino y obtiene 320 kg de sulfato de quinina.

#### AMPLIACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA

Para pensar en una futura ampliación de la fábrica y utilizar la maquinaria existente, es necesario contar con suficiente cantidad de corteza de quino; parámetro muy importante para las pretensiones de Fanaquina.

De producirse un aumento en la explotación de la quinina, será necesario modificar el sistema de producción de la planta, para tal objetivo es conveniente poner en paralelo un nuevo extractor de la misma capacidad del existente y también adquirir un nuevo generador de vapor, la nueva modificación permitirá producir 12.000 kg/año de sulfato de quinina.

Respecto a la modernización de la planta, es conveniente adquirir una planta nueva de procesos de extracción de sistema continuo y semi-automático, la cual permitirá mejorar los sistemas de extracción y la posible contaminación del producto.

ANEXO V

CONCLUSIONES PRELIMINARES DE LA MISION DE INVESTIGACION  
Y ASESORAMIENTO SOBRE EL ACONDICIONAMIENTO DE LA FABRICA  
DE ACIDO SULFURICO DE EUCALIPTUS

La Paz, 18 de mayo de 1985

Por J.A. Kopytowski, Asesor Interregional Superior de la ONUDI

1. El consumo de ácido sulfúrico en Bolivia crece gradualmente, lo que dada la situación actual no hace más que aumentar su importación. Los precios prohibitivos del ácido sulfúrico importado mantienen estacionario o no permiten el desarrollo del consumo tanto en el sector privado como público.
2. Por ello, debería reanudarse la producción de azufre en San Pablo de Nappa. La distancia a Eucaliptus es de unos 600 km y si se organiza debidamente el transporte y la producción puede ser competitivo utilizar el azufre nacional en la producción de ácido sulfúrico.
3. Las ventas y la distribución del azufre y del ácido sulfúrico deberían estar en manos de las compañías productoras, así como los medios de transporte.
4. El estado de la fábrica de Eucaliptus es satisfactorio y tras la sustitución parcial del catalizador, del equipo y de la maquinaria, podría ponerse la instalación en funcionamiento. Se han examinado algunas adaptaciones técnicas que serían necesarias para que la planta funcione a baja capacidad. Se cree que la producción será viable económicamente a los precios prevalecientes actualmente en el mercado, asegurándose así el funcionamiento continuo de la planta.
5. Transcurrido algún tiempo, cuando la planta haya alcanzado la capacidad nominal, sería aconsejable modernizarla adoptando un sistema DC/DA para ahorrar azufre, disminuir la contaminación y producir ácido fumante.
6. Para proceder al acondicionamiento de la planta son necesarias las medidas siguientes:
  - i) servicios de consultoría externa de 2-3 h/m sobre la comercialización del ácido sulfúrico según el consumo actual y definir las salidas futuras en los sectores público y privado;
  - ii) preparación de un estudio logístico sobre el transporte del azufre y la distribución del ácido sulfúrico, de acuerdo con las alternativas previamente examinadas y convenidas en principio;

- iii) solicitar inmediatamente precios de los suministradores de equipo y otros materiales;
- iv) debería probarse el catalizador de oxidación y estudiar sus posibles suministradores en el caso de que debiera remplazarse.

La información reunida dentro de los apartados i)-iv) servirá para preparar el estudio de factibilidad definitivo. Ello puede exigir la colaboración de un consultor externo.

Durante el proceso de acondicionamiento y preparación para la fase de arranque (pruebas mecánicas) puede ser necesaria alguna ayuda externa, lo que será decidido posteriormente por COSSMIL-COFADENA. El informe completo de la misión (traducido al español) con sus conclusiones y recomendaciones, se enviará dentro de poco al PNUD y a COSSMIL.

Tanto la misión como los representantes de COSSMIL-COFADENA estiman que debería emprenderse un proyecto conjunto de ayuda preparatoria.

