

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**Programa Académico de Ingeniería Química
y Manufacturera**



*Estudio de Prefactibilidad de Instalación
de una Planta de Obtención de Oxido
Ferrico*

TESIS

Para optar el título de Ingeniero Químico

Eduviges Sara Hidalgo Sáenz

PROMOCION 1974: 2

Lima - Perú

1976

A MIS PADRES

Victor Hidalgo

y Graciela Sáenz

I N D I C E

1.- Introducción

Capítulo I

1.- Estudio de Mercado

1.1.- La Oferta

1.1.1.- Usos y Especificaciones del producto

1.1.2.- Area Geográfica

1.1.3.- Características de los productores

1.1.4.- Series Estadísticas

1.1.5.- Análisis Estadístico

1.1.6.- Confiabilidad

1.1.7.- Análisis del tamaño de la planta de los productores

1.2.- La Demanda

1.2.1.- Area Geográfica

1.2.2.- Investigación de mercado

1.2.2.1.- Muestreo

1.2.3.- Análisis Estadístico

1.2.4.- Confiabilidad

1.2.5.- Demanda no satisfecha

1.3.- Comercialización

1.3.1.- Distribución actual

1.3.2.- Distribución propuesta

1.3.3.- Política de comercialización

1.3.4.- Información y presentación del producto

1.4.- Precios

1.5.- Productos Sustituyentes

1.6.- Conclusiones

Capítulo II

2.- Estudio de las Materias Primas

- 2.1.- Chatarra de hierro
- 2.2.- Cloruro de Sodio
- 2.3.- Energia Eléctrica
- 2.4.- Agua

Capítulo III

- 3.- Análisis Termodinámico de la Tecnología del Proceso
 - 3.1.- Cálculo de las Energías Libres de Reacción
 - 3.1.1.- Determinación de la Constante de Equilibrio
 - 3.2.- Voltaje de la Celda Electrolítica
 - 3.3.- Sobrevoltaje de la Celda

Capítulo IV

- 4.- Trabajos Experimentales
 - 4.1.- Cálculo de la Densidad de Corriente
 - 4.1.1.-Electrólisis de la Chatarra de hierro
 - 4.2.- Oxidación del Hidróxido Ferroso
 - 4.3.- Calcinación del Oxido Férrico Hidratado

Capítulo V

- 5.- Tecnología del Proceso
 - 5.1.- Balance de materias
 - 5.1.1.- Determinación de las cantidades de materias primas
 - 5.1.1.1.- Cantidad de Chatarra de hierro
 - 5.1.1.2.- Fluido Electrico para el proceso de electrólisis
 - 5.1.1.3.- Volumen de agua
 - 5.1.1.4.- Cantidad de Cloruro de Sodio
 - 5.1.2.- Cálculo de la cantidad de combustible

5.1.3.- Cálculo de la cantidad de aire para el proceso de Oxidación.

5.2.- Cantidad de envases

Capítulo VI

6.- Control de calidad

6.1.- Análisis de la muestra electrolítica

6.1.1.- Determinación de la cantidad de hierro en la muestra

6.1.2.- Determinación de Cloruro Férrico en la muestra

6.2.- Métodos empleados para el ensayo de Pigmentos.

Capítulo VII

7.- Equipos

7.1.- Selección de equipos

7.2.- Especificaciones y estimado del costo de equipos

7.3.- Estimado de la instalación de la Unidad Rectificadora

7.4.- Cálculos de la capacidad del equipo.

7.5.- Equipo de Bombeo

7.5.1.- Cálculo de la potencia del equipo de bombeo

7.6.- Cálculo de la potencia del motor para el ventilador

Capítulo VIII

8.- Estudio Cinético

8.1.- Clasificación general del proceso desde el punto de vista cinético

Capítulo IX

9.- Disposición de Planta

9.1.- Disposición de Planta

9.2.- Obra Civil

9.2.1.- Tipo de Obra y Especificaciones

9.2.2.- Disposición de áreas

9.2.3.- Costo estimado de la obra civil

9.2.4.- Ampliaciones futuras

Capítulo X

10.- Tamaño de la Planta

10.1.- Relación Tamaño- Mercado

10.2.- Relación Tamaño- Rentabilidad

10.4.- Tamaño de Planta recomendada

Capítulo XI

11.- Localización de la Planta

11.1.- Alternativas

11.2.- Análisis de los Factores Locacionales

11.2.1.- Factores que influyen en la localización de la Planta.

11.2.2.- Método de Evaluación de Factores por Puntos

11.3.- Localización recomendada de la Planta

Capítulo XII

12.- Evaluación Económica del Proyecto

12.1.- Capital de Inversión

12.1.1.- Capital Fijo

12.1.2.- Capital de Trabajo

12.2.- Costo de Producción

12.2.1.- Costo de Fabricación

12.2.1.1.- Costo Directo

1. . .

12.2.2.- Costo de Administración

12,2,3,- Costo de Ventas

- 12.2.1.1.- Costo Directo
- 12.2.1.2.- Gastos de Fabricación
- 12.2.2.- Costo de Administración
- 12.2.3.- Costo de Ventas
- 12.2.4.- Costo Financiero
- 12.3.- Determinación del Punto de Equilibrio
 - 12.3.1.- Costos Fijos y Costos Variables
 - 12.3.2.- Determinación Gráfica
 - 12.3.3.- Determinación Analítica
- 12.4.- Estado de Pérdidas y Ganancias
 - 12.4.1.- Cuadro de Resumen
- 12.5.- Análisis de Rentabilidad y Financiación
 - 12.5.1.- Inversión requerida
 - 12.5.2.- Análisis de Rentabilidad
 - 12.5.3.- Financiación
- 12.6.- Organigrama de la Empresa
- 2.- Conclusiones
- 3.- Bibliografía

1.- INTRODUCCION

El presente Anteproyecto es el resultado teórico experimental para la obtención de Oxido Férrico ,efectuado primero en el laboratorio y luego con los datos obtenidos,hacer los cálculos de las principales características del equipo necesario .

En el estudio se demuestra la factibilidad de instalar una planta para obtener el producto antes mencionado mediante una serie de procesos y operaciones partiendo de la chatarra de hierro.

En cada etapa de fabricación se ha tenido en cuenta los resultados termodinámicos correspondientes y de ello deducir su conveniencia

El método que se propone es la electrólisis de la chatarra de hierro usando como electrolito solución de Cloruro de Sodio;como resultado de la electrólisis se obtiene el Hidróxido Ferroso; seguidamente éste producto será oxidado con aire a presión con una compresora .La operación siguiente es una deshidratación conjuntamente con una calcinación en un horno a quemador de petróleo,obteniéndose de éste modo el producto requerido.

Esta industria se sitúa entre las de segunda prioridad las llamadas Industrias de Apoyo Sectorial o sea Productoras de Bienes de Insumos para Actividades Productivas.

La segunda etapa del análisis para derivar el proyecto fué cuantificar la Demanda actual y futura en el mercado nacional.

En el mercado nacional existe gran demanda de éste producto,principalmente en la industria de las pinturas en que se utiliza como pigmento añadiéndole otros aditamentos que le dan distinta tonalidad

La chatarra abunda en una cantidad suficiente en el territorio, se le encuentra como desperdicio o material usado de hierro proveniente de la industria .

Existe también disponibilidad eléctrica por que el proceso de electrólisis demanda gran cantidad de electricidad; será suficiente con la energía proveniente de la hidroeléctrica que pertenece a las Empresas Eléctricas asociadas .

Finalmente , algunos aspectos pueden escapar a través de todos los análisis en la preparación del proyecto, y es lógico pensar que se presenten dificultades que habrá que resolver en el terreno mismo de la producción .

HISTORIA - PROPIEDADES

Historia.- Los Hematites, La Limonita y la Siderita son los principales minerales convertidos en pigmentos rojos.

Definamos lo que es un pigmento y lo que es un ocre:

Los primeros son sustancias generalmente terrosas o arcillosas que cuando se mezclan con aceite, agua u otro vehículo adhesivo y un solvente constituyen una pintura; los pigmentos dan a la pintura tanto cuerpo como color y la capacidad encubridora de la pintura se mide con pruebas de comparación cuando está en forma de pintura mezclada.

Los Ogres son formas compactas de tierra usadas como pigmento de pinturas y como relleno de Linóleo, es un material arcilloso y silíceo y que a menudo contiene compuestos de Bario y Calcio y que deben su color amarillo o rojo al óxido Férrico Hidratado. Los tintes dependen principalmente de las proporciones de sílice, arcilla blanca y óxido férrico, los ogres son muy estables como pigmentos.

Los pigmentos Hematites mas antiguos son los óxidos Español y el Oxido del Golfo Pérsico que tiene el color mas brillante entre los óxidos naturales con un tono rojo claro azulado, contiene de 72 % a 76 % de óxido férrico, 5 % de Oxido de Silicio y 3 % de Oxido de Aluminio.

El Oxido Rojo Español se caracteriza por un contenido elevado de hierro 78 % a 90 % de Fe_2O_3 , el mas apreciado de éstos ogres es el Hematites de Málaga.

En Estados Unidos también se encuentra el Hematites Americano, en cantidades los Americanos son los mas baratos, están en unión de sílice y cantidades variables de otros compuestos como Aluminio, Calcio y Magnesio.

Oxidos de Hierro Sintéticos

Oxidos de hierro sintéticos.- Oxidos Rojos de hierro puro.- Se preparan por calcinación de la Caparrosa o por reacción de una solución acuosa de caparrosa con una base para precipitar el óxido férrico hidratado amarillo que es calcinado para producir el Fe_2O_3 rojo, contiene mas de 45 % de óxido férrico puede prepararse en tonos que varían entre rojo claro , rojo oscuro y azulado , la facilidad con que se mojan y la capacidad de recubrimiento es muy buena , se calcina en hornos de reverbero y la temperatura es superior a 480 °C.

Oxido Rojo Veneciano.- El contenido de hierro es de 55 % el resto es principalmente sulfato de calcio, se prepara por reacción de la cal viva , cal apagada o carbonato de calcio con la caparrosa en hornos de reverbero.

Se obtienen colores muy variados controlando el tiempo y la temperatura y el aire , el contenido del pigmento final puede reducirse con yeso, Bauxita, Creta. El peso Esp. es 3.45 , se usan en las pinturas mas baratas para intemperie .

La Uerdingen Fabriken Bayer de Alemania .-El método que emplea para obtener grandes cantidades de óxido férrico ; lo obtiene éste óxido como subproducto en la fabricación de la Anilina donde el fierro es el reductor del nitrobenzeno en medio ácido , el ácido empleado es el clorhídrico , se obtienen óxidos amarillos, rojos, negros y pardos Este método tiene la ventaja de no trabajar grandes cantidades de lejías y de éste modo el fierro se oxida a FeCl_3 éste producto formado se hidroliza convirtiéndose en hidróxido férrico y ácido clorhídrico que reacciona con nuevas cantidades de hierro metálico para formar otra vez cloruro ferroso. La velocidad de reacción tiene gran

importancia ésta velocidad depende del pH de las soluciones de cloruro ferroso ; a la caldera de reacción se añaden el Nitrobenzol, las lejías , el cloruro ferroso y el polvo de hierro ; la reacción es fuertemente exotérmica y el calor se elimina por la destilación de la mezcla de nitrobenzol, anilina y agua .Se conoce que que la reacción ha llegado al final cuando cesa la destilación, se añade entonces cal para descomponer el clorhidrato de anilina ; los barros de hierro se diluyen con agua, se filtran los pigmentos amarillos, los pigmentos rojos se obtienen por calcinación de los barros amarillos a negros en hornos rotatorios a 900 °C . Los pigmentos rojos y negros contienen 92 a 95 % de óxido férrico y los amarillos 82 a 87 %

PROPIEDADES .--

El óxido férrico existe en dos formas cristalinas comunes :

Hematites , paramagnética romboédrica o Fe_2O_3 densidad 5.1.

y la Ferromagnética cúbica Fe_2O_3 .

La primera se forma por un gran número de reacciones calcinando polvo de hierro en el aire o calcinando el hidróxido precipitado , todas las variedades que tienen la misma estructura cristalina se vuelven desde pardas a violetas después de calentar a 650 - 1000 °C por encima de ésta temperatura adquieren un color negro azulado o gris.

Variando las condiciones de la calcinación (temp.tiempo , etc) el color final del pigmento puede controlarse entre límites razonables.

Durante la calcinación se fija el tamaño de la partícula , la operación de la molienda final sirve solamente para romper los aglomerados de partículas que se obtienen en la torta de filtros.

Los óxidos de hierro rojo claro se caracterizan por partículas muy pequeñas y de tamaño uniforme que tienen un diámetro de 0.25u ; los co-

lores oscuros en los rojos azulados o rojos castaños tienen partículas de un tamaño mayor en promedio a 0.75u .

En un método de obtención del óxido donde el medio precipitante es la cal la solución se precipita soplando aire y la calidad del producto formado depende de la concentración de las aguas residuales , temperatura de precipitación , cantidad de aire soplado en la unidad de tiempo , velocidad de los agitadores .

Por ejemplo el óxido amarillo de hierro se precipita a la temperatura ordinaria que cristaliza en rombos y corresponde a la Goetita natural $Fe_2O_3 \cdot H_2O$. calcinando se obtiene el óxido férrico que cristaliza rombohédricamente ; a 90 °C algo mas alto se origina el óxido ferroso férrico Fe_3O_4 que tiene un color negro ; lo que confirma la ley que dice que se acentúa la absorción de luz cuando el metal se encuentra en la molécula en dos grados distintos de oxidación.

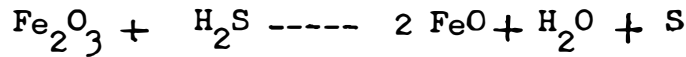
Estos pigmentos negros de óxido férrico que tienen un fuerte poder colorante corresponden a la Magnetita Natural que cristaliza en el sistema regular ; el óxido de hierro es leve por ésta propiedad tiene siempre a flotar y se mezcla muy bien con el vehículo .

Los pigmentos de óxidos de hierro negro al ser calcinados se convierten en óxidos de hierro rojo .

La deshidratación del Hidróxido Ferroso recién precipitado y su oxidación puede realizarse también a la presión de 20 a 25 atmósferas. Cuando al hidróxido ferroso se le calcina ($Fe(OH)_2$) se le calienta a 190 °C y experimenta la entrada de aire se oxida a espensas del agua quedando hidrógeno en libertad y formándose óxido Ferroso.

REACCIONES DEL OXIDO FERRICO

Reacciona con el H_2S dando unprecipitado blanco de azufre que debe su origen a la reducción del compuesto:



Con el Sulfuro Amónico da un precipitado negro de sulfuro de hierro FeS , soluble en los ácidos, dejando un residuo de azufre.

Con amoniaco da un precipitado rojo pardo de $Fe(OH)_3$, pero éste no se forma cuando el líquido contiene ácido Tartárico o Cítrico.

Con el Ferrocianuro de Potasio se forma un precipitado azul de Prusia insoluble en ácido clorhídrico.

- Con el Fosfato Sódico se forma un precipitado blanco amarillento de Fosfato férrico que es soluble en HCl e irsoluble en ácido acético.

El óxido férrico es soluble en HCl en caliente.

Es insoluble en ácido sulfúrico en caliente.

En una mezcla de HNO_3 y H_2SO_4 caliente es soluble 0.1 grs en 100 mlts

Densidad del Fe_2O_3 5.12 grs/cm³

Punto de fusión 1560 °C

El Pigmento debe molerse con un grado suficiente de finura para que todo el polvo pase por el tamiz de malla N° 325.

APLICACIONES DEL OXIDO FERRICO

El óxido acompañado del carbonato de sodio se usan como constituyentes del vidrio; el óxido es el que le da el tono rojo a las botellas, interviene también el óxido Mangánico.

- Como colorante para decorar utensilios de cristal y cerámica .

- En forma de ferrocianuro para el barnizado del hierro producto que resulta mas barato que el Minio propiamente dicho.

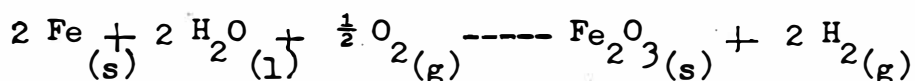
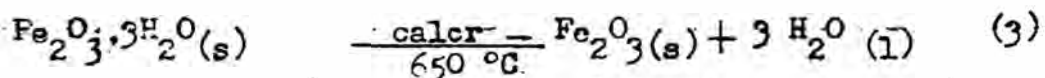
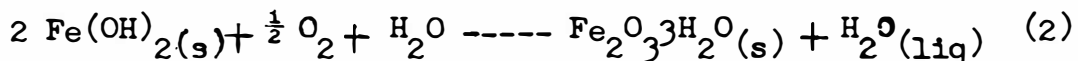
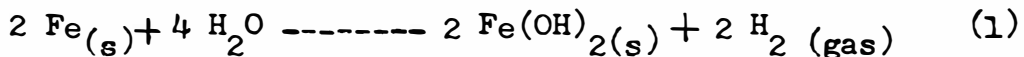
- El óxido férrico y ferroso comunican al vidrio el mismo tono verde

ya que en caliente el óxido férrico pierde oxígeno y se convierte en Ferroso .

En tanto que por otro lado se dice que el óxido férrico como el ferroso se combinan con la sílice y el segundo da un color verde mas intenso que el primero.

CONSIDERACIONES GENERALES

Las reacciones que se han analizado para la producción del óxido de Hierro son las siguientes:

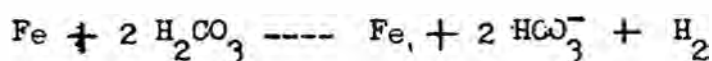


La reacción (1) es obtenida en la electrólisis.

Cada una de las reacciones han sido planteadas desde el punto de vista termodinámico para luego hacer los trabajos experimentales correspondientes en el laboratorio.

En la reacción (2) sabemos que el hierro común se oxida rápidamente al aire húmedo y está presente en el aire el CO₂, luego hipotéticamente ocurrirá la reacción : $\text{CO}_2_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \text{ --- } \text{H}_2\text{CO}_3$

De éste modo el herrumbre de hierro o moho de hierro involucra dos pasos : la oxidación a ión ferroso por el ácido carbónico :



y el siguiente paso es la formación del moho del hierro con el oxígeno atmosférico: $4 \text{Fe} + 8 \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \text{ ----- } 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(s)} + 8 \text{H}_2\text{OCO}_3$

La reacción (3) es la calcinación de la Limonita Oxido Férrico Trihidratado a 650 °C.

Capítulo I

1.- ESTUDIO DE MERCADO

El objetivo de éste análisis es establecer cuales son las condiciones de mercado que se presentan , es decir en estimar la cuantía del producto : El óxido de hierro que el país consume y de ello determinar la demanda actual y futura .

En primer lugar en base al estudio de consumo de óxido de hierro en los últimos años se puede definir el ritmo de crecimiento, en éste campo de la actividad industrial.

Para tal fin se dispone de datos tabulados en el anuario de comercio exterior en lo que se refiere a la importación.

La demanda potencial del óxido de hierro estará representada por el crecimiento del consumo interno del país, de nuevas fuentes de aplicación , y de un posible desarrollo de nuestro comercio exterior . Finalmente el proyecto se derivará del análisis del mercado , La Oferta y la Demanda, analizando ya sea por sustitución de importaciones , crecimiento del consumo interno , desarrollo de nuevos campos de aplicación y expansión del comercio exterior.

1.1.- La OFERTA

1.1.1.- Usos y Especificaciones del Producto.-

El óxido férrico tiene diversos usos como pigmento :

- 1.- Pinturas .- Pinturas con agua como vehículo (o soluciones acuosas de cal), con vidrio soluble, cola , glutilina , caseina , emulsiones , aceite de linaza.
- 2.- Industrias de las Lacas .- Lacas al aceite , al Colquedal, lacas resinosas , nitrolacas , lacas de caucho clorado, lacas al alcohol.

- 3.- Pinturas artísticas
- 4.- Estampados.- Tapicerías , estampados , carteles.
- 5.- Coloración de materiales de construcción , por ejem. cemento
- 6.- Encerados,- Cuero artificial , linóleo para dar color y como carga .
- 7.- Goma (carga de relleno y coloración).
- 8.- Plásticos como carga y color.
- 9.- Papel como carga y color
- 10.- Fibras artificiales para teñirlas.
- 11.- Cosméticos.
- 12.- Esmaltes cerámicos y vidrios .

En las pinturas y en las lacas éste pigmento desempeña un papel preponderante , la mayor parte de éste pigmento mineral se destina a la pintura . Las pinturas al ser usadas sobre una superficie , como se sabe al cabo de cierto tiempo se deterioran y hay que echar nuevamente otra capa de pintura .

Especificaciones.-

El mercado actual ofrece el óxido férrico cuya calidad difiere en forma bastante clara y se le ha clasificado en tres tipos:

Tipo A : Que están conformados por los óxidos de no muy buena calidad que no tienen mucho contenido de hierro y se les ha agregado otros aditivos durante el proceso de elaboración y son los que conforman las pinturas que se deterioran con mayor rapidez, generalmente éstos óxidos son los de fabricación nacional, el tamaño de la partícula es de 30 μ y éstas pasan por tamiz N° 285.

Tipo B : Son de mediana calidad y son mejores que los del tipo A tienen un 85 % de contenido de hierro , el tamaño de la partícula es

de 10 μ y pasan por tamiz de malla N° 320.

Tipo C : Son los pigmentos de óptima calidad , es decir la propiedad anticorrosiva es buena ,son al igual que los del tipo B del stock de pigmentos de hierro importados , generalmente de Alemania se importan los llamados de tipo C.éste óxido pasa por malla N° 400 y el tamaño de la partícula está entre 0.1 a 0.6 μ .

1.1.2.- Area Geográfica.-

Según el Ministerio de Industrias El Perú se encuentra dividido en Industrias de Primera Prioridad,Segunda Prioridad,etc. Por lo cual se ha observado y analizado a los productores que abastecen , éstos productores están ubicados en Lima y que abastecen su producto a las fábricas que lo requieren,solo en parte .

1.1.3.- Características de los Productores.-

	Tipo	% en peso Fe_2O_3	Cantidad de Fabricas
Productores Nacionales	A	83.5	2
Pigmentos de Hierro importados	B	88.5	4
	C	97.5	2

Las fábricas de tipo A están registradas industrialmente y son la "Compañía Minero Lima"y la "Compañía Perú Industrias S,A".con una línea de producción escasa y tienen muy poca información estadística debido a que casi las dos permanecen sin presentar informe al M.I.T pero su producción se ha estimado en base a encuestas de Demanda.

1.1.4.- Series Estadísticas

Países Exportadores de Pigmentos de Hierro:

Alemania Occidental

Estados Unidos
 Reino Unido
 España
 Argentina
 Bélgica y Luxemburgo
 Finlandia
 Italia
 Mexico
 Suiza y Países Bajos

Datos de Importación .-

Año	Importación (K.B)
1970	493,580
1971	659,666
1972	657,114
1973	689,270
1974	528,276

Producción Nacional e Importaciones:

Año	Importación (Kgs)	Producción Nac.(Kgs)	Total (Kgs)
1970	493,580	80,000	573,580
1971	659,666	90,000	749,666
1972	657,114	150,000	807,114
1973	689,270	200,000	889,270
1974	528,276	400,000	928,276

Fuentes: Dirección General de Aduanas , Anuario estadístico.
 Dirección de estadística del Ministerio de Industria y Turismo.

1.1.5.- Análisis Estadístico.-

Utilizando los datos históricos de 5 años se realiza una proyección de la Oferta para otros 5 años:

Cálculo de la Recta de Regresión .

Cuadro Nº 2

Año	y	oferta x	Y	X	Y ²	YX	X ²
1970	1	573,580	-1.5	-216,001	2.25	324,001	46,656'0
1971	2	749,666	-0.5	- 39,915	0.25	19,957	1,529'01
1972	3	807,114	0.5	22,382	0.25	11,191	500'86
1973	4	889,270	1.5	99,689	2.25	149,533	9,937'89
1974	5	928,276	2.5	138,695	6.25	346,737	19,237'70
Total			2.5	4,350	11.25	851,421	77,924'45

Cálculo de b de la Línea de Tendencia x' a $b t$

$$b = \frac{n \sum(YX) - \sum Y \sum X}{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2} = 84,899.6$$

Cálculo de a de la Línea de Tendencia:

$$a = \bar{x} - \sum X - b \left(\sum Y + \frac{Y}{n} \right) = 533,912.4$$

- Ecuación de la Línea de Tendencia :

$$x' = 533,912 + 84,899.6 (t)$$

- Cálculo Estimativo del Error :

t	1	2	3	4	5
x est.	618,811	703,710	788,611	873,510	958,407
x	573,580	749,666	807,114	889,270	928,276
x-x est.	45,231	45,956	18,503	15,760	30,131

- Correlación .-

Cálculo del Coeficiente de Correlación: r

$$r = \sqrt{\frac{\sum(YX)}{\sum Y^2 \sum X^2}} = \sqrt{\frac{851,421}{946,908}} = 0.91$$

Concluimos diciendo que existe una significativa correlación de la información recibida.

Coeficiente de Determinación : $r^2 = 0.812$

1.1.6.- Confiabilidad.-

Para determinar el intervalo de confianza utilizaremos la distribución T-Students ; Se calculará de acuerdo a :

$$t = \frac{r (n-2)}{1 - (0.9)^2} = 3.57$$

En tablas $n=4$ $t=0.98$ $\alpha=0.02$

con $\alpha=0.02$ es decir con un 98 % de confianza para ésta operación

Intervalos de Confianza

- Cálculo de la Varianza:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = 69,635.75$$

$$S_{xt} = S_x \sqrt{1 - r^2} = 30,361.2$$

Límites de Confianza : $x' \pm 2 S_{xt}$

$$x' = 533,912 \pm 84,899 (t)$$

cuadro N° 4

año	x'	Límite Superior	Límite Inferior
1975	958,407	889,100	1'021,000
1976	1'043,309	1'104,031	982,587
1977	1'128,205	1'188,927	1'067,483
1978	1'213,104	1'273,826	1'152,382
1979	1'298,003	1'358,725	1'237,281
1980	1'382,908	1'443,630	1'322,186

Los límites se muestran en el gráfico N°1

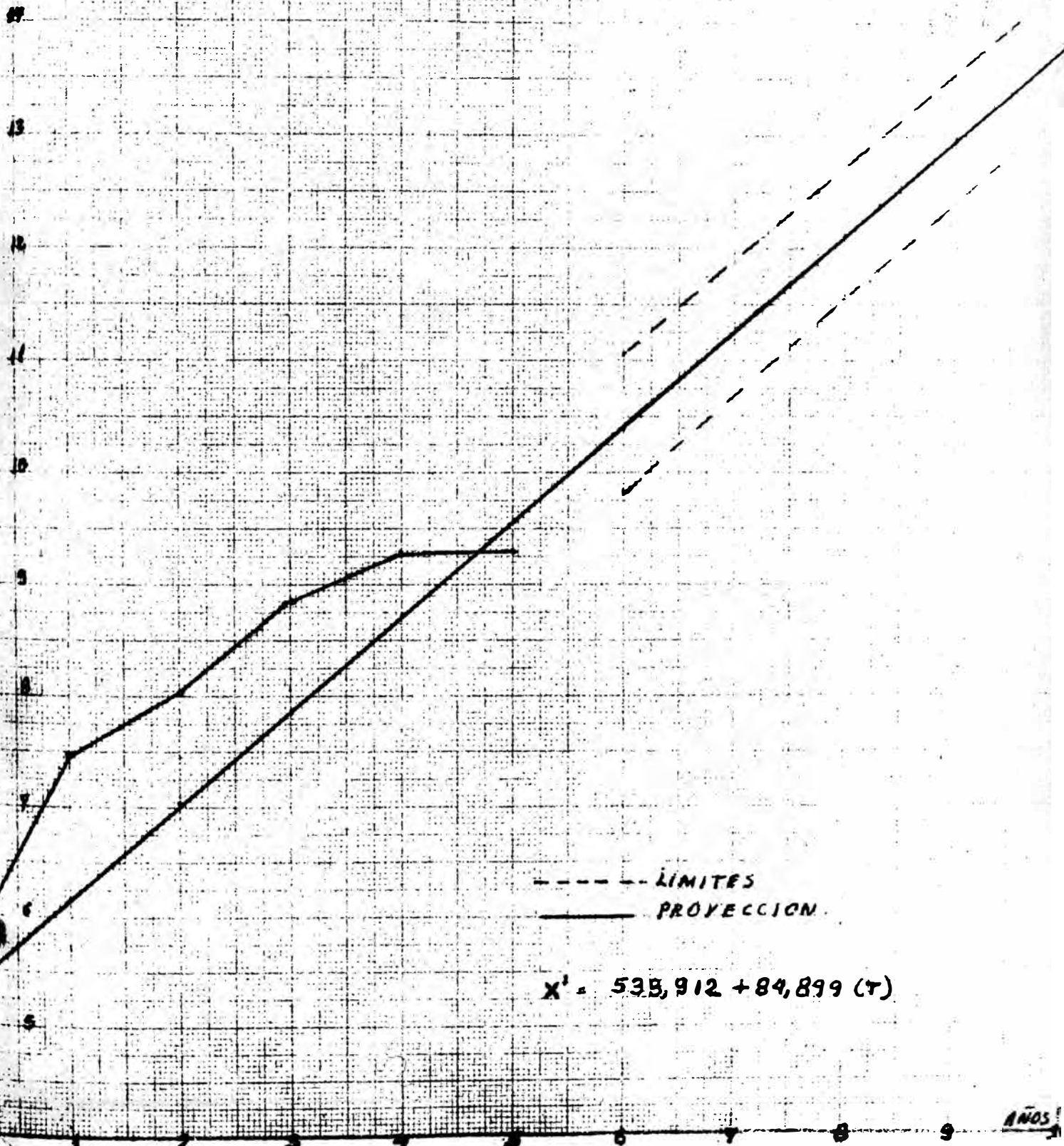
1.1.7.- Análisis del Tamaño de la Planta de los productores

Actuales.-

De acuerdo al cuadro N°1 se observa que las importaciones fueron disminuyendo durante los últimos años , ésto proviene de una política gubernamental que promueve la creación de empresas que empleando materia prima y mano de obra nacional elaboran

GRAFICO N°1 OFERTA

VALORES
DE
OFERTA



productos que sustituyen con gran aceptación a los productos importados , como consecuencia de esto ha existido un incremento evidente en la producción nacional y se crearon dentro del territorio nacional dos pequeñas fábricas pero con un producto de baja calidad es decir han sido creadas sin ninguna planificación técnico económico . La instalación de estas fábricas se puede estimar como un potencial considerable en cuanto a un volumen de producción , pero no en cuanto a capacidad de captar mercado por su calidad .

