

U47589

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA QUIMICA

“POSIBILIDADES DE UTILIZACION INDUSTRIAL
DE LA MAGNESITA EN EL SALVADOR”

PROYECTO DE INVESTIGACION

PRESENTADO POR
JESUS ROLANDO SIU RODRIGUEZ

PREVIA OPCION AL TITULO DE
QUIMICO INDUSTRIAL
EN EL GRADO DE LICENCIATURA



SAN SALVADOR, DICIEMBRE DE 1971

579 102
= 628 P
1171
F. Iny
Ep. ↑

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA QUIMICA

JURADO DEL PROYECTO

DIRECTOR

Dr. Francisco A. Ortiz

1er. VOCAL

Ing. Jaime Alvarez

2o. VOCAL

Dr. Nicolás A. López



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

Dr. Rafael Menjívar

SECRETARIO GENERAL

Dr. Miguel Angel Saenz Varela

FISCAL

Dr. Luis Ernesto Arévalo

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO

Ing. Félix Antonio Ulloa

SECRETARIO

Ing. Rodolfo Jenkins

COORDINADOR ESCUELA DE INGENIERIA

Dr. Eduardo Badía Serra

San Salvador, Diciembre de 1971

DEDICADO CON CARIÑO A MI PADRE

MIGUEL SIU

POR EL ESFUERZO HECHO EN EDUCAR A SU HIJO

POR SU VALIOSA COLABORACION EN
EL DESARROLLO DEL PROYECTO

MI AGRADECIMIENTO ETERNO A:

ING. DONALD G. DALE

LIC. GERMAN LEON ESCOBAR

I N D I C E

<u>CAPITULO</u>		<u>PAGINA</u>
	OBJETIVO	1
	INTRODUCCION	1
I	ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA	3
	1) Propiedades, Naturaleza y Comportamiento de la Magnesita	3
	2) Fuentes de Abastecimiento de Magnesita, Locales y Externas	7
II	ESTUDIO DE MERCADO	10
	I- Mercado Cualitativo	10
	II- Mercado Cuantitativo	33
	III- Selección de Productos de Acuerdo a la Demanda	40
III	INDUSTRIALIZACION	41
	1) Proceso de Fabricación	41
	2) Tamaño y Localización de la Planta	46
IV	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFIA	68

OBJETIVO

Considerar el empleo de magnesita como fuente de materia prima para la industria.

INTRODUCCION

El presente trabajo analizará la posibilidad de explotación de un yacimiento de magnesita descubierto recientemente en territorio centroamericano. Como paso inicial, se estudiará las condiciones y calidad del mineral a fin de determinar su importancia comercial, y la forma en que se podría llevar a cabo un tratamiento adecuado de la mena.

Una vez verificada la disponibilidad del material, se pasa a tratar la comercialización de los productos obtenibles de la magnesita; terminando con el proyecto de industrialización adecuado a las condiciones del país.

Los depósitos minerales de rendimiento económico son masas geológicas que pueden ser explotadas para extraer de ellas uno o más minerales o metales. Son formaciones excepcionales, diseminadas con no mucha abundancia en las rocas o en la superficie terrestre; constituyen tan solo una parte infinitesimal de la corteza terrestre, pero adquieren una importancia muy superior a su volumen relativo, a causa de los materiales de gran valor que proporcionan a la riqueza y a la industria de los países. Los metales y minerales de importancia comercial se encuentran sólo muy raras veces en el estado natural en las formas y grados de pureza que su utilización práctica exige, pues, casi sin excepción, forman mezclas físicas o químicas, o ambas a la vez, con otras

sustancias carentes de valor. Por tanto, tenemos que proceder a separarlos de estas sustancias desprovistas de valor, por métodos físicos si es posible y, si no, recurriendo a procedimientos químicos. Una roca que encierra una cantidad de mineral suficiente para justificar su explotación comercial se conoce con el nombre de mena. La suma total de los tratamientos a los que se someten las menas para separar y desechar sus fracciones carentes de valor, se conoce con el nombre de preparación o tratamiento de menas.

No existen dos depósitos minerales que sean iguales en todos los aspectos, por lo tanto las operaciones de tratamiento de la mena se adecúan según el carácter de ésta.

La explotación de una mena se hace con el fin primordial de satisfacer la gran demanda de minerales para sostener la vida industrial; durante el período comprendido entre ambas Guerras Mundiales, el mundo extrajo y consumió más minerales que en toda su historia anterior. Las primeras fuentes de aprovisionamiento, que antes eran adecuadas a las necesidades, empiezan a parecer pequeñas, y cada vez son menos las grandes fuentes de las cuales pueden sacarse minerales. Este alarmante consumo de nuestros recursos minerales y el agotamiento de reservas conocidas significa que deben descubrirse nuevas fuentes de aprovisionamiento para reemplazarlas, si se quiere que la industria siga funcionando sin ninguna dificultad. Dado que disminuye el descubrimiento de afloramientos minerales visibles, la búsqueda debe dirigirse a los depósitos menos visibles, de los cuales tienen que existir muchísimos ocultos en el corazón de la tierra.

CAPITULO I

ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

1) Propiedades, Naturaleza y Comportamiento de la Magnesita

La magnesita que es el carbonato de magnesio, es un importante mineral industrial. La variedad sedimentaria se encuentra asociada a la sal y yeso, o pizarras y calizas, y está formada por deposición de carbonato de magnesio junto con algo de carbonato de calcio a partir de las aguas concentradas de lagos salinos. Al parecer, la deposición es provocada por precipitación química con deshidratación subsiguiente. Es de suponer que el magnesio fue transportado en forma de sulfato de magnesio por aguas superficiales o subterráneas, y que reaccionó con carbonato de sodio hasta dar hidromagnesita insoluble que se acumuló en forma de precipitado relativamente puro, y sulfato de sodio que permaneció en solución junto con otras sales solubles. Se encuentran ejemplos de depósitos sedimentarios en el Condado de Kern, California, Nevada, Idaho, Columbia Británica y Alemania. (18)

La magnesita se emplea principalmente como materia prima para los compuestos de magnesia y magnesio metálico, y hasta cierto punto se le usa en su estado natural. Su empleo se amplía al mismo tiempo que se extiende la actividad de las industrias de la construcción y metalurgia. Tras su calcinación, produce materia para ladrillos refractarios, cementos y pavimentos. Cuando es posible se usa dolomita en lugar de magnesita, ya que es más barata.

Propiedades

La magnesita se presenta en las dos variedades, cristalina y amorfa (criptocristalina), siendo esta última generalmente la más pura. Pierde su contenido en anhídrido carbónico con el calor, formando magnesia (MgO), la cual, tras ulterior calentamiento, se transforma en periclasa. Esta resiste la hidratación y carbonatación a temperaturas ordinarias. La magnesita del comercio no es tan solo el CO_3Mg , sino también productos sintetizados, la magnesia y la breunerita, un carbonato de magnesio con más del 5% de carbonato ferroso. Se calcina hasta convertirla en magnesita cáustica (con un contenido de 2 a 7% de CO_2) hasta 700-1200°C, y en magnesita apagada (con menos de 0.5 % de CO_2) a 1450-1500°C. La magnesita se emplea en su mayor parte para formar estos productos. (3)

Composición

Su composición es de carbonato de magnesio CO_3Mg (47.8% MgO , 52.2% CO_2), suele ir acompañada de impurezas de calcio, manganeso y cobalto en forma de carbonatos y de pequeñas cantidades de silicio, hierro y aluminio en forma de óxidos. (18)

Propiedades Físicas

La magnesita tiene tendencia a formar cristales rombohédricos, con un ángulo de $72^{\circ} 36'$. Su dureza varía entre 3.5-5, aunque las variedades más compactas pueden tener mayor dureza. Su lustre es vítreo en los cristales y opaco en la variedad masiva. El color de la magnesita pura es blanco, pero las impurezas pueden impartirle un color gris, amarillo o café. (18)

Pruebas

Infundible. Se disuelve con efervescencia en ácido clorhídrico caliente: algunas veces bajo la acción de luz ultravioleta presenta luminiscencia azulada o verdosa.

Minerales de Apariencia Similar

Calcita. Se disuelve rápidamente en ácido clorhídrico frío: la magnesita sólo se disuelve en ácido clorhídrico caliente.

Dolomita. Las masas de cristales de dolomita se asemejan mucho a las masas de cristales de magnesita y usualmente se requiere una prueba de rayos X para diferenciarlas. Medidas de gravedad específica en líquidos puede ser usada, el análisis químico mineralógico dará el resultado final.

Kaolín. El kaolín puede parecerse a la magnesita microcristalina, pero es suave y no produce efervescencia en ácido clorhídrico.

Datolita microcristalina. No se disuelve en ácido clorhídrico.

Horsteno. Es una variedad de cuarzo, su dureza es alta ($d=7$), y no se disuelve en ácido clorhídrico. (25)

Ocurrencia

La magnesita tiene tres modos de yacimiento, a saber:

- a) Reemplazo de dolomita o caliza, p. ej.: Washington, Austria, Manchuria, Checoeslovaquia, Quebec.
- b) Venas, p. ej.: California, Grecia, India, Rusia y Yugoslavia.
- c) Capas sedimentarias, p. ej.: Nevada.

Los depósitos de reemplazamiento producen la variedad cristalina y

son el resultado de la sustitución progresiva (raras veces completa) de caliza o dolomita por CO_3Mg por soluciones hidrotermales. Este reemplazamiento forma depósitos estratificados, lenticulares o de forma irregular, y de gran tamaño. Generalmente contienen algo de hierro ferroso.

Las venas contienen la variedad amorfa dura, y ocupan fracturas o zonas trituradas en serpentina o rocas ultrabásicas. Son el resultado de la descomposición de la serpentina por medio de soluciones hidrotermales de carbonato, acompañadas de liberación de sílice, que forma ópalo o calcedonia.

Las capas sedimentarias no son frecuentes.

La magnesita como mineral tuvo gran importancia en la primera mitad de este siglo. En los años finales del siglo XIX se le describía como un mineral raro. Por 1930 ya no fue considerado raro y fue usado en la producción de óxido de magnesio para ladrillos refractarios y propósitos de aislamiento. Fue usado también en la preparación de sales de magnesio con fines medicinales y en la manufactura del papel. Ya que al tratar la magnesita con calor se desprende el dióxido de carbono, se la ha empleado también como fuente de este gas.

El magnesio como metal ha sido usado desde hace muchos años, pero ha sido producido en una escala extremadamente pequeña partiendo del cloruro de magnesio recobrado de las salmueras. El magnesio es un mineral más brillante que el aluminio y puede reemplazar a éste en muchas otras propiedades. Durante la Segunda Guerra Mundial se incrementó la demanda del magnesio, ya que se empleó en la construc-

ción de aviones. Esto dio lugar a que minerales de menor grado como la dolomita se emplearan también en su obtención.

Uno de los más interesantes desarrollos en la producción del magnesio ha sido la extracción de este metal de las aguas de mar. En Texas ha sido construida una planta gigantesca que emplea millones de galones de agua de mar para separar el pequeño porcentaje de cloruro de magnesio presente y posteriormente convertirlo a magnesio metálico. La gran capacidad de producción actual de magnesio hace esperar que en los futuros años más y más artículos sean fabricados de él, lo cual aumentará la importancia de este metal. (18)

2) Fuentes de Abastecimiento de Magnesita, Locales y Externas

Como se indicó al principio de este trabajo, el fin primordial es el de analizar la posible explotación de un yacimiento de magnesita recientemente descubierto en Guatemala. Nuestra fuente de abastecimiento sería esa. Las fuentes externas serían prácticamente innecesarias y antieconómicas, ya que el precio del mineral se incrementaría por los costos del transporte.

A) Localización Geográfica

Ubicada en Guatemala, Centro América.

Altura: 600 ft. sobre el nivel del mar.

Lugar árido, en las estribaciones de montañas elevadas, a unos 200 Km. de San Salvador. (13)

B) Medios de Transporte

El medio más factible y económico de emplear sería el camión, el

cual serviría para el transporte de las minas a la fábrica donde se elabora el producto que saldría al mercado.

Para facilitar la carga de estos camiones, se utilizan a veces grúas móviles con capacidad de levante de media a una tonelada.

C) Capacidad

Con un área de explotación de 20 Km.² y una profundidad de roca promedio de 50 Mts. Se calcula una capacidad aproximada de un millón de toneladas métricas. Este cálculo se puede llegar a obtener con mayor exactitud, verificando perforaciones en diferentes lugares de la superficie comprendida en los 20 Km.² (13)

D) Capacidad de Suministro

La capacidad de suministro se adecuará a las exigencias de la demanda; la cantidad requerida en un determinado período determinará el número de operarios y las necesidades de transporte.

E) Esquema Tipo de una Planta Extractiva

En este caso, debido a la forma en que se encuentra el mineral, se trabajaría con dinamita y gente, o palas mecánicas al aire libre "open pit", pues el mineral no está en vetas sino en forma de masa.

F) Especificaciones de la Materia Prima

El siguiente análisis se hizo a una muestra representativa del mineral, a fin de comprobar su identificación e importancia comercial.

Reporte analítico:

Color:	blanco con partes café
Dureza:	4 (Escala de Mohs)

Lustre:	no tiene
Rayadura:	blanca
Fractura:	irregular
Tenacidad:	suave
Sistema de cristalización:	—
Fusibilidad:	— (Escala Kobell)
Peso específico:	3
Fosforescencia:	no tiene
Fluorescencia:	no tiene
Radioactividad:	no tiene.

