



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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 for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche

07096

Distr. RESERVADA

UNIDO/TCD.424

17 marzo 1975

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA
EL DESARROLLO INDUSTRIAL

ESPAÑOL

Original: FRANCES

ASISTENCIA A UNA FABRICA DE ACIDO SULFURICO EXISTENTE
Y A LA INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES^{1/}

REPUBLICA DOMINICANA

(IS/DCM/73/013)

Conclusiones y recomendaciones relativas al proyecto

Informe final preparado para el Gobierno de la República Dominicana

por

Jacques Depardieu (Ingeniero de la E.N.S.C.P. - Licenciado en
Ciencias) experto de la Organización de las Naciones Unidas
para el Desarrollo Industrial (Organización encargada de
la ejecución del proyecto por el Programa de las
Naciones Unidas para el Desarrollo)

^{1/} Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la secretaría de la ONUDI. El presente documento no ha pasado por los servicios de edición de la secretaría de la ONUDI.

Indice

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
PRIMERA PARTE: REANUDACION DE LAS ACTIVIDADES EN UNA FABRICA DE ACIDO SULFURICO	6
1.1 Estudio sobre la fábrica de ácido sulfúrico	7
1.2 Evaluación del estado del material	24
1.3 Gasto de la fabricación de fertilizantes	36
1.4 Conclusiones sobre el proyecto de reanudación de las operaciones de la fábrica de ácido sulfúrico	47
SEGUNDA PARTE: ESTUDIO SOBRE LOS FERTILIZANTES EN LA REPUBLICA DOMINICANA	50
2.1 Las importaciones de fertilizantes en la República Dominicana	50
2.2 El consumo de fertilizantes en la República Dominicana	54
2.3 Aumento anual de las necesidades en materia de nutrientes	59
2.4 Conclusiones sobre la encuesta relativa a los fertilizantes	64
TERCERA PARTE: ESTUDIO SOBRE UNA FABRICA DE FERTILIZANTES NPK	67
3.1 Materias básicas para la producción de fertilizantes NPK	68
3.2 Proceso de fabricación de fertilizantes NPK	75
3.3 Complejo industrial para la fabricación de fertilizantes NPK	102
3.4 Conclusiones sobre el proyecto de fabricación de fertilizantes NPK	116

RESUMEN

El presente informe comprende tres partes distintas que versan sobre un mismo tema: la industria de los fertilizantes en la República Dominicana.

I. Reanudación de las operaciones en una fábrica de ácido sulfúrico (página 6)

Esta fábrica, situada en las afueras de la ciudad de Santo Domingo, se construyó para abastecer de ácido sulfúrico a las fábricas de explosivos de una zona militar (páginas 7 a 13).

Sin embargo, como el mercado local era insuficiente para absorber las 10 toneladas diarias que correspondían a su capacidad de producción, la fábrica dejó de funcionar varias veces desde su puesta en marcha en 1954, y cerró definitivamente en 1962.

Del estudio del funcionamiento de esta fábrica (páginas 13 a 23) se desprende que los procedimientos empleados no eran incorrectos; en 1970, en una carta enviada al Director de la Corporación de Fomento Industrial (C.I.F.), se propuso ponerla de nuevo en funcionamiento para fabricar fertilizantes. Pero después de 12 años de inactividad, el equipo se ha deteriorado de tal forma que actualmente su reparación equivaldría a construir una nueva fábrica (páginas 24 a 35).

Además, la capacidad de producción teórica de 3.300 toneladas métricas anuales es insuficiente para obtener un precio de costo competitivo en el que, por otra parte, habría que incluir la amortización del costo de la reparación, calculado en 1 millón de pesos dominicanos.

Con el ácido sulfúrico producido en esta planta sólo se podrían fabricar 4.400 toneladas métricas de sulfato amónico, lo que no podría satisfacer más que una parte muy pequeña de las necesidades locales, y el precio de costo de este fertilizante no sería muy atractivo. También se ha de descartar la posibilidad de producir superfosfato normal, puesto que este fertilizante no corresponde a una necesidad real del mercado local. Así, pues, la rentabilidad del proyecto no es segura (páginas 36 a 46).

Por lo tanto, se recomienda abandonar el proyecto de reanudación de las operaciones de la fábrica de ácido sulfúrico y procurar vender el material que aún se pueda utilizar, sobre la base de una evaluación realizada por el constructor (páginas 47 a 49).

II. Estudio sobre los fertilizantes de la República Dominicana (página 50)

El estudio de las estadísticas compiladas por la FAO en diversas épocas, oompletado con los documentos transmitidos por la Secretaría de Estado de Agricultura relativos a los años 1973 y 1974, permite evaluar la variación del oonsumo de fertilizantes en los últimos años (páginas 50 a 59).

A base de estos datos, y teniendo en cuenta los proyectos de desarrollo agrícola, es posible calcular las necesidades en materia de fertilizantes para el período 1975-1980. La tasa media de crecimiento anual sería de un 19% para el nitrógeno, un 20% para el P_2O_5 y un 15% para el K_2O (páginas 59 a 64).

Se recomienda establecer una comisión para que estudie el mercado de fertilizantes y determine el número de fórmulas que necesita la agricultura, el precio de venta de los nutrientes y el costo de su importación, puesto que no existen recursos locales (páginas 64 a 66).

III. Estudio relativo a una fábrica de fertilizantes NPK (página 67)

La importancia del mercado dominicano y el precio de venta de los fertilizantes importados actualmente en forma de productos acabados, justifican la construcción de una planta para producir localmente fertilizantes NPK (páginas 68 a 74, ya sea:

- a partir de productos intermedios importados, como amoníaco, ácido fosfórico y ácido sulfúrico;
- o utilizando materias primas, como fosfato y azufre.

En el informe se describen los procesos y el equipo necesarios para una fábrica de este producto que tenga una capacidad global de 400.000 toneladas métricas anuales, o sea un 70% del consumo previsto para 1980, y se proponen dos variantes en función de las materias primas (páginas 75 a 89).

- una planta de fertilizantes NPK, compuesta de dos unidades con una capacidad de 25 toneladas métricas por hora, que requeriría una inversión global de 21.500.000 pesos dominicanos
- una planta similar pero con unidades de producción de ácido fosfórico y de ácido sulfúrico, que requeriría una inversión global de 39.000.000 de pesos dominicanos

Caloulando el volumen de negocios con relación a diversos niveles de producción, la rentabilidad de la fábrica parecería asegurada aunque funcionase muy por debajo de su capacidad. Por otra parte, sería posible no construir más que una sola línea de producción de fertilizantes NPK, pero en este caso el precio de costo de los nutrientes sería más elevado (páginas 89 a 119).

INTRODUCCION

El proyecto relativo a la reanudación de las operaciones de una fábrica de ácido sulfúrico situada cerca de la ciudad de Santo Domingo (República Dominicana) se originó de la siguiente manera:

1. El 5 de junio de 1970, el ingeniero encargado de la Sección de Estudios de la Corporación de Fomento Industrial (C.F.I.) envió una carta al Director de esa entidad en la que sugería que se volviera a poner en funcionamiento una fábrica de ácido sulfúrico cuya producción estaba interrumpida desde 1962.

En esta carta se indicaba que dicha fábrica, en la que se utilizaba el "procedimiento de contacto" con óxido de vanadio, tenía una capacidad de 10 toneladas métricas diarias y podía producir ácido sulfúrico fumante (oleum) al 20%. Junto con la fábrica vecina de ácido nítrico, que tiene una capacidad de 3 a 5 toneladas diarias, se podrían fabricar las mezclas sulfo-nítricas necesarias para producir explosivos con fines militares y dinamita para las explotaciones mineras.

El autor de la carta proponía utilizar el ácido sulfúrico para abastecer al mercado local y para fabricar sulfato amónico, que se podría utilizar como fertilizante. Se calcularon las cifras de consumo siguientes:

<u>Toneladas métricas</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>
Acido sulfúrico	1.400	1.431	1.462	1.493
Sulfato amónico	18.967	19.252	19.541	18.832

Se calculó que el costo de la reparación sería de 1,5 a 2 millones de dólares, habiendo alcanzado el valor de la fábrica en el momento de su construcción de 6 a 8 millones de dólares.

2. El 4 de abril de 1973, la Secretaría Técnica de la Presidencia de la República presentó una petición de asistencia al Representante Residente del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo destacado en la República Dominicana. Esta petición se remitió a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, y se confirmó el 13 de julio de 1973.

3. La hoja de especificación de la ONUDI se redactó el 10 de noviembre de 1973 y el proyecto se registró con la sigla IS/DOM/73/013.

El objeto del proyecto se describió del modo siguiente:

- a) Reanudación de las operaciones de una fábrica de ácido sulfúrico existente.
- b) Asistencia a la industria de los fertilizantes.

Las informaciones complementarias indican que la fábrica se construyó entre 1957 y 1959 y que sus operaciones se suspendieron definitivamente en 1962. Por otra parte, el consumo de nutrientes se calculó globalmente en 46.900 toneladas cortas para 1970-71, lo que podía justificar la realización de un estudio sobre la conveniencia de instalar una planta de mezclado a granel y de ensacado.

La misión a la CFI, con una duración prevista en seis meses, tenía por objetivos:

- a) Realizar un estudio a fondo de la fábrica de ácido sulfúrico existente.
- b) Identificar el material y el equipo necesarios para que la fábrica pueda reanudar su funcionamiento pleno, y calcular el costo de este programa.
- c) Examinar la viabilidad de este programa en función de los precios de costo actuales, en comparación con los precios internacionales del ácido sulfúrico importado.
- d) Determinar el mercado que tendría el ácido sulfúrico en la República Dominicana, para la fabricación de fertilizantes y para otros usos.

El costo del proyecto se calculó en 15.000 dólares EE.UU.

4. El 15 de noviembre de 1973, la Secretaría Técnica de la Presidencia de la República envió una nueva carta para confirmar:

- a) que la fábrica podía producir 10 toneladas métricas diarias de ácido sulfúrico fumante (oleum) al 20%;
- b) que el ácido producido se utilizaría en la industria química nacional, y para fabricar fertilizantes.

5. La misión empezó en Viena el 2 de septiembre de 1974 con la entrega de documentos relativos a la República Dominicana en general y a la comercialización de los fertilizantes en especial. Cabe señalar, principalmente, una carta de la Secretaría de Agricultura, de fecha 14 de agosto de 1974, en la que se indicaban las importaciones de fertilizantes en 1973 y las previsiones para 1974. El consumo nacional para 1973 se calculó en 232.230 toneladas cortas.

6. La fábrica de ácido sulfúrico se visitó por primera vez el 9 de septiembre de 1974, en compañía de su antiguo director y de su capataz. Forma parte de un conjunto industrial que comprende además:

- 1 fábrica de ácido nítrico
- 1 fábrica de nitrocelulosa
- 1 fábrica de nitroglicerina

- 1 fábrica de dinamita
- 2 fábricas de pólvoras para munición.

Según su Director, el valor de la fábrica de ácido sulfúrico no era más que de unos 500.000 dólares en el momento de la construcción, y era el conjunto industrial el que valía 7 millones de dólares. La fabricación se interrumpió varias veces desde su iniciación, y definitivamente en 1962, por falta de mercados para el ácido sulfúrico.

7. Sobre la base de los datos recogidos en Viena y de los primeros contactos con las autoridades locales, se estableció el siguiente programa de trabajo:

- a) Analizar las condiciones para volver a poner en funcionamiento la fábrica existente, con una capacidad nominal de 10 toneladas métricas diarias de ácido sulfúrico. Estudiar la posibilidad de fabricar fertilizantes a partir de este producto y calcular los precios de costo del ácido sulfúrico y de los fertilizantes.
- b) Realizar un estudio para determinar las necesidades en materia de fertilizantes de la República Dominicana durante los próximos años, teniendo en cuenta las fórmulas que requiere el sector agrícola del país.
- c) Estudiar la viabilidad técnica de producir localmente fertilizantes con nutrientes NPK y calcular el costo de su fabricación.

Estos objetivos, desarrollados en el presente informe con arreglo a la hoja de especificación de la ONUDI resumida más arriba, se conforman a los de la misión de asistencia técnica pedida por el Gobierno dominicano.

8. Cabe señalar que durante una reunión celebrada el 17 de septiembre de 1974 en la sede de la Corporación de Fomento Industrial, el Director de ésta pidió que, como complemento de este programa, la ONUDI prestase asesoramiento sobre un proyecto de construcción de una fábrica de carbonato cálcico para fines agrícolas y otros usos diversos.

Ese mismo día, se envió una carta a este respecto al Representante Residente del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo destacado en Santo Domingo. La petición se transmitió a la ONUDI, y el 7 de octubre la sede de la Organización autorizó el estudio de este proyecto por carta OA 321 DOM (9).

A raíz de esta autorización, el 21 de octubre de 1974 la Corporación de Fomento Industrial transmitió el informe de evaluación del proyecto de fabricación de carbonato cálcico. Este estudio lleva fecha 3 de marzo de 1972.

Los comentarios y las conclusiones y recomendaciones sobre este proyecto, se han publicado separadamente como documento suplementario de la misión relativa a los fertilizantes en la República Dominicana.

PRIMERA PARTE

1. REANUDACION DE LAS ACTIVIDADES EN UNA FABRICA DE ACIDO SULFURICO

El primer objetivo definido en el programa establecido al principio de esta misión consiste en estudiar la posibilidad de utilizar la fábrica de ácido sulfúrico, que actualmente no funciona, para abastecer al mercado local y producir fertilizantes.

Para alcanzar este objetivo es necesario en primer lugar conocer bien la fábrica existente, su ubicación, su funcionamiento y su equipo principal y auxiliar. También es preciso investigar el estado actual del material y el costo de su reparación eventual.

Teniendo en cuenta estos factores, es posible calcular los precios de costo de los fertilizantes que se fabricarían a partir del ácido sulfúrico producido en esta fábrica. Estos precios se podrían comparar con los que actualmente rigen en el mercado local. También sería interesante considerar la proporción que correspondería al producto fabricado en el volumen de fertilizantes importados y consumidos en la República Dominicana.

Basándose en los datos obtenidos, se podrá determinar el interés que pueda tener la fabricación de este producto, sacar conclusiones y proponer recomendaciones sobre el proyecto de reanudación de las operaciones de la fábrica de ácido sulfúrico.

1.1 ESTUDIO SOBRE LA FABRICA DE ACIDO SULFURICO

1.1.1 Ubicación de la fábrica

La fábrica de ácido sulfúrico forma parte de un complejo industrial de fabricación de explosivos, ubicado en Villa Mella, un suburbio situado al norte de Santo Domingo, dentro de una zona militar.

El río Ozama atraviesa la ciudad y desemboca en el mar de las Antillas (Mar Caribe); el río Isabela, afluente del anterior, pasa cerca de las fábricas y permite el acceso a las mismas de buques de alta mar de hasta 5.000 toneladas.

El puerto de Santo Domingo se encuentra en la desembocadura del río Ozama, pero existe un muelle de descarga situado cerca de la carretera que lleva a las fábricas y que constituye una vía de gran circulación que atraviesa la ciudad como un eje, de norte a sur (Avenida Máximo Gómez).

1.1.2 Información general

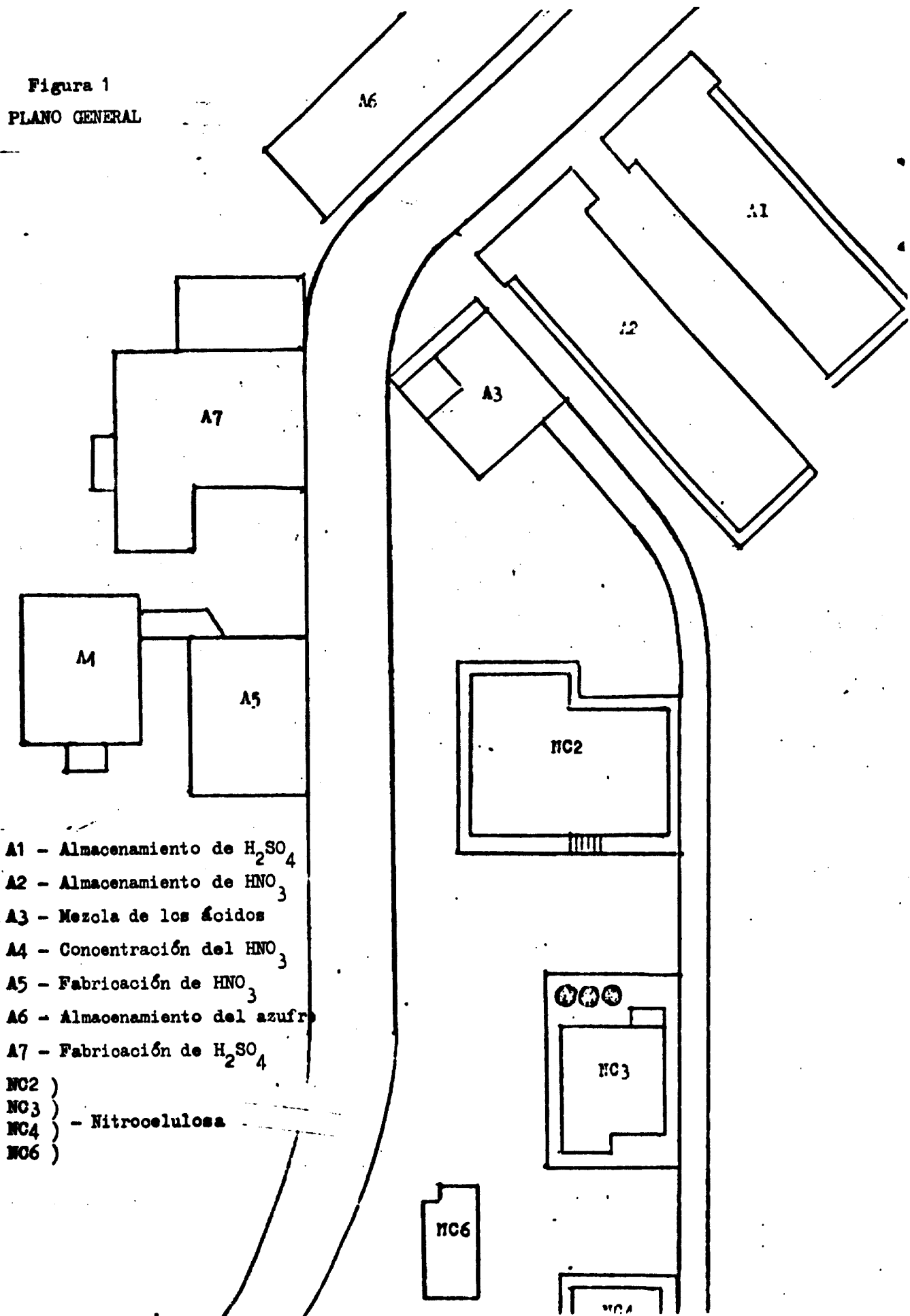
De los datos proporcionados por el antiguo director, Sr. Ostozy, y del análisis de los archivos disponibles se desprende que la fábrica de ácido sulfúrico empezó a funcionar en junio de 1954 para suministrar el óleum necesario para la concentración de ácido nítrico, así como las mezclas de ácidos indispensables para la fabricación de nitrocelulosa, nitroglicerina y pólvora para munición.

El consumo de ácido sulfúrico resultaba inferior a la capacidad de producción y una parte del excedente se vendía a una fábrica de furfural. Sin embargo, esto no impidió que la producción se interrumpiera muchas veces por falta de mercados para el producto. Por otra parte, en 1965 se construyó una planta anexa para fabricar una tonelada diaria de ácido para baterías de acumuladores, pero esta planta no llegó a ponerse en marcha porque la fábrica principal dejó de funcionar definitivamente en 1962.

1.1.3 Plano general del complejo industrial

En la figura 1 se indica la ubicación de las principales instalaciones industriales. Se distinguen principalmente las partes reservadas a la producción, al almacenamiento y a la utilización de los ácidos (A) y las instalaciones de fabricación de nitrocelulosa (NC), a escala 1/500:

Figura 1
PLANO GENERAL



- A1 - Almacenamiento de H_2SO_4
- A2 - Almacenamiento de HNO_3
- A3 - Mezcla de los ácidos
- A4 - Concentración del HNO_3
- A5 - Fabricación de HNO_3
- A6 - Almacenamiento del azufre
- A7 - Fabricación de H_2SO_4
- NC2)
- NC3) - Nitrocelulosa
- NC4)
- NC6)

- A1 - Depósito para el almacenamiento de ácido sulfúrico
- A2 - Depósito para el almacenamiento de ácido nítrico
- A3 - Mezcla de los ácidos para la nitración
- A4 - Concentración del ácido nítrico por el ácido sulfúrico
- A5 - Fabricación de ácido nítrico
- A6 - Depósito de azufre en bruto
- A7 - Fabricación de ácido sulfúrico
- NC2, 3, 4, 6 - Fabricación de nitrocelulosa y derivados

Se efectuaron visitas de estudio exhaustivas solamente a las instalaciones relacionadas con el ácido sulfúrico (A1, A6, A7); las otras no eran objeto de la misión.

1.1.4 Plano general de la fábrica de ácido sulfúrico

En la figura 2 se representa el equipo principal de la fábrica de ácido sulfúrico (escala aproximada: 1/100). Los números de referencia corresponden a las piezas de equipo siguientes:

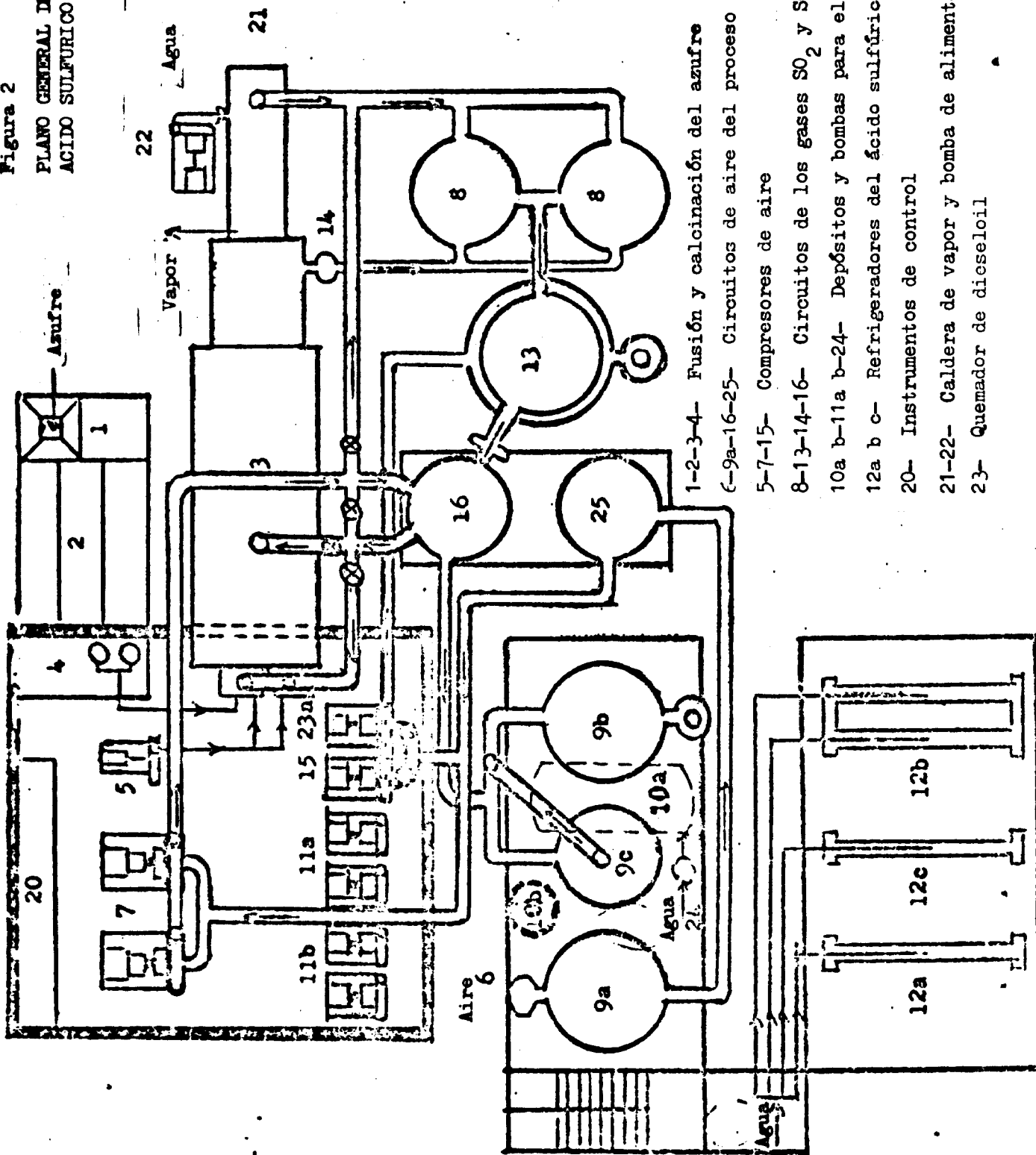
- Instalación de fusión y calcinación del azufre

- 1 - Fundidora de azufre
- 2 - Depósitos para almacenar el azufre fundido
- 3 - Horno de calcinación del azufre
- 4 - Bombas de alimentación del azufre fundido

- Circuitos de aire para la oxidación del azufre

- 5 - Compresor de aire para la combustión
- 6 - Filtro de aire situado a la entrada de la torre de secado
- 7 - Sopladores para la circulación del aire del proceso
- 9a - Torre de secado del aire para la oxidación del azufre
- 15 - Compresor de aire para el enfriamiento del contacto
- 16 - Calentador de aire por intercambio con el gas SO_3
- 25 - Separador para el aire de oxidación del azufre

Figura 2
PLANO GENERAL DE LA FABRICA DE
ACIDO SULFURICO, A7



- 1-2-3-4- Fusión y calcinación del azufre
- 5-7-15- Compresores de aire
- 8-13-14-16- Circuitos de los gases SO₂ y SO₃
- 10a b-11a b-24- Depósitos y bombas para el ácido sulfúrico
- 12a b c- Refrigeradores del ácido sulfúrico
- 20- Instrumentos de control
- 21-22- Caldera de vapor y bomba de alimentación
- 23- Quemador de dieseloil

- Circuitos de los gases SO₂ y SO₃

- 8 - Filtros de gas para el anhídrido sulfuroso SO₂
- 11 - Convertidor para la catálisis
- 14 - Válvula de toma auxiliar, para el control de la temperatura de los gases
- 16 - Enfriador del anhídrido sulfúrico SO₃ por intercambio con el aire de oxidación del azufre

- Circuitos del ácido sulfúrico

- 9b - Torre de absorción del anhídrido sulfúrico SO₃
- 9c - Torre de absorción del óleum
- 10a - Depósito de circulación del ácido sulfúrico
- 10b - Depósito de circulación del óleum
- 11a - Bombas de circulación del ácido sulfúrico
- 11b - Bombas de circulación del óleum
- 12a - Enfriador del ácido sulfúrico para la torre de secado del aire
- 12b - Enfriador del ácido sulfúrico para la torre de absorción de SO₃
- 12c - Enfriador del ácido sulfúrico para la torre del óleum
- 24 - Mezcladora para introducir el agua del proceso

- Piezas de equipo diversas

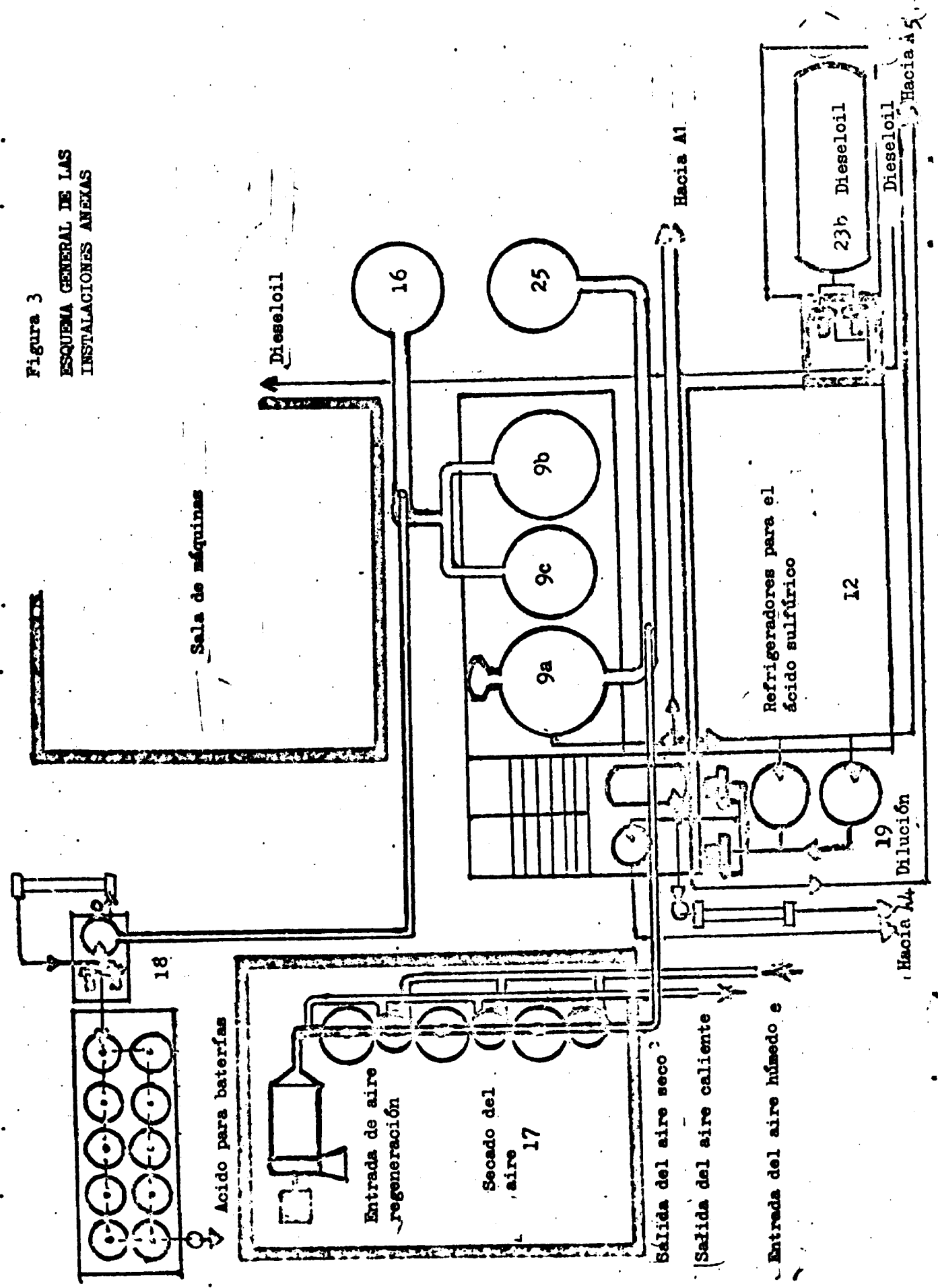
- 20 - Instrumentos de control
- 21 - Caldera de vapor para recuperar las calorías de la calcinación del azufre
- 22 - Bomba de alimentación del agua de la caldera
- 23a - Quemador de dieseloil

- Instalaciones anexas

Las piezas de equipo de las instalaciones anexas están representadas en la figura 3:

- 17 - Instalación de secado del aire para el arranque y para la desgasificación del contacto
- 18 - Instalación de absorción y de almacenamiento del ácido para baterías de acumuladores
- 19 - Instalación de dilución y distribución del ácido sulfúrico
- 23b - Depósito de almacenamiento del carburante dieseloil utilizado para calentar la instalación de arranque y las bombas de alimentación

Figura 3
ESQUEMA GENERAL DE LAS
INSTALACIONES ANEXAS



Los depósitos para el almacenamiento del ácido sulfúrico se indican en la figura 1.

Para simplificar el plano general, no se han representado los circuitos del ácido sulfúrico y del vapor, los cuales se incluyen en las figuras destinadas a ilustrar el funcionamiento de la instalación.

