

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA



"ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA  
INSTALACION DE UNA PLANTA DE AMARILLO  
DE ZINC EN EL PERU"

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUIMICO

PILAR SUSY MERINO TOMASTO

MARIA ESTHER QUINTANA CACEDA

PROMOCION : 1990 - II

LIMA - PERU

A MIS PADRES

Y HERMANOS.

PILAR

A MIS PADRES.

A MARCO

MARIA

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar en estas líneas nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que siempre estuvieron orientándonos en la culminación de la presente tesis.

Al Ing. Erick Juscamaita, quien siempre estuvo dispuesto en atender nuestras preguntas y apoyarnos, en la búsqueda de información conducentes a la culminación del trabajo.

Al Ing. Miguel Takeda, quien nos proporcionó datos confidenciales de la investigación que realizó, sin los cuales no hubiésemos podido iniciar trabajo.

A la Ing. Eugenia Médico B., quien estuvo alentándonos todo el tiempo y en quien hemos encontrado a una persona amiga.

Al Ing. Renán Rojas, quien desinteresadamente nos prestó su ayuda al facilitarnos información a la cual no teníamos acceso.

A las persona del Ministerio de Economía y Finanzas en especial al Sr. Hebert Vega.

Al Ing. Sócrates Poma de Industria's CEMA, por sus recomendaciones en los costos y especificaciones de los equipos.

Y en especial, a nuestros padres, quienes nos dieron la educación y permitieron que culminásemos satisfactoriamente nuestra carrera profesional, apoyándonos en todo sentido y en todo momento.

## **INDICE**

- I. INTRODUCCION
- II. RESUMEN
- III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- IV. ASPECTOS GENERALES DEL AMARILLO DE ZINC
  - 4.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DEL PIGMENTO
  - 4.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES
    - 4.2.1 NATURALEZA QUIMICA
    - 4.2.2 USO INDUSTRIAL
    - 4.2.3 REGIMEN ARANCELARIO
- V. ESTUDIO DEL MERCADO
  - 5.1 DEMANDA DEL AMARILLO DE ZINC EN EL PERU
    - 5.1.1 ANALISIS DE LA DEMANDA
  - 5.2 DEMANDA DEL AMARILLO DE ZINC EN EL GRUPO ANDINO
    - 5.2.1 SELECCION DE LOS PAISES EN ESTUDIO
    - 5.2.2 PRINCIPALES CONSUMIDORES
    - 5.2.3 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HISTORICO DEL CONSUMO
    - 5.2.4 PROYECCION DE LA DEMANDA
    - 5.2.5 ANALISIS DE LA OFERTA
    - 5.2.6 DETERMINACION DEL MERCADO POTENCIAL
  - 5.3 DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA PRIMA
- VI. TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA
  - 6.1 TAMAÑO DE LA PLANTA
  - 6.2 LOCALIZACION DE LA PLANTA
    - 6.2.1 LOCALIZACION PROPUESTA

## VII. INGENIERIA DEL PROYECTO

### 7.1 PROCESOS EXISTENTES

### 7.2 ELECCION DEL PROCESO

### 7.3 OPERACIONES Y PROCESOS

#### 7.3.1 ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCION

- a. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA
- b. REACCION QUIMICA
- c. DECANTADO Y LAVADO
- d. CENTRIFUGADO
- e. SECADO
- f. PULVERIZADO

#### 7.3.2 CONTROL DE CALIDAD

- a. CONTROL DE CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA
- b. CONTROL DE CALIDAD DEL AMARILLO DE ZINC

#### 7.3.3 CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE

- a. TRATAMIENTO DEL  $Cr^{6+}$  EN LAS AGUAS RESIDUALES
- b. CONTAMINACION Y NIVEL PERMISIBLE

### 7.4 BALANCE DE MATERIALES

### 7.5 DISEÑO DE EQUIPOS

#### 7.5.1 DISEÑO DEL MEZCLADOR DE OXIDO DE ZINC

#### 7.5.2 DISEÑO DEL REACTOR

7.5.3 DISEÑO DE LOS TANQUES DE DECANTADO

7.5.4 ESPECIFICACIONES DE LA CENTRIFUGA

7.5.5 DISEÑO DEL SECADOR

7.5.6 DISEÑO DEL MOLINO

7.6 DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS AUXILIARES

7.7 DISTRIBUCION DE LA PLANTA

VIII. INVERSION Y FINANCIAMIENTO

8.1 COSTOS DE ADQUISICION DE EQUIPOS

8.2 CALCULO DEL CAPITAL DE INVERSION

8.3 FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

IX. COSTOS DE PRODUCCION

X. ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

10.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

10.2 ANALISIS DE LA RENTABILIDAD ECONOMICA

XI. ORGANIZACION Y ADMINISTRACION

11.1 ESTRUCTURA ORGANICA

11.1.1 ORGANIZACION ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL

11.2 ADMINISTRACION GENERAL

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

El presente trabajo estudia la pre-factibilidad para la instalación de una planta industrial de producción del Amarillo de Zinc, destinado al consumo a nivel nacional y del Grupo Andino.

De acuerdo a la tecnología existente y trabajo desarrollado por los investigadores Coronado-Takeda, en la Universidad Nacional de Ingeniería, la calidad de este pigmento que actualmente no produce el Perú, se condiciona a las necesidades y disponibilidades en nuestro país.

Por ejemplo, el Oxido de Zinc, es una materia prima que disponemos con un alto grado de pureza, factor muy importante en la calidad del Amarillo de Zinc.

El Acido Clorhídrico, es un producto de fácil adquisición y de precio relativamente barato; pero el Dicromato de Potasio tiene que ser importado de otros países como México o Estados Unidos, porque no existe producción nacional.

Por otro lado, la política económica adoptada por el Perú hasta ahora, obliga a tomar en cuenta el inicio de producción de la planta en el año 1994, ya que se considera para ese año las condiciones económicas serán relativamente estables.

Mientras tanto, el Grupo Andino ha conseguido completar el proceso de desgravación de su comercio comunitario, dando vida a la primera zona de libre comercio del continente, que opera desde este año en Bolivia, Colombia y Venezuela y se extendería a Ecuador y Perú posiblemente a inicios del año 1994.

Asimismo, este grupo de países asume compromisos mayores como la adopción de una tarifa externa común para productos importados del resto del mundo y otro tipo de armonizaciones que permitan al Grupo Andino actuar como un solo territorio económico frente a otros.

Dos países miembros del Acuerdo de Cartagena son productores del Amarillo de Zinc, estos son Colombia y Venezuela, siendo Colombia quien lidera el mercado en cuanto a producción y exportación se refiere. Esto significa que el competidor potencial sería Colombia.

