



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

61

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO SOBRE LA
SEPARACION DE UNA MEZCLA, OXIDO DE
COBRE - OXIDO DE CROMO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
MARTHA HERMINIA LOPEZ ROMAN

MEXICO, D. F.

1973

M-165587



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE	PROF.	:	ENRIQUE RANGEL TREVINO
VOCAL	"	:	EDUARDO ROJO Y DE REGIL
SECRETARIO	"	:	JULIO GARCIA STAHL
1er. SUPLENTE	"	:	JOSE L. PADILLA DE ALBA
2do. SUPLENTE	"	:	MARIO RAMIREZ Y OTERO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: ALJU, S.A.

SUSTENTANTE: MARTHA HERMINIA LOPEZ ROMAN

ASESOR DEL TEMA: I.Q. JULIO GARCIA STAHL

A mis queridos padres.

Como justo homenaje al cariño y apoyo
que siempre me han brindado.

A mis hermanas

Mary, Elisa y Eva.

Y Hermanos

Isauro, Javier y Adolfo.

Agradezco al Ing. Julio García Stahl
su dirección en la elaboración de esta tesis.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. QUIMICA DEL COBRE Y CROMO	2
II.A. Breve monografía química de los compuestos de cobre y cromo	5
II.B. Principales usos	6
III. POSIBLES METODOS DE SEPARACION	8
III.2.A. Separación por vía húmeda	8
III.2.B. Separación por fusión y disolución	9
III.2.C. Métodos de análisis	11
IV. ESTUDIO DE MERCADO	16
IV.A. Producción nacional	16
IV.B. Importaciones	18
IV.C. Consumo aparente	22
V. PROYECCION DE LA DEMANDA	25
VI. DESCRIPCION DEL PROCESO	38
VII. DISEÑO DE EQUIPO	40
VII.A. Equipo necesario	40
VII.B. Selección del equipo	40
VIII. EVALUACION ECONOMICA	47
VIII.1. Inversión de capital	48
VIII.2. Costos totales del producto	53
VIII.3. Análisis económico.	56
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
APENDICE	61
X. BIBLIOGRAFIA	86

I. INTRODUCCION.

El objetivo del presente trabajo es el de investigar cuál método es más adecuado técnica y económicamente para la separación y aprovechamiento de los componentes de una mezcla de óxido cúprico y óxido crómico que se tiene como desecho o desperdicio. La mezcla mencionada se usa como catalizador en plantas de síntesis orgánica, y ya que en cierto momento pierde su actividad se descarta.

La composición del catalizador es como sigue :

Oxido cúprico ----- 50 %

Oxido crómico ----- 50 %

Más impurezas de carbón en mínima cantidad.

Entre los compuestos o derivados a obtener, puede pensarse en los siguientes:

a). En forma directa:

Oxido cúprico, Oxido crómico, y cromatos de sodio o potasio.

b). En forma indirecta:

Dicromato de sodio o de potasio, Acido crómico y cromato de plomo.

II. QUIMICA DEL COBRE Y CROMO.

Cobre. Se caracteriza por su color rojo aunque cuando se mira por -- transparencia la luz transmitida a traves de películas delgadas -- del metal es verde. Al aire seco se recubre por su óxido negro y en presencia de la humedad atmosférica, y del bióxido de carbono se re cubre facilmente de un carbonato básico verde que actúa de película protectora.

El uso principal del cobre es como conductor eléctrico; a causa de su resistencia a la corrosión se emplea para hacer calderas, alambiques, concentrados, monedas, recubrimiento del fondo de barcos de madera, tambien se utiliza en la manufactura de aleaciones -- muy útiles como el latón, bronce, plata alemana, bronce de cañon, etc.

En la industria eléctrica, que es la principal consumidora, ha sido substituído por el aluminio en algunos casos. En efecto el alambre de aluminio con alma de acero ha desolazado al mineral amarillo en las líneas de transmisión a larga distancia y este cambio parece permanente.

Otras substituciones típicas del cobre por aluminio son: en -- los embobinados de motores y en las bases de los focos. El aluminio y los aceros inoxidable han reducido un poco el uso del cobre en -- la industria de la construcción. Los plásticos han sido competido-- res del cobre pero de escasa consideración, en recubrimiento de líneas, conductores eléctricos, etc.

En el desarrollo futuro de la minería del cobre mexicano es de importancia la zona que comprende los estados de Sonora, Sinaloa, -- Nayarit, Jalisco, Michoacan y Guerrero y la parte occidental -----

de Chihuahua y durango. Existen numerosos depósitos, cuyo desarrollo se ha obstaculizado por falta de vías de comunicación, de explotación minera y de fundiciones localizadas estratégicamente.

Las reservas se estiman en 140 millones de toneladas de minerales con 0.8 % de cobre. Es decir un millón de toneladas de cobre metálico.

México realiza compras de productos de cobre al exterior por valor de 6.7 millones de pesos anuales; el 97 % de estas adquisiciones está constituido por polvos y partículas de este mineral, procedentes en su mayor parte de E.U.A.

Cromo:

El cromo es un metal de color blanco plata, cristalino y muy duro, no se empaña en el aire, pero se oxida cuando se calienta a elevadas temperaturas, formando óxido crómico; el metal se disuelve en los ácidos clorhídrico y sulfúrico diluidos, poniendo en libertad hidrógeno formando cloruro cromoso y sulfato cromoso. Cuando se sumerge en ácido nítrico el metal se vuelve inactivo o pasivo; no se encuentra libre en la naturaleza, estando presente en la cromita. Hay varios tipos de cromita entre los que se tienen: Cromita ferrosa $Fe(CrO_2)_2$ con 30- 42 % de óxido crómico, con 42-46 % y con 46-55 % de óxido crómico, cromato de plomo o crocoisita con 15-55 % de óxido crómico.

El mineral de cromo se utiliza como material refractario en el revestimiento de hornos de aceración, vidrio, cemento y otros. Las principales industrias consumidoras de cromo metálico, son la siderúrgica en la elaboración de aleaciones y aceros especiales, la automotriz y la manufacturera de cubiertas resistentes al calor, fricción y oxidación. Los substitutos del cromo son: en la manufac-

tura de productos refractarios, la magnesita. En la industria automotriz: el níquel y el aluminio. En la siderúrgica: titanio, vanadio cobalto, níquel y molibdeno, y en las industrias químicas de pinturas y cerámica: cobalto, vanadio y níquel.

En México nunca se han obtenido cantidades apreciables de cromo; a la fecha no se ha realizado ninguna cuantificación de reservas de este mineral, la demanda nacional se satisface mediante importaciones.

Durante (1964-1968) las compras al exterior de este mineral, con un contenido de óxido crómico del 30-55 % han presentado una tendencia al alza, lo cual se explica por el desarrollo de las industrias consumidoras dentro de las que destacan la química y la siderúrgica. En este mismo periodo, las importaciones han fluctuado alrededor de 26 mil toneladas anuales, registrando la cifra más alta en el año de 1967 con 29 mil toneladas.

La producción mundial de minerales de cromo presenta un ritmo de crecimiento anual del 1.7 % al pasar de 4.2 millones de toneladas en 1964 a 4.5 en 1968. Aproximadamente el 50 % del consumo mundial se utiliza con fines metalúrgicos. 40 % para la fabricación de materiales refractarios y el 10 % en la industria química y otras.

(2)

II.A. Breve monografía química de los principales compuestos de cobre y cromo.

Oxido cúprico. Substancia negra, perfectamente estable, difícilmente soluble en agua, pero se disuelve en los ácidos.

Formula: CuO ; Peso molecular: 79.57 ; Color : negro ; S.g. 6.45 -- punto de fusión : 1,026 °C.

Oxido Crómico. Es un polvo verde básico; la forma amorfa es soluble en los ácidos, pero la cristalina solamente entra en disolución si se funde con peróxido de sodio. Es muy refractario, calcinado es insoluble en agua y en los ácidos. Formula: Cr_2O_3 ; Peso molecular: 152.02 ; S.g. 5.21.; punto de fusión : 1,900°C.

Cromato de sodio. Sal delicuescente, de color amarillo y forma ortorómbica, rómbica. Formula : $\text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$; peso molecular: 342 ; S. g. : 2.723 ; Punto de fusión : 392°C.

Solubilidad en 100 partes.

agua	0°C	10°C	20°C	60°C
Cromato	32 gramos	51.7 g.	88.7 g.	202 g.

Dicromato de sodio. Esta sal se prepara en gran escala, y es preferida al compuesto potásico para muchos fines, debido a su bajo precio y a su mayor solubilidad (100 gramos de agua disuelven 109-gramos de sal a 15°C), pero tiene la desventaja de ser delicuescente. Sus propiedades químicas se parecen mucho a las del dicromato de potasio. Formula : $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$; Color y forma : rojo -- monoclinico ; Punto de fusión : 356°C.

Dicromato de potasio. Junto con el cromato de potasio son las combinaciones más importantes del cromo. No es higroscópico, cristaliza anhidro de sus soluciones. Formula: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; Color y forma: rojo triclinico ; S.g. : 2.690.

Cromato de potasio. En la naturaleza constituye la tarapacaíta sólo es estable en solución neutra o alcalina, en solución ácida dá Formula : K_2CrO_4 ; Color y forma: amarillo rómbico ; S.g. 2.732 a-- 18°C. Punto de fusión: 975 °C.

Solubilidad en 100 partes.

Agua fría	Agua caliente	Otros reactivos
58 gramos a 0°C	756 g. a 100°C	Insoluble

II.B. Principales Usos.

Oxido cúprico. Se usa en la preparación de los compuestos de cobre II , agente analítico en química, en baterías y electrodos , - en electroplatinado, en la preparación de insecticidas, herbicidas- y fungicidas.

Oxido crómico. Se usa como pigmento para dar color verde al -- vidrio y artículos de cerámica, también se emplea como color verde- permanente al aceite, en metalurgia, y como catalizador en síntesis orgánica, como en la síntesis de metanol, y en la ciclación de hi-- drocarburos.

Cromato de plomo. Empleado en pigmentos, pinturas y para el - estampado de tejidos de algodón.

Dicromato de sodio. Se usa como materia prima de pigmentos ta ninos, ácido crómico, tratamiento de metales, textiles, curtiduría- y otros.

Acido crómico. Como material refractario, pigmento para barnices y pinturas, en curtiduría de pieles , como revelante de foto- grafía, productos químicos (cromatos agentes oxidantes catalizado- res) y productos farmacéuticos.

Dicromato de potasio. Como agente oxidante en electroplatina- ción, juegos pirotécnicos, explosivos, textiles, adhesivos; es un -

poderoso oxidante muy utilizado en el laboratorio y en la industria, se aplica a despolarizantes de pilas eléctricas, en análisis químico para valorar reductores y en yodometría; el dicromato U.S.P. para preservación de leche, en taninos, en procesos de papel, litografía, fotografía, perfumes sintéticos, pigmentos y productos cerámicos.

Cromato de potasio. Agente de química analítica, mordente en textiles, tintas, en medicina, en la preparación de fungicidas, acabados de telas y compuestos de cromo.

Cromato de sodio. Se usa en tintorería, en la fabricación de pigmentos (Amarillo cromo, rojo de cromo, verde de Guignet, etc.) y en el curtido de cueros. (1) (3) (4)

III. POSIBLES METODOS DE SEPARACION

En este capítulo nos ocuparemos de los diferentes sistemas de purificación que se probaron en el laboratorio, así como de los -- resultados obtenidos.

El tratamiento para los sistemas probados consta de dos opera-- ciones principales:

1). Preparación de la muestra: Usando como base una mezcla con -- 50 % de óxido cúprico y 50 % de óxido crómico, y de acuerdo con -- la estequiometría de la reacción de ataque, se toma un peso defini-- do de muestra y se homogeniza en un mortero.

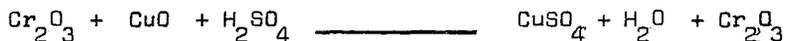
2). Ataque de la muestra.

A). Separación por vía húmeda.

B). Separación por fusión y disolución.

III.2. A). Separación por vía húmeda. En esta separación los agen-- tes practicamente más usados son: ácido sulfúrico, ácido perclóri-- co, y ácido fosfórico. De todos ellos seleccionamos el ácido sul-- fúrico para hacer nuestro ataque por ser más barato y de menos pe-- ligro para su manejo en comparación con los otros dos.

Se realizaron diferentes pruebas tomando como base 10 gramos-- de la muestra. La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



Pruebas realizadas . (A temperatura ambiente).

a). La muestra con dos veces la cantidad de ácido sulfúrico encon-- trada de la estequiometría de la reacción y con una parte de agua. Las cantidades usadas son:

10 gramos de muestra.

12.4 gramos de ácido sulfúrico.

6.2 gramos de agua.

b). La muestra tratada con dos partes de ácido sulfúrico y dos partes de agua. Las cantidades usadas son :

10.0 gramos de muestra.

12.4 gramos de ácido sulfúrico.

12.4 gramos de agua.

c). La muestra tratada con una parte de ácido sulfúrico y dos partes de agua. Las cantidades usadas son:

10.0 gramos de muestra.

6,2 gramos de ácido sulfúrico.

12.4 gramos de agua.

El procedimiento detallado del método es el siguiente:

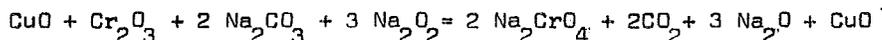
Se pesan 10 gramos de la muestra, y se hacen reaccionar con el ácido sulfúrico de acuerdo a las cantidades anotadas anteriormente para cada prueba. A cada una de las pruebas se les hacen dos tratamientos con ácido sulfúrico y agua para que la reacción sea completa. Las conclusiones a que llegamos son: que el segundo tratamiento ya no es necesario ya que en el primero se termina casi en su totalidad la reacción. Los rendimientos obtenidos en cada prueba se dan posteriormente, así como las comparaciones y selección de aquella que presenta los mejores resultados.

III.2.8. Separación por fusión alcalina y disolución. Esta consiste en un calentamiento progresivo, hasta llegar a la temperatura de operación que se busca sea lo más baja posible. Esta separación es efectuada en crisoles de preferencia de níquel aunque pueden utilizarse los de fierro y los de porcelana, pero debido a las

temperaturas utilizadas y al uso de fundentes el ataque a estos--- últimos es de consideración.

Los agentes usados en la separación por fusión alcalina son: peróxido de sodio y carbonato de sodio.

El procedimiento detallado es el siguiente: Se mezcla por separado 10 gramos de muestra, con 7.68 gramos de peróxido de sodio y 7.0 gramos de carbonato de sodio. Lo anterior corresponde a las cantidades estequiométricas tomando como base 10 gramos de muestra y según la reacción siguiente:



La mezcla preparada se pasa a un crisol de níquel, se coloca en la mufla y se va elevando la temperatura a razón de 200°C por hora, hasta llegar a la temperatura escogida, donde permanece el tiempo estimado como suficiente; concluido este tiempo el crisol se deja enfriar hasta que llegue a la temperatura de 35-40 °C ; se le agrega un poco de agua y cuando cesa la efervescencia, el residuo se desprende fácilmente del crisol, se pasa a un vaso donde se disuelve con más agua y se filtra. El sólido así obtenido es el óxido cúprico el cual se pone a secar y se pesa.

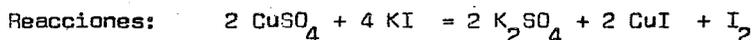
Las pruebas que se llevaron a la práctica se hicieron a temperaturas y tiempos de permanencia diferentes.

La siguiente tabla relaciona el número de pruebas hechas, las temperaturas a que fueron sometidas y el tiempo de exposición.

Nº de pruebas	Temperatura	Tiempo de exposición
1	450°C	1.5 horas
2	500°C	2.0 horas
3	550°C	1.5 horas
4	650°C	1.5 horas
5	850°C	1.5 horas.

III.C. Métodos de análisis.

Para el cuanteo de la separación por vía húmeda, el método de análisis que seleccionamos fué el yodométrico por considerarlo más exacto. El fundamento del método es el siguiente: el cobre reacciona con el yoduro de potasio para desprender yodo, el cual se titula con solución valorada de tiosulfato de sodio y solución de almidón hasta decoloración total del azul.



Procedimiento: La solución de sulfato de cobre se afora a 1000 ml., se toman partes alícuotas con pipeta de 25 ml., se vierten en los matraces Erlenmeyer, se diluye con 50 ml. de agua y se agregan 10 ml. de ácido sulfúrico 1:1, y 1 a dos gramos de yoduro de potasio, se tapan y se dejan reposar media hora al abrigo de la luz, hasta desprendimiento de I_2 , después se agrega el tiosulfato de sodio (0.1 N), hasta un color amarillo claro, se adicionan dos ml. de solución de almidón y se sigue agregando solución de tiosulfato de sodio hasta que desaparezca la coloración azul.

Resultados:

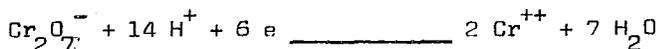
Calculos	Prueba (a)	Prueba (b)	Prueba(c)
Aforo en ml.	1000 ml.	1000 ml.	1000 ml.
Parte alícuota.	25 ml.	25 ml.	25 ml.
1º lectura	6.7 ml.	6.8 ml.	7.0 ml.
2º lectura	6.6 ml.	6.75 ml.	7.1 ml.
Promedio	6.65 ml.	6.8 ml.	7.05 ml.
Normalidad	0.1015	0.1015	0.1015
Factor Yodom.	0.00636	0.00636	0.00636
Factor Cu/CuO	0.7989	0.7989	0.7989

(Continuación)

Cálculos	Prueba (a)	Prueba (b)	Prueba (c)
Peso de la muestra	10 gramos	10 gramos	10 gramos
Eficiencia de recuperación de CuO	40 %	42.6 %	43. 0 %

De las tres pruebas la que dió mejores resultados aunque no--satisfactorios, fué la prueba (C), obteniéndose una eficiencia--del 43 % de óxido cúprico, y resultando un poco más de dos gramos--de óxido crómico o sea el 40 % de eficiencia.

Para el cuateo de la separación por fusión alcalina y disolu--ción, fué necesario hacer una pequeña investigación de los métodos--generales de determinación de cromatos, ya que la presencia del--cromo en mezclas con otros elementos crea interferencias. La deter--minación del ácido crómico y dicromato en solución es interferida--por los manganatos y bióxido de manganeso, vanadatos y otros agen--tes oxidantes enérgicos; los tiosulfatos y la materia orgánica re--ducen los dicromatos en solución ácida. El carácter multivalente--del cromo y los muchos compuestos complejos complican los procedi--mientos cuantitativos. Los métodos usuales para la determinación --volumétrica dependen casi completamente de la reducción u oxida--ción del cromo efectuándose las siguientes reacciones:



En solución ácida, la oxidación es completada por cualquiera--de los reactivos que se citan a continuación: Permanganato de pota--sio, persulfato de amonio o ácido perclórico y la reducción por --sulfato ferroso o yoduro de potasio. El método usual de oxidación--en medio básico es con el empleo de peróxido de sodio.

Debido a la imposibilidad de señalar un procedimiento volumétrico satisfactorio para la determinación cuantitativa del cromo resulta conveniente comentar las ventajas y desventajas de los métodos más usuales.

Se prueba la sensibilidad de las titulaciones más comunes del cromo, con una solución estandar de dicromato de potasio.

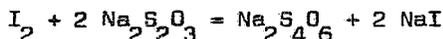
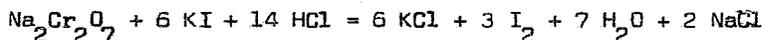
- A). Titulación directa de cromatos por reducción con exceso de ión ferroso.
- B). Titulación directa del cromo con sulfato ferroso amónico.
- C). Titulación del cromo por el método de reducción con yoduro de potasio.

En la titulación directa con sulfato ferroso amónico, los errores que se tienen son 18 % máximo y 3 % mínimo. Con exceso de ión ferroso el error máximo es 10 % y el mínimo 3 %. En el método yodométrico (reducción con yoduro de potasio) los porcentajes de error son excepcionalmente bajos y en comparación con los métodos anteriores, resulta ventajoso; es por esta razón que se selecciona y propone este método con un porcentaje de error máximo de 8 % .

Método yodométrico para determinar cromo como óxido crómico.

Fundamento del método. El cromato de sodio se pasa a dicromato, el cual es reducido por el yoduro de potasio en solución ácida en sal cromica de color verde, liberando yodo.

Reacciones:



Procedimiento: La solución problema se afora en el matríz volumétrico a 1000 ml.; se toman partes alícuotas con pipeta de 5 ml. y se vierten en los matraces Erlenmeyer, se agregan 10 ml. de agua destilada, 2 a 3 gramos de yoduro de potasio, 2 gramos de bicarbo-

nato de sodio, 5 a 6 ml. de ácido clorhídrico, se deja reposar y se titula con solución valorada de tiosulfato de sodio aproximadamente (0.1 N); cuando el color verde del cromato reducido comienza a predominar sobre el color del yodo liberado " café rojizo " es añadida una poca solución de almidón, y la titulación con el tiosulfato de sodio continúa hasta que el color azul del almidón desaparece, teniendo cuidado de no confundir el color verde del cromo reducido con el azul del almidón. (5)

En este método de separación por fusión alcalina, se obtienen los cromatos en solución y en forma de sólido el óxido cúprico.