Análisis químico cualitativo:

SiO_2 , CO_2 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , Al_2O_3

Análisis químico cuantitativo:

SiO_2	7.52%
$\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$	1.66
CaO	4.30
MgO	40.22
CO_2	46.22

La muestra contiene un 85% Mg CO_3 .

Análisis mineralógico:

La muestra es magnesita de importancia comercial.

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

I- MERCADO CUALITATIVO

A) Usos y Especificaciones o Normas de Calidad y Campos de Utilización

A continuación se da un breve comentario sobre los productos más importantes obtenibles del procesamiento de la magnesita.

Carbonato de Magnesio

El carbonato de magnesio, $MgCO_3$, peso molecular 84.33, se presenta en la naturaleza en forma de mineral llamado magnesita. Es una de las materias primas más importantes para obtener el magnesio y sus compuestos. Forma yacimientos muy extensos de dolomita, $MgCO_3 \cdot CaCO_3$. El carbonato de magnesio se encuentra también en yacimientos pequeños y afloramientos en forma de nesquehonita ($MgCO_3 \cdot 3H_2O$) y lansfordita ($MgCO_3 \cdot 5H_2O$). Algunos yacimientos aislados de hidromagnesita ($3MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$) tienen cierta importancia comercial. El carbonato magnésico anhídrido se obtiene calentando cualquiera de los carbonatos hidratados o mezclas de sales de magnesio con carbonatos alcalinos a presión en sistema cerrado. La descomposición del carbonato de magnesio por el calor ha sido estudiada por muchos investigadores; los resultados difieren mucho, debido principalmente a las diferencias en estructura física y contenido de humedad de los diver-

osos minerales. Casi todas las magnesitas naturales empiezan a perder dióxido de carbono entre 400 y 500°C: la descomposición completa se produce rápidamente por encima de 600°C.

Las industrias de materiales refractarios consumen grandes cantidades de magnesita y dolomita en la fabricación de ladrillos refractarios básicos y revestimientos para los hornos Martin en la industria del acero. Las industrias de pinturas y tintas para imprenta consumen también cantidades sustanciales de carbonato de magnesio. Las calidades técnicas se utilizan en la fabricación de mezclas incombustibles, composiciones para pisos y para pulimento y como relleno para papel, plásticos, pinturas y barnices. Calidades especiales de carbonato de magnesio se usan como materiales de relleno para el caucho, en especial para los tipos semitransparentes. Cantidades considerables de carbonato de magnesio de la calidad U. S. P. se consumen anualmente por adición de 1% a la sal de mesa; el objeto de esta adición es conseguir que la sal fluya fácilmente y evitar que se formen terrones en los saleros. La industria farmacéutica utiliza carbonato de magnesio como compuesto para dar volumen en numerosas fórmulas de polvos y también como antiácido. Es también el material inicial preferido en la preparación de soluciones de citrato de magnesio y de las calidades más puras de sales de magnesio. (19)

Oxido de Magnesio (Magnesia)

MgO, peso molecular 40.32. Es el producto final de la descomposición térmica de numerosos compuestos y minerales del magnesio;

se presenta raramente en la naturaleza como periclasa, MgO , por lo general incluido en yacimientos de caliza cristalina. Las propiedades físicas de los óxidos de magnesio comerciales varían mucho según la naturaleza del material inicial, el tiempo y temperatura de descomposición y las impurezas presentadas en forma de vestigios, por lo que es difícil atribuir propiedades bien definidas a los diversos productos que corresponden a la composición química MgO . Casi todos los óxidos comerciales muestran pseudoestructuras sorprendentemente estables derivadas de las materias iniciales, aunque la estructura cristalina de todas las partículas primarias es cúbica de caras centradas. La red cristalina de los óxidos obtenidos a bajas temperaturas está intensamente deformada. La constante de red "a" es 4.1976 a $-173^{\circ}C$, 4.2289 a $500^{\circ}C$ y 4.2819 a $1300^{\circ}C$ en el óxido magnésico químicamente puro. La densidad calculada según datos de rayos X, es 3.545. El punto de fusión del óxido magnésico puro es $2800^{\circ}C$. El punto de ebullición a 760 mm. de Hg en atmósfera inerte está comprendido entre 2800 y $2850^{\circ}C$. El aumento en la densidad por el aumento en la temperatura de calcinación es acompañado de disminución de la actividad química. En tanto que los óxidos obtenidos entre 400 y $900^{\circ}C$ (partiendo del hidróxido magnésico o del carbonato básico) son fácilmente solubles en ácidos diluidos y se hidratan rápidamente, incluso en agua fría; los óxidos fundidos son virtualmente insolubles en ácidos concentrados e indiferentes al agua, a menos que estén pulverizados muy finamente. Por su elevado poder de reflexión en el espectro visi-

ble, el óxido magnésico se usa como patrón del color blanco. El óxido de magnesio conduce mal la electricidad a temperaturas bajas, pero a medida que sube la temperatura aumenta rápidamente su conductividad. El óxido de magnesio se forma por descomposición térmica de todas las sales de magnesio de ácidos volátiles; pero las diversas calidades comerciales se obtienen partiendo de la magnesita ($MgCO_3$), del hidróxido magnésico o del carbonato básico de magnesio.

El óxido magnésico tiene sus aplicaciones más importantes en la fabricación de refractarios, magnesio metálico y cementos de oxícloruros. Las calidades impuras se usan también como componentes de fertilizantes mixtos; el magnesio figura en el quinto lugar en la serie de elementos necesarios para la nutrición de las plantas y es un ingrediente esencial para la formación de la clorofila. Una calidad de óxido magnésico puro fundido eléctricamente se usa en la fabricación de crisoles para temperaturas elevadas, y un óxido fundido y pulverizado se aplica mucho en la fabricación de elementos calentadores para estufas eléctricas. El óxido de magnesio purificado es el material del que se parte para la preparación de numerosas sales de magnesio y otros compuestos. La industria de la limpieza en seco consume cantidades considerables como agente decolorante para los disolventes. Las calidades activas del óxido se usan como neutralizantes y como aceleradores de la vulcanización en la fabricación de artículos de neopreno y caucho.

Numerosas composiciones catalíticas usadas en la preparación de

compuestos orgánicos contienen óxido de magnesio.

Es también un ingrediente de diversas fórmulas farmacéuticas y cosméticas, como dentífricos y polvos. El óxido magnésico, U. S. P. XVI, se usa en medicina como el hidrógeno y el carbonato. (19)

Hidróxido de Magnesio

Por hidratación de todas las calidades activas de óxido magnésico se forma hidróxido magnésico, $Mg(OH)_2$, peso molecular 58.34, densidad 2.43. La solubilidad del hidróxido magnésico en agua exenta de dióxido de carbono depende en cierto grado del método de preparación del óxido magnésico original y de la antigüedad del hidróxido. A $18^{\circ}C$ la solubilidad es de 1.61×10^{-4} moles por litro para el hidróxido magnésico envejecido, y 7.0×10^{-4} moles para el hidróxido recientemente obtenido.

El hidróxido de magnesio se encuentra en la naturaleza en forma del mineral llamado brucita, por lo general unido a la periclasa como producto de hidratación de ésta, o en forma de inclusiones en yacimientos de serpentina, magnesita y dolomita. El hidróxido magnésico cristaliza en láminas hexagonales uniáxicas. Incluso los hidróxidos de magnesio gelatinosos obtenidos por precipitación de soluciones de sales de magnesio con álcalis muestran el mismo patrón de difracción con rayos X que los cristales gruesos. El efecto de la rapidez de calcinación del óxido es evidente, incluso en el tamaño de los cristales de los hidróxidos resultantes. La rapidez de hidratación de diversos óxidos de magnesio depende del área de

superficie activa y puede variar entre unas cuantas horas, en el caso de óxidos activos obtenidos a temperaturas bajas partiendo del hidróxido o del carbonato básico, y meses y años para las calidades fuertemente calcinadas.

No se ha demostrado la existencia de hidratos bien definidos del hidróxido de magnesio. La descomposición térmica empieza a 380°C, pero son necesarias temperaturas mucho más altas para expulsar los últimos vestigios de agua.

Tanto el hidróxido como el óxido de magnesio absorben del aire humedad y gas carbónico.

Con una exposición suficientemente larga las calidades activas del óxido y el hidróxido de magnesio se convierten gradualmente en el carbonato básico $5 \text{MgO} - 4\text{CO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$.

Los principales usos del hidróxido de magnesio son en medicina usados como antiácido y laxante, principalmente en forma de la suspensión acuosa conocida con el nombre de leche de magnesia (magma de magnesia, U. S. P. XVI). La mayor parte de esta última se prepara por dilución de una pasta de hidróxido de magnesio al 30% que se obtiene por filtración al vacío de un precipitado de agua de mar lavado. Una calidad medicinal del hidróxido magnésico seco se usa en tabletas con el mismo fin. (19)

Sulfato de Magnesio

El sulfato magnésico, MgSO_4 , peso molecular 720.38, es más conocido como heptahidrato, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, sal inglesa, sal amarga, sal de Epsom. A pesar de encontrarse en la naturaleza en el mine-

ral llamado epsomita, esta sal se prepara artificialmente empleando las calizas magnesianas (magnesita, dolomita), las cuales se tratan por el ácido sulfúrico, formándose sulfato de cal, que se precipita, y sulfato de magnesia que queda disuelto en el agua; ésta se evapora y la sal cristaliza. Se obtiene también de la keiserita, o bien como producto secundario del agua gaseosa o del ácido carbónico obtenido por medio de la acción del ácido sulfúrico sobre giobertita, que es un carbonato natural hidratado de magnesio.

Usos: en la industria para dar apresto a los tejidos de algodón, como agente de carga para el papel, masticos y cementos, etc., empleándose mucho en farmacia como laxante y agente cardiovascular.

(1)

Dióxido de Carbono

El dióxido de carbono, anhídrido carbónico o gas carbónico, CO_2 , peso molecular 44.01, es un gas incoloro, de olor ligeramente punzante y sabor ácido. Su descubrimiento como gas diferente de otras sustancias gaseosas se atribuye a Van Helmont (1577 a 1644), quien halló en los productos de la combustión del carbón vegetal el mismo gas que se desprende en el proceso de la fermentación. Hoy se obtiene gran cantidad de dióxido de carbono como subproducto de la fermentación y de la fabricación de cal, así como por la separación de gases de los tubos de humo mediante la absorción. Se usa en estado líquido, sólido y gaseoso para la conservación de comestibles, la carbonatación de bebidas, extinción de incendios, en terapéutica, en operaciones de minería y en la fabricación de sustancias químicas. (19)

Cloruro de Magnesio

$MgCl_2$, peso molecular 95, 23. Se encuentra en el comercio en la forma anhidra y como hexahidrato, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$; cristales prismáticos monoclinicos; p. f., aproximadamente $117^{\circ}C$. Tanto el producto anhidro como el hexahidrato son deliquescentes. Un mineral poco frecuente es la bischufita, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. El cloruro magnésico es uno de los componentes principales del agua del mar y por consiguiente existe en casi todas las salmueras naturales y en los depósitos de sal que se formaron por evaporación del agua del mar. El cloruro de magnesio forma hidratos con 2, 4, 6, 8 y 12 moléculas de agua de cristalización; pero sólo el hexahidrato tiene importancia comercial.

Aparte de su uso como materia prima para la fabricación del magnesio metálico, una de las aplicaciones más importantes del cloruro de magnesio es la preparación de cementos de oxiclорuro para suelos (cementos que no producen chispas) y composiciones para el enlucido de paredes. Se usa también para hacer incombustible la madera, como ingrediente de mezclas para barrer los pisos, mezclas anticongelantes, agentes extintores de incendio y para el apresto del algodón. (19)

B) Justificación de la Instalación de una Planta en el País

El mercado salvadoreño en el ramo industrial tiene una tendencia a aumentar la demanda de materias primas en general; notoriamente se conoce el incremento sensible del empleo de productos deriva-

dos de la magnesita en industrias como la de los fertilizantes, textiles y farmacéutica.

En cuanto a la industria de fertilizantes, conocemos que en la actualidad los programas agrícolas tienden a obtener mayores rendimientos de los recursos naturales del país, este fenómeno permite estimar una demanda creciente de productos químicos que se utilizan como materia prima en la elaboración de estos abonos.

La industria textil tiene también una considerable demanda de dichos productos, específicamente el cloruro de magnesio es empleado en el proceso. Hace 10 años esta industria tenía un potencial reducido, la ampliación de las ya establecidas y la instalación de nuevas fábricas, planificadas a nivel del área centroamericana, ha casi triplicado la capacidad de producción.

Un análisis de la industria salvadoreña en relación con su demanda de materias primas de magnesio, presenta las siguientes características:

1) Industria de Fertilizantes

El magnesio es de los elementos nutricios vitales en el proceso fisiológico de las plantas, una parte esencial de la clorofila tiene gran influencia en la formación de proteína, azúcar y aceites; contribuye a la mejor producción vitamínica, requerida para una adecuada asimilación del fósforo durante el crecimiento de la planta, aumenta la resistencia a las enfermedades.

La deficiencia de magnesio hace que las hojas se vuelvan de un amarillo claro al blanco, los vasos permanecen de un verde os-

curo. Los síntomas se manifiestan inicialmente en las puntas de las hojas más antiguas y luego avanzan hacia los pecíolos. Los cultivos de tabaco y papas son en los que se emplea fertilizantes con alto contenido de magnesio, la ausencia de este elemento imparte a la hoja de tabaco un aspecto seco, delgado y quebradizo; el aroma y las condiciones de combustión son bajos.