Sin embargo, la principal dificultad la enfrentan los países menos desarrollados en el comercio intrasubregional, puesto que al desaparecer los aranceles, el costo del producto - que ingresaría a un país con estas características- sería más bajo, pudiendo desarrollar los países con mayor poder tecnológico, una política de precios que fácilmente los desplazaría del mercado. Por esta razón, el factor que influye en la política de precios es la calidad del pigmento, de tal forma que sea competitivo internacionalmente.

Los resultados obtenidos indican que la posibilidad

de instalar la planta es factible, ya que el Valor Actual Neto es sumamente atractivo y la Tasa Interna de Retorno está por encima del 40%. Aún, si cambiaran las suposiciones que se han tomado en cuenta a una forma más rigurosa, los indicadores económicos son más bajos siendo el factor decisivo el aumento del precio del Dicromato de Potasio.

En resumen, estos resultados no son desalentadores bajo ningún aspecto, porque la instalación de esta planta en las condiciones económicas actuales, contribuiría en cierta forma a la reactivación industrial, así como a mejorar las condiciones económicas y sociales de nuestro país.

## CAPITULO II

### RESUMEN

#### 1. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es determinar la pre-factibilidad de instalación de una planta que produzca Amarillo de Zinc.

#### 2. ESTUDIO DE MERCADO

Actualmente, en el Perú, el Amarillo de Zinc es un producto netamente importado, presentándose en este Capítulo los cuadros estadísticos correspondientes al grupo de pigmentos a base de compuestos de cromo a partir de 1974.

El mercado nacional se abastece del pigmento de países proveedores tales como Alemania Federal, Estados Unidos, Colombia, entre otros.

En el área andina Colombia y Venezuela, son los únicos países productores de este pigmento, quedando como importadores Perú, Bolivia, Ecuador y Chile.

#### 3. TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA

La capacidad instalada de la planta inicial es de 500 TM anuales, que es la requerida para satisfacer la demanda nacional, la de Bolivia, Ecuador y Chile; con un

crecimiento de 54 TM/AÑO, que cubrirá la demanda hasta el año 2002.

La planta estará localizada en la Zona del Callao.

#### 4. INGENIERIA DEL PROYECTO

Las materias primas a usar son:

- Oxido de Zinc
- Dicromato de Potasio
- Acido Clorhídrico

Para la obtención del Amarillo de Zinc son necesarias las siguientes operaciones: empastado del Oxido de Zinc, reacción química, lavado del pigmento, centrifugado, secado y pulverizado. Basados en lo anterior, se diseñó la planta con una capacidad real de 500 TM/AÑO, utilizando para ello los equipos que se especifican a continuación:

- Mezclador de eje horizontal de 252 l de capacidad con un motor de 3.6 HP.
- Reactor cilíndrico vertical ,con sistema de agitación vertical, volumen de trabajo 3100 l, motor de 6.1 HP.

Tanques decantadores de 4090 l de capacidad, con sistema de tubería de salida del líquido decantado, y alimentados por una bomba centrífuga de 1/2 HP.

- Centrífugas de tipo canasta, de 300 l de capacidad, con un sistema de alimentación por medio de una bomba centrífuga de 1/2 HP.
- Secador rotatorio directo, con sistema de calefacción por medio de vapor y un ventilador impulsor de aire con

una potencia de consumo total de 6.5 HP.

- Caldero de 15 BHP, productor del vapor necesario para el calentamiento del aire que se usará en el secado.
- Molino Pulverizador tipo Mikro-Atomizer de 29.1 HP.

Las capacidades de producción de los equipos, se han seleccionado en función a tres criterios:

- Habiéndose establecido un programa de producción para 9 años, que es la vida útil del proyecto.
- La planta estará ubicada sobre un área de 700 m<sup>2</sup>.
- El tiempo de implementación del proyecto se prevee para 3 meses, estimándose su puesta en marcha en 1994.

La producción se elevará cada año en 54 TM.

## 5. INVERSION Y FINANCIAMIENTO

Los costos de los equipos fueron cotizados principalmente por Industrias CEMA S.A., con los cuales se obtuvo el costo de instalación de los equipos.

Los Costos Directos e Indirectos han sido calculados por el método de Peters - Timmerhaus, obteniéndose una inversión total de 337,380 US\$ a Junio de 1992.

Se ha considerado 60% de financiamiento para la evaluación financiera.

## 6. COSTOS DE PRODUCCION

Los Cuadros 9.1 - 9.11 , detallan los costos de cada rubro para cada año, para las evaluaciones económicas y financieras.

En los Cuadros 10.1 a 10.5, se muestran el análisis de sensibilidad, donde los costos de la materia prima han sido variados a condiciones estrictas.

#### 7. ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

Se han determinado los siguientes índices de rentabilidad :

	Eval. Económica	Eval. Financiera	Anal. Sensibil
VAN	492 MUS\$	531 MUS\$	49.38 MUS\$
TIR	42.64 %	49.50 %	24.40 %

## CAPITULO III

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio, se ha determinado la conveniencia de una planta que produzca el Amarillo de Zinc.

- El costo de producción para el Amarillo de Zinc en el año 1994, sería de 2.97 US\$/Kg y de 2.85 US\$/Kg para 1997 a cien por ciento de producción, inferior al precio del pigmento importado proyectado para sus respectivos años, que es de 3.52 US\$/Kg y 3.55 US\$/Kg.

Esta diferencia demuestra, que la producción industrial del pigmento es sumamente atractiva.

- Considerando condiciones más estrictas en el precio de la materia prima, el costo del producto obtenido es de 3.12 US\$/Kg., existiendo aún, un margen de utilidad.

- El proyecto financiado totalmente con capital propio, es rentable con una ganancia de 1232.29 MU\$, al término de los 9 años de vida de la planta. El proyecto financiado, en cambio; resulta con mayor monto de ganancia, lo mismo ocurre con la Tasa Interna de Retorno. Se asegura un retorno de la inversión para la evaluación económica del 42.64% y para la evaluación financiera de 52.20% superiores a la tasa de interés del sistema financiero.

- La reducción del Cr<sup>+6</sup> a Cr<sup>+3</sup>, no influye sobre los

costos de producción, ya que estos representan un porcentaje pequeño del costo total de la materia prima.

- A nivel mundial , el empleo de sustancias que contienen  $Cr^{+6}$ , se está reduciendo, debido a los efectos contra la ecología y el medio ambiente por lo que los avances están abriendo las puertas a nueva tecnología para la fabricación de pigmentos anticorrosivos. Por ello, se ha considerado un período corto de horizonte de planeamiento para la operación de la planta.

Para el estudio de factibilidad, se recomienda:

Que se realice pruebas piloto en el período más corto para fijar los valores óptimos de las variables que aseguren un buen nivel de funcionamiento industrial.

- Que en los costos de producción, se tomen en cuenta los precios más bajos del mercado para el Dicromato de Potasio; con los requerimientos de calidad que exige el proceso.