A continuación se incluye una lista de las piezas que integran el equipo de control:

- 2 rotámetros, 0-100 litros, para la alimentación de agua
- 1 aparato de medición para el secador de aire
- 1 aparato de medición para la concentración del óleum
- 1 aparato de medición de la concentración del ácido sulfúrico
- 1 registradora de la concentración del ácido sulfúrico
- 1 medidor de la corriente de aire
- 1 registradora de temperatura, de 6 direcciones
- 1 indicador de temperatura, de 12 direcciones
- 1 verificador de SO_2 del tipo MONO

1.1.5 Funcionamiento de la fábrica

En la figura 4 se da un diagrama del proceso utilizado en la fábrica de ácido sulfúrico, según las instrucciones que dejó el constructor. Se trata de una instalación tradicional construida por la empresa ETABLISSEMENT CREDO VADUZ, con sede en LIECHTEINSTEIN. Se utiliza azufre importado y se aplica un procedimiento de catálisis con óxido de vanadio (V_2O_5), con licencia de la empresa CHEMIEBAU (República Federal de Alemania), la cual proporcionó los planos del equipo y de las obras de ingeniería civil.

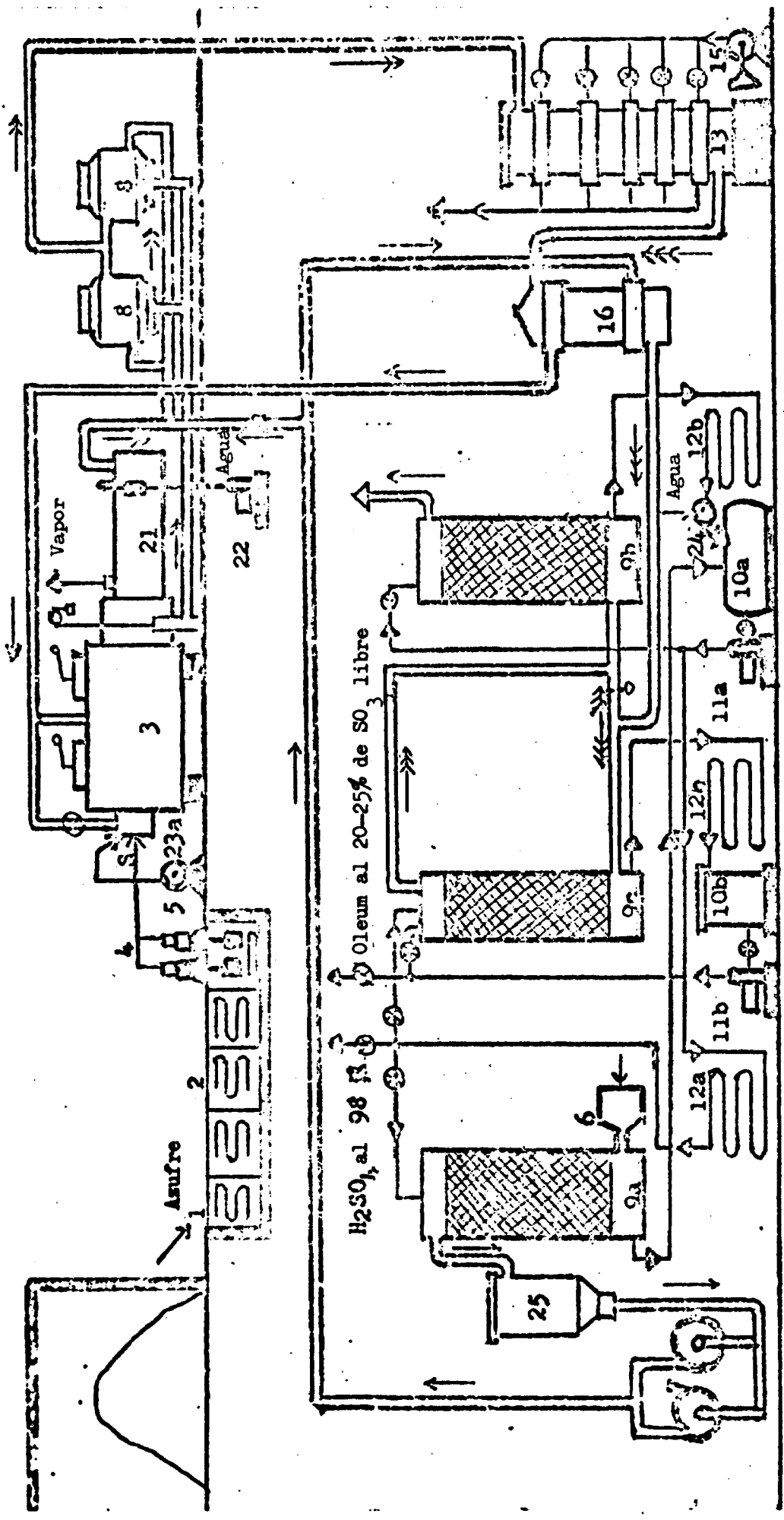
La fábrica se previó para una producción nominal de 10 toneladas diarias de ácido sulfúrico con un 98% de monohidrato (H_2SO_4), parte del cual se podía transformar en óleum con un 20%-25% de anhídrido sulfúrico (SO_3) libre.

Por lo tanto, la capacidad teórica era de 3.300 toneladas anuales para 330 días de funcionamiento efectivo, a la que nunca se llegó a causa de la falta de mercados para el producto.

Figura 4

DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO UTILIZADO EN LA FABRICA DE ACIDO SULFURICO, A7

Sentido de la circulación Aire SO_2 SO_3 Acido sulfurico



1.1.5.1 Fusión del azufre:

El azufre procedente del depósito de almacenamiento se introduce en la fundería (1), que consiste en una cuba de cemento equipada con serpentinas de calentamiento por vapor (véase también la figura 5). Para fundir el azufre, se debe mantener la presión del vapor entre 2,7 y 5,5 atmósferas y la temperatura entre 135° y 140°C, a fin de que el azufre fundido tenga una viscosidad mínima y de asegurar la evaporación completa del agua de humedad.

El consumo nominal era de unos 3.500 kg diarios, lo que correspondía teóricamente a 1.155 toneladas anuales.

El azufre se mantiene en fusión por la circulación del vapor en una cuba de depósito de unas 10 toneladas, o sea con capacidad para tres días de funcionamiento, en la que se depositan las impurezas. Esta cuba consta de tres compartimentos que pueden aislarse para limpiarlos o repararlos sin que se interrumpa la producción (2).

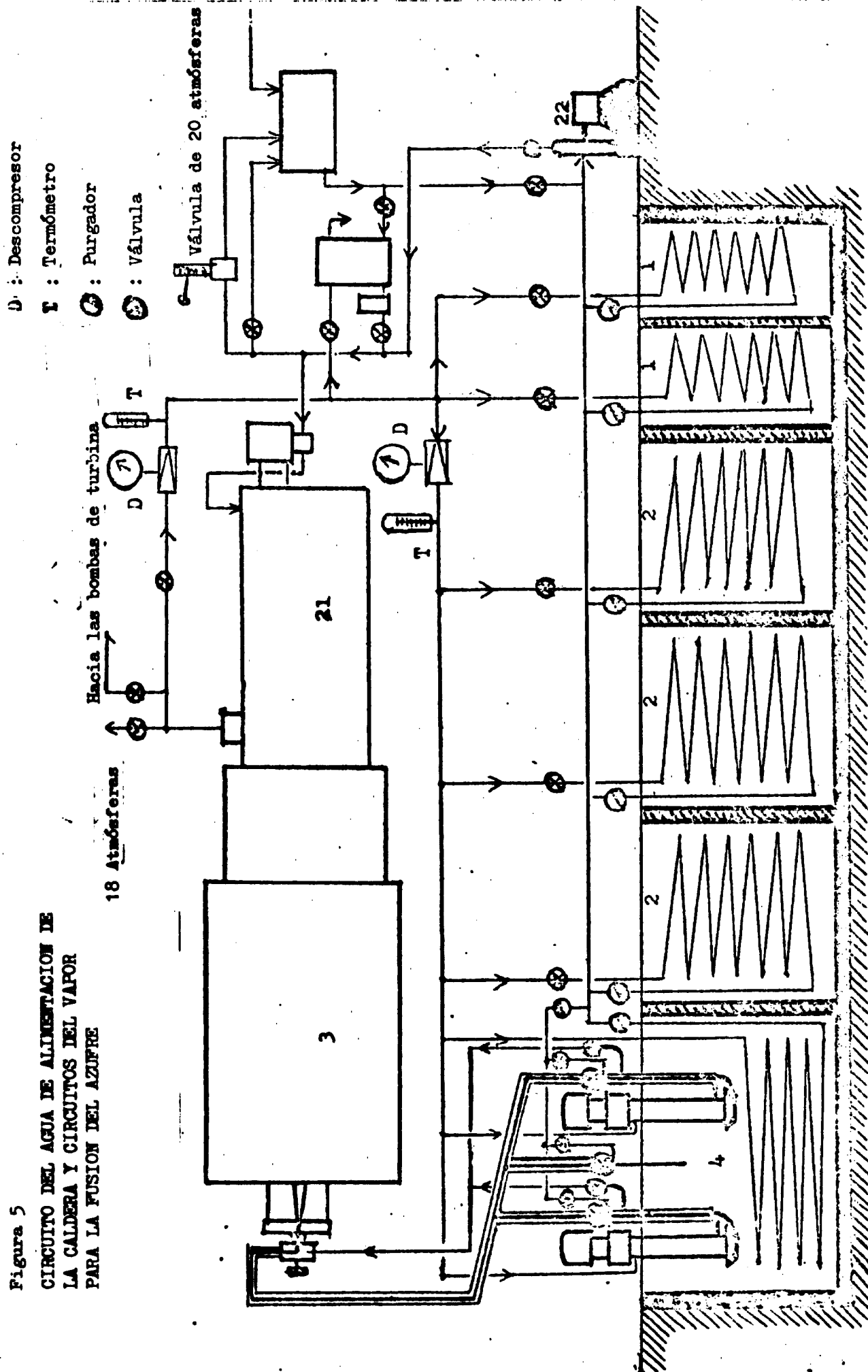
A continuación, el azufre fundido pasa al horno de calcinación por medio de dos bombas verticales del tipo LEWIS (4), una de las cuales se mantiene en reserva para asegurar la continuidad del proceso. También está previsto un procedimiento para poder cambiar de quemador de azufre sin interrumpir la producción.

1.1.5.2 Calcinación del azufre y producción de vapor:

El aire necesario para la combustión se aspira a través del filtro (6) en la torre de secado (9a) donde circula ácido sulfúrico destinado a eliminar la humedad atmosférica. Este ácido, procedente del depósito de circulación (10a) por medio de la bomba (11a), se introduce a una temperatura de 42°-44°C y sale de la torre a una temperatura de 48°C. Las gotitas de ácido que puedan arrastrarse quedan retenidas en un separador desvesiculador (25).

Una pequeña parte del aire es expulsada por dos compresores (15) hacia el catalizador, para regular las temperaturas del proceso. La mayor parte es aspirada por dos sopladores (7) destinados a proporcionar el aire necesario para la oxidación del azufre. En ambos casos, el segundo aparato se mantiene en reserva.

Figura 5
CIRCUITO DEL AGUA DE ALIMENTACION DE
LA CALDERA Y CIRCUITOS DEL VAPOR
PARA LA FUSION DEL AZUFRE



El aire del proceso se envía, a un caudal nominal de 1.350 Nm^3 , por hora y a través del cambiador de gas (16), hacia el horno de calcinación (3) donde sirve para enfriar el anhídrido sulfúrico SO_3 que sale del catalizador, lo que aumenta su temperatura a $250^\circ\text{--}300^\circ\text{C}$.

La combustión del azufre en el horno de calcinación eleva la temperatura de los gases (que contienen de 7% a 8% de anhídrido sulfuroso (SO_2)), a $800^\circ\text{--}900^\circ\text{C}$ a la entrada de la caldera de vapor (21). Se debe regular el caudal de aire a la entrada del horno de calcinación de forma que se mantenga la concentración de SO_2 y la temperatura. Una válvula de toma auxiliar permite introducir aire fresco en caso necesario.

La temperatura de los gases, de 800° a 900°C , permite obtener (en la caldera modelo SCHMIDT) vapor a una presión de 18 atmósferas. Este vapor se aprovecha en la fábrica, donde sirve principalmente para la fusión del azufre (figura 5). El agua necesaria para la producción del vapor se trata en una instalación auxiliar y se introduce en la caldera por medio de una bomba (22).

Para el arranque de la instalación, se reemplaza el quemador de azufre por un quemador de dieseloil y se seca el aire con hielo de sílice en una instalación anexa (véase la figura 3) por la que pueden pasar 500 m^3 por hora. El aumento de la temperatura debe efectuarse muy lentamente, a razón de 100°C al día, hasta alcanzar 800°C en el horno de azufre.

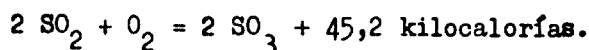
1.1.5.3 Oxidación del azufre - Catálisis:

Los gases procedentes de la combustión del azufre deben salir de la caldera de vapor a una temperatura de $440^\circ\text{--}450^\circ\text{C}$. A continuación, atraviesan dos filtros de cuarzo dispuestos de manera que puedan limpiarse separadamente sobre la marcha. Existen dispositivos auxiliares situados delante de los filtros para ajustar la temperatura a $400^\circ\text{--}415^\circ\text{C}$ antes de la catálisis, inyectando en el circuito:

- aire caliente tomado de la salida del horno de calcinación, o
- aire fresco expulsado por los sopladores.

El caudal normal de la corriente de gases, que contienen un 7,5% de SO_2 , es normalmente de 1.650 Nm^3 por hora.

Los gases entran a continuación en el convertidor modelo PAULING (13), que contiene 5 capas de catalizador de óxido de vanadio para transformar el anhídrido sulfuroso en anhídrido sulfúrico, según la reacción clásica:



Se desprenden 1.032 kilocalorías/Nm³ de SO₂, que se eliminan con el aire de enfriamiento procedente del compresor (15), mediante válvulas de regulación dispuestas de tal manera que se puedan mantener las temperaturas siguientes:

- salida de la primera capa de catalizador, 545°-555°C
- salida de la segunda capa de catalizador, 510°-520°C
- salida de la tercera capa de catalizador, 465°-475°C
- salida de la cuarta capa de catalizador, 440°-445°C
- salida de la quinta capa de catalizador, 410°-415°C.

Es muy importante respetar estas reglas de procedimiento para obtener un buen rendimiento y para que el catalizador conserve su eficacia.

1.1.5.4 Absorción del anhídrido sulfúrico SO₃

Los gases que salen del convertidor a una temperatura de 405°-410°C atraviesan el enfriador (16) donde circulan a contracorriente del aire fresco procedente de los sopladores, con lo que su temperatura desciende hasta 170°-175°C. Estos gases se reparten entre:

- la torre de absorción para la producción de ácido sulfúrico (9b), en la que circula ácido ligeramente diluido, y
- la torre de absorción para la producción de óleum (9c), en la que circula ácido concentrado.

Estas dos torres de absorción contienen un relleno de anillos de grés que asegura un buen contacto entre el gas SO₃ introducido por la parte inferior y el ácido sulfúrico que se introduce por la superior.

1.1.5.5 Circuitos del ácido sulfúrico H₂SO₄

El ácido procedente de la torre de absorción 9b a 63°C atraviesa un enfriador de agua (12b). Se ajusta su concentración introduciendo agua del proceso en una mezcladora (24) delante de la entrada del depósito de circulación (10a).

El ácido, con un 98% de monohidrato H_2SO_4 y a una temperatura de 52° - $58^{\circ}C$ es extraído por dos bombas (11a), una de las cuales es de reserva, que permiten simultáneamente:

- alimentar la torre de absorción para el ácido sulfúrico (9b)
- alimentar la torre de secado del aire del proceso (9a)
- alimentar la torre de absorción para el óleum (9c)
- enviar el producto hacia la instalación anexa de dilución y de distribución (19, en la figura 3) y hacia los depósitos de almacenamiento (A1, en la figura 1).

En los tres últimos casos, el ácido se enfría hasta una temperatura de 42° - $44^{\circ}C$ en un enfriador de agua (12a).

El ácido procedente de la torre del óleum, que contiene de 20% a 25% de SO_3 libre, a una temperatura de $48^{\circ}C$, atraviesa un enfriador de agua (12c) antes de entrar en el depósito de circulación (10b) a una temperatura de 41° - $45^{\circ}C$. Luego es absorbido por dos bombas (11b), una de las cuales es de reserva, que permiten simultáneamente:

- hacer circular el óleum a través de la torre de absorción (9c),
- enviar el producto hacia los depósitos de almacenamiento A1 (figura 1).

El ácido procedente de la torre de secado (9a), ligeramente diluido por la humedad atmosférica extraída del aire del proceso, y a una temperatura de $48^{\circ}C$, vuelve directamente al depósito de circulación, donde se mezcla con el ácido procedente de la torre de absorción 9b.

1.1.5.6 Características de la fábrica

Para asegurar una producción nominal de 10 toneladas diarias de ácido sulfúrico, la presión ejercida por los sopladores (7) debe ser en total de 975 mm CA (columna de agua) a una temperatura de $50^{\circ}C$ y a una velocidad de rotación de 4.920 vueltas por minuto. Esto permite conseguir, en las condiciones de funcionamiento de la fábrica:

- una descompresión de 200 mm CA en la aspiración
- una presión de 600 mm CA en la expulsión

Las pérdidas de presión en el conjunto de la instalación son las siguientes:

torre de secado (9a):	30 a 50 mm CA
combiador de aire (16):	10 a 15 mm CA
caldera (21):	70 a 100 mm CA
filtros de gas (8):	100 a 110 mm CA
convertidor (13):	100 a 130 mm CA
enfriador de gas (16):	10 mm CA
torres de absorción 9b, 9c:	30 a 40 mm CA
conjunto de tuberías:	80 a 100 mm CA
presión residual, aproximadamente:	80 mm CA

Con una pérdida en las bombas del azufre correspondiente a un 7,5% de SO_2 en los gases de calcinación, el rendimiento global de la fábrica era de un 98% aproximadamente, con un mínimo garantizado de un 97,6% y una producción de ácido sulfúrico concentrado con un 97%-98% de monohidrato H_2SO_4 , o de óleum con un 20%-25% de SO_3 .

Observaciones

Según el antiguo director de la fábrica, los resultados garantizados se consiguieron sin muchas dificultades. Después de la puesta en funcionamiento sólo fue necesario introducir algunas modificaciones de poca importancia. La producción fue insuficiente por causas ajenas a la fábrica.

1.1.6 Instalaciones secundarias

1.1.6.1 Producción de vapor y fusión del azufre:

El circuito del agua de alimentación de la caldera y los circuitos del vapor para la fusión del azufre se representan en la figura 5.

El agua de alimentación de la caldera, previamente tratada y calentada a 85°C , así como los condensados de vapor recuperados a la salida de los purgadores de la instalación de fusión del azufre, son aspirados por la bomba (22) que los envía a la caldera de vapor (21).

El intercambio de calorías con los gases procedentes del horno de azufre (3) eleva la presión del vapor hasta cerca de 18 atmósferas. Este vapor se descomprime hasta menos de 5 atmósferas para fundir el azufre, y para mantener su temperatura a 135° - 140° C, en el depósito de almacenamiento, así como en las tuberías que unen las bombas (4) con el quemador del horno de calcinación.

1.1.6.2 Almacenamiento y distribución de los ácidos:

El ácido sulfúrico al 98%, o el óleum procedente de los depósitos de circulación (10a y 11a), se pueden enviar directamente a los depósitos de almacenamiento (A1, en la figura 1).

Hay 13 depósitos de 8 metros de largo por 1,50 metros de diámetro, lo que corresponde a una capacidad útil de 14.000 litros, o sea unas 25 toneladas de ácido. La capacidad total, por lo tanto, es algo superior a las 300 toneladas.

Uno de estos depósitos está ubicado en una fosa de 3 metros de profundidad para facilitar el envío del producto a las diversas fábricas.

El ácido sulfúrico también puede pasar por la instalación de dilución (19, en la figura 3), de donde se lo envía a la instalación de concentración del ácido nítrico (A4, en la figura 1).

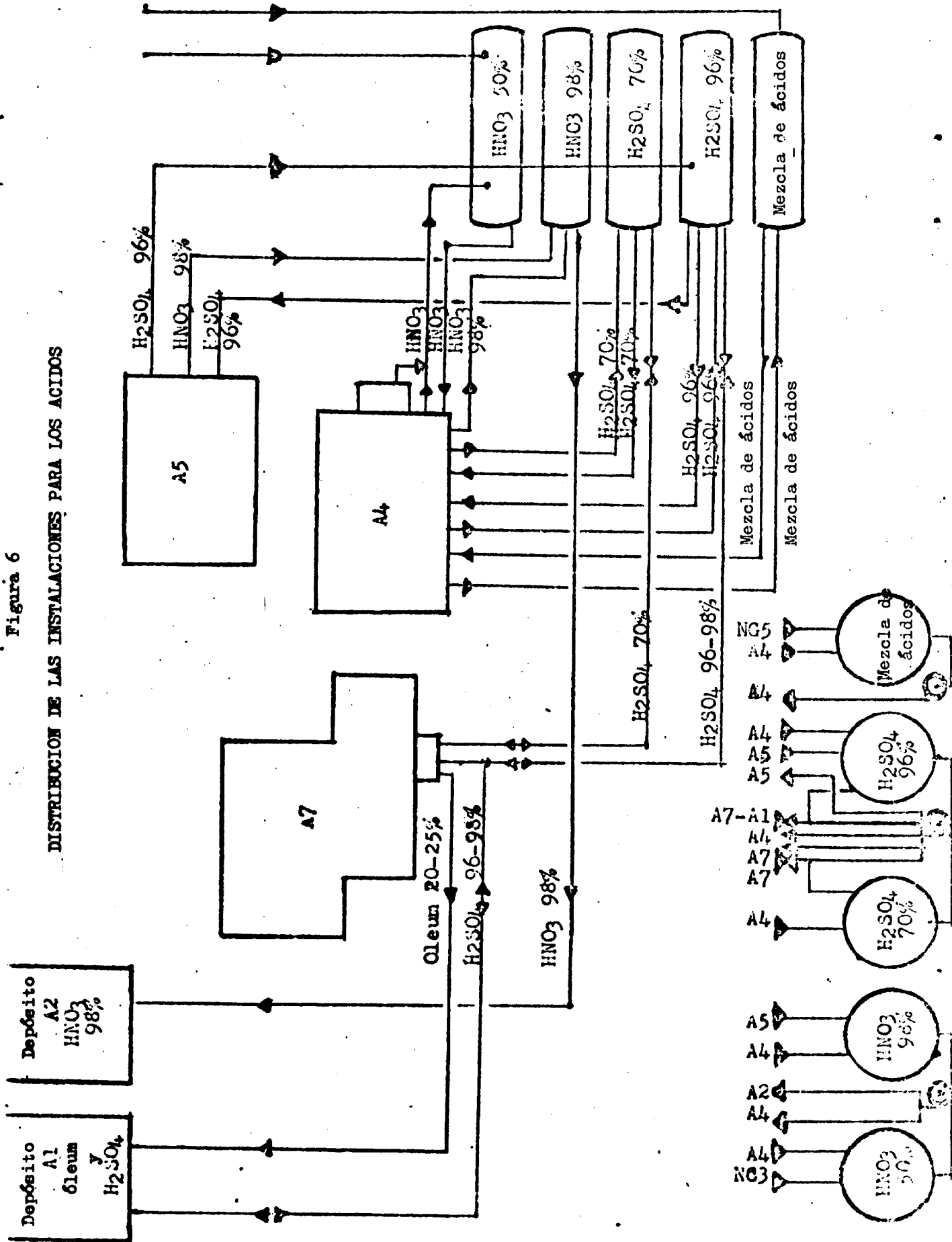
En la figura 6 se da la distribución general de las instalaciones para los ácidos sulfúrico y nítrico, tal como se encontraban cuando se las utilizaba para fabricar explosivos. La mayor parte de estas instalaciones no pertenecen a la fábrica de ácido sulfúrico y no se examinaron detalladamente. Sin embargo, los depósitos de ácido sulfúrico y las bombas que servían para distribuir este ácido o el óleum están comprendidas en el inventario de esta fábrica.

1.1.6.3 Instalación de secado de aire

Esta instalación, representada en la figura 3 (17), comprende:

- un ventilador con caja de recalentamiento eléctrica o a vapor
- 3 sistemas de absorción de hielo silícico (Silicagel)
- 3 enfriadores
- un pequeño ventilador para hacer circular el aire.

Figura 6
DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES PARA LOS ACIDOS



Este equipo se utiliza en el arranque para evitar la introducción de humedad en el convertidor, lo que podría estropear el catalizador y corroer el interior de los circuitos de gas. Está previsto para un caudal de 500 m³/hora, con tres absorbedores (uno utilizado como regenerador), que funcionan por rodamiento.

1.1.6.4 Instalación de ácido para baterías de acumuladores

Esta instalación también está incluida en la figura 3 (18). Se construyó en 1965 para proporcionar un nuevo mercado al ácido sulfúrico, pero no llegó a entrar en operaciones porque la fábrica había dejado de funcionar. Comprende:

- Una torre de absorción de grés
- 2 bombas para ácido y un enfriador de material inoxidable
- 10 recipientes de grés para almacenar el ácido, de un metro cúbico de capacidad, que pueden contener en total unas 18 toneladas de ácido
- 100 recipientes de vidrio, de 57 litros cada uno (15 galones)

1.1.6.5 Almacenamiento del carburante dieseloil

La cisterna utilizada para alimentar el quemador de calentamiento de la instalación está incluida en la figura 3 (23b).

1.1.6.6 Red de distribución de energía eléctrica

La electricidad se distribuye a las fábricas por medio de una red de 230/400V y 50 hertzios. Existen dos fuentes de energía eléctrica:

- Un empalme con la red de la Corporación Dominicana de Electricidad
- Una central eléctrica auxiliar que bastaría para alimentar la fábrica de ácido sulfúrico si las demás fábricas siguieran paradas.

La red comprende:

- Un alternador diesel MWH de 410 KVA, 593 amperios, 375 revoluciones por minuto
- 2 alternadores diesel MWH de 215 KVA, 125 amperios, 428 revoluciones por minuto
- Un alternador diesel de 25 KW, 16 amperios, 1.500 revoluciones por minuto
- Un convertidor de 60/50 hertzios para el empalme con la red nacional.

1.2 EVALUACION DEL ESTADO DEL MATERIAL

Antes de proceder al examen detallado de las instalaciones y para tener una idea precisa de los bienes de equipo que integran la fábrica de ácido sulfúrico, pareció conveniente consultar los archivos existentes. Estos archivos contienen varios expedientes marcados con las referencias A1 y A7, en los cuales los documentos están agrupados sin ningún orden. Más adelante se incluye un inventario sucinto de los documentos más importantes. La mayor parte de estos documentos están redactados en alemán, pero existen algunas traducciones al español, a las que se hace referencia.

1.2.1 Lista de los principales documentos examinados

1.2.1.1 Planos generales y de detalle de la fábrica

Las fechas que figuran en algunos de los planos parecen indicar que éstos fueron utilizados durante la construcción para proponer diversas soluciones relativas al trazado general y a la ubicación de las principales instalaciones. Los demás planos existentes fueron probablemente enviados por el constructor después de la puesta en marcha de la fábrica, para efectuar modificaciones o reparaciones. De algunos planos existen varias versiones y nada permite asegurar que el de fechas más reciente esté al día. La lista es muy incompleta y ciertamente sería insuficiente para efectuar una revisión general de las instalaciones. Se indican entre paréntesis las referencias utilizadas por el constructor:

- Trazado general de las fábricas a escala 1/1.500 (7617) en varias versiones diferentes (véase la figura 1)
- Plano general de la fábrica de ácido sulfúrico A7 a 1/50 (AK 7740-7741) (véase la figura 2)
- Vista en alzado de la fábrica de ácido sulfúrico A7 (AK 7742)
- Vista en planta y en alzado de la fábrica A7 (AK 7743)
- Sala de motores y de sopladores (AK 7433)
- Plano general y en alzado (AK 7093a)
- Plano de la cimentación (AK 7982)
- Cimentación de las principales piezas de equipo (AK 7922)

- Diversos planos de instalaciones y cimientos y planos de detalle (1101 números 1 a 14)
- Cimentación de la torre de secado
- Planos de los armazones y soportes de las tuberías
- Fundición de azufre, plano de detalle (AK 7004a)
- Instalación para el quemador de azufre (AK 7401)
- Bombas de azufre (AK 6979b)
- Horno de azufre (AK 6962b)
- Fachada del horno de azufre (AK 7360a)
- Planos del quemador de azufre (7109 y 6978)
- Plano detallado de la caldera (6094)
- Detalles de la caldera (AK 6930a)
- Detalles del refrigerador de gas SO_3 (AK 6964)
- Torre de secado de aire o de absorción de SO_3 (AK 6966a)
- Torre de absorción para el ácido sulfúrico fumante (óleum) (AK 6970a)
- Depósito de circulación H_2SO_4 (AK 6974)
- Plano del mezclador de ácidos
- Plano de los refrigeradores de ácidos
- Instalación de secado de aire (AK 8849) (véase la figura 3)
- Empalme de los circuitos de secado de aire (AK 8144a)
- Plano de una junta móvil (AK 8143)
- Plano de los depósitos de almacenamiento de ácidos (A1 - D568)
- Plano general de las instalaciones para almacenamiento de ácido (en estos planos figura el nombre de la empresa QUIMEX DO BRAZIL) - en español
- Planos de detalle de los depósitos de almacenamiento de ácidos
- Plano de la instalación de ácido para baterías (7742) (véase la figura 3)
- Torre de absorción del óleum para baterías (15354)
- Plano de detalle de la torre de óleum para baterías (14889)
- Almacenamiento de 10.000 litros de óleum para baterías

1.2.1.2 Esquemas y gráficos

Estos esquemas fueron sin duda preparados por el constructor para explicar el funcionamiento de las principales piezas de equipo a fin de facilitar la comprensión de los planos y contribuir a la formación del personal de operaciones.

Son muy útiles para comprender bien el procedimiento de fabricación y los más importantes han sido reproducidos en forma simplificada para facilitar el estudio de la fábrica.

- Esquema general de la instalación (820A) (véase la figura 4)
- Plano general de la fábrica A7 (véanse las figuras 2 y 3)
- Instalación de fundición de azufre (849) (véase la figura 5)
- Esquema de la instalación de agua y de vapor (876a) (véase la figura 5)
- Alimentación eléctrica de los motores (AK 7433)
- Esquema unifilar para la distribución de electricidad
- Esquema de la regeneración y el secado de aire (178) - en español
- Esquema del secado de aire (AK 8142)
- Esquema de la distribución de los ácidos A1, A2, A4, A5, A7 (véase la figura 6)
- Esquema de las bombas de circulación de los ácidos
- Circuitos del analizador de gas
- Curvas de viscosidad del azufre
- Curvas de densidad y de concentración del óleum
- Método de cálculo del porcentaje de óleum
- Curvas de las concentraciones y grados Baumé, en función del porcentaje de SO_3 , de H_2SO_4 y de H_2O
- Diagrama de entalpía de la mezcla $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-SO}_3$

1.2.1.3 Instrucciones y datos sobre funcionamiento y mantenimiento

Estos documentos, que son necesarios para poder impartir instrucciones al personal de operaciones, forman un complemento útil de los esquemas y gráficos anteriores. Aunque su número es limitado, bastarían para que un ingeniero pudiese hacer funcionar la fábrica con la ayuda de técnicos calificados. Han sido utilizados para describir el funcionamiento de la instalación.

- Reglamento general de funcionamiento de la fábrica (BV 122) - en español y alemán
- Características de los sopladores K.K.K.
- Instrucciones para la utilización de los sopladores K.K.K. - en español
- Instrucciones para el control del agua de la caldera

- Puesta en marcha de la caldera A7 - en español
- Instrucciones para la válvula de vapor
- Instrucciones sobre el funcionamiento de los aparatos a presión
- Datos sobre el registrador de temperaturas HARTMANN y BRAUN
- Instrucciones para la utilización de las bombas centrífugas (7143)
- Instrucciones para el secado de aire
- Datos sobre el Silicagel
- Instrucciones sobre el funcionamiento de las bombas de ácido
- Datos sobre las bombas de ácido
- Instrucciones para el montaje de las bombas de azufre
- Reglamento relativo a las bombas de azufre - en español
- Instrucciones relativas a la distribución de electricidad
- Instrucciones generales sobre montaje y mantenimiento
- Datos sobre las juntas de las tuberías
- Folleto CHEMIEBAU - Lista de referencias

1.2.1.4 Hojas de registro de las operaciones

Estas hojas de registro de las operaciones se refieren al período 30 de junio - 18 de agosto de 1954, que corresponde a la puesta en marcha de la fábrica de ácido sulfúrico. Se han conservado probablemente para justificar la recepción de la fábrica y sólo poseen un valor histórico.

