

BIBLIOTECA C. QUIMICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA DE
OBTENCION DE SULFATO FERROSO
POR APROVECHAMIENTO DEL LICOR DE
PICKLING Y DESPERDICIO DE FIERRO.

TESIS PROFESIONAL

FRANCISCO GARZA LLORENTE



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

UNAM
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA DE
OBTENCION DE SULFATO FERROSO POR
APROVECHAMIENTO DEL LICOR DE
PICKLING Y DESPERDICIO DE FIERRO.

TESIS

Que para obtener el título de:
INGENIERO QUIMICO
presenta:

FRANCISCO GARZA LLORENTE

DEDICO ESTE TRABAJO
A MIS QUERIDOS PADRES

MI GRATITUD AL ING.
SERVITO EUCAY F.
DIRECTOR DE ESTA TESIS

CONTENIDO

- CAP. I.- Consideraciones generales.**
- a.- Introducción.
 - b.- Conceptos y generalidades del sulfato ferroso.
Su valor industrial.
 - c.- Proceso a seguir.
- CAP. II.- Pruebas de laboratorio.**
- CAP. III.- Diseño de planta y cálculo del equipo.**
- a.- Balance de material.
 - b.- Diagrama de flujo y selección del equipo.
 - c.- Cálculo del equipo básico.
 - 1.- Tanque de materia prima.
 - 2.- Tanques de neutralización.
 - 3.- Filtro.
 - 4.- Evaporador.
 - 5.- Cristalizador.
 - 6.- Centrifuga.
 - 7.- Secador.
 - d.- Cálculo del equipo auxiliar.
 - 1.- Tuberias.
 - 2.- Bombas.
- CAP. IV.- Estimación de Inversión y Costo.**
- a.- Inversión inicial.
 - b.- Gastos fijos.
 - c.- Gastos de operación.
 - d.- Balance económico.
 - e.- Conclusiones.

CAP. I.- CONSIDERACIONES GENERALES.

a.- INTRODUCCION.- Desde hace mucho tiempo, la industria del hierro y del acero ha venido padeciendo de un serio problema que aún no ha sido resuelto del todo satisfactoriamente. Este problema es el de la distribución de su desecho industrial llamado "licor de pickling ó de decapado".

Este licor es el residuo de la operación de limpieza de los metales mediante inmersión en una solución diluida de Acido Sulfúrico, antes de someterlos a procesos tales como de galvanización, electrolíticas, de esmaltado, etc. Esta solución está compuesta por agua, sulfato ferroso y ácido sulfúrico libre.

El problema fundamental está en la enorme cantidad de licor producido y a las cada vez más estrictas leyes de distribución de desechos industriales, ya que si se descarga a los sistemas comunes de drenaje, aparte de que hay una gran corrosión en ellos, se retarda grandemente la estabilización de las aguas negras dada la alta acidez, bajando su pH a tal punto que acaba con los organismos de autopurificación.

Otro inconveniente es el hecho de que parte del oxígeno disuelto que llevan las aguas y que es indispensable para su autopurificación, se elimina al oxidar las sales ferrosas a férricas.

Son muchas las investigaciones que se han hecho para solucionar este problema, tendiendo por un lado a deshacerse económicamente de éste desperdicio, y por otro tratando de obtener la mayor ventaja de las sustancias contenidas en él.

Un sistema comunmente usado es el de neutralizar el licor con cal en fosos de secado. Este procedimiento tiene la desventaja de invadiendo terreno y a la larga sale muy costoso.

Por otra parte, entre las investigaciones realizadas se han encontrado diversos procesos industriales para aprovechar el licor, algunos de ellos ya aplicados a la industria.

- 1.- Recuperación del ión SO_4^{--} en forma de sulfato de sodio hidratado, por neutralización con carbonato y silicato sódicos.
- 2.- Precipitando el ión Fe^{++} por medio de carbonato de calcio en presencia de un material inerte como asbesto, fibra de madera, papel molido, etc., que sirviendo de carga se obtiene un producto que filtrado a alta presión, prensado en forma de bloques y secado, se puede usar como aislante y material de construcción.
- 3.- Obtención de óxidos de hierro que se utilizan como pigmentos. Este proceso, de lavados sucesivos, utiliza el licor, desperdicio de hierro y carbonato de sodio.
- 4.- Obtención del sulfato ferroso heptahidratado o "Caparrosa", que es el tema a tratar en ésta tesis.

b.- CONCEPTOS Y GENERALIDADES DEL SULFATO FERROSO. SU VALOR INDUSTRIAL.-

El sulfato ferroso es uno de los productos cuyo potencial de fabricación sobrepasa a la demanda. Con solo la producción de la industria del hierro y del acero se alcanzaría una cifra muy alta, independientemente de que otra fuente de fabricación de ésta sal es la obtención de sales de titanio, en cuyo proceso se obtiene como subproducto. La mayor parte de los licores de pickling deben considerarse por ahora como productos de desecho.

Se han hecho considerables esfuerzos por extender el uso del sulfato ferroso en el tratamiento de aguas, pero otros tipos de tratamientos tienen retenida su posición en ese campo.

En la industria de fertilizantes se usa aunque en una pequeña escala. La aplicación industrial más importante es la elaboración de sales y óxidos para la obtención de pigmentos.

El sulfato ferroso es un material que tiene una gran cantidad de aplicaciones, aunque en algunas de ellas su consumo es relativamente pequeño. A continuación se da una lista de los usos que se le dan actualmente en la industria a éste material.

Pigmentos y colorantes. (Óxido férrico, Azul de Prusia, Indigo) -

Tratamiento de aguas. (Defloculante)

Fertilizantes. (Fuente de mineral)

Tintas. (Tipo estencil)

Industria de curtiduría. (Mordente)

Industria textil.

Fotografía.

Deodorizante.

Desinfectante.

Preservación de madera.

Reactivo de laboratorio.

Herbicida en fase semilla.

Obtención de hierro electrolítico.

Decapado de aluminio.

Procesos de litografía.

c.- PROCESO A SEGUIR.- La primera operación que se lleva a cabo es la neutralización del ácido sulfúrico libre. Esta se --

lleva a cabo con fierro metálico, preferentemente pedacera de fierro o rebata, para aumentar así la concentración del sulfato ferroso de un 15% inicial a 30% final aproximadamente. Normalmente esta operación se efectúa en tanques de madera o de latón a prueba de ácido.