## CAPITULO IV

### ASPECTOS GENERALES SOBRE EL AMARILLO DE ZINC

En este capítulo se hace una reseña sobre la historia del desarrollo del Amarillo de Zinc ,sus características, uso industrial y la nomenclatura utilizada en los códigos arancelarios.

#### 4.1 HISTORIA DEL DESARROLLO DEL PIGMENTO

Desde 1825 el Amarillo de Zinc ha sido estudiado por varios investigadores de la época, de cuyos análisis respecto a la influencia de la selección de la materia prima, obtuvieron un variado rango de matices del pigmento, ya sea si usaban soluciones o pastas acuosas de compuestos de Zinc (sulfatos, cloruros, nitrato y óxido de Zinc) combinados con soluciones de cromatos (dicromato de sodio o potasio y ácido crómico). Por ésta razón, los detalles del proceso influyen en la calidad y en las características del pigmento(6).

Poco después de 1900; se realizaron investigaciones respecto al acondicionamiento de superficies de fierro con soluciones de dicromato de potasio, con el objetivo de pasivarlos. Encontraron, que si el pigmento era usado en recubrimientos, el agua que penetrase liberaría iones cromato que pasivarían la superficie del metal y detendría

el proceso de corrosión.

El uso del Amarillo de Zinc, se extendió como componente de las capas imprimantes para usarlos como recubrimientos sobre metales ferrosos y no ferrosos.

De esta manera, se determinó que la capa imprimante es el componente más importante de un sistema de pintura protectora y que los pigmentos usados en los imprimantes deben tener buenas cualidades como inhibidores de la corrosión, buena adhesión sobre los metales, buena base para las capas siguientes, buenas propiedades de secado y deben formar películas de baja permeabilidad.

## 4.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Las características más importantes de este pigmento muy conocido por su poder anticorrosivo, son su naturaleza química y el uso industrial que a partir de esta propiedad puede aplicarse.

### 4.2.1 NATURALEZA QUIMICA

El Amarillo de Zinc Tipo I, es un Cromato de Zinc y Potasio hidratado, cuyo comportamiento es ligeramente básico, poco higróscopico y con menor contenido de cloruros que el Amarillo de Zinc tipo II (6).

La fórmula empírica que corresponde al Amarillo de Zinc tipo I es:



#### 4.2.2 USO INDUSTRIAL

El Amarillo de Zinc, es usado ampliamente en diversas industrias de pinturas como pigmento para pinturas anticorrosivas en comparación con el bajísimo porcentaje usado con fines decorativos.

El pigmento ha demostrado ser buen protector del Aluminio, Magnesio y sus aleaciones, y como imprimante es usado en la aviación, embarcaciones y construcciones de acero.

En resumen, los principales usos del Amarillo de Zinc, son:

Pinturas, tintas y plásticos	90%
Papel y otros	10%

#### 4.2.3 REGIMEN ARANCELARIO

Los pigmentos comprendidos dentro de las partidas arancelarias, que a continuación se especifican, son:

Pigmentos	Color Index (*)
Amarillo de Cromo	77.603 pigmento amarillo 34
Anaranjados de Cromo	77.601 pigmento naranja 21
Anaranjados de Molibdato	77.605 pigmento rojo 104
Amarillos de Zinc	77.955 pigmento amarillo 36
Verdes de Cromo	77.600 pigmento verde 15

(\*) Ensayo que permite identificar cada pigmento.

**a. PARTIDA NANDINA**

Según la Nomenclatura Arancelaria NANDINA del Sistema Armonizado, le corresponde para el Amarillo de Zinc, la partida arancelaria:

32.06.20.00 Pigmentos a base de Compuestos de Cromo

**b. PARTIDA NABANDINA**

Según la Nomenclatura Arancelaria de Bruselas, adaptada al Grupo Andino, al Amarillo de Zinc, le corresponde la siguiente partida:

32.07.89.51 Pigmentos a base de Compuestos de Cromo

## CAPITULO V

### ESTUDIO DE MERCADO

#### 5.1 DEMANDA DEL AMARILLO DE ZINC EN EL PERU

Actualmente, el Amarillo de Zinc, es un producto netamente importado y que a pesar de la disminución aparente de la importación del pigmento es un producto de gran demanda.

Por otro lado, el Amarillo de Zinc no encuentra sustituto que justifique su calidad y costo, en las industrias que requieren de ella, principalmente la de pinturas.

Esto nos demuestra, la necesidad de producir el Amarillo de Zinc en nuestro país, dejando de ser importadores, y con una visión futura de llegar a ser exportadores del mismo.

Los principales consumidores a nivel nacional del pigmento se muestran en la Tabla 5.1.

TABLA 5.1

RAZON SOCIAL	DIRECCION
Industrias Vencedor S.A.	Jr. Manuel del Mar y Bernedo 1015. Breña.
Industrias Fast S.A.	Jr. Guillermo Barrios 110. San Martín de Porres.
Sherwin Williams Peruana S.A.	Av. Universitaria 340 Lima.
Compañía Peruana de Pinturas S.A.	Jr. Chamaya 276-278. Breña.
Tecnoquímica S.A.	Av. César Vallejo 1877. El Agustino.

La importación del conjunto de pigmentos a base de compuestos de Cromo, durante los años 1986 a 1991, están tabulados en el Cuadro 5.1.

CUADRO 5.1

IMPORTACIONES

(TON.Brt.)

Razón social	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Tecnoquímica S.A.	35.0	25.3	41.7	-	2.8	11.3
Ind.Vencedor S.A.	35.9	36.8	37.8	9.0	17.5	18.1
Ind. Fast S.A.	26.8	27.8	12.9	1.8	2.9	7.0
Sherwin Williams S.A.	11.9	20.8	10.3	19.5	14.6	2.2
C.P.P. S.A.	9.8	29.3	11.3	6.5	9.4	9.5

Fuente : Oficina Estadística de la Aduana del Callao.

5.1.1 ANALISIS DE LA DEMANDA

El Perú al no ser un país productor del Amarillo de Zinc, cubre la totalidad de su demanda con las importa-

ciones.

Así, en los últimos 15 años, países como Alemania Federal, Argentina, Brasil, Canadá, Francia, Japón, México, Suiza, han sido nuestros principales proveedores. Sin embargo, Colombia y Venezuela, a partir de 1980 y 1985, empiezan a vendernos su productos, complementando así la demanda nacional.

#### **a. Series Estadísticas de las Importaciones**

Las importaciones se cuantificaron tomando como fuente de información la Oficina Nacional de Estadística del Ministerio de Economía y Finanzas, para los años comprendidos entre 1975 a 1991.