Para la elaboración de dichos fertilizantes se importan a nuestro país, considerables cantidades de productos de magnesio, conocidos comercialmente como: Magox (óxido de magnesio) y K-Mag ó Sul-Po-Mag (sulfato de potasio y magnesio). (5)

2) Industria Textil

En el tratamiento de las fibras de algodón se emplea el cloruro de magnesio; estas fibras contienen un 35% de partes amorfas, esto hace que el producto final tenga mala apariencia y se arrugue con facilidad.

Para mejorar la apariencia, suavidad, tacto, etc. de la tela de algodón, las fibras se tienen que tratar con resinas internas y de superficie (epoxicas), suavizantes, humectantes y penetrantes. El cloruro de magnesio actúa como catalizador, aumentando la velocidad de reacción de la resina dentro de la fibra: la operación se realiza en proceso "Batch". Las soluciones empleadas para el tratamiento contienen de 1.5 a 2% de cloruro de magnesio, según sea el uso posterior que se le va a dar a la fibra. El volumen de las soluciones usadas en cada operación varía entre

100-150 litros, según las dimensiones del equipo; se verifica un promedio de 10 Batch en cada planta cada 24 horas. (6)

3) Industria Farmacéutica

En esta rama industrial es donde se verifican las mayores importaciones de productos de magnesio, aunque la mayor parte son productos ya terminados, empleados medicinalmente o como reactivos de laboratorio.

Entre los productos empleados como materia prima se encuentran los siguientes: carbonato de magnesio, sulfato de magnesio, cloruro de magnesio, óxido de magnesio, hidróxido de magnesio, estearato de magnesio e hipofosfito de magnesio.

El carbonato de magnesio se emplea principalmente para la elaboración de polvos faciales o compactos en vanidades; se utiliza también en medicina como antiácido y laxante (preparación de citrato de Mg).

El sulfato de magnesio, conocido como Sal de Epsom o Sal de Inglaterra, se emplea mucho como catártico salino. La acción catártica proviene de que el sulfato de magnesio no es absorbido en el tracto intestinal, y retiene la cantidad de agua necesaria para hacer una solución isotónica. Se emplea también para el tratamiento de afecciones de la piel, como la erisipela, en solución saturada y fría. Es un buen antídoto en envenenamientos con bario, barbitúricos, morfina, quinina, salicilatos, etc. (21)

El cloruro de magnesio e hipofosfito de magnesio se emplean en la elaboración de jarabes, como reconstituyentes, ya que son



útiles modificadores de la nutrición. El cloruro de magnesio se emplea también en la elaboración de sueros. (10)

El óxido de magnesio se usa para granularlo en la elaboración de pastillas antiácidas y laxantes; para soluciones del mismo fin se usa el hidróxido de magnesio, generalmente importado como gel hidróxido de aluminio y magnesio.

El estearato de magnesio se emplea como lubricante en la fabricación de tabletas. (11)

4) Elaboración de Cementos Adhesivos

Otra industria salvadoreña que emplea considerables cantidades de magnesia es la que elabora "cementos de neopreno", éstos son cementos de contacto empleados para pegar telas, maderas, cueros, etc. (7)

Los óxidos metálicos son necesarios para regular la pre-vulcanización y velocidad de vulcanización de los neoprenos. Además son esenciales para producir vulcanizados de neopreno de alta calidad. De los diversos óxidos metálicos estudiados, las combinaciones de magnesia y óxido de zinc producen el mejor equilibrio entre elaboridad, rapidez de vulcanización y cualidades del vulcanizado.

Los grados para neopreno de magnesia tienen dos características comunes. Primera, son precipitadas (no molidas) y calcinadas después de la precipitación. Segunda, son muy activas, presentando elevada relación de superficie a volumen.

Para que la magnesia sea completamente eficaz deberá disper-

sarse rápida y uniformemente en el neopreno. Las propiedades físicas y químicas de la magnesia tales como, densidad aparente, tamaño de partícula y pureza (contenido en MgO) no pueden correlacionarse con su comportamiento en el neopreno. Por otra parte, la actividad de la magnesia medida por absorción de yodo, parece ser un criterio válido; en general, a mayor actividad de la magnesia, más seguridad de elaboración y mayores las propiedades de vulcanizado obtenido en composiciones de neopreno. (22)

5) Industria Pirotécnica

La industria pirotécnica salvadoreña ha avanzado de tal modo, que en la actualidad se puede considerar como la mejor de Centro América. El prestigio alcanzado, sobre todo en lo que se refiere a la elaboración de fuegos artificiales, ha permitido considerables exportaciones al área. Habiéndose alcanzado un nivel técnico de elaboración adecuado, se confrontan problemas en relación al costo elevado de las materias primas que se importan del exterior.

Además de los carburantes clásicos, nitratos y cloratos de bario y potasio, se usan sales de estroncio, calcio, antimonio, azufre, aluminio y magnesio para proporcionar los diferentes colores.

El producto de magnesio empleado es el carbonato, el cual produce luces **blancas** muy brillantes. Se incorpora en forma de polvo finamente molido (200 MESH) y totalmente seco. (8)

6) Elaboración de Bebidas Carbonatadas

En el proceso de calcinación de la magnesita se verifica el desprendimiento de CO_2 , gas carbónico, cuya aplicación principal en nuestro país es en la elaboración de bebidas carbonatadas. Actualmente el CO_2 usado en la carbonatación de bebidas se obtiene por fermentación en el proceso de fabricación de la cerveza, con este método se logran obtener además de grandes volúmenes de gas, buenas condiciones de pureza, que es esencial para su uso posterior. (12)

El gas carbónico obtenido a partir de la magnesita no es de muy buena calidad, su recuperación en el proceso de calcinación requiere el empleo de equipo más complejo y por lo tanto de un costo más elevado (24), añadido esto a la saturación del único mercado existente, hacen antieconómica la obtención de dicho gas a partir del mineral de magnesita.

7) Elaboración de Ladrillos Refractarios

Una de las principales aplicaciones de la magnesita es en la elaboración de ladrillos refractarios; en la actualidad no existe en El Salvador una fábrica de estos ladrillos, siendo bastante considerable la importación de ellos para usos en ingenios, fundiciones, panaderías, incineradores, calderas, fábricas de cemento y vidrio, etc.

Existen varias clases de refractarios, siendo los más empleados los de sílice, alumina y magnesita.

La cal y la magnesia se encuentran entre los óxidos más refractarios, y funden a 2570 y 2800°C, respectivamente. Desafortunadamente la cal no puede, mediante fuerte calentamiento, hacerse inerte al agua, y su uso, como un óxido puro, se ha limitado a la metalurgia del platino. La magnesia no abunda tanto ni es tan barata como la cal. Se ha preparado tradicionalmente a partir de la magnesita (CO_3Mg) o breunerita, que contiene también algo de CO_3Fe . Los mejores yacimientos se encuentran en Austria y Checoslovaquia, pero Grecia, Yugoslavia, India, Australia, Sudáfrica y California tienen yacimientos útiles. Rusia y Manchuria producen también magnesita. Los yacimientos británicos son pobres y se utiliza el agua del mar como principal fuente de magnesio, Estados Unidos también emplea el agua del mar para parte de sus necesidades.

La magnesita se prepara, si es necesario, hasta un contenido de CO_3Ca y CO_3Fe más bajo, mediante técnicas de preparación de minerales, molienda y lavado o calcinación y separación magnética; se calcina en hornos rotatorios por encima de 900°C para convertirla en el óxido, después se calienta éste hasta una temperatura superior a 1600°C para obtener la forma compacta de la magnesia denominada periclasa, que es estable al agua. Esta se conoce como "magnesita apagada".

La manufactura de briquetas es muy sencilla. El clinker se tritura y se tamiza y los tamaños adecuados se mezclan con aglutinantes, tales como una lechada de magnesia, óxido férrico hidra-

tado o arcilla y no más de 5% de agua. El moldeo se realiza por prensado a 1000 Kgr./Cm.² Esta elevada presión es necesaria para dar resistencia inicial buena y resistencia al fuego, para minimizar las contracciones por calentamiento, y para reducir la porosidad y mejorar la "RUL" (Resistencia mecánica en caliente o refractariedad bajo carga).

El producto que se obtiene es un cemento de pequeños cristales de silicatos y otros compuestos. La sílice es una impureza inevitable y el compuesto deseable es forsterita, $2\text{MgO} - \text{SiO}_2$, que funde a 1900°C . Adiciones de MgO puro a las fracciones más finas se hacen para aumentar la razón $\text{MgO} - \text{SiO}_2$ en el producto que se obtiene, y por tanto, mejorar la refractariedad. Silicatos de hierro y de calcio y frecuentemente ferrito magnésico pueden formarse también.

En ladrillos básicos la refractariedad y la resistencia dependen de las propiedades de este cemento, y finalmente, de su punto de fusión. Los líquidos correspondientes no son generalmente viscosos. No existe entrelazamiento de cristales aciculares, pues la mayoría de los componentes del cemento pertenecen al sistema cúbico.

La refractariedad de estas briquetas es de 1800°C , aproximadamente, pero su "RUL" no es superior a los 1500°C . La resistencia a la rotura es también mala, debiéndose esto probablemente al elevado coeficiente de dilatación térmica, aunque actualmente algunas calidades resisten más de treinta inversiones.

En algunas ocasiones se mezcla zircona para este fin. La "rotura estructural" se produce también debiéndose a un hinchamiento producido por la absorción de FeO bajo ciertas circunstancias. En este caso se desprenden escamas en la cara más caliente. La resistencia a las escorias ricas en CaO y FeO es extremadamente buena, e incluso el ataque por escorias ácidas se inhibe por la formación de forsterita, de elevado punto de fusión ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$). La conductividad térmica es muy elevada. Las briquetas son bastante densas, de color castaño claro y débilmente magnéticas.

Las briquetas de magnesita se utilizan en hornos eléctricos básicos y en hornos Siemens-Martin, bajo el hogar y en alguna extensión, en las paredes. También se han empleado en cúpulas y como recubrimiento en mezcladores.

Su resistencia a la escoria las convierte también en un material posible para las zonas más calientes de las celdas de pre-calificación, suponiendo que se puedan suministrar briquetas de elevada resistencia a la rotura.

La magnesita se puede aplicar en forma de paredes monolíticas mediante encofrado metálico con acero dulce, el cual oxida y cementa las briquetas adyacentes. Trozos de tubería ensamblados con magnesita inerte, y colocados en las paredes antes de calentarlos hasta 1400°C , también se consolidan en estructuras fuertes, relativamente libres de problemas de rotura. Este tipo de pared se ha empleado en los hornos que se usan para cocer bri-

quetas, y en hornos eléctricos de arco. Se emplea magnesita pulverizada para fabricar el hogar de trabajo. Se muele hasta lograr partículas de 6 mm. para conseguir un relleno de densidad elevada, y se prensa con alquitrán en un molde, quemándose posteriormente el alquitrán in situ. (4)

Por medio del estudio anterior se puede apreciar los diversos usos industriales de los productos de magnesio en el país. La instalación de una planta local para el procesamiento de la magnesita se justifica, si la demanda cuantitativa de todos o algunos de estos productos es económicamente importante, y si el proceso de preparación de éstos sea tal, que pueda competir ventajosamente con sus similares de importación. Estos detalles se consideran en los literales C) y D) del tema.

C) Productos Similares Consumidos Dentro de la Zona

Enfocaremos este punto analizando cada industria por separado.

Industria de Fertilizantes

El requerimiento de magnesio en un determinado fertilizante puede ser suplido por diversos productos (ver Cuadro No. I), siendo los de mayor contenido la magnesia y magnesita. La industria de los fertilizantes en el país importa los productos de magnesio conocidos comercialmente como: Magox y Sul-Po-Mag (5). De estos dos productos, el Magox (óxido de magnesio) es el que se puede obtener a partir del procesamiento de la magnesita. El Sul-Po-Mag (sulfato doble de potasio y magnesio) se obtiene de los yacimientos de

lagbienita; el término doble se refiere al 2MgSO_y en la fórmula $\text{K}_2\text{SO}_y - 2\text{MgSO}_y$ y contrasta con el sulfato sencillo de potasio y magnesio, $\text{K}_2\text{SO}_y - \text{MgSO}_y$.

Existen grandes yacimientos del mineral en el Estado de Nuevo México (EE. UU.).

Este material se usa en cantidad apreciable como fuente primaria de magnesio soluble en agua y como fuente suplementaria de sulfato de potasio, ya que contiene 18. 5% de MgO y 22. 6% de K_2O . (19)

El precio C. I. F. de los productos es el siguiente: (5)

Magox	¢382. 50/ton. corta	¢0. 42/Kgr.
-------	---------------------	-------------

Sul-Po-Mag	¢157. 50/ton. corta	¢0. 17/Kgr.
------------	---------------------	-------------

La diferencia de precios es considerable, esto es debido a que aunque el Magox sólo aporta un elemento nutritivo (Mg) lo hace en un porcentaje elevado (92%); el Sul-Po-Mag aporta dos elementos nutritivos, pero en bajos porcentajes (18. 5% MgO y 22. 6% K_2O) y se hace necesario más peso y por lo tanto más volumen para alcanzar los niveles deseados. El sulfato doble de magnesio y potasio se utiliza en forma de polvo (a granel) y debe poseer como mínimo un 21% de K_2O y un 18% de MgO .

Los costos de transporte de estos productos son similares, fluctuando entre \$16 a \$18 por tonelada métrica. La importación se efectúa en su totalidad de los Estados Unidos.

Los impuestos aduaneros a que están sujetos estos productos son: un impuesto "Ad-valorem" sobre el valor C. I. F. de 10%, y un impuesto específico de \$2 por cada 1000 Kgr. (peso bruto). (20)

Industria Textil

En el tratamiento previo de las fibras de algodón, se emplean también como catalizadores del proceso, además del cloruro de magnesio, los cloruros de zinc y bario.