Por otro lado la producción de las importaciones también ha afectado a estas empresas productoras y son razonables sus proyecciones de ampliación , pero existe una especie de estancamiento de estos planes , dado que la materialización a éstos está sujeta al pago de impuestos y además las instalaciones laborales y los beneficios sociales han desalentado de algún modo su realización , por razones fácilmente imaginables se desconoce el volumen exacto de la ampliación de la capacidad instalada de las plantas existentes , aún así se ha hallado que la mas grande productora de óxido férrico en el país tiene una capacidad utilizada de 250 Ton. anuales y tiene una capacidad instalada de 300 Ton. anuales. La capacidad instalada de la Fábrica Perú Industrias S.A. está extendida en 150 Ton. ésta última no tiene proyecto de ampliaciones en marcha .

En cuanto a las importaciones hechas en años anteriores , como el principal abastecedor destacó Alemania Occidental.

Análisis de la Producción Nacional

La producción de óxido férrico en el país está creciendo debido a que las importaciones han bajado en el año 1974 , y en el Perú hay 2 plantas que obtienen el óxido férrico .

También por que se han creado nuevas industrias donde se requiere de éste producto principalmente las de **Apoyo Sectorial** : Pisos vinílicos , Linóleos Asfálticos .

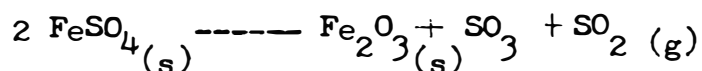
Las Plantas que actualmente obtienen el Oxido Férrico son:

La Compañía Minero Lima

La Compañía Perú Industrias S.S.

La Compañía Minero Lima.- Obtiene el óxido lixiviando la chatarra de hierro con ácido sulfúrico diluido en reactores de concreto y neutralizando luego con una base que es el Hidróxido de Sodio de éste modo obtiene primero el Sulfato Ferroso , luego neutraliza obteniendo el Hidróxido Ferroso , sometiéndolo a una calcinación posterior .

La Compañía Perú Industrias S.A.- Obtiene el óxido férrico a partir de la Caparrosa que es de color azul verdoso , llamado Vitriolo Verde ; pulverizándolo , y precipitando la solución con Hidróxido de Amonio y cristalizando con ácido sulfúrico se obtiene el Monohidrato, estable al aire a 300 °C ; el FeSO_4 se descompone al rojo:



1.2.- La DEMANDA

1.2.1.- Area Geográfica

Existe una relación directa entre demanda de productos que utilizan como insumo el óxido férrico y producción de óxido férrico , una de las industrias que utilizan el óxido férrico son las fábricas de pinturas .

La zona de mayor consumo está ubicada en Lima .

Se hizo una encuesta a las fábricas que pueden comprarnos éste producto . Se les puede dividir en varios grupos:

Fábricas de productos Químicos , fabricantes de mayólicas , pinturas.

-Entre los fabricantes de pinturas

Sherwin Williams Peruana S.A.

Compañía Peruana de Pinturas.

Industrias Vencedor.

Tecnoquímica

Los fabricantes de Mayólicas y Pisos Vinílicos:

Pisopak de Perú S.A

Mosaicos y Mármoles CIMOSA .

Distribuidores de Productos Químicos:

Compañía de Productos Industriales

Chemical Suppliers S.A

World Chemical

S.G. Yglesia S.A

Distribuidora Albis S.A

Compañía Industrias Químicas Asociadas

Glohujuard.

Fábricas de Aluminio y Metales.

Fábricas de Productos Químicos

Industrias Aurora

Laboratorios ALFA S.A.

Química Industrial DECCA S.A

Química Anders S.A

Purina Perú S.A

Química Suiza

Multiquímica

Merck Peruana

Productora Andina

Explosivos S.A

- Fábricas Textiles

Manufactura Algodonera Santa Maria

Ydeal Textil

Compañía Industrial Polux.

1.2.2.- Investigación de Mercado

Análisis de las encuestas.-

Los consumidores de óxido férrico están conformados por fábricas de productos químicos , fábricas de pisos vinílicos , lozetas etc. casi todos éstos usuarios adquieren el óxido férrico por sus propios recursos o los compran a distribuidores que importan , y de éstas entidades se ha recogido información sobre varios aspectos de su uso , primeramente para cuantificar la demanda total. A las fábricas de pintura se les pidió de acuerdo a su experiencia la cantidad de óxido férrico que se utiliza en las pinturas .En la fábrica Sherwin Williams Peruana S.A se supo que requerían al día 239 Kgs, ésta fábrica como las otras de pintura compran cada mes una cantidad diferente de acuerdo a su demanda de productos al mes ,en un mes requerirán entonces 1,020 kgs. En otra fábrica la

Compañía Peruana de Pinturas utiliza 400 kgs al día .En la Fábrica Pisopak consumen al día 687 Kgs de óxido férrico .

Para análisis se requiere un óxido férrico muy fino , las compañías que requieren de éste óxido son la Glohujard ellos necesitan 539 Kg De todo esto se ha promediado el consumo de óxido férrico por día y con un criterio un poco conservador se ha fijado que al mes en el año 1973 en todas ellas es de 73 K.B.

Sabemos que para análisis se requiere un óxido férrico muy fino y de todas maneras se tendrá que importar de la Fábrica Bayer en Alemania que es el pigmento que tiene un mayor contenido de óxido férrico en peso y el tamaño de la partícula es muy pequeño .

Para conocer la demanda del óxido férrico que hay en oferta ,se preguntó sobre el mejor óxido ,los nacionales difieren mucho del importado y los nacionales no logran superar al importado ni igualarlo . En conclusión existe en el mercado nacional un gran vacío en lo que respecta a producción del óxido férrico de buena calidad y se prevee una gran demanda en el futuro , con la nueva Ley de Industrias que el gobierno favorece a la industria nacional y restringe las importaciones .

1.2.2.1.- Muestreo

Para llevar a efecto las encuestas se realizó previamente un muestreo en la cual la producción total está conformada por fábricas de productos químicos , e importadores que compran el producto para venderlo y por razones de representabilidad se dividió la labor en 3 zonas donde se hizo encuestas : En Lima Metropolitana, se escogió una en provincia, ubicando un 70 % de fábricas que requieren el óxido como insumo.

Cuadro N° 5

Fábricas que compran el Oxido Férrico (ton)

	1970	1971	1972	1973	1974
Fábricas de pinturas	200	259	289	314	346
Importadoras	315	388	413	439	473
Fábr. de prod. Quími.	85	116	126	152	184
Total	600	763	828	905	1,003

1.2.3.- Análisis Estadístico.-

Utilizando datos históricos de 5 años se realiza una proyección de la demanda para otros 6 años.

- Cálculo de la ecuación de la Recta de Regresión.-

Años	x (Ton)	y	Y (Ton)	Y ²	YX	X ² (Ton)
1970	600	-1.5	-219.80	2.25	329.70	48'312,040
1971	763	-0.5	- 56.80	0.25	28.40	3'226,240
1972	828	0.5	8.20	0.25	4.10	67,240
1973	905	1.5	85.20	2.25	127.80	7'259,040
1974	1,003	2.5	183.20	6.25	458.00	33'562,240
Total		2.5	0	11.25	948.00	92'426,800

- Cálculos de los Coeficientes de la Línea de Tendencia.-

Cálculo del valor de b :

$$b = \frac{n \sum(YX) - \sum Y \sum X}{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2} = 94,800$$

- Cálculo del valor de a :

$$a = \bar{x} - \sum X - b \left(\sum Y + \frac{\sum Y}{n} \right) = 535,400$$

Análogamente al método aplicado en la oferta tenemos:

Ecuación de la Recta de Regresión.-

$$x' = 535,400 + 94,800 (t)$$

- Cálculo del Coeficiente de Correlación r .-

$$r = \frac{\sum(YX)}{(\sum Y)^2 (\sum X)^2} = 0.926$$

Con un coeficiente de correlación igual a $r = 0.926$ significa que existe una significativa correlación de la información recibida .

- Coeficiente de Determinación.-

$$r^2 = 0.856$$

1.2.4.- Confiabilidad.-

Los límites de confianza están relacionados con un que se calculará de acuerdo a :

Cálculo del valor de t de la distribución t-Students

$$t = \frac{r \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{1-r^2}} = 4.21$$

En tablas $t_{(n-1)} = 4.21$; $\alpha = 0.01$, es decir un 99% de confianza.

- Cálculo de la Varianza .-

$$S_x^2 = \frac{\sum(X^2)}{n-1} = 76,180$$

$$S_{xt} = S_x \sqrt{1-r^2} = 28,948.4$$

Intervalos de Confianza

Cuadro N° 7

x' - 2 Sxt

Año	x'	Límite Superior	Límite inferior
1975	1'009,400	1'067,296	951,504
1976	1'104,200	1'162,096	1'046,304
1977	1'199,000	1'256,846	1'141,104
1978	1'293,800	1'351,696	1'235,904
1979	1'388,600	1'446,496	1'330,704
1980	1'483,400	1'541,296	1'425,504

1.2.5.- Demanda no Satisfecha.-

Cuadro N° 8

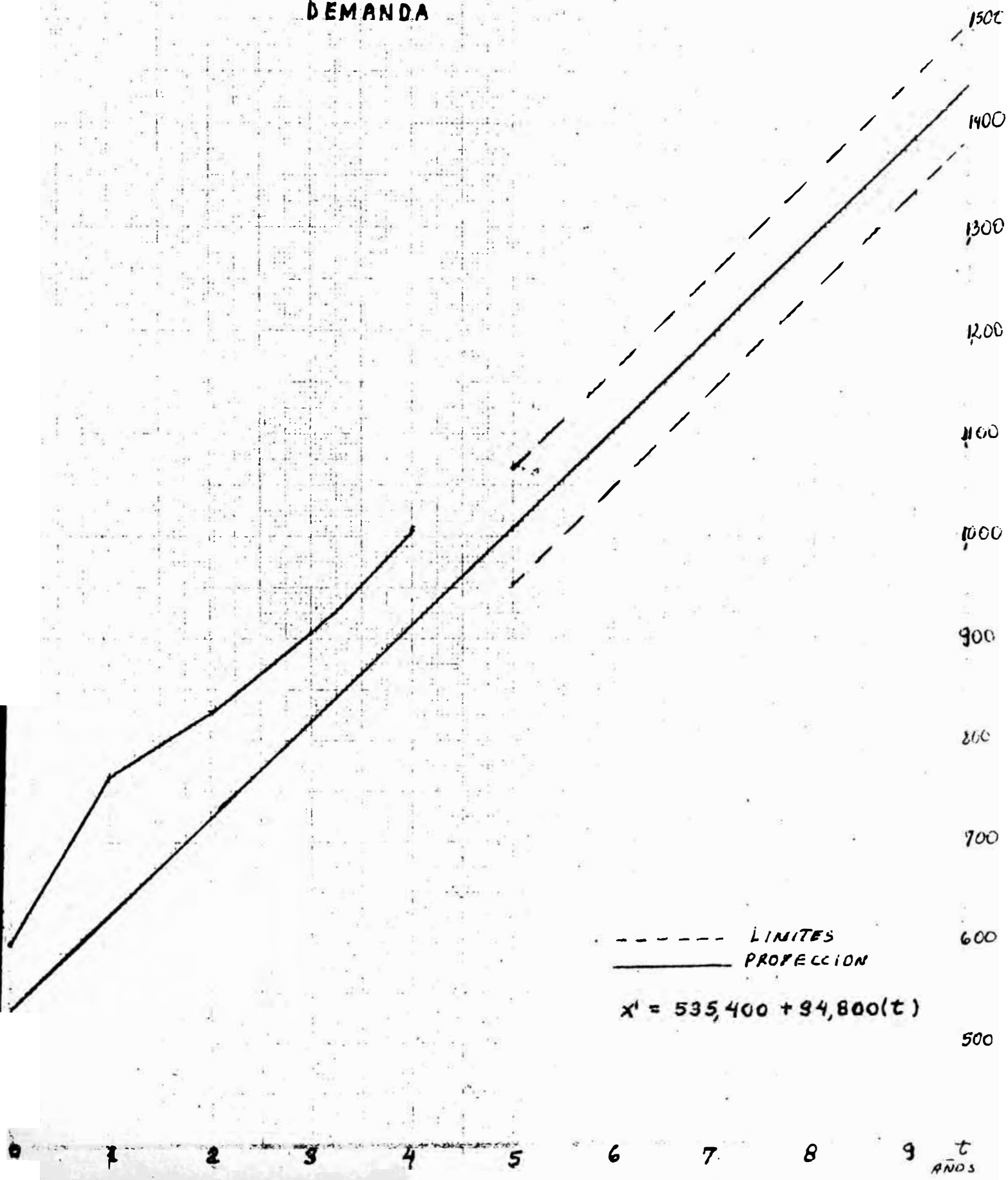
Demanda no satisfecha proyectada

Año	Oferta proyectada	Demanda proyectada	Demanda no Satis.
1975	958,407	1'009,400	50,993
1976	1'043,309	1'104,200	60,891
1977	1'128,205	1'199,000	70,795
1978	1'213,104	1'293,800	80,696
1979	1'298,003	1'388,600	90,597
1980	1'382,908	1'483,400	100,492

Se diseñará el tamaño de la Planta de la siguiente forma, en base a la demanda no satisfecha para el año 1976 que es 60,891, como queremos restringir las importaciones y que los consumidores compren un producto nacional que es el de las 2 fábricas que están en Lima y cuya capacidad utilizada es de 408,029 Ton. anuales para el año 1976. Considerando solo las importaciones exceptuando la producción nacional la oferta para el año 1976 es 635,280 K.B; la diferencia de éste valor con la Oferta proyectada es 408,029 Kgs ; pero no se podrá restringir todas las importaciones por la razón de que la

GRAFICO N2
DEMANDA

VOLUMEN
DE CRECIMIENTO
TM



----- LIMITES
———— PROYECCION

$$x' = 535,400 + 94,800(t)$$

1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 t
AÑOS

calidad del importado es superior a la calidad de los nacionales
pués la chatarra que vamos a utilizar no es de hierro puro.

Deducimos que las importaciones bajarán en un 10 % . Nuestra plan-
ta tendrá que producir el 90 % de las importaciones o sea

$$60,891 + 635,280 \times 0.9 = 635,280$$

1.3.- Comercialización

1.3.1.- Distribución Actual.- Actualmente se está utilizando una
distribución intensiva es decir se usan tantos canales directos co-
mo indirectos ; las fábricas tienen vendedores de sus productos que
los ofrecen a las fábricas que requieren de éste insumo , luego se
produce la transacción comercial, el flete corre por cuenta del com-
prador , éste canal es el mas directo y a la vez el mas usado para
la comercialización .

Canales de distribución	
Productor-consumidor	65 %
Productor-minorista-consumidor	35 %

El minorista puede ser una drogeria intermediaria o distribuidor.
El consumidor .Las fábricas donde se destinará finalmente.

Distribución de los consumidores,-

Drogerias comoradores de productos químicos	38 %
Fábricas de mayólicas	25 %
Fábricas de pinturas	27 %
Laboratorios	8 %
Otros	2 %

1.3.2.- Distribución Propuesta.-

Se sugiere acentuar la distribución por canales directos y propor-
cionar mercaderias con regularidad para evitar que un minorista
compre a otro minorista; es decir se ha observado que no existe un

eficiente abastecimiento .Esto se encuentra cuando un vendedor minorista queda sin stock , se ve obligado a comprar a otro minorista y vender a precios mas altos . Por lo tanto una información eficaz al consumidor y empleando canales directos (comprende productor-consumidor) es lo mas recomendado en la distribución del nuevo producto.

1.3.3.- Política de Comercialización.-

Durante el año se observan ciertas variaciones notorias en la demanda ; hay meses en los que se utilizan pinturas mas que en otros .Los intermediarios compran para vender a las fábricas . En el caso de marmólicas y pisos vinílicos se están construyendo actualmente viviendas de propiedad social , en general hay siempre construcciones en las que se colocarán los pisos vinílicos ó en su defecto las Lozetas , se puede decir que durante todos los meses del año se construyen. Igualmente en las fibras artificiales que se utilizan tanto en el verano como en el invierno .

Por otro lado se recomienda vender al crédito a 30 dias que es una política cómoda y además los mas grandes consumidores la prefieren.

1.3.4.- Información y Presentación del Producto.-

El óxido férrico a producir es un insumo el cual se venderá mas barato que el importado . La importadora S.G.Yglesias S.A. vende 2 colores de pigmento de hierro , el color rojo intenso cuesta 114 soles el kilo , el color anaranjado lo vende a 94 soles el kilo ,por la siguiente razón , como se dijo anteriormente la chatarra que utilizamos no tiene un contenido de 90 % de 97 % de hierro tiene en su constitución otros compuestos como son azufre ,carbón ,níquel,cromo silicio, y no seria posible venderlo a un precio elevado, tendrá que ser un precio cómodo , teniendo en cuenta que el

importado es de superior calidad ya que se conoce por medio de análisis el contenido de hierro es de 98 %.

Por ejemplo el método que emplean en Alemania es obtención de óxido férrico como subproducto de la fabricación de la anilina donde el fierro es el reductor del nitrobenzeno en medio ácido , ellos emplean birutas de hierro y no chatarra por eso es que el contenido de hierro en el óxido es alto.

La promoción del producto será llevando muestras gratis a las fábricas y a los establecimientos donde requieran el pigmento , establecimientos de productos químicos, laboratorios , fábricas de pinturas El producto será envasado en bolsas de plástico de 50 Kgs igualmente para el envío a consumidores a provincias .

Para la promoción y venta es conveniente contar con la ayuda de un vehículo de carga como puede ser una camioneta de 1Ton. métrica de capacidad.

1.4.- Precios

Se ha recogido precios de las distintas marcas y se les ha clasificado según su calidad :

Tipos	Color	Precio en soles
A	Rojo	34.00
B	Rojo	83.00
C	Rojo intenso	114.00
	Anaranjado	95.00
	Negro	90.00

1.5.- Productos Sustituyentes.-

En casos de demanda insatisfecha con respecto a las pinturas hay pigmentos minerales que sustituyen al óxido de hierro. El rojo de Cadmio sustituye al óxido rojo de hierro, El amarillo de cinc

sustituye a los óxidos férricos amarillos , también el amarillo de cromo , El anaranjado de cadmio sustituye también al óxido férrico amarillo, para el óxido de hierro negro no existe sustituto.

1.6.- Conclusiones.-

En la producción de óxido férrico se provee teóricamente un mayor incremento anual que su consumo , en una Ton. aproximadamente y esto nos podría indicar que la disminución de demanda insatisfecha para los próximos años sugiere no instalar mas fábricas , sin embargo cualitativamente existe una poderosa razón que anula a ésta posibilidad . Esto se explica dado que la notable alza de la oferta es el resultado de la elaboración de óxido férrico por fábricas de productos afines , principalmente los distribuidores e importadores que compran para vender inducidos por la fuerte demanda y con intereses altamente lucrativos . Es por ésto el comportamiento ascendente de la oferta , se puede considerar como anormal a un comportamiento inestable , por cuanto los vendedores pueden en cualquier momento dejar de vender .

Todo lo anterior se traduce analíticamente en los notables intervalos de confianza de la oferta , y en cambio la demanda pronosticada presenta intervalos cortos lo que nos demuestra su estabilidad , se concluye finalmente que una producción proyectada anual de 635,280 Kgs para el año 1976 está dentro de un buen margen de confianza del mercado y se justifica ya plenamente con un incremento de 10 Ton. para el segundo y tercer año

Con respecto a la Comercialización se propone utilizar canales directos con un eficiente abastecimiento en las regiones que se sugiere incidir dando facilidades de venta ésto es crédito a 30 días.

El precio recomendado es de 36 soles el kilo.

Capítulo II

2.- ESTUDIO DE LAS MATERIAS PRIMAS

Para la ejecución del Proyecto se debe analizar cuidadosamente todas las disponibilidades de materias primas y energía , entonces a partir de éstos datos se podran decidir de acuerdo a los factores de existencia de mercado , costos , comercialización ,etc.

La utilización o nó de materias primas específicas.

Para la producción de óxido férrico a partir de la chatarra de hierro se analizarán las siguiente materias primas .

- Chatarra de hierro
- Cloruro de Sodio
- Energia Eléctrica
- Agua

2.1.- Chatarra de hierro .- Se denomina Chatarra de hierro cuando ésta proviene de desperdicios industriales , de ciertos aparatos y piezas metálicas ; no es in metal químicamente puro sinó que representa aleación del hierro con otros elementos , en parte se agregan intensionalmente y en parte son absorbidos durante la obtención del hierro como impurezas no deseadas y que influyen profundamente en las propiedades físicas del metal .Regularmente acompañan a la chatarra de hierro : Carbono , Silicio , Manganeso , Fósforo , Azufre.

Estas impurezas no se separan hasta cierto grado mientras no se someta al hierro a un proceso posterior de depuración con el cual se se obtiene el hierro maleable , aún las clases mas puras de hierro industrial acostumbran contener en total por lo menos 0.15 % de dichos cuerpos.

Clases de Chatarra

Chatarra de Hierro Dulce :

Aplicaciones	C	Si	Mn	Ni	Cr
Vigas, alambres, carriles	0.1 a 0.4	0.1	0.5 a 0.8		
Matrices, muelles de carruaje	0.4 a 0.5	0.35	0.4		
Cañones de fusil	0.55	0.6	0.6		
Barrenos para rocas	1.0	0.2	0.45		
Herramientas para trabajo en piedra	1.3	0.15	0.4		
Cuchillas de torno navajas, fresas	1.5	0.2	0.4		
Piezas de automóviles, bielas, ejes	0.3			1.4	

Hierros al Silicio

Muelles	0.55	0.65	0.9		
Chapas de transformador	0.1	1.2	0.1		

Hierros al cromo

Barrenas helicoidales	0.95	0.2	0.2		0.5
hojas de sierra	0.4	0.2	0.2		1.25
Cinceles, mandíbulas	0.9	0.25	0.25		2.4

Aceros al Manganeso

Bandejas (llantas)	0.35	0.15	1.35		
Mandíbulas quebrantadoras	1.00	0.3	1.3		
Piezas de automóviles cementadas	0.08			1.4	

La chatarra de hierro existe en nuestro medio en cantidades suficientes , en las fábricas de construcciones metálicas que después de sus operaciones quedan residuos , desperdicios de aparatos, piezas mecánicas , vehículos usados , barcos usados etc. Entonces es claro observar que existe chatarra de hierro en grandes proporciones .

Los proveedores de éstos residuos en Lima son:

Fierro S.A Av. Argentina 1019
 Fierro- Metal Santa Maria Riva Agüero 210
 Coresa Compañía representaciones S.A Av, Circunvalación 1132
 Negociaciones Generales y varios S.A Zorritos 920
 Aceros Arequipa
 Funes Sacramento San Luis 199
 Chavez Noriega Naciones Unidas 1515
 Manuel Alvarez Calderón Diez Cansaco 447 Miraflores
 Luis Carreño Ramon Riveiro 124
 Angel Perez Av. Chosica 2131
 Aceros Arequipa
 Morris Loevel

En general en fábricas manufactureras quedan desperdicios después de hacer reparaciones , estructuras , pernos, chimeneas.

Costo.- El costo de la chatarra de hierro fluctúa de acuerdo a su calidad . Una chatarra limpia y seleccionada que se puede llamar de primera clase actualmente tiene un valor de 3.50 soles el kilo . De segunda calidad el precio oscila entre 2.50 y 3.30 S/ . en el lugar de compra y al cual se le debe agregar el flete de transporte hasta donde está ubicada la planta.

2.2.- Cloruro de Sodio

La solución de Cloruro de Sodio se usará como electrolito

La sal fundida y sus soluciones acuosas conducen la electricidad. Es una sustancia cristalina extremadamente estable y tiene una alta temperatura de fusión .

El electrolito cumplirá la función de transportar los iones , tendrá que ser una sal indiferente , y el cloruro de sodio es una sal indiferente por que es proveniente del ácido clorhídrico que es un ácido fuerte y su base conjugada el ión cloro (Cl^-) es débil . $K_{\text{ácido}} = 1.0 \times 10^{-14}$.

y proveniente también del Hidróxido de sodio que es una base fuerte cuyo ácido conjugado Na es débil.

En el proceso de dilución en agua del cristal de NaCl ,hay que suponer entonces que las moléculas de agua entran en su superficie y se acomodan con los iones sodio y cloro de la red , es decir éstos se hidratan de éste modo se separan los iones de la estructura en la red y pasan a la solución.

El peso Esp. de la Sal de Gema es 2.1 a 2.3

Es incolora blanca

Carece de olor.

Composición de una Sal de Gema.-

Análisis de una Sal de Gema

NaCl	CuSO_4	MgSO_4	K_2SO_4	KCl	Arcilla	agua
95.36%	0.2%	0.755%	0.202%	2.25%	ind.	0.73%

En la Sal de Gema el yeso raras veces se halla ausente.

El agua contenida a veces en la Sal de Gema que se desprende al calentar en un matraz no tiene reacción ácida ni alcalina ,la sal funde a 776°C ,el sabor puede ser amargo debido al Sulfato o Cloruro de Magnesio.

Es soluble en agua

insoluble en alcohol.

Los Cloruros de Calcio y de Magnesio comunican la propiedad de humedecerse on contacto con el aire , además influyen los Cloruros de Antimonio y Sulfatos de Magnesio y Sodio , sustancias bituminosas , arcillas , yeso , infusorios .

Mercado.- Nuestros principales proveedores son las siguientes

compañias: Compañia Química del Pacífico
 Compañia Alcalis Peruanos.

La Compañia Química del Pacífico es la que opera con el NaCl para obtener Soda Cáustica, extrae la Sal de las Salinas de Otuma.

La firma Alcalis Peruanos extrae la sal de las Salinas de Huacho.

Costo .- El costo de la sal es de 3.00 soles el kilo al cual se

le agregará el fléte de transporte.

2.3.- Energia Eléctrica.-

La fuente de fluido eléctrico tiene una importancia en la ejecución del presente proyecto, principalmente en lo que se refiere al proceso de electrólisis .