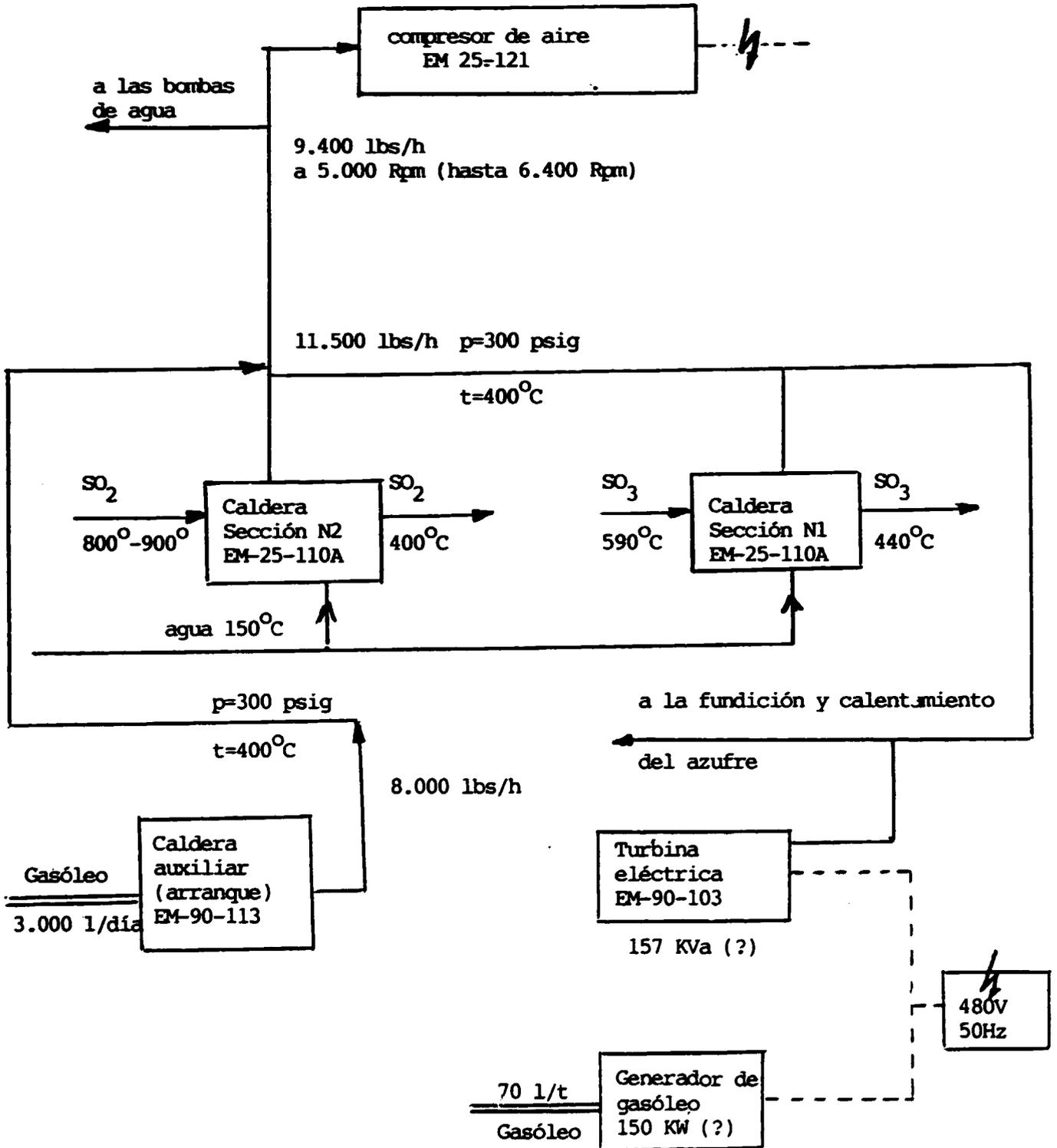
ANEXO VI

GRAFICOS DEL PROCESO DE FABRICACION EN LA PLANTA DE EUCALIPTUS

Los originales se encuentran en COSSMIL, La Paz, y en la Subdivisión de Industrias Químicas, División de Operaciones Industriales, ONUDI, Viena.