Los cálculos y resultados obtenidos se dan en las tablas I. y II.

TABLA I

Pruebas	1	2	3	4	5
Aforo en ml.	1000	1000	1000	1000	1000
Parte alíq. en ml.	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1ª Lectura en ml.	7.6	8.6	8.7	9.4	9.4
2ª Lectura	7.7	8.5	8.6	9.3	9.25
Promedio en ml.	7.65	8.55	8.65	9.35	9.30
Normalidad	0.1020	0.1020	0.1020	0.1020	0.1020
Milieq.	0.2567	0.2567	0.2567	0.2567	0.2567
Eficiencia	80 %	91 %	94 %	98 %	97.5%

Para la determinación de cromo como óxido crómico, la fórmula aplicada es :

$$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 = \frac{\text{Vol.} \times \text{Normalidad} \times \text{Mequiv.} \times \text{Aforo en ml.}}{\text{Peso de la muestra} \times \text{Parte alícuota}} \times 100$$

Graficando los datos de la tabla I . De eficiencia obtenida contra la temperatura, podemos hacer una comparación de la eficiencia a diferentes temperaturas, y ver la temperatura óptima a trabajar. Dicha temperatura es de 650°C. Ver gráfica (A) APENDICE.

TABLA II

Pruebas	Temperaturas en °C	Gramos de CuO obtenidos	Eficiencia de recuperación
1	450	4.6	93 %
2	500	4.7	94 %
3	550	4.7	94 %
4	650	4.85	97 %
5	850	4.80	96 %

Graficando los valores obtenidos de la tabla II, tendremos la eficiencia de recuperación del óxido cúprico. Ver gráfica (B) APENDICE.

IV. ESTUDIO DE MERCADO.

IV.A. Producción Nacional.

Oxido cúprico. Actualmente existen dos industrias que fabrican este óxido: Sulcona, S.A. y Química Potosí, S.A., la primera no específica capacidad instalada y la segunda tiene una capacidad de 60 toneladas, empezó a fabricar este óxido en 1970 ; en el que produjo 5 toneladas. A continuación se da información de la producción nacional a partir del año de 1969, siendo la primera fabricación correspondiente a Sulcona, S.A. (7)

Año	Sulcona, S.A. Cantidad en ton.	Química Potosí, S.A. Cantidad en ton.	Total en ton.
1969	2.0	---	2.0
1970	7.6	5.0	12.6
1971	25.8	3.0	28.8

Oxido crómico. No hay producción nacional.

Dicromato de sodio.

Información de la producción. Química Central de México, S.A. - se constituyó en 1968 en el estado de Guanajuato; el objetivo de la empresa es cubrir la fabricación de los productos químicos que se emplean en el tratamiento de pieles y electroplatinados (cromado).

A fines de 1970 inició la fabricación de dicromato de sodio y aceites sulfonados, obteniéndose como subproducto sulfato de sodio sulfato de cromo, sales curtientes y cromo sal. Existe en México - otra empresa fabricante de dicromato de sodio además de Química - Central de México, S.A., que es Cromatos de México, S.A. que inició su producción en 1958 y tiene una capacidad instalada de 4,000 ---

toneladas por año. Lo que hace una capacidad conjunta de producción de 10,000 toneladas por año la cual es suficiente para cubrir la demanda nacional que ha venido siendo de 5,500 toneladas en 1969, correspondiendo 3,000 toneladas a producto importado; en 1970 se demandaron 6,000 toneladas de las cuales se importaron 3,000 ton. y en 1971 se cubrió la demanda con producto nacional que fué de 6,200 toneladas; en el año de 1972 Química Central de México, S.A. empezó a exportar a la zona de la ALALC. (7)

A continuación se dá información de la producción nacional a partir de 1965.

Año	Cromatos de México, S.A.	Química Central de México, S.A.	Total
	Cantidad en toneladas	Cantidad en ton.	en ton
1965	1,700	---	1,700
1966	1,905	---	1,905
1967	2,156	---	2,156
1968	2,800	---	2,800
1969	2,500	---	2,500
1970	3,000	---	3,000
1971	2,500	3,700	6,200
1972	---	8,000	8,000

Cromato de sodio.

No hay producción nacional con proyecto de fabricación está ---
Cromatos de México, S.A. (7)

Acido crómico.

Información de la producción . Química Central de México, S.A. inició la producción de este ácido en mayo de 1972 y actualmente --- tiene varios proyectos para seguir ampliando su línea de productos.

Química Central de México, S.A. es el único fabricante con capacidad suficiente para cubrir la demanda nacional, la cual se ha -- satisfecho con producto de importación en el siguiente ritmo: en 1969 , 452 ton. ; en 1970 con 451 ton.; en 1971 con 488 ton. y de enero a junio de 1972 con 250 ton. Esta empresa está haciendo negociaciones con países de la ALALC. para exportar dado que tiene un 50 % de capacidad excedente. (7)

Dicromato de potasio.

No se fabrica en México, a pesar de que tiene mucha demanda -- que se satisface casi en su totalidad de importación, ésto es debido a la falta de sales de potasio, ya que se fabrica a partir -- de cromato de potasio y ácido sulfúrico o dicromato de sodio y cloruro de potasio. Posible fabricante : Cromatos de México, S.A. (7)

Cromato de potasio.

No se fabrica en el país, todo el consumido hasta 1968 era -- importado. (7)

Cromato de plomo.

No se fabrica en el país, se tenían noticias de futura fabricación, pero nada hubo en concreto, los substitutos son principalmente: óxido de plomo, minio y litargirio.

IV.8. IMPORTACIONES

Oxido cúprico.

Para esto se recopiló la cantidad importada en Kg. L. y su -- costo respectivo por año, contenidos en la siguiente tabla:

TABLA I

Año	Cantidad total en Kg. L,	Valor en pesos
1967	11	595
1968	209	12,735

(Continuación)

TABLA I

Año	Cantidad total en Kg. L.	Valor en pesos
1969	740	18,644
1970	91	4,700
1971	258	27,890
1972	180	10,710

Nota. A partir de 1967 se empezó a importar el óxido cúprico con la siguiente fracción arancelaria : 28.28.C. 004 . (6)

Oxido Crómico.

Información de la cantidad importada en toneladas, y su costo respectivo por año, contenidas en la tabla II.

TABLA II

Año	Cantidad en toneladas.	Valor en pesos
1965	9.0	136,864
1966	7.0	130,017
1967	6.0	121,434
1968	5.0	115,630
1969	3.0	98,076
1970	3.0	111,430
1971	0.6	53,946
1972	0.8	56,540

Nota. El costo de estas importaciones varía por la calidad con --- que algunos países lo producen, por los impuestos y por el flete. --- Se importa con la siguiente fracción arancelaria : 28.21.A.001 , --- Cuota: \$ 0.15 + 35 % (P.O. \$ 14.60 K.B.) , Requiere permiso pre--- vio de la S.I.C. ALALC : No hay concesiones. (6)

Acido Crómico.

Monto de la importación de este ácido y su costo por cada año representados en la tabla III

TABLA III

Año	Cantidad en toneladas.	Valor en pesos
1965	192	1,463,488
1966	257	1,860,619
1967	193	1,383,262
1968	345	2,145,100
1969	452	2,959,589
1970	451	3,377,511
1971	488	3,572,869
1972	500	4,319,310

Se importa con la siguiente fracción arancelaria: 28.21.A.002 ----
 Cuotas: \$ 0.50 + 7 % (P.O. \$ 8.00 K.B.) . Requiere permiso pre-
 vio de la S.I.C. ALALC: Concesiones en Ecuador. (6)

	Terceros países	Países de ALALC
Cuota específica:	s/ 0.60	0
% Ad- Valorem :	25	0
Otros impuestos :	10	10
Depósito previo:	35	35

Dicromato de sodio.

La siguiente tabla contiene las cantidades importadas en ton. y valor en pesos por año.

TABLA IV

Año	Cantidad total en ton.	Valor en pesos
1965	1,478.000	4,507,444
1966	1,141.000	3,380,318
1967	2,891.000	8,318,719

(Continuación)

TABLA IV

Año	Cantidad total en ton.	Valor en pesos
1968	2,357,000	6,162,310
1969	3,037,000	9,427,184
1970	3,000,000	9,139,982
1971	119,000	387,873
1972	0,025	184

Cromato de sodio.

Las importaciones de este cromato y su valor en años estan---
representadas en la siguiente tabla. (6)

TABLA V

Año	Cantidad total en ton.	Valor en pesos
1965	27.00	137,198
1966	27.80	137,694
1967	27.20	128,310
1968	26.80	126,412
1969	24.50	110,812
1970	22.70	98,982
1971	15.00	78,392
1972	1.60	13,008

Cromato de potasio.

La cantidad importada en Kg. y su valor respectivo por año es
tan anotados en la siguiente tabla.

TABLA VI

Año	Cantidad total en Kg.	Valor en pesos
1966	387	6,605

(Continuación)

TABLA VI

Año	Cantidad total en Kg.	Valor en pesos
1967	201	3,192
1968	386	6,378
1969-1972	No hubo importaciones	

Dicromato de potasio.

La cantidad importada en ton. y su valor respectivo por año -
están anotados en la siguiente tabla. (6)

TABLA VII

Año	Cantidad total en ton.	Valor en pesos
1965	119.0	534,311
1966	184.3	789,053
1967	263.4	956,055
1968	269.0	958,000
1969	388.0	1,359,724
1970	381.0	1,676,000
1971	225.0	983,279
1972	200.0	724,508

Se importa con la siguiente fracción arancelaria: 28.47.C.005
Cuota: \$ 0.05 + 10 % (P.O. \$ 4.95 K.B.) (6)

IV.C. CONSUMO APARENTE.

De acuerdo con los datos recopilados de la producción nacional, y de los datos de importación, se puede hacer una estimación del consumo aparente para cada uno de los productos estudiados.

Oxido cúprico.

Con la información que se tiene de la producción nacional de este óxido, podemos hacer una gráfica de toneladas vs. años, para darnos una idea de la tendencia de consumo durante estos años. Y con las importaciones que son cantidades realmente pequeñas comparadas con la producción nacional, se puede hacer otra gráfica. Ver gráficas N°s 1 y 2 respectivamente en el apéndice.

Oxido crómico.

El consumo aparente va a estar representado por las cantidades importadas. Graficando las cantidades importadas vs. años tendremos la tendencia de consumo. Ver gráfica N° 3 Apéndice.

Acido crómico.

El monto de las cantidades importadas nos representa el consumo aparente. Ver gráfica N° 4 del apéndice. Graficando estas mismas cantidades tendremos una tendencia de este consumo. Ver gráfica N° 5 ,Apéndice.

Dicromato de sodio.

Con los datos de producción nacional (Ver gráfica N°6) y las importaciones (Ver gráfica N° 7) podemos hacer una gráfica de ton. vs. años, que nos representa el consumo aparente. Ver gráfica N° 8 . Apéndice.Las cantidades del consumo aparente están contenidas en la tabla I.

TABLA I

<u>Año</u>	<u>Cantidad en ton.</u>
1965	3,178
1966	3,046
1967	5,047

(Continuación)

TABLA I

<u>Año</u>	<u>Cantidad en ton.</u>
1968	5,157
1969	5,400
1970	5,700
1971	6,319
1972	8,025

Cromato de sodio.

Con los valores de las importaciones que nos representan el consumo aparente, hacemos una gráfica de ton. vs. años. Ver gráfica Nº 9 . Apéndice.

Dicromato de potasio.

El consumo está representado por las cantidades importadas en ton. vs. años. Ver gráfica Nº 10. Apéndice.

V. PROYECCION DE LA DEMANDA.

Con los datos de producción nacional y de importación que se tienen, se determinará la proyección de la demanda de los años futuros de cada uno de los productos para un lapso de tiempo de cinco años. Para esto se hará un estudio estadístico, usando el método de mínimos cuadrados en el que podemos aplicar varios modelos matemáticos, para saber cual es el que se ajusta a nuestros datos.

Los modelos matemáticos probados son: Línea recta, curva cuadrática o parábola y logaritmico. (8)

Oxido cúprico. No tenemos suficientes datos para hacer una proyección con la producción nacional, ya que solo hay datos de 1969 a 1971, y por lo que respecta a las importaciones aparece en 1967 en el Anuario Estadístico con fracción arancelaria específica, estas cantidades importadas comparadas con la producción nacional son muy pequeñas.

Oxido crómico.

De los modelos aplicados el que dá mejores resultados es el de la parábola o curva cuadrática. Ecuación de curva de aproximación: $Y = A_0 + A_1X + A_2X^2$. Las variables X é Y se conocen como la variable independiente y dependiente respectivamente, donde X nos representa los años é Y las toneladas. A_0 , A_1 , A_2 son las constantes de proporcionalidad que se determinan mediante el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\begin{aligned} Y &= A_0N + A_1X + A_2X^2 \\ XY &= A_0X + A_1X^2 + A_2X^3 \\ X^2Y &= A_0X^2 + A_1X^3 + A_2X^4 \end{aligned} \quad \text{Ecuaciones 1}$$

El trabajo abarca el cálculo de sumas que pueden ordenarse como se indica en la tabla V.1.

TABLA V.1.

X	Y	X ²	XY	X ³	X ² Y	X ⁴
1	9	1	9	1	9	1
2	7	4	14	8	28	16
3	6	9	18	27	54	81
4	5	16	20	64	80	256
5	3	25	15	125	75	625
6	3	36	18	216	108	1,296
7	0,6	49	4.2	343	29.4	2,401
<u>8</u>	<u>0.8</u>	<u>64</u>	<u>6.4</u>	<u>512</u>	<u>51.2</u>	<u>4,096</u>
36	34.4	204	104.6	1,296	434.6	8,776

Ajustar la parábola de mínimos cuadrados de la forma $Y = A_0 + A_1X + A_2X^2$, al conjunto de datos X y Y. Substituyendo los datos de la tabla V.1 en las ecuaciones (1) tenemos:

$$34.4 = 8A_0 + 36A_1 + 204A_2$$

$$104.6 = 36A_0 + 204A_1 + 1296 A_2$$

$$434.6 = 204A_0 + 1296 A_1 + 8776 A_2$$

Resolviendo: $A_0 = 11.2$; $A_1 = - 2.2$; $A_2 = 0.132$. La ecuación pedida es :

$$Y = 11.2 - 2.2 X + 0.132 X^2$$

Con la parábola de mínimos cuadrados estimar los valores de - Y para los valores de X dados. Para $X=1$; $Y_{est.} = 11.2 - 2.2 + 0.132 = 9.13$. Análogamente se obtienen los demás valores a estimar, los resultados aparecen en la tabla V.2.

TABLA V.2.

X	Yest.
1	9.13
2	7.33

(Continuación)

TABLA V.2.

X	Yest.
3	5.80
4	4.50
5	3.50
6	2.75
7	2.27
8	2.05
9	2.10
10	2.40
11	3.00
12	3.80
13	4.90
14	6.30
15	7.90

Ver gráfica Nº 11 . Apéndice.

Coefficiente de correlación. La correlación es el grado de relación entre las variables, que se estudia para determinar en que medida una ecuación describe o explica de una forma adecuada la relación entre las variables. Si todos los valores de las variables satisfacen una ecuación, se dice que las variables están correlacionadas perfectamente; por lo tanto si todos los puntos parecen estar cerca de una curva, la correlación se dice no lineal, y la ecuación es la apropiada para la estimación.

Error Típico de la estima. Para valores de X dados Yest. nos va a representar el valor de Y estimado; una medida de la dispersión alrededor de la curva de regresión de Y sobre X viene dado

por la ecuación: $E = \sqrt{\sum (Y - Y_{est.})^2 / N}$, que se llama error típico de la estima de y sobre X . Este error tiene propiedades análogas a las de la desviación típica.

Determinación del coeficiente de correlación. La razón de la variación explicada a la variación total se llama coeficiente de correlación. La variación total se define como $\sum (Y - \bar{Y})^2 = \sum (Y - Y_{est})^2 + \sum (Y_{est} - \bar{Y})^2$. El primer término de la ecuación se llama variación no explicada, el segundo término se llama variación explicada. Si la variación es toda no explicada, es decir la variación explicada es cero entonces esta razón es cero; si la variación no explicada es cero, es decir la variación total es toda explicada, la razón es uno. La razón es siempre no negativa y se define por r^2 y es igual a: $r = \text{Variación explicada} / \text{variación total}$.

El valor de r calculado así, mide en cualquier caso el grado de relación, relativa al tipo de ecuación que realmente se supone. Si se supone una ecuación lineal y el valor dado de r es próximo a cero, significa esto que no hay correlación lineal entre las variables, pero puede haber una alta correlación no lineal entre ellas. En otras palabras el coeficiente de correlación mide la bondad de ajuste de la ecuación supuesta a los datos. (8)

a). Cálculo del coeficiente de correlación lineal.

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} = 0.28$$

Este coeficiente es -

ta muy próximo a cero, indicando que no hay relación lineal entre Y y X . Haciendo el análisis de la proporción inexplicable se tiene $1 - r^2 = \text{inexplicabilidad}$. $1 - 0.28 = 0.72$; entonces el 72 % aparece como inexplicable, y la diferencia entre lo calculado y lo real es de 72 %.

b) Cálculo del coeficiente de correlación no lineal.

$$\text{Ecuación: } r^2 = \frac{(\text{Yest.} - \bar{Y})^2}{(Y - \bar{Y})^2}$$

TABLA V.3.

X	Y	(Y - \bar{Y})	(Y - \bar{Y}) ²	Yest.	(Yest. - \bar{Y})	(Yest. - \bar{Y}) ²
1	9	4.7	22.0	9.13	4.83	23.32
2	7	2.7	7.3	7.33	3.03	9.99
3	6	1.7	2.9	5.80	1.50	2.25
4	5	0.7	0.5	4.50	0.20	0.04
5	3	-1.3	1.7	3.50	-0.80	0.64
6	3	-1.3	1.7	2.75	-1.55	2.40
7	0.6	-3.7	13.7	2.27	-2.03	4.06
8	0.8	-3.5	<u>12.3</u>	2.05	-2.25	<u>5.06</u>
			61.1			48.76

Con los datos de la tabla anterior se calcula el coeficiente como sigue:

$$r^2 = \frac{48.76}{61.10} = 0.803 \quad ; \quad \text{Por lo tanto } r = 0.897 \quad \text{Este valor}$$

nos demuestra que hay una relación no lineal muy buena suministrada por la parábola, como se indica por el hecho de que el coeficiente de correlación no lineal sea de 0.897.

Análisis de la proporción inexplicable:

$$\text{Variación no explicada} = 1 - r^2 = 1 - 0.803 = 0.197 \quad ; \quad \text{así el 19.7\%}$$

Variación total
de la variación total permanece no explicada. Esto puede ser debido a fluctuaciones aleatorias o a una variable adicional que no se ha tenido en cuenta. Por lo tanto hay un 19.7 % de diferencia entre lo calculado y lo real.

Cálculo del error . Ecuación: $E = Y - \text{Yest.}$, con esta ecuación calculamos el error y los resultados aparecen en la tabla V.4.

TABLA V.4.

X	1	2	3	4	5	6	7	8
Y	-0.13	-0.33	0.20	1.50	-0.50	0.05	-1.67	-1.25

Ver gráfica N° 12. Apéndice.

Dicromato de sodio.

Modelo matemático escogido, por dar coeficiente de correlación cercano a la unidad: Línea recta. Ecuación de aproximación: $Y = A_0 + A_1 X$

Sistema de ecuaciones: $Y = A_0 + A_1 X$ Ecuaciones (1)
 $XY = A_0 X + A_1 X^2$

El cálculo de sumas totales se ordena como se indica en la tabla V.5.

TABLA V.5.

X	Y	XY	X ² Y	Y ²
36	41,872	214,672	1,306,728	224,240,000

Substituyendo los valores de la tabla V.5. en las ecuaciones (1)

$$41,872 = 8 A_0 + 36 A_1$$

$$214,672 = 36 A_0 + 204 A_1$$

Resolviendo: $A_0 = 2,460$; $A_1 = 620$

La ecuación tendrá la forma : $Y = 2,460 + 620 X$. Con esta ecuación estimar los valores de Y para los valores de X dados. Para $X = 1$; $Y_{est.} = 3,080$. Análogamente se obtienen los demás valores a estimar. Los resultados aparecen en la tabla V.6.

TABLA V.6.

X	Y _{est.}
1	3,080
2	3,700
3	4,320
4	4,940

Continúa

Continuación

TABLA V.6.

X	Yest.
5	5,560
6	6,180
7	6,800
8	7,420
9	8,040
10	8,660
11	9,280
12	9,900
13	10,520

Ver gráfica N° 13. Apéndice.