El tiempo de la neutralización depende de la temperatura, superficie de contacto y agitación, tomando de 12 a 60 horas para reducir la acidez hasta 0.03% aproximadamente. Conviene que la solución se mantenga con ésta ligera acidez para dificultar la oxidación. El líquido ya neutralizado puede ser manejado en tubería de fierro.

Como el fierro que se utiliza para la neutralización contiene generalmente impurezas como C, Mn, Si, etc., es conveniente eliminarlas. Para ello y teniendo en cuenta la naturaleza de la solución y del proceso, se puede usar satisfactoriamente un filtro de cartuchos desechables.

El siguiente paso es la concentración de la solución. Para esto se puede usar un evaporador de tubos largos de simple efecto, al vacío y a contracorriente hasta lograr una concentración de 42° Be.

El líquido concentrado del evaporador es pasado al proceso de cristalización. Los cristales de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ se depositan hasta que la densidad es menor de 26° Be. Para ello se puede usar un cristallizador intermitente en forma de tanque cilíndrico, con fondo cónico para drenar y enchaquetado. Por la chaqueta circulará agua de la torre de enfriamiento. Las aguas madres se recirculan al evaporador.

Los cristales son pasados a la centrifuga, la que los deja con

una humedad aproximada de 7%. Estos cristales ya centrifugados —
son secados en un secador de bandejas con aire caliente a 140°F.—
Una vez seco el material se empaqa.

CAP. II.- PRUEBAS DE LABORATORIO.

1.- Muestra.- Licor de pickling de desecho, cortesía de La Consuelida, S.A.

| | | |
|---|--------|-------|
| Densidad | 1.2 | 27°Be |
| H ₂ SO ₄ | 5% | |
| FeSO ₄ | 6.9% | |
| FeSO ₄ .7H ₂ O (Equiv.) | 12.85% | |

2.- Neutralización.-

2,9 gr. de Fe neutralizan 100 gr. de solución.

Tiempo 48 horas

Temperatura 18° C

3.- Filtración.-

Residuos insolubles 0.005%

4.- Solución neutralizada.-

Densidad 1.2 27°Be

H₂SO₄ 0.04%

FeSO₄ 16.4%

FeSO₄.7H₂O (Equiv.) 30.0%

5.- Cristalización.-

Tiempo 12 horas

Temperatura 14° C

6.- Centrifugación.-

Agua madre:

FeSO₄.7H₂O (Equiv.) 4.3%

7.- Secado.-

Tiempo 30 minutos

Temperatura 140°F

8.- Rendimiento.-

Base: 25 ml. sol. original

Teórico:

9.03 gr.

Real:

6.56 gr. (Producto)

1.50 gr. (Aguas madres)

8.06 gr.

REND.- 89.4%

CAP. III.- DISEÑO DE PLANTA Y CALCULO DEL EQUIPO.

a.- BALANCE DE MATERIAL.- (Ver diagrama)

b.- DIAGRAMA DE FLUJO Y SELECCION DEL EQUIPO.- Tomando como base una planta que desecha 10 ton. al día de licor de pic-
king, se proyectará la planta de sulfato ferroso heptahidratado-
para esa capacidad de materia prima.

10,000 kg. o sea 22,000 lb. $d = 1.2$ $V = 8,340$ lt.

Si almacenamiento de materia prima será el necesario para cubrir-
72 horas de trabajo.

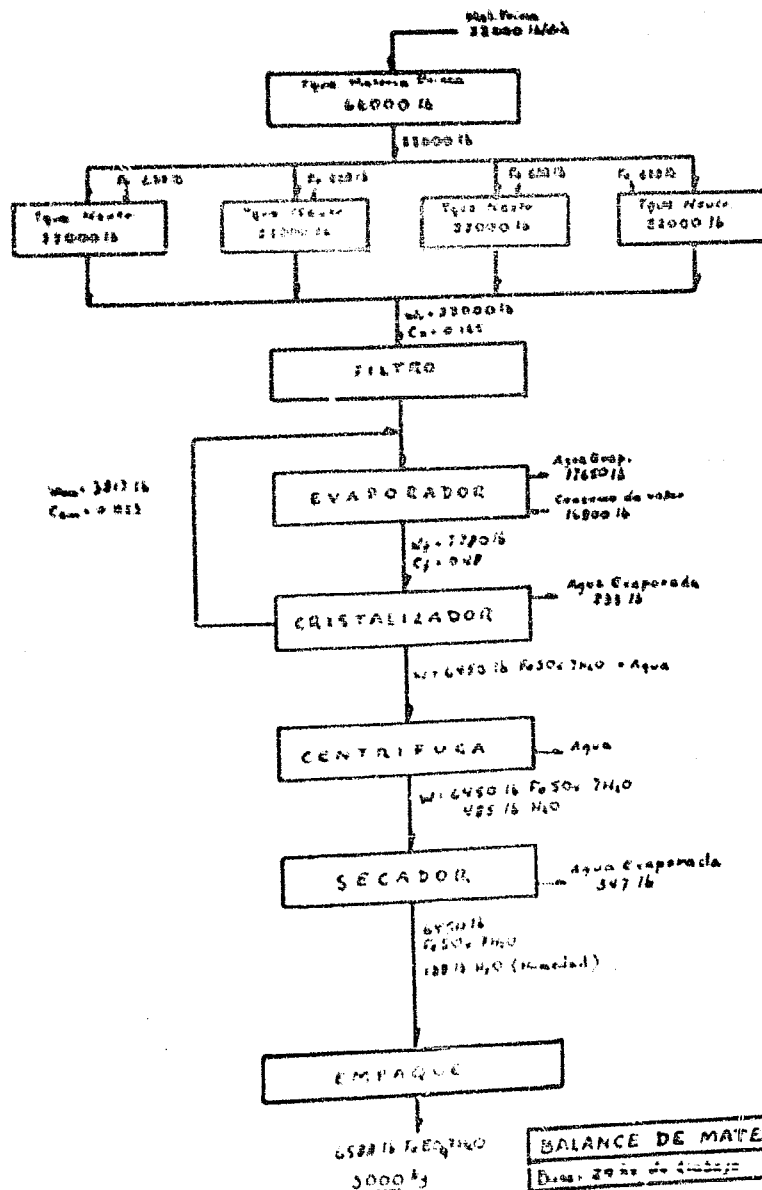
30,000 kg. o sea 66,000 lb. $V = 25,000$ lt.