Existe también un registro de temperaturas del 31 de julio de 1955 y una hoja de registro de las operaciones del 3 de septiembre de 1956.

1.2.1.5 Cartas e informes diversos

Durante el período de la iniciación de las operaciones se intercambiaron varias cartas entre la sede de la empresa CHEMIEBAU (Dr. A. Zieren) y los representantes locales de ésta que participaron en la puesta en marcha de la fábrica (Dr. V. Moskovits y Dr. Rainer). La mayoría son de escaso interés ya que no tienen otra finalidad que la de acompañar el envío desde Alemania de las instrucciones de funcionamiento, o el envío de informes desde la fábrica. Merecen, sin embargo, mención especial:

- El certificado de recepción de la fábrica, firmado el 24 de julio de 1954 por las dos partes interesadas.
- El informe sobre la puesta en marcha, fechado el 19 de agosto de 1954, en el que se piden instrucciones complementarias para la dirección de las operaciones.
- La carta del Dr. A. Zieren del 30 de octubre de 1954 relativa a la instalación de secado de aire.
- La carta de CHEMIEBAU, del 4 de noviembre de 1954, relativa al analizador de gas.
- La carta de CHEMIEBAU relativa al silicofluoruro de magnesio.

Merecen mención especial algunos documentos posteriores al cierre de la fábrica:

- El informe del Director de la fábrica, del 27 de noviembre de 1963, redactado probablemente para el caso de que se descubriesen nuevos mercados para la producción. Este informe tiene interés porque en él se estudian las condiciones que debían cumplirse en ese momento para hacer posible la entrega de ácido sulfúrico a la Central Romana Corporación (C.R.C.) que ya había comprado este producto para fabricar furfural:
 - . en 1955 693.795 kg por 33.051,94 RD\$
 - . en 1956 923.608 kg por 43.763,74 RD\$
 - . en 1958 493.489 kg por 23.490,08 RD\$
 - . total 2.110.892 kg por 100.305,76 RD\$

es decir, a un precio medio de 47,60 RD\$ por tonelada.

La situación en 1963 era tal que, para fabricar las 1.400 toneladas previstas para la C.R.C., había que resolver los problemas siguientes:

- A - Se necesitaban 544 toneladas de azufre y sólo quedaban en almacén 456 toneladas. Era pues necesario importar teóricamente 88 toneladas (en cifras redondas: 100 toneladas). Pero, ante la posibilidad de que se encontrasen otros mercados para el ácido sulfúrico, era preferible importar 250 toneladas.
- B - Había que efectuar las reparaciones indispensables con respecto, sobre todo, a:
 - . la revisión del horno de azufre;
 - . la sustitución de los tubos de la caldera;
 - . la reparación del refrigerador de gas SO_3 ;
 - . la limpieza y revisión de los filtros de gas;
 - . la renovación del catalizador;
 - . la reparación de bombas, válvulas y tuberías y el desplazamiento del grupo convertidor eléctrico.

- C - Habría que disponer del tiempo necesario para efectuar estas operaciones, calculado en 5 ó 6 meses.
- D - Era necesario transportar 10 toneladas al día de ácido sulfúrico hasta la fábrica de la C.R.C. Esta empresa había obtenido autorización para importar el ácido porque los camiones de 10 toneladas no podían cruzar el río Iguamo para llegar a su fábrica.

Basándose en la producción de 533,75 toneladas de H_2SO_4 obtenida durante el período 11 de septiembre - 9 de noviembre de 1962, el Director calculaba el precio de costo como sigue:

. Azufre	192.808 kg a 67,71 RD\$/t:	13.055,03 RD\$
. Dieseloil	2.950 galones a 0,306 RD\$/gl:	902,70
. Electricidad:	fábrica 7.704 kWh a 0,04 RD\$/kWh:	308,16
	ciudad 2.033 kWh a 0,05 RD\$/kWh:	1.001,65
. Agua:		<u>p.m.</u>
	Materias primas y servicios:	15.267,54 RD\$
. Sueldos (dos meses):		3.001,00 RD\$
. Horas extraordinarias, bonos:		1.395,52
. Porcentaje para trabajo nocturno:		<u>125,69</u>
	Gastos de personal:	4.522,21 RD\$
. Gastos generales (100% de los gastos de personal):		4.522,21
. Suma anterior (materias primas y servicios):		<u>15.267,54</u>
	Total general:	24.311,96 RD\$

es decir, un precio unitario de 45,64 RD\$ por tonelada.

Respecto de 1964, habría que agregar un aumento de aproximadamente un 15% en los sueldos (1,22 RD\$ por tonelada) y un aumento semejante en los gastos generales, con lo que se llegaría a un precio actualizado a ese año de 48,08 RD\$ por tonelada.

Pero si se tienen en cuenta los salarios pagados habitualmente al personal de vigilancia (es decir 4,03 RD\$/t), y si se reducen en un 25% los gastos generales para tener en cuenta el mantenimiento de las otras fábricas, puede calcularse el precio de costo del ácido sulfúrico solamente en 41,61 RD\$ por tonelada.

- La carta del 13 de enero de 1964 dirigida por la Dirección de la C.R.C. al Director de la fábrica, en la que pedía una nueva cotización para el suministro de las 1.600 toneladas anuales de ácido sulfúrico que le harían falta a la empresa en razón de su proyectada ampliación. La C.R.C. especificaba que importaba el ácido sulfúrico a 30 RD\$ por tonelada C.I.F., pero que este precio iba a aumentar.
- No figura entre los expedientes la respuesta a la anterior carta, pero en una nota del Director de la fábrica, del 22 de enero de 1964, se proponía transportar el ácido por el río Isabela en barcazas cargadas mediante una tubería de 500 metros de longitud cuyo costo se estimaba en 2.000 RD\$.
- La carta de CHEMIEBAU, del 24 de enero de 1964, en contestación a una carta del 20 de noviembre de 1963 (que no aparece en los archivos), relativa al estudio de la posibilidad de fabricar superfosfatos sobre la base de un consumo anual de 2.000 toneladas de ácido.

Este asunto parece vinculado al anterior, ya que el tonelaje indicado corresponde precisamente al excedente de capacidad disponible en la fábrica de ácido sulfúrico, una vez satisfecha la demanda de la C.R.C.

La CHEMIEBAU estimaba que el tonelaje previsto era insuficiente para una producción rentable. Trabajando sólo seis horas al día y 300 días al año, harían falta 1,11 toneladas de ácido sulfúrico por hora para tratar 2,92 toneladas de fosfato. Bastaba con efectuar una comparación con una fábrica parecida situada en Hamburgo, que funcionaba en el umbral mismo de la rentabilidad consumiendo 2,4 toneladas por hora de ácido sulfúrico para producir 1.000 toneladas mensuales de superfosfato, trabajando para ello 26 días al mes a razón de 6 horas por día.

El Dr. A. Zieren propuso buscar otros mercados para la producción de ácido sulfúrico y facilitó una lista de sus aplicaciones posibles.

- Existe un informe mucho más reciente del Director de la fábrica, de fecha 28 de febrero de 1974, en el que se estudia de nuevo esta cuestión tomando como base los precios de costo anteriormente fijados y reajustándolos en razón del nuevo nivel de sueldos y gastos generales, y en el que se llega a la conclusión de que la producción de 533,75 toneladas de ácido sulfúrico supondría:

• Materias primas y servicios (sin alteración):	15.267,54 RD\$
• Sueldos revisados para 2 meses: 4.284,00 RD\$	
• Horas extraordinarias y bonos: 1.604,84	
• Porcentaje para trabajo nocturno: <u>144,90</u>	
Gastos de personal:	6.033,74 RD\$
• Gastos generales (100% de los gastos de personal):	<u>6.033,74 RD\$</u>
Total general	27.335,02 RD\$

lo que corresponde a un precio de 51,21 RD\$ por tonelada.

El Director consideraba que los sueldos eran insuficientes y que habría que aumentarlos en un 11%, lo que elevaría la suma total anterior a 28.646,94 RD\$ y el precio unitario a 53,67 RD\$ por tonelada.

En este informe se indicaba, por otra parte, que el mercado local no podía absorber más de 40 a 50 toneladas al año para baterías de acumuladores. Además, habría que poner en funcionamiento el conjunto de las instalaciones y aislarlas de las demás fábricas, lo que obligaría a resolver ciertos problemas de índole técnica:

- separar los circuitos de ácido;
- separar las tuberías de agua;
- renovar las tuberías de dieseloil;
- resolver el problema de los efluentes de agua acidulada;
- revisar la red de distribución de energía eléctrica. En el caso de que no se pudiese en funcionamiento la central eléctrica de la fábrica, habría que trasladar el convertidor de 60/50 hertzios o cambiar todos los motores.

También se plantearían algunos problemas de índole administrativa:

- ¿qué organismo tendría a su cargo la fábrica?
- ¿quién comercializaría el ácido sulfúrico?
- ¿qué personal se utilizaría?
- ¿cómo se resolvería el problema de la circulación de camiones por la zona militar?

En conclusión, habida cuenta de que la fábrica no podría funcionar más que 10 días al mes como máximo, el Director estimaba que haría falta vender el ácido técnico a 178,50 RD\$ por tonelada y el ácido para baterías a 229,50 RD\$ por tonelada, partiendo del supuesto de que la instalación de origen ya estuviese amortizada.

Finalmente en el informe se señalaba que existían en almacén:

- . 28.020 kg de ácido sulfúrico técnico
- . 44.083 kg de óleum para baterías

que ya han sido utilizados (probablemente con posterioridad al cierre de la fábrica).

- . 44.108 kg para la concentración de 23.479 kg de ácido nítrico.

En resumidas cuentas, la lectura de estos documentos pone en evidencia que el proyecto de reapertura de la fábrica no pudo realizarse por las siguientes razones:

- precio de costo demasiado elevado del ácido fabricado en comparación con el importado, que era de 30 RD\$ por tonelada en 1963/1964 (venta a la C.R.C.)
- cantidad insuficiente de ácido disponible para la producción de superfosfato (opinión de CHEMIEBAU en 1964)
- insuficiencia del mercado local (opinión del Director, expresada concretamente en 1974).

Sin embargo, la situación del mercado internacional de fertilizantes ha evolucionado mucho en estos últimos tiempos, por lo cual, antes de abandonar definitivamente el proyecto de reapertura de la fábrica, sería conveniente conocer el precio de costo que tendrían los fertilizantes, habida cuenta de las reparaciones, en el caso de que la fábrica pudiese funcionar a plena capacidad.

Entre los expedientes que fueron consultados, no existe ningún documento relativo al costo de la reapertura de las instalaciones. La visita a la fábrica y el examen superficial del material que desde hace 12 años ha estado expuesto a las inclemencias del tiempo sin protección alguna, sirven tan sólo para dar una idea sobre la magnitud posible de los costos.

1.2.2 Visita detallada a las instalaciones

A continuación figura el inventario de las principales piezas de equipo de la fábrica, agrupadas en dos listas:

- material probablemente recuperable mediante reparación; y
- bienes de equipo que han de reemplazarse.

1.2.2.1 Material probablemente recuperable

Ante todo, cabe señalar que para volver a utilizar este equipo haría falta desmontarlo, limpiarlo, inspeccionarlo detalladamente, repararlo con piezas de reoambio importadas, volver a montarlo y someterlo a ensayos de funcionamiento industrial controlados por especialistas. Algunas piezas de equipo tendrían que ser devueltas al constructor para su revisión y no sería fácil obtener garantías al respecto. Se pueden incluir en esta categoría:

- el depósito para el almacenamiento del azufre en bruto (que actualmente se usa para acuartelamiento de tropas), después de haberlo desocupado por completo;
- la fundición de azufre y el depósito para almacenamiento de azufre fundido, a condición de que se cambien los serpentines de calefacción a vapor no recuperables;
- las bombas de azufre con sus motores;
- el quemador de dieseloil con su depósito;
- el compresor para la inyección del dieseloil;
- toda la instalación para ablandar el agua de la caldera;
- el depósito de agua y las tuberías para alimentar la caldera;
- los dos ventiladores de aire para la refrigeración del contacto;
- el filtro de coque para el aire del proceso;
- los dos sopladores con sus reductores, motores y encendedores eléctricos;
- todo el equipo de control;
- toda la red de distribución de electricidad;
- la instalación anexa de secado de aire para la puesta en marcha;
- la nueva instalación de ácido sulfúrico para baterías. Esta instalación, que no ha funcionado nunca, parece estar en condiciones de ser utilizada directamente ya que toda ella es de materiales inoxidables.

Los depósitos para el almacenamiento de ácido y de óleum parecen también recuperables, aunque sería preciso comprobar el estado de las soldaduras y ensayar este material antes de adoptar una decisión definitiva.

1.2.2.2 Equipo que habría que reemplazar:

Todo el resto del equipo entra en esta categoría, es decir:

- el horno de azufre, en particular su acondicionamiento interior y todos los accesorios de calcinación de azufre (quemador y tuberías);
- la caldera de vapor para una presión de 18 atmósferas;

- las dos turbobombas y la bomba a motor para la alimentación de agua a la caldera;
- los filtros de gas y su equipo interno;
- todo el convertidor de contacto;
- el cambiador de gas a aire - SO_3 ;
- la torre de secado de aire y las torres de absorción de ácido sulfúrico y de óleum con su equipo interior;
- los refrigeradores de tubos para el ácido sulfúrico y el óleum;
- las dos bombas para el ácido sulfúrico y las dos bombas para el óleum;
- la instalación completa de dilución y distribución del ácido sulfúrico con sus depósitos intermedios;
- todas las tuberías y válvulas que hayan estado en contacto con los gases SO_2 o SO_3 , con el ácido sulfúrico o con el óleum.

En resumidas cuentas, se puede considerar que un 20% aproximadamente del conjunto de las instalaciones (en términos de su valor) puede recuperarse tras un proceso de revisión completa, mientras que un 80% tendrá probablemente que ser reemplazado total o parcialmente, a fin de que ofrezca garantías suficientes para una reanudación eventual de las actividades de producción.

1.2.3 Costo estimado de la reapertura de la fábrica

Como los planos disponibles son insuficientes, habrá que encargar al constructor que efectúe o supervise la reparación de la fábrica con la esperanza de que haya conservado los planos de estas instalaciones construidas hace ya 20 años. Se prevén al respecto los gastos siguientes:

- Desmontaje de la instalación, limpieza, alquiler de material de obra, seguros locales, compra de piezas de recambio, reparaciones sobre el terreno, nuevo montaje del material recuperado y ensayo del equipo: 300.000 RD\$
- Desplazamientos de los especialistas del constructor, costos de los estudios y de la preparación de planos, supervisión de los trabajos, reparaciones efectuadas en el extranjero, gastos de transporte, de seguros y de aduana, ensayos de funcionamiento industrial, garantías de las piezas reparadas: 300.000 RD\$
- Sustitución del material defectuoso, gastos de transporte, de seguros y de aduana, montaje sobre el terreno y ensayo industrial, garantías de funcionamiento: 400.000 RD\$

Total

1.000.000 RD\$

Esta cantidad puede parecer elevada, pero conviene recordar la vetustez de este material que fue concebido especialmente para estas instalaciones y que ciertamente no existe más en plaza. Es preciso reconocer que el costo de los estudios sería el mismo si se tratase de instalaciones nuevas, mientras que las reparaciones con garantía supondrían desembolsos muy considerables.

Habida cuenta de las consideraciones anteriores, es probable que la construcción de una nueva fábrica de la misma capacidad, con equipo normalizado y más moderno, costase poco más o menos lo mismo y ofreciese mayores garantías.

Si la amortización de los gastos de reparación de la fábrica ha de hacerse en un plazo de 10 años, y si la producción efectiva es igual a la producción nominal de 10 toneladas al día durante 330 días al año (es decir, de 33.000 toneladas en 10 años) se produciría un aumento en el precio de costo del ácido sulfúrico fabricado en esta instalación del orden de:

$$\frac{1.000.000}{33.000} = 30 \text{ RD\$ por tonelada aproximadamente.}$$

Este aumento no fue tenido en cuenta en los cálculos del precio de costo que hizo el Director de la fábrica en 1974. Sin embargo, equivale al precio de importación del ácido sulfúrico citado por la empresa Central Romana en 1964, y que aún estaba vigente en el mercado internacional en 1973, a causa de la baja del precio del azufre que se venía produciendo desde hacía varios años.

Aun suponiendo que la decisión de reparar la fábrica se adoptase rápidamente, y habida cuenta de las demoras necesarias calculadas en un año, habría que reajustar los precios de costo actualizándolos para una producción que comenzaría a finales de 1975.

1.3 COSTO DE LA FABRICACION DE FERTILIZANTES

La posibilidad de producir sulfato amónico fue sugerida por el Sr. Ubaldo F. Roa en una carta de fecha 6 de junio de 1970 enviada al Director de la Corporación de Fomento Industrial (C.F.I.), para justificar la reapertura de la fábrica de ácido sulfúrico. Según los datos facilitados por los representantes de la C.F.I., parece ser que esta carta es la que ha dado origen a la solicitud de asistencia técnica hecha por el Gobierno dominicano a la ONUDI. Parece pues necesario cuantificar el costo eventual de tal producción.

1.3.1 Precio de costo del ácido sulfúrico

En la hipótesis de que la fábrica estuviese lista para funcionar a finales de 1975, con una capacidad de 3.300 toneladas de H_2SO_4 monohidratado al año, el precio de este ácido en ese momento puede calcularse como sigue:

1.3.1.1 Precio del azufre

Con un rendimiento teórico de un 98%, que es el previsto por los constructores, el consumo de azufre sería de 333 kg por cada tonelada de ácido monohidratado. Pero hay que tener en cuenta las impurezas y las pérdidas por mantenimiento y almacenamiento del azufre en bruto; el rendimiento que resulta de los cálculos efectuados por el Director de la fábrica en su informe del 27/II/63 es solamente de un 93%, lo que correspondería a un consumo real de 360 kg de azufre por tonelada de ácido (1.188 toneladas de azufre al año).

El precio del azufre ha experimentado importantes variaciones durante estos últimos años, y aunque resulte difícil efectuar pronósticos puede ser estimado en 70 RD\$ por tonelada entregada en la fábrica en 1975.

1.3.1.2 Precio de la energía eléctrica

El consumo de electricidad indicado en el informe ya citado asciende a unos 50 kWh por tonelada (165.000 kWh al año). Esta cifra parece elevada, pero hay que tener en cuenta el bajo rendimiento de una fábrica pequeña y la energía utilizada durante los períodos de puesta en marcha, avería o revisión de las instalaciones, que aumenta el consumo en relación con la producción.

A juicio del Director de la fábrica, el precio de 0,05 RD\$ por kWh facilitado por la red nacional habrá de aumentar, y parece prudente adoptar para los cálculos un precio de 0,06 RD\$.

1.3.1.3 Gastos de personal

Los gastos contabilizados en el informe ya citado y reajustados por el Director de la fábrica para 1974, se elevan a 6.689,70 RD\$ para dos meses, lo que corresponde a 40.138 RD\$ al año. Agregando un 10% para tener en cuenta el alza general de los sueldos en 1975, los gastos anuales serían de 44.000 RD\$ aproximadamente.

1.3.1.4 Gastos generales

Partiendo de la base de que los gastos generales (administración, mantenimiento, seguros, impuestos, gravámenes y diversos) son del mismo orden que los gastos de personal, el costo anual sería igualmente de 44.000 RD\$

1.3.1.5 Recapitulación

En estas condiciones, el precio de costo del ácido sulfúrico, para una producción de 3.300 toneladas al año, sería el siguiente:

	<u>RD\$ al año</u>	<u>RD\$ por tonelada</u>
Azufre 1.188 T x 70 RD\$/T:	83.160	25,20
Energía eléctrica 165.000 kWh x 0,06 RD\$:	9.900	3,00
Gastos de personal:	44.000	13,33
Gastos generales:	<u>44.000</u>	<u>13,33</u>
Total:	181.060	54,86
Amortización de las reparaciones:	<u>100.000</u>	<u>30,30</u>
Total general:	281.060	85,16

Redondeando la cifra, se llega a un precio de costo de 55 RD\$ por tonelada de ácido sulfúrico monohidratado almacenado en fábrica, sin tener en cuenta la amortización de las reparaciones, y de 85 RD\$ aproximadamente si se incluyen esa amortización, la cual representa un 55% del costo de fabricación.

Aún en el supuesto de que el Gobierno sufragase el costo de la reapertura de la fábrica para aliviar la carga de la tesorería de la empresa explotadora, habría que incluir este costo en las cuentas nacionales.

1.3.2 Precio de costo del sulfato amónico

Conviene utilizar el procedimiento de reacción directa del ácido sulfúrico con el amoniaco. Este procedimiento consiste en colocar el ácido sulfúrico, previamente diluido, en una cuba de reacción en la que se introduce el amoniaco gasificado por expansión y calentamiento. Se regula la cantidad de agua de dilución con miras a obtener una solución saturada, que se envía a una cuba de cristalización. Los cristales de sulfato amónico se forman por enfriamiento de la solución saturada. Se separa la sal de la solución en una escurridora que, funcionando ininterrumpidamente, vierte el producto sobre una cinta o un tambor rotatorio de secado. La solución se envía al reactor para su reciclaje y el producto sólido se envía a los depósitos de almacenamiento.

1.3.2.1 Consumo de ácido sulfúrico

Con arreglo al rendimiento de este proceso de fabricación, harían falta aproximadamente 750 kg de ácido sulfúrico monohidratado para producir una tonelada de sulfato amónico con un 21% de nitrógeno. Utilizando la totalidad de las 3.300 toneladas de ácido sulfúrico, la producción sería pues de 4.400 toneladas de sulfato amónico al año.

1.3.2.2 Consumo de amoniaco

La cantidad de amoniaco anhidro (NH_3) necesario para fabricar una tonelada de sulfato ha sido calculada en 270 kg, incluidas las pérdidas que se producen en el proceso de fabricación, lo que corresponde a 1.188 toneladas al año.

El precio de este producto viene experimentando alzas considerables desde hace un año y es difícil hacer previsiones sobre su costo en 1975. Teniendo en cuenta que el transporte de este producto en buques especiales supone gastos elevados, se puede calcular el costo de la tonelada de amoniaco anhidro entregado a la fábrica en 250 RD\$.

Deberá calcularse la capacidad de la instalación de recepción y almacenamiento en función de la dimensión de los barcos que vayan a utilizarse para la entrega del amoniaco en forma líquida, con margen suficiente para tener en cuenta los retrasos que pueda ocasionar su transporte. Debería concertarse un contrato a largo plazo con el proveedor para asegurar un precio estable.

1.3.2.3 Energía eléctrica y vapor

El consumo de energía eléctrica difiere según el procedimiento de fabricación utilizado, sobre todo si el reactor funciona a una presión superior a una atmósfera. En la hipótesis de un consumo medio de 25 kWh por tonelada de producto fabricado, las necesidades de energía eléctrica se elevarían a 110.000 kWh al año.

El vapor necesario para calentar la cuba de reacción y el aire para el secado del producto, se podría obtener de los excedentes de la fábrica de ácido sulfúrico lo cual no supondría desembolso alguno (vapor desaprovechado).

1.3.2.4 Gastos de personal

En la hipótesis de que la fábrica de ácido sulfúrico y la fábrica de fertilizantes tuvieran parte de su personal en común (administración, laboratorio, personal directivo) podrían reducirse los gastos aproximadamente en un 30% por año, es decir a: $44.000 \times 0,7 = 31.000$ RD\$ en cifras redondas.

1.3.2.5 Gastos generales

Por idéntica razón, sería también posible reducir los gastos generales en la misma proporción que los gastos de personal, es decir, a 31.000 RD\$ por año.

1.3.2.6 Inversiones y amortizaciones

Las principales piezas de equipo e instalaciones de una fábrica de sulfato amónico son las siguientes:

- Un reactor, con su agitador de material inoxidable, para la combinación del ácido sulfúrico diluido con el amoníaco gaseoso.
- Una cuba de cristalización, de material inoxidable, con sus accesorios de calentamiento y de extracción de los sedimentos sólidos.
- Una escurridora, igualmente inoxidable, con mecanismo para la evacuación automática del producto sólido y bomba de reciclado para la solución.
- Una cinta o un tambor de secado con circulación de aire caliente.
- Un sistema de recuperación de polvos y vapores de la fábrica.
- Un depósito de almacenamiento del producto final, equipado con mecanismos de recolección y de manutención (transportadora de cinta).
- Una sección de ensacado y de expedición.

La construcción de estas instalaciones podría efectuarse durante la reparación de la fábrica de ácido sulfúrico, utilizando la misma maquinaria y el mismo personal de supervisión, lo que reduciría notablemente los gastos de montaje.

En estas condiciones, el costo de esta fábrica entregada "llave en mano" se calcula globalmente en 300.000 RD\$ amortizable en 10 años, lo cual, con una producción de 4.400 toneladas anuales, supondría una amortización de 6,82 RD\$ por tonelada.

1.3.2.7 Recapitulación

El precio de costo del sulfato amónico fabricado por el método de la combinación directa de H_2SO_4 y de NH_3 , para una producción de 4.400 toneladas al año, es decir, una media de 13,33 toneladas al día, sería el siguiente:

	<u>RD\$ al año</u>	<u>RD\$ por tonelada</u>
Acido sulfúrico 3.300 T x 85,16 RD\$:	281.060	63,88
Amoniaco 1.188 T x 250 RD\$:	297.000	67,50
Energía eléctrica 110.000 kWh x 0,06 RD\$:	6.600	1,50
Vapor suministrado por la fábrica de ácido sulfúrico:	pa	pa
Gastos de personal:	31.000	7,05
Gastos generales:	<u>31.000</u>	<u>7,05</u>
Total:	646.660	146,98
Amortización de la fábrica:	<u>30.000</u>	<u>6,82</u>
Total general:	676.660	153,80

El precio de costo de la tonelada de sulfato amónico con un 21% de nitrógeno, almacenado en fábrica y a granel, sería de aproximadamente 147 RD\$ sin tener en cuenta la amortización, y de 154 RD\$ incluida la amortización.

Para la comercialización del producto con miras a su utilización directa en la agricultura, haría falta añadir una suma aproximada de 12 RD\$ por tonelada para gastos de ensacado, lo que supondría un precio de costo total de 166 RD\$ por tonelada de producto ensacado.

En el supuesto de que fuese posible vender toda la producción a las empresas de mezclado y ensacado que existen en la actualidad, la fábrica podría limitarse a la producción a granel.

1.3.3 Precio de costo del superfosfato

La producción de esta categoría de fertilizantes fue sugerida en 1963 para aprovechar el excedente de ácido sulfúrico que se hubiera producido si se hubieran reanudado las operaciones de la fábrica para abastecer al mercado local. Dado que el precio de los fertilizantes fosfatados ha aumentado considerablemente desde esa época, pudiera ser interesante calcular el costo actual de esta producción.

Habida cuenta de la complejidad del proceso de fabricación del superfosfato triple (SFT), que requiere la producción intermedia de ácido fosfórico, sería preciso contentarse con producir superfosfato simple (SFS) que puede reportar un 20% de P_2O_5 por tonelada si se utiliza un fosfato de buena calidad como materia prima. Los cálculos que se ofrecen a continuación están basados en esta hipótesis.

El procedimiento de fabricación, relativamente sencillo, consiste en mezclar ácido sulfúrico diluido con fosfato finamente molido antes de dejar madurar el producto obtenido en una instalación apropiada mientras tiene lugar la reacción química. La solución del ácido sulfúrico se regula para obtener, una vez madurada, una pasta seca que puede extraerse con un aparato especialmente adaptado para enviarla a los depósitos de almacenamiento. La reacción prosigue durante el almacenamiento, por lo que hay que tratar el producto con agentes antiaglutinantes o volver a tritularlo en el momento de utilizarlo.

1.3.3.1 Consumo de ácido sulfúrico

Habida cuenta del rendimiento del proceso de fabricación, y con un fosfato de la calidad que contiene un 75% de tricálcico (34,3% de P_2O_5), harían falta aproximadamente 400 kg de ácido sulfúrico para fabricar una tonelada de superfosfato simple. La producción anual sería pues de 8.250 toneladas de SFS por cada 3.300 toneladas de ácido sulfúrico.

1.3.3.2 Consumo de fosfato

La cantidad de fosfato con un 75% de trióxido que se necesita para fabricar una tonelada de superfosfato con un 20% de P_2O_5 , ha sido calculada en unos 600 kg, lo que supondría un consumo anual de 4.950 toneladas de mineral bruto para una producción de 8.250 toneladas de SFS.

Teniendo en cuenta el alza reciente del precio de este producto, se calcula que en 1975 el costo de cada tonelada entregada a la fábrica será de 90 RD\$.

1.3.3.3 Energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica es particularmente importante para la trituración del fosfato con miras a facilitar la reacción química con el ácido sulfúrico y a mejorar la solubilidad del P_2O_5 . Este consumo de energía varía según el origen del fosfato utilizado y sólo cabe prever una media de 25 kWh por tonelada de SFS, es decir, 206.250 kWh al año.

1.3.3.4 Gastos de personal

Se puede prever, y por idénticas razones, una suma para gastos de personal igual a la prevista para la fabricación del sulfato amónico, es decir, de 31.000 RD\$ al año.

1.3.3.5 Gastos generales

Puede preverse una suma igual que para los gastos de personal, es decir, 31.000 RD\$ al año.

1.3.3.6 Inversiones y amortizaciones

Las principales piezas de equipo e instalaciones de una fábrica de superfosfato simple son las siguientes:

- Una instalación de recepción y almacenamiento del mineral de fosfato.
- Un triturador de fosfato, con sus accesorios (ventilador, ciclón).
- Un mezclador, de material inoxidable, para la acidulación del fosfato con ácido sulfúrico diluido.
- Una mezcladora para homogeneizar el producto.
- Un depósito o una transportadora para la maduración del producto.
- Un desintegrador para extraer el producto madurado.

- Un depósito de almacenamiento del producto acabado, equipado con mecanismos de recolección y de mantenimiento (transportadora de cinta).
- Una sección de ensacado y de expedición.

Respecto del superfosfato simple destinado a su utilización directa en la agricultura, podría resultar útil disponer de un aparato para granular el producto, antes de ensacarlo.

Habida cuenta de los ahorros en los gastos de montaje, derivados de su realización en forma conjunta con la reparación de la fábrica de ácido sulfúrico, el costo de esta fábrica de superfosfato simple entregada "llave en mano" puede estimarse en 400.000 RD\$ y su amortización en 10 años (82.500 toneladas de producción) costaría 4,84 RD\$ por tonelada.

1.3.3.7 Recapitulación

El precio de costo del superfosfato simple, fabricado en una instalación con una capacidad de 8.250 toneladas anuales (una media de 25 toneladas al día) sería el siguiente:

	<u>RD\$ al año</u>	<u>RD\$ por tonelada</u>
Acido sulfúrico 3.300 T x 85,16 RD\$:	281.060	34,07
Fosfato bruto 4.950 T x 90 RD\$:	445.500	54,00
Energía eléctrica 206.250 kWh x 0,06 RD\$:	12.375	1,50
Gastos de personal:	31.000	3,76
Gastos generales:	<u>31.000</u>	<u>3,76</u>
Total:	800.935	97,09
Amortización de la fábrica:	<u>40.000</u>	<u>4,84</u>
Total general:	840.935	101,93

El precio de costo de la tonelada de superfosfato con un 20% de P_2O_5 , almacenado en fábrica y a granel, sería de unos 97 RD\$, sin tener en cuenta la amortización, y de 102 RD\$ incluida la amortización.

Añadiendo 12 RD\$ por tonelada para gastos de ensacado, el precio de costo del producto ensacado sería del orden de los 114 RD\$ por tonelada.