En los Cuadros 5.2 al 5.7 se señalan los volúmenes y valores de los pigmentos a base Compuestos de Cromo importado dentro de los cuales está incluido el Amarillo de Zinc, por país origen para el período 1975 a 1991, en Kg, \$FOB, \$CIF Callao respectivamente; y en el Cuadro 5.8 se resume esta información.

En el Gráfico de barras 5.1, se muestra la importación histórica de este grupo de pigmentos.

Se observa que para los tres últimos años la tendencia de la importación es decreciente, debido a las medidas económicas adoptadas en el país que ha ocasionado una fuerte recesión en todo el sistema productivo. Como estos valores no corresponden a un comportamiento normal de la demanda, no es conveniente tomar en cuenta los puntos atípicos para el

análisis.

Sin embargo, las importaciones en toda esta secuencia no presenta una tendencia marcada ni ascendente ni descendente, pero si guarda una fuerte relación con el Producto Bruto Interno, sobre todo en los picos y caídas de esta. Por esta razón, no es posible, hacer una proyección adecuada con estos datos, por lo impredecible de las políticas económicas de cada gobierno.

## 5.2 DEMANDA DEL AMARILLO DE ZINC EN EL GRUPO ANDINO

La situación del Amarillo de Zinc, dentro del grupo de pigmentos a base de compuestos de cromo, respecto a las Decisiones de la Junta del Acuerdo de Cartagena, ha ido evolucionando con el tiempo.

Durante 1988, se dio una Resolución Nº 277, la cual estableció que Perú podrá aplicar cupos de importación para un grupo de pigmentos, dentro del cual se encuentra la siguiente partida arancelaria:

32.07.89.51 Pigmentos a base de Compuestos de Cromo.

En 1990, según el Artículo 1 de la Decisión Nº 263 se acuerda reducir la Nómina de Productos Reservados, para aplicar modalidades de Integración Industrial, a la lista de los productos que figuran en el Anexo de ésta Decisión, y en la que se incluye como producto reservado a la siguiente partida:

32.07.89.51 Pigmentos a base de Compuestos de Cromo.

**CUADRO 5.2**

**SERIE HISTORICA DE IMPORTACIONES DE PIGMENTOS A BASE DE COMPUESTOS DE CROMO**

País Proveedor	1975			1976		
	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF
Alemania Fed.	49921	99198	107781	63415	121054	148271
Argentina	13077	25829	27060	3222	7168	8268
Bélgica	642	996	1028			
Canadá	22476	36235	37172	8522	10303	12729
España	1000	1428	1474			
E.E.U.U.	6908	12803	13508	6199	13677	16865
Francia	2579	4012	4014			
Japón				8314	15716	18859
México	74814	115248	128363	33914	61272	76986
Países Bajos	4224	8240	8504			
Reino Unido	18175	63635	39987			

**CUADRO 5.3****SERIE HISTORICA DE IMPORTACIONES DE PIGMENTOS A BASE DE COMPUESTOS DE CROMO**

País Proveedor	1977			1978			1979		
	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF
Alemania Fed.	83805	17084	203987	71197	151368	192434	86141	203197	235689
Argentina	6611	9894	11072				1255	2700	3426
Canadá	11380	19510	23063	9288	16492	19917	1008	3000	3658
E.E.U.U.	15130	31457	39021	4134	8900	10464	12085	23882	27381
México	43794	76891	83999	35382	56194	72933	54465	100584	108482
Noruega	6120	7324	8306				3896	6213	7523
Países Bajos	4223	10190	15577	7329	15801	18382			
Reino Unido	7628	1668	18312	5191	15809	221810	1180	2024	4329



**CUADRO 5.5**

**SERIE HISTORICA DE IMPORTACIONES DE PIGMENTOS A BASE DE COMPUESTOS DE CROMO**

Pais Proveedor	1983			1984			1985		
	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF
Alemania Fed.	51898	18915	136304	64983	140894	161622	79771	154845	179164
Antillas Holan.	541	1904	2161						
Argentina									
Brasil				12800	15752	17982	4998	8652	9651
Canadá	28999	58792	69182	31660	58811	72317	36671	59509	75893
Colombia									
España									
E.E.U.U.	8480	24085	28251	21126	42914	50489	5873	11423	13578
Finlandia									
Francia	1588	2611	3120	4	26	30			
Japón				1897	9370	10886	795	7266	8311
Libia									
México	6705	13826	15102	13156	29179	31359	1016	3278	3436
Noruega	2048	2968	3671	3070	4503	5718			
Holanda							1040	2782	3062
Inglaterra							11760	21793	25701
Países Bajos	653	2359	2654	6342	13821	15793			
Polonia				598	5289	5930			
Reino Unido	10988	23528	27294	7561	14140	16221			
Sta. Lucía Is.									
Suiza									
Venezuela							1038	1843	2052

**CUADRO 5.6**

**SERIE HISTORICA DE IMPORTACIONES DE PIGMENTOS A BASE DE COMPUESTOS DE CROMO**

País Proveedor	1986			1987			1988		
	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF
Alemania Fed.	90051	182963	214746	47027	123962	142101	44498	121764	137463
Antillas Holan.									
Argentina	1580	2840	3243	1485	2462	3008	3120	7305	7705
Brasil	3691	6308	7123	2344	5660	6264	24556	41281	45040
Canadá	54122	82419	100145	56247	98304	119385	23219	54833	62351
Colombia	3096	4774	5593	505	980	1088	19170	41149	44403
España	2	3	14						
E.E.U.U.	27568	47912	59342	54989	102866	121806	43098	110474	123050
Finlandia							5190	11112	12387
Francia									
Japón	1267	4711	5296						
Libia									
México	30503	53391	57535	53760	99794	108152	36254	70677	75593
Noruega	3000	4507	5730	6072	9133	11414	7168	13305	15899
Holanda									
Inglaterra									
Países Bajos				2719	8319	9690			
Polonia									
Reino Unido	7566	13218	16033	8477	19904	22624	4448	12151	14863
Sta. Lucía Is.									
Suiza									
Venezuela	3310	3850	4226				3072	4235	4937

**CUADRO 5.7**

**SERIE HISTORICA DE IMPORTACIONES DE PIGMENTOS A BASE DE COMPUESTOS DE CROMO**

País Proveedor	1989			1990			1991		
	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF	KG	FOB	CIF
Alemania Fed.	21448	76354	84783	16516	53926	61013	8282	45650	50069
Antillas Hol.									
Argentina				2549	5199	5695			
Austria				3120	10362	11881			
Brasil	5534	10048	11892	22185	45745	49004	5066	10749	11658
Canadá	9288	26457	29094	5184	13536	14675	26677	63657	69386
Colombia	21210	57670	61704	12060	30822	33126	6875	17070	10184
Chile				1	70	81			
España									
EE.UU.	11021	30400	33951	4674	13676	15010	900	4267	4583
Finlandia									
Francia									
Japón									
Libia									
México	21689	46639	49649	14303	33383	35500	33420	75810	81144
Noruega	1846	4360	5145	5120	12480	14585	2134	9660	10410
Holanda	1078	3300	3956						