ANEXO VII

PRODUCCION DE ENERGIA - GRAFICO DEL CONSUMO



**ANEXO VIII**  
**SUSTITUCIONES Y ADICIONES PARA EL ACONDICIONAMIENTO**  
**DE LA FABRICA DE EUCALIPTUS**

**EQUIPO DE PLANTA**

ITEM	Cantidad	Precio unitario \$ EE.UU.	DESCRIPCION	Total parcial \$ EE.UU.	T O T A L \$ EE.UU.
<b><u>EQUIPO PLANTA</u></b>					
<b><u>EQUIPO EM 25 103-106 FOSOS</u></b>					
<b><u>DE AZUFRE: SUFIOM, FILTRA-</u></b>					
<b><u>CION Y SEDIMENTACION.</u></b>					
1	109	125,00	Tubería de acero al carbón de alta presión cédula 80-2" diám. x 6 metros cada uno		13.625,00
2	367	8,00	Codos soldables de alta presión cédula 80-2" diámetro de 90º		2.936,00
3	14	24,00	Tees de alta presión cédula 80-2" diámetro de acero al carbón		336,00
4	10	29,00	Codos soldables en U de acero al carbón alta presión cédula 80-2" diámetro		290,00
5	150	0,25	Pernos de 1/2 x 1 1/2		37,50
6	8	74,00	Fierro angular de 3/8" x 3"		592,00
7	8	29,00	Fierro platino de 3/8" x 2 1/2		232,00
8	1	35,00	Cañería de fierro negro de a" de diámetro x 6 metros		35,00
9	250	1,16	Pernos de 3/4" x 4"		290,00
<b><u>EQUIPO EM 24 119-123 BOMBA</u></b>					
<b><u>DE ACIDO (de Transferencia)</u></b>					
10	10	125,00	Tubería sin costura de acero al carbón; cédula 80-2" diám. x 6 metros c/u	1.250,00	
11	20	8,00	Codos soldables de acero al carbón cédula 80-2" diámetro de 90º	160,00	
12	10	24,00	Tesa de acero al carbón; cédula 80-2" diámetro	<u>240,00</u>	1.650,00

ITEM	Cantidad	Precio unitario \$ EE.UU.	DESCRIPTION	Total parcial \$ EE.UU.	T O T A L \$ EE.UU.
<u>EQUIPO EM 90-113 CALDERA AUXILIAR</u>					
13	1	24,00	Transformador de 115/24 V de 60 satts. 2,5 amp.	24,00	
14	1	300,00	Transformador de ignición de 110/10.000 V	300,00	
15	1	480,00	Programador eléctrico PIRE- YE tipo 25 CB; Mod. 6570/6580	<u>480,00</u>	804,00
<u>EQUIPO 90-109 ABC BOMBAS DUPLEX</u>					
16	8	8,00	Anillos de bronce para émbolos impulsores de agua	64,00	
17	2	32,00	Embolos de bronce s/g. muestra	64,00	
18	2	16,00	Volandas de bronce s/g. muestra	32,00	
19	2	50,00	Rectificación de cilindros de 4" diámetro	100,00	260,00
<u>EQUIPO EM 90-115 ABC BOMBAS DE COMBUSTIBLE</u>					
20	6	24,00	Bujes de bronce fosforado diámetro interior 1/2" diámetro exterior 3/4"	<u>150,00</u>	150,00
<u>EQUIPO EM 90-116 AB COMPRESORES DE AIRE</u>					
21	1	300,00	Reacondicionamiento completo del compresor No. 2 (válvulas de admisión rectificación de cilindros, etc.)	<u>300,00</u>	300,00
<u>EQUIPO EM 90-125 AB BOMBAS DE AGUA FILTRADA</u>					
22	5	22,00	Bujes tazón parte 103	110,00	
23	1	80,00	Eje de 1"diám. No. Parte 167	80,00	
24	15	22,00	Bujes p/tazón intermedio No. Parte 243	330,00	
25	10	22,00	Bujes p/tazón superior No. Parte 395	<u>220,00</u>	740,00