Cálculo del coeficiente de correlación lineal:

$$r = \frac{8 \times 214,672 - 36 \times 41,872}{\sqrt{(8 \times 204 - 1296) (8 \times 224 \times 10^3 - (41,872)^2)}} = 0.96 ; \text{ este}$$

coeficiente nos dá un valor muy cercano a la unidad, decimos entonces que hay correlación lineal entre Y y X.

Análisis de la inexplicabilidad : $1 - r^2 = 1 - 0.92 = 0.8$; por lo tanto el 8 % es la diferencia entre los valores estimado y real.

Cálculo del ruido o error. Ecuación: $E = Y - Yest.$ Los resultados aparecen en la tabla V.7.

TABLA V.7.

Y	3,178	3,046	5,047	5,157	5,400	5,700	6,319	8,025
Yest.	3,080	3,700	4,320	4,940	5,560	6,180	6,800	7,420
E	98	-654	727	217	-160	-480	-481	605

El cálculo nos dá valores de las diferencias entre lo consumido y lo calculado. Graficando estos valores, se compara la trayectoria armónica de este método con respecto a lo consumido. Ver gráfica N°14. A--

péndice.

Cromato de sodio.

Modelo matemático: Parábola o curva cuadrática. Ecuación :
 $Y = A_0 + A_1 X + A_2 X^2$. El trabajo abarca el cálculo de sumas totales, que pueden ordenarse como se indica en la tabla V.8.

TABLA V.8.

X	Y	XY	X ² Y	X ²	X ³	X ⁴
36	172.2	637.7	3,053.3	204	1,296	8,776

Substituyendo los datos de la tabla V.8. en las ecuaciones de la curva cuadrática tenemos:

$$172.2 = 8 A_0 + 36 A_1 + 204 A_2$$

$$637.7 = 36 A_0 + 204 A_1 + 1,296 A_2$$

$$3,053.3 = 204 A_0 + 1,296 A_1 + 8,776 A_2$$

Resolviendo: $A_0 = 24.45$; $A_1 = 2.83$; $A_2 = - 0.338$. La ecuación medida es: $Y = 24.45 + 2.83 X - 0.338 X^2$. Con esta ecuación estimar los valores de Y para los valores de X dados. Los resultados aparecen en la tabla V.9.

TABLA V.9.

X	Yest.
1	26.95
2	28.95
3	29.95
4	30.55
5	30.35
6	28.45
7	27.85
8	27.65
9	22.20

continúa

(continuación)

TABLA V.9.

X	Yest.
10	18.60
11	18.10
12	9.50
13	4.87

Ver gráfica N° 15. Apén
dice

Cálculo del coeficiente de correlación no lineal. Ecuación:

$$r^2 = \frac{(Y_{est} - \bar{Y})^2}{(Y - \bar{Y})^2} ; \quad (Y_{est} - \bar{Y})^2 = 481.30 ;$$

$(Y - \bar{Y})^2 = 593.82$; substituyendo estos valores en la ecuación tenemos : $r^2 = \frac{481.3}{593.8} = 0.810$.

Análisis de la inexplicabilidad: $\frac{\text{Variación explicada}}{\text{Variación total}} = 1 - r^2$

$1 - r^2 = 1 - 0.81 = 0.19$; por lo tanto el 19 % de la variación total permanece no explicada.

Cálculo del Error. Los resultados aparecen en la siguiente tabla;

TABLA V.10

X	1	2	3	4	5	6	7	8
E	0.05	-1.15	-2.75	-3.75	-5.85	-3.75	-12.85	-26.4

Ver gráfica N° 16. Apéndice.

Acido crómico.

Ecuación de curva de aproximación. Línea recta: $Y = A_0 + A_1 X$.

Sistema de ecuaciones: $Y = A_0 N + A_1 X$ Ecuaciones (1)
 $XY = A_0 X + A_1 X^2$

El cálculo de sumas totales puede ordenarse como se indica en la -
 tabla V.11.

TABLA V.11.

<u>X</u>	<u>Y</u>	<u>X²</u>	<u>XY</u>
36	2,878	204	15,047

Substituyendo estos valores en las ecuaciones (1), y despejando las
 constantes, tenemos los siguientes resultados:

$A_0 = 134.7$; $A_I = 49.9$; La ecuación tiene la forma: $Y=134.7+49.9X$
 Con esta ecuación estimar los valores de Y para los valores de X -
 dados. Para $X=1$; $Y_{est}=184.6$, análogamente se calculan los demás-
 valores a estimar. Los resultados aparecen en la tabla V.12.

TABLA V.12.

<u>X</u>	<u>Y_{est}</u>
1	184,6
2	234.7
3	284.7
4	334.7
5	384.7
6	434.7
7	484.7
8	534.7
9	584.7
10	634.7
11	684.7
12	734.7
13	784.7

Ver gráfica N° 17. Apéndice.

Cálculo del coeficiente de correlación lineal. Substituyendo los valores de la tabla V.11 en la ecuación del coeficiente de correlación lineal tenemos que : $r = 0.95$; este coeficiente es cercano a la unidad, por lo que se considera este método como bueno. Análisis de la inexplicabilidad: $1 - r^2 = 0.0975$, esto quiere decir -- que el 9.75 % es la diferencia entre las toneladas estimadas y las reales.

Cálculo del error: Los resultados aparecen en la tabla V.13.

TABLA V.13.

Y	192	257	193	345	452	451	488	500
Yest.	184.6	234.7	284.7	334.7	384.7	434.7	484.7	534.7
E	7.4	22.3	-91.7	10.3	67.3	16.3	3.3	-34.7

Ver gráfica N° 18. Apéndice.

Para el mismo ácido crómico, se hace la proyección con el modelo cuadrático. Datos necesarios para substituirlos en el sistema de ecuaciones, que se aplican en este modelo:

$$X = 36 ; Y = 2,878 ; XY = 15,047 ; X^2 = 204 ; X^3 = 1,296 ; X^4 = 8,772$$

Ecuaciones:

$$2,878 = 8 A_0 + 36 A_1 + 204 A_2$$

$$15,047 = 36 A_0 + 204 A_1 + 1,296 A_2$$

$$91,880 = 204 A_0 + 1,296 A_1 + 8,772 A_2$$

Resolviendo:

$A_0 = 373.5$; $A_1 = -62.4$; $A_2 = 11$. Ajustar la parábola de mínimos cuadrados de la forma $Y = A_0 + A_1 X + A_2 X^2$ al conjunto de datos X é Y . La parábola pedida tiene la siguiente ecuación:

$Y = 373.5 - 62.4 X + 11 X^2$. Con esta ecuación estimar los valores de Y para los valores de X dados. Los resultados aparecen en la tabla V.14.

TABLA V.14.

X	1	2	3	4	5	6	7	8
Yest	322.0	292.7	285.3	299.9	336.5	385	475.7	578.3

Cálculo del coeficiente de correlación no lineal:

El valor obtenido es: $r^2 = 0.64$

Análisis de la proporción inexplicable. $1 - r^2 = 0.36$. El 36 % aparece como inexplicable, es decir hay un 36 % de diferencia entre las toneladas consumidas y las estimadas, por lo tanto este modelo se separa o no se apeg a la realidad.

Dicromato de potasio.

Método de los mínimos cuadrados. Línea recta. Ecuación de curva de aproximación: $Y = A_0 + A_1 X$

Sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} Y &= A_0 N + A_1 X \\ XY &= A_0 X + A_1 X^2 \end{aligned} \quad \text{Ecuaciones (1)}$$

El trabajo abarca el cálculo de sumas que se ordenan como se indica en la tabla V.15.

TABLA V.15.

X	Y	X ²	XY	Y ²	X ² Y
36	2,029.0	204	9,634.8	578,930	54,757

Substituyendo estos valores en las ecuaciones (1) y resolviendo.

$$A_0 = - 0.39 \quad ; \quad A_1 = 119 \quad ;$$

Coefficiente de correlación lineal : $r = 0.04$ Este coeficiente es cercano a cero, entonces este modelo se separa o no se apeg a la realidad.

Coefficiente de correlación no lineal : $r = 0.94$ Este coeficiente es cercano a la unidad diremos entonces que hay una correlación no lineal muy buena suministrada por la parábola.

Análisis de la proporción inexplicable : $1 - r^2 = 0.12$; así el 12 %

de la variación total permanece no explicada. Esto puede ser debido a fluctuaciones aleatorias o a una variable adicional no tenida en cuenta. En las ecuaciones de la curva cuadrática sustituimos los valores de la tabla V. 15. y despejando:

$A_0 = 39$; $A_1 = 102$; $A_2 = -8.5$. La ecuación pedida es:

$Y = 39 + 102 X - 8.5 X^2$. Con esta ecuación estimar los valores de Y para los valores de X dados. Los resultados aparecen en la tabla V.16.

TABLA V.16.

X	Yest.
1	132.5
2	209.0
3	268.5
4	311.0
5	336.5
6	345.0
7	336.5
8	311.0
9	268.5
10	208.5
11	133.0
12	39.0

Ver gráfica Nº 19. Apéndice.

Cálculo del error: Los resultados aparecen en la tabla V.17.

TABLA V.17.

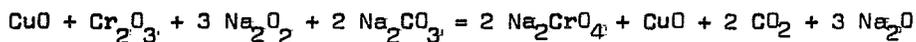
X	1	2	3	4	5	6	7	8
E	-13.5	-24.7	-5.1	-42.0	51.5	36	-111	-111

Ver gráfica Nº 20. Apéndice.

VI. DESCRIPCION DEL PROCESO.

Proceso de separación por fusión alcalina y disolución.

Se mezcla el catalizador perfectamente en la mezcladora de --- cilindro, con el peróxido de sodio (oxidante) y con el carbonato de sodio, se hace reaccionar en un horno de fusión a la temperatura deseada (650°C), en un tiempo de una a dos horas aproximadamente.- La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



Se deja enfriar y la masa fundente se pasa al tanque de disolución y se agrega agua aproximadamente a 60°C (en los cálculos se dá la cantidad de agua empleada); Así se formará el cromato en solución y el óxido cúprico. Se decanta esta disolución y en caliente se filtra, realizandose así la separación. El óxido cúprico obtenido se seca en el horno, se pasa a la mezcladora donde se pulveriza, se pesa y se empaqa. El cromato en solución se deja reposar en otro tanque, obteniendose la precipitación de los cristales mediante enfriamiento de la solución caliente.

Cálculos:

Cantidad de materia prima utilizada por día:

Catalizador : 30 Kg

Peróxido de sodio : 23 Kg

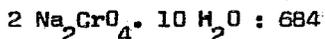
Carbonato de sodio : 21 Kg

Solubilidad del cromato de sodio en 100 partes a 60°C : 202 g.

Por la estequiometría de la reacción que se efectúa:

Cr_2O_3 : 152

CuO : 79



Por cada 30 Kg. de catalizador la cantidad obtenida de óxido-cúprico es de 15 Kg. La cantidad obtenida de cromato por cada Kg. de catalizador es :

$$0.500 \text{ Kg. de } \text{Cr}_2\text{O}_3 \times \frac{684 \text{ Na}_2\text{CrO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}{152 \text{ Cr}_2\text{O}_3}$$

$$0.500 \times 4.5 = 2.250 \text{ Kg. de } \text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$$

Por 30 Kg. de catalizador la cantidad obtenida es:

$$15 \text{ Kg. de } \text{Cr}_2\text{O}_3 \times \frac{4.5 \text{ Kg. de } \text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}{\text{Kg. de } \text{Cr}_2\text{O}_3} = 67.5 \text{ Kg.}$$

$$67.5 \text{ Kg./día de } 2 \text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$$

Por lo tanto si la solubilidad del cromato a 60°C es de 202 - gramos en 100 partes de agua entonces los 67.5 Kg. se van a disolver en 33.4 litros.

Cálculos:

$$\text{Concentración} = m/v = 67.5 \text{ Kg./ } 33.4 \text{ l.} = 2.02 \text{ Kg./l.}$$

$$\text{Volumen} = \frac{67.5 \text{ Kg./día}}{2.02 \text{ Kg./ l.}} = 33.4 \text{ l./ día.}$$

VII. DISEÑO DE EQUIPO

VII.A. Equipo necesario.

- 1). Mezcladora.
- 2). Horno de fusión.
- 3). Tanque de disolución.
- 4). Recipientes para cristalizar.
- 5). Filtro prensa.
- 6). Horno de secado.
- 7). Báscula.

VII .B. Selección del equipo.

- 1). Mezcladora.

Cuyo único objeto es dispersar o mezclar la carga a fundir (Catalizador + Carbonato de sodio + PÉroxido de sodio). Para esto hemos considerado, que un mezclador de tambor o de volteo cumple satisfactoriamente con un mezclado sencillo y consistente en un recipiente cilíndrico de acero al carbón, con seis cuchillas, colocadas a 60° una de otra, y está montado sobre un eje horizontal - que gira con él ; haciendo girar al cilindro o tambor se mezcla el contenido. Este tipo de mezclador sólo se le usa para mezclar materiales más que para pulverizar, y puede fabricarse para mover una cantidad de 15 a 25 Kg. de material , su movimiento es manual. (9-)

Especificaciones.

Capacidad: 15 Kg. de material.

Densidad de la carga fundente : 1.320 Kg./l.

Densidad del óxido cúprico : 1.166 Kg./l.

Volumen : 15 Kg. / 1.166 Kg./l. = 13.0 litros.

Volumen final obtenido de un molino de laboratorio: 52.0 litros

Desarrollo:

Desarrollo:

$$V = \pi r^2 h.$$

$$r = 17.5 \text{ cm.}$$

$$D = 35.0 \text{ cm.}$$

$$h = 55.0 \text{ cm.}$$

$$\text{Perímetro} = 0.35 \text{ m. } \pi = 1.10 \text{ m.; } 1.10 \text{ m.} \times 0.55 \text{ m.}$$

$$1.10 \text{ m.} \times 0.55 \text{ m.} = 3' - 8" \times 1' - 10"$$

$$\text{Tapas: } 0.35 \times 0.70 = 1' - 2" \times 2' - 4"$$

6 cuchillas : 12 cm. de largo por 9 cm. de ancho, total
72 cm. x 55 cm.

Material total:

$$3' - 0" \times 6' - 0" \times 1/8" \text{ de espesor : Peso} = 41.0 \text{ Kg.}$$

Soporte de 90 cm. de altura con 8 ángulos de 97 cm.

$$H = \frac{90 \text{ cm.}}{\cos 22^\circ 30'} = \frac{90}{0.9239} = 97 \text{ cm.}$$

$$8 \text{ ángulos} \times 97 \text{ cm.} = 8 \text{ m.}$$

$$\text{El peso ángulo de } 1" \times 1" \times 1/4" = 2.85 \text{ Kg./m. para } 8 \text{ m.}$$

el peso es de 23 Kg.. (10)

(2) 10 Kg. de acero redondo 98-40 de 1" de diámetro.

2). Horno de fusión.

El diseño de un horno de fusión, radica en la función primordial de dar un producto satisfactorio. En el diseño y funcionamiento del mismo la combustión y transmisión de calor son de importancia. Para seleccionar un horno es importante tener conocimiento del propósito para el que es requerido, y también el consumo probable de combustible, su capacidad va a estar relacionada con la producción que se tenga ya que una fuente principal de pérdida de calor es la circunstancia de que los hornos no estén

llenos.

Existen varios tipos de hornos de acuerdo a las necesidades - de cada industria. Nosotros podemos clasificarlos de la siguiente- manera:

- A). Hornos para transformaciones químicas
- B). Hornos de fusión.

En nuestro caso el tipo de horno que podemos seleccionar está comprendido en los clasificados en B, por lo que daremos por des- contados los comprendidos en A. Una de las subdivisiones de los -- hornos clasificados en B es la de los hornos de crisol, que cumplen con los siguientes requisitos:

- a). Fusión casi completa y operación sencilla.
- b). Costos de instalación mínimos.
- c). Ocupan poco espacio.

Con tal objeto hemos escogido este tipo de horno que puede ma- nejar gran variedad de pequeñas cargas en la fundición. En su fun- cionamiento van a ser necesarias las proporciones correctas de com- bustible y aire, primero para asegurar las condiciones de combus- tión de manera que la cantidad de combustible sea mínima, y segun- do para producir una debida atmósfera oxidante en el horno. (9)

La ventaja fundamental de este horno sobre el tipo convencio- nal e que es lo suficientemente versátil para trabajarse a nivel - de piso o sobre una pequeña plataforma.

El medio refractario del horno tiene como función resistir el efecto de la flama y la acción escorificante del polvo de la atmós- fera del horno. La selección correcta del material refractario se- hace a base de un conocimiento completo de las condiciones de ser- vicio y las propiedades de los materiales refractarios, que son -- importantes en la economía del combustible. Para hacer la selección

de los materiales refractarios vamos a considerar los siguientes factores:

- a). Temperatura máxima.
- b). Carga.
- c). Naturaleza de las escorias, cenizas o gases.
- d). Posibilidades de fluctuaciones rápidas de temperatura.

La arcilla refractaria de alto grado, tiene propiedades mecánicas buenas, que nos sirven como guía de su comportamiento a temperaturas elevadas, por lo que es apropiada para nuestro horno.

Especificaciones:

Este horno va a ser calentado con gas; está acoplado con un quemador de baja presión, para que pueda ser usado con gas L.P., se le inyecta aire con un ventilador de 2 HP desarrollando 150 Ft³/min.

Instalación. Lo único que se tiene que hacer es conectar el quemador a una fuente de gas, así como a una fuente de aire con la instalación eléctrica correspondiente, y estará listo para una operación inmediata.

Colocación. Se va a trabajar a nivel de piso (Veáse el diagrama del horno de fusión tipo crisol en el apéndice).

Capacidad del crisol.

Capacidad nominal: 120 kg. de bronce.

Volumen de carga : $120 \text{ Kg.} \times 7.7 \text{ Kg./dm}^3 = 15.6 \text{ dm}^3$

Capacidad de carga fundente:

$15.6 \text{ dm}^3 \times \text{densidad de carga fundente.} = 15.6 \times 1.432 \text{ kg./dm}^3 = 22 \text{ Kg}$

Temperatura de trabajo: 650°C

Trabajo por día : 4 fusiones.

Tiempo por fusión = 3-4 horas aproximadamente.

3). Tanque de disolución.

Este tanque cuyos requisitos son: Resistir el ataque de los - productos fabricados y soportar una temperatura de 60°C se seleccionó en base a la economía y fácil manejo, y el que cumple con estos requisitos es el que nos cotizó Plásticos Internacionales, S.A.

Especificaciones.

Material de construcción : Polietileno pisateno de una sola pieza sin soldaduras.

Modelo: 19-209

Capacidad: 100 litros.

Altura : 87 cm.

Diámetro de la boca: 45 cm.

Diámetro de la base: 40 cm.

4). Recipiente tipo charola para cristalizar.

Modelo : 624

Capacidad : 30 litros

Largo total : 55 cm.

Ancho : 40 cm.

Altura : 18 cm.

5). Filtro prensa.

Para la separación del óxido cúprico de la solución de cromatos se han estudiado diferentes tipos de filtros de los más comunes. Los filtros a presión ofrecen las ventajas de su bajo costo inicial, así como bajo mantenimiento y extrema flexibilidad, tratándose de operaciones intermitentes y usando pequeños volúmenes de material que serían incosteables para operaciones continuas y grandes volúmenes por la necesidad de limpieza. Se ha llegado a la

conclusión de que los filtros prensa de placas y marcos son convenientes para ser usados en este proceso. (13)

El principio en que se basa el funcionamiento de estos filtros es el siguiente: Se tiende un medio filtrante sobre un bastidor de un recipiente provisto de canales para recoger y escurrir la solución, y el material por filtrar es obligado por la presión aplicada a penetrar en el espacio entre el medio filtrante y la envoltura exterior del recipiente. Estos filtros se pueden fabricar de cualquier material de construcción deseado, tal como madera, fierro forjado, hule y acero inoxidable. El mejor medio filtrante puede ser lona o tela sintética, papel filtro o malla de alambre.

Dimensiones del filtro seleccionado:

Area de filtración: 10.2 ft^2 (0.942 m^2)

Placas y marcos: de 30.4 cm (12 ") de lado

Volumen de torta: 11.5 dm^3 (0.42 ft^3)

Consta de 5 placas, 6 marcos y 2 medias placas. Diseñado para trabajar a una presión de 10.5 Kg/cm^2 (150 psi). Todas las partes en contacto con el líquido construídas en acero inoxidable.

6). Horno de secado.

Tipo de horno. Horno de charolas con calentamiento por medio de resistencia eléctrica de 6 Kw. paredes de asbesto cemento de 7 mm. de espesor.

Capacidad: 30 Kg. de material.

Dimensiones:

Horno:

Frente: 1.10 m.

Fondo : 0.70 m.

Altura: 1.00 m.

Charolas:

Cantidad: 10 charolas.