El tipo de catalizador empleado depende de las condiciones que debe poseer la fibra, según sea su uso posterior; tiene especial influencia sobre la resistencia del hilo y la solidez de los colorantes.

(6)

El precio F. O. B. de estos productos es:

Cloruro de magnesio	\$ 0. 60/Kgr.
Cloruro de zinc	\$ 1. 15/Kgr.
Cloruro de bario	\$ 1. 00/Kgr.

Por lo general estos productos se importan de Alemania, el flete marítimo oscila entre \$28 a \$30 por tonelada métrica. Los impuestos a que están sujetos son: para el cloruro de magnesio, los mismos que para el "Magox" y el "Sul-Po-Mag" ya que están incluidos en la misma partida de importación; el cloruro de bario y el cloruro de zinc aunque incluidos en diferentes partidas, están sujetos a igual arancel aduanal que el cloruro de magnesio. (20)

Industria Farmacéutica

En lo que se refiere a los productos de magnesio empleados en la elaboración de fórmulas farmacéuticas, ya sea en la fabricación de sueros, pastillas, jarabes, etc., presenta bastante dificultad analizar sus similares, ya que, cada especialidad farmacéutica se prepara según fórmula descrita en las Farmacopeas (Códex, F. E. U.,

Internacional). Existen naturalmente diversos productos que poseen acción semejante (laxante, antiácido, catártico, etc.) pero su empleo será en la preparación de una fórmula diferente. (21)

En cuanto al carbonato de magnesio, que se emplea en la elaboración de polvos faciales, sus cualidades de buen absorbedor de la fragancia y excelente fijador del pigmento, lo hacen casi insustituible. Su empleo para este fin ha sido exclusivo hasta ahora en el país.

Elaboración de Cementos Adhesivos

Las calidades de vulcanizado de neopreno alcanzadas con las combinaciones de magnesia y óxido de zinc, son difícilmente igualables por el empleo de otros óxidos metálicos. Aunque el óxido de plomo es un sustituto adecuado, siempre se prefiere el empleo de la combinación de óxidos de zinc y magnesio, que en el país se han empleado hasta ahora con excelentes resultados. (7)

Industria Pirotécnica

Para producir los efectos de luces blancas en los fuegos artificiales se emplea, además del carbonato de magnesio, el sulfuro de arsénico, el cual también se usa en la elaboración de chispas (chispas del diablo); debido a que es un producto altamente venenoso se ha suspendido su empleo. (8)

Se puede considerar en este punto, que al estudiar la posibilidad de instalación de una industria de refractarios en el país, en la cual la magnesita sería una de las materias primas a emplearse. Debe

de tomarse en cuenta que se emplean varias clases de ladrillos refractarios, sílice, alúmina, magnesita, cromita-magnesita, etc., siendo los más empleados los de sílice y alúmina, los cuales tienen un precio en plaza que oscila entre ₡1.65 a ₡1.80 por unidad (tamaño normal, 9x4.5x2.5 pulgadas y 7 lbs. de peso promedio). Los ladrillos de magnesita se consiguen en plaza a ₡4.00-₡4.50 cada uno y los de cromita-magnesita a ₡5.50-₡6.00 cada uno.

Se estima que entre 15 a 20% de la demanda total de ladrillos refractarios corresponde a los de magnesita. El impuesto aduanal de estos productos únicamente los grava sobre el valor C. I. F. (Ad-valorem) con 10%; el específico es libre ya que la alta densidad de estos productos elevaría agudamente los costos. (Ver Cuadro No. V)

D) Comparación entre Productos y Competencia

Al establecerse una planta procesadora de magnesita, con el fin de obtener sus derivados para suplir la demanda de la industria del país, los productos ofrecidos deben de cumplir las normas de calidad y requisitos técnicos exigidos por el consumidor, además de desarrollar una política empresarial adecuada, de precios y de formas de abastecimiento, para poder competir favorablemente con los productos similares importados.

A este respecto es necesario señalar ciertas consideraciones.

Debido a las estrictas normas de calidad exigidas por los productos empleados en la elaboración de fórmulas farmacéuticas, no procede la elaboración local de dichos productos, ya que, habría que competir en calidad, precios y aceptación en el mercado con compañías

de gran experiencia y prestigio mundial. A esto se añade el reducido mercado que tienen estos productos en el área, como se verá posteriormente.

Existen productos como el cloruro de magnesio, sulfato de magnesio, sulfato de magnesio y potasio, que pueden ser obtenidos a partir de la magnesita; pero que también se encuentran en yacimientos naturales de los cuales resulta más práctica y económica su extracción.

Los productos en los cuales la producción local puede competir favorablemente son los derivados primarios de la magnesita (carbonato y óxido de magnesio), para cuya elaboración no es necesario el empleo de materias primas auxiliares, y por el tipo de industria en que se emplean, las normas de calidad no son tan difíciles de cumplir.

El carbonato de magnesio empleado en pirotecnia y en la elaboración de cosméticos requiere los siguientes requisitos: en forma de polvo, 200 MESH, 90% CO_3Mg , 7% CO_3Ca , 3% impurezas de Fe, Al y Si. Los precios en el mercado local oscilan entre $\text{C}\$3.15$ a $\text{C}\$3.25$ por Kgr. (9)

El óxido de magnesio empleado en fertilizantes se importa con estos requisitos: calcinación 662°C , pureza 90% MgO , impurezas 2% CaO , 0.5% humedad, el resto son óxidos de Fe, Al y Si. Tamaño de partícula 4.76 mm. de diámetro. Es importado directamente por las compañías consumidoras, su precio C. I. F. por Kgr. es de $\text{C}\$0.42$. (5)

E) Definición del Consumidor. Productos Intermedios o Finales

El consumidor de los productos derivados de la magnesita utilizados como materia prima, reside en las industrias que orientan su producción a los fertilizantes, textiles, cementos adhesivos, pirotécnicos y farmacéuticos, los cuales actualmente integran un mercado real y que cada ciclo de consumo aumentan su demanda. Además existe la posibilidad de sustituir las importaciones de ladrillos refractarios de magnesita, rubro de mucha importancia en las industrias de cemento y de vidrio.

Como consecuencia de que la magnesita es una materia prima nata, siempre se utiliza como un producto intermedio.

II- MERCADO CUANTITATIVO

A) Mercado Local

La demanda total de los productos de magnesio utilizados como materia prima tiene una cobertura amplia, interviniendo muchas ramas de la economía industrial.

Al procesar la magnesita con operaciones de trituración, molienda y tamizado se obtiene lo que se llama magnesia en polvo (CO_3Mg). Este producto como ya se indicó anteriormente, tiene su principal mercado en las industrias de pirotecnia y farmacia. La demanda de carbonato de magnesio para la pirotecnia es en la actualidad de 1000 Kgr. anuales, con niveles de precios al consumidor que varían de ₡3.00 a ₡3.25 el Kgr. Debido al desarrollo de carácter tradi-

cionalista que posee esta industria su demanda permanece bastante estable. (8)

Por otra parte, los laboratorios y droguerías farmacéuticas tienen una demanda mayor, aproximadamente de ocho veces más que la pirotecnia, estimándose que asciende a 7000 Kgr. anuales el carbonato empleado en la elaboración de polvos y compactos, productos de consumo masivo, y por este hecho su demanda crece ya sea por el incremento de la población o por los métodos publicitarios que tratan de aumentar el consumo. Los niveles de precios son similares a los del carbonato empleado en pirotecnia. Unos 1000 Kgr. se emplean en la preparación de medicinas; la calidad empleada en farmacia tiene un mayor precio, \$3.50 Kgr. (14) (Ver Cuadro No. II)

Si después de la trituración y molienda de la magnesita se somete a calcinación, se obtiene el óxido de magnesio, producto que posee el mercado más amplio de todos los derivados de la magnesita.

En el país se utiliza especialmente en la elaboración de fertilizantes. Hasta la fecha el abastecimiento de este producto se hace a través de importaciones, con fluctuaciones anuales debido a las condiciones cíclicas de la agricultura; quiere decir que la demanda real de fertilizantes se condiciona a las condiciones climáticas, económicas, de tradición de los usuarios.

No fue posible obtener datos de importación específicos, existiendo información sólo de los dos últimos años y de lo que va del actual. En 1969 las importaciones ascendieron a 250.000 Kgr. con un precio

C. I. F. de \$27,153.00; en 1970 no se importó óxido de magnesio, sustituyéndose la operación por sulfato de potasio y magnesio, 199,977 Kgr. con un precio C. I. F. de \$20,970.79. (16)

En el presente año ha crecido enormemente la demanda tanto de óxido de magnesio como de sulfato de magnesio, probablemente debido al desarrollo de programas agrícolas en el país y la educación del agricultor en cuanto al uso permanente de fertilizantes.

Hasta el 30 de septiembre del presente año se ha reportado la siguiente importación: 499,543 Kgr. de óxido de magnesio con un precio C. I. F. de \$76,742.47, y 962,043 Kgr. de sulfato de potasio y magnesio con un precio C. I. F. de \$44,847.07. (15)

El óxido de magnesio empleado en la elaboración de cementos de neopreno tiene un consumo anual de 600 Kgr. con un precio de ₡3.30 Kgr. (7)

El óxido usado con fines farmacéuticos asciende a 2,500 Kgr. por año, y tiene un precio más alto, ₡4.30/Kgr., debido a su calidad especial.

El carbonato de magnesio y el óxido de magnesio son los productos que se pueden obtener del procesamiento directo de la magnesita, esto es, sin la necesidad de recurrir a otras materias primas.

A partir del óxido de magnesio, pueden obtenerse, por procedimientos químicos específicos, productos como el sulfato de magnesio, cloruro de magnesio, estearato de magnesio, etc., que también son usados por la industria del país como materias primas. Estos productos que se denominarán productos secundarios obtenibles del pro-

cesamiento de magnesita (para diferenciarlos de los primarios, carbonato y óxido de magnesio) tienen su mercado principal en la industria textil y en la farmacéutica; la demanda anual se presenta en el siguiente cuadro:

Demanda de Productos Secundarios Obtenibles de la Magnesita (9)

Producto	Industria	Cant. Kgr.	Precio Local Col. /Kgr.	Demanda Local Col.
Cl ₂ Mg	Textil	7.000	¢ 3.00	¢ 21.000
Cl ₂ Mg	Farmacéutica	400	3.50	1.400
SO _y Mg	Farmacéutica	3.000	1.00	3.000
HPO ₃ Mg	Farmacéutica	200	3.00	600
Mg (OH)	Farmacéutica	400	1.50	600
C ₃₆ H ₇₀ Mg O _y	Farmacéutica	500	9.00	4.500
TOTAL		<u>11.500 Kgr.</u>		<u>¢ 29.900</u>

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, el mercado de estos productos es bastante reducido; no presenta un incentivo económico fuerte que justifique su obtención a nivel industrial.

El mercado real queda limitado a los productos primarios de la magnesita, el carbonato de magnesio y el óxido de magnesio. (Ver Cuadro No. II)

B) Mercado Externo

La retrospectiva de las importaciones de productos de magnesio demuestra que estamos abastecidos exclusivamente por el mercado

externo. (Ver Cuadro No. IV). Este fenómeno incide desfavorablemente, ya que los precios pueden ser deformados por los productores ante la inexistencia de explotación en los recursos naturales nuestros, para la obtención de dichos productos.

Los países que más influyen en el mercado externo son: Estados Unidos, Alemania Occidental y Holanda.

En los Cuadros IV y V se presentan las cifras de importación reportadas por las partidas arancelarias siguientes: (2)

Sales y Otros Compuestos de Magnesio	Partida No. 511-09-19
Ladrillos Refractarios y Otros Materiales Refractarios	Partida No. 862-03-00

Estas partidas incluyen productos de magnesio ya elaborados, y no sólo los empleados como materia prima. En lo que se refiere a ladrillos refractarios, están incluidos los diversos tipos de refractarios importados, constituyendo parte de ellos los elaborados a partir de magnesita; por el carácter global de estos datos, son de poca confiabilidad para el objetivo del presente trabajo, teniendo mejor aplicación los tomados de controles estadísticos más específicos como los del Ministerio de Agricultura y Ganadería, y los obtenidos por información de los consumidores.

C) Proyecciones: Demandas Futuras

El considerable aumento de la importación de óxido de magnesio (Magox) para la elaboración de fertilizantes, se ha debido a la realización de experimentos tendientes a producir más papa por manzana en la presente cosecha agrícola. El resultado ha sido exitoso.

ya que se han producido 22 toneladas de ese producto por manzana en el ensayo realizado en San Andrés, Departamento de La Libertad, y el Cantón Las Pilas, del Departamento de Chalatenango. Este experimento realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería tiene especial importancia por las razones siguientes:

El Salvador siempre ha importado apreciable cantidad de papa y este producto ha ocupado generalmente el primer lugar entre los productos hortícolas importados.

El año pasado se compró papa por valor de Un Millón 335 Mil 257 Colones y en enero de este año se hicieron compras del mismo producto por valor de 73 Mil Colones.

Las estadísticas indican que El Salvador ha venido importando papa mensualmente por valor de 60 Mil Colones.

En vista de lo anterior, se hizo un experimento con 28 líneas y dos variedades de papa, en las zonas descritas, aprovechando al máximo el clima y la vocación topográfica de las tierras seleccionadas. Había, además, algunas zonas donde el cultivo de papa durante el invierno era prácticamente imposible y este año se ha logrado cosechar el producto, no obstante las inclemencias de las lluvias.