ITEM	Cantidad	Precio unitario \$ EE.UU.	DESCRIPCION	Total parcial \$ EE.UU.	T O T A L \$ EE.UU.
26	100	0,20	Prisioneros (Allen) para impulsores de 1/4" x 1/2" No. Parte 795	20,00	
27	6	6,00	Coples para eje No. Parte 427	<u>36,00</u>	56,00
<b><u>EQUIPO EM 90-104 MOTOGENERADOR</u></b>					
28	1	250,00	Regulador de voltaje transistorizado No. 700591	250,00	
29	1	2.800,00	Radiador "Young Radiador" Co. 146002 ó 146001	2.800,00	
30	1	250,00	Batería de 12 V 180 amp.	<u>250,00</u>	3.300,00
<b><u>EQUIPO EM 90-127 ABC BOMBA DE AGUA DE CAPTACION DEL RIO</u></b>					
31	35	22,00	Bujes p/tazón intermedio	770,00	
32	18	22,00	Bujes p/tazón impulsor	396,00	
33	3	163,00	Ejes para impulsores de 1 1/2" diámetro	489,00	
34	6	22,00	Bujes para tazón inferior	132,00	
35	6	22,00	Bujes para tazón superior	132,00	
36	100	0,20	Pernos de 3/8" x 1 1/2" corriente	100,00	
37	100	0,20	Pernos de 3/8" x 1 1/2" corriente	<u>20,00</u>	2.039,00
<b><u>EQUIPO EM 25-108 HORNO DE COMBUSTION</u></b>					
38	200 kg.	0,70	Silicato de Sodio Industrial	140,00	
39	200 kg.	0,60	Cemento refractario sílico aluminoso	120,00	
40	100 kg.	0,80	Cemento refractario de magnesita	80,00	
41	20 kg.	20,00	Asbesto en pita de 1" diám.	<u>400,00</u>	740,00
<b><u>EQUIPO EM 25-113 COVERTIDOR</u></b>					
42	5.000 lts.	4,00	Catalizador Pentóxido de Vanadio (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) productos STAUFFER CHEMICAL COMP. (25 tambores)	20.000,00	

ITEM	Cantidad	Precio unitario \$ EE.UU.	DESCRIPCION	Total parcial \$ EE.UU.	T O T A L \$ EE.UU.
43	4.000 lts.	0,15	Cuarzo s/g muestra	<u>600,00</u>	20.600,00
44	2	300,00	<u>EQUIPO EM 90-102 PUENTE GRUA</u>  Piñon de ataque Ref: PALA LAUDI BINBECK No. 7324 Año 1969	<u>600,00</u>	600,00
			<u>EQUIPO ABLANDADORES DE AGUA</u>		
45	20	160,00	Piés cúbicos de resina de inter- cambio iónico en ciclo sódico	<u>3.200,00</u>	<u>3.200,00</u>
			<u>EQUIPO BASCULA</u>		
46	1	60.000,00	Unidad báscula combinada para pesar vagones y camiones Cap. 100 T.M. sistemas de registro impresora con mínimo de 5 kg.	<u>60.000,00</u>	60.000,00
			<u>EQUIPO MALACATE</u>		
47	2	200,00	Interruptores de potencia térmo-magnética trifásico marca SQUARE D; carga 400 VCA. Cap. 30 A. No. Cat 989730	400,00	
48	2	200,00	Interruptores de potencia trifásicos carga 480 VCA Cap. 40 A. No. Cat. 989730	<u>400,00</u>	800,00
			<u>OTROS EQUIPOS E INSTRUMENTOS</u>		
49	2	200,00	Caudalímetros para ácido sulfúrico 98,5% de concentración 1,84 densidad para instalación en tubería de acero al carbón de 2" diám. nominal	2.600,00	
50	1	5.000,00	Bomba portatil vertical en- chaquetada para drenar azufre líquido de los fosos, altura del eje de la bomba, 1,5 metros capacidad 30 lt/min. manuales estructura liviana, provista de mangueras flexibles para vapor de 100 Psig.	<u>5.000,00</u>	<u>7.600,00</u>
			Total parcial ITEM .....		121.212,50 *****

ANEXO IX

PRECIO OFICIAL DEL TRANSPORTE DEL ACIDO SULFURICO  
POR FERROCARRIL

Medio de transporte: tanque de ferrocarril de 20 t

	<u>Bol \$/t</u>	<u>\$EE.UU./t</u>
Eucaliptus-Cochabamba (324 km)	7.684.000	153,7
Eucaliptus-La Paz (160 km)	5.325.000	106
Eucaliptus-Oruro (80 km)	2.917.000	58

ANEXO X

CALCULO DEL COSTO DE LOS MATERIALES Y OTROS INSUMOS  
PARA LA PRODUCCION DE 6.000 TON/ANUALES DE ACIDO SULFURICO

Alternativa I (eléctrica)