Se construirán 4 tanques de neutralización con capacidad para —
22,000 lb. cada uno, así mientras uno recibe materia prima y el —
otro suministra licor a la planta, los otros dos estarán en proce-
so de neutralización, la cual tarda un promedio de 45 horas.

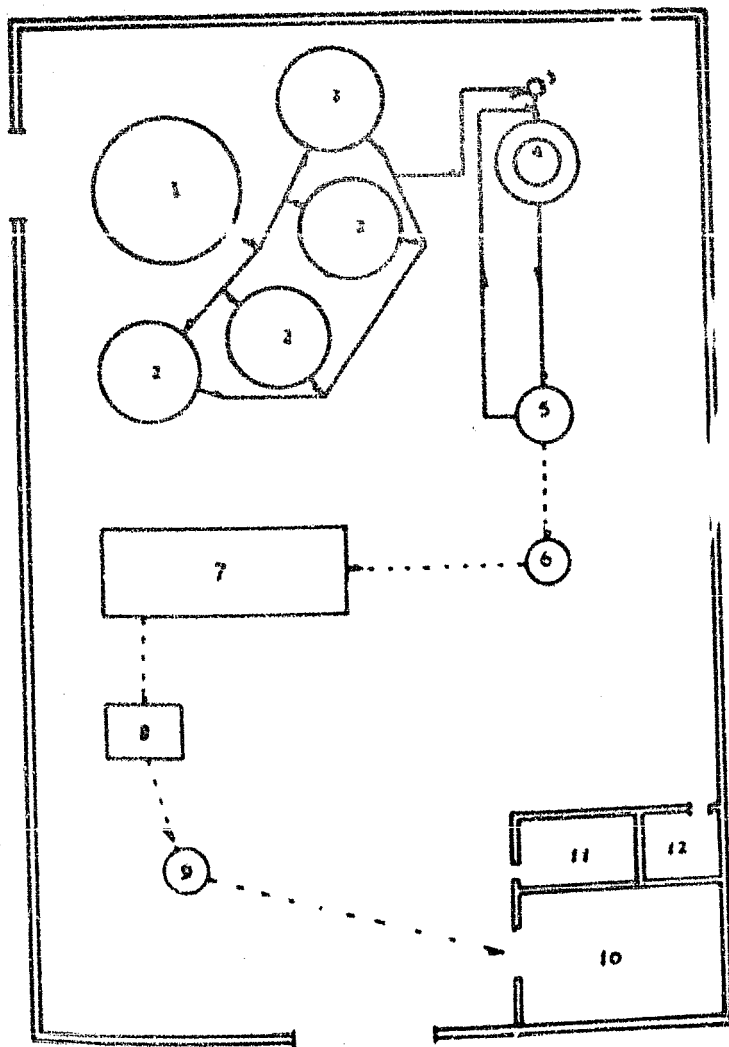
Teniendo en cuenta que 10,000 kg. de licor se neutralizan con —
290 kg. de Fe, se mantendrán los tanques con un exceso que podría
ser de 710 kg., o sea 1,000 kg. de Fe por tanque.

d.- 7.0

V= 143 lt.



| BALANCE DE MATERIAL | |
|---------------------|--|
| Días: 29 de trabajo | |
| | |
| | |



- 1 Eqa. Materia Prima
- 2 Tipos. Neutralización
- 3 Filtro
- 4 Evaporador
- 5 Cristalizador
- 6 Centrifuga
- 7 Masa de charolas
- 8 Secador
- 9 Talvo de envasado
- 10 Almacón
- 11 Oficina
- 12 Sanitarios

DIAGRAMA DE FLUJO

EBC: 1 : 150

PROYECTO: P.G.U.

c.- CALCULO DEL EQUIPO BASICO.-

1.- Tanque de materia prima.- El material que se utilizará en su construcción será ladrillo común revestido con ladrillo a prueba de ácido.

Cap. 27,000 lt.

Fact. seg. 5,000 lt.

Cap. real 30,000 lt.

$D = 2 h$; $V = 4.74 \text{ mt.}^3$; $h = 2.22 \text{ mt.}$

Las dimensiones de los ladrillos son 5 x 10 x 20 cm. Se colocarán acostados, por lo que el espesor de la pared de ladrillo será de 10 cm.

Ladrillos a prueba de ácido 4,450

Ladrillos comunes 7,080

Excavación 97.5 mt^3

Este tanque también puede ser construido de concreto armado resistente al ácido. Si el espesor de la pared, del fondo y del domo fuera de 10 cm., se necesitarán 7 mt^3 de concreto.

2.- Tanques de neutralización.- El material que se utilizará en su construcción será madera por ser más económico. Estos tanques llevarán un revestimiento para fugas.