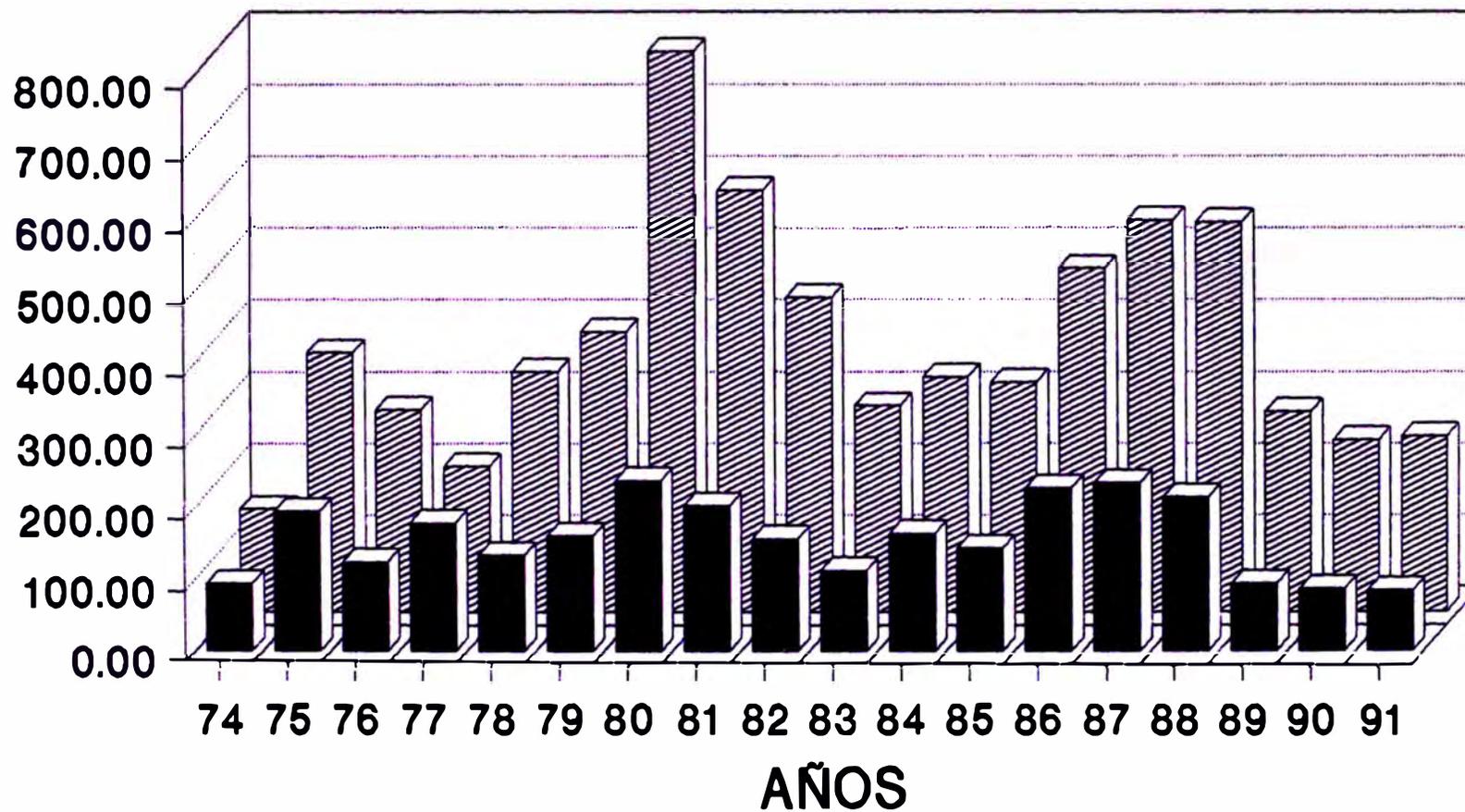
**FUENTE : OFICINA DE ESTADISTICA DEL MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS**

**CUADRO 5.8****IMPORTACION DE PIGMENTOS A BASE DE COMPUESTOS DE CROMO**

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
KG	93000	193796	123618	178683	132521	160030	236924	201679	156333
CIF	144000	361921	281978	203337	335964	390579	781008	587875	438717

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
KG	111900	163197	143054	225748	233515	213793	93114	85712	83354
CIF	288009	388267	320848	479034	545645	543123	280174	240650	245434

GRAFICO 5.1  
IMPORTACION DE PIGMENTOS A BASE  
DE COMPUESTOS DE CROMO



■ MILES Kg    ▨ M US\$ CIF

Por otro lado, el régimen arancelario entre los países miembros de integración (A.L.A.D.I.), vigente al 31.12.88, se especifican en el Cuadro 5.9.

CUADRO 5.

País Importador	I: Bolivia Ecuador Paraguay Uruguay	II: Colombia Chile Perú Venezuela	III: Argentina Brasil
I : Bolivia Ecuador Paraguay	10%	5%	2%
II : Colombia Chile Perú Venezuela	15%	10%	5%
III: Argentina Brasil	2%	15%	10%

donde: I: Países de desarrollo económico relativo

II: Países de desarrollo intermedio

III: Otros países miembros

Asimismo, Perú otorga concesión a Brasil y México.

Con respecto a pinturas, Argentina ha otorgado al Perú una preferencia del 40%, por concepto de pinturas al agua, barnices y pinturas marinas (anticorrosivas), que se encuentra contemplado en la Asociación Latinoamericana de Integración (A.L.A.D.I.). Venezuela, en cambio, otorga concesión

a Brasil, pero principalmente en barnices.

#### 5.2.1 SELECCION DE LOS PAISES EN ESTUDIO

Los países involucrados en el presente estudio son los integrantes del Grupo Andino, estos son : Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; además se ha considerado a Chile, país vecino gran consumidor del Amarillo de Zinc.

Colombia y Venezuela son los únicos países productores de este pigmento, quedando Perú, Bolivia , Ecuador y Chile como importadores.

La capacidad de planta será la requerida para satisfacer la demanda nacional, la de Bolivia, Ecuador y Chile.

#### 5.2.2 PRINCIPALES CONSUMIDORES

Las principales fábricas de pinturas anticorrosivas son las principales consumidoras del Amarillo de Zinc. A continuación, se da una relación de fábricas de los países miembros del Grupo Andino:

##### BOLIVIA

Bolivia, tiene una demanda pequeña pero que en los últimos años se ha incrementado. Las principales fábricas, que utilizan el Amarillo de Zinc, en la fabricación de pinturas, son:

- Fábrica de Pinturas Colorit S.A.