Tenemos disponible la energia eléctrica proveniente de las Empresas Eléctricas Asociadas .

Costo.- El costo de la corriente eléctrica es de 1.00 soles el Kw.

Energia Eléctrica instalada 27.00 soles el Kw-hr .

2.4.- Agua

Nos abasteceremos del agua proveniente de la Atarjea que es suficiente para todo el proceso .

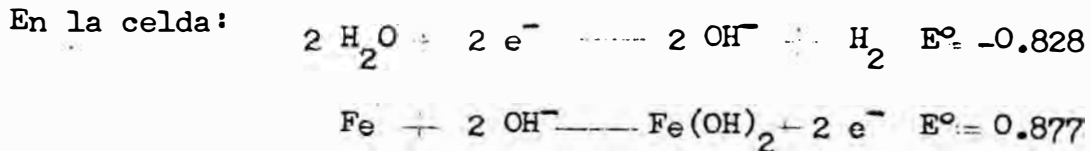
Costo.- El metro cúbico de agua está a 30 soles.

Capítulo III

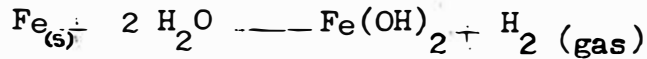
3.- ANÁLISIS TERMODINAMICO DE LA TECNOLOGIA DEL PROCESO

3.1.- Cálculo de las Energías Libres de Reacción.-

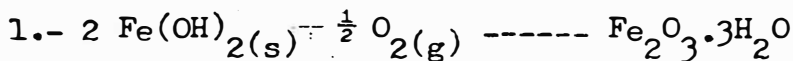
Las reacciones que tienen lugar para la obtención del Fe₂O₃ son:



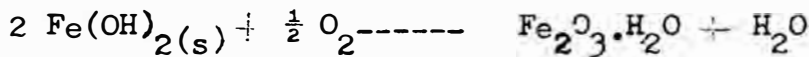
La suma de éstas dos reacciones es:



Hay dos posibilidades en la formación del óxido férrico hidratado en la oxidación con aire .



o puede producirse el:



Luego la deshidratación seguida de una calcinación hasta obtener el Fe₂O₃

Hallaremos la constante de equilibrio para saber cual de las dos reacciones se realiza .

Datos de Energías Libres de Formación y Calor en Kcal.

Entropias de sustancias en cal/grado

Sustancias	H	F	S°	Cp cal/grad.mol		
Fe(OH) ₂	-135.8	-115.57	19			
F _(aq)	0	- 20.30	0			
CuSO ₄	-184.0	-158.2	27.1			
O _(gas)	0	0	49.00			
Fe(s)	0	0	6.49			
OH ⁻ _(aq)	-54.95	-37.59	-2.52			
H ₂ (g)	0	0	31.28			
H ₂ O(g)	-57.79	-54.6	45.20	7.13	2.6x10 ⁻³	0.045x10 ⁻⁶
H ₂ O(l)	-68.32	-56.7	16.72			
Fe ₂ O ₃ (s)	-196.5	-177.1	21.5	0.15	0.5x10 ⁻⁴	
Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O	-347.2			47.8		
Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O	-233.79					

La Reacción : Fe + 2OH ----- Fe(OH)₂ + 2 e⁻ E° = 0.877

Cálculo de la Energía Libre de la Reacción:

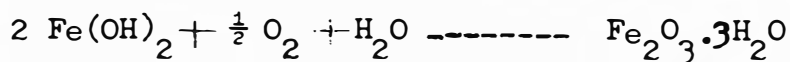
$$G_{298^{\circ}\text{C}} = G_{\text{Fe(OH)}_2} - G_{\text{Fe}} - 2 G_{\text{(OH)}^-}$$

$$G_{298^{\circ}\text{C}} = - 40,380 \text{ cal/grado}$$

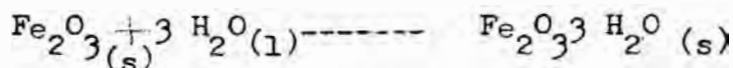
La Reacción : Fe(s) + 2 H₂O ----- Fe(OH)₂ + H₂ E° = 0.044

$$G_{298^{\circ}\text{C}} = G_{\text{Fe(OH)}_2} + G_{\text{H}_2} = 2,190 \text{ cal/grado}$$

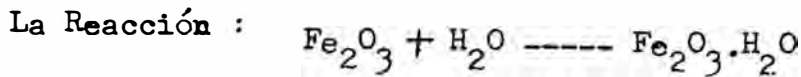
- La siguiente Reacción con aire a presión :



Calcularemos la Energía Libre de **Formación** del Fe₂O₃·3H₂O

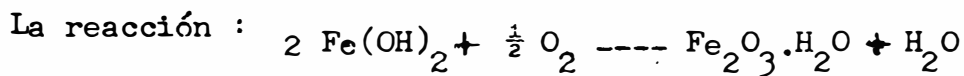


$$G_{298^{\circ}\text{C}} = G_{\text{Fe}_2\text{O}_3} + 3 G_{\text{H}_2\text{O}} = - 59,340 \text{ cal/grado}$$



Calcularemos la energía libre de formación del $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

$$G_{298^{\circ}\text{C}} = -177,100 - 56,690 = - 233,790$$

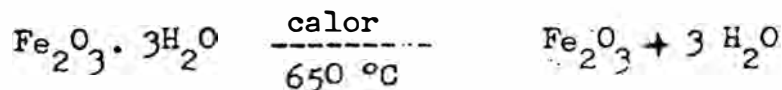


$$G_{298^{\circ}\text{C}} = G_{(\text{gohetita})} = G_{\text{H}_2\text{O}} - \frac{1}{2} G_{\text{O}_2} - 2 G_{\text{Fe}(\text{OH})_2}$$

$$G_{298^{\circ}\text{C}} = - 9,340 \text{ cal/grado}$$

La formación de la Limonita es mas espontánea que la formación de la formación de la Goetita por nuestros cálculos de energía Libre y también por que en nuestro proceso le estamos dando aire a presión

- La reacción de Deshidratación de la Limonita:



Cálculo de la Entropía y Entalpia a 650°C

$$S_{923^{\circ}\text{K}} = S_{298^{\circ}\text{K}} + \int_{298}^{923} \frac{C_p}{T} dT = 46.78 \text{ cal/grado}$$

$$C_p = \Delta a + \Delta b \times T$$

$$H_{923^{\circ}\text{K}} = H_{298^{\circ}\text{K}} + \int_{298^{\circ}\text{K}}^{923^{\circ}\text{K}} C_p dT = - 397,500 \text{ cal/grado}$$

3.2.- Voltaje de la Celda Electroquímica

Para establecer la cantidad de corriente eléctrica que se necesita para que funcione la Celda Electroquímica debemos encontrar primero la relación entre la energía libre y el trabajo eléctrico y de ello determinar teóricamente la diferencia de potencial requerido .

Por definición de F

$$dG = dH - T dt + S dT$$

$$dQ = dw + P dV + V dP - T dS + S dT$$

Para un proceso reversibles a T y P ctes.

$$dq = T dS$$

Resulta que: $dG = - dw + P dV$ ----- (1)

En ésta última expresión P dV es el trabajo hecho por el cambio de volumen , dw representa todo el trabajo hecho .

Como el sistema se realiza en una celda electroquímica , dw incluye a el trabajo presión-volumen y el trabajo eléctrico, entonces:

$$W = W_{p-v} = W \text{ eléctrico}$$

Sustituyendo en (1) se tiene:

$$dG = -dW_{p-v} - dW_{eléc.} + PdV$$

Por lo tanto se tiene:

$$\Delta G = - n F E$$

Para la reacción en estudio : $Fe(s) + 2 H_2O(l) \rightleftharpoons Fe(OH)_2(s) + H_2(g)$

Sustituyendo el valor de G

$$E^{\circ} = - \frac{G}{n F} = \frac{2,190}{2 \times 23,060} = 0.049 \text{ voltios}$$

Cálculo de la Energía Eléctrica: $E = P \times eq$

El equivalente electroquímico del fierro es: $1.041 \frac{\text{grs -Fe}}{\text{amp.-hr}}$

La Potencia sera': $P = \frac{0.049}{1.041} \frac{\text{Kw-hr}}{\text{Kg-Fe}} = 0.0479$

Se deduce pues que el consumo teórico es: $0.048 \frac{\text{Kw-hr}}{\text{kg Fe}}$ o sea por cada Kg . de hierro metálico que se trate habrá un consumo teórico de 0.048 Kw-hr de fluido eléctrico.

3.3.- Sobrevoltaje de la Celda

El voltaje teórico para que funcione la celda electroquímica es 0.049v . Experimentalmente se ha observado que el sistema funciona con un voltaje más alto al previsto por el cálculo teórico para la reacción , entonces la diferencia entre el voltaje electrolítico teórico y el voltaje real usado se llama sobrevoltaje , el control de éste sobrevoltaje juega un papel muy importante en el proceso de electrólisis. Mediante el análisis termodinámico se determina el voltaje teórico pero se sabe que la termodinámica estudia tan sólo los lados inicial y final del sistema , además las reacciones se realizan en la superficie de los electrodos , dicha superficie forma parte integral de la celda o sistema entonces ellas pueden afectar considerablemente los potenciales de oxidación-reducción de las sustancias reaccionantes.

Capítulo IV

4.- TRABAJOS EXPERIMENTALES

4.1.- Cálculo de la Densidad de Corriente

En el estudio teórico se han analizado termodinámicamente las diversas reacciones que se llevan a cabo en el proceso de elaboración del óxido férrico, para comprobar éstos resultados según la Cinética Química se efectuaron los experimentos correspondientes:

Electrólisis de la chatarra de hierro
Oxidación del Hidróxido Ferroso
Calcinación del Óxido Férrico Hidratado.

Estos datos experimentales servirán además para diseñar, y determinar la capacidad de los equipos para la planta .

4.1.1 Electrólisis de la Chatarra de Hierro

Disponemos de una cantidad de trocitos de hierro previamente pesados colocándolos dentro de un recipiente con agujeros, todo el conjunto va dentro de un cristalizador que contiene solución de Cloruro de Sodio al 3 % por los agujeros del recipiente penetra el electrolito, con éste fin se hacen dichos agujeros.

Al rededor de la canastilla que contiene la chatarra se colocó una lámina de aluminio que sirvió como electrodo negativo donde se desprende el gas Hidrógeno .

El electrodo positivo es la chatarra (ánodo).

Para éste proceso se usó un rectificador de silicio de onda total

Estos Rectificadores pasan la corriente alterna a continúa y el Transformador baja el voltaje al requerido.

Se aprovechan las semiondas negativas tanto como las positivas

Se usará un rectificador de onda total

Es posible lograr un incremento considerable en la eficiencia del uso de la energía de C.A. Aprovechando también la otra mitad de cada ciclo es decir creando un rectificador de onda total; un circuito apropiado requiere dos diodos conectados en tal forma que uno conduzca mientras el otro no lo hace, tal como se muestra en la fig.2.

Comunmente ambos diodos están incorporados en un solo recubrimiento y pueden tener también un cátodo común. Cuando el extremo superior del secundario del transformador de la fig.2 es positivo y el extremo inferior negativo, el diodo A conduce y el B no conduce. Durante la otra mitad del ciclo las polaridades se invierten y B no conduce. Sin importar el tiempo que está en funcionamiento los electrones fluyen a través de la carga R en una sola dirección

- El incremento en eficiencia del rectificador de onda total no está en el voltaje de salida promedio que es la misma fracción de voltaje secundario total (sólo 90 % del voltaje efectivo sobre la mitad del secundario del transformador) mas bien el incremento es que la clasificación de la corriente-carga de cada rectificador necesita solo la mitad del valor total y que puede usarse en circuito de filtrado mas sencillo.

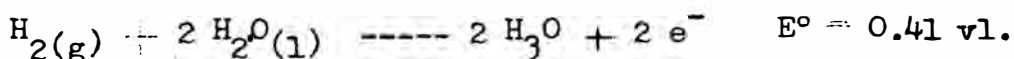
Volviendo al cálculo de la densidad de corriente en la fig.3, el área efectiva está dada por las proyecciones de los electrodos de aluminio sobre el recipiente que contiene la chatarra; para un voltaje de 4 voltios el amperaje para una área de 0.2 dm^2 es 0.4 amp. con una separación de los electrodos de 2.55 cmts.

Variando el voltaje y la distancia entre los electrodos va variando el amperaje.

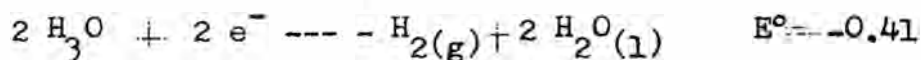
Construyamos una tabla con varios valores experimentales

Voltaje	Intencidad	Densidad Amp./dm ²
2.5	0.1	1.8
3.35	0.19	2.65
4.0	0.4	3.0
5.0	0.51	3.9
5.6	0.6	4.82

En el electrodo negativo ,cátodo, ocurre la siguiente reacción:



Bajo las condiciones de ésta reacción el sodio tiene mucha mayor tendencia a ser oxidado que el gas hidrógeno entonces el ión sodio tiene mucha menor tendencia a ser reducido que el ión hidronio , para nuestros propósitos inmediatos ésto significa que el ión hidronio tiene la mayor tendencia a ser reducido , y será reducido mientras que el ión sodio permanece en solución .



Se puede verificar también ésta presencia por ejemplo si el ión hidronio se reduce (H_{3}O^{+}) en el cátodo entonces el medio acuoso inmediato al cátodo debe ser alcalino y se añade fenolftaleina a la celda y se tiñe de rosa el cátodo cuando empieza la electrólisis o también introduciendo papel de tornasol.

Por otro lado los iones OH^{-} serán oxidados en el ánodo y el Cl^{-} permanece en solución .

Por consiguiente a pesar de que los cationes se reducen en el cátodo , los aniones se oxidan en el ánodo y que aumenta la migración iónica durante la electrólisis el electrolito permanece electrónicamente neutro.

El voltaje requerido para que se produzca la electrólisis , viene dado por la suma de los tres voltajes :

$$E_0 = \text{Voltaje según Nernst}$$

$$E_{H_2} = \text{Sobrevoltaje del Hidrógeno}$$

$$E_{ohm} = \text{Voltaje Ohmico}$$

El voltaje total será:

$$E_t = E_0 + E_{H_2} + E_{ohm}$$

Para el voltaje según la Ley de Ohm interviene la conductividad específica del electrolito (k).

Estas conductividades están dadas en función de la normalidad y tabuladas .

La normalidad correspondiente para una solución al 3 % de NaCl será:

$$\text{Normalidad} = \frac{3 \text{ grs NaCl}}{100 \text{ ml}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ ts}} \times \frac{1 \text{ ml}}{58.5 \text{ grs}} = 0.513 \text{ N}$$

En tablas a ésta normalidad el valor de $k = 0.0405 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

$$E_{ohm} = \frac{\text{densid. de corriente} \times \text{separ. de electrodos}}{k}$$

Densidad de corriente

Separación entre los electrodos 2.55 cmts

- Cálculo de la Resistencia que opone el electrolito al paso de la corriente : De la fórmula $R = r/a$

$r =$ Resistividad específica $1/k$

$a =$ Area efectiva entre los electrodos $= 8.4 \text{ cm}^2$

$L =$ Separación entre los electrodos $= 4.85 \text{ cm}$

$$\text{Luego } R = \frac{L}{k \times a}$$

Reemplazando valores se tiene :

$$R = 14.25 \text{ ohm}$$

Cálculo del amperaje

$$I = \frac{E}{R} = 0.245 \text{ amper.}$$

Luego la densidad de corriente es

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Amper}}{\text{Area}} = 2.9 \text{ amper/dm}^2$$

Reemplazando valores en la ecuación de voltaje según la Ley de Ohm

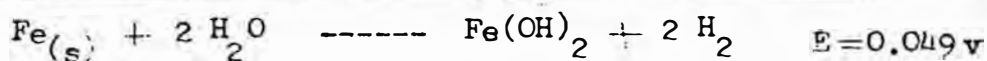
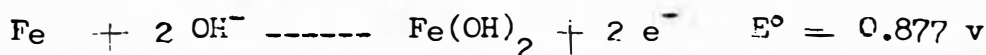
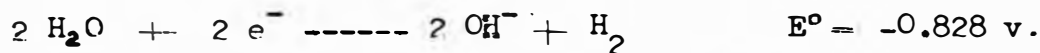
$$E_{\text{ohm}} = 1.825 \text{ vol.}$$

El sobrevoltaje debido al hidrógeno se lee en tablas o en gráficos teniendo como dato la densidad de corriente 0.029 amp/cm^2 . En el gráfico (1) el sobrevoltaje será 0.682 vol.

$$E_{\text{H}_2} = 0.682 \text{ vol.}$$

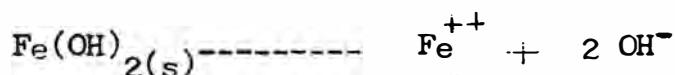
- Cálculo del voltaje según Nernst:

Reacción que tiene lugar en la celda:



$$E = E^\circ - \frac{RT}{nf} \log \left[\frac{[\text{Fe}] [\text{OH}^-]^2}{[\text{H}_2\text{O}] [\text{Fe}]} \right] \cdot [\text{H}_2]$$

$$K = \frac{[\text{Fe(OH)}_2] [\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}] [\text{Fe}]}$$



$$K_{ps} = \frac{[\text{Fe}^{++}][\text{OH}^-]^2}{[\text{Fe(OH)}_2]} = 1.6 \times 10^{-15}$$

$$E = 0.049 - \frac{0.059}{2} \times 2.3 \log 1.6 \times 10^{-15}$$

$$E = 0.049 + 0.5019 = 0.550 \text{ vol.}$$

$$E_q = 0.55 \text{ vol.}$$

Luego el voltaje total será:

$$E_t = 1.82 + 0.682 + 0.55 = 3.05 \text{ volt.}$$

$$E_t = 3.05 \text{ volt.}$$

Que es el voltaje con que se debe trabajar.

4.2.- Oxidación del Hidróxido Ferroso

Este experimento se llevó a cabo en el laboratorio del Programa

Se armó un equipo como el de la fig.3 .

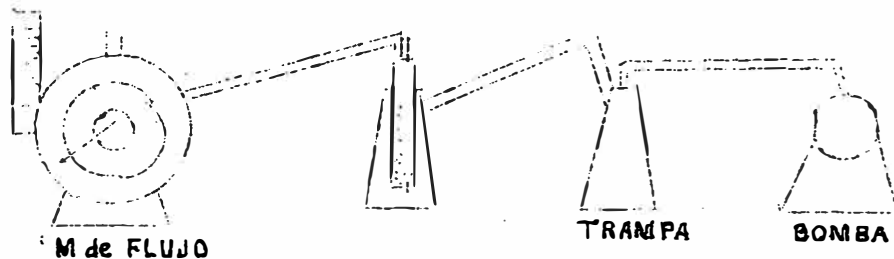
En un tubo de 3 x 10 cm. se colocó 0.75 grs de Fe(OH)_2 y para insuflarle aire se colocó dentro del tubo una especie de difusor de toberas o sea un tubo ranurado por donde sale el aire con una serie de agujeros , entre la bomba de vacío y el tubo se colocó una trampa con el objeto de no dejar pasar solución a la bomba y evitar que se deteriore .El medidor de flujo es el estándar primario de calibración .El pH inicial del Fe(OH)_2 es 9.

Al comenzar la oxidación la presión en el manómetro del medidor de flujo fué de 0.4 pulg de agua.

La temperatura 68 °F

El flujo fué de 0.016 pies³/min.

Una observación que se hizo durante la oxidación fue la producción de espuma abundante, y es debido al conjunto de vidrio poroso por donde se difundía el aire



El tiempo que duró la oxidación fué de 9 min. con una velocidad de flujo de $0.016 \text{ pies}^3/\text{min}$

El color del producto obtenido fué amarillo-anaranjado, como se vio anteriormente en el estudio termodinámico corresponde a la Limonita $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

El pH final fué de 7.8 o sea mas ácido.

De éste análisis se tiene una idea de la cantidad de aire que ha pasado con una determinada velocidad y para oxidar una cantidad pequeña de Hidróxido Ferroso.

Contra la espuma se podría colocar un antiespumante sería un alcohol volátil.

Bajo éste modelo si queremos oxidar una cantidad mayor el caso de nuestro proceso tendremos que aumentar el flujo de aire o sea aumentar la presión para que en un tiempo corto se oxide gran cantidad de $\text{Fe}(\text{OH})_2$.

4.3.- Calcinación del Oxido Férrico Hidratado

Después del proceso de oxidación se llevó a cabo la calcinación ; se colocó la muestra en un crisol de porcelana .

Se hicieron una serie de pruebas para observar el color a distintas temperaturas :

1° Se llevó a la mufla a 200 °C , se observó el mismo color del del hidróxido , amarillo-anaranjado

2° Se elevó la temperatura a 300 °C se obtuvo el mismo resultado

3° A 400 °C por 30' el color se acentuó un poco mas.

4° A 600 °C ya se observó un color rojo .

5° A 650 °C se intensifica aún mas el color rojo .

Este análisis sirve para fijar la temperatura al color que deseamos tener , y el tiempo también , recordemos pues que inicialmente se trató la variación del color con la temperatura.

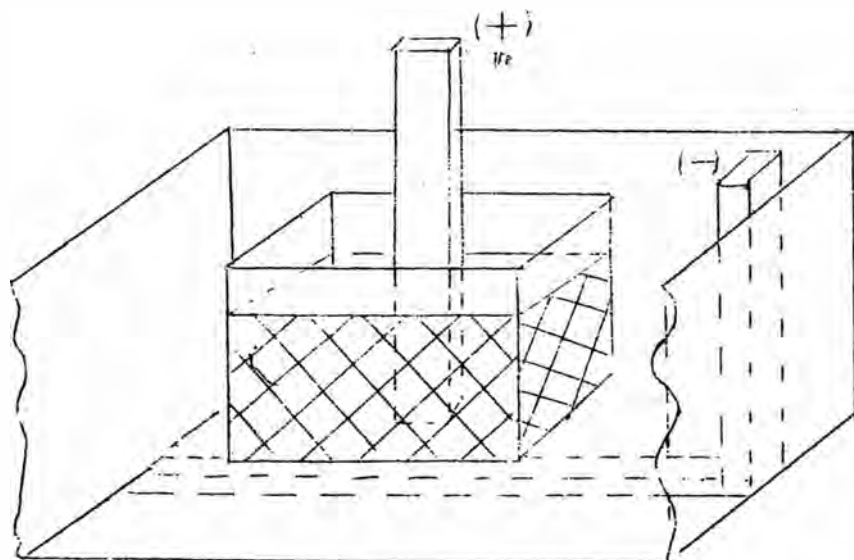
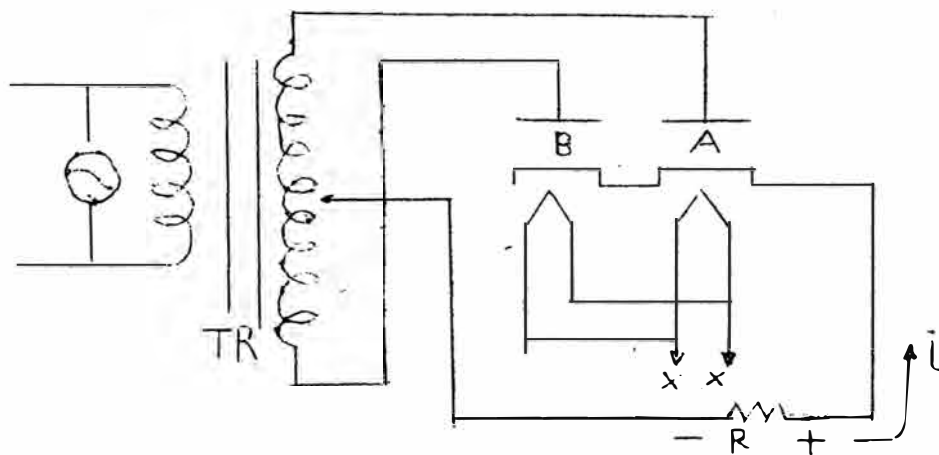


FIG 2



Capítulo V

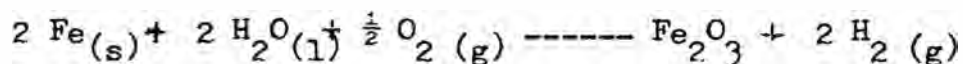
5.- TECNOLOGIA DEL PROCESO

5.1.- Balance de Materias

5.1.1.- Determinación de las cantidades de materias primas

- Cálculo de la cantidad de chatarra de hierro:

De la reacción estequiométrica :



Del estudio de mercado se estableció producir 2,117 Kgs por día de Fe_2O_3 , por año será : 635,281 Kgs anuales.

Para tal producción con ayuda de datos experimentales y siguiendo la tecnología del proceso se hizo el cálculo de la disponibilidad necesaria de chatarra y en general de todas las demás materias primas .

De acuerdo a la ecuación estequiométrica tenemos que tratar :

$$\frac{2,117 \text{ Kgs} \times 2 \times 55.84 \text{ Kgs/mol}}{159.68 \text{ Kgs/mol}} = 1,462 \text{ Kgs de Fe/día}$$

Habrá que tratar 1,482 Kgs de chatarra por día.

- Cálculos para determinar la cantidad de carga en cada canastilla de las celdas

Para éste efecto colocaremos 18 Kgs de chatarra en una canastilla entonces el número de celdas será :

$$\frac{1,482 \text{ Kgs}}{18 \text{ Kgs}} = 84 \text{ celdas}$$

- Cálculo de la cantidad de chatarra a utilizar

5.1.1.1.- Cantidad de chatarra de hierro

Área de la canastilla donde se colocará la chatarra .

Frente a las cinco caras de la canastilla están las láminas de aluminio .

El área efectiva será:

$$(7.2 \times 7.6) \text{ dm}^2 + 2(7.2 \times 7.0) \text{ dm}^2 + 2(7.6 \times 7.0) \text{ dm}^2$$

$$\text{Área total} \quad 262 \text{ dm}^2$$

El hierro tratado en la celda por hora será:

$$2.9 \frac{\text{amp.}}{\text{dm}^2} \times \frac{3,600}{96,500} \times \frac{55.84}{2 \times 1000} \times 262 = 0.791 \text{ Kgs Fe /hora}$$

$$\text{En las 84 celdas} \quad 0.791 \times 84 = 66.44 \text{ Kgs Fe /hr}$$

$$\text{Por día se tratará} \quad 66.44 \times 24 \text{ hrs} = 1,594 \text{ Kgs de Fe /día}$$

$$\text{Por mes se tratará} \quad 1,594 \times 26 = 41.44 \text{ Kgs de Fe/mes}$$

$$\text{Por año se tratará} \quad 41.44 \times 12 = 497,281 \text{ Kgs Fe/año}$$

5.1.1.2.- Fluido Eléctrico para el proceso de Electrólisis

De los resultados experimentales es preferible trabajar con una diferencia de potencial de 3.5 v a 4 v. Para voltajes menores baja la intensidad de corriente , en forma notoria , en ambos casos varia el sobrevoltaje muy por encima del obtenido termodinámicamente, se produce caída de potencial liberando gran cantidad de calor por efecto Joule,

Cálculo del Amperaje total para la Electrólisis.

- La separación entre los electrodos de aluminio y las canastillas en los lados laterales de la canastilla es de 8.5 cms. y en el fondo es de 12 cms

De la fórmula :

$$R = \frac{L}{k \times a}$$

reemplazando valores , la resistencia que ofrece el electrolito será:

$$L = 46 \text{ cmts}$$

$$k = 0.045 \text{ ohm cm}^{-1}$$

$$a = 262 \text{ dm}^2$$

$$R = 0.0432 \text{ ohm}$$

Suponiendo que en la industria se trabaje con un voltaje de 3,5 v por que como se dijo anteriormente al variar el voltaje varia también el amperaje.

$$I = \frac{E}{R} = 80 \text{ amp.}$$

La disposición de las celda será de la siguiente manera:

7 filas de celdas con 12 divisiones cada una; en total 84 canastillas .El amperaje de las 12 div. será: 80 x 12 960 amp.

El amperaje total de las 7 celdas será: 960 x 7 6720 amp.