Material de construcción: Fierro perfilado comercial.

Dimensiones:

Largo: 0.70 cm.

Ancho: 0.60 cm.

Extras: Ventilador de 1 HP., termómetro con rango de 0-150°C

Temperatura de secado: 100°C

Humedad inicial : 30-45 %

Humedad Final : 3-5 %

Humedad promedio: 40 %

Cantidad de CuO: 15 Kg.

Cantidad de agua : 10 Kg.

Calor sensible del agua: 10 Kg. x 1 cal/g°C x (100-20)°C = 800 Kcal

Calor sensible del CuO : 15,000 g. x 1.344 cal/g°C x 80°C=1625 Kcal

Calor latente del agua : 10,000 g. x 538 cal/g. = 5,380 Kcal. ---

Total = 7,805 Kcal. ---

Q = 7,805 Kcal.

Q (real de secado) = 7,805 Kcal/0.5 = 15,600 Kcal.

Q = 15,600 Kcal. = 51,300 BTU = 18 Kw-hr.

Densidad del material húmedo = 1.265 Kg./l.

7). Báscula Oken para 120 Kg.

VIII. EVALUACION ECONOMICA.

Esta evaluación va a necesitar un análisis de costos de los siguientes puntos principales.

VIII.1. Inversión de capital.

VIII.1.A. Capital fijo para las instalaciones de la planta.

1.A.1. Equipo para el proceso, instalado y listo para funcionar.

1.A.2. Terreno y servicios.

VIII.1.B. Circulante.

1.B.1. Inventario de materia prima-un mes de suministro al costo.

1.B.2. Inventario de materia prima en proceso- un mes al costo del producto fabricado.

1.B.3. Inventario de producto terminado-una semana al costo del producto en el mercado.

1.B.4. Efectivo disponible para cubrir los gastos de salarios

1.B.5. Cuentas por cobrar-un mes de producto al precio de venta para cubrir el crédito con las tarifas de precios que son usualmente de 30 días.

VIII.2. Costos totales del producto.

VIII.2.A. Costos de producción.

2.A.1. Costo de materia prima.

2.A.2. Costo de operación.

2.A.3. Mano de obra directa.

2.A.4. Mantenimiento.

2.A.5. Servicios: Electricidad,combustible, agua.

2.A.6. Laboratorio.

VIII.2.B. Costos generales.

2.B.1. Supervisión.

2.B.2. Depreciación.

2.B.3. Impuestos sobre propiedad y seguros.

VIII.3. Análisis económico.

3.1. Resumen de los costos y utilidades de la planta que se propone. (12)

VIII.1.A. Capital fijo para las instalaciones de la planta.

1.A.1. Equipo para el proceso, instalado y listo para funcionar Mezcladora. Cotización solicitada a Gomez Hnos. Sucesores, S.A.

Lista de material:

41 Kg de placa de acero al carbón a \$ 6.00 Kg	\$ 246.00
23 Kg de ángulo de acero al carbón a \$ 6.00 Kg	\$ 138.00
10 Kg de acero 98-40 redondo a \$ 18.00 Kg	\$ 180.00
Accesorios	\$ <u>100.00</u>
Total	\$ 664.00

Horno de fusión tipo crisol.

Cotización solicitada a Morganite del Caribe, S.A. de C.V., horno con todos sus refractarios. Tipo de horno: Morgan LO-1.

Costo:

Horno	\$ 17,000.00
Crisol A-30	\$ 140.00
Base Morgan XRC-138	\$ 80.00
Válvula de aire	\$ 600.00
Electroventilador	\$ <u>9,000.00</u>
Total	\$ 26,820.00

Tanque de disolución.

Cotización solicitada a Plásticos Internacionales, S.A.

Un tanque modelo 19-209

Capacidad: 100 litros.

Costo : \$ 235.00

dos recipientes tipo charola para cristalizar.

Modelo 624

Capacidad: 30 litros

Costo total \$ 126.00

Filtro prensa.

Cotización solicitada a Shriver de México, S.A. de C.V. Para un filtro prensa de 10.2 ft² de área y con las siguientes especificaciones: 5 placas y 6 marcos de 12 " de lado, medio filtrante: lona de nylon de (30 x 65 cm.)

Costo:

Filtro prensa \$ 19,500.00

10 lonas a \$ 60.00 cada una \$ 600.00

Total \$ 20,100.00

Bomba centrífuga \$ 7,000.00

Válvula bola 1" D S.S. 304 . Cotización solicitada a Lanzagorta
Válvulas Industriales, S.A. de C.V.

Costo \$ 1,000.00

Tubería 1 " D . Cotización solicitada a Gomez Hnos. Sucesores, S.A.

Costo \$ 750.00

Accesorios de tubería \$ 500.00

Total \$ 1,250.00

Horno de secado.

Cotización solicitada a Industria Mecánica Moderna, S.A.

Costo \$ 10,450.00

10 Charolas

Costo \$ 1,650.00

Total \$ 12,100.00

Báscula Oken de plataforma. de 120 Kg. de peso

Costo \$ 450.00

Costo de instalación de equipo.

Mezcladora.

6 hr/mec. a \$ 20.00/hr + 6 hr/ayud. a \$ 15.00/hr \$ 210.00

Horno de fusión

12 hr/elec., 12 hr/gas , 12 hr/mec.

12 hr/ayud., 12 hr/ayud., 12 hr/ayud.

Total \$ 1,760.00

Tanque de Disolución.

12 hr/mec., 12 hr/ayud.

Total \$ 608.00

Filtro prensa.

24 hr/mec., 24 hr/ayud.

Total \$ 1,040.00

Circulación filtro-tanque

21 uniones a \$15.00, 12 m. de tendido

tubo a \$ 20.00

Total \$ 850.00

Horno de secado.

18 hr/elec. , 24 hr/ayud.

18 hr/mec. , 24 hr/ayud.

Total \$ 1,845.00

Resumen del costo de instalación de equipo.

Mezcladora \$ 210.00

Horno de fusión \$ 1,760.00

Tanque de disolución \$ 608.00

Filtro prensa \$ 1,040.00

Sistema circulación filtro-tanque \$ 850.00

Horno de secado \$ 1,845.00

Total \$ 6,313.00

15 % Imprevistos \$ 947.00

Total \$ 7,260.00

1.A.1. Costo total del equipo para el proceso, instalado y listo-
para funcionar.

Mezcladora	\$	664.00
Horno de fusión	\$	28,820.00
Tanque de disolución	\$	235.00
Recipientes para cristalizar	\$	126.00
Filtro prensa	\$	20,100.00
Sistema circulación filtro-tanque	\$	9,250.00
Horno de secado	\$	12,100.00
Báscula	\$	<u>450.00</u>
	Total	\$ 69,745.00
	Imprevistos (10%)	\$ <u>6,974.00</u>
	Total	\$ 79,719.00
	Instalación	\$ <u>7,260.00</u>
	Total	\$ <u>86,979.00</u>

1.A.2. Terreno y servicios.

Renta terreno: Area de 10 x 15 m. = 150 m ² .	
Renta de 1,500 \$/mes. Base: año.	\$ 18,000.00
Instalaciones para servicios	
10 % del costo total del equipo	\$ 6,974.00

Capital fijo.

Costo total del equipo del equipo e instalación	\$ <u>86,979.00</u>
Terreno	\$ 18,000.00
Instalaciones para servicios	\$ <u>6,974.00</u>
Total	\$ <u>100,953.00</u>

VIII.1.B. Circulante.

1.B.1. Inventario de materia prima- un mes de suministro al -
costo.

Catalizador: (precio unitario) \$ 6.00

Cantidad empleada por día: 30 Kg.

Cantidad empleada por mes: 750 Kg.

Costo total por mes : \$ 4,500.00

1.B.2. Inventario de materia prima en proceso, un mes al costo ---
del producto fabricado.

Materia prima	Precio unitario de compra	Kg. empleados por día	Kg. empleados por mes	costo mensual
Catalizador	\$ 6.00	30	750	\$ 4,500.00
Na ₂ CO ₃	\$ 0.73	21	525	383.00
Na ₂ O ₂	\$10.00	23	573	5,730.00
Agua	0.20	33 litros	100 l.	<u>20.00</u>
			Total	\$10,633.00

1.B.3. Inventario de producto terminado.-una semana al costo del---
producto en el mercado.

Precio del CuO en el mercado: \$/Kg. 34.00

Precio del cromato en el mercado: \$/Kg. 4.60

Kg./día obtenidos de CuO : 15

Kg./semana obtenidos de CuO: 90

Costo por semana : \$ 3,060.00

Kg./semana obtenidos de cromato : 405

Costo por semana: \$ 1,863.00

Total \$ 4,923.00

1.B.4. Efectivo disponible para cubrir los gastos de salarios-----

3 hombres por todo el proceso. Efectivo por mes

2 H-día x \$ 40.00/día x 25 día/mes \$ 2,000.00

1 H-día x \$ 64.00/día x 25 día/mes \$ 1,600.00

Total \$ 3,600.00

1.B.5. Cuentas por cobrar. Un mes de producto al precio de venta -- para cubrir el crédito con las tarifas de precios que son -- usualmente de 30 días.

Total \$ 19,692.00

Resumen del circulante:

1.B.1.	\$ 4,500.00
1.B.2.	\$ 10,633.00
1.B.3.	\$ 4,923.00
1.B.4.	\$ 3,600.00
1.B.5.	\$ <u>19,692.00</u>
Total	\$ 43,348.00

Inversión total:

Capital fijo	\$ 100,953.00
Circulante	\$ 43,348.00
Gastos de preoperación y arranque	\$ <u>7,215.00</u>
Total	\$ <u>151,516.00</u>

VIII.2. Costos totales del producto.

Costos de producción.

2.A.1. Costo de materia prima. Estos costos de materia prima son -- el valor promedio obtenido de los proveedores del precio actual en el mercado

Materia prima	Costo unitario	Kg/año	Costo total
Catalizador	\$ 6.00	9,000	\$ 54,000.00
Carbonato de sodio	0.73	6,300	4,599.00
Oxilita	10.00	6,900	69,000.00
Agua	0.20	10,200 l.	<u>2,040.00</u>
			129,639.00

Costo de operación.

2.A.3. Mano de obra directa.

Equipo	H-hr.	H-año	Costo unitario/hr.	Costo total/año
MEzclador	1.5	450	\$ 5.00	\$ 2,250.00
Horno de fusión	3.0	900	8.00	\$ 7,200.00
Tanque	3.0	900	5.00	\$ 4,500.00
Filtro	8.0	2,400	6.50	\$ 15,400.00
Horno de secado	2.0	600	6.50	\$ <u>3,900.00</u>
			Total	\$ 33,250.00

2.A.4. Mantenimiento.

Se incluyen todos los costos referidos al equipo empleado, -- considerando el mantenimiento de rutina así como imprevistos. Esta evaluación se hizo utilizando la tabla de costos anuales de mantenimiento de Vilbrandt y Dryden (Ingeniería química del diseño de olantas industriales).

Equipo	Costo de mantenimiento/año
Horno de fusión	\$ 9,000.00
Tanque	\$ 125.00
Filtro	\$ 150.00
tubería	\$ 50.00
Bomba	\$ 937.00
Horno de secado	\$ <u>100.00</u>
Total	\$ 10,412.00
Imprevistos	\$ <u>1,012.00</u>
Total	\$ 11,424.00

2.A.5. Servicios.

Electricidad.

Horno de secado : 18 Kw-hr.

Bomba de combustión, filtro y extras : 2 Kw-hr. Total: 20 Kw-hr.

20 Kw-hr./día x 0.50 \$/Kw-hr. = 10 \$/Kw-hr. Costo total/año ----

Costo total/ año = \$ 3,000.

Combustible: Gas L.P.

Suministro máximo del quemador del horno : 800,000 BTU/hr (dato - de diseño del quemador).

Poder calorífico: 21,560 BTU/lb.

Consumo/hr. = 37 lb/hr. x 0.454 kg./lb. = 16.8 Kg./hr.

6 horas de trabajo por día equivalentes a 4 fusiones.

16.8 Kg./hr. x 6 hr./día = 100.8 Kg./día de combustible.

Precio del combustible: 0.42 \$/Kg.

100.8 Kg/día x 300 día/año = 30,240.00 Kg./año. x 0.42 \$/Kg =
= 12,700.00 \$/año.

Agua.

Cuota fija para laboratorio: \$ 200.00 por/Año

2.A.6. Laboratorio.

Basado en un 15 % del costo de mano de obra

Total . \$ 3,987.00

VIII.2.8. Costos generales.

1). Supervisión: 2,000 \$/mes 24,000.00 \$/año

2). Depreciación. Para las estimaciones puede usarse un-
carga del 10% anual para todo el equipo.

Equipo	Depreciación anual	Total
Mezcladora	10 %	\$ 66.40
Horno de fusión	"	\$ 2,680.00
Tanque de disolución	"	23.00
Recipientes	"	12.00
Filtro prensa	"	\$ 2,000.00
Sistema de circulación	"	\$ 900.00
Horno de secado	"	\$ 1,000.00
Báscula	"	\$ <u>45.00</u>
	Total	\$ 6,726.00

Otros cargos fijos: Costos indirectos de fabricación como impuestos sobre propiedad y seguros. Los impuestos se evalúan en 2 % anual de la inversión y el seguro del equipo como 1 % de la inversión.

Impuestos sobre propiedad	\$ 2,817.00
Seguro del equipo	\$ <u>1,308.00</u>
Total	\$ 4,125.00

Resumen de los costos totales del producto.

Costos de producción	Total por año
Materia prima	\$ 129,639.00
Costo de operación:	
Mano de obra directa	\$ 33,250.00
Mantenimiento:	\$ 11,424.00
Servicios:	
Agua	\$ 200.00
Electricidad	\$ 3,000.00
Combustible	\$ 12,700.00
Laboratorio	\$ 3,987.00
Conversión indirecta:	
Supervisión	\$ 24,000.00
Depreciación	\$ 6,726.00
Impuesto y seguros	\$ <u>4,125.00</u>
Total	\$ 229,051.00

VIII.3. Análisis económico.

Producción: 4,000 Kg./año de CuO

20,250 Kg./año de Cromato de sodio.

Inversión fija \$ 100,953.00

Inversión Total	\$ 151,516.00
Valor del producto en el mercado	\$ 246,150.00
Costo total del producto	\$ 229,051.00
Ganancias o utilidades brutas	\$ 17,099.00
Impuesto	\$ 3,000.00
Utilidades netas	\$ 14,099.00
Rentabilidad	9.3 %

Tiempo de retorno de la inversión:

$$\frac{151,516}{14,099 + 10,093} = 6.3 \text{ años}$$

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. Selección del proceso.

De acuerdo a los estudios hechos y a la eficiencia obtenida en los métodos aplicados, la decisión final es que el método por fusión alcalina y disolución es el más conveniente, cuyo proceso químico para la producción de óxido cúprico y cromato de sodio consiste básicamente en la fusión del catalizador con un oxidante, es perándose una eficiencia del 98 %, y el producto acompañante después de la filtración, se cristaliza con objeto de tenerlo en forma comercial.

2. Estudio de mercado.

Oxido cúprico. Es de hacerse notar que la obtención de datos de este producto, fué difícil, dado que los productores nacionales suministraron datos muy vagos. Los datos con que se contó fueron los de la SIC (Anuario Estadístico) y los de la ANIQ, así como los proporcionados por Vimsa, S.A. de C.V. De cualquier forma, la cantidad de óxido cúprico a producir en la planta objeto de este trabajo, es tan pequeña (1/2 ton/mes), que no tiene trascendencia en realidad sobre la producción nacional que se estima del orden de 30 ton ; además la producción a obtener se trataría de colgar a cliente fijo y no entraría en realidad a competencia.

Oxido crómico. Existen minerales de cromo (cromita) todos de importación con un % de contenido de óxido crómico, que disminuyen las importaciones de este óxido. En 1971 se importaron 15,904,094 Kg.B. de cromita con un contenido de 30-42 % de óxido crómico. 8,901,498 Kg.B. de cromita con un contenido de 42-46 % de óxido crómico y 194,323 Kg.B. de cromita conteniendo de 46-55 % de óxido crómico. Sin embargo este óxido se sigue importando y con proyecto de fabricación están Cromatos de México, S.A. y Química Gen -

tral de México, S.A.

Acido crómico, Química Central de México, S.A. presenta datos de exportación a la zona de la ALALC. Y su precio segun algunos proveedores varía de 14.50 a 15.00 \$/Kg. Debido a la reciente producción nacional de este ácido, sólo podemos afirmar su gran demanda futura.

Dicromato de sodio. Los fabricantes que existen en México cuentan con capacidad suficiente para cubrir la demanda nacional. En 1972 empezaron a exportar a la zona de la ALALC.

Cromato de sodio. No se reportan datos de producción nacional porque principalmente se usa como producto intermedio para la fabricación de otros productos.

Cromato de potasio. No hay producción nacional, y desde 1969 no hay importaciones.

3. Proyección de la demanda.

La estimación del consumo a años futuros para cada uno de los productos estudiados, buscando el modelo matemático más adecuado - dá resultados aceptables, aunque no siempre congruentes. En general para los principales productos el consumo estimado es ascendente.

4. Equipo.

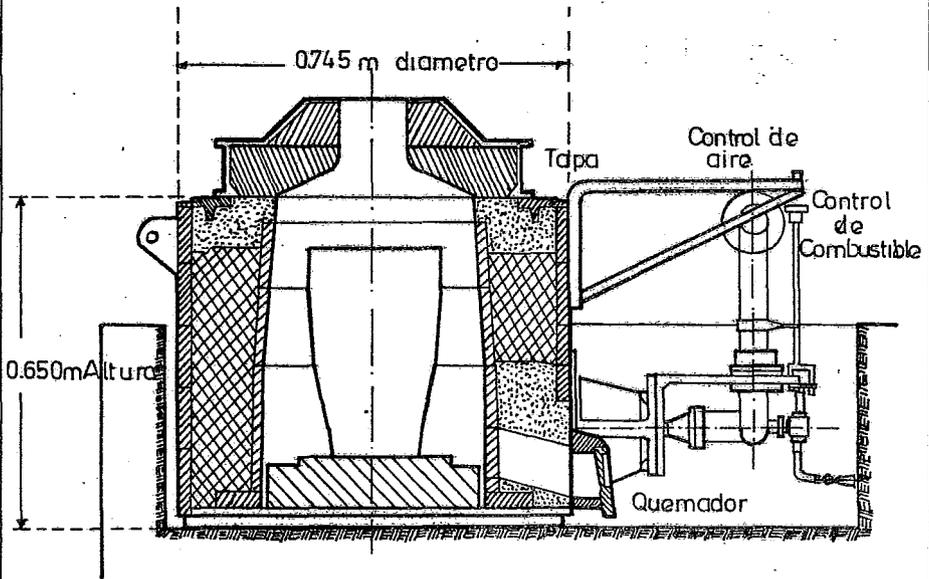
La selección del equipo se hizo en función del servicio que - oreste, de su costo de operación y de los costos de mantenimiento - la ventaja principal es que se trata de equipo sencillo y comercial lo que facilita el trabajo.

5. El proceso será intermitente , porque en nuestro caso se tiene un pequeño volumen de fabricación de producto y el mismo equipo va a ser usado en otros procesos.

6. Análisis Económico.

La operación de esta planta a la capacidad de 1 ton/mes a -- los precios actuales del mercado, resulta económico siempre y cuando la nueva planta se instale trabajando colateralmente en otra -- planta ya establecida, como un renglon adicional en la producción. ya que esto disminuye mucho los costos haciendo el trabajo costeable. Si se pensara en montar una planta exclusivamente para este -- proceso, resultaría incosteable.

A P E N D I C E



HORNO DE CRISOL

TESIS PROFESIONAL

FACULTAD DE QUIMICA U.N.A.M.