Se seguirá investigando sobre las posibilidades de incrementar el cultivo de papa, de conformidad con esta primera experiencia de San Andrés y Las Pilas.

Se considera además el hecho de la creciente industrialización de ese producto.

Se ha comprobado también que la papa es de los productos que tiene

mayor rentabilidad en el país. Cada cosecha produce Mil Colones de rentabilidad por manza, según estudios del M. A. G.

Es de esperarse que el requerimiento de fertilizantes para el cultivo de la papa aumente, consecuentemente siendo el "Magox" una de las materias primas esenciales empleadas en la elaboración de esa clase abonos, su demanda presenta buenas perspectivas futuras. La secuencia reducida de datos de importación disponible, no permite desarrollar un método científico para estimar una proyección de demanda para los años venideros; además la irregularidad de importaciones, en cuanto a los volúmenes, establece una serie de datos con oscilaciones considerables, que aunque demuestra una tendencia al aumento, debe ser tomada con las limitaciones del caso.

Sin embargo, podemos inferir en forma conservadora que el promedio anual de las necesidades internas, basados en las importaciones de 1969-1971, asciende a 316.6 Mil Kgr. de óxido de magnesio, manteniendo una demanda acumulada para 1976 de Un Millón 583 Mil Kgr., tomando en cuenta que se conservan las condiciones actuales. En cuanto al carbonato de magnesio, la demanda se comporta en forma diferente, ya que los datos obtenidos por consultas a las compañías consumidoras, informaron que la demanda no se incrementa en forma considerable cada año, por tal razón consideramos que el consumo promedio por año es de 10.000 Kgr. con un consumo acumulado en 5 años de 50.000 Kgr. como mercado real.

Tentativamente se puede estimar que la demanda puede aumentar o

decrementar en un 10%, ya sea por nuevos usos o desusos del producto.

III- SELECCION DE PRODUCTOS DE ACUERDO A LA DEMANDA

Los productos primarios obtenibles de la magnesita, carbonato y óxido de magnesio, son los que tienen mayor demanda en la industria del país. Si a esto se agrega el hecho de que su obtención no requiere tratamientos complicados del mineral, su factibilidad industrial se adecúa a nuestro medio. No así los productos secundarios, cloruro, sulfato, estearato, etc., que no poseen una demanda cuantitativa aceptable, y cuyo proceso de elaboración requiere el empleo de otras materias primas además de la magnesita.

CAPITULO III

INDUSTRIALIZACION

1) Proceso de Fabricación

El proceso de tratamiento de la magnesita posee una gran ventaja, y es la similitud que guarda con el de otros minerales tales como: bentonita, kaolín, tierras diatomáceas, sulfato de calcio y otros, de los cuales existen buenos yacimientos en el país. Es lógico pensar que una planta de este tipo procesará no sólo magnesita, sino también dichos minerales, los cuales tienen una amplia variedad de aplicaciones tanto en la industria química como en la de la construcción.

La capacidad de la planta se adecuará en ese sentido; el equipo seleccionado puede perfectamente procesar en tiempo relativamente corto, cantidades considerables de mineral. El período e intensidad de trabajo dedicado al procesamiento, ya sea de magnesita o de otros minerales, dependerá del volumen demandado.

Se ha escogido equipo con una capacidad promedio de producción de 1 T. M. /hora, con el cual se lograría hacer frente a la demanda actual del mercado, como a posibles aumentos en los años venideros.

El procesamiento es como sigue:

El mineral proveniente de la mina, el cual se extraería con dinamita, se alimenta manualmente a la trituradora. Esta operación se verifica de este modo, ya que presenta muchas ventajas prácticas, permite el tamaño máximo de alimentación (15-20" de diámetro) y se logra separar un buen porcentaje de impurezas, ya que éstas por poseer distinta

estructura que la de la masa del mineral, tienden a descascararse y son fáciles de separar en forma manual antes de realizar la alimentación a la trituradora.

El tipo de trituradora más conveniente para el procesamiento de magnesita es la de mandíbula, debido al alto grado de dureza del mineral (4 Escala de Mohs).

Por la forma del mineral "bulk form" y por el tamaño al cual se alimentaría (15-20"), las dimensiones de la abertura de alimentación serían de 18x24". Este tipo de trituradoras posee un reductor o ajustador de tamaño, lográndose obtener reducciones hasta partículas de 1-2" de diámetro.

La capacidad teórica de una trituradora de este tamaño es aproximadamente de 1 T. M. por hora; la capacidad varía por las condiciones propias de dureza, rugosidad, patrón de fractura, humedad, graduación, etc., del material alimentado y del método de alimentación. Un motor de 20 H. P. se adecúa perfectamente a este tamaño de trituradora. Después de la trituración, el mineral se somete a la molienda. El tipo de molino más adecuado al proceso es el de impacto.

Los molinos de impacto son una clase de aparatos con tiro vertical, en los cuales la alimentación al tiro es obligada a moverse rotacionalmente y arrojada fuera del rotor para chocar sobre un anillo externo; el tipo de estructura de pin ha sido encontrado muy efectivo, los pines sobre el rotor hacen el quebrado primario, mientras que el anillo externo de pines continúa la reducción. Se emplea un amplio rango de velocidad, utilizando las más altas para pulverización fina. Muelen

una gran variedad de sustancias de libre flujo o semi-libre, puede controlarse el tamaño de reducción. (23)

Este tipo de molino aunque no tiene un sistema de clasificación de aire, puede controlarse fácilmente el tamaño de reducción, lo cual es más práctico en el procesamiento de magnesita.

Debido a la dureza de la magnesita, el material de construcción del rotor y el anillo exterior deben ser de carborundio (aleación de carbón, sílice y alúmina) o de una aleación de acero con tungsteno, debido a ésto el costo del aparato será algo elevado.

Esta clase de molino posee otra ventaja, y es la de tener drenaje para las impurezas, éstas por lo general son más pesadas que las partículas del propio mineral y no se incorporan al tiro vertical, tendiendo a depositarse en la parte baja de la cámara de molineda, ésta posee drenaje y cada cierto período pueden retirarse las cantidades de impurezas acumuladas; si el volumen de las impurezas llega a ser considerable (por no retirarlas adecuadamente), el molino se para por un proceso automático y será necesaria la eliminación de estos residuos para poder volver a poner en marcha el motor.

La capacidad del molino depende de las propiedades del mineral y del tamaño de reducción requerido; el motor necesario es de unos 60 H. P. La alimentación se lleva a cabo por un transportador de banda, que funciona con un motor de 1.5 H. P. Este tipo de transportador regula la alimentación con un dosificador (dependiendo de la abertura).

Después de la operación de molienda ya se tendrá la magnesita en polvo ($\text{CO}_3 \text{Mg}$). Puede emplearse como tal, o calcinarla hasta obtención

del óxido de magnesio. En el caso de que se requiera el carbonato de magnesio en polvo, el molino debe regularse a fin de conseguir una mayor reducción de tamaño (200-325 MESH) ya que así se emplea en la industria. Si el producto final requerido es el óxido de magnesio, el grado de reducción será menor (40-60 MESH): la capacidad del molino consecuentemente será mayor. Si se hiciera necesaria una mejor clasificación de tamaño se emplea el tamiz. En realidad en el caso del carbonato y óxido de magnesio no se requiere una clasificación mayor, y el tamaño es perfectamente controlable regulando adecuadamente el rotor del molino. Se ha incluido el tamiz en el diagrama de proceso, ya que sí es necesario en el tratamiento de otros minerales que se podrían procesar.

Para la calcinación de la magnesita se usa un horno de calcinación, el tipo más adecuado es el horno rotatorio de contacto directo, por las altas temperaturas de trabajo. Estos hornos se construyen generalmente de lámina de acero y están revestidos interiormente con material refractario, a fin de evitar el desgaste y aumentar la eficiencia no permitiendo fugas de calor.

El tamaño adecuado del horno es de 8 Mts. de largo y 0.95 Mts. de diámetro de luz; se puede conseguir una capacidad de 15-20 quintales por hora, dependiendo del mineral tratado y las condiciones de operación.

Este tipo de hornos es muy práctico, ya que pueden regularse adecuadamente la velocidad de rotación, temperatura de operación, flujo de alimentación, para conseguirse condiciones óptimas de operación.

Se necesitan dos motores, uno de 10 H. P. que es el encargado de proporcionar la energía rotacional al cilindro, una transmisión permite regular la velocidad de giro. El otro motor de 5 H. P. se ocupa para el compresor del quemador.

El quemador, de tipo "Diesel", con una capacidad de 7-9 gal./hora, es la fuente de calor; con este tipo de quemador se pueden alcanzar temperaturas de operación entre 500-2000°C, para este fin posee boquillas intercambiables con las cuales se puede controlar el flujo de combustible; el ángulo de abertura de las boquillas es otro de los factores que influye en el nivel de temperatura deseado, además de que el flujo de aire debe ser el adecuado para verificar una buena combustión.

En el caso de la calcinación de magnesita, la temperatura de operación será de 662°C, puesto que el "Magox" empleado en fertilizantes presenta mejores propiedades si el proceso se lleva a cabo a esa temperatura.

Por lo general estos hornos poseen control automático de temperatura, y no representa mayor problema su control. Si la magnesita se ocupará para la elaboración de ladrillos refractarios, la calcinación se tendría que llevar a cabo entre 1540-1560°C para obtener mejores resultados posteriores.

Cuando se trate de otros minerales como bentonita y kaolín, en los cuales la operación es más que todo de secado y no de calcinado, la operación se puede llevar a cabo a 500°C, ya que estos minerales poseen buena resistencia térmica, obteniéndose de esa manera buena eficiencia.

El calcinado del sulfato de calcio y de la diatomita se lleva a cabo a temperaturas mayores, sobre todo del primero; se usan catalizadores para ayudar al proceso de obtención del sulfuro de calcio, material muy empleado en la industria de la construcción.

El control del proceso se basa más que todo en regular la velocidad de alimentación y la velocidad de rotación, para obtener un producto final de buena calidad.

La salida de los gases de combustión es inducida por un tiro atmosférico, dos ciclones de recuperación se colocan en la tubería de salida para evitar pérdidas en el flujo de gases. El material de construcción es lámina de acero de un grosor adecuado para resistir el calor (1/4-3/4").

Para proporcionar la energía adecuada a los motores se emplea un transformador de 110 KW. Se usa de una capacidad un poco mayor que la teórica necesaria (5 motores - 90 H. P.), ya que la eficiencia del transformador puede variar con las condiciones de temperatura ambiente.

Por razones de seguridad y economía, se dispone de un control eléctrico, con un switch general de seguridad y switch individual para cada motor, para poder usarlos tanto a la vez como alternativamente.

2) Tamaño y Localización de la Planta

a) Accesibilidad

El lugar más apropiado para la instalación de la planta es la zona industrial de Acajutla, ya que posee facilidad de acceso tanto de las

fuentes de abastecimiento de minerales (magnesita de Guatemala, bentonita, kaolín, tierras diatomáceas, yeso, cal etc., de la zona occidental del país) como a los mercados, sobre todo que la planta que elabora fertilizantes, que sería la mayor consumidora de los productos de magnesita, está colocada en dicha zona. (Ver diagrama del desarrollo actual y futuro del Puerto de Acajutla).

Los terrenos disponibles tienen un precio que oscila entre ₡15.00 a ₡25.00 por metro cuadrado, y están ubicados en la zona 1 que muestra el diagrama Puerto de Acajutla.

El tamaño propuesto es un área de 1.296 Mts.² (36x36 Mts.), puede instalarse el equipo en forma adecuada y se tendrá suficiente espacio para bodegas y oficinas (Ver cuadro de distribución en Planta).

b) Facilidades de Transporte

Al escoger la mejor ubicación de la planta, se tomó en cuenta también el factor transporte; el lugar seleccionado, la zona industrial del Puerto de Acajutla, está situado en un punto estratégico para servir a El Salvador y a los otros países centroamericanos, contando con excelentes vías de comunicación; las dos carreteras más importantes del país, la Panamericana y la del Litoral (192 y 197 millas) dan acceso directo al Puerto.

El transporte de carga y de pasajeros está servido por varias empresas particulares. Las líneas de ferrocarril tienen una terminal en el área industrial del Puerto (Ver diagrama de desarrollo actual y futuro del Puerto de Acajutla). Todo esto, unido a la cercanía

relativa de las fuentes de abastecimiento y de los mercados, hacen que el servicio de transporte además de eficiente posea un bajo costo.

c) Facilidades de Mano de Obra

En el país existen amplios recursos de mano de obra, siendo Acajutla el área industrial más importante del país, los recursos humanos disponibles son suficientes.

d) Facilidades de Abastecimiento de Agua

El abastecimiento de agua en la zona industrial de Acajutla se hace por la apertura de pozos, para aprovechar el caudal de las aguas subterráneas que pasan a poca profundidad. La dureza de dichas aguas oscila entre 70-80 p. p. m.

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) efectúa las instalaciones de agua desde los pozos o las tuberías principales hasta la acera de la planta, a costo del interesado.

El servicio de agua para uso industrial tiene la siguiente tarifa: De 30 a 60 metros cúbicos mensuales, de ₡9.00 a ₡5.00, según el consumo; todo exceso se pagará a ₡0.10 hasta ₡0.20, según el consumo.

e) Facilidades de Energía Eléctrica

En la zona industrial de Acajutla está situada una planta de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) con una capacidad de 70.000 KW, la cual produce y distribuye la energía eléctrica consumida en la zona.

La energía eléctrica para uso industrial de más de 40 kilovatios se sirve en alta tensión y su costo varía entre ¢0.60 y ¢0.35 por kilovatio hora, según el volumen de consumo.