La potencia del transformador será:

$$(80 \times 84) \text{ amp} \times 3.5 \text{ v} = 23 \text{ Kw-hr}$$

Voltaje total que se necesitará:

$$7 \text{ celdas} \times 3.5 \text{ v} = 25 \text{ voltios}$$

Cálculo del consumo teórico de potencia

El equivalente electroquímico del fierro:

$$E_q = 1.041 \times \frac{\text{Kgs-Fe}}{\text{amp-hr}}$$

El voltaje para que funcione la celda es 0.049 vol.

Los 500,000 Kgs de hierro anuales , consumirán en un año:

$$P = 0.047 \frac{\text{Kw-hr}}{\text{Kgs-Fe}} \times 500,000 \text{ Kgs-Fe} = 24,500 \frac{\text{Kw-hr}}{\text{año}}$$

Rendimiento de la Celda:

Experimentalmente se trató 0.7 grs de hierro en 1.85 hrs.

Teóricamente el hierro tratado en el proceso de electrólisis:

$$Pr = \frac{0.4 \times 55.84 \times 1.85}{\frac{96,500 \times 2}{3,600}} = 0.7707 \text{ grs Fe/hr}$$

El rendimiento será:

$$\frac{0.7}{0.77} \times 100 = 90 \%$$

- Capacidad de los Rectificadores -

La capacidad de los rectificadores está en base al amperaje de todas las celdas. Para el proceso de electrólisis se utilizará corriente continua. La fuente de fluido eléctrico proporciona corriente alterna trifásica, los son los encargados de pasar la corriente alterna a continua, sobre éstos se ha tratado en el capítulo anterior.

La capacidad de nuestro rectificador es de 6,720 Amp. Por lo tanto necesitamos una unidad de 7,000 Amp. En el mercado hay rectificadores de 7,000 a 10,000 Amp. Para el efecto de nuestro proceso compraremos unidades de 500 Amp. para construir una unidad de 7,000 Amp.

-Cálculo de la potencia que se consume anualmente

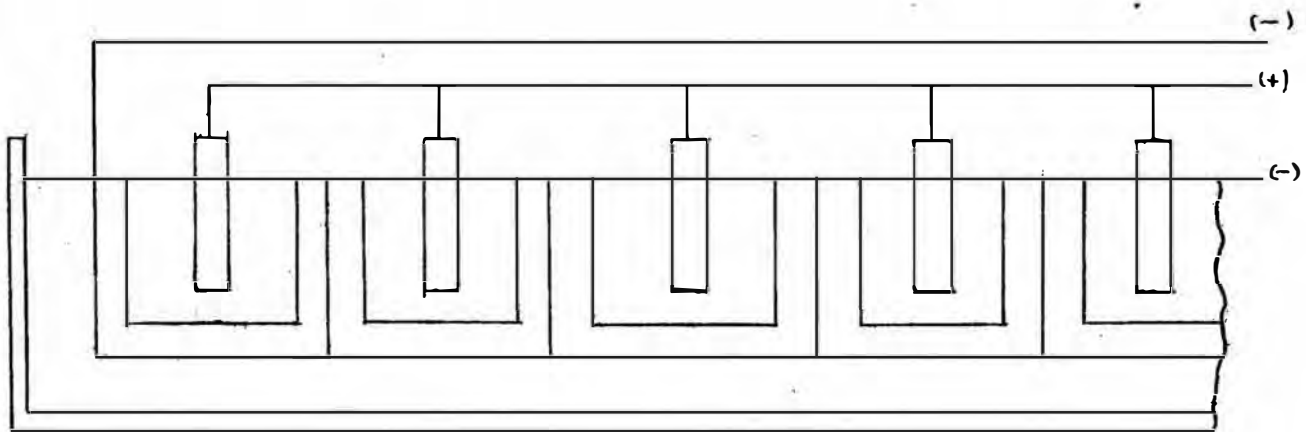
$$P = \frac{I \times E \times t}{1000} = 179,136 \frac{\text{Kw-hr}}{\text{año}}$$

Considerando un 90 % de eficiencia : $199,040 \frac{\text{Kw-hr}}{\text{año}}$

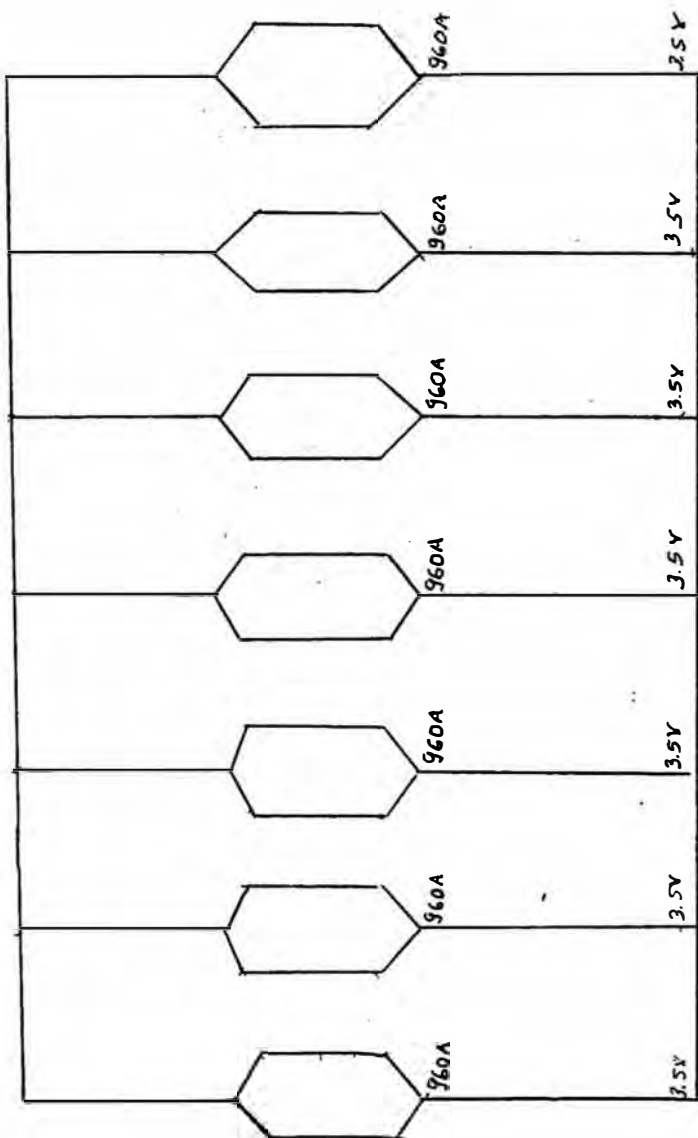
-Caída de potencial a lo largo de las divisiones.-

A las celdas les damos una tensión de 3.5 voltios .

DISTRIBUCION DE LA CORRIENTE EN CELDAS 5



UNA CELDA DE ELECTROLISIS CON 12 DIVISIONES



VOLTAJE : PARALELO

AMPERAJE : SERIE

El conductor ofrece resistencia al paso de la corriente; tendremos que colocar un alambre adecuado tal que no ofresca mucha resistencia al paso de la corriente o sea que no sea muy grueso , y por otro lado que no sea muy delgado por que se perderia energia calorífica.

Para ésto hallaremos una serie de valores y lo llevaremos a un gráfico y mediante el gráfico encontraremos el alambre adecuado es decir que tenga un aumento de temperatura de aproximadamente 2°C

Dimensiones del alambre de cobre.-

Sección : 0.5 cms x 8 cms , largo 13 mts.

$$C_e(\text{Cu}) = 0.093 \text{ cal/gr} \times ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 24^\circ\text{C}$$

$$R = 0.0432 \text{ ohm}$$

$$D = 8.92 \text{ grs/cm}^3$$

$$\text{Volumen} = 0.5 \times 8 \times 1300 = 5,200 \text{ cm}^3$$

- Cálculo de la elevación de temperatura del alambre de cobre :

$$T_2 = 24^\circ\text{C} + \frac{0.24 \times R \times I^2}{C_e \times V \times D} = 26.1^\circ\text{C}$$

La temperatura se a elevado en 2 grados; éstos 2°C de elevación de temperatura traen una pérdida despreciable de calorías

- Cálculo de la caída de voltaje.-

Datos: Resistividad específica del cobre: 1.724 micro Ω/cm^3

Largo de una división = 1 mt.

Sección del alambre = 0.8 cm x 10 cm.

Ámperaje de una división = 80 amp

Determinación de la caída de voltaje

$$E = \frac{I \times L \times A \times r}{10^6} = 0.1108 \text{ voltios}$$

Tabulando los valores calculados de ΔT y ΔE y la sección del conductor

Sección del conductor	E	T
0.6 x 8 cm ²	0.066	1.845
0.6 x 9 cm ²	0.074	1.640
0.7 x 9 "	0.086	1.400
0.7 x 10 "	0.095	1.260
0.8 x 9 "	0.098	1.230
0.8 x 10 "	0.109	1.100

Esta caída de potencial será a través de 6 divisiones

Llevando a un gráfico los valores calculados encontramos que para $E = 0.087 \text{ v}$, $T = 1.364 \text{ }^\circ\text{C}$, .Estos valores corresponden a una sección de conductor de :0.7 cm x 9.5cms.

El voltaje que llegará a la 6ta división será:

$$3.5 \text{ v} - (0.087 \text{ v} \times 6) = 2.99 \text{ vol.}$$

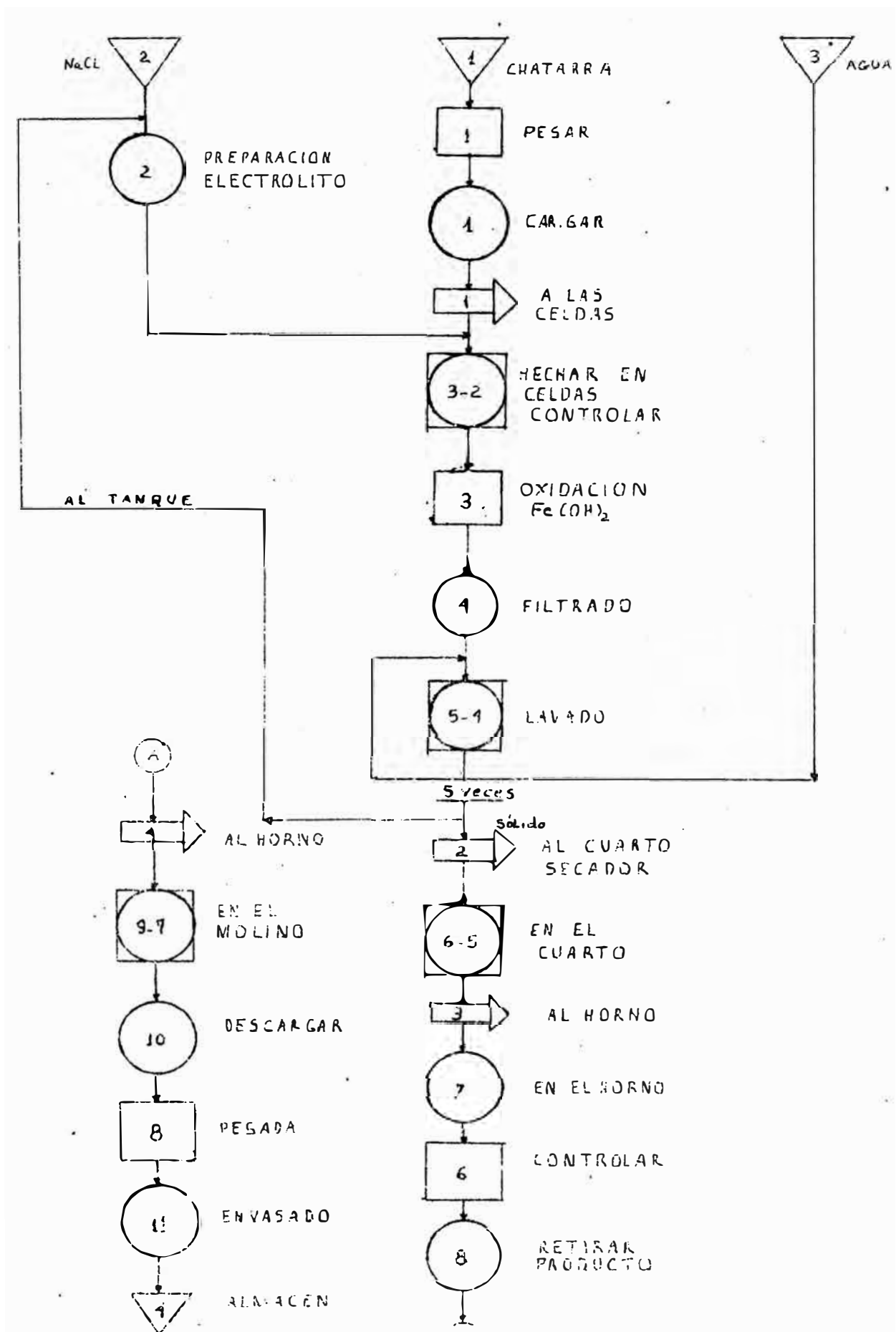
Luego se requiere un conductor de esas dimensiones y con un largo total de : 7 conductores de 13 mts \approx 91 mts.

Puesto que el aluminio no es buen conductor de la corriente eléctrica por tener una elevada resistividad específica..

Se tendrá que colocar los conductores de cobre a uno y otro lado de las celdas de electrólisis.

En total se necesitarán 14 conductores de 73 mts \approx 182 mts de conductores de cobre; considerando las líneas directas en la 12ava división , hacen un total de $91 \times 3 \approx 273$ mts de conductores

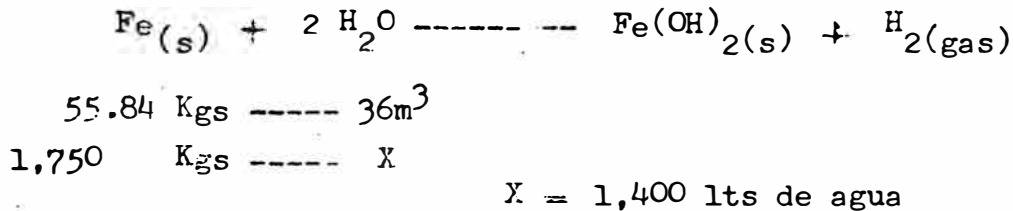
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO CON RELACION A LOS OPERARIOS



5.1.1.3.- Volumen de Agua.-

Cálculo de la cantidad de agua para el proceso de electrólisis.

Según la reacción estequiométrica:



La cantidad de agua que entra en una división es:

$$4 (7.0 \times 7.6 \times 0.7) \text{ dm}^3 + (7.6 \times 7.2 \times 10) \text{ dm}^3 = 203.68 \text{ lts}$$

volumen en las 84 divisiones : 17,109.12 Lts.

Tenemos que considerar el volumen de espacio vacío, que es el espacio que no ocupa la chatarra y que está ocupado por el electrolito experimentalmente se ha determinado que es de 20 %, y éste porcentaje depende del tamaño de los trozos de chatarra que se coloquen en la canastilla .

El volumen de una canastilla:

$$(0.7 \times 0.72 \times 0.76) \text{ m}^3 = 0.303 \text{ m}^3$$

Volumen en todas las celdas:

Volumen de una canastilla V_c

Espacio vacío 20 %

Divisiones 84

Volumen en todas las celdas = 5,094 Lts

En el proceso cada 2 horas se separará el $\text{Fe}(\text{OH})_2$;

La cantidad de agua que se tendrá que volver a hechar será de:

$$1,400/12\text{hrs} = 116.6 \text{ litros en 2 horas}$$

En 14 horas , 2 veces se separará el hidróxido ferroso ;entonces

en total se volveran a hechar : $116.6 \times 7 = 812 \text{ lts de agua}$

Los 812 lts de agua son los que se volverán a hechar a las canas-

tillas en los 26 días del mes de trabajo ,entonces tendremos que .
siempre debe mantenerse el volumen 17,109 lts que cubre a toda la
chatarra en las canastillas , mas el volumen de 5,094 lts que ocupa
el agua (electrolito) entre la chatarra.

Sumando éstos volúmenes tendremos : 43,315 lts.

Considerando el 20 % mas para lavados : 8,663 lts.

Luego del proceso de electrólisis se desocuparán las celdas y se ten-
drá que preparar otro batch, se tendrán que llenar nuevamente de a-
gua las celdas con 17,109 lts,mas, 5,094 lts. **22,203 lts**

Las aguas pobres se cambiarán 2 veces al mes , entonces la cantidad
de agua requerida será: $22,203 \times 2 = 44,406$ lts.

y la cantidad total de agua al mes sera: $44,406 + 51,978 = 96,384$ lts

Esta cantidad es el agua requerida para el proceso de electrólisis.

Calcularemos la cantidad de agua que se utilizará para el proceso
de filtración.

Para lavar el sólido en el filtro prensa se requiere 1,800 lts de
agua al día , al mes se requerirá 46,800 lts .

Por lo tanto el agua total al mes será: 143,184 lts .

5.1.1.4.- Cantidad de Cloruro de Sodio.-

Cálculo de la cantidad de Cloruro de Sodio

La concentración de la solución de cloruro de sodio es 3 % .

Teniendo calculada la cantidad de agua es fácil calcular la canti-
dad de cloruro de sodio.

El volumen de agua en las celdas es 22,203 lts

La cantidad de sal para éste volumen será:

3 kgs de sal	100 lts de agua
	22,203 lts de agua

X = 666,09 Kgs de sal

Luego en los 812 lts de agua habrá la siguiente cantidad :

$$\frac{3 \text{ Kgs} \times 812 \text{ lts}}{100 \text{ lts}} = 24.36 \text{ Kgs de sal / dia}$$

ésta cantidad de sal en un mes : 24.36 x 26 = 633.36 Kgs de sal

Cantidad total de cloruro de sodio : 666.09 + 633.36 = 1,249.35 Kgs

Cosumo de sal al mes 1,249.35 Kgs de sal

Consumo al año 14,289.80 Kgs de sal

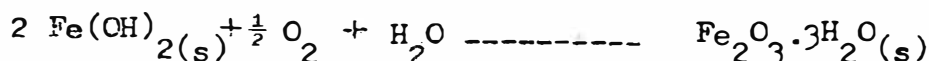
5.1.2.- Cálculo de la cantidad de Combustible .-

Cálculo de la cantidad de combustible para el proceso de calcinación del Oxido férrico hidratado (Limonita).

El petróleo a utilizarse sería el Bunker N°2 ya que el Bunker N°4 no se encuentra disponible en el mercado , también se elige el N°2 por su bajo contenido de azufre , y se quiere un bajo contenido en azufre por que durante el proceso de calcinación reaccionaria el azufre con el oxígeno y se produciría el SO₂ y al ponerse en contacto con el vapor de agua se formaría el H₂SO₄ y éste ácido es perjudicial para el pigmento . Por otro lado tampoco se tendrá que hacer un precalentamiento para bajarle la viscosidad , la viscosidad requerida está entre 80 y 90 Saybolt .

La potencia calorífica del Bunker N° 2 es 133,300 BTU/gln

De la reacción estequiométrica:



$$2 \times 89.84 \text{ ----- } 213.68$$

$$213.68 \text{ Kgs ----- } X$$

X = 254.10 Kgs de Limonita

Esta cantidad de Limonita deberá ingresar al horno para el proceso de calcinación. Toda ésta cantidad se colocará en bandejas las cuales se colocarán dentro del horno, asumiendo que son 20 las bandejas de metal. Entonces la cantidad de Limonita que irá en cada bandeja es :

$$\frac{254 \text{ Kgs}}{20} = 12.7 \text{ Kgs de } \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

Determinación de las dimensiones de la bandeja.-

Densidad de la Limonita : 3.7 grs /cm³

Volumen de Limonita : 3,432 cm³

El volumen de la bandeja donde se colocará la limonita será:

$$3,243 \text{ cm}^3 = L^2 \times h \quad ; \quad h = 12 \text{ cm}$$

$$L = 18 \text{ cm}$$

Para el efecto de determinar el volumen total que ocupan las bandejas, entonces : L = 20 cm ; h = 12

El volumen que ocupan todas las bandejas:

$$(20 \times 20 \times 12) \times 20 = 0.096 \text{ m}^3$$

Este volumen se ha determinado para tener una idea sobre la cantidad de aire que entrará a quemar el producto y también para determinar en base a éste volumen la capacidad del horno.

Este horno será de tipo común y será construido íntegramente de refractarios y con dos puertas para poder sacar el producto con palas de metal.

Para determinar la cantidad de combustible tenemos que hacer un balance de energía para así saber la cantidad de calorías requeridas en la calcinación y relacionando con la potencia calorífica del combustible se hallará el consumo de combustible.

el calor o la entalpia de las bandejas de

OPERATING WITH AIR SHUTTERS CLOSED (No air induced around burner)

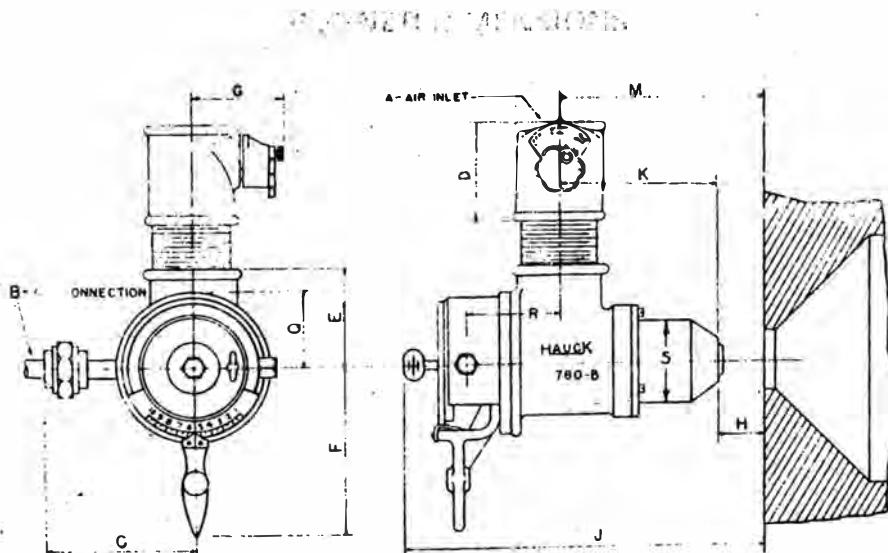
Burner No.	Inlet Pipe Sizes (inches)		16 oz. Air Pressure			20 oz. Air Pressure			24 oz. Air Pressure			32 oz. Air Pressure		
			Air (cfm)		Oil (gph)	Air (cfm)		Oil (gph)	Air (cfm)		Oil (gph)	Air (cfm)		Oil (gph)
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.		
779B	1	3/8	40	0.28	1.7	45	0.32	1.9	50	0.35	2.1	57	0.4	2.4
780B	1½	3/8	62	0.7	2.7	69	0.8	3.0	76	0.9	3.3	87	1.0	3.7
781B	2	3/8	120	1.1	5.1	135	1.2	5.7	147	1.3	6.3	170	1.6	7.3
782B	3	3/8	200	1.8	8.6	224	2.1	9.7	244	2.3	10.5	280	2.6	12.0
783B	4	3/8	360	3.4	15.5	400	3.8	17.2	440	4.1	19.0	508	4.8	22.0
784B	6	1/2	710	6.1	30.5	790	6.8	34.0	870	7.5	37.5	1,000	8.6	43.0
785B	6	1/2	950	6.4	40.0	1,060	7.0	45.0	1,160	7.9	50.0	1,340	9.0	57.0
786B	8	1/2	1,750	10.0	73.0	1,950	12.0	81.0	2,140	13.0	90.0	2,460	14.0	102.0

OPERATING WITH AIR SHUTTERS OPEN (With induced secondary air)

Burner No.	Inlet Pipe Sizes (inches)		16 oz. Air Pressure			20 oz. Air Pressure			24 oz. Air Pressure			32 oz. Air Pressure		
			Air (cfm)		Oil (gph)	Air (cfm)		Oil (gph)	Air (cfm)		Oil (gph)	Air (cfm)		Oil (gph)
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.		
779B	1	3/8	40	0.48	2.9	45	0.57	3.4	50	0.67	4.0	57	0.8	4.8
780B	1½	3/8	62	1.2	4.6	69	1.4	5.4	76	1.7	6.2	87	2.0	7.4
781B	2	3/8	120	1.8	8.7	135	2.2	10.3	147	2.5	12.0	170	3.2	14.6
782B	3	3/8	200	3.0	14.6	224	3.8	17.4	244	4.4	20.0	280	5.2	24.0
783B	4	3/8	360	5.8	26.4	400	6.8	31.0	440	7.8	36.0	508	9.6	44.0
784B	6	1/2	710	11.4	52.0	790	12.2	61.2	870	14.2	71.3	1,000	17.2	86.0
785B	6	1/2	950	11.8	68.0	1,060	12.7	82.0	1,160	15.0	95.0	1,340	18.0	114.0
786B	8	1/2	1,750	14.0	124.0	1,950	17.0	147.0	2,140	19.0	172.0	2,460	20.0	204.0

The table above gives approximate burner capacities for combustion chamber drafts from 0.1" to 0.2" water column and with secondary air induced at 41 per cent for 16 oz. pressure, 45 per cent for 20 oz. pressure, 47.5 per cent for 24 oz. pressure and 50 per cent for 32 oz. pressure. With more draft the oil capacity can be increased.

NOTE: Capacities in these tables are for oil of 143,000 Btu per gal. Lighter or heavier oils will vary the capacity according to the Btu content of the oil.



DIMENSIONS IN INCHES

Dimensions in Inches	BURNER NUMBER							
	779B	780B	781B	782B	783B	784B	785B	786B
A*	1	1½	2	3	4	6	6	8
B	½	½	½	½	½	½	½	½
C	3½	4½	4½	5½	5½	6	6	6
D	2½	2½	3	4½	4½	6½	6½	5½
E	2½	3	3½	3½	4½	6½	6½	7½
F	3½	5½	5½	5½	6	6	6	6
G	2½	3½	3½	3½	4½	5½	5½	5½
H	½	½	1	1½	1½	1½	1½	2
J	6	9½	11	13½	16	17	17	25½
K	3½	4½	5½	7½	8½	9½	9½	13½
M	4	5½	6½	8½	9½	11½	11½	15½
Q	1½	2½	2½	3½	3½	4½	4½	4
R	2	2½	2½	3½	4½	5½	5½	6½
S	2	2½	3½	4½	4½	6½	8½	8½

For seasonal gas areas requiring an alternate fuel, refer to Hauck Series "BHC" Combination Gas and Oil Burners.

Any existing installation of a Series "B" oil burner can be readily converted to the "BHC" combination fuel type by the easy addition of a gas burning nozzle, mounting bracket and gas cock.

*Screwed connection, except on No. 786B, which is flanged.

también de terminar el calor o la entalpia de las bandejas de
Determinación de la capacidad del horno.-

Dimensiones del horno

Dimensiones de un ladrillo refractario: 23 x 11.5 x 6.5 cm³

Peso de un ladrillo 1.5 Kgs

Calor específico : 0.198 BTU /Lb °F

Largo del horno : 1.54 mts.

Se determinó del modod siguiente : Si hay dos divisiones en el hor-
no donde se colocan las bandejas 10 en un lado y 10 en la otra di-
visión en dos filas ; el largo de una bandeja es de 20 cm. Si hay
5 bandejas , los espacios entre ellas es de 9 cmts , luego:
comprobamos que el largo del horno es 1.54 mts.

Ancho del horno .-

Espacio libre vertical entre las bandejas 30 cmts

Espacio inferior 30 cmts

Espacio entre divisiones de bandejas 30 "

Este horno se podrá ampliar posteriormente si se va a aumentar la
producción .

El techo del horno tiene forma de casquete y su volumen es:

$$0.84 \times 1.10 \times 0.1 = 0.0977 \text{ m}^3$$

Entonces el volumen total del horno será:

$$(1.54 \times 0.84 \times 0.90) + 0.0979 = 1.2621 \text{ m}^3$$

Este volumen representa la cantidad de aire que entrará al
horno.