MARTHA LOPEZ ROMAN

1973

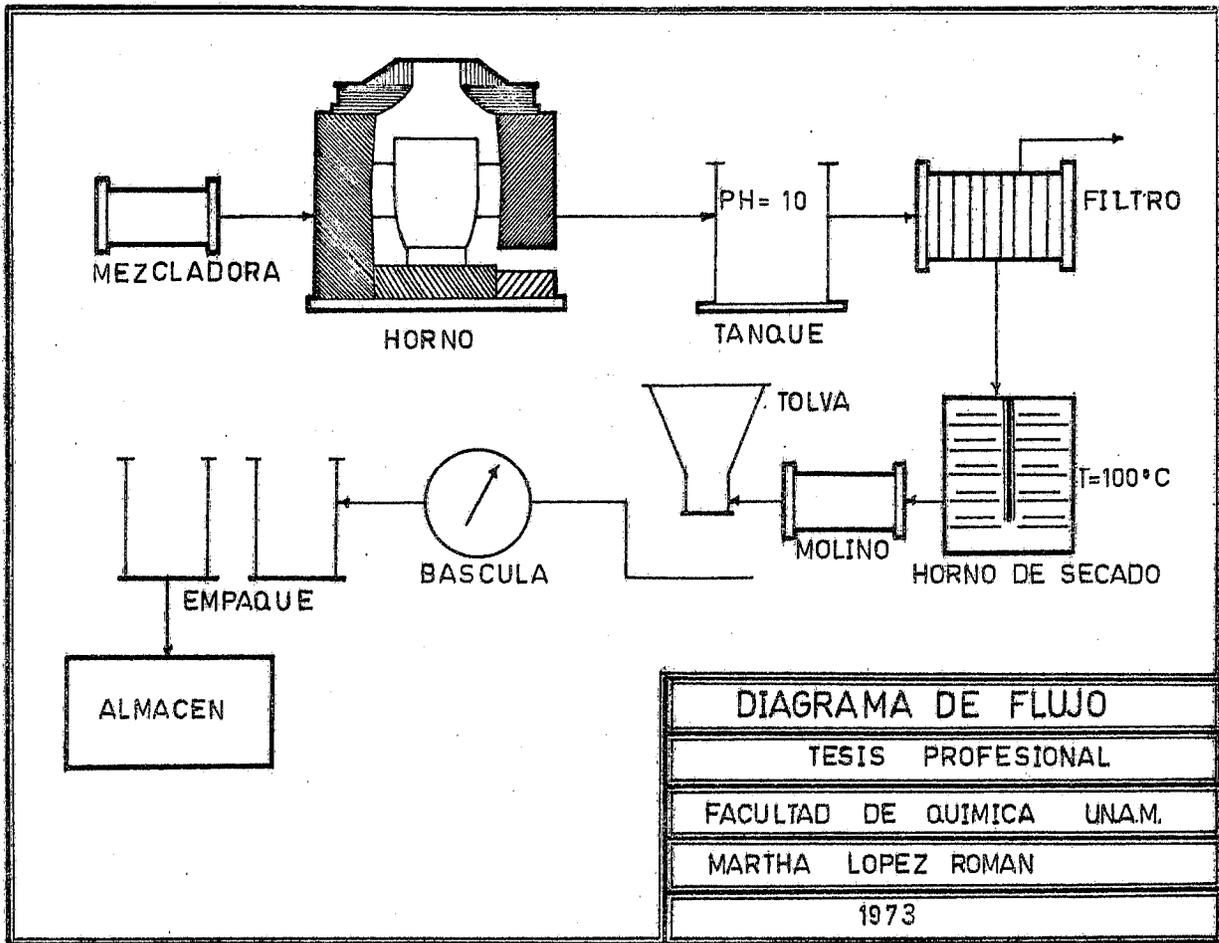


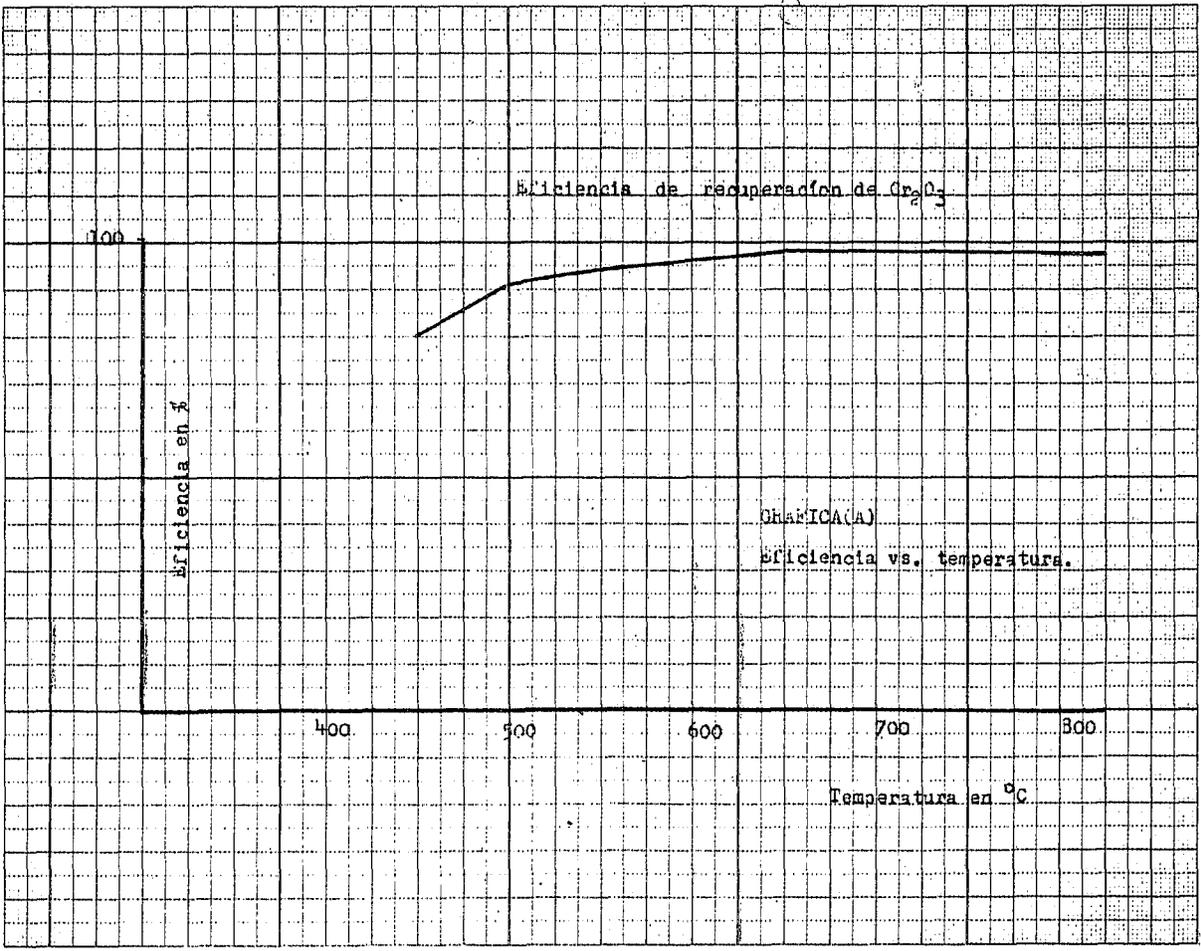
DIAGRAMA DE FLUJO

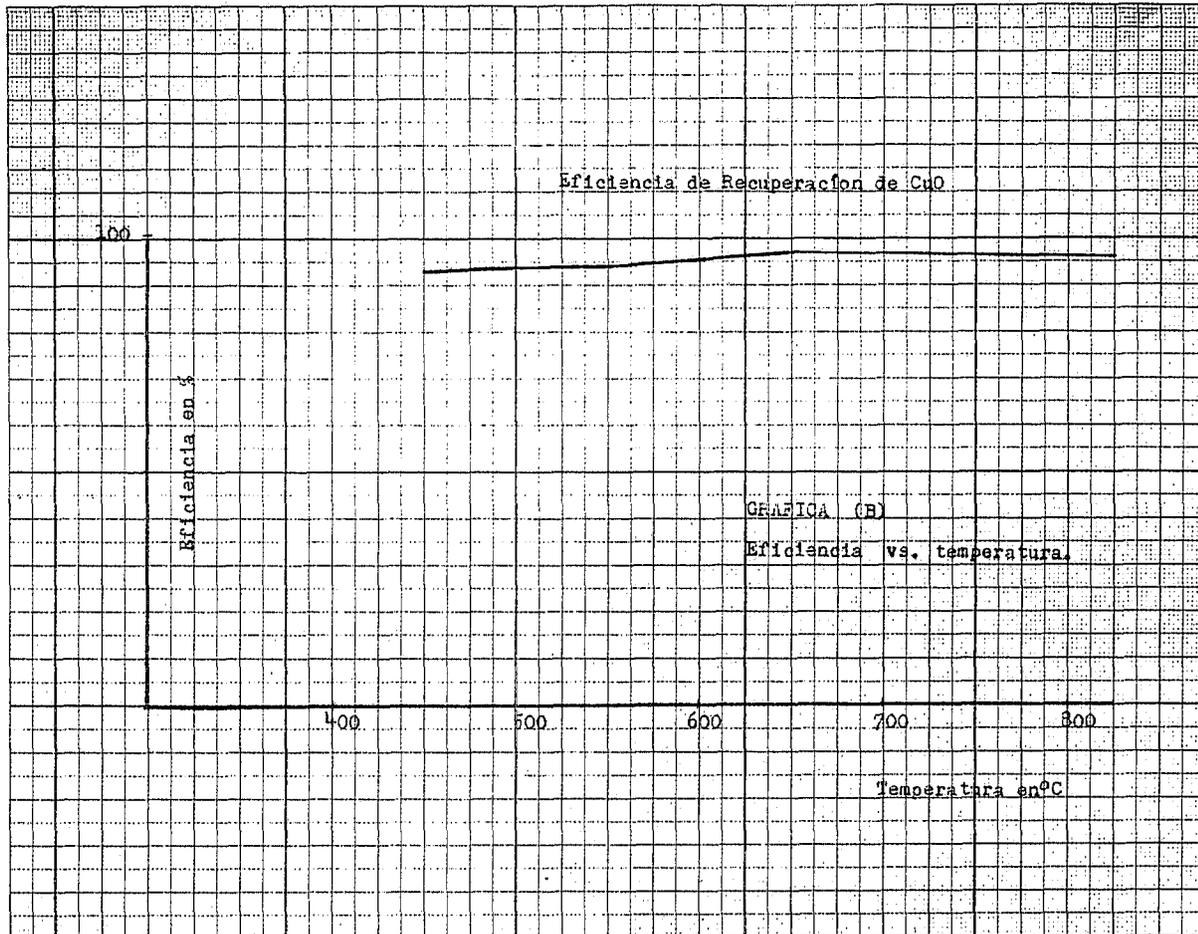
TESIS PROFESIONAL

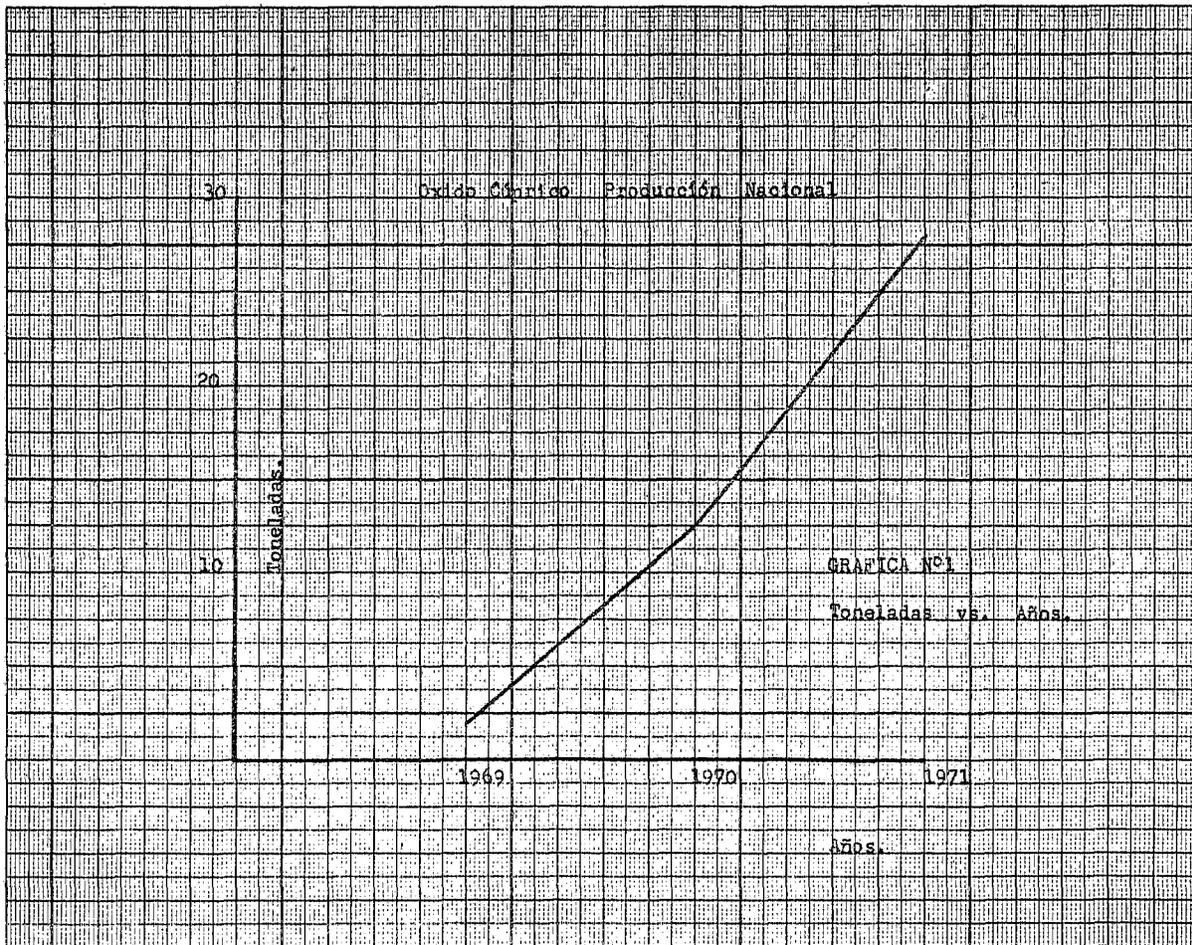
FACULTAD DE QUIMICA UNAM.