1.3.4 Rentabilidad del proyecto de reapertura de la fábrica de ácido sulfúrico

Tras haber recogido las opiniones del Director y del capataz de la fábrica de ácido sulfúrico, y una vez estudiados los archivos disponibles, evaluadas las condiciones del material y calculado el costo de una fabricación eventual de fertilizantes utilizando la totalidad del ácido sulfúrico producido en dicha fábrica, se puede formular una opinión sobre la rentabilidad del proyecto de reapertura de la misma. Esta opinión se basa en las consideraciones que se exponen seguidamente:

1.3.4.1 Valor de la instalación

Desgraciadamente, es preciso reconocer que, en su estado actual, la fábrica no tiene un gran valor. Es necesario recordar igualmente que fue construida hace 20 años y que si hubiese funcionado normalmente su equipo se habría amortizado hace ya mucho tiempo.

Desde que se cerró la fábrica hace 12 años, y con excepción del engrasado de ciertos elementos giratorios que cabe señalar, no se ha efectuado ninguna actividad de mantenimiento preventivo en el conjunto de las instalaciones existentes, las cuales han estado sometidas a las inclemencias de un clima tropical poco propicio para la conservación del material. Además, los gases SO_2 y SO_3 y el ácido sulfúrico son particularmente corrosivos en presencia de humedad.

En términos generales, el 80% de las instalaciones no tienen otro valor que el de la chatarra que contienen y será probablemente difícil encontrar compradores para el 20% que aún podría utilizarse o repararse. En estas condiciones, es poco probable que la liquidación de todo el material, habida cuenta de los costos de desmontaje y de transporte, pueda reportar una suma neta superior a los 100.000 RD\$.

1.3.4.2 Fabricación de ácido sulfúrico

Las dificultades encontradas en la explotación de la fábrica no pueden imputarse al proceso de fabricación. A juicio del Director, durante los períodos de actividades las instalaciones funcionaron correctamente, aunque con un rendimiento inferior a lo previsto.

Los principales obstáculos a la producción, que todavía subsisten, provienen de la falta de mercados y del precio de costo demasiado elevado del producto final. En realidad, la capacidad de la fábrica era demasiado elevada en relación con el mercado local, incluida la fabricación de explosivos, pero insuficiente para una explotación económica.

El precio de costo de la tonelada de ácido sulfúrico, excluida la amortización de las instalaciones, ha sido siempre superior al precio del producto importado y lo sería también en la actualidad, aún en el supuesto de que el Estado sufragase el costo de las reparaciones.

No se puede ni siquiera alegar en favor de este proyecto el argumento de un posible ahorro de divisas, ya que habría que importar el azufre y las piezas de equipo y de recambio necesarias para la reapertura de la fábrica.

1.3.4.3 Fabricación de sulfato amónico

Se calcula en 166 RD\$ por tonelada el precio de costo de este fertilizante ensacado, que podría comenzar a fabricarse a finales de 1975 a partir del ácido sulfúrico obtenido en la fábrica existente y, supuestamente, otra vez en funcionamiento. Según la información recogida localmente, este producto se vende actualmente a 150 RD\$ la tonelada corta (es decir, a 165 RD\$ la tonelada métrica) en la ciudad de Santiago, lo que corresponde al precio de costo previsto. Por lo tanto, el proyecto de fabricación del sulfato amónico sólo sería interesante si el costo de importación de este producto siguiera aumentando, o si se hubiesen sobreestimado los precios de las materias primas.

Aún en este caso, la fabricación de 4.400 toneladas al año sería totalmente insuficiente para satisfacer las necesidades nacionales, puesto que en 1973 las importaciones se elevaron a 97.682 toneladas cortas (88.600 TM).

Con este volumen de producción no se conseguiría hacer bajar el precio de este fertilizante.

1.3.4.4 Fabricación de superfosfato simple (SFS)

Es preciso señalar primeramente que este fertilizante se utiliza cada vez menos en la agricultura y tiende a ser reemplazado por el superfosfato triple que contiene un 46% de P_2O_5 (en vez de un 20%). Actualmente, la República Dominicana importa SFT que se vende en Santiago a 385 RD\$ la tonelada corta (es decir, a 424 RD\$ por TM). Es decir, que la tonelada métrica de P_2O_5 cuesta 923 RD\$.

Se calcula en 114 RD\$ por TM el precio de costo del superfosfato simple ensacado que podría fabricarse en 1975 a partir del ácido sulfúrico, lo que corresponde a un precio de costo del P_2O_5 de 570 RD\$ por TM. Si los cálculos respecto a los costos de las materias primas y demás elementos son correctos, este precio parece ventajoso en comparación con el precio de venta actual.

Pero existen otras objeciones a la fabricación de este fertilizante:

- el tonelaje anual que sería posible producir no aportaría más que 1.650 TM de P_2O_5 , mientras que en 1973 las importaciones de SFT correspondían ya a 5.532 TM de ese nutriente; este tonelaje sería pues insuficiente
- el superfosfato triple parece utilizarse sobre todo para fabricar fertilizantes compuestos NPK y el superfosfato simple no sirve para este tipo de fabricación por ser su composición demasiado pobre
- el empleo directo del superfosfato simple como fertilizante requeriría su granulación para poder esparcirlo por medios mecánicos; además, se necesitarían 2,3 veces más de producto para obtener la misma cantidad de P_2O_5 por unidad de superficie cultivada. Una parte de la diferencia del precio quedaría pues absorbida por los costos de transporte, de almacenamiento y de manutención más elevados que supondría el mayor tonelaje necesario.

1.4 CONCLUSIONES SOBRE EL PROYECTO DE REANUDACION DE LAS
OPERACIONES DE LA FABRICA DE ACIDO SULFURICO

Sobre la base de los diversos datos reunidos durante el estudio de la fábrica de ácido sulfúrico y la posibilidad de utilizarla para la producción eventual de sulfato amónico o superfosfato simple, se pueden formar las opiniones siguientes:

1.4.1 Desde el punto de vista técnico

El procedimiento utilizado desde 1954 parece apropiado y las instalaciones de la fábrica son adecuadas para una capacidad de 10 toneladas diarias de ácido sulfúrico o de óleum.

Pero después de 12 años de inactividad la fábrica se encuentra en tal estado que su reparación costaría prácticamente tanto como instalar una fábrica nueva de la misma capacidad, en la que se podrían incorporar los progresos técnicos realizados desde hace 20 años y que ofrecería garantías de funcionamiento mucho mayores.

Por lo tanto, desde el punto de vista técnico no parece aconsejable reparar las instalaciones existentes.

1.4.2 Desde el punto de vista de la ubicación

La fábrica está instalada en Villa Mella, en la barriada norte de Santo Domingo. No se la puede abastecer directamente más que por medio de buques de poco tonelaje (5.000 toneladas como máximo) cuya descarga debe efectuarse a una distancia de unos 500 metros.

Esta ubicación se podría justificar en la medida en que el ácido sulfúrico fabricado se destinara a abastecer a las fábricas de explosivos vecinas. Pero éstas también están paradas, y no parece que esté prevista su reapertura. Incluso suponiendo que pudieran volver a funcionar, dado que su consumo es escaso podrían abastecerse con ácido sulfúrico o con óleum procedentes de otras fuentes.

Además, puesto que la fábrica está situada en una zona militar, se plantearían problemas administrativos respecto a la circulación de los vehículos y del personal y respecto a una explotación civil en general.

Por último, nada permite afirmar que la región de Santo Domingo sea la más propicia para una fábrica de ácido sulfúrico destinada a la producción de fertilizantes.

Así pues, esta ubicación ofrece pocas ventajas.

1.4.3 Desde el punto de vista comercial

La capacidad de 10 toneladas diarias de ácido sulfúrico sería insuficiente para justificar la construcción de una nueva planta destinada a producir fertilizantes para el mercado local.

Las dos calidades de fertilizantes que podrían fabricarse en forma relativamente sencilla para suministrar los nutrientes nitrogenados (sulfato amónico) o P_2O_5 (superfosfato simple), sólo permitirían satisfacer una parte muy pequeña de las necesidades de la agricultura. Además, el superfosfato simple no corresponde a ninguna de las fórmulas que se utilizan actualmente.

Los precios de venta serían probablemente demasiado elevados para que fueran ventajosos en relación con la situación actual del comercio, y los volúmenes serían demasiado pequeños para lograr una estabilización de los precios.

Al parecer, no existen ventajas desde el punto de vista comercial.

1.4.4 Desde el punto de vista económico

El costo de fabricación elevado y la capacidad de producción escasa no permitirían obtener una explotación económica, y los márgenes de beneficio serían problemáticos.

Esta explotación no valorizaría ninguna materia prima local y los ahorros de divisas sobre el valor agregado de los productos fabricados localmente quedarían anulados por los gastos de la reparación de la fábrica de ácido sulfúrico y de la construcción de la planta de fertilizantes.

La agricultura dominioana seguiría dependiendo de las importaciones para casi la totalidad de los fertilizantes que utiliza y seguiría sometida a las fluctuaciones de los precios del mercado internacional, que influyen mucho sobre los ingresos de los agricultores.

Por lo tanto, la rentabilidad económica no es segura.

1.4.5 Recomendaciones

A causa del carácter negativo de las opiniones expuestas anteriormente, se recomienda abandonar el proyecto de reanudación de las operaciones de la fábrica de ácido sulfúrico y renunciar a utilizarla para producir fertilizantes.

Es posible intentar la venta de una pequeña parte del material que aún pueda utilizarse, después de pedir al constructor su opinión sobre el valor actual de las instalaciones. La mayor parte no podrá utilizarse y será preciso considerarla como chatarra.

Para satisfacer las necesidades en materia de fertilizantes de la agricultura de la República Dominicana, y teniendo en cuenta sus proyectos de desarrollo, es necesario volver a estudiar el problema realizando una encuesta de ámbito nacional. De este modo se podrán definir los límites para la creación de una producción local, precisar las cantidades de fertilizantes que se hayan de producir, y sus fórmulas, y encontrar la mejor solución técnica a este problema.

PARTE II

2. ESTUDIO SOBRE LOS FERTILIZANTES EN LA REPUBLICA DOMINICANA

El segundo objetivo de la misión consistía en determinar qué elementos nutrientes necesitaba la agricultura nacional.

La totalidad de los fertilizantes utilizados actualmente en la República Dominicana son importados. La distribución se efectúa por intermedio de unas cuantas empresas locales, las dos más importantes de las cuales, FERQUIDO y FERSAN, poseen equipo que permite efectuar mezclas y preparar fórmulas de fertilizantes completos NPK. Los tres nutrientes, nitrógeno (N), fósforo (P en forma de P_2O_5) y potasio (K en forma de K_2O) son importados.

Sin embargo, el volumen consumido y el costo de las importaciones y del transporte, así como el de la elaboración necesaria para suministrar los productos que pidan los consumidores, aumentan a tal ritmo que tal vez convendría estudiar la posibilidad de fabricar un producto adaptado a las condiciones locales. La comercialización de este producto debería dejar un margen de beneficios suficiente para estabilizar o reducir los costos a fin de que su producción fuese rentable.

Antes de estudiar las soluciones técnicas que pudieran proponerse para lanzar una producción nacional de fertilizantes, es necesario tener en cuenta la evolución actual del consumo y los proyectos de desarrollo agrícola de la República Dominicana.

2.1 LAS IMPORTACIONES DE FERTILIZANTES EN LA REPUBLICA DOMINICANA

2.1.1 Las importaciones hasta 1972

Los datos recogidos en Viena al comienzo de esta misión procedentes de estadísticas de la FAO sobre las importaciones de nutrientes en la República Dominicana, se indican a continuación en toneladas métricas:

<u>Importaciones</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>P_2O_5</u>	<u>K_2O</u>	<u>Referencias de la FAO</u>
1970/71	18.467	10.534	14.207	Informe anual sobre los fertilizantes, 1972
1971/72	28.192	13.347	16.617	ibid.

2.1.2 Las importaciones de 1973

En la carta del Secretario de Estado de Agricultura, del 14 de mayo de 1974, transmitida a Viena, las importaciones de fertilizantes en 1973 correspondieron a los volúmenes que se indican a continuación. Estas cifras, expresadas en toneladas cortas, han sido proporcionadas por empresas productoras y verificadas por la Dirección de Aduanas y Puertos o por la oficina nacional de estadísticas CEDOPEX (Centro Dominicano de Promoción de Exportaciones):

<u>Importaciones de 1973</u>	<u>FERQUIDO</u>	<u>FERSAN</u>	<u>TOTAL</u>
Urea con 46% de nitrógeno	26.000	18.828	44.828
Sulfato amónico con 21% de nitrógeno	52.000	45.682	97.682
Superfosfato triple con 46% de P ₂ O ₅	6.500	7.715	14.215
FDA 18-46-0	11.000	9.946	20.946
Cloruro de potasio con 60% de K ₂ O	24.000	12.917	36.917
Sulfato de potasio con 50% de K ₂ O	1.000	510	1.510
Diversos fertilizantes NPK	<u>500</u>	<u>-</u>	<u>500</u>
Total	121.000	95.598	216.598

KETTLE Y ALMANZAR

Fertilizante completo 12-24-12	3.200
Fertilizante completo 13-13-13	2.000
Fertilizante compuesto 16-20-0	<u>800</u>
Total	6.000

NITROFOSKA

Sulfato amónico con 21% de nitrógeno	30
Fertilizantes completos NPK	<u>1.200</u>
Total	1.230

Total general: 216.598 + 6.000 + 1.230 = 223.828 toneladas cortas.

Para poder comparar estos volúmenes con los datos proporcionados por la FAO es preciso calcular, en toneladas cortas, el contenido de nutriente de estos fertilizantes, teniendo en cuenta sus proporciones respectivas:

<u>Importaciones de 1973</u>	<u>Fertilizantes</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>
Urea con 46% de nitrógeno	44.828	20.621	-	-
Sulfato amónico con 21% de nitrógeno	97.712	20.519	-	-
Superfosfato triple con 46% de P ₂ O ₅	14.215	-	6.539	-
FDA 18-46-0	20.946	3.770	9.635	-
Cloruro de potasio con 60% de K ₂ O	36.917	-	-	22.150
Sulfato de potasio con 50% de K ₂ O	1.510	-	-	755
Fertilizante completo 12-24-12	3.200	384	768	384
Fertilizante completo 13-13-13	2.000	260	260	260
Fertilizante compuesto 16-20-0	800	128	160	-
Diversos fertilizantes NPK (aproximadamente)	1.700	221	221	221
Total (toneladas cortas)	223.828	45.903	17.583	23.770

En su equivalente en toneladas métricas, las importaciones de 1973 correspondieron aproximadamente a las cifras siguientes:

41.640 toneladas de nitrógeno, o sea el 20,51% del volumen total de los fertilizantes

15.950 toneladas de P₂O₅, o sea el 7,86% del volumen total de los fertilizantes

21.560 toneladas de K₂O, o sea el 10,62% del volumen total de los fertilizantes

2.1.3 Importaciones previstas para 1974

En la carta del Secretario de Estado de Agricultura ya citada, se indican asimismo las importaciones de fertilizantes previstas para 1974 por las empresas mencionadas. Las cantidades, expresadas en toneladas cortas, figuran en el cuadro siguiente:

<u>Importaciones previstas para 1974</u>	<u>FERQUIDO</u>	<u>FERSAN</u>	<u>TOTAL</u>
Urea con 46% de nitrógeno	28.000	22.447	50.447
Sulfato amónico con 21% de nitrógeno	40.500	58.361	98.861
Superfosfato triple con 46% de P ₂ O ₅	7.900	11.213	19.113
FDA 18-46-0	21.000	13.468	34.468
Cloruro de potasio con 60% de K ₂ O	30.000	15.713	45.713
Sulfato de potasio con 50% de K ₂ O	550	561	1.111
Diversos fertilizantes NPK	1.500	-	1.500
Total	129.450	121.763	251.213

KETTEL Y ALMANZAR

Fertilizante completo 12-24-12	2.000
Fertilizante completo 13-13-13	6.000
Fertilizante compuesto 16-20-0	<u>10.000</u>
Total	18.000

NITROFOSKA

Fertilizante completo NPK	250
---------------------------	-----

Total general: 251.213 + 18.000 + 250 = 269.463 toneladas cortas

Siguiendo el mismo procedimiento que en el cuadro anterior respecto del contenido de nutrientes (en toneladas cortas), se obtienen las cifras siguientes:

<u>Importaciones previstas para 1974</u>	<u>Fertilizantes</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>
Urea con 46% de nitrógeno	50.447	23.206	-	-
Sulfato amónico con 21% de nitrógeno	98.861	20.767	-	-
Superfosfato triple con 46% de P ₂ O ₅	19.113	-	8.792	-
FDA 18-46-0	34.468	6.204	15.855	-
Cloruro de potasio con 60% de K ₂ O	45.713	-	-	27.428
Sulfato de potasio con 50% de K ₂ O	1.111	-	-	556
Fertilizante completo 12-24-12	2.000	240	480	240
Fertilizante completo 13-13-13	6.000	780	780	780
Fertilizante compuesto 16-20-0	10.000	1.600	2.000	-
Diversos fertilizantes NPK (aproximadamente)	1.750	227	227	227
Total (toneladas cortas)	269.463	53.024	28.134	29.231

En su equivalente en toneladas métricas, las importaciones previstas para 1974 corresponderían aproximadamente a:

48.100 toneladas de nitrógeno, o sea el 19,68% del volumen total de los fertilizantes

25.500 toneladas de P₂O₅ o sea el 10,44% del volumen total de los fertilizantes

26.500 toneladas de K₂O o sea el 10,85% del volumen total de los fertilizantes

2.2 EL CONSUMO DE FERTILIZANTES EN LA REPUBLICA DOMINICANA

2.2.1 Estadísticas de la FAO

Las cifras que se mencionan a continuación, expresadas en toneladas métricas, proceden de estadísticas de la FAO incluidas en los documentos examinados en Viena:

<u>Consumo</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>	<u>Referencias de la FAO</u>
1965/66	10.000	1.000	1.000	Informe anual sobre los fertilizantes, 1967
1970/71	15.676	9.341	12.864	Anuario de producción, 1972
1971/72	25.996	12.192	14.549	ibid.

Comparando estos volúmenes con las importaciones mencionadas anteriormente se observan diferencias que varían del 7,7% al 15%, según los casos. Pero estas diferencias pueden explicarse por que las dos empresas que utilizan fertilizantes importados para fabricar fertilizantes compuestos, reexportan parte de su producción elaborada. Sin embargo, es de señalar que una nueva ley (núm. 10) prohíbe actualmente estas exportaciones de fertilizantes.

2.2.2 Consumo de fertilizantes hasta 1973

En la carta del Secretario de Estado de Agricultura, ya citada, se indica el siguiente consumo nacional de fertilizantes en el año 1973, en toneladas cortas:

Sulfato amónico con 21% de nitrógeno:	35.357 (o sea, 32.068 TM)
Urea con 46% de nitrógeno:	17.270 (o sea, 14.964 TM)
Fertilizantes NPK:	<u>179.603</u> (o sea, 155.900 TM)
Total	232.230 (o sea, 202.932 TM)

Por otra parte, este mismo documento ofrece información sobre las actividades de las fábricas que elaboran los fertilizantes importados para producir fórmulas adaptadas al mercado local. En los años pasados la producción, en toneladas cortas, fue la siguiente:

<u>Productos FERQUIDO</u>			<u>Productos FERSAN</u>		
1960	41.700	NPK	1970	23.402	Sulfato con 21% de nitrógeno
1961	56.400	NPK		9.583	Urea con 46% de nitrógeno
			15.492	NPK
1965	37.100	NPK	1973	35.327	Sulfato con 21% de nitrógeno
			17.270	Urea con 46% de nitrógeno
1970	68.300	NPK		28.880	NPK
1971	86.100	NPK	1974	36.819	Sulfato con 21% de nitrógeno
1972	108.300	NPK	de enero	7.532	Urea con 46% de nitrógeno
1973	125.000	NPK	a julio	21.832	NPK

<u>Exportaciones de FERQUIDO</u>			<u>Exportaciones de FERSAN</u>		
1973	24.730	NPK	1973	66	Urea con 46% de nitrógeno
				661	NPK

Estos datos permiten formarse una idea general sobre la comercialización de los fertilizantes durante el año 1973. Por ejemplo:

- La empresa FERQUIDO, al parecer, utilizó todos los productos que importó para revenderlos como fórmula NPK. Alrededor del 20% de la producción fue reexportada.
- La empresa FERSAN revendió en el mercado local la mayor parte (77%) del sulfato amónico y casi la totalidad de la urea que importó, sin elaborarlos.

Sin embargo, será necesario saber a qué formulas correspondieron las 179.603 toneladas cortas vendidas en el mercado interno y las 25.391 toneladas cortas vendidas en el mercado de exportación con la denominación "NPK", a fin de tener una idea precisa de las necesidades de la agricultura y determinar el medio más económico de fabricar dichas fórmulas.

2.2.3 Fórmulas de fertilizantes utilizadas en la República Dominicana

Volviendo a tomar como base los datos correspondientes a 1973, la cantidad de fertilizantes comercializados como NPK, incluidos los exportados, fue de $179.603 + 25.391 = 204.994$ toneladas cortas, o sea 185.966 toneladas métricas.

Los fertilizantes comercializados en forma de sulfato amónico y de urea (includidas las 66 toneladas cortas exportadas) correspondieron a 13.645 toneladas métricas de nitrógeno, sobre un total de 41.640 toneladas métricas importadas. Suponiendo que la diferencia, o sea 27.995 toneladas métricas, se deba al volumen que entra en la composición de las fórmulas NPK, éste representaría alrededor del 15% del volumen de los fertilizantes elaborados.

Al parecer, todo el P_2O_5 importado en forma de superfosfato triple o de fosfato diamónico (FDA) se utilizó para fabricar compuestos NPK. Añadiendo el P_2O_5 contenido en las fórmulas importadas directamente, el total se elevó a 15.950 toneladas de P_2O_5 , o sea al 8,6% del volumen de los fertilizantes elaborados.

Lo mismo puede decirse del K_2O importado en forma de fórmulas preparadas de cloruro o sulfato de potasio. Las 21.560 toneladas métricas de K_2O que contenían, representaban el 11,6% del volumen de los fertilizantes compuestos.

Finalmente, puede considerarse que la fórmula media teórica de los fertilizantes NPK vendidos en el mercado local en 1973 fue la siguiente:

15 - 8,6 - 11,6

En realidad, la agricultura dominicana emplea gran diversidad de fórmulas. En un informe de la Secretaría de Estado de Agricultura, publicado en mayo de 1974 bajo el título "Fertilidad de Suelos, Documento Básico para la Programación del Desarrollo Agropecuario", figura la lista que reproducimos a continuación; para facilitar la comparación, se han agrupado los fertilizantes de forma que resalte el nutriente que predomina:

<u>FERTILIZANTES</u>	<u>Base nitrógeno</u>	<u>Base P_2O_5</u>	<u>Base K_2O</u>
<u>Fertilizantes simples</u>	Urea al 46%	Superfosfato	Cloruro al 60%
(importados)	Sulfato al 21%	triple al 46%	Sulfato al 50%
<u>Fertilizantes binarios</u>	<u>N > P</u>	<u>P > N</u>	<u>K > N</u>
(importados)	-	FDA 18-46-0	-
(fabricados)	15-10-0	12-24-0	13-0-44
	-	16-20-0	-
	<u>N > K</u>	<u>N = P</u>	<u>N = K</u>
	20-0-15	20-20-0	15-0-15

<u>Fertilizantes completos</u> (fabricados)	<u>N = P > K</u>	<u>P = K > N</u>	<u>K = N > P</u>
	20-20-10	6-24-24	16-8-16
	20-20-5	5-20-20	12-6-12
	-	10-15-15	-
	-	5-10-10	-
	<u>N > P o K</u>	<u>P > N o K</u>	<u>K > N o P</u>
	20-10-10	8-32-16	13-13-21
	16-12-8	10-30-10	12-12-21
	16-8-8	10-30-5	16-10-20
	16-10-5	5-30-10	7-15-20
	15-8-14	12-24-12	12-8-14
	15-10-10	12-24-8	8-10-14
	15-4-12	8-24-8	-
	14-8-10	16-20-10	-
	14-8-8	10-20-10	<u>N = P = K</u>
	14-6-10	10-20-5	15-15-15
	14-4-10	5-20-10	13-13-13
	12-6-6	8-18-8	-
	-	6-18-10	-
	-	8-16-8	-

Esta relación pone de relieve la existencia de una variedad demasiado grande de fórmulas comercializadas (unas cincuenta). Por otra parte, es preciso señalar que varias de ellas son equivalentes desde el punto de vista agrícola, pues tienen una proporción semejante de nutrientes NPK:

- 20-10-10, 16-8-8, 12-6-6 (proporción 2-1-1)
- 8-32-16, 5-20-10 (proporción 1-4-2)
- 10-30-10, 8-24-8 (proporción 1-3-1)
- 12-24-12, 10-20-10, 8-16-8 (proporción 1-2-1)
- 6-24-24, 5-20-20 (proporción 1-4-4)
- 16-8-16, 12-6-12 (proporción 2-1-2)
- 15-15-15, 13-13-13 (proporción 1-1-1)

Por ejemplo, es posible obtener la misma cantidad de nutrientes con 100 kg de fertilizante 20-10-10 que con 125 kg de fertilizante 16-8-8.

Hay otras fórmulas que tienen una composición muy parecida, y es probable que puedan sustituirse mutuamente. Por ejemplo:

16-8-10, 14-8-10, 14-8-8 y 14-6-10
12-24-12, 12-24-8 y 8-18-8
13-13-21 y 12-12-21
16-10-20 y 12-8-14

En lugar de fabricar una pequeña cantidad de un fertilizante de fórmula calculada especialmente, con una proporción particular de nutrientes, sería posible, sin perjudicar el rendimiento agrícola, utilizar un fertilizante de fórmula parecida con una concentración ligeramente mayor de nitrógeno, P_2O_5 o K_2O . Incluso si el costo de producción resultara en el momento más elevado, éste probablemente disminuiría gracias a las economías realizadas al fabricarse volúmenes mucho mayores de un fertilizante para usos múltiples.

2.2.4 Precio de los fertilizantes

En el informe ya citado se indica el precio de venta de los nutrientes al 30 de enero de 1974 en la región de Santiago. Pero datos más recientes (septiembre de 1974), de carácter oficioso, señalan un aumento considerable de los precios de los fertilizantes. En el cuadro que sigue a continuación se indican los precios, que se comunicaron en pesos por tonelada corta, en su equivalente en pesos por tonelada métrica, y respecto de los nutrientes, el precio dado en pesos por libra se indica en su equivalente en pesos por kg. A título de comparación, figuran entre paréntesis los precios vigentes en enero de 1974:

<u>Precio de los fertilizantes en almacén, Santiago, en 1974</u>	<u>Septiembre RD\$/TM</u>	<u>Nutriente</u>	<u>RD\$/kg</u>	<u>Enero RD\$/kg</u>
Sulfato amónico con 21% de nitrógeno	165	Nitrógeno	0,787	(0,485)
Superfosfato triple con 46% de P_2O_5	424	P_2O_5	0,923	(0,397)
Cloruro de potasio con 60% de K_2O	154	K_2O	0,257	(0,220)
Sulfato de potasio con 50% de K_2O	206	K_2O	0,412	(0,265)
Fórmula 15-15-15	234	NPK	0,520	(0,309)

En enero de 1974, el precio del elemento nitrógeno procedente de la urea equivalía al del sulfato amónico (0,485 RD\$/kg); no se conoce el precio correspondiente al mes de septiembre.

La comparación de los precios de los nutrientes en un intervalo de ocho meses muestra un aumento considerable:

- El del nitrógeno, un 62%
- El del P_2O_5 , un 132%
- El del K_2O del cloruro de potasio, un 17%
- El del K_2O del sulfato de potasio, un 55%
- El de los nutrientes de los fertilizantes completos NPK, un 68%

Es de señalar que el precio medio del fertilizante completo NPK parece demasiado bajo en relación con los precios de los fertilizantes simples considerados por separado, por lo que sería preciso confirmar las proporciones de la fórmula que se dan sólo a título indicativo.

2.3 AUMENTO ANUAL DE LAS NECESIDADES EN MATERIA DE NUTRIENTES

2.3.1 Estimación basada en las importaciones de los últimos años

Comparando los volúmenes importados en 1970/71 y los previstos para 1973/74, se puede calcular la tasa de aumento de las importaciones de nutrientes de la República Dominicana (tasa compuesta):

- para el nitrógeno, un 260% en tres años, es decir, un 38% anual
- para el P_2O_5 , un 242% en tres años, es decir, un 34% anual
- para el K_2O , un 187% en tres años, es decir, un 23% anual

Resulta, sin embargo, difícil suponer que el consumo de fertilizantes seguirá aumentando a un ritmo tan elevado durante los próximos años. Considerando las cantidades de nutrientes calculadas durante ese mismo período, y limitándose al aumento medio anual del tonelaje importado, pueden estimarse las previsiones como sigue (en cifras redondas):

- para el nitrógeno, 30.000 toneladas en tres años, es decir, 10.000 toneladas anuales
- para el P_2O_5 , 15.000 toneladas en tres años, es decir, 5.000 toneladas anuales
- para el K_2O , 12.000 toneladas en tres años, es decir, 4.000 toneladas anuales

2.3.2 Proyectos de desarrollo de la agricultura

Además de los cálculos precedentes basados sobre los aumentos en las necesidades de fertilizantes para los cultivos actuales, hay que tener en cuenta los proyectos de desarrollo agrícola para el período de 1973-1980. Todos ellos aparecen descritos en el informe titulado "Evaluación del sector agrícola de la República Dominicana", de fecha 25 de marzo de 1974. Este vasto proyecto, que ha sido elaborado por expertos de la Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.) en colaboración con la Secretaría de Estado de Agricultura (S.E.A.) y con diversas organizaciones nacionales e internacionales participantes, prevé el empleo de fertilizantes como uno de los principales medios para incrementar el volumen de las cosechas.

Según los cálculos incluidos en un anexo a este estudio, parece que la diferencia entre los ingresos suplementarios que se obtendrían con el empleo de los fertilizantes, y el costo de estos fertilizantes, permitiría ahorrar, en el período en examen, entre 80 y 100 millones de dólares, según las fluctuaciones que se produzcan en los precios de los productos agrícolas y de los fertilizantes. Habida cuenta de este cálculo, parece interesante señalar los principales pasajes de este estudio que guardan una relación directa con el consumo de fertilizantes.

2.3.2.1 Base del proyecto de desarrollo

Los objetivos del proyecto son los siguientes:

- mejorar el nivel de nutrición de la población, reemplazando los almidones por proteínas;
- limitar las importaciones de productos alimentarios;
- aumentar las exportaciones agropecuarias.

Habida cuenta de que quedan pocas tierras cultivables por explotar, se debe obtener un rendimiento óptimo de los recursos naturales seleccionando para ello las tierras y los cultivos y aumentando los regadíos, el empleo de fertilizantes y la utilización de productos químicos para proteger las cosechas.

El principal cultivo de la República Dominicana es la caña de azúcar, en el que se ha registrado una cosecha excepcional en 1973 con una producción de 9,5 millones de toneladas cortas. Pero esta producción está controlada por grandes empresas que disponen ya de los medios necesarios para mejorar los rendimientos y que los utilizan desde hace mucho tiempo. El aumento en el consumo de fertilizantes correspondiente a la caña de azúcar, está, pues, incluido en las estadísticas precedentes.

Sucede lo mismo con ciertos cultivos como el tabaco, el café, el cacao, el maíz, el sorgo, etc., que tienen un carácter tradicional en el país y en los que, por otra parte, el empleo de fertilizantes se encuentra limitado por la falta de créditos o por la ignorancia de los productores. En la medida en que estos sectores se organicen y en que los agricultores reciban mejor información, el empleo de los fertilizantes seguirá en aumento al ritmo calculado anteriormente.

El proyecto de desarrollo propuesto para los próximos años se limita a los productos que responden a los objetivos anteriormente señalados: arroz, fríjoles, diversos cultivos y ganadería.