Cálculo del número de ladrillos que entrarán en la construcción
del horno .-

Se determinará dividiendo las áreas de los lados del horno en-
tre el área de los lados de un ladrillo.-

1.- Area frontal del horno.-

$$\text{Area de las puertas : } (0.26 \times 0.19) \times 2 \approx 0.0988 \text{ m}^2$$

Luego se tiene :

$$\left[(0.84 \times 0.9) + (0.84 \times 0.10) \right] - 0.0988 = 0.7412 \text{ m}^2$$

Area del lado de un ladrillo en posición de soga :

$$0.23 \times 0.065 = 0.01495 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de ladrillos en ésta área: } \frac{3.7022}{0.02645} = 140 \text{ ladrillos}$$

3.- Área del lado posterior del horno :

$$(0.84 \times 0.90) + (0.23 \times 0.84) \times 0.165 = 0.9325 \text{ m}^2$$

Número de ladrillos en la parte posterior del horno :

$$\frac{0.9325}{0.0149} = 62 \text{ ladrillos}$$

4.- Área de los lados laterales del horno :

$$1.73 \times \left[(0.90 + 0.065) - 0.13 \right] + (0.835 \times 1.73) \times 2 = 2.8891 \text{ m}^2$$

Número de ladrillos en los lados laterales:

$$\frac{2.8891}{0.0149} = 193 \text{ ladrillos}$$

5.- Área de la base del horno:

$$0.84 \times 1.73 = 1.4532 \text{ m}^2$$

número de ladrillos en ésta área:

$$\frac{1.4532}{0.0264} = 55 \text{ ladrillos}$$

6.- Área del techo del horno:

$$(1.73 \times 0.56) \times 2 = 1.9376 \text{ m}^2$$

número de ladrillos en el techo del horno:

$$\frac{1.9376}{0.0264} = 73 \text{ ladrillos}$$

Número total de ladrillos:

$$50 + 140 + 193 + 55 + 62 + 73 = 573 \text{ ladrillos}$$

La ecuación termodinámica de la cantidad de calor total es.-

$Q_T =$ Calor total

$Q_{ref.} =$ Calor del refractario

$Q_{air.} =$ Entalpia del aire

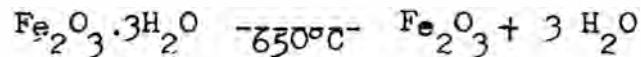
$Q_{H_2O} =$ Entalpia del agua

$Q_{ban. de} =$ Calor de las bandejas de Al

La ecuación será :

$$Q_T = Q_{ref} + Q_{air} + Q_{H_2O} + Q_{ban.}$$

De la reacción estequiométrica.-



Determinaremos la cantidad de vapor de agua:

$$213.68 \text{ grs} \text{ ----- } 54 \text{ grs de agua}$$

$$254.1 \text{ Kgs} \text{ ----- } X \quad "$$

$$X = 64.2 \text{ Kgs de agua}$$

∴.- Cálculo de la entalpia del agua.-

La temperatura de saturación bajo una presión absoluta de 14.7 Lbs por pul². es 210 °F. La entalpia será igual al calor absorbido para calentar un peso de agua líquida según la reacción estequiométrica, de 32 °F a 212 °F .

Vaporizarlo para formar vapor de agua saturado a ésta temperatura y calentamiento del vapor de agua a presión constante hasta una temperatura de 650 °C (1,200°F).

La entalpia total es la suma : Entalpia del líquido + El calor latente de vaporización + Sobrecalentamiento del vapor.

El Calor Específico medio del agua entre 32°F y 212°F es 1.006 BTU

mol-grad.

La Capacidad Calorífica media del vapor de agua entre 212°F y 328 °F a la presión de 14.7 Lbs/pulg² es:

$$C_{pm} = a + b/2(T_2 + T_1) + c/3(T_2 + T_2 T_1 + T_1)$$

$$C_{pm} = 7.136 + 2.64 \times 10^{-3}(T_2 + T_1) + \frac{0.045}{6} \times 10^{-6}(T_2 + T_1 T_2 + T_1)$$

$$C_{pm} = 7.136 + 1.428 + 0.00345 = 8.5680 \text{ BTU/mol-Lbs}$$

1.- Sobrecalentamiento del vapor.-

$$(1,200 - 212)^\circ\text{F} \times \frac{C_{pm}}{18} = 116 \times \frac{8.568}{18} = 469.84 \text{ BTU/mol-Lb.}$$

2.- Calor Latente de Vaporización del agua.-

$$\text{a } 212^\circ\text{F} \text{ ---- } 970.7 \text{ BTU/mol-Lbs}$$

3.- Entalpia del agua líquida a 212°F:

$$(212 - 32)^\circ\text{F} \times 1.006 = 181.1 \text{ BTU/mol-Lbs}$$

Cálculo del peso del agua en libras:

$$\frac{64,189 \text{ grs}}{453.1 \text{ grs/lbs}} = 141.6 \text{ Lbs}$$

Por lo tanto la entalpia del agua será:

$$Q_{H_2O} = (181.1 + 970.7 + 469.84) \times 141.6 = 229,624 \text{ BTU}$$

2.- Caálculo de la Entalpia del Refractario.-

$$Q_{ref.} = (N^\circ \text{ ladr.}) \times (\text{masa del ladr.}) \times C_{e_{ref.}} (T_2 - T_1)$$

$$Q_{ref.} = 573 \times \frac{1.55}{0.454} \text{ Lbs} \times 0.198 \times (1,200 - 77)^\circ\text{F}$$

$$Q_{ref.} = 453,369 \text{ BTU}$$

3.- Caálculo de la Entalpia del Aire.-

Calor específico 7.3 BTU/mol-grado

Volumen que ocupa el aire 1.262 m³

$$Q_{air} = \frac{1.262}{22.4} \times (1,200 - 77) \times 7.3 \text{ BTU}$$

$$Q_{air} = 461,900 \text{ BTU}$$

4.- Cálculo de la entalpia de las bandejas.-

Número de bandejas 20 bandejas de hierro

Espesor de una bandeja 1/16"

Volumen de las bandejas $(20 \times 20 \times \frac{2.54}{16}) + (10 \times 20 \times \frac{2.54}{16}) = 4,20$

Densidad 7.86 grs/cm³

Peso de las bandejas:

$$\text{Peso} = 7.86 \times (317.5) = \frac{1,497.3}{453.1} = 3,300 \text{ Lbs}$$

Calor específico del hierro : 0.119

$$Q = C_e \times m (T_2 - T_1)$$

reemplazando valore en la ecuación:

$$Q = 0.119 \times \frac{1,497.3}{453.1} \times (1,200 - 77) \times 20 = 8,832 \text{ BTU}$$

El total de calorías será:

$$Q_T = Q_{\text{ref.}} + Q_{\text{air}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{ban. de Fe}}$$

$$Q_T = 1'135,725.4 \text{ BTU}$$

Considerando un 2 % de mas por pérdidas: $Q_T = 1'158,439.5 \text{ BTU}$

Cálculo del tiempo de calcinación:

Del catálogo de quemadores a petroleo eligo un flujo de combustible de 5.4 gln/hr.

La potencia Calorífica del petroleo N° 2 es 133,300 BTU/gln

Las calorías por hora son: $133,300 \times 5.4 = 719,825 \text{ BTU/hr}$

El tiempo de permanencia en el horno será:

$$\frac{1'158,439}{719,825} = 1.5 \text{ horas}$$

Volumen de combustible que entrará al horno en ése tiempo :

$$5.4 \text{ GPH} \times 1.5 \text{ hrs} \times 3.785 \text{ Lts/glns} = 30.618 \text{ Lts}$$

Volumen del combustible durante el proceso de calcinación en un

$$\text{dia} : 30.618 \text{ Lts} \times \frac{15 \text{ hrs}}{1.5 \text{ hrs}} = 306.18 \text{ Lts al dia}$$

$$\text{Volumen al mes} : 306.18 \times 26 = 7,960.7 \text{ Lts}$$

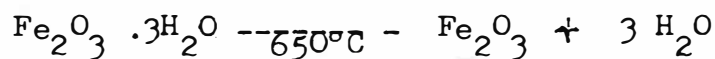
$$\text{Cantidad de combustible al año} : 91,540 \text{ Lts}$$

$$\text{Galones al año} : 24,184.5 \text{ glns}$$

$$\text{Galones al mes} : 2,103.2 \text{ glns}$$

Cantidad de Oxido Férrico que se obtendrá en un dia.-

De la reacción estequiométrica:



$$213.68 \text{ grs} \text{-----} 159.68 \text{ grs}$$

$$254 \text{ Kgs} \text{-----} X \quad "$$

$$X = 189.8 \text{ Kgs de Fe}_2\text{O}_3$$

La chatarra de hierro tiene un porcentaje de metales en capítulos anteriores tenemos el porcentaje y el promedio es 0.503 %

Entonces la cantidad de óxido férrico será:

$$188.8 \text{ Kgs de Fe}_2\text{O}_3$$

Rendimiento del proceso : 90.4 %

La cantidad de óxido férrico a obtener será:

$$170.82 \text{ Kgs}$$

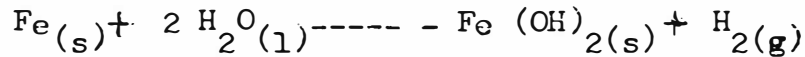
En 15 horas de calcinación obtendremos : 1,708 Kgs/día de Fe_2O_3

En un año tendremos disponible :

$$1,708 \times \frac{311 \text{ dias}}{\text{año}} = 531,250 \text{ Kgs de Fe}_2\text{O}_3$$

5.1.3.- Cálculo de la cantidad de Aire para el Proceso de Oxidación

De la reacción estequiométrica:



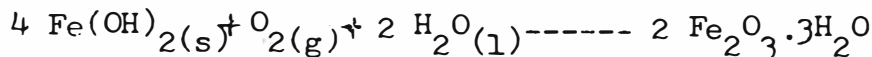
La cantidad de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ que se formará en las celdas :

$$\begin{array}{r} 55.84 \text{ grs} \text{ -----} 89.84 \text{ grs} \\ \text{en 2 horas : } 133.88 \text{ Kgs Fe} \text{ -----} \text{ X Kgs de } \text{Fe}(\text{OH})_2 \\ \text{X} = 213.65 \text{ Kgs de } \text{Fe}(\text{OH})_2 \end{array}$$

Esta cantidad viene acompañada de agua proveniente de las celdas, se oxidará posteriormente el $\text{Fe}(\text{OH})_2$ para formar el $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Se usará aire en exceso : 20 %

La reacción estequiométrica:



Cálculo del volumen de aire a las condiciones en que se efectúa el proceso de oxidación .

$$\text{Temperatura } 23^\circ\text{C} + 273 = 296^\circ\text{K}$$

Haciendo el proceso experimentalmente deducimos que tenemos que variar las condiciones para adecuarlas al proceso ,ésta variación será en la presión ,es decir se le insuflará aire a una cierta presión en éste caso se usará un compresor , el cual forma parte del equipo y se verá posteriormente .

$$\text{Presión : } 171 \text{ Lbs/pulg}^2 \text{ ; en Atm. } 11.63 \text{ atm.}$$

El Volumen de oxígeno será:

$$\text{a C.N : } V = \frac{296}{273} \times 22.4 \times \frac{1}{11.63} = 2.087 \text{ Lts}$$

El volumen de aire será:

$$V(\text{aire}) = 2.088 \times \frac{1.2}{0.21} = 11.93 \text{ lts}$$

Usando la ecuación estequiométrica calculamos el volumen de aire

$$\begin{array}{rcl} 359.3 \text{ grs de Fe(OH)}_2 & \text{-----} & 11.93 \text{ Lts de aire} \\ 213.65 \text{ Kgs Fe(OH)}_2 & \text{-----} & X \quad " \end{array}$$

$$\frac{11.93 \times 213.65 \times 1000}{359.3} = 7,076 \text{ Lts de aire}$$

El tiempo de oxidación puede variarse para el efecto de la elección de la compresora dependiendo del flujo de aire libre.

Assumiendo un tiempo de oxidación promedio de 35 min.

$$\begin{array}{rcl} 7,076 \text{ Lts de aire} & \text{----} & 35' \\ X \quad " & \text{----} & 1' \end{array}$$

$$X = 202 \text{ Lts de aire}$$

El flujo de aire será : 202 Lts/min

5.2.- Cantidad de Envases .-

El óxido férrico obtenido se envasará en bolsas de plástico; las dimensiones de una bolsa son: 75 cm x 50 cm , la cantidad de óxido férrico que irá en las bolsas es de 50 Kgs.

De la producción mensual de óxido férrico se determinará el número

$$\text{de bolsas al mes : } \frac{44,270}{50 \text{ kgs}} = 885 \text{ bolsas}$$

$$\text{Bolsas al año : } \frac{531,250}{50 \text{ kgs}} = 10,625 \text{ bolsas}$$

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO



Cap VI

6.- CONTROL DE CALIDAD .-

6.1.- Análisis de la Muestra Electrolítica.-

Consiste en la determinación cuantitativa de hierro en la muestra de óxido férrico , del cloro; como resultado del método electrolítico, oxidación y calcinación .

6.1.1.- Dterminación de la cantidad de hierro en la muestra de óxido férrico.-

De la sección molienda se llevará una muestra de óxido a analizar al laboratorio de control de calidad .

Se utilizará la columna reductora de Jones para reducir la muestra de óxido férrico .La Sal de Mohor se usa para valorar el $KMnO_4$ que se utilizará para titular la muestra de óxido férrico que ha sido previamente atacada con HCl y reducida haciéndola pasar por la Columna reductora de Jones

Procedimiento experimental.-

Preparación de la solución reductora.- Se toman 150 ml de solución de Cloruro mercurico al 2% y 2 ml de H_2O_2 concentrado, A 150 grs de Zinc puro de malla N°30 (una especie de municiones) , todo en un vaso de 250 ml ,se agita muy bien la mezcla durante 7 min, luego decantar la solución de zinc y se lava 2 ó 3 veces por decantación con agua bidestilada.

El zinc amalgamado debe tener un brillo plateado claro , luego ésta amalgama hecharlo a una especie de bureta ,se armará un equipo tal como el de la fig 12.

- Preparación de la Sal de Mohor.-La fórmula $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2 SO_4 \cdot 6H_2O$

El peso molecular de la Sal de Mohor es: 392 grs/mol

Preparar ésta solución en concentración 0.1N o sea 3.92 grs en 100 ml, pesamos entonces en la balanza analítica 3.92 grs , enrasamos en una fiolla de 100 mls.

-Valoración de la solución de KMnO_4 (Permanganato de potasio)

Preparación de la solución de KMnO_4 0.1 N.

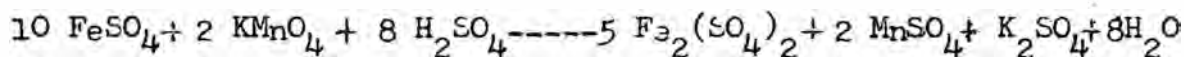
Sabemos que la valencia del KMnO_4 es 5 y que el número de equivalentes es :

$$\# \text{ Eq-grs} = \frac{P(\text{molecular})}{\text{valencia}}$$

Decimos que : 1000 mls de sol. 1N de KMnO_4 ---- $\frac{158.02}{5}$ 31.602
1000 " " " 0.1N " ---- 3.16 grs

Luego pesamos 3.1602 grs de KMnO_4 Q.P y enrasamos en fiolla de 1000 mlts ,se llenará una probeta de 50 mlts con KMnO_4 .

- Agregar ácido en cantidad estequiométrica según la reacción:



2 moles --- 8 mol

$$\frac{3.16}{158.02} \text{ ---- } X \quad X = 0.08 \text{ moles}$$

Peso de $\text{H}_2\text{SO}_4 = 7.84$ grs

Volumen de (H_2SO_4) = $\frac{7.84}{1.81 \times 0.97} = 5$ mlts de H_2SO_4 36 N

ésta cantidad de ácido le agregaré a 5 mlts de sal de mohor, entonces en ésta cantidad solo habrá 0.5 mlts de H_2SO_4 . Por lo tanto solo se titulará 9.5 mlts de sal .

En el proceso de titulación se dejará caer gota a gota el KMnO_4 hasta coloración rosada en la sal de mohor .

El resultado de varias titulaciones es:

El volumen de agua será: $0.787 - 0.087 = 0.696$ mlts

Sabemos que el óxido férrico es resistente al ataque del ácido sulfúrico, entonces tenemos que llevar la muestra a sequedad, una vez seco el producto el cual tendrá un color amarillo es el sulfato férrico; a la solución caliente se le agregará agua,

El ácido clorhídrico ataca con mas facilidad al óxido pero no es conveniente por que el cloruro férrico que se formaría es difícil de reducir.

Este sulfato férrico formado se le pasará por la solución reductora de Jones, agregando agua destilada para evitar que se oxide el Zinc amalgamado, el ácido debe estar bien diluido y principalmente para evitar la oxidación por el aire por que la amalgama de Zinc se oxida con mucha facilidad y entonces ya no serviría como solución reductora o sea que siempre debe haber una cantidad de agua destilada.

Luego de pasar el sulfato férrico por la solución reductora se recogerá en un matras en la forma de sulfato ferroso el cual deberá ser incoloro, después de que la solución ha pasado totalmente agrego agua destilada hasta que de reacción neutra al papel universal de pH.

Determinación de la cantidad de hierro en la muestra.-

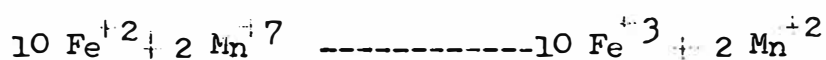
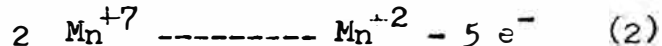
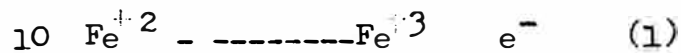
El sulfato ferroso obtenido se le calienta hasta 60°C

Se titula luego con solución estandarizada de KMnO_4

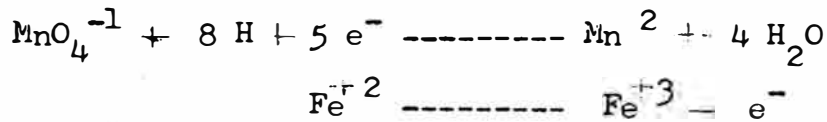
Se le agrega a la solución de sulfato ferroso 5 mlts de H_2SO_4 18M

Se titula hasta coloración rosada; se toma nota del gasto.

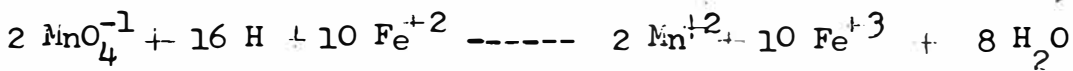
Ecuación de reacción :



Balanceando estas ecuaciones por el método de intercambio iónico:
 Para equilibrar una ecuación redox en medio ácido las medias reacciones se convierten en :

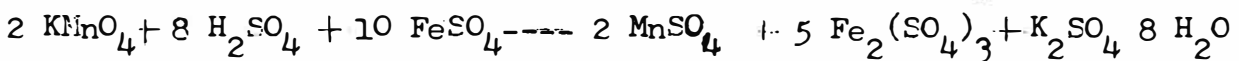


Haciendo un balance de electrones , multiplicando la primera media reacción por 2 , y la segunda por 10 , sumando ambas obtenemos la reacción iónica total balanceada:



ahora insertamos los iones : K^+ , SO_4^{-2}

En éste caso obtenemos:



Como la solución de sulfato ferroso está muy diluida se ha tenido que tomar 80 ml de FeSO_4 , el gasto de KMnO_4 es pequeño : 2.046 ml.

haciendo los cálculos respectivos:

$$80 \text{ ml} \times N_{(\text{muestra})} = 2.046 \text{ ml} (\text{KMnO}_4) \times 0.0993$$

$$N_{(\text{muestra})} = 0.00254 \frac{\text{eq-grs}}{\text{lt de sol}}$$

- Cálculo del peso de hierro presente en la muestra:

$$W = 0.00254 \frac{\text{eq-gr}}{\text{lt}} \times \frac{55.84 \text{ gr}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{1 \text{ eq-gr Fe}} \times 0.08 \text{ lts}$$

$$W = 0.01146 \text{ grs}$$

- Peso de hierro en el volumen total de : 500 ml

$$0.01146 \text{ gr} \text{-----} 80 \text{ ml}$$

$$X \quad " \quad \text{-----} 500 \text{ ml}$$

$$X = 0.07162 \text{ grs}$$

El peso inicial de la muestra de óxido férrico : 0.0788 grs

Cálculo del porcentaje de hierro en la muestra .-

$$\frac{0.07162}{0.0788} \times 100 = 90.89 \%$$

- Análisis en el laboratorio del electrolito.-

Una vez terminado el proceso de electrólisis se tomará una muestra del electrolito para llevarla a analizar al laboratorio y ver que porcentaje de NaCl tiene , como el electrolito es ya una solución pobre por las aguas de lavado debe contener menos del 3% en peso de sal . Se procederá de la forma siguiente:

Tomaremos 5 ml de NaCl al 3 % en un erlemeyer de 250 ml

Agregamos 20 ml de agua destilada y gotas de K_2CrO_4

En una bureta tenemos preparada una solución de $AgNO_3$ 0.1N estandarizada. El resultado de la titulación dió 20.8 ml de $AgNO_3$.

Al realizar la titulación previa en el laboratorio; tomé 10 ml de electrolito y agregé $AgNO_3$ hasta aparición de una coloración rojiza ladrillo , el gasto fué de 25 ml , o sea si se echaba 5 ml solamente de electrolito el gasto de $AgNO_3$ sería mayor .

De éstos resultados se halla la cantidad de cloruro de sodio que hay que añadir a la solución pobre para tener la concentración deseada .

6.1.2.- Determinación de Cloruro Férrico en la Muestra.-

Si en la muestra de óxido férrico se encuentra en gran cantidad el $FeCl_3$ hay que eliminarlo por que le da al óxido un caracter higroscópico pues absorbe humedad y sería perjudicial al pigmento y no serviría para pinturas.

Un método para determinar cuantitativamente el $FeCl_3$ es titulando con $AgNO_3$ 0.1 N.

Procedimiento

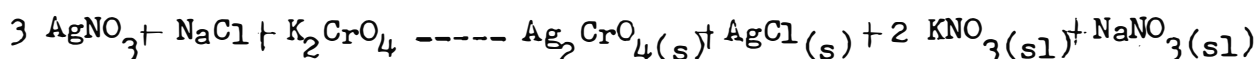
Medir 10 de FeSO_4 en una pipeta , hechar en un relenmeyer,

Agregar 20 ml de agua destilada y titular con solución de AgNO_3 0.1M
agregar gotas de dicromato de potasio.

En el ensayo hecho en el laboratorio no se observó ningún precipi-
tado, eso nos indica que no está presente el AgCl ,(se agregó 50 ml)

Por lo tanto decimos que la muestra no contiene FeCl_3 .

Ecuación :



6.2.- Métos empleados para el Ensayo de Pigmentos.-

Se someten los pigmentos minerales entes de entregarlos al comer-
ciante a una serie de ensayos de los cuales los mas importantes
son: Peso Específico , peso del metal agranel, magnitud de las partí-
culas , matiz del color , poderes cubrientes y colorantes , ineral-
tabilidad , humectación, consumo de aceite , consistencia, estabilidad
frente a los agentes químicos y físicos (resistencia a la acción de
la intemperie).

Las Industrias consumidoras de pigmentos minerales deben probar si
éstos son compatibles con los materiales con que se les va a mez-
clar ,ésto es si el pigmento perjudica o no las propiedades carac-
terísticas de dichas materias, ensayando para ello en que medida
obran en éste sentido .

Se han elaborado una serie de procedimientos de ensayo , pero toda-
via no existen métodos generales reconocidos para un país , ni de
aplicación internacional .Aquí se expondrán con laguna extensión
tanto métodos emplcados para investigación científica como para la
investigación tecnológica , y permiten determinar la calidad de un
pigmento. Estos procedimientos son seguros para determinar las pro-

propiedades industriales de un pigmento .

Sin embargo cuando se quiere determinar si un pigmento mineral es apto para determinadas aplicaciones no hay mas remedio que realizar con el mismo ensayo que se adapten a las condiciones en que se verá sometido en la práctica. Sin embargo cuando se ha visto que una calidad de pigmento es buena para una determinada aplicación , no hay necesidad de realizar todas las determinaciones en cada partida sino que es suficiente determinar si alguna de las características mas esenciales coinciden con la de la muestra .

Se han construido una serie de aparatos que permiten determinar propiedades ópticas por ej. el matiz del color , la extensibilidad; pero en la práctica se prefiere la comparación visual con una muestra .

La designación numérica de los colores tintes o matices ha llegado a formar un sistema muy completo , se utilizan tablas indicadoras.

Cap VII

7.- EQUIPOS

7.1.- Selección de Equipos .-

Debido al proceso de producción el equipo es manual y mecánico, algunos complejos otros simples ,nos conduce a escoger equipos estandares , de acuerdo al diseño se escogerá el equipo de acuerdo a un catálogo, algunos equipos deberán ser de fabricación nacional ya que se está promoviendo la fabricación de equipos nacionales.

El equipo se escogerá de acuerdo a nuestras necesidades de producción .Por ejem. la unidad Compresora será de fabricación nacional marca ROMER que es la gama de compresoras estacionarias , igualmente el Quemador a petroleo será de fabricación nacional.

- Para las bandejas de metal se escogió el hierro y no el aluminio, ya que el punto de fusión del aluminio es 690°C que está cercana a la temperatura de trabajo que es de 650°C.

-El Molino de Bolas que será importado y de fabricación ALLIS CH. el cual lo distribuye la firma "Peruvian Trading" S.A .

7.2.- Especificaciones y Estimado del Costo.-

Nombre	Especificación		Costo	
Balanza	Marca WIESE de plataforma.Cap 100 Kgs	1	15,000	15,000
Molino de Bolas	Cap. 1 ton.Dimens. 1.5mx0.8m. Fabr. Magensa	1	116,000	116,000
Filtro Prensa	Cap.50m ³ ,Dim.1.5mx0.7m xl.0m .marca 'SCHULE'	1	122,500	122,500
Motor	Potencia : 2 HP	1	5,400	5,400

Unidad Rectificadora	23 Kw 1,000 Amps.	7	120,000	840,000
Compresora	Model. 204T 2 HP 'Atlas Copco'	1	120,000	120,000
Bombas Centrífugas	1 HP	3	7,500	22,500
Bomba centrífuga	0.5 HP	1	6,400	6,400
283 mts de conductores	Láminas de cobre de sección: 0.7 cm x 9.5 cm	3	100,000	306,500
Planchas de Aluminio	de 1/16 m de espesor 1m ² de área	343	1,000	343,000
medidor de flujo	100 lbs de presión	1	6,800	6,800
Extractor para gas hidrógeno	de metal	1	12,000	12,000
50 mts de conductores	Alambre N° 12	1	1,000	1,000
Un tanque	Acero galvanizado 4m x 3.5m. Cap 56 m ³	1	50,000	50,000
Ventilador	Armazón de metal Dim. 1m x 0.7 m	1	4,500	4,500
Equipo Ablandador de agua	Cap 32 m ³ . Fabr: 'Tennant Industrial'	1	17,000	17,000
Ducto para salida de gas hidrógeno	madera 50cm x 3m de largo	4	2,000	8,000
Forro plástico	Para conductores 200 mts	1	5,400	5,400
Quemador a petróleo	0.5 HP	1	25,300	25,300

Rejilla	Malla N° 325	1	1,500	1,500
Mangas para Molino de Bolas	Mat. Plástico	2	1,000	2,000
Total Costo de Equipo			2'033,000	

7.3.- Estimado de la Instalación de la Unidad Rectificadora .-

Esta unidad rectificadora trabaja con una fuente de 220 v y tiene un transformador para bajar el voltaje al requerido. El rectificador será para línea trifásica y tiene una potencia de 23 KwA.

La Unidad Rectificadora tendrá que ser importada :

El costo en dólares de un Rectificador de 1,000 A : \$ 1,500

El cambio del dólar a soles es 50 soles S/ 75,000

El precio FIB Callao es 60 % del costo 120,000

El costo de los 7 Rectificadores será : S/ 840,000

Este equipo se importará de los EEUU de América.

7.4.- Cálculo de la Capacidad del Equipo.-

Con los datos calculados para el suministro de materias primas se determinará la capacidad y potencia de los equipos que se necesitan para las diferentes secciones del proyecto :

- Balanza.- Se utilizará una balanza de 100 Kgs de capacidad ,servirá para pesar la chatarra que entra a las celdas de electrólisis, también para pesar el producto terminado o sea el óxido férrico que se envasará en las bolsas para la distribución correspondiente.. y además para pesar el cloruro de sodio el cual se utiliza para la preparación del electrólito.