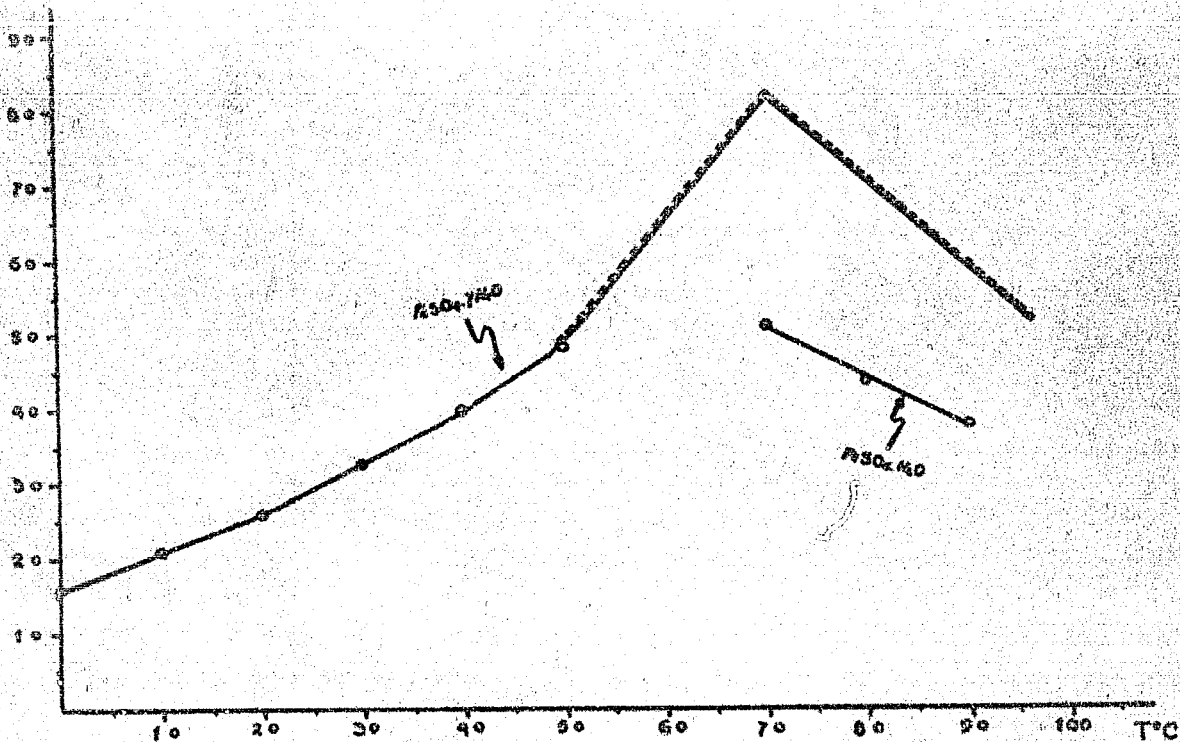
Vol. de solución 8,340 lt.

Vol. de Fe 143 lt.

Fact. seg. 1,700 lt.

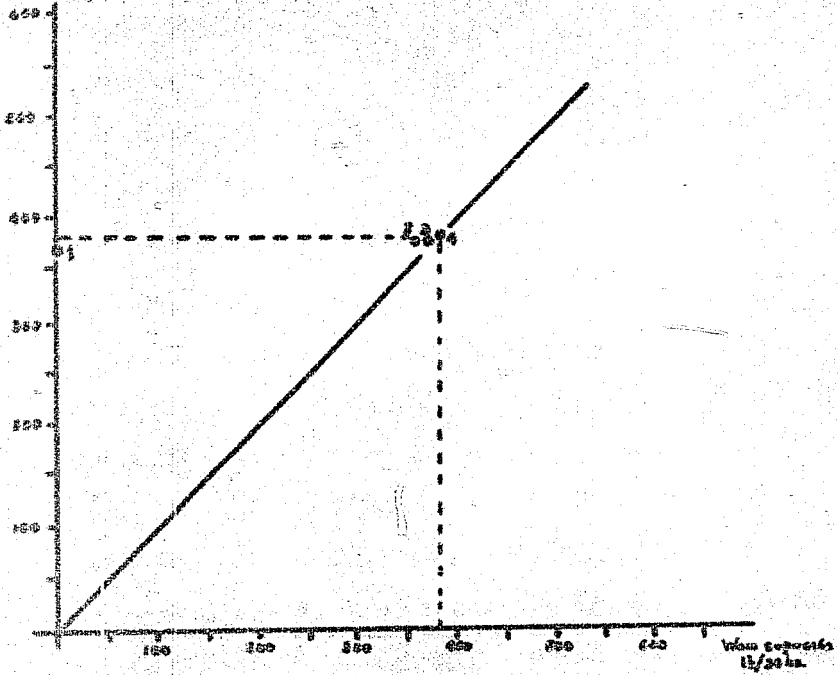
Vol. del tanque 10,183 lt.

g/100g H₂O



GRAN DE SOLUBILIDAD DEL
SOLUTO P30x160

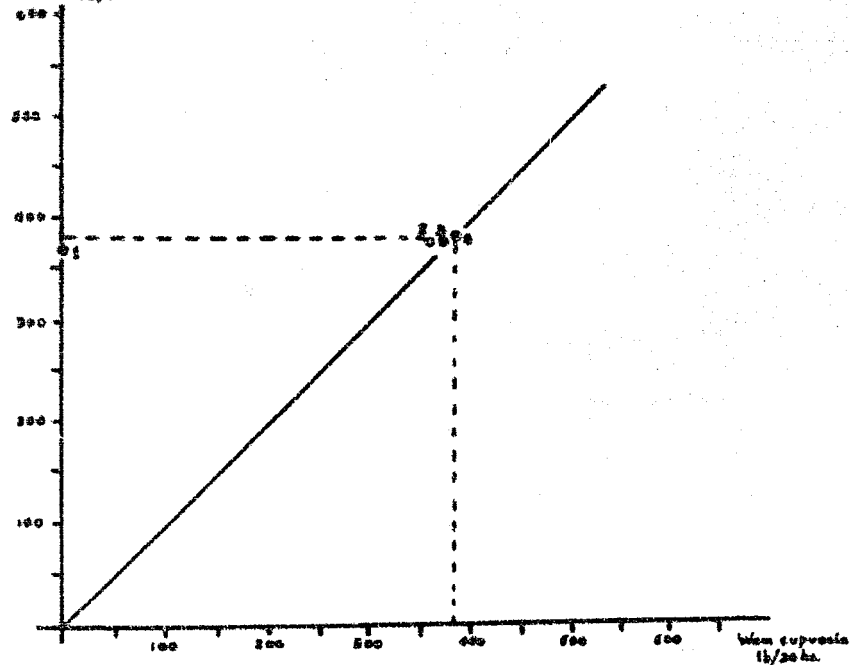
Volumen calculado
litros/día.



- 1 Primer cálculo
- 2 Segundo cálculo
- 3 Cálculo final
- 4 Recirculación ideal

Calculo de la Recirculation
de las Aguas Madres

Man Comestible
lb/acre



- 1 Primer cálculo
- 2 Segundo cálculo
- 3 Cálculo final
- 4 Rerreculación ideal

Cálculo de la Rerreculación
de las Aguas Madres

$D = 2 h$; $D = 2.96 \text{ mt.}$; $h = 1.48 \text{ mt.}$; $S = 28.1 \text{ mt}^2$
 Sup. total = 113 mt^2

3.- Selección del filtro.- Se seleccionó un filtro de cartuchos -
 desechables marca CUNO. Sus especificaciones son:

Mod. 1B32

No. cartuchos: 4

Altura: $22 \frac{11}{16}''$

Dímetro: $4 \frac{1}{4}''$

Diam. conec.: $\frac{3}{4}''$ y $1''$

Peso aprox: 10 lb.