- Fábrica Nacional de Pinturas Espintbol S.A.
- Monopol Ltda.

#### COLOMBIA

Las principales fábricas consumidoras del pigmento en sus pinturas, son:

- Hoechst Colombiana S.A.
- Cía Pintuco S.A.
- Ico Pinturas S.A.
- Sherwin Williams de Colombia S.A.
- Compañía Química Burd S.A.
- Rhinco Productos Químicos S.A.

#### ECUADOR

Las fábricas de pinturas que consumen el pigmento, se listan a continuación:

- Pinturas Wesco
- Pinturas Ecuatorianas S.A.
- Pinturas Marinas Hempel del Ecuador S.A.
- Pinturas Unidas Cía. Ltda.
- Sherwin Williams del Ecuador S.A.

#### VENEZUELA

En el mercado de Venezuela, las principales fábricas de pinturas, que consumen el Amarillo de Zinc, son:

- Pinturas International C.A.
- Pinturas Proven

Pinco Pittsburgh S.A.

Anticorrosivos y Acabados AYA C.A.

Basf - Inmont de Venezuela C.A.

Cromoquímica C.A.

## CHILE

Las principales fábricas consumidoras del Amarillo de Zinc, en este país, son:

Pinturas Corait

Pinturas Iris S.A.C. e.i.

Pinturas Tajamar

Pinturas Técnicas S.A.

### 5.2.3 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HISTORICO DEL CONSUMO

El consumo del Amarillo de Zinc, a nivel del Grupo Andino, ha experimentado una tasa de incremento anual promedio de 9.89% al pasar de 793 TM/año en 1974 a 2969 TM/año en 1988, mientras que la tasa de incremento para sus respectivos valores fue del orden de 9.54%.

Para los países pertenecientes al Grupo Andino, la producción de los pigmentos a base de compuestos de cromo empezó en Venezuela en 1975, y posteriormente lo hizo Colombia, siendo evidente el carácter importador de estos países según el cuadro 5.10.

En los cuadros siguientes se muestran ,las importaciones, exportación, producción y consumo de los países del área andina.

CUADRO 5.10  
IMPORTACIONES  
( TM/AÑO )

País	1974	1979	1984	1988
Bolivia	10	19		25
Colombia	350	687	426	101
Chile	52		320	
Ecuador	40	50	60	67
Perú	93	159	158	214
Venezuela	300	21	105	329
TOTAL	845	936	1069	736

CUADRO 5.11  
PRODUCCION  
( TM/AÑO )

País	1979	1984	1988
Colombia		650	1200
Venezuela	680	850	1200
Total	680	1500	2400

CUADRO 5.12  
EXPORTACION  
(TM/AÑO)

País	1984	1988
Colombia	20	82
Venezuela		85
Total	20	167

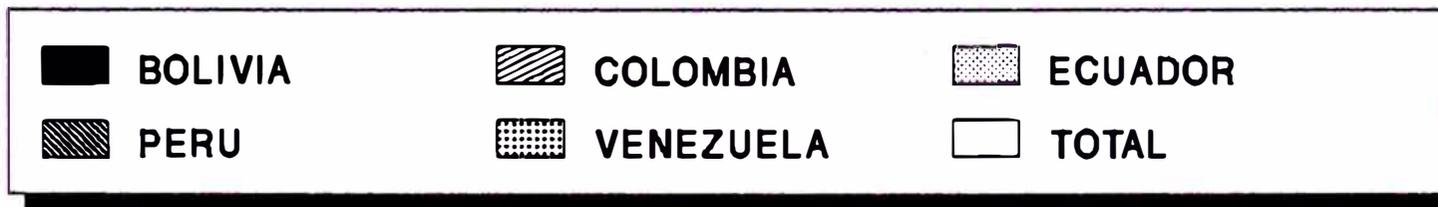
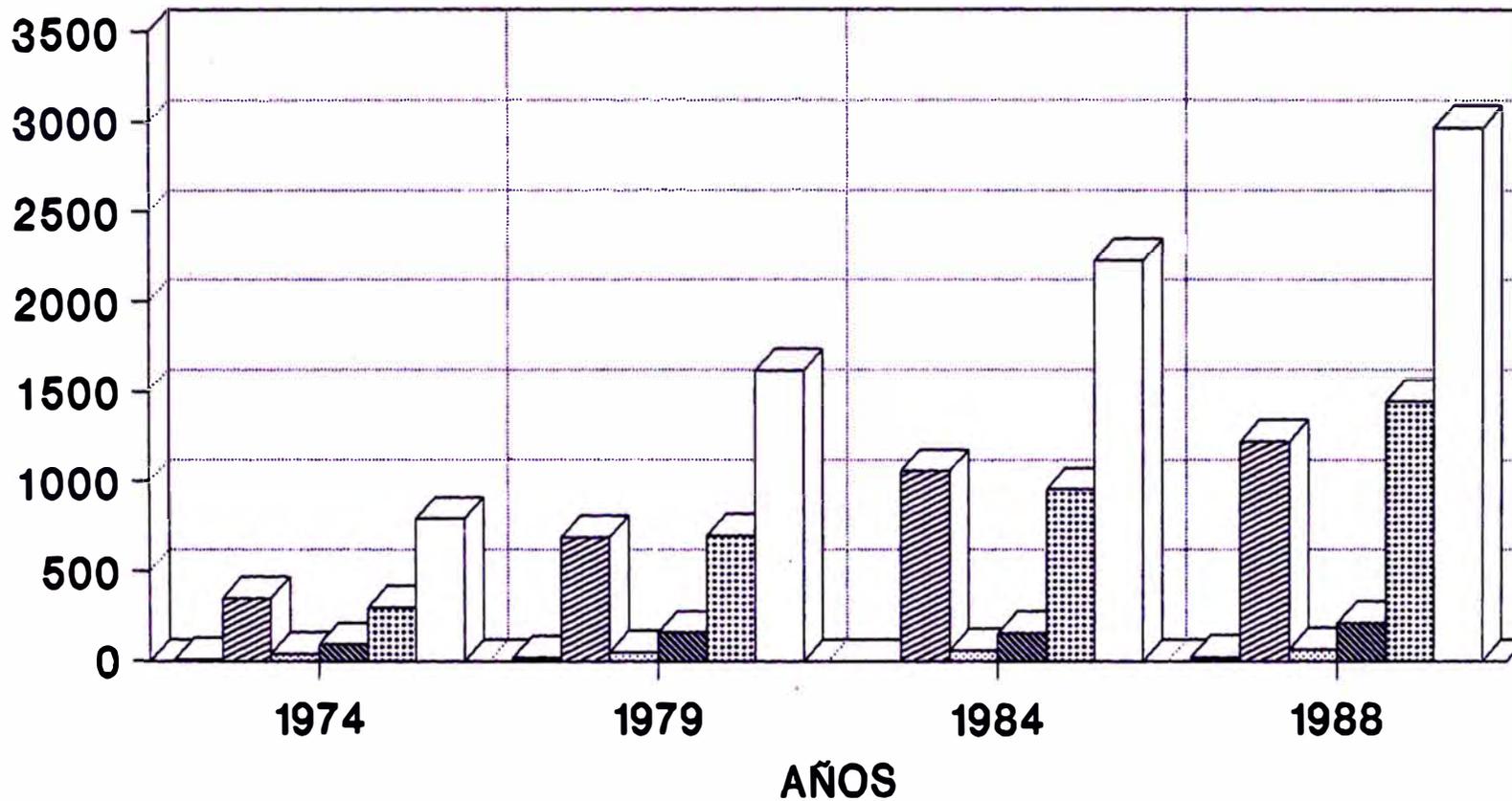
CUADRO 5.13  
CONSUMO  
(TM/AÑO)