<u>Partida</u>	<u>Unidades</u>	<u>Consumo</u> <u>unitario/ton</u>	<u>Precio</u> <u>\$/EE.UU.</u>	<u>\$/EE.UU./ton</u>	<u>\$/EE.UU./año</u>
<u>Materias primas</u>					
Azufre	t/t	0,383 <sup>1)</sup>	130	49,8	298.800
<u>Combustibles y lubricantes</u>				0,6	3.600
<u>Productos químicos</u>				3,92	23.520
Sulfato de aluminio	kg/t	0,66	0,6	0,40	2.400
Carbonato de sodio	"	1,0	1,6	1,60	9.600
Fosfato de trinatrio	"	0,2	3,0	0,60	3.600
Sulfito de sodio	"	1,17	2,2	0,40	2.400
Hidróxido de sodio	"	0,11	3,2	0,35	2.100
Diatomida	"	0,11	5,2	0,57	3.420
<u>Suministros industriales</u>				3,20	19.200
<u>Servicios</u>					
Energía eléctrica	KWh/t	328 <sup>2)</sup>	0,06	19,68	118.080
<u>Materiales e insumos</u>				77,2	463.200

Alternativa II (interna)

<u>Materias primas</u>					
Azufre	t/t	0,383	130	49,8	298.800
<u>Combustibles y lubricantes</u>					
Gasóleo	l/t	153	0,24	36,72	220.320
Otros				0,6	3.600
<u>Productos químicos</u> según lo indicado				3,92	23.520
<u>Suministros industriales</u>				3,20	19.200
<u>Suministros públicos</u>					
<u>Materiales e insumos</u>				94,2	565.440

Cálculo del costo de los materiales y otros insumos  
(funcionamiento a plena capacidad - 33.000 t/año)

<u>Materias primas</u>					
Azufre	t/t	0,383	130	49,8	1.643.400
<u>Combustibles y lubricantes</u>					
Gasóleo	l/t	7,4 <sup>3)</sup>	0,24	1,8	59.400
Otros				0,6	19.800
<u>Productos químicos</u>				3,8	125.400
<u>Suministros industriales</u>				0,8	26.400
Energía eléctrica	KWh/t	24 <sup>4)</sup>	0,06	1,44	47.520
<u>TOTAL (I)</u>				56,44	1.862.520
<u>TOTAL (II)</u>				56,80	1.874.400

- 1) Con medios de transporte propios.
- 2) Debería comprobarse la información facilitada por el encargado de la fábrica.
- 3) Alternativa II (interna) si el déficit de energía es de 24 KWh/t.
- 4) Alternativa I (eléctrica) si el déficit de energía es de 24 KWh/t.

ANEXO XI

CALCULO DEL COMBUSTIBLE NECESARIO

i) Consumo de gasóleo de la caldera auxiliar

La caldera auxiliar producirá vapor para accionar el compresor de aire. Son necesarios 280 Nm<sup>3</sup> de aire para quemar azufre que contenga el 8% de SO<sub>2</sub> de combustión por Km<sup>3</sup> de azufre.

A una capacidad mínima de 6.000 ton/anuales de ácido sulfúrico el consumo de azufre será de 290 k/h y el consumo de aire

$$Q = \frac{280 \frac{\text{Nm}^3}{\text{km}^3} \times 290 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{32 \frac{\text{kg}}{\text{km}^3}} = 2.537,5 = 2.540 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

Como la capacidad de funcionamiento del compresor de aire no puede ser inferior al 20% de la capacidad nominal (21.930 Nm<sup>3</sup>/h, Elliot Co., Jeanette, Pen., EE.UU.) el cálculo de la energía debe tener en cuenta la compresión de 4.400 Nm<sup>3</sup>, de los cuales 2.540  $\frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$  se enviarán al horno.

Consumo del compresor de aire:

P<sub>1</sub> = presión de entrada 500 mm Hg

$$\text{HP} = \frac{Q \cdot P_1 \cdot 0,0154 \cdot 0,09879}{\eta}$$

= 0,5

$$\text{HP} = \frac{2.600 \times 9,4 \times 0,0154 \times 0,09879}{0,5} = 74 \text{ HP}$$

consumo de vapor a 4.000 RPM - 30 lbs/KWh

$$\text{Vapor} = \frac{54 \times 0,735 \times 330 \times 24}{6.000} \times 30 = 1.570 \frac{\text{lbs}}{\text{t}}$$

Rendimiento de la caldera: 0,8 1.600 lbs a la capacidad nominal y 0,6 a baja capacidad