Presión max. de oper.: 125 lb/in^2

4.- Evaporador.-

Cálculo de la recirculación de aguas madres:

| <u>Alimentación</u> | <u>W_{am} supuesta</u> | <u>W_{am} calculada</u> |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 22,000 lb. | 0,000 lb. | 3,704 lb. |
| 25,704 lb. | 3,704 lb. | 3,826 lb. |
| 25,830 lb. | 3,826 lb. | 3,811 lb. |

Las aguas madres del cristalizador se suponen en 3,830 lb. con una
 concentración de 2.3%, por lo que se hará un balance de material:

$$Wt = W_1 + W_2 = 22,000 + 3,830 = 25,830 \text{ lb.}$$

$$St = W_1 C_0 + W_2 C_{am} = (22,000 \times 0.165) + (3,830 \times 0.023)$$

$$St = 3,718 \text{ lb.}$$

$$Cr = St/Wt = \frac{3,718}{25,830} = 0.144$$

Evaporador, simple efecto, tubos largos, al vacío, a contracorriente.

to.

$$F = 25,830 \text{ lb.}$$

$$C_o = 0.144$$

$$C_p = 0.480$$

$$\text{Tubos } OD = 1" \quad L = 7'$$

Solución: FeSO_4 y H_2O

$$T_c = 4" \text{ Hg abs.} \quad ; \quad t_c/4" = 124^\circ\text{F} \quad ; \quad \Delta/t_c = 1.021$$

$$P_c = 10 \text{ psia}$$

$$P_b = 11.3 \text{ psia}$$

$$P_a = 10 + 11.3 = 21.3 \text{ psia} \quad ; \quad t_a/21.3 \text{ psia} = 232^\circ\text{F} \quad ; \quad \Delta/t_a = 1.157$$

$$t_a = 65^\circ\text{F} = 20^\circ\text{C}$$

$$C_{p0} = 1 - 0.144 = 0.856$$

$$S_c = 25,830 \times 0.144 = 3,730 \text{ lb.}$$

$$S = 3,730/24 = 155 \text{ lb/h}$$

$$W_o = 155/0.144 = 1,080 \text{ lb/h}$$

$$W_p = 155/0.480 = 324 \text{ lb/h}$$

$$\Delta W = W_p - W_o = 1,080 - 324 = 736 \text{ lb/h}$$

$$T_o \text{ H}_2\text{O} = 92^\circ\text{C} = 197.6^\circ\text{F}$$

$$T_o \text{ sol. } 0.48 = 112^\circ\text{C} = 233.6^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 233.6 - 197.6 = 36^\circ\text{F}$$

$$Q/\theta = W_o C_{p0} (t_o - t_a) + \Delta W \times t_o$$

$$Q/\theta = 805,800 \text{ BTU/h}$$

$$A = \frac{Q/\theta}{U \Delta T}$$

Para este tipo de evaporadores se acepta según McCabe el valor de $U = 200$. Se puede verificar aplicando la ecuación:

$$U = 25 \cdot t^{0.5} \quad ; \quad \text{si } t = 1$$

$$U = 25 \cdot 72^{0.5} = 212$$

$$A = \frac{8.05 \times 10^5}{1.44 \times 10^3} = 56 \text{ ft}^2 \quad ; \quad E_f = 0.5$$

$$A \text{ real} = A/E_f = 56/0.5 = 112 \text{ ft}^2$$

$$a = A_n = \pi \cdot D \cdot L = 3.66 \text{ ft}^2$$

$$N_t = A/a = 112/3.66 = 30.7 = 31 \text{ tubos}$$

Consumo de vapor:

$$W_v = \frac{Q/D}{\Delta t_s} = \frac{8.053 \times 10^5}{1.157 \times 10^3} = 700 \text{ lb/h}$$

Consumo de agua:

$$W_w = \frac{0.46 \text{ AFE} + \Delta t_s + (t_s - t_c) \Delta W}{t_s - t_c} = 7,800 \text{ lb/h}$$

5.- Cristalizador.- Para el cristalizador se empleará un tanque cilíndrico vertical, encajastado, con fondo de drenaje. El volumen que entrará al cristalizador será de 2,460 lt. de solución, por lo que con 20% de margen de seg. será 2,950 lt.

$$D = h \quad ; \quad D = 1.56 \text{ mt.} \quad ; \quad h = 1.56 \text{ mt.}$$

Cálculo:

$$C_0 = 0.48$$

$$W = 7,780 \text{ lb.}$$

$$T_{H_2O} = 15^\circ C$$

$$\text{Solub}/15^\circ C = 23 \text{ p./100 p. H}_2\text{O}$$

$$\Delta W \text{ evap.} = 35$$

$$\text{FM FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 278$$

$$\text{FM FeSO}_4 = 152$$

$$R = 278/152 = 1.83$$

$$W_o = 0.43 \times 7,700 = 3,710 \text{ lb.}$$

Evaporación:

$$0.03 \times 7,700 = 233 \text{ lb.}$$

Agua madre:

$$H_o - E = 7,700 - 3,710 - 233 = 3,817 \text{ lb.}$$

Peso del $1000_{4} \cdot 7H_2O$:

$$C = 1.83 \left[\frac{(100 \times 3,710)}{100 - 23} - \frac{(23 \times 3,817)}{1.83 - 1} \right]$$

$$C = 6,450 \text{ lb. (Anhidro)}$$

$$C = 6,900 \text{ lb. (Con 7% de humedad)}$$

7.- Secador.- Tipo charolas.