Para plantas y otros sitios donde se requiere una carga hasta de 40 H. P. y donde sea necesario el servicio trifilar, se sirve energía a 208 ó 240 voltios.

Las tarifas eléctricas para uso industrial son:

Tarifa F-5: Fuerza motriz a voltaje secundario de 1 a 40 KW.

Primeros 50 KWH por KW conectado	¢0.14 por cada KWH;
siguientes 50 KWH por KW conectado	¢0.06 por cada KWH;
todo el exceso	¢0.04 cada KWH.

Sin cargo por demanda.

Cuando los motores y aparatos no funcionen simultáneamente, se aplicará el siguiente factor de diversidad para determinar la carga conectada, que servirá para facturar el consumo mensual:

2 motores.....	90%
3 motores	80%
4 motores	75%.

Tarifa F-6: Fuerza motriz a voltaje primario.

Cargo por demanda: ¢5.25 por mes KVA, por los primeros 300 KVA de demanda de facturación, y ¢4.25 de 301 KVA en adelante.

El consumo se facturará así: los primeros 100 KWH por mes cada KVA de demanda de facturación a razón de ¢0.06 por KWH.

El consumo en exceso del arriba mencionado, a razón de ¢0.035 por KWH.

Mínimo mensual: el cargo de demanda.

Los términos y condiciones para este tipo de servicio serán determinados mediante contratos especiales.

Este servicio se dará bajo la forma de corriente trifásica al voltaje primario de las redes de distribución existentes en la vecindad.

El consumidor suplirá y mantendrá por su cuenta toda estructura y equipo de transformación necesarios para transformar el servicio suministrado al voltaje de uso.

f) Condiciones Climatéricas

El Puerto de Acajutla, situado en la región suroeste del país, pertenece a la zona climática de las "Sabanas Tropicales Calientes" (0-800 M. S. N. M.). Estación seca en invierno (Noviembre-Abril), temperatura máxima poco antes de la estación lluviosa (Marzo ó Abril), temperatura del mes más caluroso: 22°C y más, temperaturas según la altura, en las planicies costeras entre 27°C y 22°C, en las planicies internas entre 28°C y 22°C.

Datos climatéricos: (17)

Temperatura máxima promedio	31.4°C
Temperatura mínima promedio	23.1°C
Promedio de temperatura	26.7°C
Temperatura máxima absoluta	39.0°C
Temperatura mínima absoluta	15.1 °C
Humedad relativa media del aire	75%
Humedad relativa mínima del aire	11%

Humedad absoluta media del aire	20.2 Mm. de Hg.
Temperatura húmeda media	23,6°C
Presión atmosférica	756.3 Mm. de Hg.
Cantidades anuales de lluvia:	
Máximas	2347 Mm.
Mínimas	1028 Mm.

CUADRO No. I

CONTENIDO MEDIO DE MAGNESIO DE ALGUNOS
MATERIALES USADOS COMO FERTILIZANTES. (19)

Materia	% de Magnesio
Nitrato Cálcico	2.49
Cal - Nitro	7.40
Superfosfato Triple	0.38
Superfosfato Ordinario	0.47
Cloruro Potásico 60%	0.09
Sulfato de Potasio	1.10
Sulfato de Potasio y Mg.	18.50
Dolomita	19.50
Dolomita Selectiva Calcinada	27.00
Sal Epsom	16.00
Kieserita Calcinada	92.00
Magnesio	92.00
Magnesita	45.00

CUADRO No. II

DEMANDA DE PRODUCTOS DE MAGNESIO POR INDUSTRIA

Producto	Industria	Cantidad Kgr.	Precio en Mercado Col./Kgr.	Demanda Local Col.
CO ₃ Mg	Cosméticos	7.000	¢3.15	¢ 22.050.00
CO ₃ Mg	Pirotecnia	1.000	3.15	3.150.00
CO ₃ Mg	Farmacéutica	1.000	3.50	3.500.00
Mg O	Fertilizantes	500.000 (*)	0.42	210.000.00
Mg O	Cementos Adhesivos	600	3.30	1.980.00
Mg O	Farmacéutica	2.500	4.30	10.750.00
Cl ₂ Mg	Textil	7.000	3.00	21.000.00
Cl ₂ Mg	Farmacéutica	400	3.50	1.400.00
SO _y Mg	Farmacéutica	3.000	1.00	3.000.00
SO _y Mg y K	Fertilizantes	962.000 (*)	0.17	163.540.00
Mg (OH) GEL.	Farmacéutica	400	1.50	600.00
HPO ₃ Mg	Farmacéutica	200	3.00	600.00
Estearato Mg	Farmacéutica	500	9.00	4.500.00
TOTAL		<u>1.485.600 Kgr.</u>		<u>¢446.070.00</u>

(*) Según los datos de importación y precios C.I.F. del presente año. (15)

- 54 -

CUADRO No. III

PRECIOS F.O.B. PROMEDIOS DE PRODUCTOS DE MAGNESIO Y
SIMILARES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA (14)

Producto	Calidad	Precio F.O.B. \$/Kgr.
$\text{CO}_3 \text{Mg}$	Industrial	\$ 0.50
$\text{CO}_3 \text{Mg}$	U.S.P. XV	0.55
MgO	Industrial	0.50
MgO	U.S.P. XVII	0.60
$\text{Cl}_2 \text{Mg}$	Industrial	0.60
$\text{Cl}_2 \text{Mg}$	B.P. 1968	0.65
$\text{Cl}_2 \text{Zn}$	Industrial	1.15
$\text{Cl}_2 \text{Ba}$	Industrial	1.00
Mg (OH) GEL.	B.P. 1968	1.85
$\text{C}_{36} \text{H}_{70} \text{MgO}_y$	U.S.P. XV	1.40
$\text{SO}_y \text{Mg}$	U.S.P. XVII	0.30
$\text{HPO}_3 \text{Mg}$	U.S.P. XVII	0.60

PARTIDA 511-09-19 SALES Y OTROS COMPUESTOS DE MAGNESIO

País	Cantidad en Kilogramos	F. O. B. Dólares	C. I. F. Colones	Derechos de Aduana - Colones	
				Específico	Ad-Valorem

AÑO 1966

Estados Unidos	493.387.0	39.828.42	138.810	1.669	1.977
Ecuador	2.0		25		
Alemania Occidental	51.426.0	4.666.89	17.572	2.228	1.252
Bélgica y Luxemburgo	1.0	1.00	4		
Italia	418.0	330.00	1.000	20	100
Holanda	30.700.0	1.270.65	5.623	1.537	562
Gran Bretaña	68.0	16.63	49		
Suiza	14.0	29.78	93		
Japón	5.158.0	1.660.60	5.397		
	581.174.0	47.803.97	168.573	5.454	3.891

AÑO 1967

Estados Unidos	604.636.0	47.581.52	179.802	202	801
Alemania Occidental	30.883.0	6.950.53	21.390	1.430	1.884
Bélgica y Luxemburgo	503.0	158.00	539	20	2
Italia	603.0	593.00	1.726	30	173
Holanda	21.792.0	1.364.75	5.771	803	447
Gran Bretaña	68.0	16.63	49		
Japón	3.103.0	1.005.92	3.375	155	338
	661.588.0	57.620.35	212.652	2.640	3.645

País	Cantidad en Kilogramos	F.O.B. Dólares	C.I.F. Colones	Derechos de Aduana - Colones	
				Específico	Ad-Valorem
AÑO 1968					
Canadá	110.0	1.415.00	3.837		
Estados Unidos	469.933.0	46.777.70	164.411	360	888
Alemania Occidental	75.587.0	5.265.96	21.015	3.550	1.590
Bélgica y Luxemburgo	396.0	144.62	505		
Italia	1.637.0	1.350.00	4.466	82	446
Holanda	36.370.0	1.714.26	8.120	1.213	602
Gran Bretaña	243.0	62.51	249		
Suiza	111.0	180.34	583	6	58
Japón	4.127.0	1.276.29	4.553		5
	588.514.0	58.186.68	207.739	5.211	3.589
AÑO 1969					
Canadá	121.0	1.397.21	3.750		
Estados Unidos	566.483.0	52.181.90	180.189	421	1.045
Alemania Occidental	43.856.0	3.595.59	14.092	2.084	1.130
Francia	110.0	150.00	410		241
Italia	866.0	746.00	2.415	43	
Holanda	12.120.0	447.16	2.161		
Gran Bretaña	45.0	9.36	69		2
Japón	5.163.0	1.650.74	5.625		
	628.764.0	60.177.96	208.711	2.548	2.426
AÑO 1970					
Estados Unidos	620.193.0	95.446.21	297.411	401	1.187
México	6.0	2.48	7		
Alemania Occidental	68.197.0	4.390.16	18.496	3.133	1.333
Italia	559.0	613.00	1.968	28	196
Bélgica y Luxemburgo	21.936.0	1.377.51	5.729	793	460
Reino Unido	161.0	42.46	191		3
Japón	5.264.0	1.463.28	5.375	52	113
	716.316.0	103.335.10	329.177	4.407	3.292

PARTIDA 662-03-00 LADRILLOS REFRACTARIOS Y OTROS MATERIALES REFRACTARIOS

País	Cantidad en Kilogramos	F.O.B. Dólares	C.I.F. Colones	Derechos de Aduana - Colones	
				Específico	Ad-Valorem
AÑO 1966					
Estados Unidos	423.978.0	45.949.48	155.200		4.326
Guatemala	21.104.0	1.361.98	3.405		
Honduras	9.200.0	1.000.00	2.500		250
Alemania Occidental	90.655.0	14.636.12	46.979		
Austria	123.220.0	20.747.93	63.611		
Italia	2.202.0	1.375.80	3.693		
Holanda	19.869.0	1.582.12	6.392		
Suecia	85.666.0	3.712.96	23.000		
	775.894.0	90.366.39	304.780		4.576
AÑO 1967					
Canadá	54.962.0	8.129.08	24.645		
Estados Unidos	958.580.0	101.329.59	339.373		7.236
México	7.640.0	649.90	1.694		
Guatemala	13.650.0	1.010.00	2.525		
Costa Rica	15.685.0	1.159.82	2.899		
Alemania Occidental	21.680.0	3.171.37	10.610		
Gran Bretaña	68.0	70.32	805		
Holanda	1.867.0	1.122.87	3.500		
Japón	244.0	1.236.50	3.136		
	1.074.376.0	117.879.45	389.187		7.236

País	Cantidad en Kilogramos	F.O.B. Dólares	C.I.F. Colones	Derechos de Aduana - Colones	
				Específico	Ad-Valorem
AÑO 1968					
Estados Unidos	696.303.0	65.768.19	224.785		7.078
Guatemala	20.132.0	1.650.66	4.127		48
Costa Rica	3.725.0	337.88	845		
Alemania Occidental	19.024.0	3.496.95	11.304		
Holanda	20.010.0	1.591.03	6.676		
Japón	287.0	1.783.70	4.528		
	759.481.0	74.628.41	252.265		7.126
AÑO 1969					
Canadá	56.247.0	7.973.48	25.155		
Estados Unidos	487.722.0	69.490.02	239.389		7.148
México	1.805.0	461.17	1.636		164
Guatemala	17.551.0	1.465.41	3.663		
Costa Rica	6.295.0	491.25	1.228		43
Alemania Occidental	156.487.0	25.935.37	83.441		
Holanda	26.410.0	1.820.00	7.738		
Japón	913.0	488.88	1.334		6
	753.430.0	108.125.58	363.584		7.361
AÑO 1970					
Canadá	113.891.0	17.112.43	55.260		
Estados Unidos	616.364.0	77.062.43	271.086		20.644
México	116.751.0	9.692.18	38.410		3.556
Guatemala	68.507.0	6.005.84	15.016		
Costa Rica	6.825.0	642.00	1.605		
Alemania Occidental	225.0	33.97	285		
Francia	31.200.0	3.851.87	9.630		11
Reino Unido	4.290.0	1.098.75	3.334		
	958.053.0	115.499.47	394.626		24.211