País	1974	1979	1984	1988
Bolivia	10	19		25
Colombia	350	687	1056	1219
Chile	52		320	
Ecuador	40	50	60	67
Perú	93	159	158	214
Venezuela	300	701	955	1444
Total	793	1616	2229	2969

En el Gráfico N° 5.2, se observa la tendencia creciente del consumo de este grupo de pigmentos, a nivel del Grupo Andino, así como el cercano país de Chile, cuya demanda va en aumento y no es productor del Amarillo de Zinc. Por ello, se ha considerado, a los mercados externos de Ecuador, Bolivia y Chile para estimar la capacidad de la planta.

# GRAFICO 5.2

## CONSUMO (TM/AÑO)



#### 5.2.4 PROYECCION DE LA DEMANDA

La demanda del Amarillo de Zinc, siempre ha sido cubierta por importaciones en el Perú. La demanda proyectada que ha sido calculada por el método de Regresión Lineal (ver Anexo II), se deduce dentro del conjunto de países del Grupo Andino, porque al hacer la proyección de ésta, se observa que los datos se ajustan perfectamente a una recta (COR=0.997).

En el Cuadro 5.14 se detalla las proyecciones por país, del Grupo Andino, y de Chile, para establecer la capacidad de la planta a diseñar.

Se han asumido para el cálculo de estas proyecciones, que las condiciones económicas y tributarias del país no sufrirán cambios drásticos que afecten la tendencia lineal considerada.

#### 5.2.5 ANALISIS DE LA OFERTA

En el Perú, los principales proveedores del Amarillo de Zinc son :

RAZON SOCIAL	DIRECCION
KIMOTECNIA (KIMTEC)	Las Begonias 630 San Isidro
UNITRADE S.A.	Bellavista 367 San Isidro

En 1975, una planta en Venezuela inició la producción de Cromato de Zinc y Plomo (entre ellos Amarillo, Naranja y Rojo) con tecnología proveniente de la

CUADRO 5.14

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AMARILLO DE ZINC EN EL  
GRUPO ANDINO

Países	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Bolivia	8,06	8,37	8,67	8,99	9,29	9,59	9,90	10,21	10,52
Colombia	396,38	415,48	434,57	453,66	472,76	491,85	510,95	530,04	549,14
Chile	168,36	176,40	184,14	192,48	200,52	208,56	216,60	224,64	232,68
Ecuador	20,78	21,37	21,95	22,53	23,11	23,69	24,27	24,86	25,14
Perú	61,69	63,81	65,96	68,09	70,22	72,35	74,50	76,62	79,06
Venezuela	435,98	459,34	482,69	506,04	529,40	552,75	576,10	599,45	622,80
TOTAL	1091,25	1144,77	1197,98	1251,79	1305,30	1358,79	1412,32	1465,82	1519,34

transnacional Sherwin Williams. Esta planta tiene consideradas ampliaciones para pigmentos de origen orgánico. En Colombia, en cambio; se proyectó la construcción de una planta de Dicromato de Sodio, que resultó produciendo estos pigmentos de cromo.

Es de notarse, que la planta colombiana proyectaba operar a base de minerales de cromita, existentes en el Departamento de Antioquía. Se pensaba inclusive, en una producción muy grande de Dicromato de Potasio, para la planta mencionada.

En cambio, en Chile la planta Metacol, dejó de producir el cromato de zinc desde 1974. En el Cuadro 5.15, se detalla la oferta del pigmento de los países del Grupo Andino, (3) y (4).

#### CUADRO 5.15

#### OFERTA EN EL GRUPO ANDINO

(TON/AÑO)

Año Base: 1998

País	Producción	Ampliación	N°Plantas	Total
Colombia	360	165	1	525
Venezuela	360	55	1	410

#### 5.2.6 DETERMINACION DEL MERCADO POTENCIAL

Para determinar el mercado en el Grupo Andino, se ha considerado dos factores importantes : En primer lugar la localización de cada país y en segundo lugar el consumo de

éstos. Se abastecerá en un 100% el mercado interno y el de Bolivia, Ecuador en 65% ,menor debido a su localización cercana con Venezuela y Colombia de donde se puede importar el pigmento. Chile podría importar de Brasil y Argentina, por lo que solo se espera cubrir su demanda en 40%.

Colombia y Venezuela, son productores del Amarillo de Zinc, y de acuerdo a los Cuadros 5.10 y 5.11 se observa una fuerte tendencia de crecimiento de Colombia, durante los años 1984 a 1988, en cambio Venezuela no presenta el mismo comportamiento ya que demuestra una tendencia fuerte de importar cada vez más el pigmento que a producirlo, por lo que se ha considerado cubrir su demanda en 10%.

De esta forma, se proyecta abastecer el mercado en un 63%, que es el promedio de los porcentajes antes mencionados.

### 5.3 DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA PRIMA

En los últimos cinco años, la importación del Dicromato de Potasio ha decrecido, siendo las principales empresas importadoras, las compañías mineras.

Los países proveedores en los tres últimos años, de Dicromato de Potasio, se muestran en el Anexo IX. Se ha relacionado, el valor del CIF por TON de dicromato importado, para tener una idea del precio de costo de dicho producto. Por ello, se ha creído conveniente la importación de los Estados Unidos o de México, que ofrecen

los mejores precios además de la calidad adecuada.

El Oxido de Zinc como el Acido Clorhídrico son producidos en el país, el volumen de producción y ventas de las principales empresas productoras de Oxido de Zinc y Acido Clorhídrico, se muestran en el Anexo IX.

## **CAPITULO VI**

### **TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA**

#### **6.1 TAMAÑO DE LA PLANTA**

##### **a. Relación Tamaño Mercado**

De acuerdo al estudio de mercado realizado a nivel nacional y de los países del Grupo Andino, existe en el horizonte de proyección, un déficit de oferta en relación a la demanda proyectada , para los años 1994 - 2002. Lo que justifica la instalación de una planta de Amarillo de Zinc, de 500 TM de capacidad por año.