$$S = 6,900 \text{ lb.}$$

$$t_{op} = 22 \text{ horas}$$

$$t_{llen} = 1 \text{ hora}$$

$$t_{vac} = 1 \text{ hora}$$

Charolas: $3' \times 3' \times 1 \frac{1}{2}''$

$$t_{max} = 140^{\circ}F = 60^{\circ}C$$

$$W_{H_o} = 0.07$$

$$W_{H_1} = 0.02$$

$$W_2 = 0.01$$

$$W_o = 0.15$$

$$t_a = 70^{\circ}F = 20^{\circ}C$$

$$d_{sol} = 1.9$$

$$W_{e0} = \frac{1}{100-7} = 0.073$$

$$W_{e1} = \frac{2}{100-2} = 0.0204$$

$$W_{e2} = \frac{1}{100-1} = 0.010$$

$$W_{eC} = \frac{15}{100-15} = 0.177$$

$$t_D = 114^\circ\text{F}$$

$$H_{\text{max}} = 0.073$$

$$t_W = 117^\circ\text{F}$$

$$H_1 = 0.068$$

$$t_1 = 140^\circ\text{F}$$

$$V_H = 16.5 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$\Delta S = 1,054$$

$$H_r = 50\%$$

Suponemos una velocidad del aire que para este tipo de secadores puede ser de 15 a 20 ft/seg.

$$v = 20 \text{ ft/seg.}$$

$$S = 1/K (W_C - W_B) \left[\frac{W_C - W_B}{W_C - W_B} + \ln \frac{W_C - W_B}{W_1 - W_B} \right] \quad (\text{Todo en base seca})$$

$$K = 0.0232$$

$$S = v / V_H = \frac{20 \times 3,600}{16.5} = 4,360 \text{ lb/h ft}^2$$

$$h_c = 0.0128 R^{0.8} \quad \text{Coef. trans. calor conv.}$$

$$h_c = 2.5$$

$$h_r = \frac{[(\bar{T}_1^4/100 - \bar{T}_2^4/100) \cdot 0.173 \text{ e}]}{T_1 - T_2}$$

Coef. trans. calor rad.

$$h_r = 1.2 \quad (\text{Directamente de la curva Perry})$$

$$h_T = h_o + h_r = 1.7$$

$$R = \frac{h_T (t_1 - t_2)}{h_o L}$$

$$L = 0.091 \text{ ft.} = 1.09 \text{ in} = 2.66 \text{ cm.}$$

$$A_o \text{ ch} = 8 / h_o L = 650 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{ca}} = 9 \text{ ft}^2$$

$$N \text{ ch} = 650/9 = 72.3 = 73 \text{ charolas}$$

Espacio entre charolas: 1/2"

Dimensiones del cocedor.-

Altura: 6.13 ft = 2.00 mt.

Profundidad: 6.25 ft. = 2.00 mt.

Ancho: 3.17 ft. = 1.00 mt.

Area libre.-

Altura: 1.71 ft. ; Ancho: 3.17 ft.

Area libre: 1.71 x 3.17 = 5.42 ft²

Diseño: 2 carros con capacidad para 37 charolas cada uno.

Cantidad de aire total:

$$Q_t = 8 \times A_{\text{libre}} = 4,360 \times 5.42 = 23,650 \text{ lb/h}$$

$$Q_{\text{aire}} = \frac{Q_t \times \sqrt{H}}{60} = 6,500 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Motor: 5 HP ; Cap: 8,500 ft³/min ; 1,200 RPM ; ΔP = 2" Hg

$$Q_o = S \cdot W / \Delta H = \dots A / \Delta H$$

$$Q_o = Q/S \cdot T ; \Delta A = (du/dt)_o = \frac{h_c (t_1 - t_2) A_{\text{ch}}}{\Delta B}$$

$$\Delta H = H_{\text{max}} - H_1 ; Q_o = \dots A / \Delta H$$

$$Q_o = Q_o \cdot \rho_o (t_1 - t_2)$$

$$Q_t = Q_o \cdot \rho_o (t_1 - t_2) + \dots A \left[\dots + (t_1 - t_2) 0.45 \right] + Q_{\text{rad}}$$

$$A = 168$$

$$H = 0.005$$

$$Q_g = 168/0.005 = 37,700 \quad ; \quad S_0 = 0.27$$

$$Q_a = 636,000 \text{ BTU}$$

$$Q_b = 29,000 \text{ BTU/h}$$

$$Q_c = Q_a + Q_b \left[\frac{1}{\Delta T} + (t_1 - t_2) \cdot 0.45 \right]$$

$$Q_c = 815,000 \text{ BTU}$$

$$Q_d = 37,000 \text{ BTU/h}$$

4.- CALCULO DEL EQUIPO AUXILIAR.-

1.- Tuberias.-

De producción a tanque de almacenamiento:

$$22,000 \text{ lb/h} \quad d = 1.2 \quad D = 2.25'' = 2 \frac{1}{2}''$$

De almacenamiento a tqes. de neutralización:

$$22,000 \text{ lb/h} \quad d = 1.2 \quad D = 2.25'' = 2 \frac{1}{2}''$$

De tqes. de neutralización al filtro y al evaporador:

$$921 \text{ lb/h} \quad d = 1.2 \quad D = 0.60'' = 1''$$

Del evaporador al cristalisador:

$$8,500 \text{ lb/h} \quad d = 1.4 \quad D = 1.5'' = 1 \frac{1}{2}''$$

Del cristalisador al evaporador:

$$142 \text{ lb/h} \quad d = 1.2 \quad D = 0.25'' = \frac{1}{2}''$$

(Diámetros económicos. Perry)

2.- Bombas.-

De tanque de almacenamiento a tanque de neutralización:

$$D_n = 2 \frac{1}{2}'' \quad ; \quad D_1 = 2.469'' \quad ; \quad S_1 = 4.788 \text{ in}^2$$

$$L = 9 \text{ mt.} = 30 \text{ ft.}$$

$$3 \text{ codos } 90^\circ = 42 \text{ ft.}$$

$$J_2 = 42 \text{ ft.}$$

$$L_{\text{total}} = 114 \text{ ft.}$$

$$L_2 = 2.12 + 1.48 = 3.60 \text{ m.} = 12 \text{ ft.}$$

$$W = 22,000 \text{ lb/h}$$

$$d = 1.2 = 75 \text{ lb/ft}^3$$

$$- W_0 E_f = w/S_0 \cdot d = V_0^2/2g_0 + lwf \quad ; \quad w/S_0 = 1$$

$$V_0 = W/S_0 \cdot d = 2.42 \text{ ft/seg}$$

$$- \quad = 2 \cdot w = 6.72 = 10^{-4} \text{ lb/ft} \cdot \text{seg}$$

$$Re = DW_0/\nu = 6.7 \times 10^4$$

$$\epsilon/D = 0.0007 \quad ; \quad f = 0.0225$$

$$f = \frac{2g_0 D lwf}{V_0^2 L}$$

$$lwf = 1.24 \text{ ft} \quad ; \quad E_f = 0.5$$

$$- W_0 = 24.66 \text{ ft.}$$

$$w = d S V = 5.83 \text{ ft.}$$

$$P = -w W_0 / 550 = 0.262 \text{ HP} = 1/2 \text{ HP.}$$

2.- De tanque de neutralización al evaporador:

$$P_0/d - W_0 E_f = P_0/d + V_0^2/2g_0 + lwf$$

$$D_0 = 4.5'' \quad ; \quad S_0 = 0.11 \text{ ft}^2$$

$$V_0 = w/S_0 = 0.0226 \text{ ft/seg}$$

$$V_0^2/2g_0 = 0.0005/64.3 \quad (\text{Despreciable})$$

$$P_0/d = 21.7 \text{ ft}$$

$$P_0/d = 48.0 \text{ ft}$$

$$- W_0 E_f = P_0/d - P_0/d = 26.3$$

$$E_f = 0.5$$

$$- W_0 = 52.6 \text{ ft}$$

$$w = d S V = 0.186 \text{ ft}$$

$$P = -w W_0/550 = 0.0178 \text{ HP} = 1/4 \text{ HP}$$

3.- Del evaporador al cristalizador:

$$D_n = 1 \frac{1}{2}'' ; D_1 = 1.61'' ; S_1 = 2.036 \text{ in}^2$$

$$d_2 = 9 \text{ ft} ; L = 17 \text{ ft} ; w = 8,500 \text{ lb/h}$$

$$3 \text{ codos } 90^\circ = 10 \text{ ft}$$

$$L_{\text{total}} = 47 \text{ ft}$$

$$P_a = 4'' \text{ Hg} = 2 \text{ psig}$$

$$P_b = 11.3 \text{ psia}$$

$$d = 1.4 = 87.3 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_g/d = W_g E_f = P_v/d + c/s_o Z_b + v^2/2s_o + lwf ; c/s_o = 1$$

$$P_g/d = 1.3 \text{ ft}$$

$$P_v/d = 18.6 \text{ ft}$$

$$V_b = w/ds = 1.92 \text{ ft/sag}$$

$$\mu = 1 \text{ cp} = 6.72 \times 10^{-4} \text{ lb/ft sag}$$

$$Re = D V_b / \mu = 3.36 \times 10^4$$

$$e/D = 0.0012 ; f = 0.026$$

$$lwf = 2s_o D lwf / v^2 L = 0.523 \text{ ft}$$

$$v^2/2s_o = 0.0575 \text{ ft}$$

$$- W_g E_f = 24.88 ; E_f = 0.5$$

$$- W_g = 50$$

$$w = d S v = 2.37$$

$$P = -w W_g / 550 = 0.216 \text{ HP} = 1/4 \text{ HP}$$

4.- Tolva de envasado.- Se construirá de lámina de acero, con estructura para soportarla a base de soleras y ángulos de fierro.

$$\text{Dimensiones: } D = 1.2 \text{ mt.} ; h = 1.2 \text{ mt.}$$

$$V = 0.68 \text{ mt}^3$$

Suficiente para almacenar la producción de 4 1/2 días aprox.

CAP. IV.- ESTIMACION DE INVERSION Y COSTO.

a.- INVERSION INICIAL.-

| | |
|---|---------------|
| 1.- Terreno.- 175 mt ² a \$ 100.00/mt ² | \$ 37,500.00 |
| 2.- Edificio.- 175 mt ² de construcción, piso de cemento, columnas de concreto armado, cañerías de hierro y techo de abasto - cemento. Incluidos bodega, oficina y sanitarios. \$ 350.00/mt ² | \$ 131,000.00 |
| 3.- Tanque de almacenamiento de materia prima de concreto armado | \$ 8,000.00 |
| 4.- Tanques de neutralización. Cuatro unidades de madera de caoba, de 1" de espesor circundados con lámina de fierro, con revestimiento interior para fugas. Superficie total 112 mt ² a \$ 250.00/mt ² | \$ 28,000.00 |
| 5.- Filtro de cartuchos desechables | \$ 2,000.00 |
| 6.- Evaporador. Tubos de agua verticales. - - Cuerpo y tubos de Duriron. Area total de calentamiento 112 ft ² | \$ 80,000.00 |
| 7.- Cristalinador.- Tanque encaquetado de lámina de acero, con fondo cónico para drenar y con estructura para soportarlo- | \$ 10,000.00 |
| 8.- Centrífuga. Intermitente, con separadores de lona. Cuerpo de acero. Motor 5 HP Diámetro 3 ft. | \$ 40,000.00 |

| | |
|---|---------------------------------|
| 9.- Secador.- Cuerpo de acero, con capacidad para dos carros de 37 charolas c/u. Area total de charolas 650 ft ² | \$ 70,000.00 |
| 10.- Mesa de charolas.- De madera de pino. Dimensiones: 6.7 x 2.25 mt. | \$ 1,000.00 |
| 11.- Bombas.- | |
| 24 GPM 0.50 HP 25 ft | \$ 5,000.00 |
| 10 GPM 0.25 HP 15 ft | \$ 2,300.00 |
| 15 GPM 0.25 HP 14 ft | \$ 2,300.00 |
| | \$ 9,600.00 |
| 12.- Tolva de envasado.- E: lámina de acero con estructura para soportarla | \$ 5,000.00 |
| 13.- Controles diversos | \$ 5,000.00 |
| | <u>\$ 426,100.00</u> |
| | SUMA |
| 14.- Instalación, ajustes, tuberías, conexiones. - válvulas, equipo eléctrico, pintura, plataformas, cimentaciones, equipo de seguridad, báscula, equipo y muebles de oficina, etc. | |
| Estimado en 60% de la inversión | <u>\$ 256,000.00</u> |
| | INVERSION INICIAL \$ 682,100.00 |

b.- GASTOS FIJOS.- Base: 300 días de trabajo.