Vapor real = 2.700 lbs/t

$$\text{Consumo de gasóleo} = \frac{2.700 \frac{\text{lbs}}{\text{t}} \times 0,454 \frac{\text{kg}}{\text{lbs}} \times 680 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}}{10.000 \frac{\text{Kcal}}{\text{l}}}$$

(CG)

CG = 83 l/t

$$\text{Capacidad de la caldera utilizada: } \frac{2.700 \text{ lbs}}{8.000 \text{ lbs}} \cdot 100 = 33,7\%$$

El calor disponible de la sección de reacción

$$11.500 \text{ lbs/h} \cdot \frac{6.000}{33.000} \cdot 0,8 = 1.673 \frac{\text{lbs}}{\text{k}}$$

debería ser suficiente para la fundición y circulación del azufre.

ii) La energía eléctrica la suministrará un generador de gasóleo con una potencia máxima de 100 KW.

Consumo de gasóleo:

$$CG = \frac{100 \text{ KW} \times 330 \frac{\text{día}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times 860 \frac{\text{Kcal}}{\text{KWh}}}{6.000 \text{ t/año} \times 10.000 \frac{\text{Kcal}}{\text{l}} \times 0,28} = 40,5 \frac{\text{l}}{\text{t}}$$

N = rendimiento del generador de 0,28.

iii) Reserva de la producción de vapor de la caldera auxiliar para alimentar el turbogenerador a razón de 29,5 l/t.

TOTAL: 153 l/t.

ANEXO XII

CALCULO DEL COSTO TOTAL DE PRODUCCION DE LA FABRICA DE  
ACIDO SULFURICO DE EUCALIPTUS

Alternativa I (eléctrica), 6.000 t/año

<u>Partida</u>	<u>Unidades</u>	<u>Consumo</u>	<u>Precio unitario</u> <u>en \$EE.UU.</u>	<u>Costo</u> <u>\$EE.UU./t</u>	<u>Costo anual</u> <u>en \$EE.UU.</u>
Materias primas	t/t	0,383	130	49,8	298.800
Combustibles y lubricantes	-	-	-	0,6	3.600
Productos químicos	-	-	-	3,92	23.520
Suministros industriales	-	-	-	3,20	19.200
Suministros públicos	KWh/t	328	0,06	19,68	118.080
Materiales y otros insumos	-	-	-	77,2	463.200
Personal	-	-	-	24,32	145.950
Costos de capital <sup>1)</sup>				91,1	
Depreciación (6,7%)				70,0	419.420
Mantenimiento (3%)				17,6	105.843
Seguros (0,6%)				3,5	21.170
Gastos generales				2,0	12.000
Costo en fábrica				194,6	1.167.583

Alternativa II (interna), 6.000 t/año

Materias primas	t	0,383	130	49,8	298.800
Combustibles y lubricantes	-	-	-	37,32	223.920
Productos químicos	-	-	-	3,92	23.520
Suministros industriales	-	-	-	3,20	19.200
Suministros públicos	-	-	-	-	-
Materiales e insumos	-	-	-	9,424	565.440
Personal	-	-	-	24,32	145.950
Gastos generales	-	-	-	2,0	12.000
Costos de capital <sup>1)</sup>	-	-	-	91,1	546.433
Costo en fábrica				211,66	1.269.823

1) Revalorizado.

Funcionamiento a plena capacidad de la fábrica  
de ácido sulfúrico de Eucaliptus

<u>Partida</u>	<u>Unidades</u>	<u>Consumo unitario/tsh</u>	<u>Precio unitario en \$EE.UU.</u>	<u>Costo \$EE.UU./t</u>	<u>Costo anual en \$EE.UU.</u>
Materias primas	t	0,330	130	42,9	1.415.700
Combustibles y lubricantes	-	-	-	0,6	19.800
Productos químicos	-	-	-	3,8	125.400
Suministros industriales	-	-	-	0,8	26.400
Materiales e insumos	-	-	-	48,1	1.587.300
Suministros públicos	KWh	60	0,06	3,6	118.800
Personal	-	-	-	4,42	145.860
Costos de capital	-	-	-	16,5	544.500
Gastos generales	-	-	-	0,5	16.500
Costo en fábrica				73,2	2.412.960

Incremento o disminución del costo en fábrica en función del aumento de la capacidad de utilización