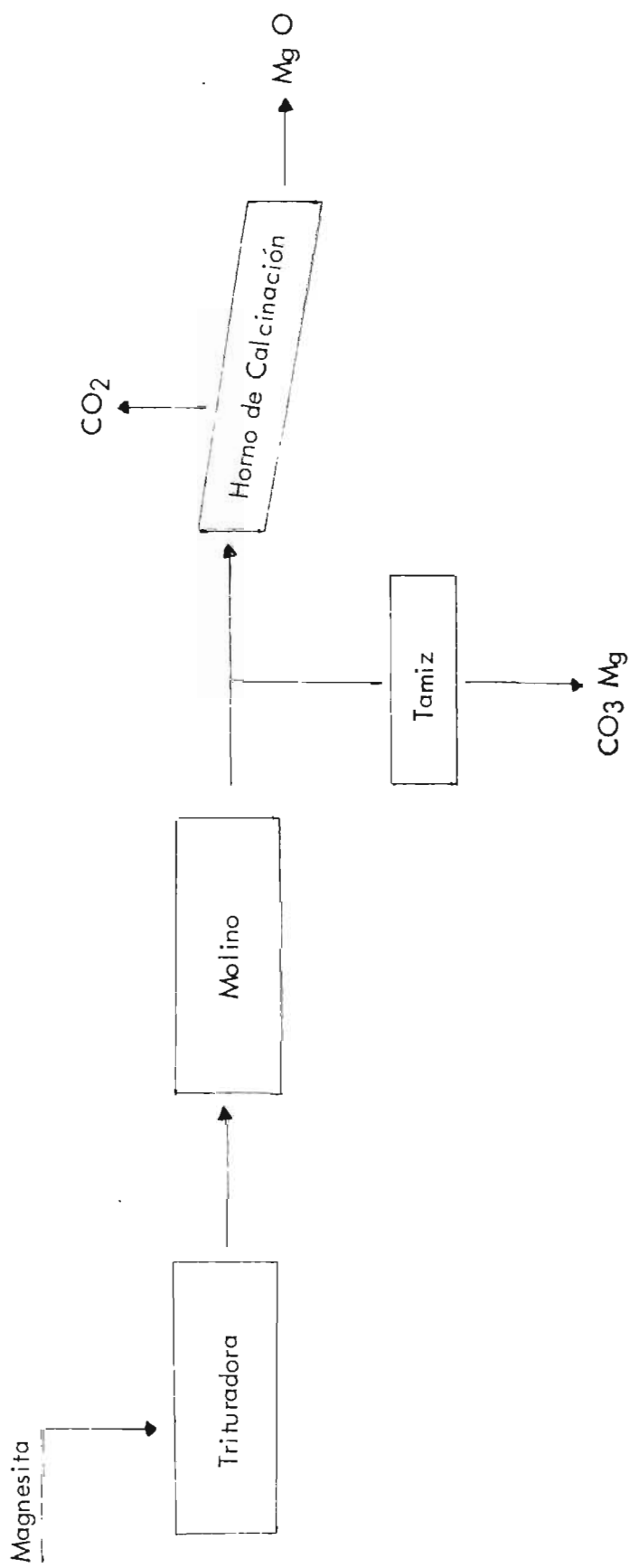


DIAGRAMA DE FLUJO CUALITATIVO
PROCESAMIENTO DE MAGNESITA

Rolando Siu

1000 Kgr.
15-20"
Magnesita

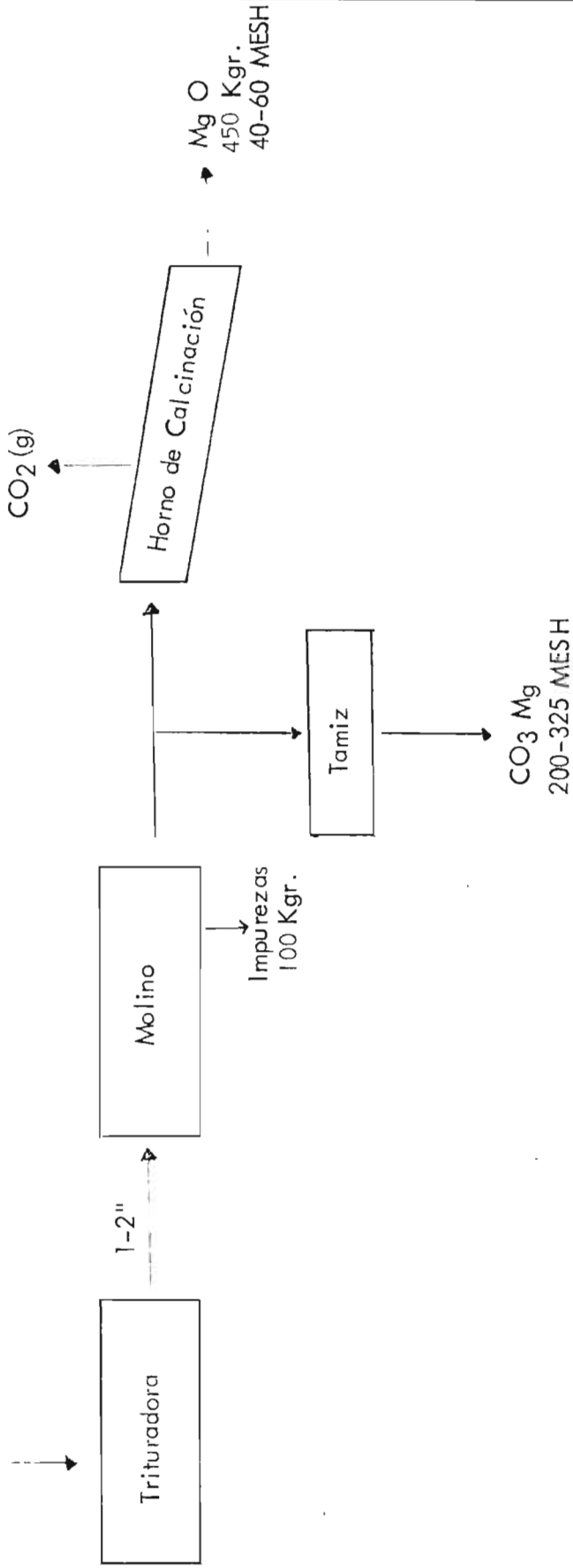


DIAGRAMA DE FLUJO CUANTITATIVO
PROCESAMIENTO DE MAGNESITA

Base: 1 hora

Rolando Siu

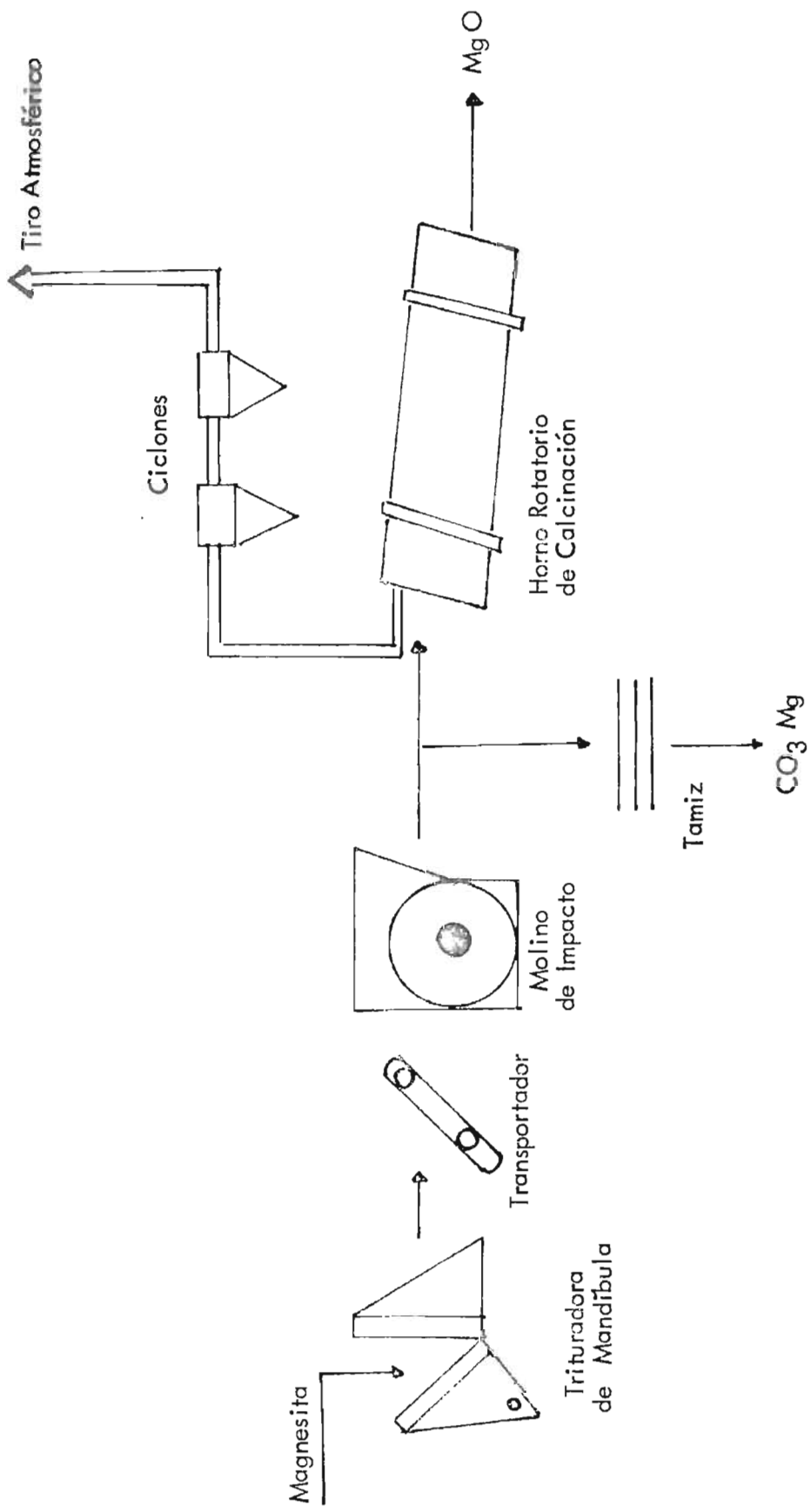
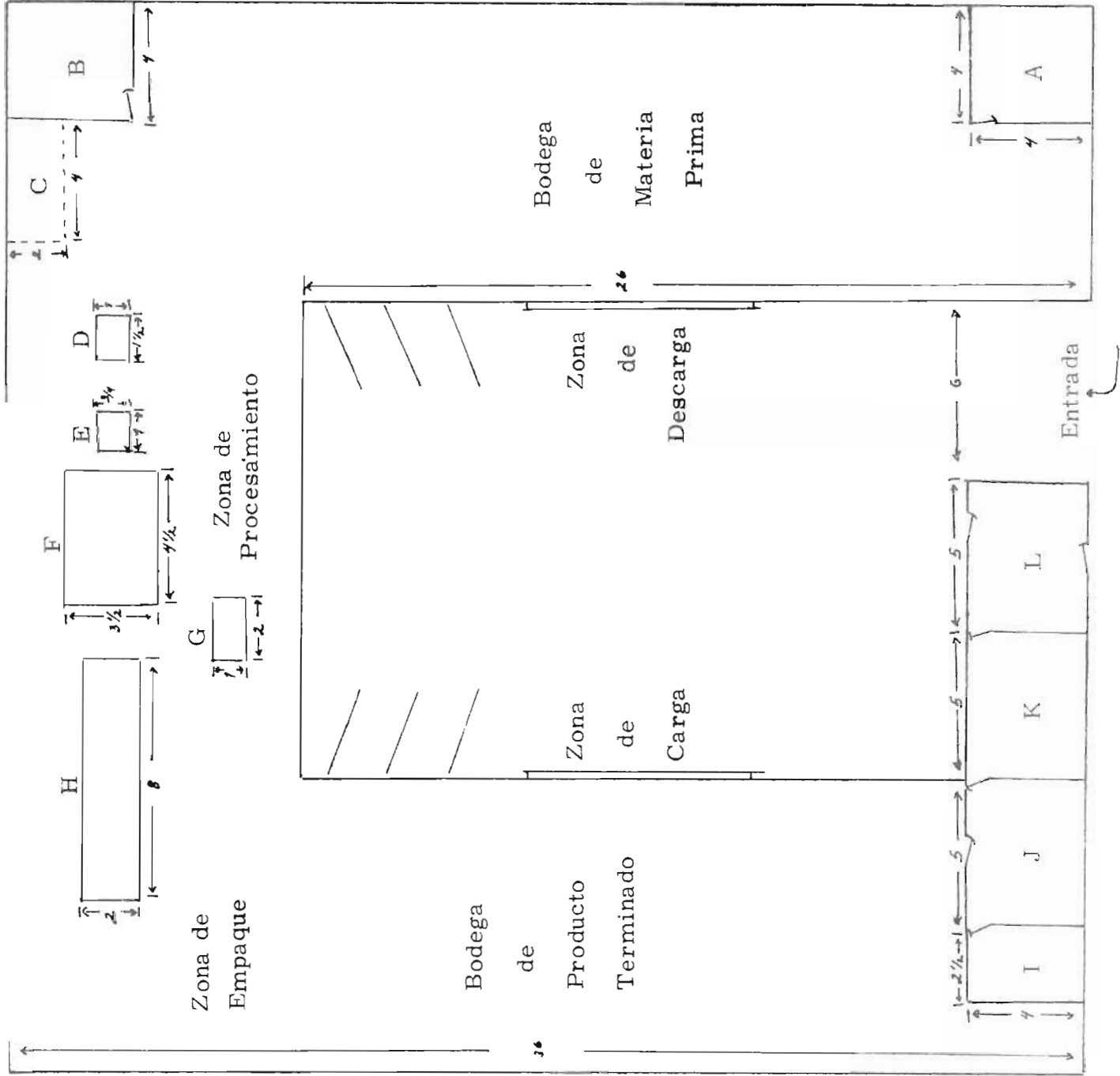