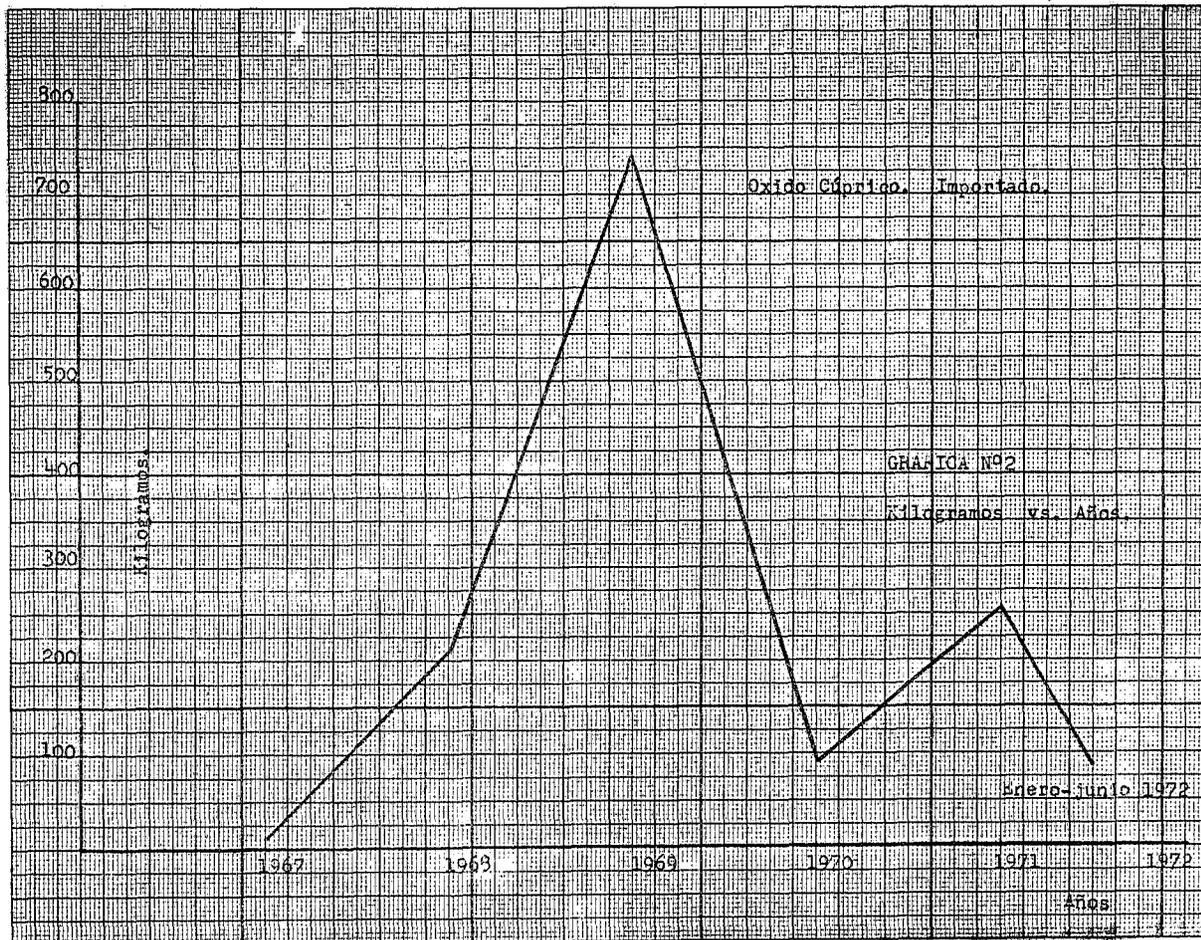
MARTHA LOPEZ ROMAN

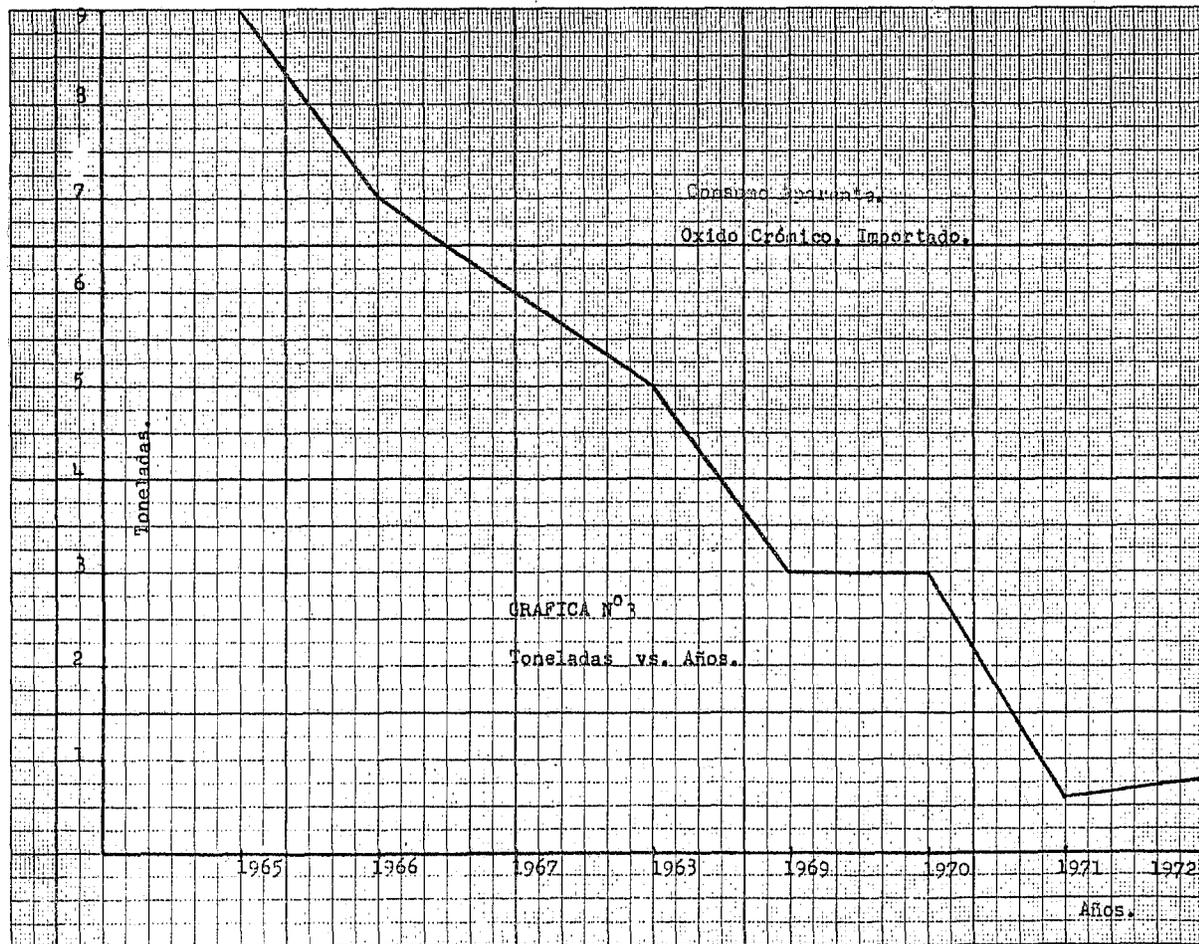
1973

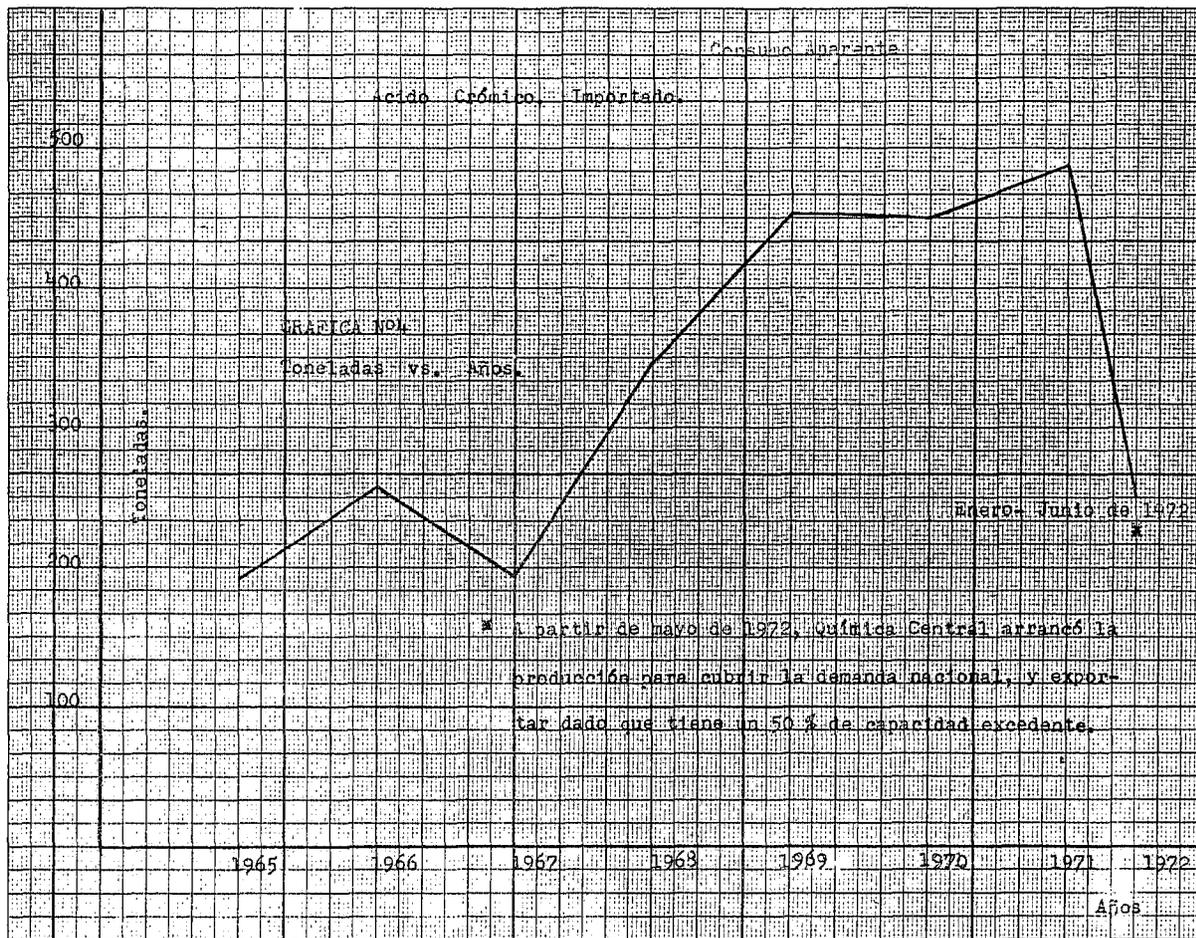


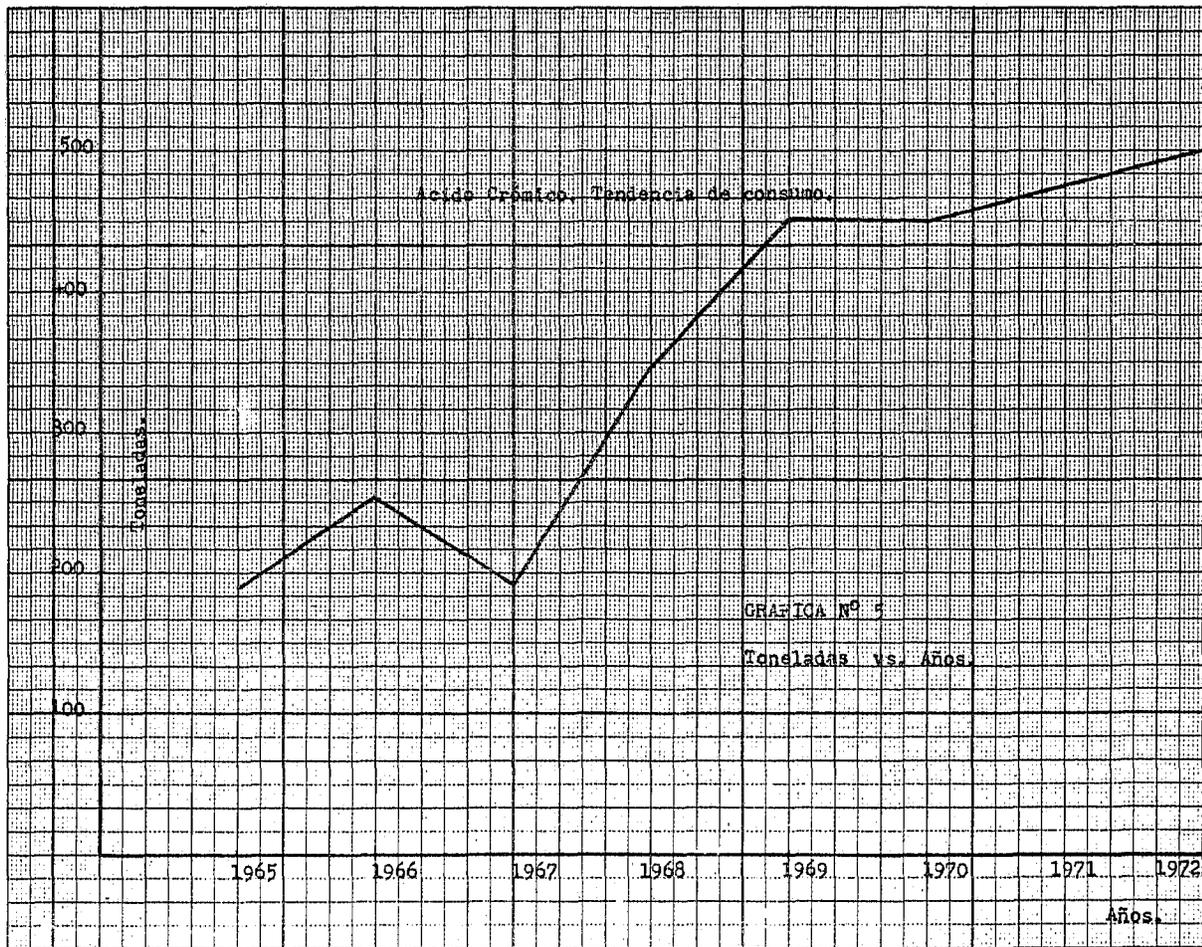


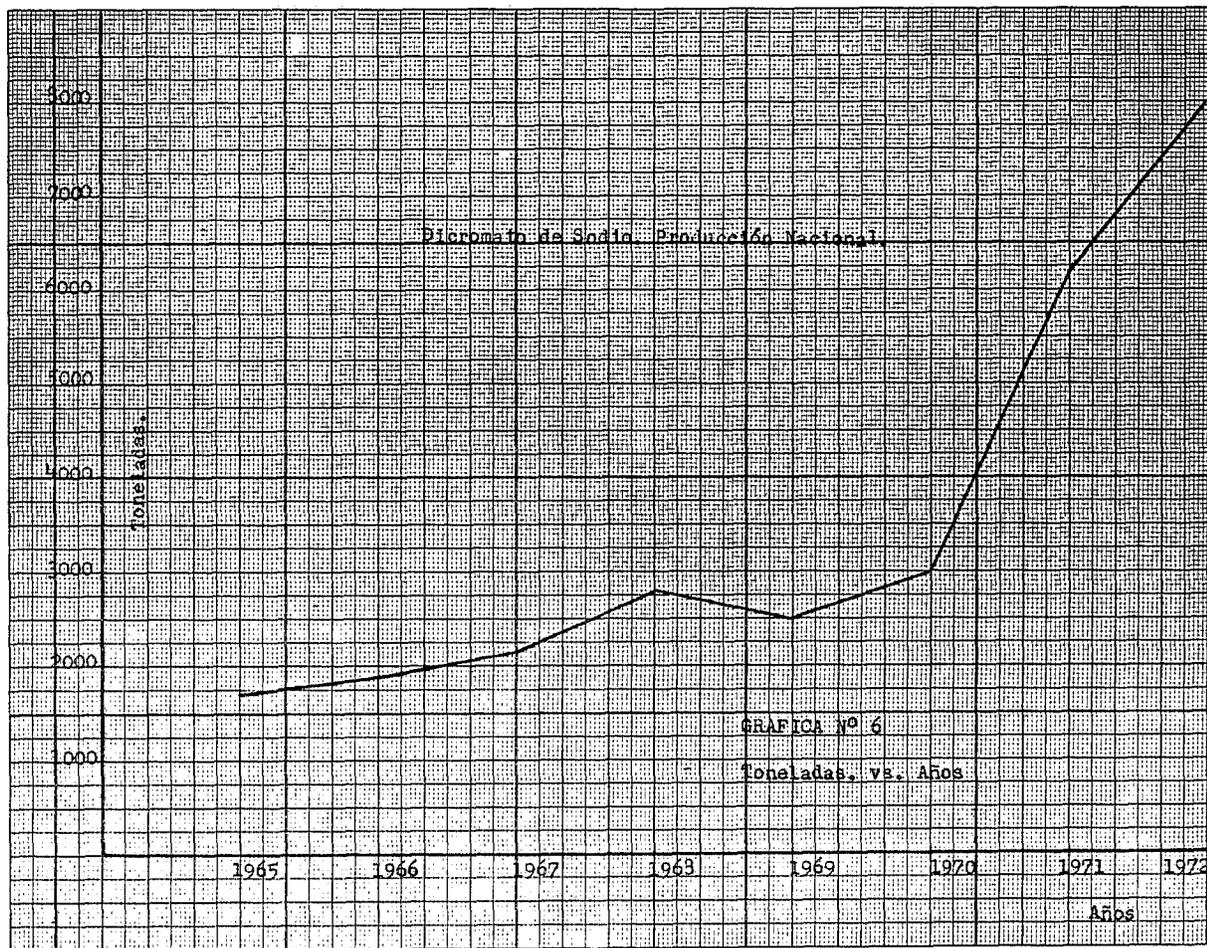


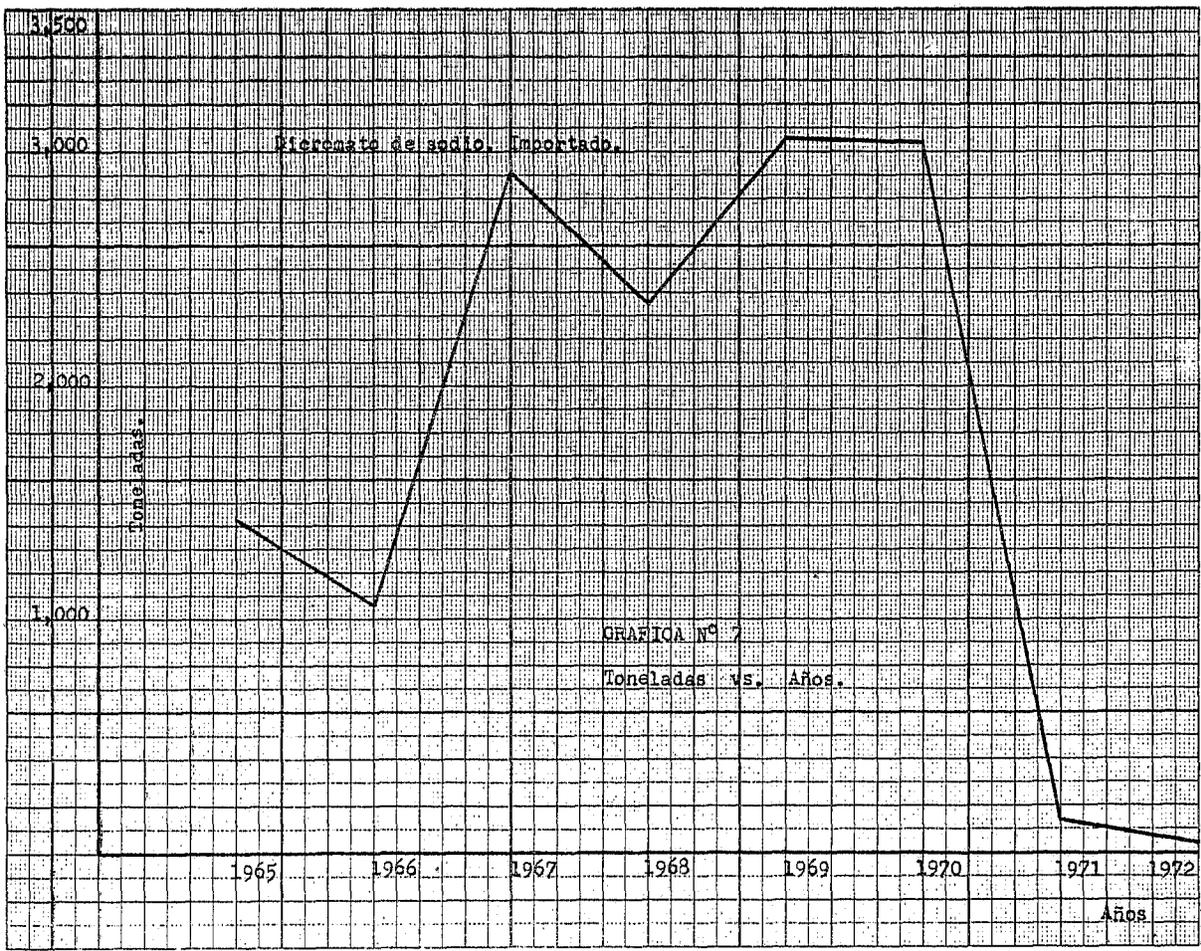


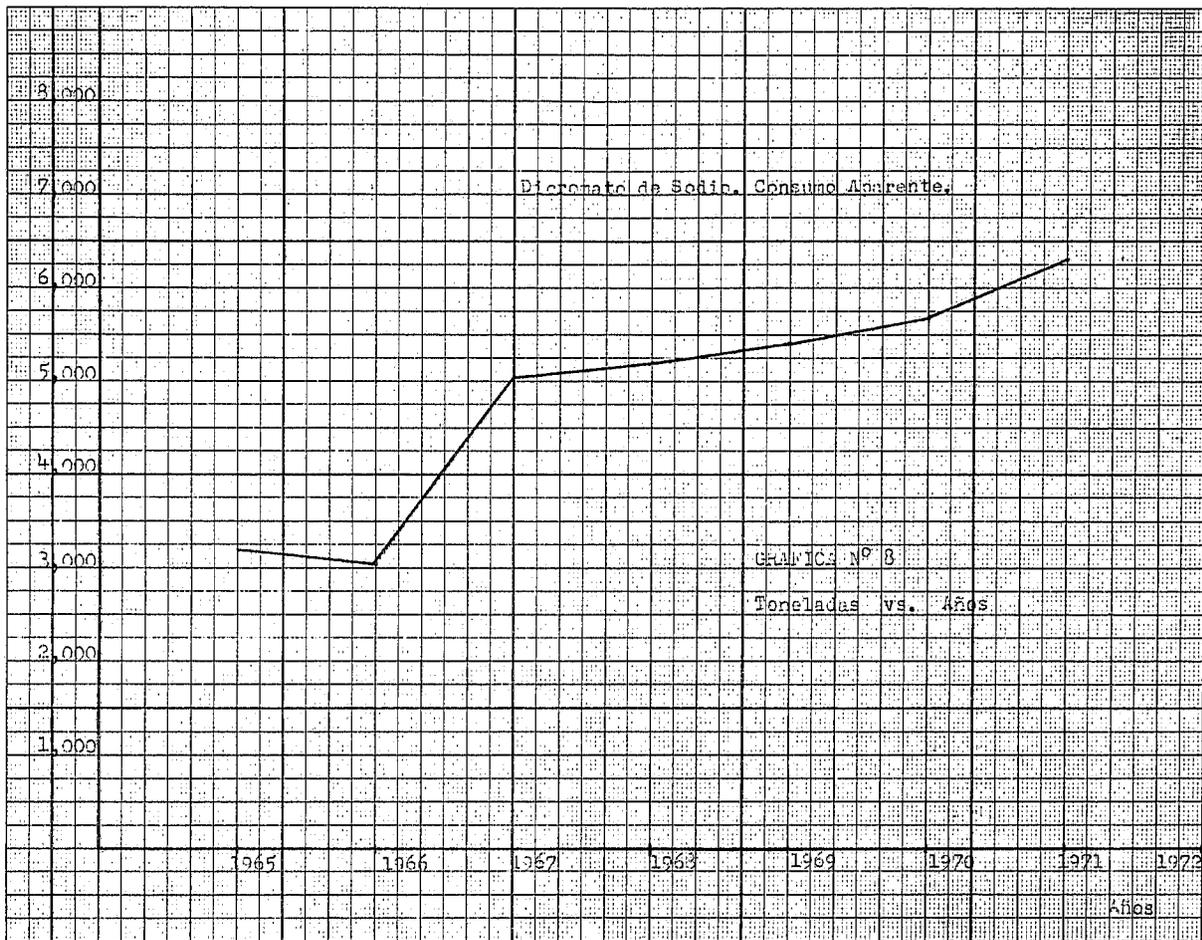


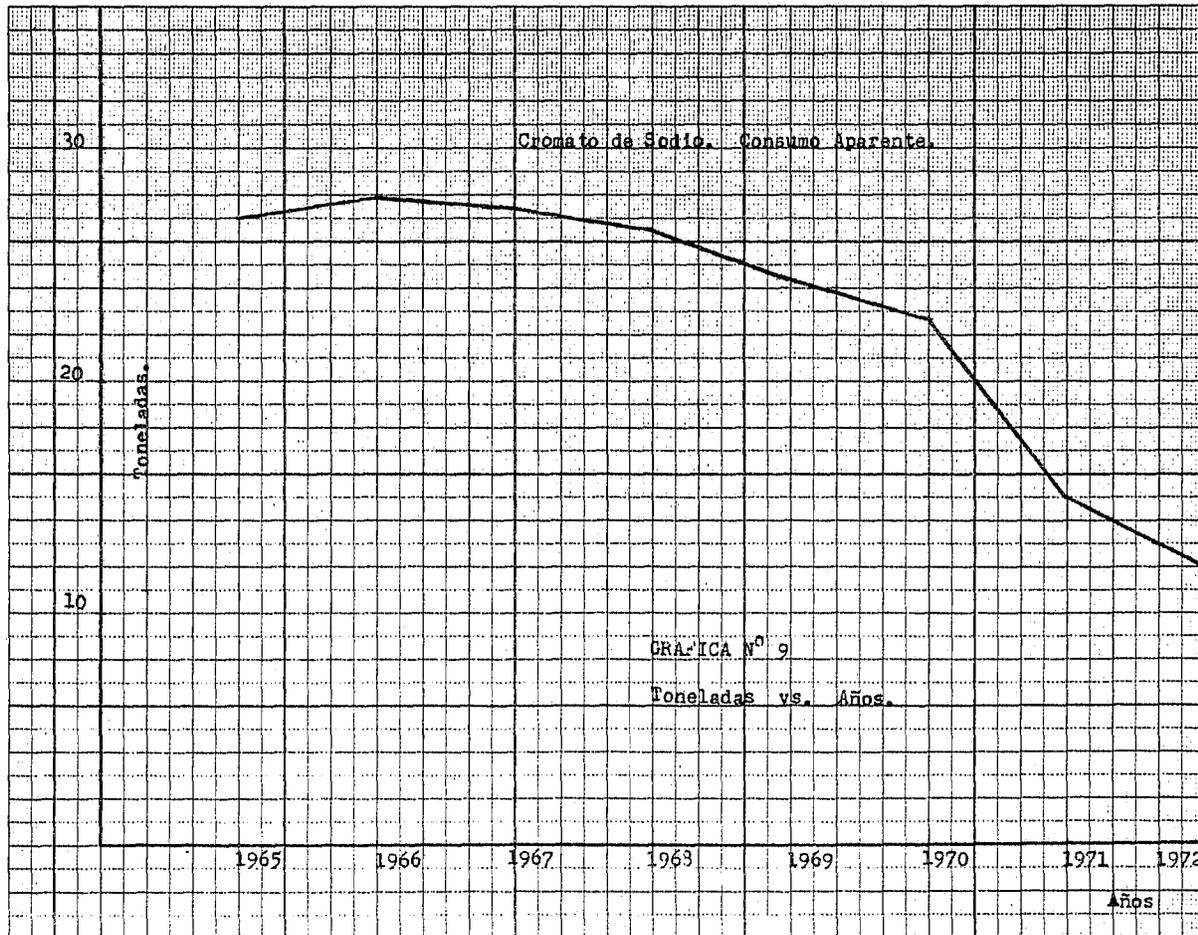


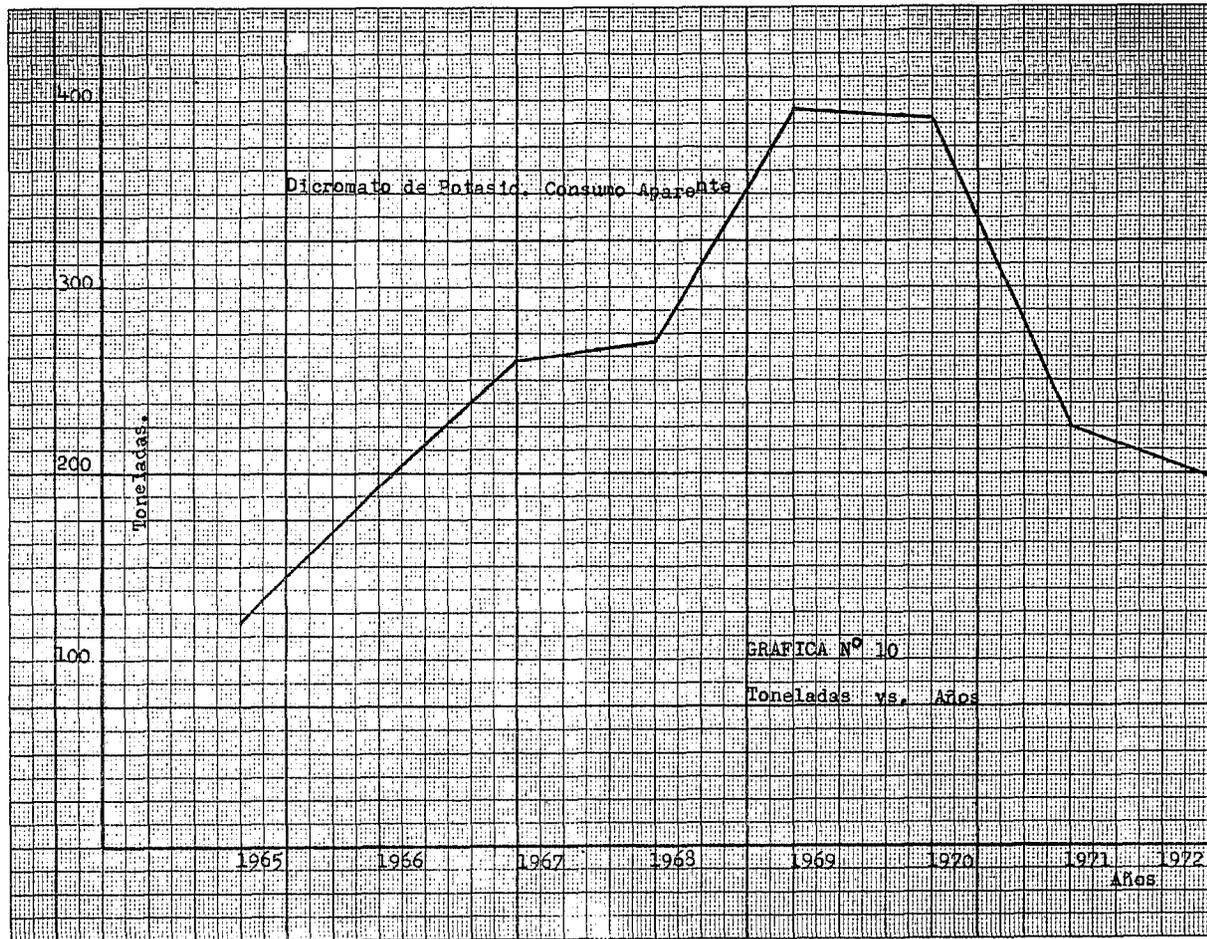


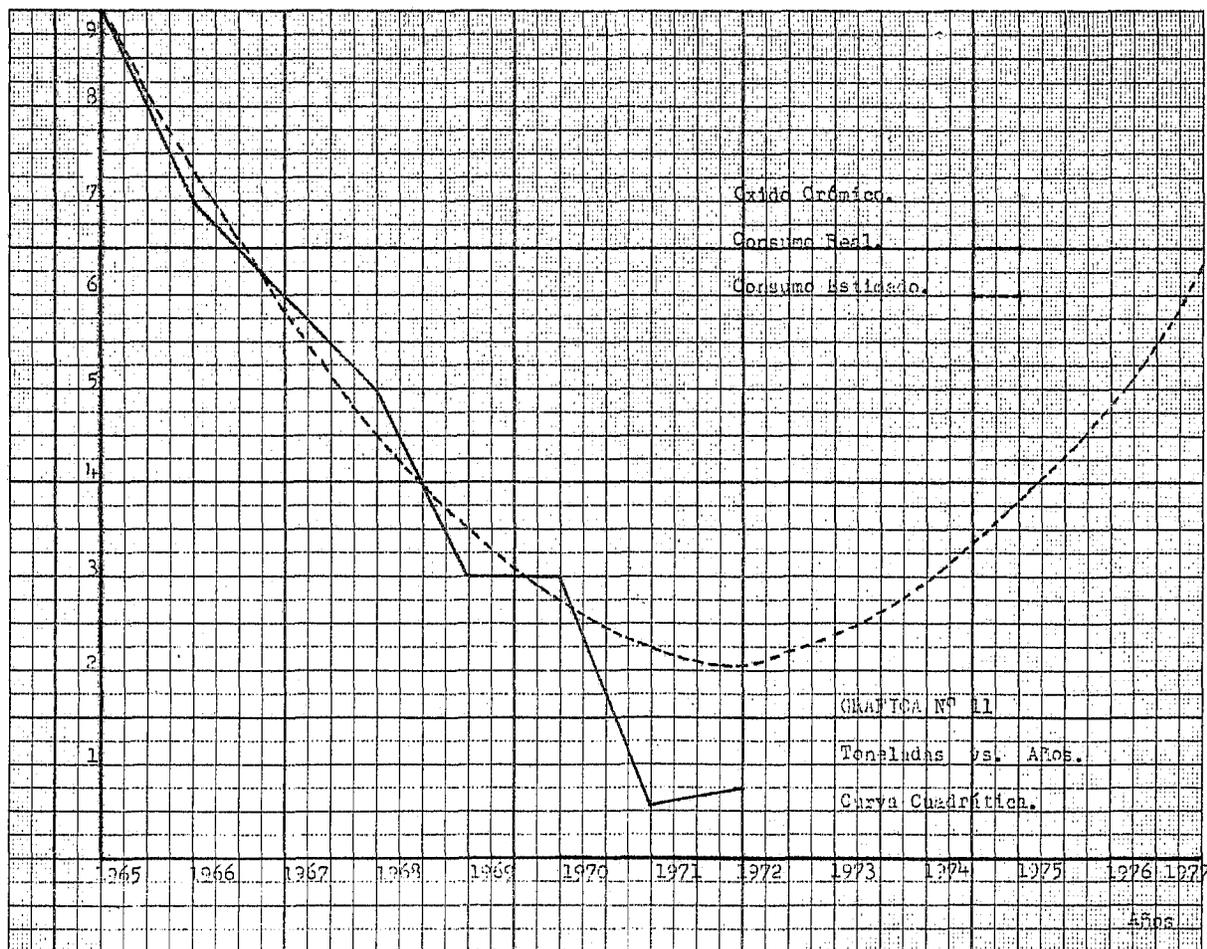


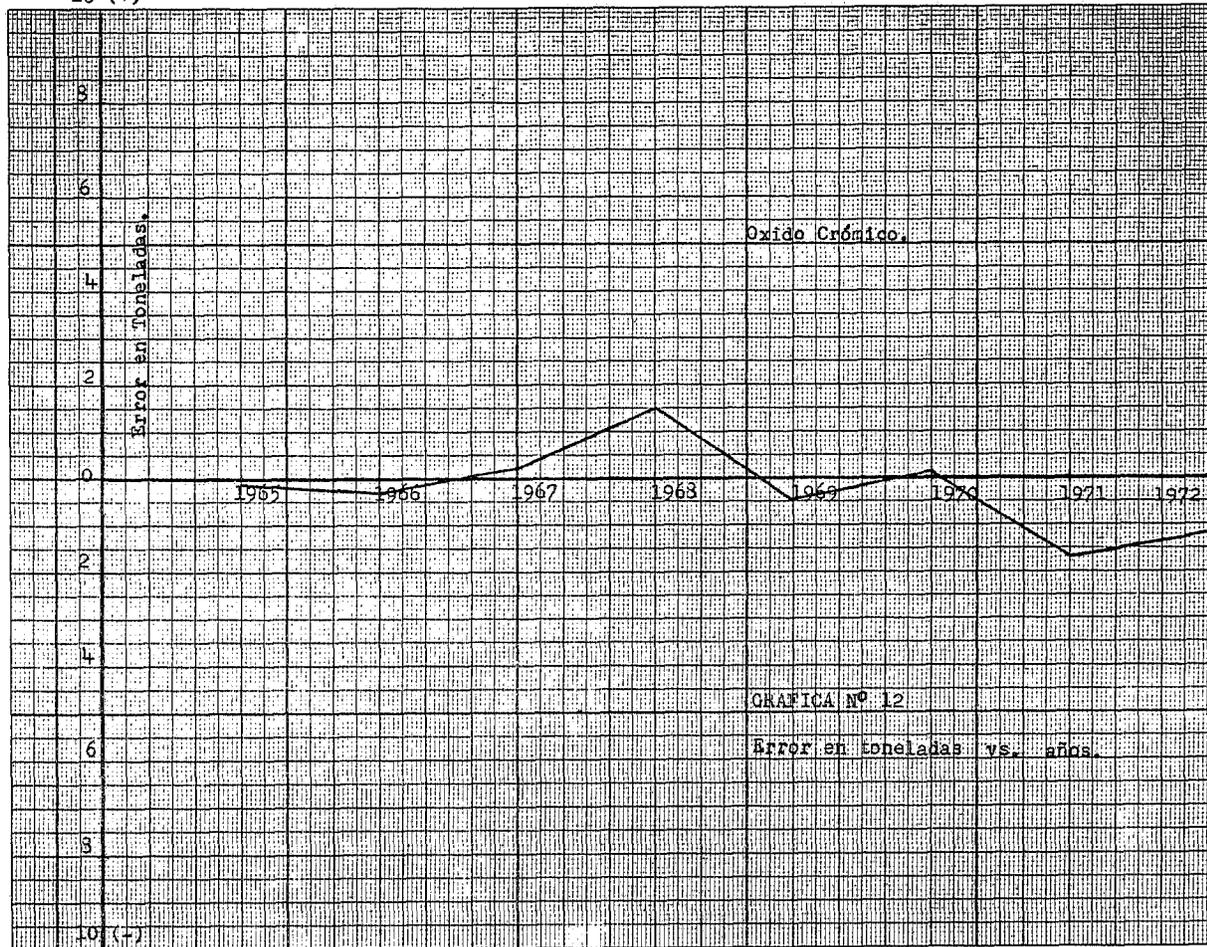


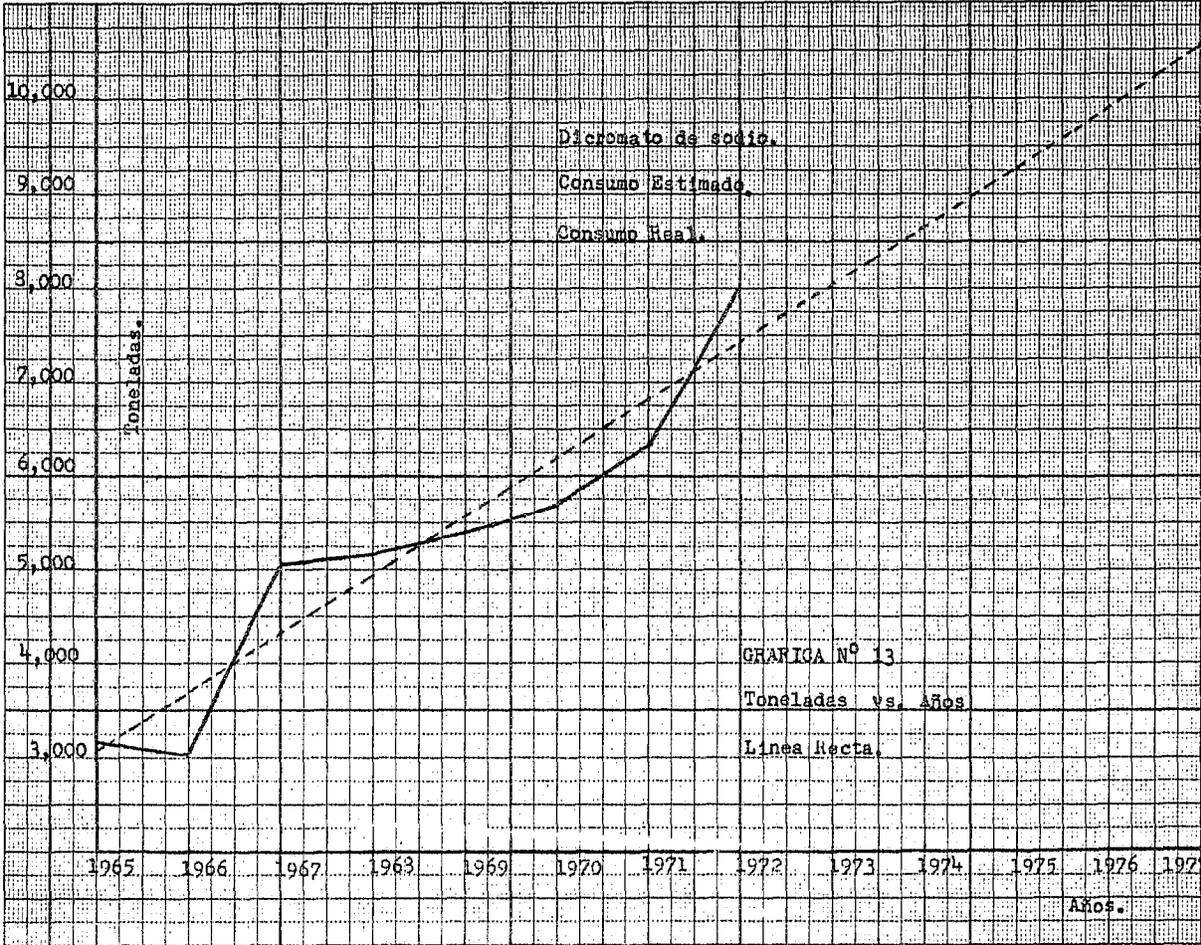


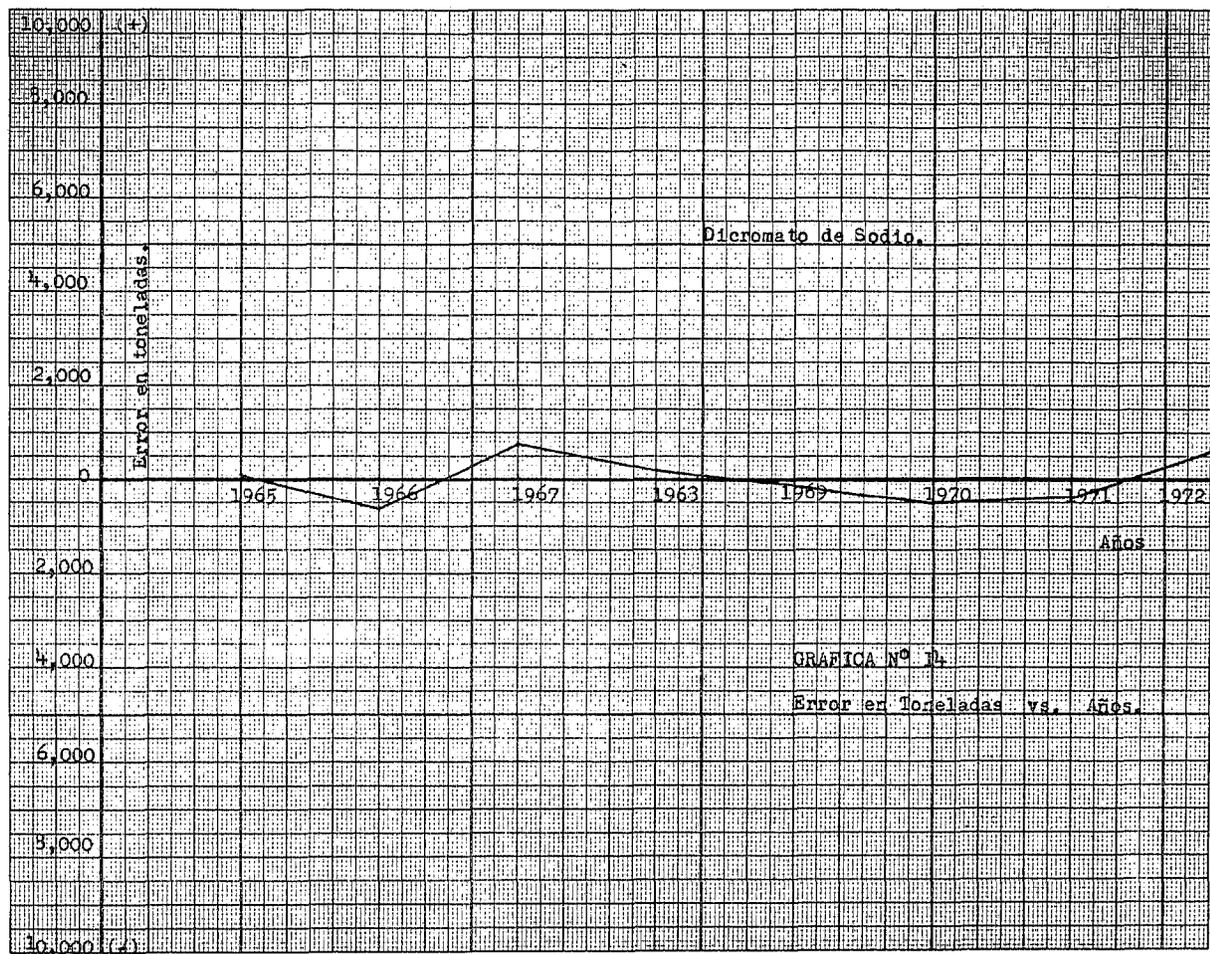


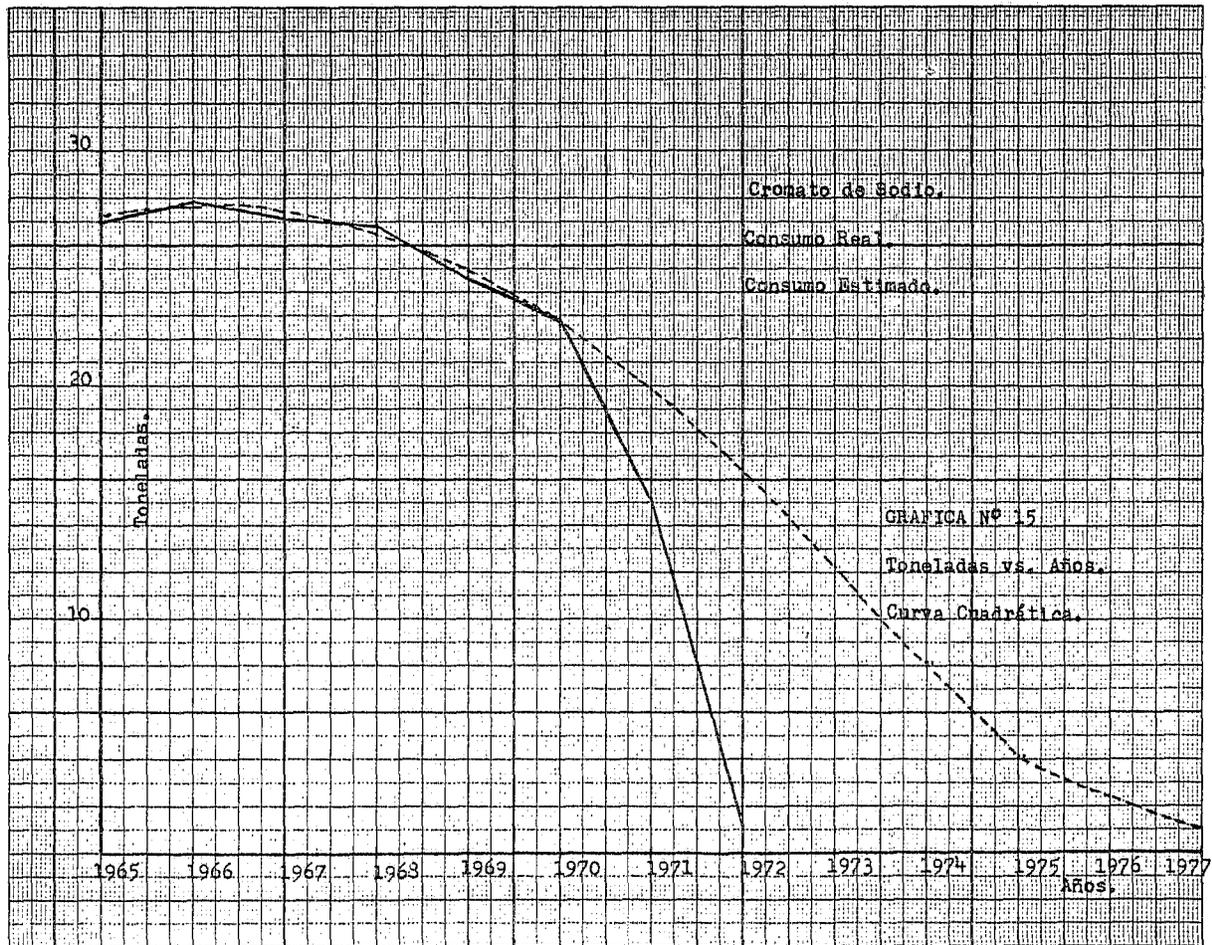


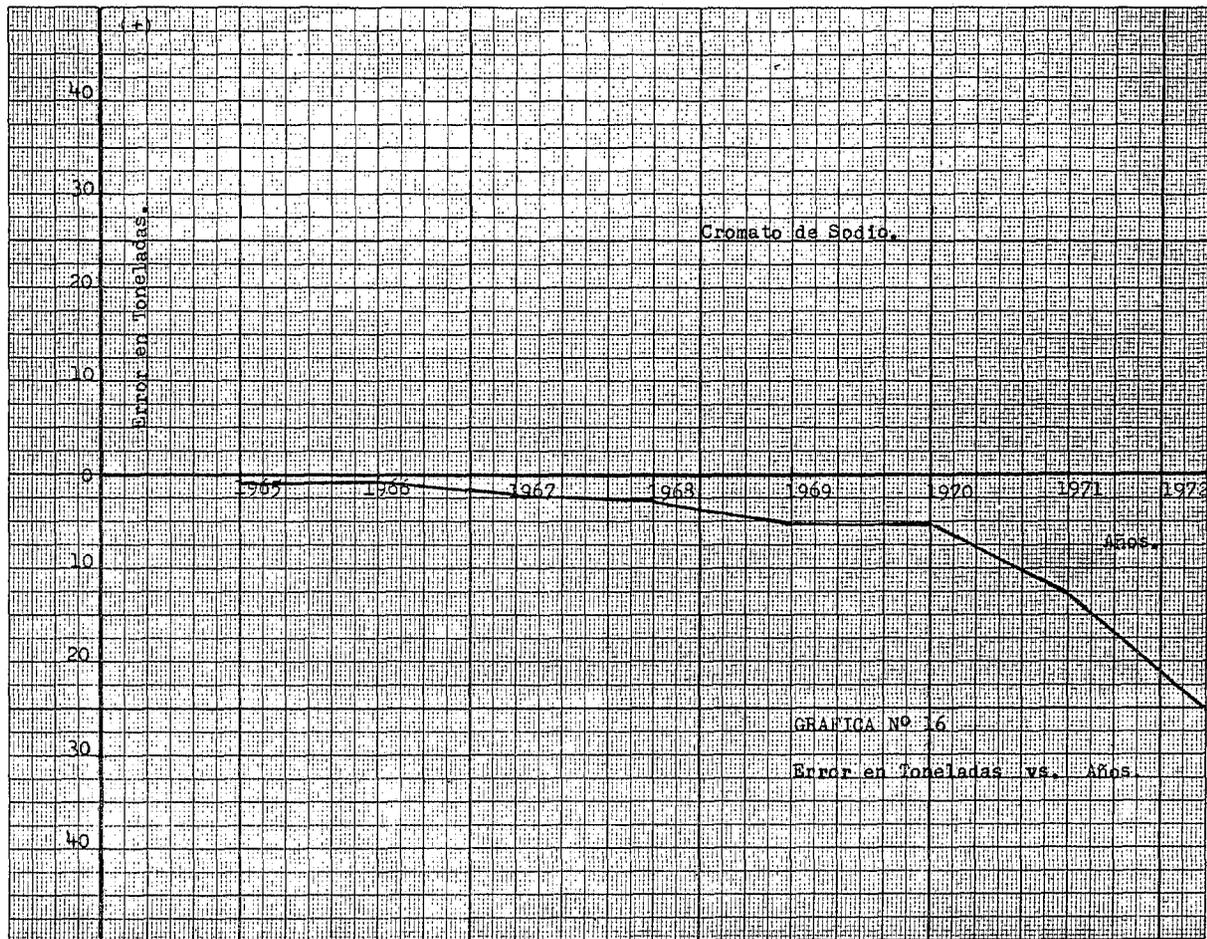


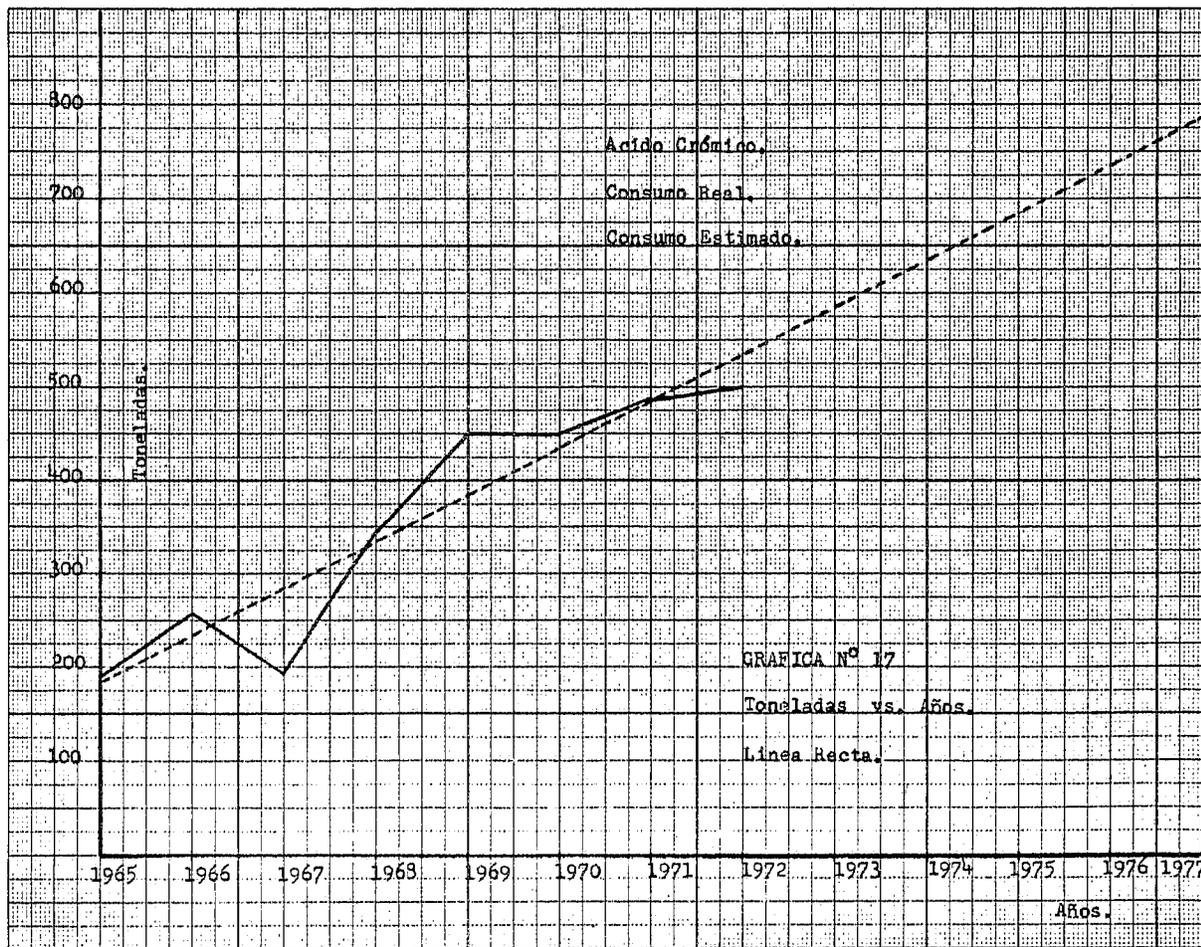




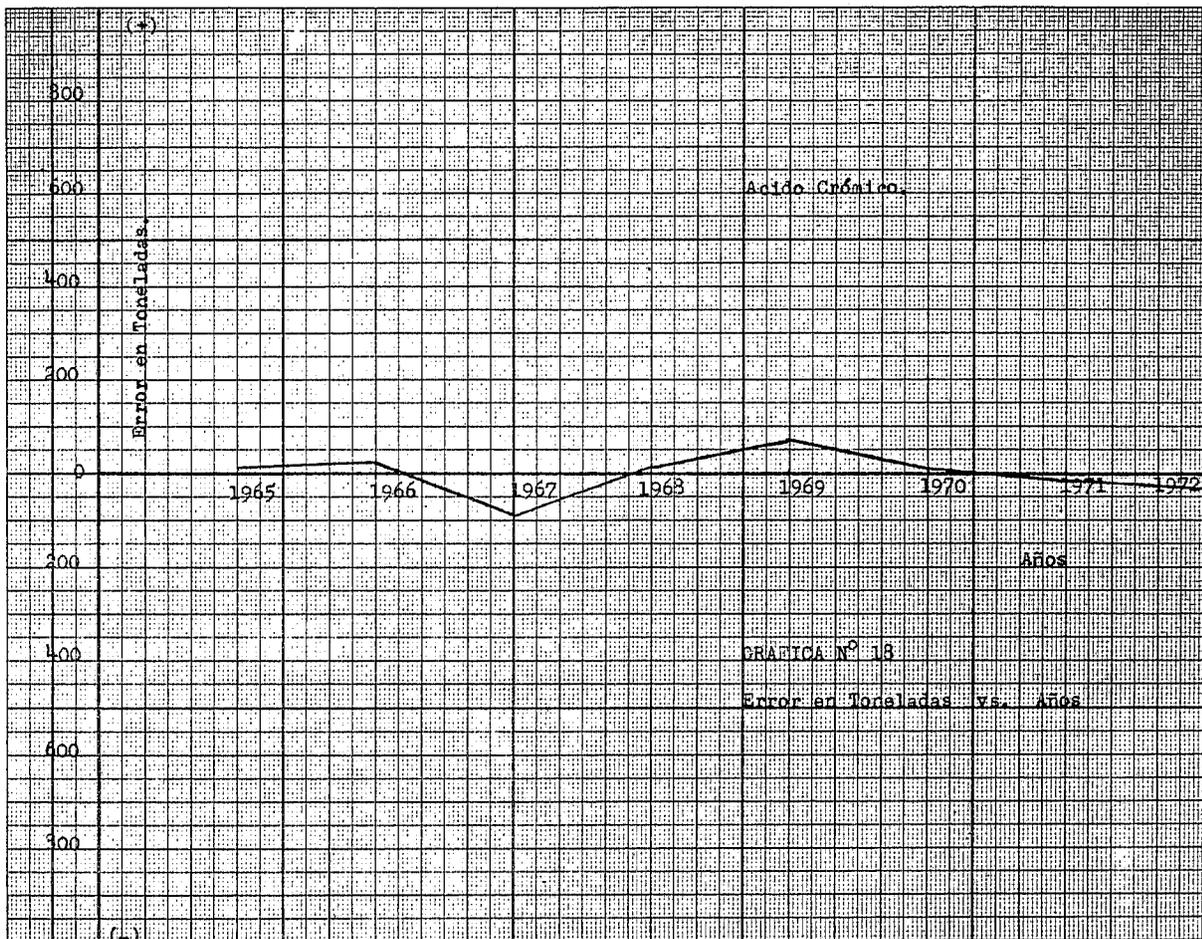








(3)

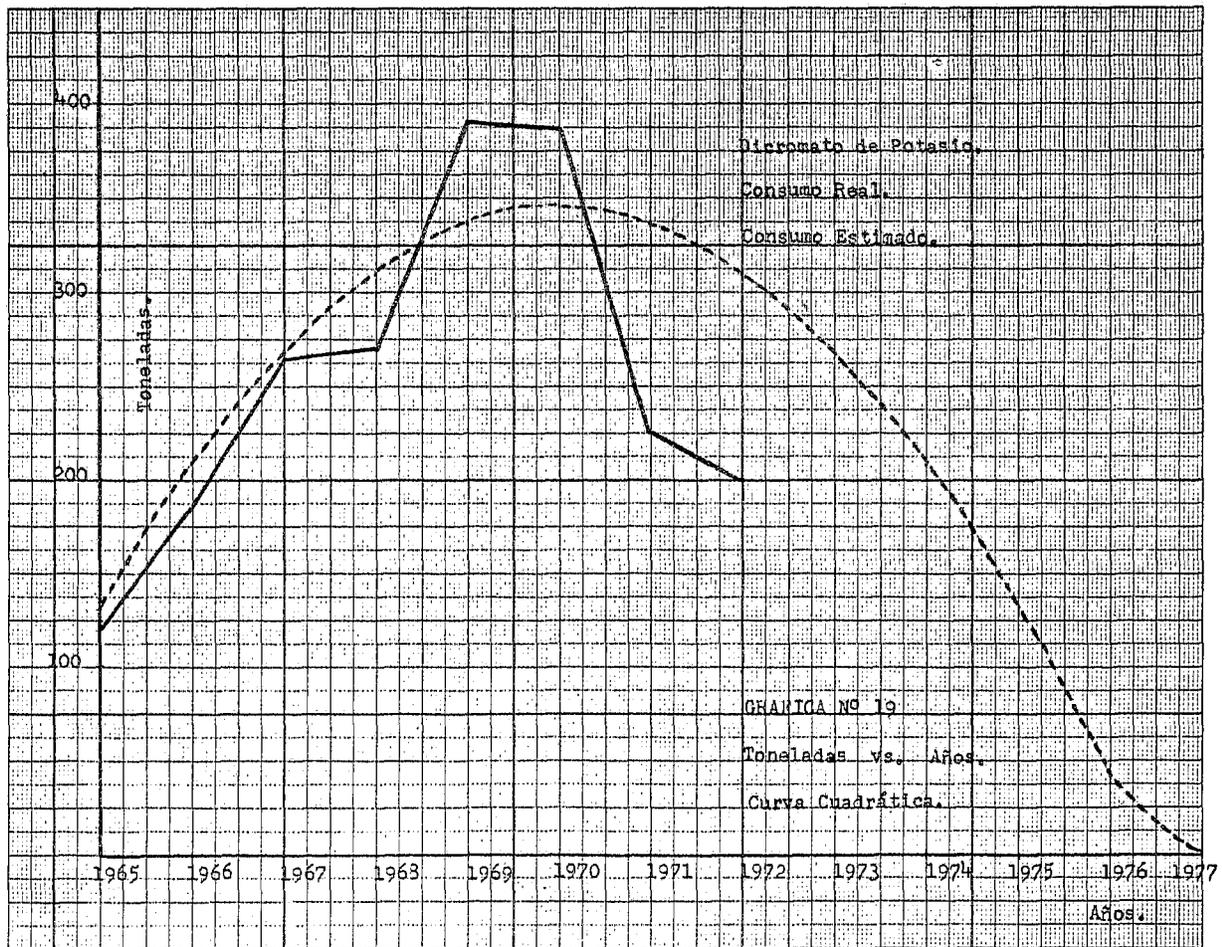