900 Ton. al año de producción.

| | |
|--|--------------|
| 1.- Amortización de la inversión por concepto de edificio. 6% anual | \$ 7,850.00 |
| 2.- Amortización de la inversión por concepto de maquinaria, equipo e instalación. 10% anual | \$ 51,350.00 |

- 1.- Seguros.- Contra incendio, accidentes, etc.
0.7% del valor de la inversión mas el valor del material en bodega (30 Ton) menos el valor del terreno \$ 4,500.00
- 4.- Mantenimiento.- Considerando el valor de reparaciones, refacciones, lubricantes, etc. en 5% anual sobre la inversión inicial \$ 35,000.00
- 5.- Inversión proporcional.- Por uso de vapor, agua de enfriamiento, subestación, aire, -- servicios generales, etc. se considera el 5% anual sobre la inversión inicial \$ 34,000.00
- 6.- Sueldos personal administrativo.-
- | | | |
|---------------|--------------------|---------------------|
| Administrador | \$ 3,000.00 | |
| Contador | \$ 2,500.00 | |
| Secretaria | \$ 1,300.00 | |
| Almacenista | <u>\$ 1,300.00</u> | |
| Suma | \$ 8,100.00 | \$ 97,000.00 |
- 7.- Seguro Social.- Cálculo aproximado \$ 3,000.00
- 8.- Varios.- Teléfono, papelería, etc. calculado en \$ 500.00/mes \$ 6,000.00

9.- Mano de obra directa.-

| <u>Ocupación</u> | <u>Hombres</u> | <u>Salario</u> | <u>Turnos</u> | <u>Total</u> |
|-------------------------|----------------|----------------|---------------|------------------|
| Operador | 1 | \$ 50.00 | 3 | \$ 150.00 |
| Secadores y envasadores | 3 | \$ 35.00 | 1 | \$ 105.00 |
| Pescos | 2 | \$ 22.00 | 3 | <u>\$ 132.00</u> |
| | | | | <u>\$ 387.00</u> |

\$ 141,500.00

10.- Vacaciones, reserva de retiro, gratificaciones,
etc. 20% de sueldos

\$ 48,000.00

GASTOS FIJOS

\$ 428,200.00

c.- GASTOS VARIABLES. (DE OPERACION).-

1.- Materias primas:

Licor de desecho

Sin valor

Fedacaria de fierro

\$ 18,000.00

2.- Vapor:

2,410 Ton/año a \$ 16.00/Ton

\$ 38,500.00

3.- Agua.- Consumo sumamente pequeño

\$ 1,000.00

4.- Energía eléctrica.-

| Potencia de motor | Horas de trabajo | Factor | KWH |
|----------------------|---------------------|--------|--------------|
| 5 HP | 2 | 0.746 | 7.50 |
| 5 HP | 22 | " | 67.70 |
| 0.5 HP | 1 | " | 0.38 |
| 0.25HP | 24 | " | 4.86 |
| 0.25HP | 1 | " | 0.19 |
| Factor de seguridad | | | <u>16.13</u> |
| | Total al día | | 96.76 |

29,028 KWH/año a \$ 0.20/KWH

\$ 5,800.00

\$ 700.00

5.- Energía de luz doméstica

6.- Envases.- Utilizando bolsas de 3 capas de
papel kraft y una interior de polietileno,
con capacidad de 50 kg. a \$ 3.00/unidad

\$ 54,000.00

\$ 118,000.00

GASTOS VARIABLES. (DE OPERACION)

2.- ~~INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD~~ - Base: 900 Ton/año.

| <u>Concepto</u> | <u>Anual</u> | <u>Por Tonelada</u> |
|-----------------------------------|----------------------|---------------------|
| Salarios y Honorarios | \$ 425,000.00 | \$ 476.00 |
| Impuestos de Renta | \$ 118,000.00 | \$ 131.00 |
| Costo | \$ 543,000.00 | \$ 607.00 |
| Costo de Materiales y Suministros | \$ 500,000.00 | |
| Costo de Energía y Mantenimiento | \$ 513,000.00 | |
| Costo de Depreciación | \$ 477,000.00 | |
| Costo Total | \$ 69,000.00 | |

3.- ~~INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD~~

Indicadores de Productividad

1.- Que la relación $\frac{\text{Producción}}{\text{Costo}}$ constituye un serio problema para las industrias que operan con bajos costos.

2.- Que el mayor del producto en tiempos normales es del

Costo de 1 Ton. \$ 607.00/año.

Costo de 2 Ton. \$ 1,214.00/año.

3.- Que el costo de producción, con las adiciones antes, son =

de 1 a 1,214.00/año.

4.- Que el costo total con los impuestos son

| Año | Producción (Ton) | Costo Total | Costo por Tonelada |
|------|------------------|-------------|--------------------|
| 1960 | 900 | 69,000.00 | 76.67 |
| 1961 | 1,800 | 138,000.00 | 76.67 |

Se concluye:

- 1.- Que existe un mercado abierto para el sulfato ferroso, dada la potencialidad industrial que está desarrollando el país y a la demanda creciente que existe por el producto.
- 2.- Que la solución presentada en ésta tesis al problema del desecho del licor de pickling es incosteable por presentar pérdidas elevadas.

BIBLIOGRAFIA

Aries and Herten
Chemical Engineering Cost Estimating
McGraw Hill Book Co. Inc. 1955

Brown and Associates
Unit Operations
John Wiley and Sons, Inc.
1950

Faith, Royce and Clark
Industrial Chemicals
John Wiley and Sons, Inc.
1957

Kern, Donald Q.
Process Heat Transfer
McGraw Hill Book Co. Inc.
1950

Martínez, Jorge Noé
Apuntes de Ingeniería Química
E.H.C.Q. U.N.A.M.
1958

González, Quiros Carlos
Obtención de Óxido Férrico a partir del licor de pickling
Tesis profesional
E.H.C.Q. U.N.A.M.
1947

McCabe and Smith
Unit Operations of Chemical Engineering
McGraw Hill Book Co. Inc.
1956

Perry, John H. Ed.
Chemical Engineers' Handbook
McGraw Hill Book Co. Inc.
1950

Urbina, Alberto
Apuntes de Ingeniería Química
E.H.C.Q. U.N.A.M.
1959

Walker, Lewis, McAdams and Gilliland
Principles of Chemical Engineering
McGraw Hill Book Co. Inc.
1937

Revistas y folletos varios.

Consultas: Asociación Nacional de la Industria Química, A.C.