2.3.2.2 Desarrollo del cultivo del arroz

La producción (234.000 toneladas en 1973) deberá alcanzar las 400.000 toneladas en 1980, lo que supone un aumento medio anual de un 10%. Conviene señalar que una cosecha de arroz de 4.500 kg por hectárea hace perder a la tierra de 18 a 36 kg de nitrógeno, de 3,6 a 5,4 kg de P_2O_5 y de 23 a 41 kg de K_2O . En estas condiciones, se sugieren dos opciones para calcular las necesidades en materia de fertilizantes de acuerdo con el rendimiento que se persiga:

- rendimiento moderado: 66 kg/ha de nitrógeno, 45 kg/ha de P_2O_5 ,
22,5 kg/ha de K_2O
- rendimiento elevado: 90 kg/ha de nitrógeno, 45 kg/ha de P_2O_5 ,
40 kg/ha de K_2O

Para obtener rendimientos elevados es preciso añadir cantidades suplementarias de fertilizantes cada 6 o cada 10 semanas y emplear técnicas muy modernas, difícilmente aplicables en las condiciones actuales. Por ello, habrá que contentarse con rendimientos moderados para los que se han estimado las siguientes necesidades suplementarias en materia de nutrientes (en toneladas métricas):

<u>Años</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>	<u>Total</u>	<u>Valor</u>
1975	1.780	890	445	3.115	654.200 RD\$
1976	2.420	1.210	605	4.235	889.400 RD\$
1977	2.900	1.450	725	5.075	1.065.800 RD\$
1978	3.600	1.800	900	6.300	1.323.000 RD\$
1979	4.160	2.080	1.040	7.280	1.528.700 RD\$
1980	6.500	3.250	1.625	11.375	2.388.800 RD\$

Se ha evaluado el costo en 210 RD\$ por tonelada métrica de nutrientes, como precio medio que habrá que reajustar en el transcurso del período considerado. Conviene señalar que este precio está ya ampliamente superado.

2.3.2.3 Desarrollo del cultivo de los fréjoles

La producción (61.000 toneladas en 1973) deberá alcanzar las 120.000 toneladas en 1980, lo que supone un aumento medio anual del 10%. Se puede conseguir este resultado aumentando la superficie cultivada (20.000 ha suplementarias), utilizando semillas seleccionadas, insecticidas y fertilizantes; unos 287 kg de fórmula 16-20-10, por hectárea.

El programa cuatrienal elaborado (1977/1980) requeriría un consumo global de 20.000 toneladas suplementarias de nutrientes:

<u>Años</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>	<u>Total</u>	<u>Valor</u>
1977	696	870	434	2.000	420.000 RD\$
1978	1.392	1.740	868	4.000	840.000 RD\$
1979	2.088	2.610	1.302	6.000	1.260.000 RD\$
1980	<u>2.784</u>	<u>3.480</u>	<u>1.736</u>	<u>8.000</u>	<u>1.680.000 RD\$</u>
Total	6.960	8.700	4.340	20.000	4.200.000 RD\$

2.3.2.4 Desarrollo de otros cultivos

Se trata fundamentalmente del cultivo de plantas oleaginosas (maní, palma), de frutas y de legumbres y hortalizas, y más concretamente de la producción de plátanos, en la que se prevé un aumento de un 3% anual, de la cría de ganado y de la explotación de granjas avícolas.

No se ha calculado el consumo suplementario de fertilizantes requerido para estos menesteres, ya que supone un tonelaje poco importante y es preciso instruir previamente a los usuarios para poder desarrollar su empleo.

2.3.3 Recapitulación de las necesidades en materia de nutrientes

Recopilando los datos recogidos de diferentes fuentes, es posible elaborar un cuadro de las necesidades previstas para el período de 1975/1980 tomando como base el volumen, ya conocido, de las importaciones de 1974. Basta con suponer que los aumentos registrados hasta esa fecha habrán de proseguir al mismo ritmo anual y con añadir las necesidades que se prevé para el programa de desarrollo agrícola descrito en apartados anteriores.

<u>Necesidades en toneladas métricas</u>	<u>Nitrógeno</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>	<u>Total</u>
1974 según las importaciones	48.100	25.500	26.500	100.100
- Aumento anual	10.000	5.000	4.000	19.000
- Desarrollo del cultivo del arroz	<u>1.780</u>	<u>890</u>	<u>445</u>	<u>3.115</u>
1975 Total	59.880	31.390	30.945	122.215
- Aumento anual	10.000	5.000	4.000	19.000
- Desarrollo del cultivo del arroz	<u>2.420</u>	<u>1.210</u>	<u>605</u>	<u>4.235</u>
1976 Total	72.300	37.600	35.550	145.450
- Aumento anual	10.000	5.000	4.000	19.000
- Desarrollo del cultivo del arroz	2.900	1.450	725	5.075
- Desarrollo del cultivo de los fréjoles	<u>696</u>	<u>870</u>	<u>434</u>	<u>2.000</u>
1977 Total	85.896	44.920	40.705	171.525
- Aumento anual	10.000	5.000	4.000	19.000
- Desarrollo del cultivo del arroz	3.600	1.800	900	6.300
- Desarrollo del cultivo de los fréjoles	<u>1.392</u>	<u>1.740</u>	<u>868</u>	<u>4.000</u>
1978 Total	100.888	53.460	46.477	200.825

<u>Necesidades en toneladas métricas</u>		<u>Nitrógeno</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>	<u>Total</u>
	Total anterior	100.888	53.460	46.477	200.825
-	Aumento anual	10.000	5.000	4.000	19.000
-	Desarrollo del cultivo del arroz	4.160	2.080	1.040	7.280
-	Desarrollo del cultivo de los fréjoles	<u>2.088</u>	<u>2.610</u>	<u>1.302</u>	<u>6.000</u>
1979	Total	117.136	63.150	52.819	233.105
-	Aumento anual	10.000	5.000	4.000	19.000
-	Desarrollo del cultivo del arroz	6.500	3.250	1.625	11.375
-	Desarrollo del cultivo de los fréjoles	<u>2.784</u>	<u>3.480</u>	<u>1.736</u>	<u>8.000</u>
1980	Total	136.420	74.880	60.180	271.480

En este cuadro se da una estimación global de las necesidades en materia de nutrientes durante los próximos años y hasta 1980, pero no se indica la forma en que serán consumidos dichos fertilizantes.

Comparando los tonelajes indicados para los años 1974 y 1980, es posible calcular como sigue las tasas de aumento anual medio (tasa compuesta):

- para el nitrógeno, un 19% anual
- para el P₂O₅, un 20% anual
- para el K₂O, un 15% anual

2.4 CONCLUSIONES SOBRE LA ENCUESTA RELATIVA A LOS FERTILIZANTES

Haciendo una síntesis de los datos recogidos relativos a la utilización de fertilizantes en la República Dominicana, se pueden formular las opiniones siguientes:

2.4.1 Desde el punto de vista técnico

Existen ya empresas de mezcla y preparación de fertilizantes importados con capacidad suficiente para satisfacer el mercado nacional, que hasta han podido exportar en 1973 un volumen equivalente a más de un 10% del consumo interior.

Las fórmulas de fertilizantes NPK actualmente comercializadas son o bien importadas directamente o bien fabricadas mezclando algunos fertilizantes simples tales como la urea, el sulfato amónico, el superfosfato triple, el

cloruro o el sulfato de potasio o un fertilizante binario, y el fosfato diamónico (FDA). Estos fertilizantes son a su vez importados en forma de productos acabados para obtener las diversas fórmulas que necesita la agricultura local (unas 50), en las que los elementos nutrientes entran en proporciones variables.

2.4.2 Desde el punto de vista comercial

El volumen de fertilizantes consumidos en 1973 alcanzó un total de 202.932 toneladas métricas, de las cuales 155.900 TM corresponden a fórmulas NPK. Se ha calculado el aumento del consumo durante los próximos seis años, teniendo en cuenta los proyectos de desarrollo agrícola. Esto ha permitido cuantificar las necesidades en materia de nutrientes para 1980:

- 136.000 TM de nitrógeno (un aumento medio del 19% anual)
- 75.000 TM de P_2O_5 (un aumento medio del 20% anual)
- 60.000 TM de K_2O (un aumento medio del 15% anual)

El costo de las importaciones y de la transformación de productos ya acabados, que contienen los elementos nutrientes, parece muy elevado en comparación con los precios internacionales, aun teniendo en cuenta los aumentos que se han producido recientemente. Además, existen en el mercado local demasiadas fórmulas de efectos similares, en las que los elementos nutrientes guardan idéntica proporción aunque con concentraciones diferentes. La fabricación de fertilizantes de fórmulas normalizadas resultaría, sin duda, menos costosa.

2.4.3 Desde el punto de vista económico

La importación de fertilizantes acabados para transformarlos en fórmulas NPK entraña una salida considerable de divisas que repercute sobre los precios agrícolas y, a nivel nacional, sobre la balanza de pagos.

La economía de la República Dominicana pierde el valor agregado que supone la transformación de materias primas en productos acabados, así como el beneficio que resultaría para la industria local de la fabricación de los fertilizantes necesarios para la agricultura.

2.4.4 Recomendaciones

El Gobierno dominicano ha expresado su intención de dar prioridad al desarrollo del sector agrícola y ha firmado ya un acuerdo con el Banco Mundial para la obtención de un crédito de 12 millones de RD\$ con destino a este proyecto. Convendría crear una comisión, adscrita por ejemplo a la Secretaría de Estado de Agricultura, para estudiar más a fondo el problema de los fertilizantes. Sería útil contar con la asistencia de un experto agrícola para estudiar la demanda de las principales regiones agrícolas y cuantificar lo que hará falta de cada fórmula NPK para atender a las necesidades de los cultivos locales.

Convendría, por otra parte, consultar a los principales países exportadores, para conocer los precios de los fertilizantes vendidos en el mercado internacional en el transcurso de los próximos años. Comparando estos precios con los costos de las materias primas (azufre, fosfato) y de los productos elaborados (amoníaco, ácido fosfórico, ácido sulfúrico) se podría calcular el valor agregado en la fabricación de los fertilizantes.

Si a tenor de estas informaciones, los costos resultasen del mismo orden que las previsiones formuladas anteriormente, sería posible construir una fábrica local para satisfacer los objetivos siguientes:

- reducir o estabilizar los precios de costo de los fertilizantes NPK;
- retener en el país los ingresos procedentes de la transformación de los productos importados;
- contribuir a la industrialización de la República Dominicana.

A este fin, pueden considerarse diversas soluciones técnicas.

PARTE III

3. ESTUDIO SOBRE UNA FABRICA DE FERTILIZANTES NPK

El tercer objetivo de esta misión es el estudio de un procedimiento técnico moderno que permita fabricar fertilizantes NPK a precios de costo ventajosos con respecto a las condiciones actuales.

Este procedimiento diferirá del utilizado por las empresas locales que se contentan con mezclar los fertilizantes simples importados para obtener una gran variedad de fórmulas de tipo NPK. Hay que señalar, en efecto, que esta práctica en vigor, pese a las ventajas de su sencillez, presenta varios inconvenientes, y en particular los siguientes:

- la importación de los elementos nutrientes en forma de fertilizantes ya preparados para su utilización directa en la agricultura; lo que obliga a pagarlos a un precio elevado;
- la transformación de estos fertilizantes ya acabados en fertilizantes compuestos NPK; lo cual, al introducir una operación de fabricación suplementaria, aumenta su precio de costo;
- la mezcla de productos de diversa procedencia con características distintas en cuanto a densidad y granulometría; lo cual impide obtener fertilizantes perfectamente homogéneos;
- el transporte, las operaciones de manutención y el esparcimiento de estos fertilizantes heterogéneos, que ocasionan cierta disgregación entre sus ingredientes básicos, y, por consiguiente, una mala repartición de los mismos entre los cultivos, lo cual reduce su eficacia.

El sistema de fabricación propuesto debe ser tal que permita evitar estos inconvenientes y proporcionar fertilizantes NPK de mejor calidad y más económicos. El estudio de una fábrica adaptada a las necesidades de la República Dominicana debe permitir cuantificar las inversiones necesarias, calcular los gastos operacionales, evaluar los precios de costo de los nutrientes y la rentabilidad de un proyecto de ese tipo.

3.1 MATERIAS BASICAS PARA LA PRODUCCION DE FERTILIZANTES NPK

3.1.1 Método de fabricación propuesto

En lugar de emplear como materias básicas fertilizantes simples que contienen nitrógeno o P_2O_5 en forma de sales sólidas, el procedimiento de fabricación propuesto utiliza los insumos básicos que han servido para fabricar esos mismos fertilizantes simples. Estos insumos, que se presentan en forma líquida, contienen disueltos los elementos nutrientes arriba mencionados.

En el transcurso de la fabricación de las distintas fórmulas NPK, los nutrientes disueltos vuelven a cristalizar con la sal de potasio en forma de un fertilizante complejo y granulado. Cada gránulo contiene, por lo tanto, una misma proporción de los distintos elementos constitutivos y el producto final resulta perfectamente homogéneo.

3.1.2 Elección de los insumos básicos

Las fórmulas utilizadas en la agricultura de la República Dominicana contienen proporciones muy variables de los tres elementos básicos: nitrógeno, P_2O_5 y K_2O . Sin embargo, a fin de reducir los gastos de transporte, de almacenamiento y de manutención, los agricultores prefieren emplear fórmulas concentradas. Por esta razón, el fabricante debe elegir sus insumos básicos con arreglo a ciertos criterios:

- su riqueza por unidad de peso;
- la competitividad de su precio;
- su facilidad de transporte y de manutención;
- su idoneidad para el procedimiento de fabricación de fórmulas NPK utilizado.

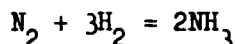
Estos criterios sirven de orientación para la elección de los insumos básicos más apropiados para la producción local de fertilizantes.

3.1.2.1 Abastecimiento de nitrógeno

El producto nitrogenado que responde mejor a los criterios definidos anteriormente y de empleo más generalizado en la industria de los fertilizantes es, sin duda alguna, el amoníaco anhidro NH_3 con un 82,3% de nitrógeno.

Se han calculado las necesidades de consumo para 1980 en 136.000 toneladas métricas de nitrógeno, pero parte de este tonelaje será probablemente utilizado en forma de fertilizantes simples importados de empleo directo. En el supuesto de que se utilice en esta forma la misma proporción que en el año 1973 (es decir 13.645 TM sobre un total de 41.640 TM, en 1980 el consumo de nitrógeno en forma de fertilizantes NPK en la República Dominicana se reduciría a 90.000 TM. Esto correspondería al empleo de 120.000 TM de amoníaco, habida cuenta de los rendimientos de fabricación, a condición de que la nueva fábrica sea capaz de producir todas las fórmulas previstas.

Se obtiene el amoníaco por síntesis en presencia de un catalizador, al operarse la siguiente reacción:



El nitrógeno proviene del aire atmosférico mientras que el hidrógeno se extrae del gas natural o de subproductos del petróleo disponibles normalmente en las proximidades de la fábrica. En el caso de la República Dominicana, que no dispone de gas natural, no parece rentable fabricar el amoníaco. Efectivamente, aunque fuese posible utilizar la nafta procedente de una refinería local, el procedimiento de fabricación a partir de este producto sería mucho más costoso (y con mayor razón si hubiese que importarlo); tanto más cuanto que el nivel de producción estaría limitado a las 360 TM diarias de amoníaco que bastarían para satisfacer las necesidades locales. Con respecto a las grandes fábricas actuales, cuya producción sobrepasa las 1.000 TM al día y que se encuentran en condiciones favorables en cuanto al suministro de energía y de materias primas, el precio de costo sería unas cuatro a cinco veces más elevado. Será, pues, preferible importar el amoníaco.

Este producto es gaseoso a la temperatura ordinaria y a la presión atmosférica, y para almacenarlo y transportarlo fácilmente, se le licua por uno de los procedimientos siguientes:

- sometiéndolo, a la temperatura ambiente, a una presión de entre 12 y 15 atmósferas;
- reduciendo su temperatura a -33°C (temperatura de licuación del amoníaco a la presión atmosférica normal);
- buscando una combinación intermedia de la temperatura y presión de licuación arriba indicadas.

El empleo de temperaturas bajas resulta preferible para las instalaciones de gran capacidad y existen buques especialmente equipados para efectuar el transporte. La manutención del amoniaco líquido se efectúa por bombeo en los puertos de carga y descarga.

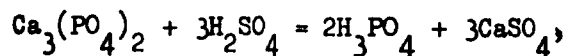
Entre las regiones productoras hay que citar las siguientes: América del Norte, Europa, el Oriente Medio y, en particular, Venezuela y la Isla de Trinidad, que se encuentran a poca distancia de la República Dominicana.

3.1.2.2 Abastecimiento de P_2O_5

El mejor insumo fosfatado utilizado para la fabricación de los fertilizantes NPK, y que responde a los criterios arriba enunciados, es el ácido fosfórico en forma de solución acuosa concentrada.

En la hipótesis de que todo el P_2O_5 previsto para las necesidades agrícolas de 1980 provenga de la nueva fábrica y sea aplicado en forma de fertilizante NPK, haría falta disponer de 78.000 TM de este elemento nutriente para tener en cuenta los rendimientos de fabricación y las pérdidas por manutención.

Para satisfacer las necesidades previstas en la República Dominicana para 1980, bastaría una instalación con una capacidad de 273 TM de P_2O_5 al día, pero las instalaciones modernas actuales para ser rentables, deben sobrepasar una producción de 500 TM al día. Además, haría falta poder disponer del ácido sulfúrico necesario para atacar al fosfato tricálcico y obtener la siguiente reacción:



lo que obligaría a construir una fábrica de ácido sulfúrico o a importar este producto.

El precio de costo del ácido fosfórico fabricado localmente a partir de fosfato y de azufre importados puede calcularse en función de la capacidad elegida para la fábrica de fertilizantes NPK; pero hay que señalar que existe una nueva oferta procedente de exportadores tales como México, Estados Unidos de América, Europa, Túnez y pronto Marruecos, que permitiría obtener este ácido y limitar al mismo tiempo las inversiones. Esta solución será estudiada con carácter prioritario.

El ácido fosfórico se suele comercializar en forma de solución acuosa con una concentración de 50% a 54% de P_2O_5 ; a una concentración de un 52%, la República Dominicana necesitaría en 1980 unas 150.000 TM para fabricar todas las fórmulas NPK previstas. El transporte se efectúa en buques cisterna especializados y el producto se carga y descarga por bombeo.

En el caso de que se escogiese la solución de fabricar el ácido fosfórico y el ácido sulfúrico sobre el terreno, la instalación para la fabricación de fertilizantes se convertiría en un verdadero complejo industrial que funcionaría a partir de materias primas importadas.

3.1.2.3 Abastecimiento de ácido sulfúrico

Las previsiones de consumo para 1980 corresponden a 90.000 TM de nitrógeno y 75.000 TM de P_2O_5 . La reacción química entre el amoníaco y el ácido fosfórico permite obtener fosfato amónico, producto en el que la relación $\frac{\text{Nitrógeno}}{P_2O_5}$ puede variar de acuerdo con las proporciones de los elementos constitutivos. Pero en la industria, la sal estable de mayor concentración de nitrógeno es el fosfato diamónico (FDA) con una composición de 18-46-0.

En el supuesto de que todo el ácido fosfórico utilizado en la nueva fábrica sirviese para neutralizar el amoníaco en la proporción del FDA, sólo se obtendrían $\frac{75.000 \times 18}{46} = 29.300$ TM de nitrógeno.

La diferencia, es decir: $90.000 - 29.300 = 60.700$ TM de nitrógeno debería obtenerse por algún otro procedimiento.

La neutralización del amoníaco por el ácido sulfúrico permite obtener el sulfato amónico que, respecto de algunos cultivos, tiene la ventaja adicional de contener azufre. La formulación comercial de esta sal tiene un contenido de nitrógeno de un 21%, por lo cual, para obtener 60.700 TM de nitrógeno, habría que emplear 220.000 TM de ácido sulfúrico de calidad comercial, con un 97% de H_2SO_4 monohidratado.

La fabricación eventual de este ácido en la República Dominicana requeriría una capacidad de producción de 666 TM al día, mientras que las instalaciones modernas actuales, para ser rentables, deben tener una capacidad de 1.500 TM al día. Sin embargo, esta solución será estudiada al mismo tiempo que se estudie

la producción del ácido fosfórico. Pero resulta igualmente posible importar el ácido sulfúrico de numerosos países industrializados, transportarlo en buques cisterna y efectuar su manutención por bombeo en los puertos de carga y de descarga.

- Nota: En las fábricas de fertilizantes que se encuentran en las cercanías de una fábrica de amoníaco, se puede fabricar el ácido nítrico para neutralizar el amoníaco en forma de nitrato cuya concentración de nitrógeno puede sobrepasar el 34%. Este producto es interesante para obtener fórmulas concentradas, pero es bastante inestable y su manipulación y almacenamiento ofrece ciertos riesgos (incendio y explosión). Por ello, parece preferible emplear el ácido sulfúrico, que es fácil de transportar y de obtener en el mercado internacional. Conviene además señalar que el nitrato amónico no se utiliza actualmente en la República Dominicana.

3.1.2.4 Abastecimiento de K_2O

En el procedimiento propuesto para la fabricación de fertilizantes NPK, el potasio entra como un producto adicional que no interviene en la reacción química. Los insumos básicos siguen siendo pues, como actualmente, el cloruro o el sulfato con una riqueza de un 60% y de un 50% de K_2O respectivamente.

El cloruro se comercializa en forma cristalizada en fábricas situadas casi siempre en las proximidades de yacimientos mineros. El sulfato se obtiene haciendo reaccionar el ácido sulfúrico con el cloruro o con el mineral.

Para el consumo previsto en la República Dominicana en 1980, habría que importar alrededor de 100.000 TM de sales de potasio, en su gran mayoría de cloruro.

Existen yacimientos de potasio en Canadá, Alemania, Francia, Polonia, España y en diversos países de Africa. Este producto lo comercializan empresas internacionales.

3.1.3 Diversas materias para la fabricación de fertilizantes NPK

3.1.3.1 Antiaglutinantes

Algunas fórmulas NPK, en especial aquellas con mayor concentración de nitrógeno o K_2O , tienen una perniciosa tendencia a aglutinarse durante el período de almacenamiento, sobre todo cuando éste es prolongado. Para evitar este inconveniente, es preciso añadir en el transcurso de la fabricación un producto "antiaglutinante" que impida la aglomeración de los gránulos.

El consumo de estos productos es pequeño y el problema habrá de ser estudiado en función de las necesidades.

3.1.3.2 Ingredientes inertes

Para ajustar la composición de algunas fórmulas, suele añadirse un producto inerte, es decir, que no reacciona con los elementos nutrientes. Estos productos constituyen un peso muerto que ha de ser objeto de manutención y transporte y, por lo general, es preferible evitar su empleo, si es preciso, aumentando ligeramente la concentración de fertilizante comercializado.

El problema habrá de ser estudiado para cada caso en particular, con los usuarios.

3.1.3.3 Oligoelementos

Algunos cultivos reportan rendimientos más altos en presencia de diversos productos (boro, magnesio ...). Su adición puede hacerse en el transcurso de la fabricación de los fertilizantes NPK con un equipo anexo apropiado que puede preverse por adelantado.

3.1.3.4 Insecticidas

Resulta en ocasiones ventajoso esparcir los insecticidas (landane, pelitre ...) al mismo tiempo que los fertilizantes. Como en el caso anterior, estos productos pueden introducirse en el fertilizante en el transcurso de su fabricación.

3.1.4 Capacidad de producción de fertilizantes NPK

La cantidad de FDA introducida en las fórmulas de fertilizantes NPK para aportar el $P_{25}O_5$ en su forma más concentrada, será, de acuerdo con las previsiones para el año 1980, de: $\frac{75.000 \times 100}{46} = 163.000$ TM, con un contenido de 29.300 TM de nitrógeno.

El tonalaje teórico de sulfato amónico incorporado a las fórmulas NPK para completar las necesidades de nitrógeno (con una dosis de un 21%) sería, por consiguiente, de $\frac{60.700 \times 100}{21} = 289.000$ TM.

La cantidad de sales de potasio, en forma de cloruro con un 60% de K_2O , que corresponde a las necesidades previstas, sería de 100.000 TM.

El tonelaje total de fórmulas NPK correspondiente a las necesidades previstas para 1980 sería de: $163.000 + 289.000 + 100.000 = 552.000$ TM.

Una fábrica con una capacidad de este orden exige piezas de equipo de grandes dimensiones. Para ser rentable, debe funcionar las 24 horas del día con un mínimo de interrupciones en su funcionamiento, ya que éstas elevarían los precios de costo. Esta última circunstancia limitaría obligatoriamente el número de fórmulas fabricadas en tales instalaciones, a fin de producir sin interrupción un gran tonelaje de cada una de las fórmulas previstas. Esta es la razón por la que la nueva instalación no podría fabricar fórmulas especiales, de poca demanda, que requirieran un equilibrio particular de elementos nutrientes (por ejemplo, muy ricas en nitrógeno o en sulfato de potasio). Estas fórmulas serían importadas directamente o seguirían siendo fabricadas por las empresas que existen en la actualidad. Estas últimas, por otra parte, podrían utilizar como materias primas las fórmulas procedentes de la nueva fábrica para mezclarlas con fertilizantes simples, lo cual permitiría establecer una colaboración entre los diversos productores para satisfacer la demanda del mercado local de fertilizantes.

En espera de un estudio más a fondo de este tema, y calculando que aproximadamente un 30% del mercado de fórmulas NPK previsto para 1980 no podrá ser obtenido por la nueva fábrica, la capacidad de producción a instalar quedaría limitada a 400.000 TM al año. Para un funcionamiento efectivo de 8.000 horas, la tasa de producción media habría de ser de 50 TM por hora.

Esta capacidad sigue sobrepasando la capacidad considerada normal para este tipo de instalaciones y, para conseguir una mayor flexibilidad en cuanto a su utilización, sería preferible establecer dos fábricas con una capacidad de 25 TM por hora cada una, lo que permitiría producir simultáneamente dos fórmulas diferentes y utilizar bienes de equipo normalizados.

Por otra parte, si se adopta esta solución, la construcción de la segunda fábrica podría ser demorada algunos años a fin de repartir las inversiones, adaptar la producción al desarrollo del mercado, limitar los riesgos financieros e incorporar a la segunda fábrica la experiencia adquirida en la primera.

3.2 PROCESO DE FABRICACION DE FERTILIZANTES NPK

Existen numerosos procesos para fabricar fertilizantes NPK granulados que difieren en cuanto a las operaciones técnicas y los bienes de equipo utilizados. Pero, cualquiera que sea la solución que se dé a los problemas técnicos, estos procesos abarcan tres fases:

- neutralización del amoníaco;
- adición de las sales de potasio;
- granulación del producto fabricado.

3.2.1 Neutralización del amoníaco

El procedimiento para fabricar fórmulas que contengan nitrógeno y P_2O_5 consiste en combinar químicamente el amoníaco con el ácido fosfórico para formar una sal de fosfato amónico disuelta en agua. La operación se efectúa en uno o varios reactores que contienen ácido fosfórico en solución acuosa en el momento de introducirse el amoníaco. La reacción es inmediata en este medio, que es agitado fuertemente.

La cantidad de amoníaco fijada por el ácido fosfórico viene determinada por una relación $\frac{\text{Nitrógeno}}{P_2O_5}$ inferior a 0,4. No es posible aumentar esta proporción ya que la sal pierde su estabilidad y desprende espontáneamente el nitrógeno fijado en exceso. Para sobrepasar este límite, hay que introducir ácido sulfúrico en el reactor a fin de fijar el amoníaco en cantidades bien definidas. Se forma así una sal compleja (sulfofosfato amónico SFA) cuya composición varía según las proporciones respectivas de los dos ácidos. Con un ligero exceso de amoníaco, la dosis de nitrógeno queda comprendida entre un 18% y un 21% y la de P_2O_5 puede variar de 0 (en el caso del sulfato amónico) a 46% aproximadamente (en el caso del FDA). Un ejemplo permite ilustrar estas reacciones químicas:

- 100 kg de ácido fosfórico (H_3PO_4) con un 52% de P_2O_5 pueden neutralizar 25,5 kg de amoníaco (NH_3) para formar alrededor de 110 kg de FDA 18-46-0;
- 175 kg de ácido sulfúrico con un 97% de H_2SO_4 pueden neutralizar 61 kg de amoníaco para formar alrededor de 226 kg de sulfato amónico con un 21% de nitrógeno;

- utilizando simultáneamente 100 kg de ácido fosfórico con un 52% de P_2O_5 y 175 kg de ácido sulfúrico con un 97% de H_2SO_4 para neutralizar 86,5 kg de amoníaco, la fórmula de los 336 kg⁴ del sulfofosfato amónico (SFA) obtenido será 20-15-0.

Conviene señalar que las cifras indicadas en el ejemplo arriba mencionado son aproximativas, ya que hay que tener en cuenta la humedad y las impurezas contenidas en los insumos básicos y en los productos acabados, así como los rendimientos de fabricación que dependen del proceso utilizado.

- Nota: También se puede enriquecer en nitrógeno el producto final mezclándolo con sales de nitrato amónico o de urea. En este caso, la diferencia con el proceso de fabricación directa descrito para la nueva instalación consistiría en la utilización de productos ya acabados, como se hace actualmente en las instalaciones de mezcla.

La neutralización del amoníaco durante la fabricación de los fertilizantes NPK constituye la característica fundamental del proceso propuesto.

3.2.2 Adición de las sales de potasio

La fabricación de fertilizantes NPK por el método directo no difiere sensiblemente de los procedimientos de mezcla en lo que respecta a la adición de las sales de potasio, cloruro o sulfato. Estos insumos se sacan del almacén en forma sólida para ser introducidos en el circuito de fabricación.

Se introducen simultáneamente la sal de potasio cristalizada y la solución de sulfofosfato amónico en una mezcladora o en una granuladora en donde se mezclan íntimamente para formar una masa homogénea. Esta masa contiene, pues, los tres nutrientes en cantidades bien definidas según cual sea el volumen respectivo de cada insumo básico.

Volviendo al ejemplo anterior:

- 84 kg de cloruro de potasio con un 60% de K_2O , sumados a los 336 kg de la formulación 20-15-0 en solución, resultante de la neutralización del amoníaco, permiten obtener alrededor de 420 kg de fertilizante NPK de fórmula 16-12-12;
- la adición de 84 kg de sulfato de potasio con un 50% de K_2O daría, en las mismas condiciones, 420 kg de fertilizante NPK de fórmula 16-12-10.

Es preciso recordar que la humedad y las impurezas contenidas en los insumos básicos pueden modificar ligeramente los resultados aquí reseñados.

3.2.3 Granulación de los fertilizantes NPK

El circuito de granulación es totalmente clásico y prácticamente idéntico en la mayoría de las instalaciones, si se exceptúan los procedimientos de "prilling", aún poco difundidos.

El producto húmedo que sale de la mezcladora o de la granuladora se vierte en un secador destinado a eliminar el exceso de agua expulsándolo a la atmósfera. El producto ya seco se vierte sobre tamices calibrados con los que se seleccionan los gránulos de dimensiones comerciales.

3.2.4 Adición de otros productos

A la salida del circuito de granulación, es posible ajustar la composición del fertilizante añadiéndole una materia inerte o tratándolo con un producto antiaglutinante. Los fertilizantes NPK pueden, también, complementarse con la adición de oligoelementos o de insecticidas antes de ser almacenados.

Si fuera preciso modificar las proporciones de alguno de los elementos nutrientes (nitrógeno, P_2O_5 o K_2O) para ajustarse a la fórmula estandar fabricada en las nuevas instalaciones, bastaría con mezclarla con un fertilizante simple elegido a propósito, antes del ensacado final del producto.

3.2.5 Instalaciones y equipo

3.2.5.1 Recepción y almacenamiento de las materias básicas

Si se limita la capacidad de producción a un volumen suficiente para satisfacer un 70% de las necesidades previstas para 1980, encargándose las empresas existentes de la fabricación del 30% restante, las importaciones de materias básicas necesarias para la nueva fábrica quedarían reducidas a las cifras siguientes:

- amoníaco: $120.000 \times 0,7 = 84.000$ TM al año;
- ácido fosfórico con un 52% de P_2O_5 : $150.000 \times 0,7 = 105.000$ TM al año;
- ácido sulfúrico con un 97% de H_2SO_4 : $220.000 \times 0,7 = 154.000$ TM al año;
- cloruro de potasio con un 60% de K_2O : $100.000 \times 0,7 = 70.000$ TM al año.