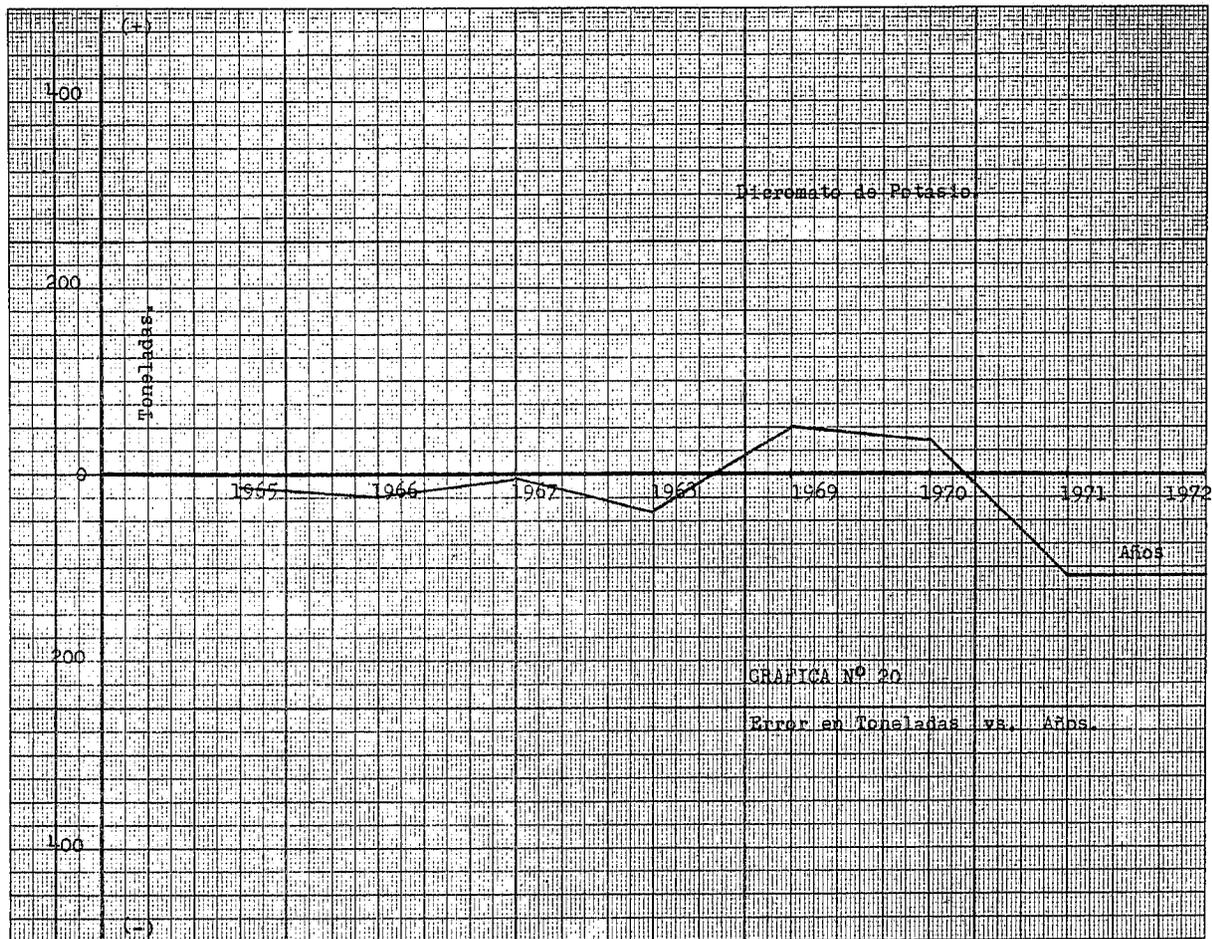
(4)

Acido Crómico

GRAFICA Nº 18

Error en Toneladas vs. Años





X. BIBLIOGRAFIA.

1. Kirk E.R. y D.F. Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology,--
Second Edition, Vol. 5 y 6, Ed. Board, Nueva York, E.U.A., 1964
2. Departamento de Estudios Económicos, Los Recursos Minerales de--
México, México, 1969.
3. Moeller T., Inorganic Chemistry, Third Edition, John Wiley & --
Sons. Inc., Nueva York, E.U.A., 1961.
4. Glasstone S., Tratado de Química Física, Cuarta Edición, Edito--
rial Aguilar, Madrid, España, 1961.
5. Orozco D.F., Análisis Químico Cuantitativo, Sexta Edición, Edi--
torial Porrúa, México, 1970.
6. Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos
Mexicanos, Dirección General de Estadística, Secretaría de Im -
dustria y Comercio, México, 1965 a 1972.
7. Datos proporcionados por la Asociación Nacional de la Industria
Química, (ANIQ).
8. Murray R.S., Schaum's Outline of Theory & problems of Statistics
First Edition, Schaum Publishing Co., Nueva York, E.U.A., 1961.
9. Perry H.J., Chemical Engineers' Handbook, Third Edition, McGraw -
Hill Co. Inc., Nueva York, E.U.A., 1963.
10. Manual para Constructores Monterrey, México, 1965.
11. Aries R.S. & R.D. Newton, Chemical Engineering Cost Estimation
First Ed., McGraw Hill Book Co. Inc., Nueva York, E.U.A., 1955.
12. Vilbrandt F.C. y C.E. Dryden, Chemical Engineering Plant Design
Fourth Ed., McGraw Hill Book Co. Inc., Nueva York, E.U.A., 1959.
13. Foust A. S., L.A. Wenzel, W Curtis, Principles of Unit Opera--
tions, Ed. John Wiley & Sons. Inc., Nueva York, 1960.