Características.- Son llamadas balanzas de plataforma construidas y diseñadas especialmente para éste tipo de trabajo ,tienen base graduada , impresor de tarjeta , es de construcción nacional.

2.- Celdas de Electrólisis.- De los resultados del área de trabajo y capacidad de los rectificadores se han diseñado las celdas.

El área de trabajo se determina del modo siguiente:

El proceso se realiza en 7 celdas alimentadas con corriente continua ,se necesitan 7 unidades rectificadoras de 1,000 Ampers.

Para el proceso solo se requiere 6,720 Ampers.

Cada celda consta de una batería de 12 divisiones,éstas celdas serán construidas de concreto ,el cual tiene un espesor de 10 cm.

El área de electrólisis donde está incluida la canastilla es de 1 m^2 , entre las canastillas hay una distancia de 15cm.

Como son 12 divisiones el área de electrólisis para una celda

$$\text{será: } 1 \text{ m}^2 \times 12 = 12 \text{ m}^2$$

Entre las celdas hay una separación de 10 cm que es un muro de concreto . El área total de electrólisis será entonces:

$$12 \text{ m}^2 \times 7 = 84 \text{ m}^2$$

Cada batería consta de un sistema de tuberías de plástico de 3" de diámetro para extraer el $\text{Fe}(\text{OH})_2$ producido ,éste producto pasará a un tanque donde se le insuflará aire con una compresora.

En el diseño y construcción de las celdas debe tenerse en cuenta que se produce gas hidrógeno en uno de los electrodos ,es sabido que dicho gas en contacto con el aire es inflamable y explosivo ,entonces cualquier acumulación de dicho elemento en el ambiente de trabajo puede causar serios daños o accidentes.

Cabe notar que el gas hidrógeno se recogerá de las celdas para una posterior utilización, se le recogerá por medio de un ducto de salida y se almacenará en tanques de aluminio, éste gas se usa para hidrogenación de hidrocarburos, en la industria de la manteca y puede venderse a las compañías que requieran de éste elemento. La distribución de la corriente en las celdas es en paralelo. La distribución del amperaje es en serie. En éste sistema de montaje los ánodos y los cátodos son directamente conectados al polo positivo y negativo respectivamente. La distribución en las celdas está en el plano N°2

La distribución de la corriente está en la fig.4.

Se utilizarán conductores de baja resistencia formados por láminas de cobre electrolítico de sección 9.5 cm x 0.7 cm.

3.- Tanque de almacenamiento del electrolito.-

En éste tanque se prepara el electrolito con agua destilada y cloruro de sodio. El tanque que contiene agua destilada va conectado al tanque del electrolito por medio de una tubería de plástico de 2" de diámetro nominal y se intercalará en la tubería un medidor de flujo para medir la cantidad de agua que pasa al tanque donde está siendo preparado el electrolito a la citada concentración.

Este electrolito se distribuye a las celdas de electrólisis a medida que se desarrolla el proceso en las celdas; de nuestros cálculos anteriores la cantidad de electrolito que irá en el tanque será: 22,215 lts. Las soluciones pobres que llegan al tanque y aguas de enjuague las cuales provienen del filtro prensa, el líquido proveniente del filtrado es bombeado al tanque principal para la distribución correspondiente después de controlar el porcentaje

ésta cantidad es 20 % para lavados ,mas lo proveniente del filtrado que son 2,700 lts .Entonces los metros cúbicos totales son:

$$22,215 + 4,443 + 2,700 = 30.00 \text{ m}^3$$

De ésta capacidad determinaremos sus dimensiones:

3.5 m de diámetro x 3 m de alto.

El tanque tendrá que estar cubierto interiormente de una capa delgada de plástico ,la construcción será de concreto .El tanque está conectado mediante una tubería de 2" de diámetro con las 7 celdas de electrólisis

4.- Tanque de almacenamiento de agua.-

Este tanque estará construido de concreto con acabado interior , de forma rectangular ,ésta agua corriente servirá para preparar agua destilada para todo el proceso ,éste tanque debe tener una capacidad de 60 m³ .Las dimensiones serán de

5 m x 3 m de área de la base por 3 m de altura.

5.- Tanque de almacenamiento de agua destilada.-

El agua corriente pasará por un equipo ablandador para tener de éste modo el agua tratada ;éste tanque será de dimensiones mayores que el anterior y de forma cilíndrica ,será de capacidad para 50 m³ .Dimensiones: 4 m de diámetro por 3 m de alto.

Este tanque va conectado al tanque de almacenamiento del electrolito mediante una tubería de plástico de de 1½" de diámetro,

El tanque está cubierto interiormente de plástico

6.- Tanque de almacenamiento del Hidróxido Ferroso.-

El Fe(OH)₂ sale de las celdas de electrólisis a un tanque de almacenamiento ,lavándolo previamente con agua destilada ,la cantidad

que entrará sera lo producido en las celdas durante dos horas de trabajo de electrólisis. La cantidad que se descarga es 213 Kgs de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ mas una cantidad de agua 27 m^3 ; luego se le insuflará aire a presión ,el volumen de aire que enyrrará en 30' que es el tiempo de oxidación es 4.9 m^3 de aire, ahora en éste tanque se producirán muchas burbujas que saldrán de los agujeros que tiene la tobera éstas burbujas ocuparán un volumen ,tenemos que construir el tanque de tal modo que no se rebalsen las burbujas . la densidad del $\text{Fe}(\text{OH})_2$ es de 4 gr/cm^3 y el volumen que ocupará , ése peso de hidróxido es de 53 lts.

El volumen total será: $26.65 + 4.9 + 0.053 = 31.69 \text{ m}^3$

Consideremos que la altura que ocupan las burbujas es de 1.5 mts

Entonces el tanque tendrá por capacidad : 56 m^3

Las dimensiones serán: 4 m de diámetro x 3.5 m de altura.

O sea el volumen que ocupan las burbujas: $4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} = 24 \text{ m}^3$

El tanque será construido de acero galvanizado, éste tanque estará sobre un soporte de concreto de 1.50 m sobre el suelo, está unido al Filtro Prensa mediante una tubería inclinada de 3" de diámetro (ver fig N°2)

7.- Filtro Prensa.-

La construcción del filtro prensa lavador será de diseños especiales y de capacidad de acuerdo a las necesidades.

Del tanque donde se le insuflará aire con una compresora pasará al filtro prensa mediante una tubería inclinada de 3" de diámetro como se había dicho antes éste tanque está a una altura de 1.50m de altura sobre el suelo ,el ángulo de inclinación de la tubería

es de 30 °. Al filtro pasará 254 Kgs de Limonita mas una cantidad de agua .Si la densidad de la Limonita es 4 gr/cc ,entonces el volumen que ocupa éste peso será: 0.063 m^3 y la cantidad de agua que pasará será 26.65 m^3 , luego el volumen total : 27 m^3

El sólido se lavará 5 veces con agua .El volumen de las aguas de lavado vienen dados por la capacidad que tienen los platos del filtro prensa , las dimensiones de los platos son:

$$(0.6 \times 0.6 \times 0.1) \times 20 = 0.72 \text{ m}^3 \times 5 = 3.6 \text{ m}^3$$

Las medias paredes de éste volumen las ocupará las aguas de lavado .
do $3.6 \times \frac{1}{2} = 1,800 \text{ lts}$

El filtro prensa es de 1.50 m de largo x 0.70 mts de ancho y de 1m de altura .

El tiempo total de filtrado y lavado es de 35'.

El líquido que sale del filtro cae a un recipiente el cual mediante una bomba es conducido al tanque principal (electrolito)

8.- Máquina de aire comprimido.-

De las celdas mediante una tubería inclinada pasará el $\text{Fe}(\text{OH})_2$ al tanque donde se le insuflará aire con una compresora ,para oxidarlo a $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. La tubería de salida del aire está conectado con un serpentín que esta dentro del tanque que es similar a una tobera con una cantidad de agujeros .

En el capítulo anterior se había determinado el flujo de aire que es de 202 lts/min y a una presión de 171 lbs/pulg².

En el catálogo de compresoras vemos que éstos datos corresponden al modelo 204 T , éste modelo consta de un motor eléctrico de 2HP ó 1.47 Kw. características en la fig.8

muy fina se expandirá mucho y se perderá producto, para evitar esto se colocarán unas amngas donde quedará retenido el óxido y así evitar pérdidas.

11.- Quemador a petroleo.-

La cantidad de combustible que pasará por el quemador será de 5.4 GPH, la presión a la que entrará el aire el quemador será de 20 onzas, en el catálogo de quemadores a petroleo según éstos datos corresponde al modelo 779B.

Para hacer el cálculo de la cantidad de combustible que pasará por el quemador por hora ,nosotros elegimos el flujo de petroleo por hora para así determinar la cantidad que se calcinará en un tiempo breve . Por ejem. si queremos calcinar en 40 min. una cantidad de producto en ves de calcinar en 1.5 hrs, tenemos que aumentar el flujo de combustible y recurrimos para eso al catálogo de quemadores y podemos jugar con los datos eligiendo el que mas conviene .En la fig.9 se observan las dimensiones de quemadores a petroleo.

7.5.- Equipo de Bombeo.-

Se utilizarán bombas Centrífugas para pasar las soluciones con mayor rapidez.

Se requerirán bombas en los siguientes casos:

Para pasar el electrolito a las celdas

- Del filtro prensa al tanque de almacenamiento del electrolito
- Del tanque de agua destilada al tanque que contiene al electrolito
- Bombear el petroleo al horno

7.5.1.- Cálculo de la Potencia del Equipo de Bombeo.-

- Se conducirá el electrolito del tanque principal a las celdas de la electrólisis ,el electrolito se distribuirá por una serie de tuberías.

Según la fig 5. observamos el largo que tienen las tuberías las válvulas que se necesitan ,el número de codos de 90° y la ubicación de la bomba.

Disponemos de los siguientes datos:

Temperatura ambiente 25°C

Viscosidad del electrolito 1.05 Centipoises

Densidad del electrolito 1.02 grs/cc

Diámetro nominal 2" , 2.067" para efecto de cálculos

Flujo : $Q = 8$ glns/min

-Cálculo de la velocidad en la tubería .-

$$v = \frac{8.00 \times 144}{60 \times 7.48} \left(\frac{1}{0.735 \times 2.067^2} \right) = 0.7648 \text{ pies/seg}$$

- Cálculo del número de Reynolds.-

$$N_{Re} = \frac{v \times \phi \times d}{u} = 11,882$$

En el gráfico de N_{Re} (vs) Fanning , el factor de Fanning para éste flujo será: $F = 0.064$

Cálculo de la longitud de tramo recto de tubería:

$$(1.6 \times 2) + (0.2 \times 7) + 1.5 + 0.7 = \frac{10.8 \text{ mts}}{0.304 \text{ m/pies}}$$

$$L \text{ (tramo recto)} = 35.5 \text{ pies}$$

- Cálculo del largo vertical de la tubería : (Z_1) .-

$$Z_1 = \frac{3.2 \text{ mts}}{0.304 \text{ m/pies}} = 10.52 \text{ pies}$$

La longitud total del tramo recto será incluyendo el número de codos , válvulas y las tees.

Son: 6 tees , 4 codos y 2 válvulas.

$$\text{Luego : } L_T = 35.5 \quad 6 \times 60 \times \frac{2.067}{12} \quad 4 \times 32 \times \frac{2.067}{12} \quad 2 \times 7 \times \frac{2.067}{12}$$

$$L_T = 116.45 \text{ pies}$$

Cálculo de la fuerza friccional :

$$H_{fs} = \frac{2 \times F \times L_T \times v^2 \times 12}{g_c \times \phi} = 0.3618 \frac{\text{ft-lbf}}{\text{lbs-masa}}$$

La pérdida de carga por fricción en la tubería : H_f

$$H_f = H_{fs} + 1.5 \left(\frac{v^2}{2g_c} \right) \quad g/g_c \times Z_1 = 11.2$$

La potencia de la bomba será:

$$H_p = \frac{v \times d \times H_f}{0.25 \times 550} = 0.15 \text{ HP}$$

b.- Bomba para impulsar el combustible desde el cilindro al Quemador de petroleo.-

Datos sobre el petroleo que se usará : Bunker 2

Densidad = 0.8927 grs/cc

Viscosidad = 5.4 centipoises

Caudal : Q = 10 gpm

Diámetro de tubería $\phi = 2''$

$$v = \frac{Q \times 144}{60 \times 7.48} \left(\frac{1}{'' \times D^2/4} \right) = 0.956 \text{ pies/seg}$$

- Cálculo del número de Reynolds:

$$N^{\circ} Re = \frac{v \times \phi \times d}{u} = 2,550$$

El coeficiente de fricción de Fanning para un flujo Transicional será: 0.0053

La longitud de la tubería será:

$$L = 5 \text{ m} + 0.7 \text{ m} + 0.2 \text{ m} = \frac{5.9 \text{ m}}{0.304 \text{ m/pies}}$$

$$L = 19 \text{ pies}$$

La longitud del tramo recto de la tubería incluyendo válvulas y codos es:

$$L_T = 19 + 4 \times 32 \times \frac{2.067}{12} + 2 \times 7 \times \frac{2.067}{12}$$

$$L_T = 43.46 \text{ pies}$$

- Cálculo del H_{fs} :-

$$H_{fs} = 0.1367$$

- Cálculo del H_f :

$$Z_L = 3.5 + 2.2 \times \frac{5.7 \text{ m}}{0.3048 \text{ m/pies}} = 18.70 \text{ pies}$$

$$H_f = 18.90$$

- Cálculo de la potencia de la bomba :

$$H_p = 0.194 \text{ HP}$$

La potencia de la bomba en Kw = 0.1387 Kw

c.- Bomba para impulsar la solución pobre al tanque que contiene al electrolito.

La solución pobre es la que se recibe después del filtrado, las aguas de lavado de la Limonita pasan por el filtro prensa y el líquido cae a una artesa de concreto que está a 80 cm hasta el ras del suelo, ésta tiene 1 m de largo

En el plano N°2 se puede ver el diseño .

Datos : Densidad 1.01 grs/cc

Viscosidad 1.03 Cp

Flujo 7 gln/min

Longitud de tramo recto : 3 codos y 2 válvulas

$$L_T = 42.32 \text{ pies}$$

$$\phi = 2.067''$$

$$N^\circ Re = 10,502$$

$$F = 0.0062$$

Siguiendo el mismo procedimiento que en casos anteriores hallamos la potencia de la bomba:

$$Z_L = \frac{3.3 \text{ m}}{0.3048 \text{ m/pies}} = 10.8 \text{ pies}$$

Encontramos que $H_{fs} = 0.0035$

$$H_f = 10.82$$

Potencia de la bomba:

$$H_p = 0.077 \text{ HP}$$

Los K_w que consume ésta bomba son 0.057 K_w

En éstas tres determinaciones de la potencia de las bombas notamos que la potencia es baja y similares, siendo la viscosidad del combustible elevada en comparación con la del electrolito las potencias son parecidas, entonces diremos que la potencia de la bomba para pasar el agua destilada al electrolito variará entre éste rango .Luego podemos decir que la potencia de la bomba para mandar el agua destilada al tanque del electrolito es: 0.2 HP ó 0.148 K_w

7.6.- Cálculo de la potencia del motor para el ventilador.-

Para el proceso de calcinación necesitaremos aire , la cantidad según el catálogo y correspondiente al flujo de combustible es 69 pies³/min ,dispondremos de un ventilador que será accionado mediante un motor de corriente eléctrica.

Se determinará la potencia del motor en base al flujo de aire:

Datos : Viscosidad del aire 0.018 Cp (centipoises)
Densidad " " 0.00118 grs/cc
Flujo Q = 45 pies³/min
Diámetro de tubería ϕ 1" 1.048"
 $Z_L = 3.3$ mts ; 10.85 pies

Cálculo de la velocidad del aire :

$$v = \frac{69 \times 144}{60 \times 0.785 \times 1.05^2} = 131 \text{ pies/seg}$$

Cálculo del número de Reynolds:

$$N^{\circ}Re = \frac{v \times d \times \phi}{u} = 68,000$$

Longitud del tramo recto:

Se tienen 3 codos y 2 válvulas

Largo de tubería 5 mts.

$$L_T = 26.04 \text{ pies}$$

La carga desarrollada por la bomba: H_{fs}

$$H_{fs} = \frac{2 \times F \times L_T \times v^2}{g_c} = 1,480 \frac{\text{ft-lb f}}{\text{Lb-masa}}$$

Cálculo de H_f :

$$H_f = 1,905$$

Cálculo de la potencia desarrollada por la bomba:

$$P = \frac{Q \times d \times H_f}{0.25 \times 550} = 0.81 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia} = 0.55 \text{ Kw}$$

Cap VIII

8.-ESTUDIO CINETICO

8.1.- Clasificación General del Proceso desde el punto de vista Cinético .-

Determinación de la velocidad de reacción.-

La reacción es heterogénea en la celda por que están presentes la fase sólida y la fase líquida .

Energía Térmica.- El proceso es isotérmico ,es decir se realiza a calor constante, no hay retiro ni adición de calor al sistema durante el proceso electrolítico y la temperatura de conducción del proceso varía en el curso de la reacción .

La velocidad de reacción es la rapidez con que una reacción • proceso se realiza, bajo condiciones especiales.

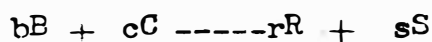
La velocidad queda definida por la expresión siguiente:

$$r = \frac{dx}{d\theta}$$

Donde "x" es la conversión medida como la masa de un reactante particular convertida por masa total alimentada

θ es el tiempo de reacción

Una reacción química unitaria y reversible



Su expresión termodinámica del equilibrio es:

$$K = \frac{a R^r \times a S^s}{a B^b \times a C^c}$$

En toda reacción química reversible tenemos 2 velocidades y éstas son proporcionales a las actividades de los componentes Según la ley de acción de masas ;siendo k el factor de propor-

cionalidad .Reacción de ida : $r_1 = k \cdot aB^b \cdot aC^c$

. Reacción de regreso : $r_2 = k' \cdot aR^r \cdot aS^s$

La velocidad resultante del conjunto en un momento dado es:

$$r = r_1 - r_2 = k \cdot aB^b \cdot aC^c - k' \cdot aR^r \cdot aS^s$$

En el equilibrio $r_1 = r_2$

La velocidad resultante del conjunto en un momento dado es:

Por lo tanto : $\frac{aR^r \cdot aS^s}{aB^b \cdot aC^c} = \frac{k}{k'} = K$ (constante termodinámica de equilibrio)

Además : $k' = \frac{k}{K}$

Reemplazando tenemos la expresión de la ecuación para la reacción simple reversible:

$$r = k \left(aB^b \cdot aC^c - \frac{aR^r \cdot aS^s}{K} \right)$$

Donde :

r = Derivada de la conversión en función del tiempo

K = Constante termodinámica de equilibrio

k = Constante de la velocidad de reacción

a = Masas activas

b, c, r, s Exponentes de las actividades. Integrando la derivada de la conversión en relación al tiempo obtenemos el tiempo que demora el proceso

Las actividades se sustituyen por las concentraciones del soluto en moles por litro de solvente.

Luego tenemos la expresión siguiente:

$$r = k_c \left(cB^b \cdot cC^c - \frac{cR^r \cdot cS^s}{K_c} \right)$$

$$r = k_c \frac{nB^b \cdot nC^c}{b V_c^{b+c}} - \frac{nR^r \cdot nS^s}{K_c V_c^{r+s}}$$

K_c y k_c tienen dimensiones diferentes (en la neutralización)

$$r = \frac{k_c \cdot n}{V_a}$$

Sabemos que : $X_A = n_{A_0} - n_A$

El tiempo de de reacción será:

$$\theta = - \int_{n_{A_0}}^{n_A} \frac{dn_A}{V_c}$$

La ecuación de velocidad :

$$r = k_c \frac{n_A}{V_c}$$

siendo V_c el volumen del sistema que es constante para líquidos
combinando ambos valores se tiene:

$$\theta = - \frac{1}{k_c} \int_{n_{A_0}}^{n_A} \frac{dn_A}{n_A} \quad \theta = - \frac{1}{k_c} \ln \left(\frac{n_A}{n_{A_0}} \right)$$

$$\theta = \frac{1}{k_c} \ln \left(\frac{n_{A_0}}{n_{A_0} X_A} \right)$$

K_c = Constante cinética en unidades de concentración

k_c = Constante de velocidad de reacción

Cap IX

9.- DISPOSICION DE PLANTA

9.1.- Disposición de Planta.-

Para nuestra planta contamos con espacios para ampliación así como para la adopción de eventuales innovaciones técnicas.

Bién sabemos que la eficiencia de la operación manufacturera depende en gran medida de la disposición de los equipos pues ésto repercute en economías de movimiento , tiempo y materiales y en general en la facilidad dinámica del proceso. Necesitamos una área destinada a la producción de aproximación de 230 m^2 en la cual se distribuyen nuestros equipos de acuerdo a la siguiente disposición de planta recomendada y exigencias del proceso .

Todos los costos de equipo han sido afectados por costo de planta vigente, para el transporte de carga en camiones una distancia de 70 Km el costo del Kg es de 4.00 soles el kilo
Fletes vigentes para el transporte de carga en camión a nivel nacional ORETT-1974.

La planta estará instalada sobre una extensión de 964 m^2 , teniendo un frente de 38 m x 28 m de ancho.

- El área destinada a la producción es de 230 m^2 los cuales estarán techados, su ubicación está en la parte central y lateral derecha de la planta .En el lado izquierdo tenemos las oficinas de producción y administración .
- Servicios para el personal de administración y almacén de productos terminados , el área será de 200 m^2 .

En el lado izquierdo también se disponen de 100 m de terreno techado para guardería, vestuarios y servicios higiénicos para el personal de producción y almacén de materias primas e insumos, se tiene además un área de 400 m² de terreno no techado en el interior de la planta y exterior de 24 m².

Entrada de pista de 5m de cada extremo, 3 m de ancho para una puerta metálica, la puerta metálica es de doble abertura.

Un área de vereda.

Toda la planta estará cercada por muros de ladrillo de soga, con una altura de 2.5 m, el piso será de concreto para la zona de producción y administración, el del almacén será de vinílicos.

9.2.- OBRA CIVIL

9.2.1.- Tipo de Obra y Especificaciones.-

El tipo de obra civil estará sujeto a las siguientes especificaciones:

- Movimiento de tierras y replanteo con un área de 100 m²
- Cimentación de concreto ciclópeo para muros de cerco de 0.4 m x 0.4 m, con una longitud de 800 m.
- Sobrecimiento de concreto ciclópeo para muros de cerco de 0.25m x 0.3 m con una longitud de 800 m.
- Muros exteriores de cerco de soga de 0.15 m con una longitud de 800 m, por 2.5 m de ancho.
- Zapatos para columnas de madera de concreto simple.
- Falso piso con un área de 552 m² y de 0.1 m de espesor.
- Tanques divisorios de planchas de eternit lisos.
 - Fuentes de desague
 - Fuentes de agua

- 3 inodoros de losa 2 para producción ,1 para administración
- 3 lavatorios de losa 2 para producción ,1 para administración
- Una ducha corrida revestida de mayólica para producción.
- Sistemas eléctricos de fluorescentes ,toma corrientes, interruptores de medidor trifásica de distribución normal.
- Pañeteado y pintado al temple
- Puertas de madera (4) 2.10m x 0.90 m
- Ventanas de madera (6) 2.10 m x 0.90
- Cerrajería

9.2.2.- Distribución de Areas.-

Area de producción	24 m ²
" de la oficina de planta	50 "
" del Almacén	30 "
" del laboratorio	20 "
" de Rectificadores	12 "
" del Taller	48 "
" Servicios para empleados	30 "
" Celdas de electrólisis	117 "
" Servicios para operarios	28 "
" Patios de minarales	50 "
" Tanques	46 "
" de equipos	24 "
" de calcinación	12 "
Total de distribución de áreas	<hr/> 491 m ²

9.2.3.- Costo Estimado de la Obra Civil.-

Considerar tres zonas : dentro de la planta y fuera de la planta cercado del terreno.

La edificación completa y el techado del área de producción están en función del costo de la mano de obra del lugar a razón de 100 soles por día y también de acuerdo al costo de flete.

Para el transporte de carga en camiones ,para el acarreo de los materiales de construcción a razón de 556 soles la ton. Los costos por obra civil fuera de la planta incluyen los tendidos para líneas de agua y desague en una longitud aproximada de 50 m hacia la planta, a partir de una tubería troncal cercana que no se vería muy recargada por el aumento de nuestro servicio.

Lo que en su diseño se han considerado los posibles aumentos en sus servicios por efecto del desarrollo.

El costo ha sido estimado por la Dirección General de Obras Sanitarias del ministerio de vivienda en 1'190,897.40 ,incluye la mano de obra , tuberías , caja de control y las llaves para las conexiones en la línea de toma para la planta.

Para el tendido de línea del fluido eléctrico en una extensión aproximada de 50 mts hacia la planta a partir de una línea de tensión que pasa por la planta que tampoco se vería muy afectada por nuestro servicio, ya que solo necesitaríamos 678Kw-hr al mes ,el costo ha sido estimado por Electro Perú en 20,342 soles La mano de obra, postes, cables, cajas y llaves de control para la línea hasta las conexiones para la planta éste costo será estimado en 30,000 soles.

Costos Estimados para la Mano de Obra Civil

Obra	Tara-Costo	Extensión	Costo estimado
Cerco	600 soles/m	50 m ²	30,000.00
Edificación completa	1,500 "	908 "	1'044,834.00

Techado del A. de producción	1,300 S./m	6 m ²	7,800.00
Toma de agua y desague		50 "	47,521.00
Tendido eléctrico		50 "	28,263.40
Porcentaje al Ingeniero 3%			32,479.00
Total de costo estimado para la Obra civil			1'190,897.40

Fuente : Dirección general de obras sanitarias del Ministerio
de vivienda. Gerencia de Obras de Electro Perú

9.2.4.- Ampliaciones Futuras.-

Hemos estimado un área techada para la producción de 230 m²
Para los almacenes de materias primas y de productos terminados
un área de 80 m². De acuerdo a la expansión de la planta así
como a posibles técnicas dentro del proceso de producción, se
dispondrá de un área no techada de 400 m² que servirá como
área de maniobras para vehículos que llegan a la planta por
movimientos de materias primas, insumos, productos terminados

9.2.5.- Disposición de Planta y necesidades de mano de Obra.-

a).- Plant Layout.- El Plant Layout lo podremos apreciar en el
plano N°1 que indica la ubicación de las principales áreas
de trabajo o secciones, las áreas de almacenamiento, las ofici-
nas.

Para hacer una adecuada disposición de planta debe tenerse en cuenta la relación que existe entre las distintas operaciones y el flujo que sigue todo el proceso de fabricación; en el plano N° 2 puede observarse todo el proceso de fabricación.

Descripción de las siguientes secciones :

a).- Patio de minerales.-En el patio de minerales se depositará toda la chatarra de hierro que llegan de los distintos establecimientos que nos abastecen ,el piso ha de construirse de concreto, está dividido en varios compartimientos de manera que cada proveedor disponga de un lugar de depósito.

La ubicación dentro de la planta nos indica que tiene un área de 50 m^2 .

Mano de obra .- La labor la realizan 2 operarios uno para cada turno ,la labor consiste en hechar la chatarra a las celdas... uno es semicalificado y el otro no .

b).- Sección de electrólisis.- Según el proyecto se construirán 7 celdas de electrólisis, con un área de trabajo de 100 m^2 , el funcionamiento , el proceso y las características han sido ya explicadas.La construcción de las celdas es de concreto y con techo de planchas de eternit, lleva ductos para extraer el gas hidrógeno .