Habida cuenta de las posibles demoras que pudieran producirse en el transporte por mar de los insumos básicos, parece indispensable mantener en la fábrica una reserva mínima para dos semanas de funcionamiento normal, con lo que se evitaría el riesgo de tener que interrumpir la producción. Además, para poder aprovechar las tarifas más ventajosas del transporte por mar, debe preverse una capacidad de almacenamiento de hasta 10.000 TM disponible en el momento de la descarga de los buques. Estas condiciones permiten definir cuál debería ser la capacidad mínima de almacenamiento para cada producto.

La construcción de una fábrica en el recinto de un puerto ya existente, con capacidad para buques de 10.000 TM de carga útil, parece ser la solución más interesante. Lo mismo cabe decir de la construcción de la fábrica como parte de un proyecto de mejoramiento de una zona portuaria (por ejemplo, en Haína). Pero si se ubica la fábrica a una cierta distancia del muelle de descarga, se planteará el problema del transporte de las materias básicas hasta el lugar de su utilización.

- Amoníaco: habida cuenta de las observaciones precedentes, habría que prever una capacidad mínima de almacenamiento de:

$$\frac{84.000}{26} + 10.000 = 13.230 \text{ TM}$$

Como el amoníaco se transporta en forma líquida, es posible descargarlo por bombeo a un ritmo de 400 TM por hora, por lo que haría falta disponer de depósitos de almacenamiento conectados por una tubería con el muelle de atraque de los buques de transporte. Además, por razones de seguridad, no es conveniente almacenar todo el amoníaco en un solo depósito.

Una buena solución sería la de instalar tres depósitos de 4.000 TM útiles de amoníaco (alrededor de 5.000 m³ cada uno) en las proximidades del muelle de descarga y un depósito producción de 1.600 TM útiles de capacidad (alrededor de 2.000 m³) en las proximidades de la fábrica. La instalación portuaria incluiría el equipo de refrigeración necesario para mantener el amoníaco líquido a una temperatura de -33°C, a la presión atmosférica. Estaría dotada de tres compresores equipados de cambiadores de calorías, y bastaría con que dos estuviesen en servicio cuando las condiciones ambientales fuesen más

desfavorables, quedando uno de ellos en reserva permanente. El depósito de producción estaría calculado para almacenar el amoniaco líquido a la temperatura ambiente, a una presión de entre 12 y 15 atmósferas, listo para ser utilizado directamente en la fabricación.

- Acido fosfórico: tomando como base de cálculo la ya utilizada en el caso anterior, la capacidad mínima de almacenamiento debería ser de:

$$\frac{105.000}{26} + 10.000 = 14.040 \text{ TM}$$

El ácido fosfórico con un 52% de P_2O_5 tiene una densidad de alrededor de 1,6 y probablemente habría que instalar seis depósitos de 2.400 TM útiles (alrededor de 1.500 m^3 cada uno) cuatro de los cuales estarían conectados por medio de una tubería al muelle de descarga de los buque y dos estarían situados en las proximidades de las instalaciones de fabricación. Estos depósitos deberían tener un revestimiento anticorrosivo apropiado (plomo, caucho sintético o un material plástico). Estarían equipados con una instalación auxiliar para poder limpiar los sedimentos eventuales.

- Acido sulfúrico: adoptando la misma base de cálculo que para los dos casos anteriores, la capacidad mínima de almacenamiento debería ser de:

$$\frac{154.000}{26} + 10.000 = 15.920 \text{ TM}$$

El ácido sulfúrico con un 97% de H_2SO_4 tiene una densidad de alrededor de 1,8. Una buena distribución del almacenamiento consistiría en instalar tres depósitos de 5.400 TM útiles (alrededor de 3.000 m^3 cada uno) de los que al menos dos estarían conectados por medio de tubos al muelle de descarga de los buques y uno estaría ubicado en las proximidades de las instalaciones de fabricación.

- Cloruro de potasio: partiendo de la hipótesis de que el sulfato de potasio probablemente no se utilizaría en la nueva fábrica porque su consumo es demasiado reducido, y adoptando las mismas bases de cálculo que en los casos anteriores, la capacidad mínima de almacenamiento de cloruro de potasio sería de:

$$\frac{70.000}{26} + 10.000 = 12.700 \text{ TM}$$

A diferencia de los insumos anteriores, este es un producto sólido cuya manutención se hace por medios mecánicos. Más aún, este producto es soluble en agua y debe estar protegido de la intemperie. La solución normal consistiría en instalar un galpón de almacenamiento de unas 13.000 TM de capacidad (es decir, una superficie aproximada de 3.000 m²). La localización de este edificio y de los medios de manutención tendría que decidirse en función del espacio disponible en el puerto o en el recinto de la fábrica.

3.2.5.2 Transporte de los insumos básicos desde el puerto hasta la fábrica

En las diversas soluciones propuestas para el almacenamiento de los insumos básicos, no se ha precisado la distancia entre el puerto y la fábrica por que el problema de la localización de esta última exigiría un estudio especial que supera el marco del presente informe. Basta señalar que existen tres posibilidades, según que la fábrica esté:

- en las inmediaciones del puerto;
- a poca distancia del puerto;
- alejada del puerto.

- Si la fábrica se construyese en las inmediaciones del puerto, se podría adoptar la solución más favorable que es la de almacenar los insumos básicos en las proximidades tanto del muelle de descarga del puerto como de las instalaciones de fabricación.

La descarga de los insumos líquidos (amoníaco, ácido fosfórico y ácido sulfúrico) se efectuaría utilizando las bombas de los buques y las tuberías instalados con esta finalidad en el puerto. Sólo se plantearía el problema de la toma del amoníaco de los depósitos de almacenamiento refrigerados, ya que tendría que ser calentado en un cambiador de temperatura y sometido a presión para traspasarlo al depósito de producción por medio de bombas con capacidad suficiente (dos de 25 m³/hora, quedando una de ellas en reserva) para tener un cierto margen de seguridad.

Para descargar la potasa, bastaría con disponer de dos grúas destinadas a alimentar unas tolvas que a su vez alimentarían cintas transportadoras con una capacidad de 250 TM por hora para llevar el producto hasta el galpón de almacenamiento. Esto permitiría, teóricamente, descargar 10.000 TM de potasa de un buque en 40 horas, con lo que se reduciría el período de permanencia del buque en el puerto.

- Si la fábrica se construyese a poca distancia del puerto y si, por consiguiente, los depósitos para insumos líquidos situados en las proximidades del muelle de descarga estuviesen separados por unos cuantos centenares de metros de las instalaciones de fabricación, se plantearía un problema de enlace.

Hay que suponer además que el personal de las instalaciones portuarias normalmente no trabaja de noche ni los días feriados, durante los cuales se limita a efectuar una vigilancia de seguridad (lo que daría un cierto margen para casos de necesidad). Ello implicaría la adopción de las modificaciones siguientes:

- para el amoniaco, bastaría con aumentar la capacidad de las bombas de trasvase (por ejemplo, a $40 \text{ m}^3/\text{hora}$) para tomar en cuenta un horario de trabajo más reducido.
- para el ácido fosfórico habría que instalar igualmente dos bombas de trasvase (una de ellas de reserva) con una capacidad de $25 \text{ m}^3/\text{hora}$ cada una, para alimentar los depósitos de producción por medio de tuberías de algún material plástico.
- para el ácido sulfúrico habría que instalar también dos bombas (una de ellas de reserva) con una capacidad de $30 \text{ m}^3/\text{hora}$ cada una, para alimentar el depósito de producción por medio de una tubería de hierro fundido.
- para el cloruro de potasio, en la hipótesis de que el galpón de almacenamiento estuviese situado cerca de las instalaciones de fabricación, el transporte desde el muelle de descarga dependería de la posibilidad de instalar cintas transportadoras y del costo de éstas en relación con el costo del transporte en camiones. En efecto, para transportar 70.000 TM al año desde el puerto hasta la fábrica (es decir 7 cargas de 10.000 TM) sería posible alquilar camiones de una empresa de transportes, lo cual probablemente resultaría más económico que construir una instalación permanente que sólo se utilizaría 280 horas al año ($250 \text{ TM}/\text{hora}$). Una instalación de este tipo requeriría una inversión considerable.
- Si la fábrica estuviera situada lejos del puerto, a unos cuantos kilómetros de los depósitos de insumos líquidos instalados en las proximidades del muelle de descarga, quizá no fuera posible efectuar el enlace por medio de tuberías. En este caso, todo el transporte habría de efectuarse en camiones cisterna especialmente equipados para cada producto. El número de vehículos dependería de la duración del viaje entre el aeropuerto y la fábrica, incluido el tiempo necesario para la carga y descarga de los camiones.

A título de ejemplo: en la hipótesis de que el equipo de manutención del puerto trabajase 300 días al año, los tonelajes diarios que habrían de transportarse con camiones de 20 TM de carga útil serían, por término medio:

- para el amoniaco: 280 TM, o sea 14 viajes de ida y vuelta;
- para el ácido fosfórico: 350 TM, o sea 18 viajes de ida y vuelta;
- para el ácido sulfúrico: 513 TM, o sea 26 viajes de ida y vuelta.

Si a ello se suman los camiones necesarios para el transporte del cloruro de potasio (es decir, 500 viajes de ida y vuelta para la descarga de un buque con una carga útil de 10.000 TM) nos encontramos con un considerable tráfico por carretera y con una aglomeración de tráfico en el puerto, que hacen que esta solución sea menos satisfactoria que las anteriores.

3.2.5.3 Equipo para la neutralización del amoniaco (figura 7)

Según cual sea el procedimiento utilizado, la instalación constaría de una o varias cubas de reacción.

El caudal de amoniaco, impulsado a presión a partir del depósito de producción, se controla por medio de un caudalímetro magnético ajustado en función de las condiciones de funcionamiento (un promedio de $6,6 \text{ m}^3/\text{hora}$). El amoniaco se descomprime antes de ser introducido en el reactor por medio de tubos sumergidos.

El ácido fosfórico sacado de los depósitos de producción por medio de bombas, se envía a un depósito de circulación. Este depósito alimenta, por medio de bombas, la torre de lavado de vapores, por una parte, y el reactor, por la otra. Se controla el caudal del ácido de producción (un promedio de $4,1 \text{ m}^3/\text{hora}$) por medio de un caudalímetro magnético o de una rueda de álabes.

El ácido sulfúrico que se necesita para la fabricación de algunas fórmulas se saca del depósito de producción por medio de bombas y se introduce en el reactor sin ninguna precaución especial. Se controla su caudal (un promedio de $5,4 \text{ m}^3/\text{hora}$) por medio de un rotámetro magnético o de una rueda de álabes.

El agua del proceso se utiliza para diluir el ácido fosfórico, solubilizar las sales formadas en el transcurso de la reacción (sulfofosfatos amónicos) y obtener una masa fluida en el reactor. Se controla su caudal por medio de un rotámetro. Hay que prever también una inyección de vapor, procedente de una caldera auxiliar, para poder calentar el reactor en el momento del arranque y regular la temperatura de reacción evitando que llegue al punto de ebullición.

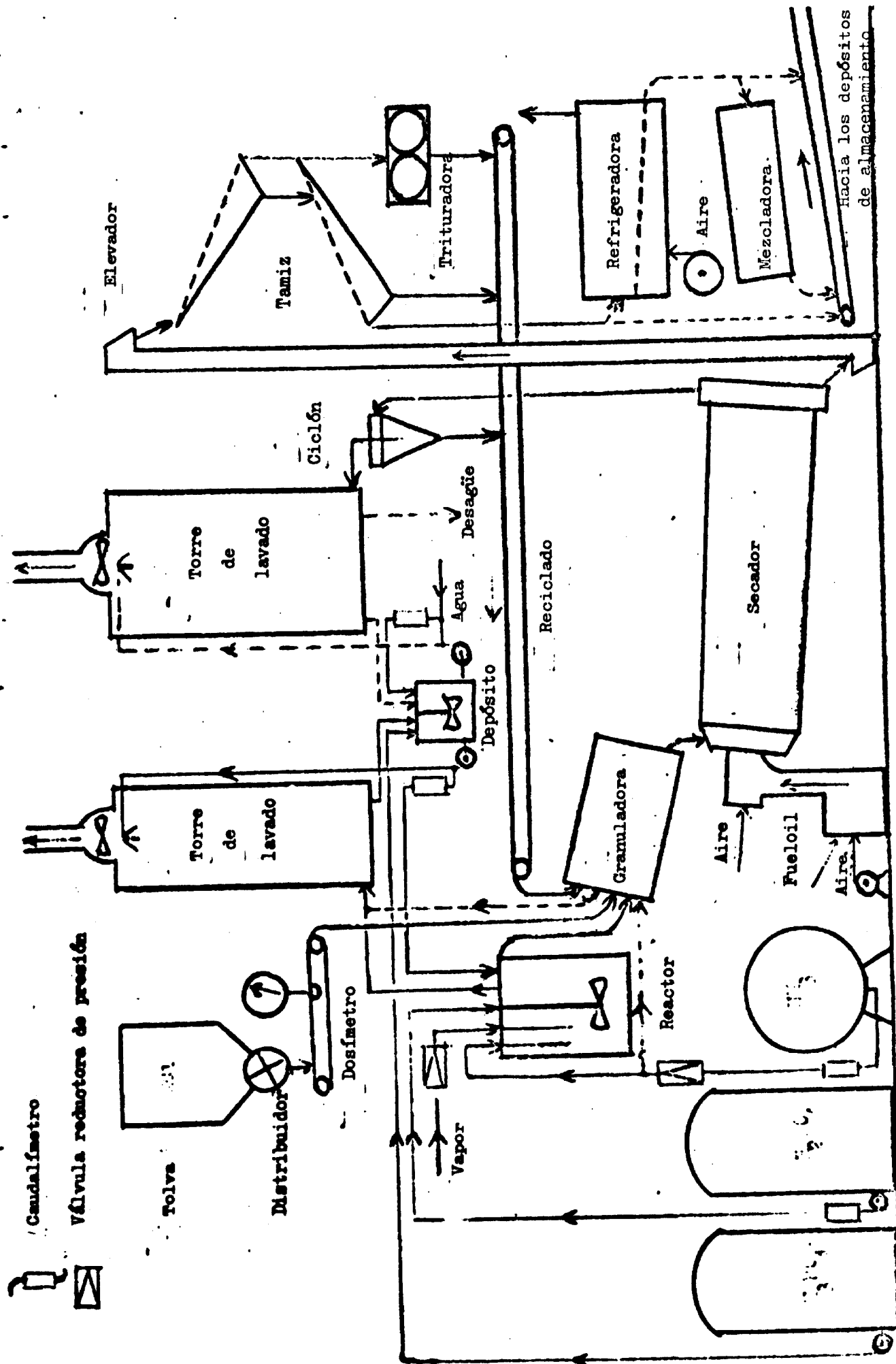


FIGURA 7. PROCESO DE FABRICACION DE FERTILIZANTES NPK

Se agita vigorosamente la combinación química formada por los insumos introducidos en el reactor para asegurar la homogeneidad del producto. Un ventilador aspira los vapores desprendidos a través de una torre de lavado, en la que circula el ácido fosfórico utilizado para la producción, a fin de neutralizar el amoníaco gaseoso que no haya reaccionado y de reintroducirlo en el circuito de fabricación.

A causa del riesgo de corrosión, todo este equipo que está en contacto con los reactivos debe ser de material inoxidable. Las paredes del reactor están protegidas con plomo, ladrillos de carbono o materiales plásticos.

Se analiza constantemente la masa que sale del reactor para comprobar que la relación $\frac{\text{Nitrogeno}}{\text{P}_{25}\text{O}_5}$ se mantiene conforme a las normas previstas.

3.2.5.4 Equipo para la adición de las sales de potasio

El cloruro de potasio, que se extrae del galpón de almacenamiento por medio de una pala cargadora, se vierte sobre una cinta transportadora que lo traslada hacia las tolvas que alimentan las dos plantas, equipada cada una con un indicador de nivel. Teóricamente, el volumen medio de cloruro de potasio consumido en el proceso es de 8,750 TM por hora de funcionamiento para las dos plantas, por lo que hay que prever una capacidad de 20 TM/hora para tener margen suficiente para la fabricación de fórmulas ricas en K_2O .

Se extrae el cloruro de potasio de la tolva intermedia utilizando un distribuidor (sas) cuya velocidad de rotación permite regular el volumen (un promedio de 4,4 TM/hora). Se vierte el producto sobre una cinta pesadora (dosímetro) que permite ajustar la proporción de K_2O de la fórmula que se esté fabricando.

3.2.5.5 Equipo para la granulación de los fertilizantes NPK

La masa procedente del reactor y el cloruro de potasio procedente de la tolva intermedia son introducidos en una granuladora (o en una mezcladora) al mismo tiempo que los finos del reciclado y los polvos del circuito de saneamiento. En algunos procesos, se añade una parte del amoníaco en esta fase para ajustar la dosis de nitrógeno del producto final y los vapores procedentes de su neutralización se envían a la torre de lavado para recuperar el exceso de amoníaco.

Los finos reciclados se embeben en una solución saturada de sales de amoníaco y de potasio, con lo cual se obtiene un producto homogéneo, en forma de bolitas pastosas de diverso tamaño, que se vierte en un secador rotatorio.

La duración de la permanencia en el secador, y la cantidad y la temperatura del aire de secado, se calculan en función del ritmo de producción para evaporar el exceso de agua utilizada para la dilución de la masa. Una cámara de combustión, equipada con un quemador de fueloil (que consume 300 litros/hora por término medio), aporta las calorías necesarias para el secado del producto. Un ventilador evacúa los vapores y los polvos que se van formando en el interior del secador.

El circuito de aire comprende dos ciclones para recuperar estos polvos, que vuelven a reciclarse, y una torre de lavado con agua que permite purificar los gases expulsados a la atmósfera. Este agua de lavado se envía al desagüe. Conviene señalar que se produce siempre una ligera pérdida de amoníaco que se desprende en el secador, y que se puede recuperar para mejorar los rendimientos de fabricación haciendo circular ácido fosfórico, en vez de agua, en la torre de lavado.

A la salida del secador, se suelen recoger con un elevador de cangilones los gránulos de distintos tamaños para distribuirlos sobre dos baterías de tamices sucesivos:

- los tamices "gruesos/medios" separan aquellos gránulos cuyas dimensiones son superiores a las previstas en las normas de fabricación, y los envían hacia máquinas trituradoras que los reducen a polvo antes de enviarlos a la granuladora para su reciclado.
- los tamices "medios/finos" dejan pasar aquellos gránulos cuyas dimensiones son inferiores a las previstas en las normas de fabricación y los polvos formados en el secador que no hayan sido recogidos por el ventilador; todo esto se envía igualmente a la granuladora para su reciclado.

Las baterías de tamices y de trituradoras tienen por lo general el mismo número de aparatos, dispuestos en cadenas de fabricación paralelas y con exceso de capacidad, lo que permite interrumpir el funcionamiento de una de las cadenas para su limpieza, sin tener que interrumpir la producción de toda la planta. Estos aparatos, así como la cinta de reciclado, deben estar conectados a un circuito de saneamiento para evitar la contaminación de la atmósfera de la fábrica.

Los gránulos medicos, de dimensiones intermedias entre las mallas de las dos series de tamices, constituyen el fertilizante NPK. Este suele hacerse pasar por una refrigeradora, constituida por un tambor rotatorio o por un cajón de lecho fluidizado, en la que un ventilador hace circular aire fresco.

Si es necesario, antes de enviar el producto al almacén se lo hace pasar por una mezcladora (tambor rotatorio) para añadir los productos anexos: antiaglutinantes, materiales inertes, oligoelementos o insecticidas, que se preparan en cubas o en tolvas auxiliares. Estos productos se van introduciendo en la mezcladora con un caudal controlado.

El producto listo para su comercialización se envía al lugar de almacenamiento por medio de una cinta transportadora. Los diversos procedimientos de granulación de los fertilizantes se caracterizan por su respectiva tasa de reciclado, que puede variar entre una y seis veces el volumen de producción de la planta.

3.2.5.6 Almacenamiento y expedición de los fertilizantes NPK

La capacidad de almacenamiento debe calcularse en función de las variaciones en el consumo de fertilizantes que se producen a lo largo del año. En efecto, si bien la producción se reparte más o menos por igual a lo largo de los 12 meses (exceptuado el período anual de mantenimiento), la fertilización de las tierras es una actividad estacional. Las posibilidades de almacenamiento de los usuarios suelen ser limitadas y la compra de los fertilizantes suele efectuarse inmediatamente antes de su utilización. Por lo tanto, sería preciso disponer de instalaciones con una capacidad de almacenamiento suficiente. A reserva de los resultados que arroje un estudio más detallado del mercado de fertilizantes, puede considerarse como aceptable una capacidad de almacenamiento de 100.000 TM de productos a granel y de 30.000 TM de productos ensacados, lo que corresponde a unos cuatro meses de producción.

El almacenamiento de los productos a granel se haría en dos galpones de 15.000 m² de superficie cubierta cada uno, que corresponderían a las dos instalaciones de producción. El sistema de transporte del producto desde las dos instalaciones hasta el lugar de almacenamiento se haría de modo que

permitiese alimentar por separado cualquiera de los dos galpones. Por otra parte, éstos estarían divididos en compartimentos para poder aislar las distintas fórmulas fabricadas cuyo número y volumen serían determinados mediante un estudio del mercado.

Los productos, recogidos por procedimientos mecánicos (raspadoras) o por una pala cargadora, serían seguidamente enviados por medio de una cinta transportadora hacia una tolva que alimentaría:

- camiones, para su expedición a granel; o
- una ensacadora, para su expedición en sacos.

El depósito para el almacenamiento de estos sacos consistiría en un galpón de unos 10.000 m² de superficie cubierta, con un patio para la carga de los camiones. Los sacos serían transportados y almacenados por medio de paletas y de carretillas elevadoras. Una cinta transportadora situada a la salida de la ensacadora permitiría cargar los camiones directamente, si fuera preciso.

3.2.5.7 Servicios generales y de otra índole

Las instalaciones anteriormente descritas incluyen solamente las unidades de almacenamiento y de fabricación. Habría que prever igualmente el suministro de energía eléctrica, el laboratorio de control, el taller de mantenimiento, el almacén de insumos y piezas de recambio, las oficinas de la administración, el servicio de manutención y de transporte y el servicio de seguridad.

- La energía eléctrica podría obtenerse efectuando un empalme con la red nacional. Habida cuenta de las instalaciones previstas, así como de los servicios generales de la fábrica, se calculan las necesidades de energía eléctrica en 25 kWh por tonelada de producto fabricado, lo que corresponde a un consumo medio de 1.250 kWh por hora de funcionamiento.

Sería preciso instalar un grupo electrógeno de emergencia de 250 kW para mantener en funcionamiento los aparatos prioritarios o para vaciar los circuitos de fabricación y evitar su obturación por solidificación de la masa, en el supuesto de que se cortase la corriente.

En el caso de que la red nacional, ya muy cargada, no pudiese abastecer a la fábrica en condiciones satisfactorias, habría que instalar una central auxiliar con capacidad suficiente para poder atender a las necesidades de las horas de mayor consumo. Convendría instalar tres generadores de 750 kW, y dejar uno de ellos en reserva.

- El laboratorio debería estar instalado junto a las líneas de producción cuyo funcionamiento hubiera que controlar. En él también se deberían analizar las materias primas y los productos acabados almacenados. Además, podría estar equipado para efectuar análisis de tierras a petición de los clientes. Un edificio especialmente equipado, con una superficie de 300 m², bastaría probablemente para todos estos cometidos.
- El taller de mantenimiento estaría encargado de la supervisión del material mecánico y eléctrico, del recambio de las piezas gastadas y de las reparaciones de rutina. A este fin, habría que prever un edificio de 1.000 m² equipado con las máquinas-herramientas de uso más corriente.

Para las reparaciones grandes, y, en particular, para las revisiones anuales, sería sin duda necesario recurrir a la asistencia técnica de especialistas y a los servicios de personal ajeno a la fábrica.

- El almacén general debería mantener existencias de todos aquellos insumos indispensables para la fabricación de productos que no sean propiamente materias primas: productos químicos, sacos, materiales fungibles tales como aceites, grasas, etc., las piezas de recambio para el servicio de mantenimiento, los materiales de oficina y de laboratorio, etc. A este fin, haría falta un edificio de 1.000 m² de superficie (igual a la del taller de mantenimiento).
- El edificio administrativo comprendería locales para la dirección general de la empresa, la dirección técnica, los servicios de personal, los servicios de contabilidad, los servicios de aprovisionamiento, el servicio comercial, los servicios sociales, las diversas secretarías, los archivos, etc.

Probablemente haría falta una superficie de unos 600 m² para el conjunto de estas oficinas y de sus dependencias, salas de reunión y espacios libres. Si la fábrica estuviese ubicada muy lejos de la ciudad, algunos de estos servicios podrían instalarse en algún inmueble urbano (concretamente, la dirección general y el servicio comercial).

Las instalaciones sociales, vestuarios, enfermería, cantina, etc., deberían disponer asimismo de unos 600 m² de superficie.

- El servicio de manutención y de transporte dispondría de todos los vehículos y aparatos de elevación utilizados en la fábrica y los facilitaría a los demás servicios en función de sus necesidades. Su importancia dependería del número de camiones necesarios y de la localización de la fábrica con respecto al puerto.

Debe también preverse una estación de servicio, con un pequeño taller de mantenimiento especializado.

- El servicio de seguridad tendría a su cargo el material de lucha contra incendios y de primeros auxilios para el caso de accidente. Este servicio supervisaría la aplicación de las normas de seguridad y de higiene. A este fin, debería tener en almacenamiento ropa de trabajo y de protección para distribuirla entre los que hayan de manipular productos químicos peligrosos o nocivos.
- Nota: Los bienes de equipo anexos se han mencionado solamente a título informativo ya que es necesario recordar su existencia en todo proyecto industrial.

3.2.6 Inversiones

Para calcular el costo de las instalaciones, se parte del supuesto de que las plantas se emplazarían a corta distancia del puerto y que contarían con tuberías de enlace para el transporte de materias primas líquidas. Se da por sentado, por otra parte, que el cloruro potásico se transportaría en camiones desde el muelle de desembarco hasta el galpón de almacenamiento, utilizándose para ello los servicios de empresas de transporte externas.

En el caso de que se optase por esta solución intermedia, más costosa que si la fábrica se ubicase junto al puerto, la cuantía de las inversiones necesarias y la cuenta provisional de explotación podrían establecerse como más adelante se indica.

En el caso de que la fábrica se hallara a varios kilómetros del puerto, bastaría con sustituir las bombas y tuberías de transporte de líquidos por un número suficiente de camiones cisterna.

Las inversiones que han de preverse comprenden, pues, lo siguiente:

- la adquisición de los terrenos
- los depósitos de materias primas
- las dos plantas, con piezas de repuesto para el primer año de explotación
- los depósitos de productos acabados
- las instalaciones y los edificios auxiliares.

Los precios indicados para el equipo se han calculado a base de datos relativos a instalaciones análogas ubicadas en países poco industrializados. Ante el continuo aumento de los precios a causa de la inflación mundial, es obvio

que deberán considerarse con prudencia las estimaciones relativas a una fábrica que entraría en funcionamiento, como muy pronto, a principios de 1977. Aunque con muchas reservas, estas estimaciones se proporcionan como base para calcular los precios de costo de los fertilizantes fabricados.

Se supone que las importaciones estarían exentas de derechos aduaneros. Los gastos de transporte y de montaje están comprendidos en el importe indicado para el equipo.

3.2.6.1 Adquisición de los terrenos

Una evaluación sumaria permite calcular en un total de 10.000 m² la superficie que ocuparían las instalaciones de almacenamiento de productos líquidos próximas al muelle de desembarque (excluidas las vías de acceso).

La forma jurídica bajo la cual este terreno se pondría a disposición de la empresa explotadora no puede estudiarse en el presente informe, debiendo negociarse con las autoridades locales las condiciones de la cesión.

Por lo que respecta a la fábrica, comprendidas las instalaciones de producción, los almacenes de materias primas y de productos acabados, el equipo auxiliar y los edificios anexos, su superficie total se estima en 70.000 m², incluidas las vías de circulación.

A fin de poder calcular el importe de las inversiones, el precio del metro cuadrado se estima en 10 RD\$, lo que hace un total de 800.000 RD\$ para el conjunto de los terrenos cedidos a la empresa. Este importe se refleja en el capital (de inversión) y en los gastos financieros. Tiene una importancia secundaria respecto del precio de costo, pues no entra en el cálculo de las amortizaciones.

En el caso de que la fábrica estuviera ubicada junto al puerto, el conjunto de las superficies indicadas constituiría un solo lote de terreno.

3.2.6.2 Costo del almacenamiento de las materias primas

Se indica a continuación el equipo necesario:

En el puerto:

- para el amoniaco: 3 depósitos de 4.000 TM (5.000 m³)
- para el ácido fosfórico: 4 depósitos de 2.400 TM (1.500 m³)
- para el ácido sulfúrico: 2 depósitos de 5.400 TM (3.000 m³)

A esto han de agregarse la instalación de refrigeración de amoniaco, las bombas y tuberías para el traslado de líquidos, el material para limpiar los depósitos de ácido fosfórico, los empalmes de agua y de electricidad, el cercado del terreno, etc.

La cifra global se estima en un total de 2.700.000 RD\$

En la fábrica:

- para el amoniaco: 1 depósito de 1.600 TM (2.000 m³)
- para el ácido fosfórico: 2 depósitos de 2.400 TM (1.500 m³)
- para el ácido sulfúrico: 1 depósito de 5.400 TM (3.000 m³)
- para el cloruro potásico: 1 galpón de 13.000 TM (3.000 m²)

Si a esto se añaden equipo de manutención, bombas, palas cargadoras, transportadoras de cinta e instalaciones anexas, la cifra global estimada asciende a un total de: 1.700.000 RD\$.

3.2.6.3 Costo de las plantas

En este proyecto se han previsto dos plantas, cada una de ellas con una capacidad media de 25 TM por hora, es decir 200.000 TM anuales a base de un funcionamiento efectivo de 8.000 horas. En el supuesto de que el procedimiento elegido permitiese una tasa de reciclaje igual a tres veces la capacidad de producción, cada planta debería contar con el siguiente equipo:

- Un reactor para la neutralización del amoniaco (volumen aproximado: 25 m³) con instalaciones anexas para la alimentación del amoniaco, del ácido sulfúrico y del ácido fosfórico, caldera auxiliar para la inyección de vapor, tuberías y bombas, agitador, instalación de evacuación de gases, etc.
- Una torre con ventilador y depósito de circulación provisto de bombas para el lavado de gases del reactor y del granulador (cantidad de gas: 20.000 m³/hora).
- Una tolva equipada de un distribuidor y un dosímetro para alimentar el granulador con cloruro potásico (capacidad aproximada: 20 TM).

- Un granulador con capacidad para 10 TM/hora, comprendido el reciclado del producto final.
- Un secador giratorio provisto de una cámara de combustión alimentada con fueloil, y de un depósito con su correspondiente ventilador de aire.
- Un circuito de eliminación de polvo dotado de ciclones y de torre de lavado (con agua) equipada con un ventilador (rendimiento: 60.000 m³ de aire/hora). En caso de lavado con ácido fosfórico, el depósito de circulación y la torre de lavado de gases del reactor serían comunes y se precisaría una bomba complementaria.
- Un elevador de cangilones con un rendimiento medio de 100 TM/hora, comprendido el reciclado del producto.
- Una batería de tres tamices grandes/medianos, con una capacidad unitaria media de 50 TM/hora.
- Una batería de tres tamices medianos/finos análogos a los anteriores, pero provistos de mallas más finas (capacidad: 30 a 40 TM/hora).
- Una batería de tres trituradoras para el producto grueso, con un rendimiento unitario aproximado de 10 a 20 TM/hora.
- Una transportadora de cinta para reciclar productos finos hacia el granulador con un rendimiento medio de 75 TM/hora.
- Un refrigerador de lecho fluidizado, con un rendimiento medio de 25 TM/hora, dotado de un ventilador con un rendimiento aproximado de 20.000 m³ de aire/hora.
- Una mezcladora con un rendimiento medio de 25 TM/hora y accesorios correspondientes (cubas, tolvas, aparatos de dosificación).
- Una cinta transportadora para el almacenamiento de los materiales, con un rendimiento medio de 25 TM/hora.
- Un circuito de saneamiento integrado por un ventilador con un rendimiento de 20.000 m³ de aire/hora y dos filtros de polvo.