<u>Producción</u>	<u>\$EE.UU./t 6.000</u>	<u>\$EE.UU./t 33.000</u>	<u>Disminución por cada 1.000 t/año en \$EE.UU./t</u>
Material e insumos	77,2	48,1	1,07
Otros	117,4	25,1	3,42
Total	194,6	73,2	<u>4,49</u>

ANEXO XIII

CUADRO DEL CASH FLOW Y CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (NPV) (i)

Período Año	Acondicio- namiento		3	4	5	Funciona- miento		8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL
	1	2				6	7									
Producción Kt/año	0	6	7	8	9	12	16	20	26	33	33	33	33	33	33	302
Valores (millares de \$)																
Precio (en fábrica)	-	0,35	0,32	0,30	0,30	0,30	0,30	0,25	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	-
Ingresos de ventas	-	2100	2240	2400	2700	3600	4800	5000	5980	6600	6600	6600	6600	6600	6600	58420
Inversión total <sup>1)</sup>	(6260)	-	-	-	-	-	-	-	(600)	(1200) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	2000
Costo de producción	-	1168	1330	1484	1629	2022	2480	2650	2743	2416	2416	2416	2416	2416	2416	30002
Cash flow neto	(6260)	932	910	916	1071	1578	2320	2350	2637	2984	4184	4184	4184	4184	4134	30358
Valor actual al 10%	(6260)	847	752	688	731	980	1308	1206	1241	1265	1607	1464	1335	1213	1100	9477
Valor actual al 20%	(6260)	776	631	530	516	634	772	655	614	578	677	565	468	389	326	1355

Tasa interna de rendimiento (TIR) 21,5%

CUADRO DEL CASH FLOW Y CALCULO DEL NPV (ii)

Valores (millares de \$)																
Precio (en fábrica)	-	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	-
Ingresos de ventas	-	1500	1750	2000	2250	3000	4000	5000	6500	6600	6600	6600	6600	6600	6600	-
Inversión total <sup>1)</sup>	(6260)	-	-	-	-	-	-	-	(600)	(1200) <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	2000 <sup>3)</sup>
Costo de producción	-	1168	1330	1484	1629	2022	2480	2650	2743	2416	2416	2416	2416	2416	2416	30002
Cash flow neto	(6260)	332	420	516	621	978	1520	2350	3157	2984	4184	4184	4184	4184	4184	27538
Valor actual al 10%	(6260)	301	347	388	424	483	1130	1206	1007	1265	1607	1464	1335	1213	1100	7010
Valor actual al 20%	(6260)	276	291	299	300	313	510	656	503	578	677	565	468	389	326	(110)

La TIR viene a ser del 20%

1) Revalorizado con el fondo de capital circulante, las sustituciones y adiciones, según la alternativa eléctrica.

2) Según la transformación al sistema DC/DA.

ANEXO XIV

Ministerio de Defensa Nacional

CORPORACION DEL SEGURO SOCIAL MILITAR

DATOS PRELIMINARES FACILITADOS POR COSSMIL

Y SITUACION GENERAL DE LA FABRICA

AYUDA MEMORIA

FABRICA DE ACIDO SULFURICO

- La fábrica de ácido sulfúrico localizada en Eucaliptus- Oruro fue instalada por la empresa mexicana Industrial Consultants S.A. mediante contrato "LLAVE EN MANO" firmado con la Ex-Caja de Pensiones Militares en fecha 8.11.67 por el precio de \$us. 1.480.495. Debido a incumplimientos sucesivos de la empresa contratista (I.C.M.) con respecto a la entrega de la planta y ante la quiebra de ésta es que en 1973 en reunión mixta boliviano-mexicana llevada a cabo en la ciudad de México, se firmó convenio para que el Banco de México (FOMEX) se hiciera cargo de la conclusión del montaje quien contrató los servicios de Planeación y Diseño S.A. de México, realizándose finalmente la entrega y recepción definitiva en 17 de febrero de 1976.