Mano de obra.-En ésta sección trabajan 3 operarios ,los 2 operarios del patio de minerales son los mismos que trabajan en en la sección de electrólisis por que como se sabe el trabajo consiste en llevar la chatarra a las celdas ;el tercer operario es también calificado .La carga para uno de los calificados será

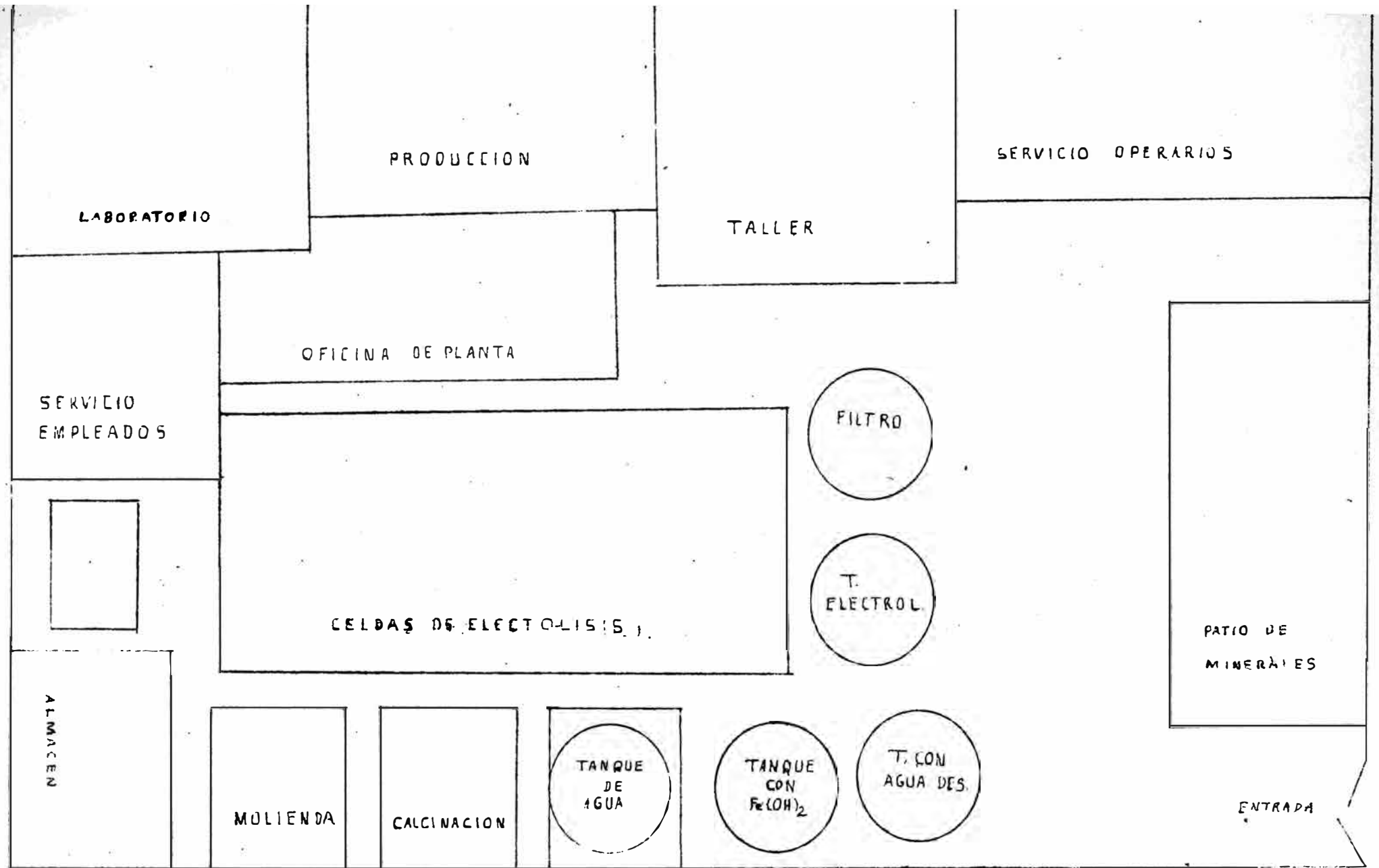
controlar que todo el proceso se realice satisfactoriamente y cuidar del buen funcionamiento del equipo para la electrólisis tal como : control del flujo de fluido (electrolito), preparación del electrolito, que las celdas queden herméticamente sujetas durante el funcionamiento ,limpiar las celdas cada vez que se requiera ,cargarlos, lavar los electrodos .En ésta área se trabajará en tres turnos ,un operario por cada turno ,24 horas trabajarán las celdas .El operario del segundo turno al desocuparse realizará otra labor .

c).- Sección de procesos diversos.-

1.- Sección de Oxidación .- En ésta sección se instalará una compresora para oxidar el hidroxido ferroso que sale de las celdas .

Mano de Obra.- La labor la realiza un operario no calificado en un solo turno ,el trabajo del primero consiste en controlar las válvulas de salida del $Fe(OH)_2$ ya oxidado que será el $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ proveniente del tanque donde se ha insuflado aire, también llega agua destilada para lavar la limonita.

Mano de Obra.- La labor la realiza el mismo operario que está en la sección de oxidación, se encarga de los lavados en el filtro ,hacer controlar el filtro prensa controlar la válvula de salida de la limonita del tanque ,se encarga también de que las aguas del filtrado, (soluciones pobres) se dirijan al tanque de almacenamiento del electrolito mediante el manejo de la borba y de las válvulas .



PLANO N° I
DISTRIBUCION DE AREAS

PLANTA DE FABRICACION DE OXIDO FERRICO

ESCALA 1:200

3.- Cuarto secador.- En éste cuarto se llevará a cabo el proceso de secado de la limonita que sale del filtro ,habrán ahí una especie de estantes con divisiones donde se colocarán las bandejas con limonita la construcción del cuarto será de ladrillos ,tendrá de dimensiones 1m x 1.50 m.

Mano de Obra.- La operación de transportar las bandejas al cuarto la realizará el mismo operario ,controlará el tiempo que deben permanecer las bandejas y temperatura de la estufa.El área de ésta sección es de 12 m².

d)- Sección de calcinación.- En ésta sección se encontrará el horno con el combustible ,el ventilador.Del cuarto secador se sacarán las bandejas después que halla pasado un tiempo reglamentario de secado ,las bandejas se colocarán en el horno ,después que el horno esté caliente .El horno estará construido de ladrillos refractarios de sílica arcillosa .La calcinación se llevará a cabo usando un quemador a petroleo.

Mano de Obra.- El trabajo de cargar las bandejas será realizado por un operario no calificado ,controlar el funcionamiento del quemador ,el flujo de combustible ,en el segundo turno habrá otro operario no calificado ,éste será el que esté desocupado en el segundo turno de la sección de electrólisis ,éste operario controlará el flujo de aire y sacará las bandejas del horno para pasar a la sección molienda ,sacarán el óxido del horno usando guantes de asbesto para cubrirse las manos ya que la temperatura en la puerta del horno es de 650°C ,y palas de hierro para sacar el producto,el área ocupada será de 12 m²

e).- Sección Molienda.- Se ha denominado sección molienda al área de trabajo donde está instalado el molino de bolas, ésta unidad es movida por electricidad y la operación se realiza por batch durante las 16 hrs del día, toda la operación de molienda es efectuada mecánicamente, solo requiere cierta supervisión.

Mano de Obra.- Para ésta labor se requiere un operario semicalificado para un turno y para el otro turno un operario no calificado que también se hará cargo de otras labores al estar desocupado, su carga de trabajo será hechar el óxido al molino, supervisar el material y el buen funcionamiento del equipo. El área para ésta sección es de 12 m².

f).- Sección pesada y envasada.- La pesada se efectúa en la balanza que tenemos para una capacidad de 100 Kgs, se pesará la cantidad de 50 kgs de óxido férrico para luego envasarlo en bolsas de plástico, ésta operación de pesada y envasada la realizará el mismo operario semicalificado que labora en la sección molienda, la carga de trabajo es de 8 hrs.

g).- Almacén.- En el almacén se depositarán las bolsas con el producto terminado listos para su respectiva venta o envío al lugar de distribución. La construcción del almacén será de concreto, con techo de eternit.

Personal.- En el almacén trabajará un operario no calificado en el primer turno y un empleado jefe de almacén, el operario será el ayudante. El trabajo del almacenero es controlar la balanza de plataforma registrando la entrada de minerales y las

otras materias primas, llevar el cardezo respectivo de materiales productos terminados, repuestos, combustibles, reactivos etc.

El ayudante se encargará de hacer las labores manuales del almacén.

h).- Taller.- El taller dará servicio de mantenimiento a la maquinaria, estará equipado con lo indispensable, un equipo de soldadura eléctrica, un equipo de soldadura autógena, herramientas de mecánica.

Personal.- Para mantenimiento se tendrá un mecánico de banco y un ayudante oficial, la carga de trabajo es prestar servicio a cualquier sección o equipo que esté malogrado, el horario de trabajo será de 8 hrs, para cuando las necesidades exigen se puede prolongar el taller y se construirá de características semejantes al almacén y con los mismos materiales.

i).- Laboratorio.- El laboratorio debe estar equipado para hacer los análisis que se requieran dentro del proceso de fabricación contándose con una estufa eléctrica de 700°C, una balanza analítica, reactivos, probetas etc.

Personal.- El puesto del laboratorio será ocupado por un ensayador técnico, la carga de trabajo es efectuar todos los análisis que se necesitan en la planta para la producción. La construcción del laboratorio será de concreto con acabado interior, tendrá tuberías para agua, gas

j).- Sección de procesos varios.- Se ha agrupado en ésta sección a los tanques que se necesitan, la operación de preparación del electrolito la efectuará un operario calificado.

Cap X

10.- TAMAÑO DE LA PLANTA.-

10.1.- Relación Tamaño- Mercado.-

El consumo de óxido férrico ha aumentado en los últimos debido a que a aumentado el número de importadores y creación de compañías que requieren de éste insumo.

En el periodo de 1970-1974 la tasa de aumento en el consumo de óxido férrico fué de 59 % como se puede apreciar a través de los datos históricos ,el consumo en TM llegó hasta 905 TM en el año 1973 referidos a la demanda,cifra que demuestra la posibilidad de dicho mercado .

La proyección demandada para el año 1979 será de 1'388,600 Kgs Si además recordamos que las demandas no satisfechas para los años 1975 en adelante son a partir de 51 ton..

Entonces se justifica la instalación de una planta con una capacidad inicial de 635,280 kgs que tenga en cuenta el crecimiento de la demanda

10.2.- Relación Tamaño - Rentabilidad.-

Los recursos permiten escoger varios tamaños de planta para los cuales la evolución económica no muestra grandes diferencias . El criterio de prudencia nos aconsejaría escoger aquel tamaño que dando lugar a una evolución satisfactoria,aunque no necesariamente la mas óptima,puede financiarse con mayor seguridad y comodidad posible.

De acuerdo a la tecnología del proceso de producción se puede decir que la fabricación se logrará con una capacidad utilizada de 531,250 Kgs de óxido férrico al año ,o un 90 % de ésta cantidad ya que el tiempo de ciclo de trabajo está en relación con una producción de 478,125 Kgs y según ésta la capacidad de la planta sería 500 ton métricas, cambiar el tiempo de ciclo significaría cambiar toda la tecnología del proceso ,o en otro caso fragmentar el tiempo de ciclo ,sería incurrir en el aumento de todos los costos .

Tamaño	Costo Total	Producción Kgs	Precio Unitario
635,280	8'977,199	531,250	16.90

10.3.- Tamaño de Planta Recomendada .-

Las alternativas del tamaño entre los cuales se puede escoger el proyecto se van reduciendo a medida que examinamos las cuestiones relacionadas con el mercado ,disponibilidad de recursos y rentabilidad .

La magnitud del mercado nos da la primera orientación en cuanto a la disponibilidad de recursos, vemos que no es realmente un factor limitativo del proyecto por la abundancia de los mismos y en cuanto a la rentabilidad diremos que no es impositiva por cuanto nos condiciona a un importante factor tecnológico.

Si nos remitimos a la demanda diremos que el crecimiento aproximado es de 94.8 TM al año .

Consideremos que dicho crecimiento depende en gran parte de las políticas de desarrollo de las compañías o fábricas, se recomienda

observar el comportamiento del mercado y permitir el planeamiento de las futuras ampliaciones.

Teniendo presente todas las consideraciones anteriores, admitimos una capacidad inicial instalada de 635,280 Kgs de óxido férrico por año que cubrirá la demanda proyectada y parte de las importaciones .

Las observaciones del mercado definirán también la política de ampliación sobre las 635,280 Kgs al año iniciales dada la buena rentabilidad del proyecto .

Cap XI

11.- LOCALIZACION DE LA PLANTA

11.1.- Alternativas.-

Para determinar la localización de la planta consideraremos hasta 4 alternativas de acuerdo a la existencia de materias primas en éste caso : (Vitarte (carretera central).Callao, Huacho, Ventanilla. Diremos que éstas posibilidades fueron: Huacho, Vitarte

Sitios donde venden chatarra en la Provincia de Lima

Vendedores	Distrito	Mercado	Producción Ton/año
Fierro S.A	Callao	Local	2,500
Manuel Alvares Calderón	Chancay	Local	1,600
Coresa	Lima	Local	1,500
Fierro metal Santa Maria	Vitarte	Local	2,000

Fuente "MEPSA" compañía donde compran chatarra de hierro

11.2.- Análisis de los Factores Locacionales.-

Para considerar el estudio del emplazamiento consideramos que algunas de las fuerzas locacionales tales como:

Localización de las materias primas ,costo de mano de obra, energía agua, condiciones de vida, leyes , estructura tributaria, clima etc tenían casi igual ponderación en la elección del lugar.

Por eso determinamos la ponderación en base a otros factores locacionales tales como la : Política de descentralización, mayor

desocupación de mano de obra, terrenos disponibles, acceso a los establecimientos de materias primas, capacidad de producción, extensión actual del mercado, facilidad de transporte y distribución, menor flete terrestre para insumos en los diversos distritos.

Análisis de las cuatro zonas:

Refiriéndonos al suministro de las materias primas diremos que Huacho es un lugar donde casi no hay proveedores de chatarra y se encuentra distante de ellos.

En Huacho no hay fábricas cercanas donde requieran el óxido férrico, no hay disponibilidad de combustible en Huacho.

En Ventanilla el proveedor está cercano y es la Refinería de la Pampilla.

En Huacho habría que excavar un pozo para el suministro de agua. En las otras tres zonas sí hay disponibilidad de agua.

También en estas zonas hay disponibilidad de electricidad;

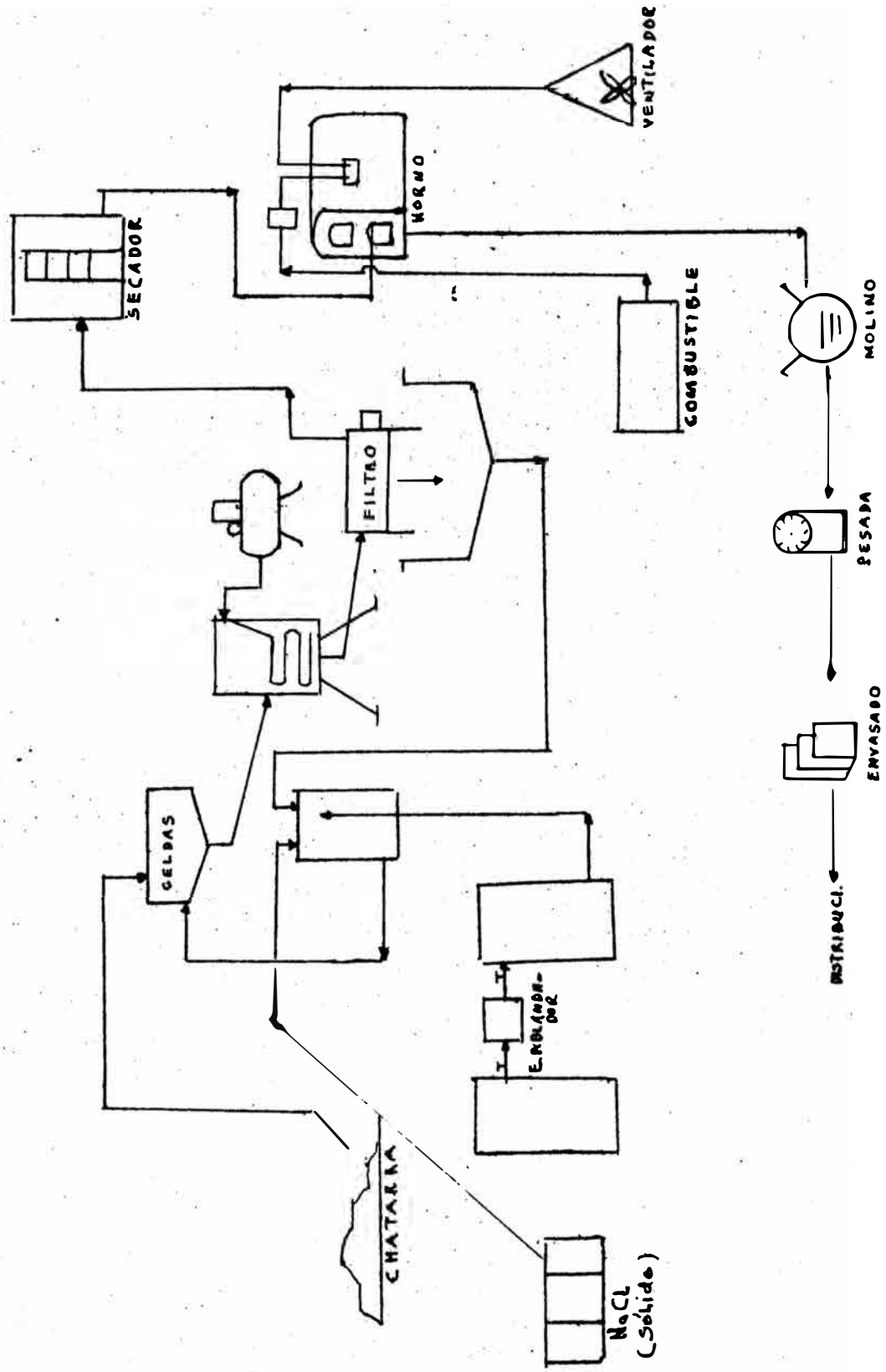
En Huacho necesitamos un generador de corriente alterna.

Ventanilla se encuentra algo distante a las materias primas por ejm a la fábrica Química del Pacífico la cual nos vende Cloruro de Sodio, pero se encuentra más distante a Vitarte y cerca al Callao. El clima en estas 4 zonas es favorable.

- En Huacho hay restricciones legales ya que es zona sísmica, y por lo tanto el impuesto es más alto. Ahí no hay códigos sobre la disposición de residuos.

-Respecto a la contaminación ambiental no habrá problema ya que el gas hidrógeno que se desprende durante el proceso se recogerá

FLOW SHEET



11.2.1.- Factores que influyen en la Localización de la Planta

Los factores que se consideran generalmente dentro de los aspectos económicos y de operabilidad de la localización de la planta se clasifican en dos grandes grupos:

Los factores primarios: que son los que influyen en la selección de una región.

Los factores específicos: Son los que deciden el lugar exacto dentro de la región

Factores Primarios.-

1.- Suministro de Materias Primas.-

- a).- Disponibilidad de proveedores existentes y futuros
- b).- Uso de materiales sustitutos
- c).- Distancia

2.- Mercado.-

- a).- Demanda en función de la distancia
- b).- Crecimiento o disminución
- c).- Requisitos de inventario en bodega
- d).- Competencia presente y futura

3.- Suministro de energía y de combustible

- a).- Disponibilidad de electricidad y de varios tipos de combustible.-
- b).- Reservas futuras
- c).- Costos

4.- Suministro de agua

- a).- Calidad , temperatura, contenido de sólidos, contenido de bacterias
- b).- Cantidad
- c).- Seguridad puede implicar la construcción de tanques de almacenamiento.

111 -c) .-Costos

5.-Clima

- a) .-Inversión necesaria para la construcción
- b) .-Condiciones de humedad y temperatura

Factores Específicos.-

6.-Transportes

- a) .- Disponibilidad de varios servicios y tarifas proyectadas
- b) .-Carretera usada generalmente para embarques pequeños a distancias cortas
- c) .-Agua ,transporte mas barato pero puede ser lento e irregular

7.-Disponibilidad de los residuos

- a) .- Leyes reguladoras
- b) .-Posibilidad de contaminación de las corrientes de agua

8.-Mano de Obra .-

- a) .-Disponibilidad de personal especializado
- b) .-Relaciones obrero-patronales, historia y estabilidad del área
- c) .-Estabilidad de los salarios

9.-Leyes Reguladoras

- a) .-Códigos para la construcción
- b) .-Ordenanzas locales
- c) .-Restricciones por carreteras
- d) .-Códigos sobre la disposición de residuos

10.-Impuestos.-

a) .- Impuestos locales y estatales

- 1.-Sobre ingresos
- 2.- Seguros por desempleo
- 3.-Sobre la propiedad

- b) .- Impuestos bajos o exenciones por tiempo limitado para atraer a la industria

11.- Características del lugar.-

- a).- Contorno del lugar
- b).- Estructura del suelo
- c).- Acceso a carreteras , a ferrocarriles y al agua
- d).- Espacio para extensiones futuras
- e).- Costo de terreno

12.- Factores de la comunidad.-

- a).- Rural o urbana
- b).- Costes de la habitación
- c).- Aspectos culturales, bibliotecas , teatros
- d).- Servicios médicos, hospitales, .Sistemas escolares

11.2.2.- Método de Evaluación de Factores por Puntos.-

Se dará un puntaje según los factores a cada una de las 4 zonas
El puntaje dado será de 0 a 10; luego la zona cuyos factores
sumen un mayor puntaje será la elegida para localizar nuestra
planta.

Factores	Zonas			
	Huacho	Ventanilla	Vitarte	Callao
a	0	5	4	5
b	2	1	1	1
c	1	4	4	4
a	1	5	5	5
b	1	3	3	3
c	0	2	1	0
a	1	4	2	2
b	2	3	3	2
c	2	3	1	1
a	0	6	4	3
b	2	3	2	1
a	1	4	2	3
b	2	1	0	0
c	3	1	3	4
a	0	4	3	4

disponibles	b	4	7	6	5
	c	6	6	5	4
Suministrade agua	a	1	4	2	2
	b	2	3	3	3
	c	0	3	1	2
Mano de obra	a	0	4	3	
	b	1	3	2	2
	c	0	3	3	3
Leyes reguladoras	a	1	3	2	
	b	0	2	2	1
	c	0	1	0	2
Impuestos	a	4	6	7	6
	b	2	5	4	3
Características del lugar	a	1	4	3	2
	b	1	4	2	3
	c	0	2	2	1
Factores de la comunidad	a	0	3	3	2
	b	4	5	6	
	c	0	1	3	4
Total de puntos		45	118	100	95

El mayor puntaje corresponde a la zona de Ventanilla. Por lo tanto decimos que es factible colocar la planta en Ventanilla

11.3.- LOCALIZACION RECOMENDADA DE LA PLANTA.-

Después de evaluar los factores de localización se dedujo que la zona mas favorable para colocar nuestra planta es el distrito de Ventanilla. Puesto que se dispone de energia eléctrica, agua ,etc. Además por que del informe del Ministerio de Industria y Turismo es un sitio que está disponible ,ya que hoy en dia cualquier otro sitio está ocupado. El M.I.T. no tiene en proyecto la asignación de los terrenos escogidos para nosotros para la posible ubicación de la planta.

De acuerdo con nuestras exigencias se necesitan aproximadamente 500 ton métricas de chatarra al año, que serían proporcionadas

fácilmente por los proveedores de chatarra

Respecto al agua se podría decir que existe en cantidad suficiente como para cubrir los consumos de producción y servicios.

En cuanto a la energía eléctrica actualmente es abundante sin embargo el servicio está todavía orientado principalmente al alumbrado público ,servicio doméstico y en menor escala al comercial y a la pequeña industria.

La disponibilidad de la mano de obra en Ventanilla es bastante asequible ,tratándose de un trabajo en el que no se necesita fuerza física,se podría entrenar al personal de producción durante un corto tiempo.

Cap XIII

12.- EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO .-

Estudiaremos en éste capítulo los elementos de costo para evaluar la conveniencia de una inversión de capital para la ejecución del proyecto .Se va a enfocar el análisis de costo en base al departamento de producción:

- Costo de producción del óxido férrico a partir de la electrólisis de la chatarra de hierro .

Se tienen que analizar los siguientes aspectos:

12.1.- Capital de Inversión.-

12.1.1.- Capital Fijo.-

Total de maquinaria y Equipo		2'033,000
<u>Equipo de Laboratorio</u>		
1 Calentador eléctrico	5,000.00	
1 Balanza de precisión	40,000.00	
Estufa de laboratorio	6,800.00	
Densímetro	10,000.00	
Buretas, probetas, vasos	12,000.00	
2 voltímetros de control	14,000.00	
Una mesa y armario	<u>25,000.00</u>	
Total equipo de laboratorio		112,800.00
<u>Equipo Auxiliar.-</u>		
20 bandejas de fierro	4,000.00	
2 palas de fierro	350.00	
Herramientas (taller)	80,000.00	
Camioneta de 2 Ton.	255,000.00	
Recubrimiento interior (asfalto y plástico)	<u>18,000.00</u>	
Total de equipo auxiliar		357,350.00

Equipo de Seguridad.-

2 Pares de anteojos	2,700.00	
3 Pares de guantes de asbesto	1,200.00	
1 Extingidor	6,000.00	
	<hr/>	
Total de equipo de seguridad		9,900.00

Equipo de Oficina.-

1 Escritorio para el grtel	10,000.00	
1 Escr. jefe de planta	8,000.00	
" contador	7,200.00	
" secretaria	6,200.00	
1 Máquina de escribir	11,000.00	
1 Armario	3,995.00	
1 Vitrina	4,095.00	
1 mesa para mecanografa	995.00	
Papeleras	4,000.00	
1 Escritorio simple	3,000.00	
6 sillas	2,500.00	
1 calculadora	14,000.00	
Archivadores	3,100.00	
	<hr/>	
Total equipo de oficina		78,085.00

Total de Costo de Equipo puesto en obra		2' 591,135.00
Costo de instalación 8% del costo del equipo	207,290.80	
Costo del equipo instalado		2' 798,425.80
Costo de tuberías 2% del equipo instalado		55,968.51
Costo de investigación y estudio		20,000.00
Costo del terreno 964 m ² a 300 \$/m ²		289,200.00
Costo estimado de la mano de obra civil		1' 190,897.40

Plano arquitectónico	15,000.00
Costo de organización de la empresa :1% del equipo instalado	27,984.25
Costo de ingeniería y administración	20,000.00
Costo de puesta en marcha	20,000.00
Imprevistos 5% del costo de la planta	232,238.33
Intereses durante la construcción 8% del costo de la planta	371,581.12
<u>Total de Capital Fijo</u>	<u>5'248,586.10</u>

12.1.2.- CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo se determina de tal manera que se pueda atender las necesidades de operación para un mes de trabajo y las siguientes son :

1.- Materias Primas.-

a-Costo de chatarra de hierro 1 Kg de chatarra puesto en planta 5.50s/. ,41,444 Kgs serán	227,920.00
b-Cloruro de Sodio.1Kg de NaCl puesto en planta, 8.00 s/ 1,300.00 Kg x 8.00 :	10,400.00
c-Fluido eléctrico para el proceso de electrólisis: 23 Kw-hrx 26 <u>dias</u> x24 <u>dias</u> x1.00 mes hr	14,352.00
Potencia instalada:27 s/ x 23 Kw-hr	621.00
d- Agua para el proceso: 143,184 m ³ al mes a 30 s//m ³	<u>4,295.00</u>
Total de Materias Primas	257,588.00

2.- Materiales de Servicios.-

a- Combustible petroleo Diesel Nº 2 ;puesto en planta 14 s//gln 2,103 glns	28,393.20
b- Envases : 885 bolsas a 10 s//bolsa	<u>8,850.00</u>
Total de Materiales de Servicios	37,243.20

- Bancos y Cajas (desembolsos en 30 días)	300,000.00	
- Productos vendidos por cobrar: 1,100 $\frac{\text{Kgs}}{\text{dia}} \times 36 \frac{\text{S/}}{\text{Kg}} \times 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$	1'188,000.00	
<u>Total de Capital de Trabajo</u>		<u>1'782,831.00</u>
<u>INVERSION TOTAL</u>		<u>7'031,417.10</u>

12.2-COSTO TOTAL DE PRODUCCION.-

12.2.1.- Costos de Fabricación:

12.2.1.1.- Costo Directo.-

a.- Materias Primas Directas.-

- Agua para el proceso de electrólisis al año: 1'060,247 m ³	31,807.41	
- Chatarra de hierro en el año se necesitan: 497,280 Kg	2'735,040.00	
- Envases : 10,625 bolsas	100,000.00	
-Cloruro de sodio al año: 14,289 Kg x 8.00 S/	114.312.00	
- Fluido eléctrico: Consumo de energía : 170,000 $\frac{\text{Kw-hr}}{\text{año}} \times 1.00 \frac{\text{S/}}{\text{Kw-hr}}$	170,000.00	
- Por potencia instalada: 23 $\frac{\text{Kw-hr}}{\text{mes}} \times 27 \frac{\text{S/}}{\text{Kw}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$	7,452.00	

Total de Materias Primas Directas 3'158,611.41

b- Mano de Obra Directa.-

Area de trabajo	Clase	Jornal	Oper.	Turn.	Jornal-turno total		
					I	II	III
Electrólisis	calif.	163			163		163.0
	"	252	3	3		277.2	277.2
	"	315					315 315.0
Oxidación							
Filtración	no calf.	119	1	1	119		119.0
Secado							

Calcinación	no calf.	119	1	2	119	119.0
Molienda Pesada Envasado	semi.calf.	163	1	1	163	163.0
Almacenaje y diversos	no calf.	119	1	1	119	119.0
Total diario			7			1,275.2
Total anual						396,587.0

Nota: El operario que trabaja en electrólisis en el segundo turno también se encargará del horno en el proceso de calcinación en el 2do turno ,por ésto se le dará una bonificación del 10%

Resumen:

-Mano de obra :7 operarios entre las 3 clases	396,587.00
-Beneficios Sociales:50.8 % de los salarios anuales	201,466.20
Total de Mano de Obra Directa:	598,053.20
<u>Total de Costo Directo</u>	<u>3'756,664.61</u>

12.2.1.2.- Gastos de Fabricación.-

a- Materiales Indirectos.-

- Recomendaciones de proveedores de maquinaria:1% del valor de la maquinaria	20,330.00
- Combustible petroleo Diesel N°2 24,184 gln/año	326,484.00
- Otros materiales:lubricantes,grasas,pinturas,waipe,limpieza,ropa,	25,000.00
- Red eléctrica para alumbrado de la planta	1,400.00
Total de Materiales Indirectos	373,214.00

b- Mano de Obra Indirecta.-

Los gastos indirectos que deben cargarse por concepto de las instalaciones y servicios para los empleados son los correspondientes a vigilancia de las horas de entrada y salida del personal, vestidores dispensario, oficina de empleos, preparación de la nómina, cafetería, mantenimiento, superintendencia general, compras y tráfico, servicios de teléfono etc.