El costo global de la planta (instalaciones directamente relacionadas con la producción), en condiciones de funcionamiento, comprendidos el montaje, las piezas de repuesto para un año de explotación, el edificio, la sala de control con sus aparatos y las oficinas y anexos, se estima en un total de 4.700.000 RD\$.

El costo de dos plantas construidas al mismo tiempo sería de: 9.000.000 RD\$ teniendo en cuenta las instalaciones comunes y un menor costo de construcción de la segunda planta.

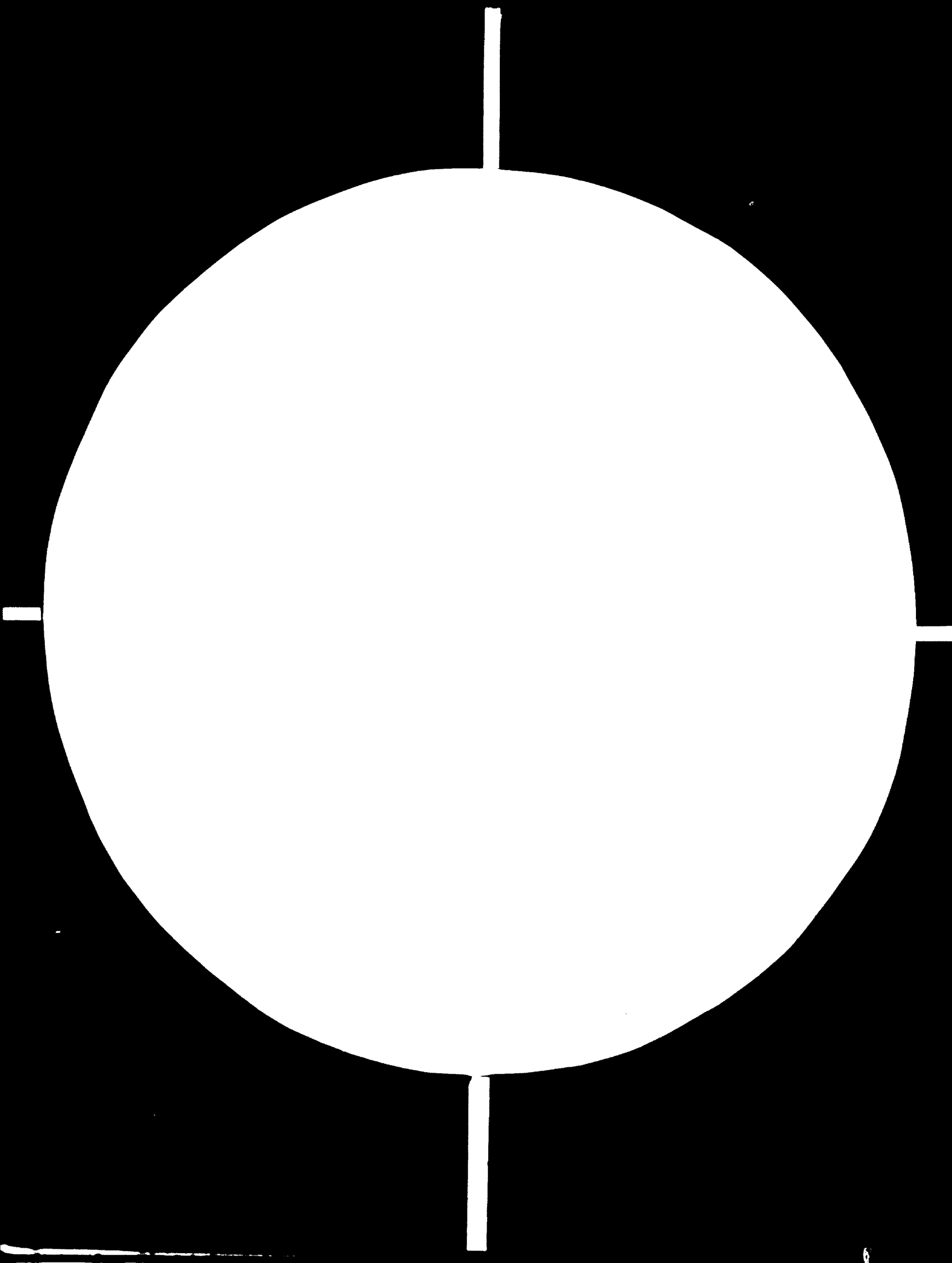
3.2.6.4 Costo de los depósitos para productos acabados

Para una capacidad de almacenamiento correspondiente a cuatro meses de producción, sería preciso construir:

C - 346

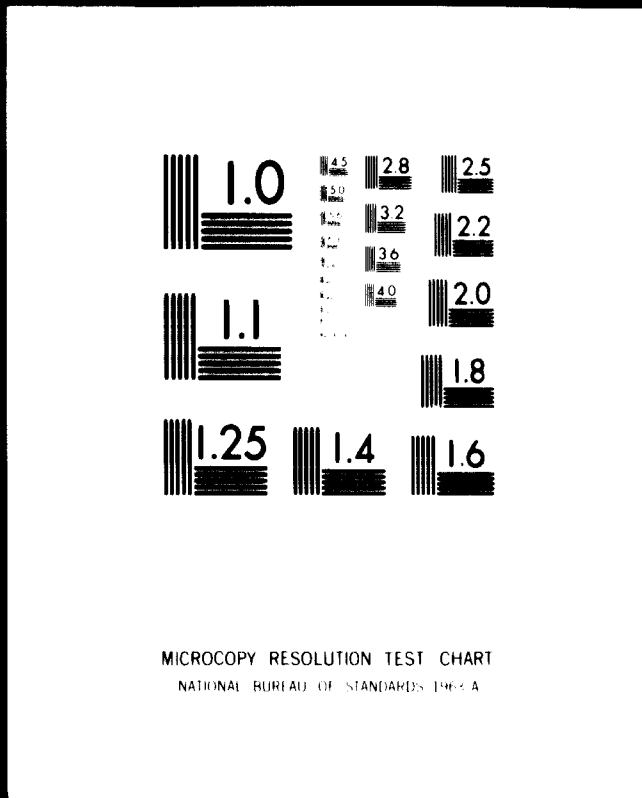


77. 10. 07



2 OF 2

07096



24x

A

- Dos galpones, cada uno con una capacidad de 50.000 TM de productos a granel, con su correspondiente equipo de manutención.
- Un galpón con capacidad para 30.000 TM de productos ensacados, incluidos las instalaciones para poder ensacar 50.000 TM/hora y el equipo de manutención.

El costo del conjunto de locales de almacenamiento con sus anexos correspondientes, para dos plantas, se estima en un total de 4.500.000 RD\$.

3.2.6.5 Costo de los servicios generales y otros costos diversos

Los locales y las instalaciones anexos necesarios para el funcionamiento de la fábrica son los siguientes:

- Cercado del terreno y vías de circulación
- Empalme con la red nacional de electricidad
- Empalme de agua
- Laboratorio con su equipo
- Taller de mantenimiento con su herramental
- Almacén general para las piezas de repuesto, con reservas de materiales fungibles para un año de funcionamiento
- Oficinas para los servicios generales, y edificios sociales
- Instalaciones diversas para los servicios de mantenimiento y de seguridad.

El costo total se estima en 1.600.000 RD\$

3.2.6.6 Recapitulación de las inversiones

Volviendo a las estimaciones precedentes, el costo de las inversiones necesarias para una producción de 400.000 TM anuales (sin incluir los terrenos) sería el siguiente:

	<u>en RD\$</u>
Recepción y almacenamiento de las materias primas en el puerto:	2.700.000
Almacenamiento y manutención de las materias primas en la fábrica:	1.700.000
Dos plantas (instalaciones directamente relacionadas con la producción):	9.000.000
Almacenamiento y expedición de productos acabados:	4.500.000
Servicios generales, manutención, seguridad, diversos:	1.600.000
Imprevistos (aproximadamente un 10%):	<u>2.000.000</u>
Total general	21.500.000

En el caso de que sólo se instalase una planta, podría diferirse la construcción de un depósito de almacenamiento de ácido fosfórico y de la mitad de los depósitos de productos acabados; por otra parte, las instalaciones para servicios generales y anexos tendrían menos importancia. El importe global por unidad se ha estimado en 13.500.000 RD\$.

Si no se pudiera realizar el empalme con la red nacional de energía eléctrica, el costo adicional que supondría la adquisición y el montaje de tres alternadores de 750 kW sería del orden de los 300.000 RD\$ para dos plantas de NPK. Para una sola planta, bastarían dos alternadores, uno de ellos de reserva, a un costo aproximado de 200.000 RD\$.

Si la fábrica se hallase ubicada lejos del puerto, bastaría con sustituir las tuberías y bombas de transporte de líquidos por camiones cisterna, cuyo número y costo no pueden determinarse en la situación actual.

3.2.7 Cuenta de explotación provisional

Debido a la situación actual, y al igual que en el caso de las inversiones, toda previsión relativa a los gastos operacionales de una fábrica que entraría en funcionamiento como muy pronto dentro de dos años, entraña un gran margen de incertidumbre. Sin embargo, es preciso tener una idea, siquiera aproximada, de su rentabilidad, para lo cual se calculará cuál sería el monto del valor agregado a los productos importados que permitiría equilibrar el balance de la empresa. Los precios propuestos más abajo se basan en los costos de las materias primas y en los gastos de personal actuales, aumentados en un 20%.

3.2.7.1 Materias primas, electricidad y combustible

Los precios siguientes se han estimado en relación con productos almacenados en fábrica y para el aprovisionamiento de dos plantas:

- Amoníaco anhidro NH_3 refrigerado a -33°C :
84.000 TM a 225 RD\$/TM = 18.900.000 RD\$/año
- Ácido fosfórico H_3PO_4 en solución al 52% de P_2O_5 :
105.000 TM a 160 RD\$/TM = 16.800.000 RD\$/año
- Ácido sulfúrico al 97% de H_2SO_4 :
154.000 TM a 50 RD\$/TM = 7.700.000 RD\$/año

- Cloruro potásico al 60% de K_2O :
70.000 TM a 75 RD\$/TM = 5.250.000 RD\$/año
- Energía eléctrica a razón de 25 kWh por TM de producción:
25 x 400.000 x 0,06 RD\$/kWh = 600.000 RD\$/año
- Fueloil a razón de 12 litros por TM de producción:
12 x 400.000 x 0,075 RD\$/l = 360.000 RD\$/año

Para una planta con una capacidad de producción de 200.000 TM anuales, estos gastos se reducirían a la mitad.

3.2.7.2 Gastos de personal

Tomando como referencia las fábricas existentes, el personal necesario para la nueva instalación estaría integrado por:

- Supervisores e ingenieros (S - I)
- Jefes de servicio (JS)
- Jefes de equipo o de oficina (JE - JO)
- Obreros calificados, personal técnico, operarios y empleados de categoría superior (OC - ES)
- Obreros y empleados de categoría general (OG - EG)
- Personal diverso, ordenanzas, guardas, trabajadores manuales (PD - TM).

En el caso de una fábrica que funcionase las 24 horas del día durante todo el año, el personal de producción debería estar integrado por cuatro equipos, que trabajarían por rotación. Aparte de un equipo para el arreglo de averías, y de los vigilantes y guardas de seguridad de la instalación, cuyos turnos de trabajo se establecerían con un criterio de igualdad, el resto del personal no trabajaría por la noche ni los días festivos.

Para dos plantas de NPK se ha estimado una plantilla de 276 personas. El importe de los haberes de este personal ascendería a 1.300.000 RD\$/año, cantidad que debería aumentarse en un 30% aproximadamente por concepto de cargas sociales e indemnizaciones diversas, suponiendo todo ello un total de 1.700.000 RD\$/año.

Para una sola planta, la plantilla se reduciría a unas 200 personas, y los gastos totales, incluidas las cargas sociales, serían de: 1.300.000 RD\$/año.

El cuadro siguiente, establecido para dos plantas, da una idea aproximada de la distribución del personal que se considera necesario para el funcionamiento de la instalación:

Distribución del personal	S-I	JS	JE JO	OC ES	OG EG	PD TM	Total
	Supervisión	2	-	-	4	-	
Recepción de materiales	-	-	4	6	6	6	22
Producción	1	1	4	16	28	20	70
Ensayado, expedición	-	-	2	6	8	8	24
Mantenimiento	-	1	8	16	16	16	57
Laboratorio	-	1	2	2	-	6	11
Administración	-	3	4	10	12	10	39
Mantenimiento, seguridad	-	1	4	8	8	12	33
Servicios comerciales	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>14</u>
Total	4	8	31	71	81	81	276

3.2.7.3 Mantenimiento

Los gastos relativos al personal de mantenimiento están comprendidos en los de personal arriba indicados. Pero es preciso agregar el costo de las piezas de repuesto adquiridas durante el año para renovar las existencias, y el de la asistencia técnica prestada por empresas externas. Suponiendo que ello represente un 4% del valor del equipo de fabricación y un 2% del importe de las diversas instalaciones, habrían de preverse:

- 600.000 RD\$ anuales para dos plantas de NPK;
- 400.000 RD\$ anuales por una planta de NPK.

3.2.7.4 Gastos operacionales diversos

Los gastos correspondientes a los materiales fungibles (aceite, grasa, material de escritorio, ropa de trabajo y de protección, etc.), los seguros, los gastos de franqueo y, en general, todo cuanto no se haya incluido ya en otro lugar, se estiman globalmente en:

- 300.000 RD\$ anuales para dos plantas de NPK;
- 200.000 RD\$ para una planta de NPK.

3.2.7.5 Amortización de las instalaciones

Suponiendo un período de amortización de 10 años para las instalaciones de fabricación y de 20 años para las otras inversiones, habrían de preverse en total:

- 1.570.000 RD\$ anuales para dos plantas de NPK;
- 950.000 RD\$ anuales para una planta de NPK.

3.2.7.6 Recapitulación de los gastos operacionales

En el cuadro siguiente se resumen los gastos previstos para un año de funcionamiento:

	<u>2 plantas</u> (en miles de pesos dominicanos)	<u>1 planta</u>
Amoníaco	18.900	9.450
Acido fosfórico	16.800	8.400
Acido sulfúrico	7.700	3.850
Cloruro potásico	5.250	2.625
Energía eléctrica	600	300
Fueloil	<u>360</u>	<u>180</u>
Gastos variables	49.610	24.805
Gastos de personal	1.700	1.300
Mantenimiento	600	400
Gastos diversos	300	200
Amortización	<u>1.570</u>	<u>950</u>
Gastos fijos	<u>4.170</u>	<u>2.850</u>
Total	53.780	27.655

3.2.8 Rentabilidad de la fábrica de fertilizantes NPK

Para poder establecer su presupuesto, la futura empresa tendría que tomar en cuenta el costo del ensacado de los productos fabricados, los gastos financieros y los impuestos que habría de abonar cada año. Si se suman estos costos a los de la cuenta de explotación provisional, podrá estimarse la cifra de negocios mínima que permitiría alcanzar el umbral de rentabilidad.

3.2.8.1 Gastos de ensacado

El personal necesario para las operaciones de ensacado ya se ha previsto en la plantilla de la fábrica, y el equipo correspondiente está incluido en el capítulo de inversiones. Es preciso añadir el costo de los sacos y el de manutención, estimados y globalmente en 8 RD\$ por tonelada métrica, es decir:

8 x 400.000 = 3.200.000 RD\$ anuales para dos plantas de NPK;

8 x 200.000 = 1.600.000 RD\$ anuales para una planta de NPK.

3.2.8.2 Gastos financieros

En el caso extremo de que la financiación del proyecto estuviera cubierta en su totalidad por un préstamo, garantizado, por ejemplo, por el Gobierno, a los gastos anuales de explotación habrían de agregarse los intereses y la cuota de amortización. Teniendo en cuenta el capital de explotación, que se supone igual a dos meses de funcionamiento de la empresa, las inversiones totales se elevarían a:

	<u>2 plantas</u> (en miles de pesos dominicanos)	<u>1 planta</u>
Adquisición de terrenos	800	800
Inversiones fijas (equipo, edificios)	21.500	13.500
Capital de explotación (2 meses de funcionamiento de la empresa)	<u>8.963</u>	<u>4.609</u>
Inversiones totales	31.263	18.909

A un tipo de interés del 8% anual, y con un período de amortización de 10 años, la carga anual sería de aproximadamente el 14,4%, es decir:

4.500.000 RD\$ anuales para dos plantas de NPK (cifra redondeada);

2.720.000 RD\$ anuales para una planta de NPK.

3.2.8.3 Cifra de negocios mínima

Suponiendo un 20% de impuestos sobre el ingreso, la cifra de negocios mínima que permitiría a la empresa alcanzar el umbral de rentabilidad (sin obtener beneficios) podría calcularse de la siguiente manera:

	<u>2 plantas</u> (en miles de pesos dominicanos)	<u>1 planta</u>
Gastos operacionales	53.780	27.655
Gastos de ensacado	3.200	1.600
Gastos financieros	4.500	2.720
Impuestos sobre el ingreso (20%)	<u>15.370</u>	<u>7.995</u>
Total	76.850	39.970

Por lo tanto, para que se obtuviesen beneficios, los ingresos provenientes de la comercialización de los fertilizantes deberían rebasar la cifra de negocios arriba indicada.

3.2.9 Precio de costo de los nutrientes

Debido a la gran diversidad de fertilizantes que se fabricaría en la nueva instalación, el precio de costo medio por tonelada carece prácticamente de importancia. Sin embargo, puede calcularse el valor agregado a los nutrientes durante el proceso de transformación en fertilizantes NPK.

En los gastos anuales de explotación, las importaciones de materias primas que contengan nutrientes se han calculado de la siguiente manera (para dos plantas):

$$18.900.000 + 16.800.000 + 5.250.000 = 40.950.000 \text{ RD\$}$$

El valor agregado en la fabricación de fertilizantes NPK sería:

$$76.850.000 - 40.950.000 = 35.900.000 \text{ RD\$}$$

lo cual representa un 87,67% del costo de las importaciones.

El mismo cálculo para una planta de NPK arrojaría las siguientes cifras:

$$39.970.000 - 20.475.000 = 19.455.000 \text{ RD\$}$$

es decir, aproximadamente el 95,2% del costo de las importaciones.

3.2.9.1 Precio de costo del nitrógeno contenido en los fertilizantes NPK

La cantidad de nitrógeno que se incorporaría en los fertilizantes NPK fabricados en la nueva instalación se ha estimado en un 70% de las necesidades previstas para 1980, es decir:

$90.000 \times 0,7 = 63.000$ toneladas métricas, cuyo precio de importación sería:

$$\frac{18.900.000}{63.000} = 300 \text{ RD\$ por tonelada métrica.}$$

Teniendo en cuenta el valor agregado, este precio vendría a ser de:

$$300 \times 1,8767 = 563 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para dos plantas de NPK,}$$

$$300 \times 1,9502 = 585 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para una planta de NPK.}$$

3.2.9.2 Precio de costo del P_2O_5 contenido en los fertilizantes NPK

La cantidad de P_2O_5 que se incorporaría a los fertilizantes NPK fabricados en la nueva instalación sería del siguiente orden:

$75.000 \times 0,7 = 52.500$ toneladas métricas, cuyo precio de importación sería:

$$\frac{16.800.000}{52.500} = 320 \text{ RD\$ por tonelada métrica.}$$

Teniendo en cuenta el valor agregado, este precio vendría a ser de:

$$320 \times 1,8767 = 600 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para dos plantas de NPK,}$$

$$320 \times 1,9502 = 624 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para una planta de NPK.}$$

3.2.9.3 Precio de costo del K_2O contenido en los fertilizantes NPK

La cantidad de K_2O transformada en fertilizantes NPK en las dos plantas sería de: $60.000 \times 0,7 = 42.000$ TM de K_2O , cuyo precio de importación

$$\text{sería: } \frac{5.250.000}{42.000} = 125 \text{ RD\$ por tonelada métrica.}$$

Teniendo en cuenta el valor agregado, este precio vendría a ser de:

$$125 \times 1,8767 = 235 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para dos plantas,}$$

$$125 \times 1,9502 = 244 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para una planta.}$$

3.2.9.4 Margen de beneficios

Es interesante comparar los precios de costo anteriormente estimados para el año de 1977 con los precios de venta no oficiales de los nutrientes comercializados en septiembre de 1974:

- Nitrógeno: 563 ó 585 en lugar de 787 RD\$ por tonelada métrica
- P_2O_5 : 600 ó 624 en lugar de 923 RD\$ por tonelada métrica
- K_2O : 235 ó 244 en lugar de 257 RD\$ por tonelada métrica

En el supuesto de que el precio actual de los nutrientes se mantuviera durante el primer año de explotación, la cifra de negocios de la empresa sería la siguiente:

$$63.000 \times 787 + 52.500 \times 923 + 42.000 \times 257 = 108.832.500 \text{ RD\$}$$

es decir, un margen de beneficios respecto del umbral de rentabilidad de:

$$108.832.500 - 76.850.000 = 31.982.500 \text{ RD\$ (41,5\%)} \text{ para dos plantas,}$$

$$54.416.250 - 39.970.000 = 14.446.250 \text{ RD\$ (36,2\%)} \text{ para una planta.}$$

Estos resultados se obtendrían en el supuesto de que las plantas funcionasen a plena capacidad. Pero también es posible calcular el margen de beneficios en función de la producción, como se indica en el cuadro siguiente:

	2 plantas				1 planta	
	(en miles de pesos dominicanos)					
<u>Producción anual</u>	<u>400.000</u>	<u>300.000</u>	<u>200.000</u>	<u>100.000</u>	<u>200.000</u>	<u>100.000</u>
Gastos variables	49.610	37.208	24.805	12.403	24.805	12.403
<u>Gastos fijos</u>	<u>4.170</u>	<u>4.170</u>	<u>4.170</u>	<u>4.170</u>	<u>2.850</u>	<u>2.850</u>
Gastos operacionales	53.780	41.378	28.975	16.573	27.655	15.253
Ensayado	3.200	2.400	1.600	800	1.600	800
Gastos financieros	4.500	4.500	4.500	4.500	2.720	2.720
<u>Impuestos (20%)</u>	<u>15.370</u>	<u>12.069</u>	<u>8.768</u>	<u>5.468</u>	<u>7.995</u>	<u>4.693</u>
Total	76.850	60.349	43.843	27.341	39.970	23.466
<u>Cifra de negocios</u>	<u>108.832</u>	<u>81.624</u>	<u>54.416</u>	<u>27.208</u>	<u>54.416</u>	<u>27.208</u>
Margen de beneficios	31.982	21.275	10.575	-133	14.446	3.742

Salvo en el caso de que la cifra de producción fuera de 100.000 TM anuales a base de dos plantas, en que se registraría un déficit de 133.000 RD\$, las demás cifras de producción previstas, tanto para una como para dos plantas, permitirían obtener beneficios.

A reserva de que se confirmen los precios en que se han basado los cálculos precedentes, parece, pues, que la empresa podría obtener beneficios:

- con dos plantas, a partir de un nivel de producción ligeramente superior a 100.000 TM anuales, es decir, un 25% de la capacidad instalada
- con una planta, a partir de aproximadamente 80.000 TM anuales, es decir, un 40% de la capacidad instalada.

Dado que el consumo de fertilizantes NPK en la República Dominicana fue de 163.000 TM en 1973 (179.603 TC), quedaría un margen suficiente para asegurar la rentabilidad del proyecto incluso si se construyesen dos plantas.

3.3 COMPLEJO INDUSTRIAL PARA LA FABRICACION DE FERTILIZANTES NPK

Con arreglo a este proyecto, además de la fábrica de fertilizantes NPK desorita precedentemente se construirían, para su abastecimiento, una fábrica de ácido fosfórico y una de ácido sulfúrico. Esto presenta ventajas e inconvenientes:

Entre las ventajas, cabe mencionar:

- el ahorro de divisas respecto de las materias primas;
- la eliminación del transporte de los ácidos entre el puerto y la fábrica;
- la reducción de las instalaciones necesarias para el almacenamiento en puertos;
- la contribución a la economía nacional aportada por el valor agregado a los productos;
- el aumento del número de puestos creados;
- la independencia en cuanto al abastecimiento de esos ácidos, en relación con las empresas productoras de los mismos.

Entre los inconvenientes, cabe mencionar:

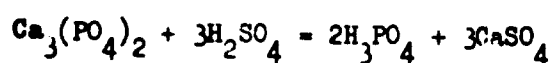
- el aumento del precio de costo de los fertilizantes;
- la necesidad de mayores inversiones y el peligro de mayores riesgos.

Las estimaciones relativas al proyecto de construcción de un complejo industrial que funcionase a base de materias primas importadas (fosfato y azufre) se dan a título indicativo para facilitar la evaluación de este proyecto.

3.3.1 Fabricación de ácido fosfórico

En un país como la República Dominicana, que no cuenta con yacimientos de fosfato y en donde la energía eléctrica es costosa, no se puede utilizar el proceso que consiste en fabricar fósforo en un horno eléctrico para transformarlo en ácido fosfórico. Es preferible escoger el proceso que se basa en la reacción química del fosfato con el ácido sulfúrico (proceso en húmedo), que es el más difundido.

La reacción química es la siguiente:



Según las condiciones en que se realiza la reacción, el sulfato cálcico precipita en forma de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) o anhidrita (CaSO_4). Los procesos que permiten obtener sulfato cálcico anhidro o poco hidratado son los más convenientes porque este producto se puede utilizar para fabricar escayola.

La fabricación de ácido fosfórico por vía húmeda comprende cuatro operaciones diferentes:

- Recepción y trituración del fosfato tricálcico
- Reacción del fosfato con el ácido sulfúrico
- Separación del sulfato cálcico y del ácido fosfórico
- Concentración del ácido fosfórico

Teniendo en cuenta el rendimiento de este proceso, se puede calcular que para abastecer a la fábrica de fertilizantes, las instalaciones previstas deberían tener la siguiente capacidad:

- 54.600 TM de P_2O_5 por año, para dos plantas de NPK, o sea una media de 6,8 TM/hora para 8.000 horas de funcionamiento por año.
- 27.300 TM de P_2O_5 por año, para una planta de NPK, o sea una media de 3,4 TM/hora en las mismas condiciones.

Las necesidades de materias primas estimadas para las dos plantas de NPK son las siguientes:

- Fosfato con 75% de tricálcico: 3,2 toneladas por cada tonelada de P_2O_5 , o sea unas 175.000 TM anuales.
- Acido sulfúrico monohidratado H_2SO_4 : 2,7 toneladas por cada tonelada de P_2O_5 , o sea unas 148.000 TM anuales.

Si se construyese una sola planta de NPK, las necesidades anuales se reducirían a la mitad, o sea 87.500 TM de fosfato y 74.000 TM de ácido sulfúrico.

3.3.2 Fabricación de ácido sulfúrico

La República Dominicana no posee yacimientos de minerales con contenido de azufre, por lo cual tendría que importar esta materia prima para utilizarla en el proceso de contacto, ya mencionado en la primera parte de este informe en relación con la fábrica existente. Sin embargo, en lugar de 3.300 TM por año,

la capacidad de fabricación necesaria para la producción de fertilizantes NPK sería de 154.000 TM, a las que habría que sumar las 148.000 TM calculadas para el ácido sulfúrico, con lo cual, el total para dos plantas de NPK ascendería a 302.000 TM por año de H_2SO_4 monohidratado; esto correspondería a unas 38 TM/hora para 8.000 horas de funcionamiento por año.

Calculando un consumo de azufre de 350 kg por tonelada de producción, la cantidad necesaria de esta materia prima sería de unas 106.000 TM anuales.

Si se construyese una sola planta de NPK, estas necesidades anuales se reducirían a la mitad, o sea 151.000 TM de ácido sulfúrico (19 TM/hora) y 53.000 TM de azufre.

3.3.3 Inversiones necesarias para el complejo industrial

Hay que tener en cuenta que las fábricas de ácido sulfúrico y de ácido fosfórico previstas para abastecer a la fábrica de fertilizantes NPK habrían de constituir una extensión de la fábrica ya descrita.

3.3.3.1 Adquisición de los terrenos

Se suprimirían los depósitos destinados a la recepción en puerto de los ácidos sulfúrico y fosfórico importados, y la superficie ocupada por el depósito de amoníaco sería solamente de unos 3.000 m².

La superficie necesaria para emplazar las nuevas fábricas, incluidos los depósitos para el fosfato y el azufre, la ampliación de los servicios generales y conexos y las vías de circulación, se calculan globalmente en 20.000 m².

Por lo tanto, los terrenos deberían tener las siguientes superficies:

Almacenamiento de amoníaco en el puerto	3.000 m ²
Fábrica de fertilizantes NPK	70.000 m ²
Ampliación de la fábrica	<u>20.000 m²</u>
Total	93.000 m ²

A precios de mercado (10 RD\$ el m²), el costo total de los terrenos para el complejo industrial se elevaría a 930.000 RD\$.

3.3.3.2 Equipo necesario para la fabricación de ácido fosfórico

La capacidad de almacenamiento necesaria para recibir buques cargados con 10.000 TM de fosfato, y mantener reservas para dos semanas, sería la siguiente:

$$\frac{175.000}{26} + 10.000 = 17.000 \text{ TM como mínimo.}$$

El costo de estas instalaciones, incluido el equipo para descarga y manutención, se ha calculado en 800.000 RD\$.

Al igual que el cloruro de potasio, el fosfato se transportaría en camiones desde el puerto hasta la fábrica una vez cada tres semanas.

La fábrica de ácido fosfórico necesaria para abastecer a dos plantas de NPK debería tener, como mínimo, lo siguiente:

- Instalaciones para la trituración del fosfato, con transportadoras, elevadores, ciclones y ventiladores, para una capacidad media de 22 TM/hora.
- Una cuba para la reacción del fosfato con el ácido sulfúrico, y sus accesorios: aparatos de alimentación de fosfato y de ácido sulfúrico con sus mecanismos de control, agitadores, bomba de vapor, ventiladores de refrigeración y de desnebulización, etc., para una capacidad de 6,8 TM/hora de P_2O_5 .
- Un filtro para la separación del ácido fosfórico y el sulfato cálcico, con sus accesorios: separadores, bombas de circulación de ácidos y de transporte a los depósitos, bombas de vacío, etc.
- Dos depósitos para el almacenamiento del ácido diluido, de 1.500 m³ de capacidad, con un decantador para clarificar el ácido proveniente de la filtración, etc.
- Un concentrador de ácido fosfórico, para una capacidad de 6,8 TM/hora de P_2O_5 . Estas instalaciones utilizarían el vapor proveniente de la fábrica de ácido sulfúrico.
- Las obras de ingeniería civil, los edificios, las salas de control con su equipo, los locales para los operarios, etc.
- Los ramales eléctricos y los servicios generales.
- Las piezas de recambio para un año de funcionamiento.

Cabe señalar que los depósitos para el almacenamiento del ácido concentrado ya están previstos como parte de las instalaciones de la fábrica de fertilizantes NPK.

El costo total de las instalaciones directamente relacionadas con la producción de ácido fosfórico, para una capacidad de 6,8 TM/hora de P_2O_5 , se ha calculado en 7 millones de pesos dominicanos.

Para una capacidad de 3,4 TM/hora, que correspondería a una sola planta de NPK, el costo sería de 4.500.000 RD\$.

3.3.3.3 Equipo necesario para la fabricación de ácido sulfúrico

La capacidad de almacenamiento de azufre necesaria, incluida una reserva para dos semanas, sería la siguiente: $\frac{106.000}{26} + 10.000 = 14.000$ TM como mínimo.

El costo de estas instalaciones, incluido el equipo de manutención y de recuperación, se ha calculado en 600.000 RD\$.

El azufre sería transportado en camiones desde el puerto hasta la fábrica, aproximadamente cada cinco semanas.