- Tecnológicamente la planta posee las siguientes características:

Proceso: CIMEX - STAUFFER

Método: "CONTACTO"

Catalizador: Pentóxido de Vanadio ( $V_2O_5$ )

Capacidad de producción: 100 Tm por día (proceso continuo de 24 horas)

Producto elaborado: Acido sulfúrico de calidad industrial 98,5% o 66 Bé

Materia prima: Azufre refinado de 99,5% de pureza

- La planta se encuentra paralizada desde marzo de 1978 debido a su sobredimensionamiento, pues el mercado interno del país es de aproximadamente 12 Tm por día, situación que obligó al paro de producción una vez alcanzada su máxima capacidad de almacenamiento de 6.000 toneladas métricas; por otra parte, el alto costo por concepto de fletes de transporte no ha permitido encarar su comercialización con el exterior.

- La producción total alcanzada de ácido sulfúrico desde el período de pruebas y dos arranques de períodos cortos fue tan solo de 10.459,63 Tm de acuerdo al detalle siguiente:

<u>F e c h a</u>	<u>Producción Tm</u>
Ultimo trimestre de 1975	175,74
25.1.76 a 6.6.76	3.910,52
22.12.77 a 13.3.78	<u>6.373,37</u>
TOTAL:	10.459,63

- La materia prima es procedente de las Azufreras de "COSSMIL" ubicadas en San Pablo de Napa del Departamento de Potosí y a una distancia de 600-650 km de Eucaliptus, el azufre debe tener bajo contenido de arsénico, selenio y telurio (0,0005%), poca humedad y con un máximo de 0,3% de materia orgánica.

- Fundamentalmente se utiliza como combustible Diesel Oil en una cantidad aproximada de 400.000 a 450.000 litros para el funcionamiento del motogenerador principal, caldera auxiliar y el calentamiento del horno de combustión al inicio de la producción. Este consumo es para un tiempo estimado de tres meses de operación produciendo a razón de 75-80 Tm diarias y trabajando en forma continua las 24 horas del día por turnos de ocho horas, lapso en el que se alcanzaría a producir 6.000 Tm de ácido sulfúrico.

- Los requerimientos de energía eléctrica son proporcionados por dos grupos electrógenos, una a diesel y la otra impulsada por una turbina con alimentación de vapor de 300 lbs de presión, cada una tiene una potencia de 187 KVA 480/227 Volts., trifásico, Cos  $\phi$  de 0,8 y frecuencia de 50 Hz. Todo el equipo de control de fuerza, transformadores, motores de bombas de azufre, ácido, agua, etc., funcionan con voltaje trifásico de 440 Voltios y frecuencia de 50 Hertz., el requerimiento de potencia de la planta en periodos de producción es de 130-150 Kwatt.

- El abastecimiento de agua que permite afrontar los requerimientos de la planta en periodos de producción (aprox. 1.500 m<sup>3</sup> por día) se realiza tomando de las orillas del río Desaguadero a unos 500 m de la planta.

La Paz, 11 de mayo de 1985

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL  
CORPORACION DEL SEGURO SOCIAL MILITAR

TELEFOS. 373030 - 373033

CAJON POSTAL 4296

CABLES COSSMIL

DEPARTAMENTO.

INFORMACION PARA EL ING. KOPLYTOWSKI

UNIDAD:

- 1.- El mercado aproximado de ácido sulfúrico en Bolivia es de 12 a 15 toneladas métricas por día, sin embargo, para una determinación mas real se tendría que hacer un estudio de mercado que comprenda inclusive la comercialización e identificación de nuevos productos, en conclusión se considera necesario realizar un Estudio de Factibilidad para determinar la posibilidad de operación permanente de la planta con resultados espectaculosos, es decir con aceptable rendimiento económico.
- 2.- Desconocemos el inf. de Misión Panfil de Diciembre/82, sin embargo, considerando que al través de los años todo equipo y maquinaria va quedando obsoleta es posible que la planta requiera su modernización, y si esta permitiría operar la planta en condiciones rentables la institución estaría de acuerdo en llevar a cabo tal acción.
- 3.- De acuerdo al contrato de instalación con la empresa Industrial Consultants de México, el proceso es de CIMEX- STAUFFER, el catalizador ha sido proporcionado por la empresa Stauffer Chemical Company con sede en Nueva York U.S.A. y no por la empresa Monsanto.
- 4.- Si existe, en el mes de Julio de 1984 se sacó una muestra de catalizador del cuarto lecho catalítico, sin embargo, por experiencia obtenida durante el último periodo de arranque, se conoce que el rendimiento de conversión del primer lecho bajó considerablemente, consecuentemente se sacará una muestra para su análisis pertinente.

La Paz, 11 de Mayo de 1985