DIAGRAMA DE EQUIPO
PROCESAMIENTO DE MAGNESITA
 Rolando Siu

REFERENCIAS

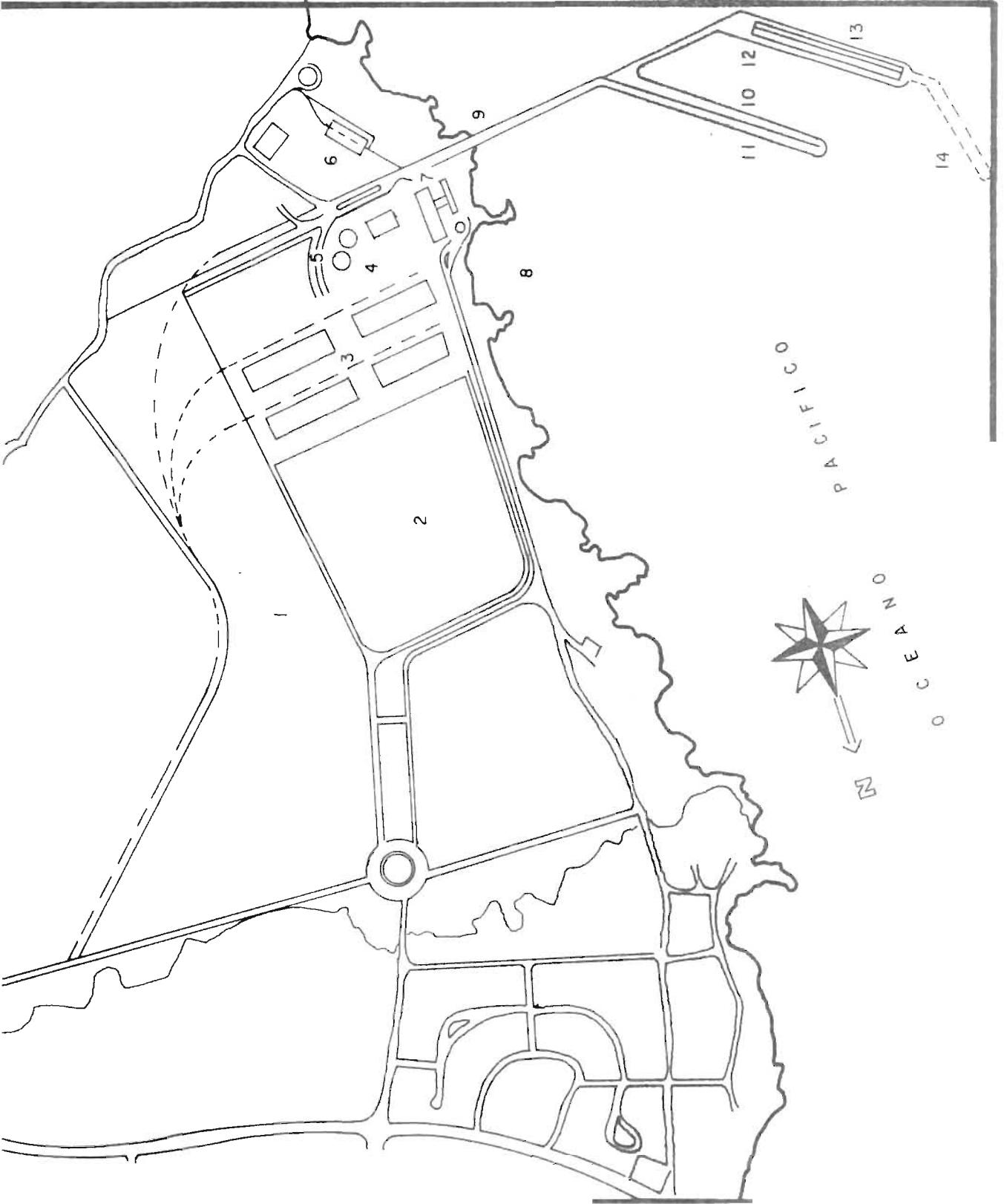
- A Desvestideros
- B Taller
- C Control eléctrico
- D Trituradora
- E Transportador
- F Molino
- G Tamiz
- H Horno de calcinación
- I Baño
- J Laboratorio
- K Gerencia
- L Oficina

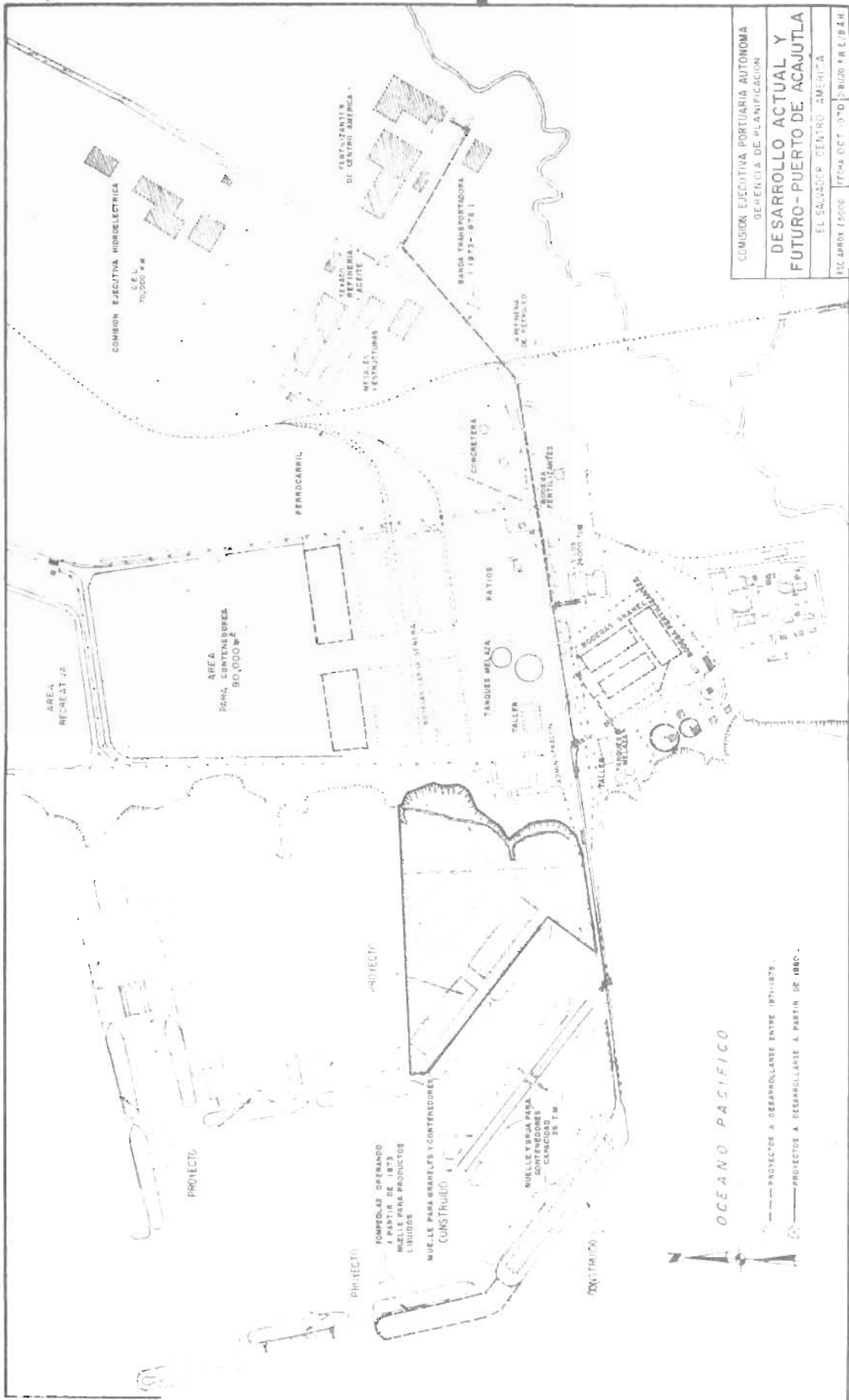
PLANTA PROCESADORA
DE MINERALES
ESCALA 1:100
Rolando Siu



PUERTO DE ACAJUTLA

- 1 AREA DISPONIBLE ARRENDAMIENTOS
 - 2 AREA PARA CONTENEDORES 110.000 M
 - 3 BODEGAS EN TIERRA FIRME 22.200 M
 - 4 PATIOS PAVIMENTADOS 15.000 M
 - 5 TANQUES PARA LIQUIDO Capacidad: 4.305.000 Galones
 - 6 BODEGA PARA PRODUCTOS A GRANEL. Capacidad: CEPA 12.000 Toneladas EMPRESAS PRIVADAS 90.000 Toneladas
 - 7 EDIFICIO ADMINISTRATIVO Y TORRE DE CONTROL Radio - Canales: VHF 16 y 27
 - 8 SITIO PARA NUEVOS ATRACADEROS
 - 9 SISTEMA DE FAJAS TRANSPORTADORAS
 - 10 GRUA. Capacidad 25 T.M.
 - 11 MUELLE B. 4 Atracaderos
 - 12 MUELLE A. 2 Atracaderos
 - 13 BODEGA DE TRANSITO 4.500 M.
 - 14 ROMPEOLAS EN CONSTRUCCION ATRACADERO PARA BUQUES TANQUES
- Profundidad 14 M.
Longitud: 210 M.
En Operación Junio 1973





COMISION EJECUTIVA PORTUARIA AUTONOMA
 GERENCIA DE PLANIFICACION
DESARROLLO ACTUAL Y FUTURO - PUERTO DE ACAJUTLA
 EL SALVADOR - CENTRO AMERICA
 FIC 4085 12000 / FIC 4085 OCT 1970 00000 P.R.C./B.A.M.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) Los análisis verificados a muestras del mineral, demuestran que el yacimiento de magnesita es de importancia comercial, por lo tanto es factible su explotación con fines industriales.
- 2) El cálculo conservador de la capacidad de la mina es de un millón de T. M. La mina puede ser explotada durante muchos años sin peligro de agotamiento.
- 3) Por la forma en que se encuentra el yacimiento, el mineral es de fácil extracción; el método más adecuado para ello es el empleo preliminar de dinamita, seguido de una operación de separación y reducción con almágana y cincel.
- 4) El método de transporte más adecuado, desde la mina hasta la planta procesadora, es el camión. El empleo de operarios en la carga de éstos no requiere el uso de accesorios mecánicos.
- 5) Los productos obtenibles del procesamiento de la magnesita se pueden dividir en dos grupos: primarios y secundarios. Siendo los primarios los que se obtienen del procesamiento directo de la magnesita; y los secundarios, aquellos que para su obtención se hace necesario el empleo de otras materias primas ($\text{SO}_4 \text{Mg}$, $\text{Cl}_2 \text{Mg}$, Estearato de Mg, etc.)
- 6) La demanda industrial de estos productos es considerable, siendo mayor la de los productos primarios, cuyo principal mercado reside en

las industrias de fertilizantes, pirotecnia y cosméticos.

- 7) El mercado de los productos secundarios está ubicado principalmente en las industrias de textiles y farmacéuticas.
- 8) Los productos más factibles de elaborar en El Salvador son los primarios, ya que la técnica de procesamiento no es complicada y no requiere grandes inversiones.
- 9) El mercado nacional demandará aproximadamente un millón 600 mil Kgr. de óxido y carbonato de magnesio en la proyección de 5 años, volumen factible para invertir en la instalación de una fábrica. Las medidas de protección a la industria del área, con el fin de sustituir importaciones, dará mayores ventajas para el desarrollo de esta industria.
- 10) Ya que el equipo puede emplearse en el procesamiento de otros minerales como: bentonita, kaolín, tierras diatomáceas, yeso, cuarzo, cal y piedra pómez, de los cuales existen yacimientos en el país, es recomendable verificar estudios sobre las posibilidades de explotación de estos minerales.
- 11) El lugar más adecuado para la instalación de la planta es la zona industrial de Acajutla, por su cercanía y facilidad de acceso tanto de las fuentes de abastecimiento de materia prima, como de los mercados de consumo.

- 12) El tipo de industria propuesto es muy beneficioso para el país, ya que utilizaría insumos nacionales y centroamericanos, lo cual tendría un efecto positivo sobre la balanza de pagos a través de la sustitución de importaciones.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alessandri P. E. Dr. "Productos Químicos Comerciales", Tomo I, Materias Primas, Gustavo Gili, Editor. Barcelona, España (1957).
- 2) Anuarios **Estadísticos** editados según la Nomenclatura Arancelaria Uniforme Centroamericana (N. A. U. C. A.) por la Dirección General de Estadística y Censos.
- 3) Bateman Alan M. "Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico", Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España (1957).
- 4) "Combustibles y Refractarios", Sección de Química Industrial, Edición del Consejo de Industrias de Inglaterra (1969).
- 5) Consultas personales en "FERTICA" y "Quiñónez Hermanos", compañías elaboradoras de fertilizantes (1971).
- 6) Consultas personales en las fábricas de textiles del país (1971).
- 7) Consulta personal "Fábrica ADOC", Dr. Smithe e Ing. Nuila (1971).
- 8) Consultas personales en las industrias de pirotecnia nacionales (1971).
- 9) Consultas personales en las droguerías y laboratorios y en las industrias textiles (1971).
- 10) Consulta personal "I. Q. S. A. ", Dr. Manuel Machón (1971).
- 11) Consulta personal "Laboratorio y Droguería Lainez", Dr. Romeo Majano (1971).

- 12) Consulta personal "La Constancia, S. A. "
- 13) Consulta personal "MAPRICA, S. A. ", Ing. Donald G. Dale (1971).
- 14) Consultas en las compañías importadoras y distribuidoras de productos químicos (1971).
- 15) Control sobre Importación de Productos Agroquímicos, Departamento de Defensa Agropecuaria, M. A. G. (1971).
- 16) Cuadros demostrativos de las importaciones de productos agroquímicos, años 1969 y 1970. Ministerio de Agricultura y Ganadería (1971).
- 17) Cuadros estadísticos de datos climatológicos, Servicio Meteorológico Nacional, M. A. G. (1971).
- 18) Dana's "Minerals and How to Study Them", Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York (1962).
- 19) Kirk R. E. and Donald F. Othmer, "Enciclopedia de Ingeniería Química", en español, Interscience Publishers Inc., N. Y. (1962).
- 20) Manual de Codificación Arancel de Aduana, Dirección General de Estadística y Censos (1971).
- 21) Morán Ramírez Dr., "Farmacia Química Mineral", Edición Nacional (1967).
- 22) Murray R. M. - Thompson D. C. "Los Neoprenos", Departamento de Elastómeros Químicos, E. I. Du Pont de Nemours & Co. (Inc.), Wilmington, Delaware, U. S. A. (1969).