La fábrica de ácido sulfúrico prevista para abastecer a la fábrica de ácido fosfórico y a las dos plantas de NPK, debería tener lo siguiente:

- Instalaciones para la filtración y la fusión del azufre, con una capacidad media de 13 TM/hora, y una reserva de azufre fundido de unas 1.000 TM (tres días de producción). Estas instalaciones estarían equipadas con equipo de circulación de vapor para volver a calentar el azufre.
- Una torre de secado del aire del proceso, con sus accesorios, para la circulación y la refrigeración del ácido sulfúrico.
- Un turbo-soplador para la alimentación del aire de combustión del azufre, que utilizaría el vapor proveniente de la caldera con que se recuperan las calorías de la calcinación del azufre. Posteriormente, el vapor se utilizaría para satisfacer las necesidades del complejo de fertilizantes, especialmente para la concentración del ácido fosfórico, la fusión del azufre y el recalentamiento de las soluciones de fertilizantes.
- Un horno para la calcinación del azufre, con un quemador auxiliar a gasoil para el arranque.
- Una caldera de vapor para la refrigeración de los gases de la calcinación del azufre, con su mecanismo de alimentación de agua tratada.
- Filtros de gas, para retener los polvos provenientes de la calcinación.
- Un convertidor para transformar el anhídrido sulfuroso SO_2 en SO_3 .

- Un refrigerador para el anhídrido sulfúrico SO_3 .
- Una torre de absorción del anhídrido sulfúrico SO_3 -con sus accesorios para la circulación y refrigeración del ácido sulfúrico.
- Las obras de ingeniería civil, los edificios, la sala de control con su equipo, los locales para los operarios, etc.
- Los ramales eléctricos y los servicios generales.
- Las piezas de recambio para un año de funcionamiento.

Ya se ha previsto un depósito de almacenamiento de 4.500 TM (3.000 m^3) para alimentar las líneas de producción de fertilizantes NPK. Sería necesario construir un segundo depósito de la misma capacidad para alimentar la fábrica de ácido fosfórico.

El costo total de las instalaciones directamente relacionadas con la producción de ácido sulfúrico, para una capacidad de 38 TM/hora de H_2SO_4 , se ha calculado en 8 millones de pesos dominicanos.

Para una capacidad de 19 TM/hora, que correspondería a una sola planta de NPK, el costo sería de 5 millones de pesos dominicanos.

3.3.3.4 Ampliación de los servicios generales y de otro tipo

Según las normas generalmente aceptadas para este tipo de fábricas, el consumo de energía eléctrica sería de unos 1.850 kWh por hora de funcionamiento, que se agregarían a los 1.250 kWh previstos para la fábrica de NPK y los servicios generales, o sea un total de 3.100 kWh.

Si no se pudiera obtener esta energía de la red nacional, habría que instalar dos calderas de vapor (una de reserva) con tres turbo-alternadores de 2.000 kW (uno de reserva) para asegurar la continuidad del funcionamiento. A fin de regularizar el consumo, las calderas de vapor estarían conectadas con la de la fábrica de ácido sulfúrico.

Con excepción de los edificios para la administración, cuya ampliación sería de sólo un 50%, todos los otros servicios deberían prácticamente duplicar su capacidad, y en especial:

- el laboratorio de control
- el taller de mantenimiento

- el almacén general
- los servicios sociales, con sus edificios
- el taller de mantenimiento y reparación de vehículos
- los servicios de seguridad.

El costo global de la ampliación de los servicios generales, incluida la central eléctrica, para dos plantas de NPK, se calcula en 2.900.000 RD\$.

Si se construyese sólo una planta de NPK, el costo se reduciría a 2.200.000 RD\$.

3.3.3.5 Recapitulación de las inversiones

Aparte de los terrenos, y teniendo en cuenta que no se necesitarían depósitos para la recepción en puerto de los ácidos fosfórico y sulfúrico, el costo del conjunto de edificios e instalaciones para el complejo industrial se podría desglosar de la siguiente manera:

	<u>RD\$</u>
Recepción y almacenamiento del amoníaco en puerto	800.000
Almacenamiento de las materias primas en la fábrica	3.100.000
2 plantas de NPK (400.000 TM/año)	9.000.000
1 fábrica de ácido fosfórico (54.600 TM/año de P_2O_5)	7.000.000
1 fábrica de ácido sulfúrico (302.000 TM/año de H_2SO_4)	8.000.000
Almacenamiento y expedición de productos acabados (ensacado)	4.500.000
Servicios generales, mantenimiento y servicios diversos	2.900.000
Imprevistos (alrededor de un 10%)	<u>3.700.000</u>
Total general	39.000.000

Si se construyese una sola planta de NPK, se podría reducir el tamaño de algunas instalaciones de almacenamiento de ácido fosfórico o de productos acabados, así como también la cantidad de los servicios generales necesarios. El costo global se reduciría a 24.500.000 RD\$.

No obstante, cabe señalar que la construcción ulterior de una segunda fábrica de ácido fosfórico y de una segunda fábrica de ácido sulfúrico costaría mucho más que la construcción de las fábricas con capacidad doble, previstas precedentemente.

En los cálculos de las inversiones no se ha incluido el costo suplementario de la construcción de una central eléctrica autónoma. Para este caso, cabría prever lo siguiente:

- 700.000 RD\$ para dos calderas y tres turbo-alternadores, para abastecer a dos plantas de NPK y al complejo industrial.
- 500.000 RD\$ para una caldera y dos turbo-alternadores, para abastecer a una sola planta de NPK y a un complejo industrial con una capacidad equivalente al 50% de la capacidad prevista en el párrafo precedente.

3.3.4 Cuenta de explotación prevista para el complejo industrial

Las reservas que se formularon respecto a la fábrica de fertilizantes NPK se aplican igualmente a los precios previstos para los diversos elementos que sirven para calcular los gastos operacionales del complejo industrial.

3.3.4.1 Materias primas y servicios generales

Además del amoniaco, del cloruro de potasio y del fueloil, respecto de los cuales no se registran cambios, habría que prever para las dos plantas de fertilizantes NPK:

- fosfato tricálcico (se supone que con un 75% de BPL)
175.000 toneladas métricas a 90 RD\$/TM 15.750.000 RD\$/año;
- azufre, con un 99,8% de pureza
106.000 toneladas métricas a 60 RD\$/TM 6.360.000 RD\$/año.

Suponiendo que la energía eléctrica sea suministrada por la red nacional, el gasto anual para 8.000 horas de funcionamiento quedaría modificado como sigue:

$$8.000 (1.250 + 1.850) \times 0,06 \text{ RD\$} = 1.488.000 \text{ RD\$}.$$

Habida cuenta de la energía eléctrica consumida para la puesta en marcha de la fábrica de ácido sulfúrico, se pueden calcular los gastos anuales en 1.500.000 RD\$.

3.3.4.2 Gastos de personal

El aumento de la plantilla de personal para las nuevas instalaciones de ácido sulfúrico y de ácido fosfórico y para los servicios generales y anexos, se calcula en alrededor de 140 operarios, con un gasto global de 800.000 RD\$, lo que elevaría el costo total para dos líneas de fabricación de fertilizantes NPK a 2.500.000 RD\$/año.

Si las instalaciones para la fabricación del ácido sulfúrico y del ácido fosfórico tuviesen menos capacidad, sólo se lograría reducir en un 10% las nuevas necesidades en materia de personal, las cuales corresponderían a un gasto total de 2.020.000 RD\$/año para una sola planta de NPK.

A este respecto, hay que señalar que si se retrasara la construcción de la segunda instalación de fertilizantes NPK, habría que prever personal adicional para las dos unidades suplementarias de ácido sulfúrico y de ácido fosfórico que sería preciso construir, lo que aumentaría considerablemente los gastos operacionales (alrededor de 720.000 RD\$/año).

3.3.4.3 Suministros de mantenimiento

Habida cuenta de las nuevas instalaciones, el costo de las piezas de recambio consumidas a lo largo de un año de explotación sería el siguiente:

- 1.300.000 RD\$ para dos líneas de fabricación
- 800.000 RD\$ para una sola línea de fabricación.

Los gastos de personal ya se han incluido en otra parte.

3.3.4.4 Gastos operacionales diversos

Estos gastos han sido calculados aproximadamente en:

- 600.000 RD\$ para dos líneas de fabricación
- 400.000 RD\$ para una línea de fabricación.

3.3.4.5 Cuotas de amortización del complejo industrial

Calculadas a lo largo de 10 años para los bienes de equipo, y de 20 años para los edificios y demás instalaciones, ascenderían a:

- 3.250.000 RD\$ para dos líneas de fabricación
- 2.010.000 RD\$ para una línea de fabricación.

3.3.4.6 Recapitulación de los gastos operacionales

En el cuadro siguiente se hace un resumen de los gastos operacionales previstos para un año de funcionamiento del complejo industrial:

	<u>2 plantas de NPK</u> (en miles de pesos dominicanos)	<u>1 planta de NPK</u> (en miles de pesos dominicanos)
Amoniaco	18.900	9.450
Fosfato	15.750	7.875
Asufre	6.360	3.180
Cloruro de potasio	5.250	2.625
Energía eléctrica	1.500	750
Fueloil	<u>360</u>	<u>180</u>
Gastos variables	48.120	24.060
Gastos de personal	2.500	2.020
Suministros de mantenimiento	1.300	800
Gastos diversos	600	400
Cuotas de amortización	<u>3.250</u>	<u>2.010</u>
Gastos fijos	<u>7.650</u>	<u>5.230</u>
Total	55.770	29.290

3.3.5 Rentabilidad del complejo industrial

Tomando como base gastos de ensacado iguales a los estimados precedentemente, para determinar el umbral de rentabilidad bastará con volver a calcular los gastos financieros y el monto de los impuestos.

3.3.5.1 Gastos financieros

La carga anual por concepto de reembolso del préstamo quedaría modificada como sigue:

	<u>2 plantas de NPK</u> (en miles de pesos dominicanos)	<u>1 planta de NPK</u> (en miles de pesos dominicanos)
Compra de los terrenos	930	930
Inversiones en capital fijo (bienes de equipo, edificios)	39.000	24.500
Capital de explotación (para dos meses de funcionamiento)	<u>9.295</u>	<u>4.882</u>
Total invertido	49.225	30.312
Gravamen anual (14,4%)	7.085	4.365

3.3.5.2 Ingreso total mínimo de la empresa

• El ingreso anual que permitiría a la empresa alcanzar el umbral de rentabilidad quedaría modificado como sigue:

	<u>2 plantas de NPK</u> (en miles de pesos dominicanos)	<u>1 planta de NPK</u>
Gastos operacionales	55.770	29.290
Gastos de ensecado	3.200	1.600
Gastos financieros	7.085	4.365
Impuestos sobre los ingresos (20%)	<u>16.515</u>	<u>8.815</u>
Total	82.570	44.070

3.3.6 Nuevos precios de costo de los nutrientes

Habría que tener en cuenta los precios más elevados del ácido sulfúrico y del ácido fosfórico fabricados en el complejo industrial; el amoníaco y el cloruro de potasio seguirían siendo importados.

La diferencia entre los ingresos totales de la fábrica de fertilizantes NPK y los del complejo industrial correspondería al valor agregado en el transcurso de la fabricación del ácido fosfórico y del ácido sulfúrico, lo que supondría, para dos plantas:

$$82.570.000 - 76.850.000 = 5.720.000 \text{ RD\$}$$

Para obtener el nuevo precio de los ácidos fabricados habría que añadir esta diferencia al costo del fosfato y del azufre importados:

$$15.750.000 + 6.360.000 + 5.720.000 = 27.830.000 \text{ RD\$}$$

La diferencia con el costo de importación de estos ácidos sería la siguiente:

$$27.830.000 - 16.800.000 - 7.700.000 = 3.330.000 \text{ RD\$}$$

o sea un aumento de un 13,59% sobre el costo de importación. En estas condiciones, el precio de costo del ácido fosfórico sería el siguiente:

$$16.800.000 \times 1,1359 = 19.083.120 \text{ RD\$}$$

y el P_2O_5 comercializable a partir de este ácido tendría un precio de costo unitario de: $\frac{19.083.120}{52.500} = 363 \text{ RD\$}$ por tonelada métrica, en vez de los 320 RD\$/TM que habrían de pagarse por el producto importado.

Para una sola planta de fertilizantes NPK, estos mismos cálculos arrojarían una diferencia de 2.905.000 RD\$, es decir, un aumento del 23,71% sobre el costo de los materiales importados. El nuevo valor del ácido fosfórico se elevaría a 10.391.640 RD\$, con un precio unitario de 396 RD\$/TM de P_2O_5 .

Habida cuenta de estos nuevos precios del ácido fosfórico, los insumos básicos que entran en la fabricación de fertilizantes NPK con estos nutrientes tendrían un valor global de:

$$18.900.000 + 19.083.120 + 5.250.000 = 43.233.120 \text{ RD\$}$$

El valor agregado para transformarlos en fertilizantes NPK sería el siguiente:

$82.570.000 - 43.233.120 = 39.336.880 \text{ RD\$}$ para dos plantas, lo que correspondería a un 90,99% del valor de los insumos básicos.

El mismo cálculo referido a una sola planta de fertilizantes NPK daría por resultado:

$$44.070.000 - 22.466.640 = 21.603.360 \text{ RD\$}$$

es decir, aproximadamente un 96,16% del valor de los insumos básicos.

3.3.6.1 Nuevo precio del nitrógeno incorporado a las fórmulas NPK

Habida cuenta del valor agregado al precio de importación, el nuevo precio sería el siguiente:

$$300 \times 1,9099 = 573 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para dos plantas de NPK;}$$

$$300 \times 1,9616 = 588 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para una sola planta de NPK.}$$

3.3.6.2 Nuevo precio del P_2O_5 incorporado a los fertilizantes NPK

Habida cuenta del nuevo precio del P_2O_5 calculado para el ácido fosfórico fabricado en el complejo industrial, y del valor agregado en el transcurso de su transformación en un fertilizante NPK, el nuevo precio sería el siguiente:

$$363 \times 1,9099 = 698 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para dos plantas de NPK;}$$

$$396 \times 1,9616 = 778 \text{ RD\$ por tonelada métrica, para una sola planta de NPK.}$$

3.3.6.3 Nuevo precio del K_2O incorporado a los fertilizantes NPK

Habida cuenta del valor agregado al precio de importación, el nuevo precio sería el siguiente:

$125 \times 1,9099 = 239$ RD\$ por tonelada métrica, para dos plantas de NPK;

$125 \times 1,9616 = 245$ RD\$ por tonelada métrica, para una sola planta de NPK.

3.3.6.4 Nuevo margen de beneficios

La comparación de los nuevos precios de costo de los nutrientes contenidos en las formulaciones NPK con los precios no oficiales comunicados en septiembre de 1974, puede verse resumida en el siguiente cuadro:

- Nitrógeno: 573 ó 588 en vez de 787 RD\$ por tonelada métrica;
- P_2O_5 : 698 ó 778 en vez de 923 RD\$ por tonelada métrica;
- K_2O : 239 ó 245 en vez de 257 RD\$ por tonelada métrica.

Pese al aumento considerable del precio del P_2O_5 ocasionado por la fabricación local del ácido fosfórico, sigue habiendo una diferencia importante con respecto a los precios de septiembre de 1974.

En la hipótesis de que los precios actuales de los nutrientes no sufran alteración durante el primer año de explotación, el ingreso total del complejo industrial funcionando a plena capacidad se ha calculado en 108.832.500 RD\$. En estas condiciones, el margen de beneficios sería el siguiente:

$108.832.500 - 82.570.000 = 26.262.000$ RD\$ para dos plantas de NPK, es decir, un 31,8% de la cifra correspondiente al umbral de rentabilidad.

Para una sola planta de NPK, el margen de beneficios a plena capacidad, sería el siguiente:

$54.416.250 - 44.070.000 = 10.346.250$ RD\$, es decir un 23,4% de la cifra correspondiente al umbral de rentabilidad.

Si el complejo industrial no funcionase a plena capacidad, las variaciones en el margen de beneficios en función de la producción serían las siguientes:

	<u>2 plantas de NPK</u>				<u>1 planta de NPK</u>	
	(en miles de pesos dominicanos)					
<u>Producción anual</u>	<u>400.000</u>	<u>300.000</u>	<u>200.000</u>	<u>100.000</u>	<u>200.000</u>	<u>100.000</u>
Gastos variables	48.120	36.090	24.060	12.030	24.060	12.030
<u>Gastos fijos</u>	<u>7.650</u>	<u>7.650</u>	<u>7.650</u>	<u>7.650</u>	<u>5.230</u>	<u>5.230</u>
Gastos operacionales	55.770	43.740	31.710	19.680	29.290	17.260
Ensayado	3.200	2.400	1.600	800	1.600	800
Gastos financieros	7.085	7.085	7.085	7.085	4.365	4.365
<u>Impuestos (20%)</u>	<u>16.515</u>	<u>13.306</u>	<u>10.099</u>	<u>6.891</u>	<u>8.815</u>	<u>5.606</u>
Total	82.570	66.531	50.494	34.456	44.070	28.031
<u>Ingreso total</u>	<u>108.832</u>	<u>81.624</u>	<u>54.416</u>	<u>27.208</u>	<u>54.416</u>	<u>27.208</u>
Margen de beneficios	26.262	15.093	3.922	-7.248	10.346	-823

El balance de la empresa arroja un déficit cuando la producción desciende a 100.000 toneladas métricas, tanto si se emplea una como dos instalaciones de NPK. El umbral de rentabilidad se encontraría alrededor de las 165.000 TM al año para dos plantas de NPK, es decir, a un 41% de la capacidad teórica. Para el caso de emplearse una sola planta de NPK, el umbral de rentabilidad se encontraría alrededor de las 108.000 TM al año, es decir, a un 54% de la capacidad teórica.

Sería preciso que la producción descendiera a niveles inferiores a estos límites para que la empresa fuese deficitaria y, a reserva de que se confirmen los precios utilizados en los cálculos, existe margen suficiente para asegurar la rentabilidad del proyecto puesto que en 1973 se comercializaron aproximadamente 163.000 TM de fertilizantes NPK.

3.4 CONCLUSIONES SOBRE EL PROYECTO DE FABRICACION DE FERTILIZANTES NPK

Tomando como base las previsiones sobre el consumo de nutrientes para el año 1980 y limitándose a satisfacer un 70% de estas necesidades para dejar un margen de seguridad, se puede elaborar un proyecto rentable para la fabricación de fertilizantes NPK en la República Dominicana.

El 30% restante del mercado previsto se dejaría a las empresas que actualmente se dedican a la mezcla de fertilizantes importados, lo que permitiría que éstas siguieran funcionando y serviría para reducir los gastos operacionales relacionados con la fabricación de fórmulas especiales de escasa demanda. Estas instalaciones de mezcla podrían incluso utilizar como insumos de producción las formulaciones normalizadas fabricadas en el nuevo complejo de fertilizantes, en la medida en que, por razón de su precio, les resultase más ventajoso utilizar estos fertilizantes que los importados.

3.4.1 Desde el punto de vista técnico

Se han estudiado dos posibles variantes:

- la primera variante consistiría en utilizar productos semielaborados e importados, como el amoníaco, el ácido fosfórico, el ácido sulfúrico y el cloruro de potasio, para transformarlos en fertilizantes NPK en dos plantas de 25 TM/hora de capacidad cada una, para una producción total de 400.000 TM al año.
- la segunda variante consistiría en construir un complejo industrial que incluiría, además de las dos plantas ya mencionadas, una instalación para la fabricación de ácido fosfórico a partir de fosfatos importados, con una capacidad anual de 54.600 TM de P_2O_5 , así como una instalación para la fabricación de ácido sulfúrico a partir de azufre importado, con una capacidad anual de 302.000 TM.

3.4.2 Desde el punto de vista de la localización

Sería interesante construir las nuevas instalaciones en las inmediaciones de un puerto en el que pudiesen atracar buques con una carga útil mínima de 10.000 TM. Conviene señalar, a este respecto, que existe un proyecto de mejoramiento del puerto de Haina (situado a unos 12 km al oeste de Santo Domingo), incluida una zona industrial que pudiera convenir a la nueva fábrica.

Respecto de una fábrica de fertilizantes NPK que estuviese alejada del puerto, se plantearía el problema del transporte de los productos importados, sobre todo el de los insumos líquidos que tendrían que trasladarse por bombeo o en camiones cisterna.

3.4.3 Desde el punto de vista comercial

La decisión de fabricar fertilizantes NPK en la República Dominicana deberá basarse en la demanda probable de las diversas fórmulas en el momento en que la fábrica esté en condiciones de iniciar su producción. Un estudio de mercado permitiría confirmar las necesidades de nutrientes y los precios de los insumos básicos, así como recalcular los precios de costo para ese momento y compararlos con precios de venta actualizados.

Convendría confirmar que el nivel de consumo de fertilizantes NPK dejaría un margen de beneficios suficiente como para justificar la construcción de dos plantas de fertilizantes. En caso contrario, quedaría aún la posibilidad de construir una sola planta de fertilizantes NPK y reducir a la mitad la capacidad de producción de ácido fosfórico y de ácido sulfúrico, en espera del futuro desarrollo de las necesidades locales.

3.4.4 Desde el punto de vista económico

El balance elaborado de acuerdo con los cálculos efectuados sobre las inversiones, los gastos operacionales, las cargas financieras y los impuestos, para una producción de 400.000 toneladas métricas al año, deja un margen de beneficios importante con respecto a los precios actuales (no oficiales) de los nutrientes. El umbral de rentabilidad se sitúa, para dos plantas de fertilizantes NPK, en el siguiente nivel:

- 100.000 TM/año, o sea un 25% de la capacidad prevista, para la primera variante estudiada;
- 165.000 TM/año, o sea un 41% de la capacidad prevista, para la segunda variante que incluye la fabricación de los ácidos fosfórico y sulfúrico.

Si el estudio de mercado probable para cuando se ponga en marcha la fábrica confirmase estos cálculos, la mejor solución sería construir dos plantas de fertilizantes NPK, aún cuando el consumo previsto no sobrepasase las 200.000 TM.

Concretamente, en el caso de optarse por la variante del complejo industrial, su construcción en dos etapas sobrecargaría el costo de las inversiones y los gastos operacionales al distribuir la fabricación tanto del ácido sulfúrico como del ácido fosfórico entre dos instalaciones cuya capacidad respectiva quedaría reducida a la mitad de la anteriormente prevista. Por consiguiente, esta solución comprometería la rentabilidad futura del proyecto.

Hay que señalar, por otra parte, que el complejo industrial en estudio permitiría economizar divisas respecto a la importación de insumos, cuyo importe se calcula en $48.650.000 - 46.260.000 = 2.390.000$ RD\$ al año. Permitiría también incorporar a la economía de la República Dominicana el valor agregado por la fabricación local de estos ácidos y aumentar el número de puestos creados por el proyecto.

Sin embargo, es preciso señalar que el precio de costo de los nutrientes, y en particular del P_2O_5 , resultaría más elevado con esta segunda variante. Conservándose inalterado el precio de venta de los fertilizantes, el margen de beneficios quedaría disminuido.

3.4.5 Recomendaciones sobre la fabricación de fertilizantes NPK

Las previsiones respecto al consumo de nutrientes en forma de fertilizantes NPK en 1980 arrojan una cifra de 552.000 toneladas métricas. Dejando un margen de un 30% de la producción a cargo de las empresas de mezcla que existen actualmente, se recomienda la construcción de instalaciones con una capacidad de 400.000 TM/año.

El proyecto para la construcción de una fábrica de fertilizantes NPK ha sido estudiado conforme a dos variantes:

- limitándose a la fase final de la producción, a partir de productos intermedios importados. En este caso, se recomienda construir dos instalaciones de 25 TM/hora de capacidad media cada una, cuya inversión total se ha calculado en 21.500.000 RD\$.
- fabricando localmente los ácidos fosfórico y sulfúrico a partir de insumos importados, lo que aumentaría la inversión a 39.000.000 RD\$, para idéntica capacidad de producción.

La elección de una u otra variante dependerá probablemente del crédito de que disponga el Gobierno dominicano para realizar este proyecto, habida cuenta de la posible obtención de un préstamo de organizaciones internacionales. Se estima que ambas variantes resultarían rentables.

Los problemas técnicos de la fabricación de fertilizantes NPK ya han sido resueltos en numerosos países, por lo que se recomienda realizar una licitación internacional para conocer el costo actual de los bienes de equipo necesarios. Sería útil contar con la asistencia técnica de un experto de la ONUDI para redactar los documentos de licitación y ayudar a las autoridades locales a escoger las propuestas de los constructores que resulten más convenientes.

El estudio de mercado permitiría confirmar los precios de los insumos y la demanda de fertilizantes NPK, por lo cual, una vez conocido el montante exacto de la inversión necesaria para las nuevas instalaciones, el Gobierno de la República Dominicana dispondría de todos los elementos necesarios para verificar la rentabilidad del proyecto y adoptar una decisión sobre la oportunidad de su realización.

Documentos utilizados

- 1) Corporación de Fomento Industrial - 5 de junio de 1970
Carta dirigida al Sr. José Andrés Aybar Castellanos, Director General de la CFI, por el Ing. Ubaldo F. Roa, encargado de estudios de la CFI - Tema: Plantas de Acidos Sulfúrico y Nítrico.
- 2) ONUDI-SIE: Especificación de proyecto - CK/AD/sbg/17.10.1973
- 3) ONUDI-SIE: Descripción de empleo - IS/DOM/73/013/11-01/05, 26.02.1974
- 4) República Dominicana - Presidencia de la República - Secretariado Técnico.
Cartas ST. Núms. 1013 del 4.04.1973 y 2876 del 15.11.1973 dirigidas al Sr. Jawdat Mufti, Representante Residente en Santo Domingo, por el Sr. Julio C. Estrella, Secretario Técnico de la Presidencia.
- 5) República Dominicana - Consumo y producción de fertilizantes. Estadísticas de la FAO.

- 6) República Dominicana - Secretaría de Estado de Agricultura,
Carta 18.233 del 14.08.1974, dirigida al Sr. H. Buzeta, Representante
Residente interino en Santo Domingo, por el Sr. Carlos E. Aquino G.,
Secretario de Estado de Agricultura.
- 7) Corporación de Fomento Industrial
Copia de una nota sobre: Plantas de ácidos sulfúrico y nítrico
- 8) USAID - Secretaría de Estado de Agricultura, 25.3.1974
Evaluación del Sector Agrícola de la República Dominicana
- 9) Secretaría de Estado de Agricultura, mayo de 1974
Extensión y Capacitación Agropecuaria
- 10) Informe de Evaluación, 3.03.1972
Complejo Industrial Pedernales S.A.
(fabricación de carbonato cálcico pulverizado)
Estudio complementario de la misión.

Desglose del empleo del tiempo asignado a esta misión (6 meses)

- 1.09.1974 a 4.09.1974 - ONUDI, Viena - Viaje
- 4.09.1974 a 1.11.1974 - Estudio de la fábrica de ácido sulfúrico -
Redacción del informe sobre la primera parte de la misión - Mecanografiado
- 1.11.1974 a 30.11.1974 - Encuesta sobre los fertilizantes en la República
Dominicana - Estudio de los documentos recogidos en Viena y en Santo
Domingo - Redacción del informe sobre la segunda parte de la misión.
- 1.12.1974 a 21.12.1974 - Estudio del informe COINPESA sobre la fabricación
de carbonato cálcico pulverizado - Redacción del informe y mecanografiado
del informe suplementario (publicado el 17 de enero de 1975).
- 22.12.1974 a 29.1.1975 - Estudio sobre una fábrica de fertilizantes NPK -
Redacción del informe sobre la tercera parte de la misión - Mecanografiado
de las partes segunda y tercera.
- 29.1.1975 a 22.2.1975 - Publicación y envío del informe final -
corrección de algunos ejemplares.
- 23.2.1975 a 28.2.1975 - Viaje a Viena (ONUDI)
Regreso a Francia.

Personas entrevistadas en el curso de esta misión

1) Oficina del PNUD - Santo Domingo

- Sr. E. Ezcurre - Representante Residente del PNUD a partir del 8.09.1974
- Sr. H. Buzeta - Representante Residente interino hasta el 7.09.1974
- Sr. Hans Kurz - Representante Residente adjunto
- Sr. Michel Scaillet - Asesor agrícola superior/FAO
- Sr. F. Scavazzon - Experto, FAO - Valle del Cibao
- Sr. Selliés - Experto en hidráulica
- Sr. Le Bourgeois - Experto marítimo

2) Corporación de Fomento Industrial

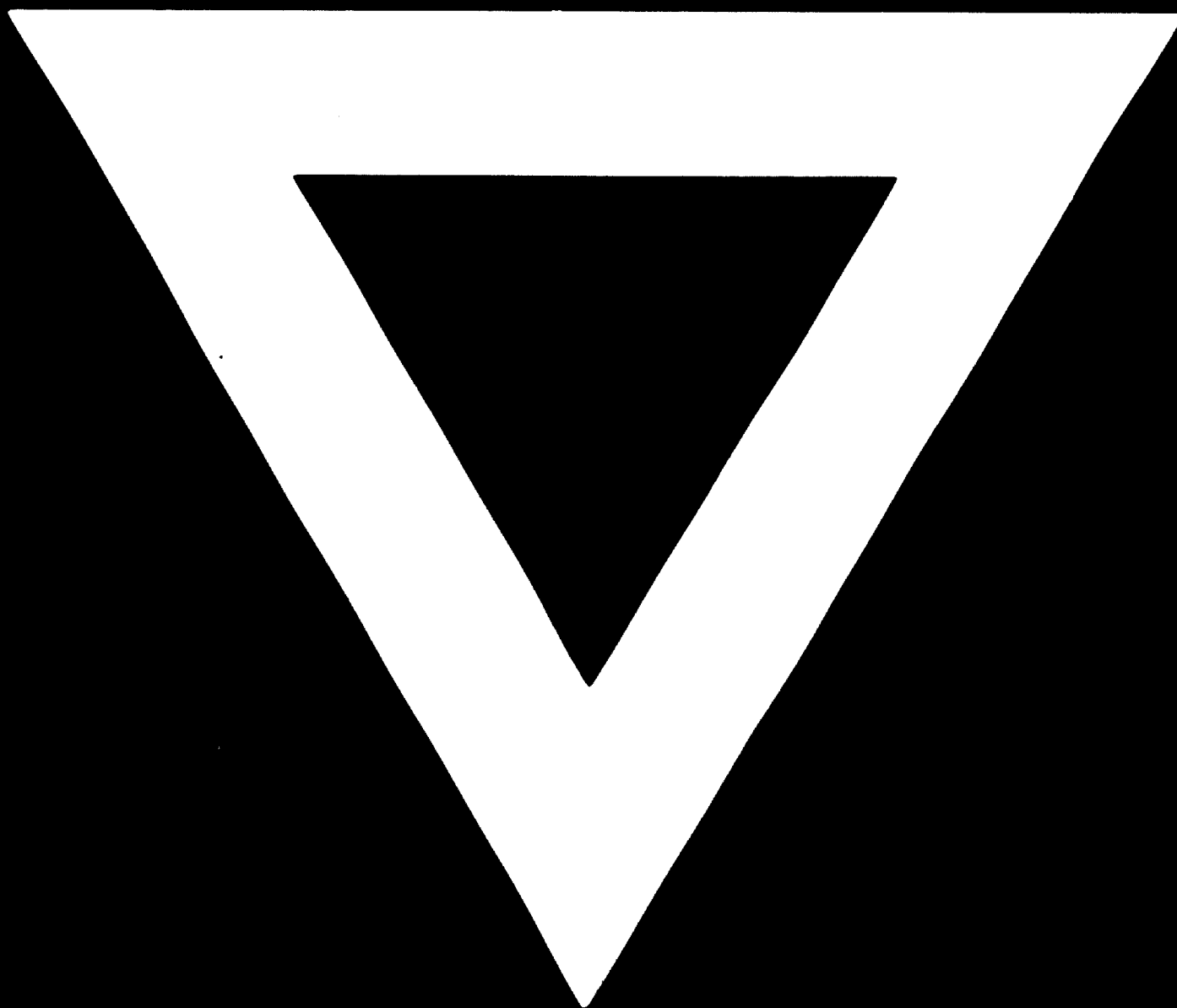
- Sr. Federico Antún - Director general
- Sr. Milcia des Matos - Jefe de la División Financiera
- Lio. Silvestre Aybar Sánchez - Ayudante del Jefe de la División Financiera; encargado de la sección de promoción de préstamos
- Ing. Caño, encargado de los estudios para la promoción de préstamos

3) Otras personas

- General Manuel Cuervé Gómez, comandante de la zona militar en la que se encuentra la fábrica de ácido sulfúrico
- Coronel Villalones - idem.
- Sr. Ojtozy - Ex Director de la fábrica
- Sr. Simón - Ex Capataz de la fábrica
- Sr. Agapito Pérez Luna, Subdirector de Planificación de Agricultura.



C - 346



77 . 10 . 07