Mano de Obra Indirecta Empleados.- Empleados

Puesto	Haber Mensual	Haber anual
Jefe de Producción	25,000.00	300,000.00
Pagador cajero	6,000.00	72,000.00
Laboratorista	8,500.00	102,000.00
Almacenero	6,000.00	72,000.00
Portero	4,000.00	48,000.00
Chofer	5,000.00	60,000.00
Mecánico electricista	11,300.00	135,600.00
Ayudante	4,000.00	48,000.00
Total	69,800.00	837,600.00

- Mano de obra indirecta.-

Entre sueldos se han considerado 837,600.00

- Beneficios Sociales empleados
50.2 % del sueldo 420,475.20

Total de Mano de Obra Indirecta 1'258,075.20

c- Gastos Indirectos.-

Se ha considerado Energía y luz eléctrica:

Fluido eléctrico para accionar las bombas centrífugas:

Bomba de potencia 0.113 Kw.-

Potencia instalada:

0.113 x 27 S/ x 12 36.61

Consumo de energía:

0.113 x 1.00 x 26 x 8hr x 12mes 282.05

- Bomba de 0.139 Kw:

Potn.ins. 0.139 x 27 x 12 45.04

Cons. 0.139 x 1.00 x 26 x 15 x 12 693.88

- Bomba de potencia: 0.077 HP	
Poten. instl.	18.79
Cons. de energia.	144.77
- Bomba de potencia 0.2 HP	
Potenc. inst.	47.95
Consm. de energia.	369.41
- Energia para el filtro prensa:	
1.35 HP. POTENC. instl	324.00
Cons. de energia	1,248.00
- Motor eléctrico de la unidad	
compresora: poten del motor: 2 HP	
Poten. inst.	476.28
Consm. de energia	2,751.84
- Equipo Ablandador 1.89 HP	
Poten. inst.	453.60
Consm. de energia	3,494.40
- Potencia del Molino de Bolas 4.1HP	
poten. inst.	972.00
Cons. de energia	3,744.00
- Potencia del motor para el ven-	
tilador: 0.74 HP	
poten. inst.	177.23
cons. de energia	2,559.96
Agua para el filtro prensa:	
46.8 x 12 x 30 S./m ³	16,848.00
- Alumbrado de la planta	2,503.20
- Agua para servicios higiénicos	
0.1 m ³ x 30 S./m ³ x 300 días/año	900.00
Seguros: 1.067 de maquinaria e ins-	
talación:	2,236,300
	23,861.32
- Depreciación:	
Edificios 5 %	54,131.7
Maquinaria 10 %	203,300.00
Equipo Auxiliar y de labora-	
torio 10 %	40,005.00
Mantenimiento 2.5 % de la	
Inversión	175,785.42
Amortización de gastos de puesta	
en marcha, en 2 años	10,000.00
- Amortización de los gastos de	
instalación e imprevistos en	
4 años: 439,529.1	109,882.27

- Amortización de gastos de ingeniería y Administración on 2 años	10,000.00
- Total de Gastos Indirectos	665,056.72
<u>Total de Gastos de Fabricación</u>	<u>2'296,345.92</u>
TOTAL COSTO DE FABRICACION	6'053,010.53

12.2.2.- Costo de Administración.-

12.2.2.1.- Gastos de Administrar:

Sueldos.- Personal de oficina en general:

Puesto	Sueldo mensual	Sueldo anual
Gerente General	32,000.00	384,000.00
Supervisor de ventas	15,000.00	180,000.00
Contador	13,000.00	165,000.00
Secretaria de gerencia	8,000.00	96,000.00
Mensajero	5,800.00	69,600.00
<u>Total</u>	<u>73,800.00</u>	<u>885,600.00</u>

-Sueldos al personal	885,600.00
- Beneficios Sociales: 50.2 %	444,571.20
- Utiles de oficina y papeleria	20,000.00
- Depreciación de maquinaria e instalaciones de oficina en 4 años	19,521.25
- Amortización de gastos de estudio y organización en 4 años	11,996.06
- Otros gastos de administración	5,000.00

Total Costo de Administración 1'386,688.4

12.2.3.- Costo de Ventas.-

12.2.3.1.- Gastos de Ventas.-

- Sueldo al encargado de ventas 7,000.00 x 12 meses	84,000.00
- Beneficios Sociales: 50,2 %	42,168.00
- Utiles de oficina, papeleria, luz, teléfono etc	15,000.00
- Viáticos, gastos de viaje	60,000.00
- Impuestos sobre ventas, 5 % anual ,531,250 Kgs	956,250.00
- Otros gastos, imprevistos	5,000.00

Total cCosto de Ventas 1'162,418.00

12.2.4.- Costo Financiero

12.2.4.1.- Gastos Financieros.-

- Intereses a pagar en el primer año	371,581.32
- Amortización a largo plazo en 4 años	92,895.33

Total Costo de Financiar 464,476.65

COSTO TOTAL DE PRODUCCION

- Costo de Fabricación	6'053,010.53
- Costo de Administración	1'386,688.4
- Costo de Ventas	1'162,418.00
- Costo de Financiar	464,476.65

cCosto Total de Producción 9'066,593.58

Determinación del Costo Unitario del Producto.-

Costo Unitario $\frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Producción anual}}$

- Producción anual .-

1,708 Kgs/día x 311 días = 531,250 Kgs

- Costo Unitario = 17.25 S/ al Kg

12.3.- DETERMINACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.-

Ventas Netas: (531,250 Ton.M de Fe_2O_3 a S/ 36,000) 19'125,000.00

12.3.1.- Costos FIJOS y Costos VARIABLES.-

- Los costos fijos son constantes para cualquier nivel de producción.

- Los costos variables son directamente proporcionales a la producción realizada, dependiendo del número de unidades producidas.

- Costo de Fabricar	Costo Fijo	Costo Variable
Costo Directo		
Materias Primas		3'158,611.41
Mano de Obra directa	396,587.00	
Beneficios Sociales	201,466.20	
- Gastos de Fabricación		
Combustible		326,484.00
- Otros materiales: lubricantes, grasas etc.	19,000.00	6,000.00
- Mano de Obra indirecta	837,600.00	
- Beneficios Sociales.empl.	420,475.20	
- Recomendaciones de proveedores de maquinaria	20,330.00	
- Red eléctrica para alumbrado de la planta	1,400.00	
- Energia y luz eléctrica	2,503.20	17,839.81
- Agua	500.00	16,848.00
- Seguros	23,861.32	
- Depreciación	277,436.70	
- Mantenimiento		175,785.42
- Amortización de gastos de puesta en marcha	10,000.00	

- Amortización de los gastos de instalación e imprevistos	109,882.27	
- Amortización de los gastos de Ingeniería y Administración	10,000.00	
Total	2'351,441.80	3'701,568.60

-Costos de Administración.-

- Sueldos al personal	885,600.00	
- Beneficios Sociales	444,571.20	
- Utiles de oficina y papeleria	20,000.00	
- Depreciación de maquinaria e instalación de equipo de oficina	19,521.25	
- Amortización de gastos de estudio y organización	11,996.06	
- Otros gastos (luz, telefono)	5,000.00	
Total	1'386,688.40	

- Costos de Vender .-

- Sueldo al encargado de ventas	84,000.00	
- Beneficios Sociales	42,168.00	
- Utiles de oficina papeleria, luz, teléfono .etc.	15,000.00	
-Viático, gastos de viaje	60,000.00	
- Impuestos sobre Ventas		956,250.00
-Otros gastos, imprevistos	2,500.00	2,500.00
Total	203,668.00	958,750.00

- Costos de Financiar.-

- Intereses a largo plazo	371,581.32	
- Amortización a largo plazo	92,895.33	
Total	464,476.65	

Cuadro de Resumen de la distribución de Costos Fijos y Costos Variables.-

	Parte Fija	Parte Variable	Total
Costo de Fabricación			

	Parte Fija	Parte Variable	Total
Costo de Fabricación	2'351,441.80	3'701,568.60	6'053,010.40
Costo de Administración	1'386,688.40		1'386,688.40
Costo de Vender	203,668.00	958,750.00	1'162,418.00
Costo de Financiar	464,476.65		464,476.65
Total	4'406,274.85	4'660,318.60	9'066,593.45

Determinación del punto de equilibrio.-

Es conveniente expresar los costos por medio de una ecuación de primer grado: $G = A + B \times n$

A Parte fija

B x n Parte variable que depende del número de unidades producidas

Una vez terminado el gasto total de producción se determinará el valor de los coeficientes A y B :

$$G_1 = A_1 + B_1 \times n \quad \text{Ecuación del Costo de Fabricación}$$

$$G_2 = A_2 + B_2 \times n \quad \text{Ecuación del Costo de Administración}$$

$$G_3 = A_3 + B_3 \times n \quad \text{Ecuación del Costo de Ventas}$$

$$G_4 = A_4 + B_4 \times n \quad \text{Ecuación del Costo de Financiación}$$

$$\text{Luego } G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) + (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \times n$$

Para el proyecto tenemos:

Volumen de producción ; 531,250 Kgs anuales

El gasto total G será:

$$G = 4'406,274.85 + 6.96 n + 1.05 n$$

La ecuación de Ventas :

$$36 \text{ S/} \times n$$

Igualando la ecuación de Ingresos y Gastos se tiene:

$$4'406,274.85 + 8.01 n = 36 n$$

El número de unidades producidas será:

$$n = 157,423$$

El punto de equilibrio se ha alcanzado con una producción de

Oxido Férrico de 157,423 Kgs anuales.

Sabemos que la máxima producción de la planta es de 531,250 Kgs anuales. Está dada por la capacidad de las celdas y la densidad de corriente, estará trabajando con el siguiente porcentaje de capacidad instalada :

$$\frac{157,423}{531,250} \times 100 = 29.70 \%$$

12.3.2.- Determinación Gráfica del Punto de Equilibrio.-

Donde la Empresa no logra ni utilidad ni pérdida es deducida en base a la ecuación de una línea recta de la forma:

$$Y = m \cdot x + k$$

Y Es la variable dependiente y representa el costo total

x Es la variable independiente y representa el volumen de producción

m Representa la componente variable o cambio de costo, es la pendiente.

k Valor constante representa la componente del costo fijo.

Como principio para poder graficar se asume que : Y x

Cuando la planta no produce se tiene : Y k

Al comenzar la producción la recta de costos variables es :

$$Y = m \cdot x$$

El valor de m será: $m = \frac{\text{Total de Costos Variables}}{\text{Ventas correspondientes}}$

$$m = 0.2436$$

Por lo tanto la recta del costo total es :

$$Y = 0.2436X + 4'406,274.85$$

Se graficará ésta ecuación y se determinará gráficamente el punto de equilibrio, teniendo como dato el volumen de producción, La gráfica correspondiente se representa en la fig.12

En la cual para un volumen de producción de 157,423 Kgs anuales corresponden unas ventas netas en soles de : 5'80,000.00 S/

12.3.3.- Determinación Analítica del Punto de Equilibrio.-

El punto de equilibrio viene expresado por la fórmula que relaciona la igualdad de ingresos y egresos totales y es la siguiente:

$$x = mx + k$$

$$x = \frac{k}{1 - m} = \frac{\text{Costos Fijos}}{1 - \frac{\text{Costos Variables}}{\text{Ventas}}} \quad 5'825,323.00 \text{ S/}$$

$$x = 5'825,323.00 \text{ S/}$$

Este valor representa la venta neta de la empresa al precio establecido para no tener pérdidas ni tener utilidades .

El precio establecido es de 36 S/ el kilo.

El volumen de producción será: $\frac{\text{Ventas netas}(x)}{\text{precio de un Kg}} \quad 161,820.00 \text{ S/}$

12.4.- ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS.-

12.4.1.- Cuadro de resumen.-

Ventas netas		19'125,000.00
-Costo de fabricación de artículos vendidos :		
Materias primas directas	3'158,611.41	
Mano de Obra directa	598,053.20	
Eastos de fabricación	2'296,345.92	
	<u>6'053,010.53</u>	
Utilidad Bruta		13'071,989.47
Menos Costo de Administración	1'386,688.40	
" " " Vender	1'162,418.00	
" " " Financiar	464,476.65	
	<u>4'013,583.05</u>	
Utilidad de Operación		9'058,406.42
Menos Participación de trabajadores: 10 %	905,840.64	
menos Comunidad Industrial 15 %	1'358,760.96	
" Investigación Científica 2 %	181,168.13	
	<u>2'445,769.73</u>	
Utilidad Imponible		6'612,636.69

Menos Impuesto a la Renta 35 % 2'314,422.84

Utilidad Neta después de impuestos 4'298,213.85

Nota: La Ley 21070, el impuesto a la renta sobre la utilidad de acuerdo a una tasa y es acumulativo, se somete a régimen común de las industrias.

S/ 100,000.00 de utilidad..... 20 % de impuesto
S/ 100,000.00 a 500,000.00 de utl..... 30 % "
S/ 500,000.00 a 50' de utld. 35 %

12.5.- ANALISIS DE RENTABILIDAD Y FINANCIACION.-

12.5.1.- Inversión Requerida,-

El análisis de rentabilidad para una compañía es esencial de ésta manera la Inversión y la Gerencia son cuidadosamente definidas y estudiadas.

Existen varios Ratios que sirven para medir el rendimiento de una inversión de capital y los principales son:

1.- Recuperación de la Inversión $\frac{\text{Inversión}}{\text{Utilidad Neta}} = 1.63$

Nuestra inversión será recuperada en 1 año 7 meses

2.- Rendimiento sobre la Inversión (RSI)-

$$\text{RSI} = \frac{\text{Utilidad de operación}}{\text{Inversión}} = 1.28$$

3.- Rendimiento sobre Ventas:

$$\text{RSV} = \frac{\text{Utilidad antes de impuestos}}{\text{Ventas}} \times 100 = 47 \%$$

4.- Índice de Rotación del Capital:

$$\text{IRC} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Inversión}} = 2.72$$

El retorno sobre la inversión tiene relación directa con (índice de rotación del capital) x (Rendimiento sobre ventas).

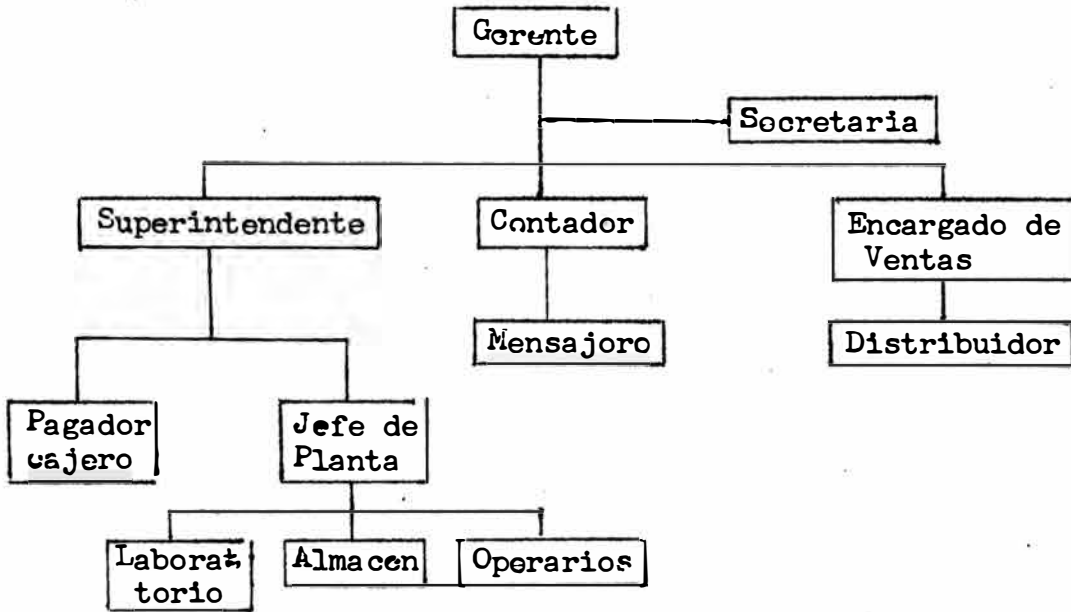
Para una inversión de capital en el cual el retorno sobre la inversión se analiza cada año o periodo determinado, los factores que afectan se ven esquemáticamente en la fig. 14

12.5.3.- Financiación.-

Fuentes de Financiamiento.- Para el del capital requerido se han tomado tentativamente como fuentes financieras, El Banco Industrial del Perú (BIP); los proveedores de materias primas y los aportes de capital en forma de acciones ordinarias.

Préstamos.- Para el caso de nuestra industria que es de segunda prioridad los créditos son intermedios de 3 a 4 años.

12.6.- ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



- Factores que afectan el Retorno Sobre la Inversión.-

- Fig 14 -

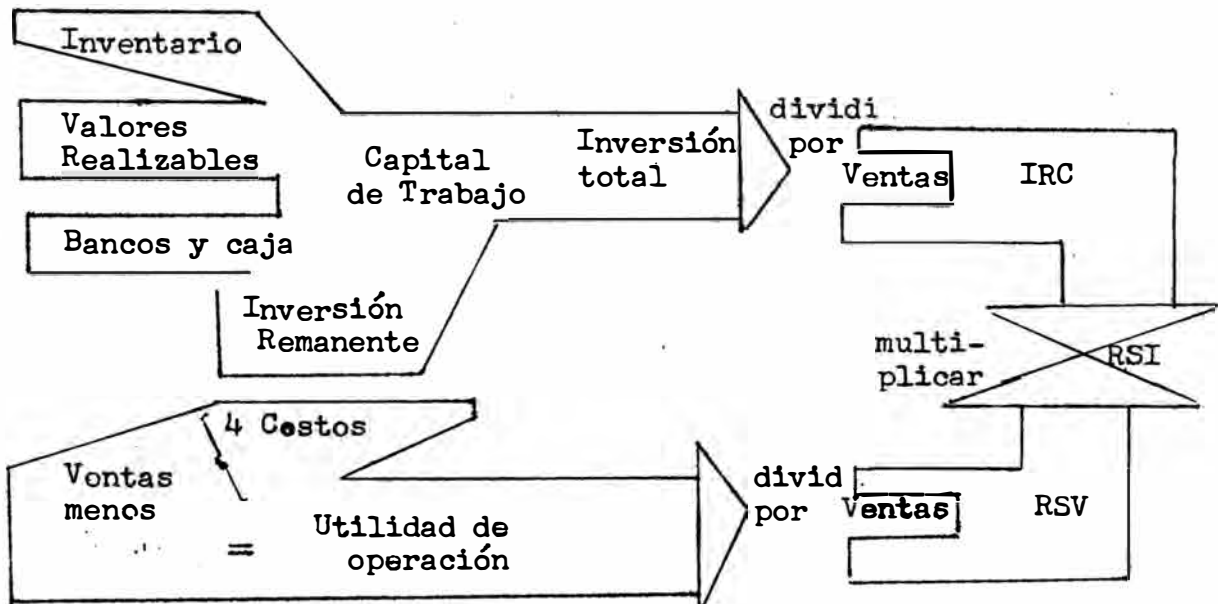
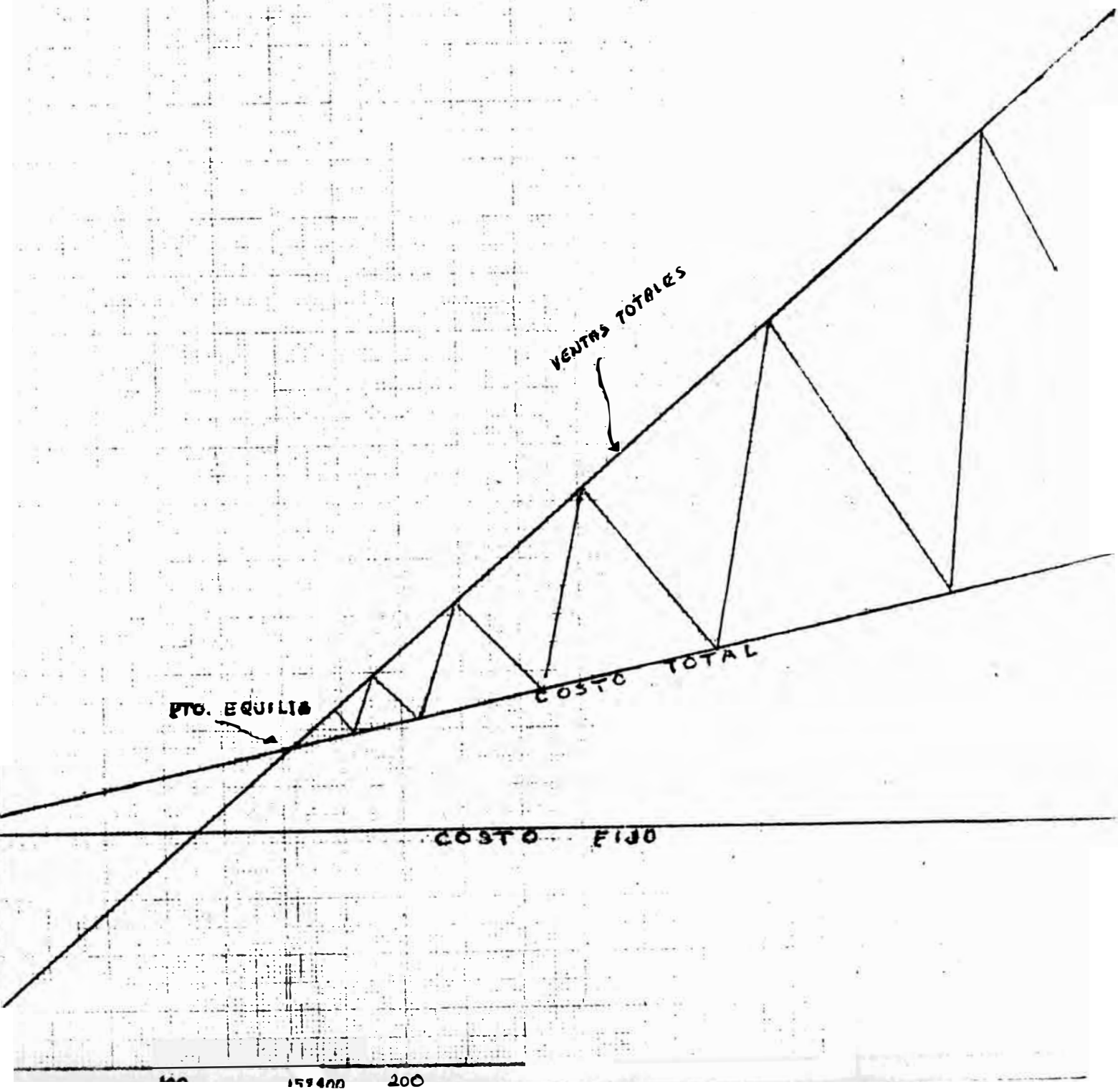


FIG 12

DETERMINACION GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO



2. .- CONCLUSIONES.-

- Para el Proyecto se ha calculado que es necesario efectuar una Inversión de 7'031,417.00 S/ ; de los cuales 5'248,586.10 S/ se destinan a la adquisición del Activo Fijo , y la diferencia S/ 1'782,831.00 a Capital de Trabajo necesario para el funcionamiento de la planta.
- Es recomendable aprovechar las innumerables ventajas que traería al país la explotación de industrias electroquímicas en sus diversas variedades , mediante energía proveniente de la Hidroeléctrica del Mantaro , y cuyo costo se considera reducido.
- Podemos decir que la máxima producción está dada por la capacidad de las celdas y el área de contacto con los electrodos (área efectiva) , si es mayor el área hay una mayor producción de Hidróxido Ferroso , ya que la densidad de corriente permanece constante
- De los experimentos hechos en el laboratorio se ha visto que cuando aumentaba el voltaje aumentaba el amperaje , por lo tanto el voltaje es la fuerza con que se impulsa, el caudal lo comparamos con la intensidad de corriente.
Al aumentar el amperaje aumenta el calor por efecto Joule, por que el calor es directamente proporcional a la intensidad elevada al cuadrado.
- Mediante cálculos se deduce que al aumentar la tensión en 1 voltio aumenta considerablemente el amperaje a 30 Amp. por celda, en toda una celda (batería) 276 Amp. de mas, y la potencia aumentará en 14 Kw-hr en las 7 celdas

3.- BIBLIOGRAFIA.-

- 1.- Pigmentos de Oxido de Hierro , Tecnologia Química por K.Winna-acker y E. Weingaertner , Tomo II .redactado por Phil J Scumpelt. Editorial Gustavo Gili 1954 .pag 542.
- 2.- Electroquímica por Mantell.C.L Ingenieria Electroquímica Barcelona, Editorial Reverté año 1962.
- 3.- Electroquímica de Malcolm Dole,traducción de Jesus Micoles Editorial Alhambra .Principios de Electroquímica experimental y teórica año 1962.
- 4.- Potenciales de Oxidación, de Latimer Wendell.M.Segunda edición Engleweed Cliff.N.J.,Prentice Hall.1964.
- 5.- Principios de Electroquímica por Dassler,Adolff.Editorial Gustavo Gili México 1962.
- 6.- Semishin V Prácticas de Química General Inorgánica Moscú MIR 1967
- 7.- Química Inorgánica por Latimer y Hildebrand Neww York The Macmillan Company 1962
- 8.- Fuel Combustion and Furnaces.por John Griswold,Chemical Engi-neering Series,Mc Graw-Hill Book Company,INC 1964
- 9.- Diseño de plantas Industriales Franck Vilbrandt,Ph D y Charles Dryden .Editorial Grijalbo S.A México D.F 1963
- 10.- Enciclopedia de Tecnologia Química por Ullman Fritz .segunda edición Barcelona. Ed. G Gili 1958 tomo VII
- 11.- Perry John,manual del Ingeniero Químico México Uthea 1966
- 12.- The Enciclopedia of Chemical process Equipment. Ed. William J .Mead . Editorial Reinhold Publishin Corporation Chapman 1964

GRAFICO 1

SOBRE VOLTAGE DE HIDROGENO

AMPERS POR CM²
DENSIDAD DE CORRIENTE