##### **b. Relación Tamaño - Tecnología**

Las características tecnológicas de las plantas de producción de Amarillo de Zinc, de pigmentos a base de compuestos de Cromo en general, son tales que limitan el tamaño a uno mínimo de producción, ya que la producción varía de acuerdo a lotes de 175 Kg. cada uno. Para ampliar el tamaño, se necesita solamente aumentar el número de reactores y de tanques de decantado. Los reactores, tienen una capacidad de 175 kg y su instalación dentro de ciertos límites, no trae consigo inversiones mayores en equipos auxiliares.

**c. Relación Tamaño - Inversión - Costos de Producción**

Este tipo de relación, no ha sido posible obtener para el presente proyecto, porque; no se ha podido obtener los datos sobre montos de inversión y costos de producción de otras tecnologías. Por lo expuesto, no se pueden establecer relaciones comparativas, habiéndose tenido que prescindir de este criterio en la elección del tamaño de planta.

**d. Relación Tamaño - Recursos Productivos**

Disponibilidad de Materia Prima

La principal dificultad se presenta con el Dicromato de Potasio, que es necesario importar en grandes cantidades, por lo que será necesario un buen programa de abastecimiento, para evitar su escasez. Sin embargo, en los mercados extranjeros no hay restricciones para su exportación.

El Oxido de Zinc y el Acido Clorhídrico, no presentan inconvenientes alguno, por lo que se garantiza su normal abastecimiento.

Disponibilidad y Calificación de Mano de Obra

El área donde se halla ubicado el proyecto, dispone de una infraestructura adecuada que asegura la disponibilidad de mano de obra directa e indirecta para la producción, la cual sería fácilmente entrenada.

Igualmente, para los niveles intermedios y directivos, pueden ser ocupados por personas de la localidad

Se prevee que, un gran porcentaje del personal que se requerirá, podrá ser captado del área.

#### Disponibilidad de otros Materiales y Suministros

Los suministros más importantes para el proyecto son: electricidad y agua. El racionamiento del agua obliga a la previsión del abastecimiento del líquido. Para ello, se utilizaría un tanque de almacenamiento que evite su escasez. La electricidad también será algo restringida, debido a los problemas de racionamiento, pero podrá verse la posibilidad de la instalación de un grupo electrógeno que salvaría este inconveniente. Los otros insumos requeridos por el proyecto, serán de manufactura nacional y son fácilmente transportables a esta localidad.

#### **Tamaño de Planta Recomendado**

Las relaciones que se han analizado anteriormente, permiten tener una idea de la medida en que están ligadas las cuestiones de mercado, disponibilidad de recursos y la tecnología.

La magnitud del mercado, muestra la primera orientación en cuanto a la disponibilidad de recursos; el cual no es un factor limitativo del proyecto, debido a la abundancia de los mismos; y en cuanto a la rentabilidad se puede decir, que no es impositiva por cuanto nos condiciona a un importante factor tecnológico.

Por otro lado, el crecimiento aproximado de la

demanda es de 54 TM/AÑO de Amarillo de Zinc, considerando que dicho crecimiento depende en gran parte de la producción de pinturas anticorrosivas.

Teniendo presente todas las consideraciones anteriores, se admite una capacidad inicial instalada de 500 TM, la cual cubrirá en gran parte las demandas proyectadas. Las observaciones del mercado, definirán también la política de ampliación sobre las 500 TM/AÑO iniciales dada la rentabilidad del proyecto.

## 6.2 LOCALIZACION DE LA PLANTA

La localización de la planta estará determinada en función del área de influencia del mercado, de la ubicación geográfica de las otras fábricas, de la disponibilidad de materia prima, de combustibles, de servicios de mano de obra y de infraestructura.

Ubicación por zonas.- La ubicación por zonas se refiere a las alternativas de localización sea en la Costa, Sierra o Selva. Debido a que las fuentes proveedoras de insumos, así como las principales y mayores consumidores se hallan en la zona costera, se ha decidido por esta alternativa.

Ubicación por ciudades.- Desde el punto de vista de suministro de materia prima, no habría problemas de abastecimiento con el Oxido de Zinc, que se produce en varias zonas de la capital, así como también el Acido Clorhídrico el cual podría ser proveído por Química del

Pacífico, Sociedad Paramonga. En cambio, el Dicromato de Potasio es un producto importado, el cual se consumirá en grandes cantidades. Por ésta razón, se ha considerado una zona cercana al Terminal Marítimo, el cual evitaría gastos de transporte elevados.

En lo que se refiere al mercado, el Amarillo de Zinc tiene a sus consumidores principales en Lima, los cuales se encuentran diversificados en los distintos distritos de Lima como Breña, San Martín de Porras, El Agustino, Zárate, Callao. Se observa, que el Callao sería el lugar más adecuado, teniendo en cuenta el mercado y la facilidad de obtención de la materia prima.

El Oxido de Zinc, puede ser proveído de dos fábricas que hay en el Callao, tales como; Industrias Electroquímicas S.A. y Zinc Industrias Nacionales S.A., o también de Chorrillos, de la fábrica Metalchem -cuyo precio es muy inferior al de los anteriores-; y el Acido Clorhídrico puede comprarse de Química del Pacífico, que se encontraría cerca y no incrementaría los costos de transporte.

De igual forma, para la distribución del producto es económico, distribuirlo en los diferentes centros de consumo, desde la zona del Callao.

Además, en el Callao hay disponibilidad de mano de obra y puede decirse que las relaciones obrero-patronal son buenas. En lo referente, a la energía y combustible, en el Callao existe disponibilidad de éste, durante

todo el año.

La disponibilidad de agua en el Callao, es conveniente, aunque en estos últimos años el problema de racionamiento, que afecta a la provincia de Lima, obliga a tomar en cuenta, en el diseño un tanque de almacenamiento que suministre agua para toda la planta.

En lo referente a las ventajas de tributación, el Callao no goza de ningún incentivo tributario, ya que está ubicada dentro del área industrial de Lima. Por último, en el Callao hay disponibilidad de terrenos con áreas adecuadas como para la instalación de la planta.

Es concluyente, que la zona del Callao es la más adecuada para la instalación de la planta.

#### 6.2.1 LOCALIZACION PROPUESTA

Se ha elaborado la Tabla 6.1 con la finalidad de evaluar otras alternativas, en este caso, otros distritos de Lima, como posibles localizaciones de la planta.

**TABLA 6.1**

	Callao	Breña	Chorrillos
Disponibilidad de Materia Prima	a	b	a
Servicios Industriales	a	a	a
Disponibilidad de Mano de Obra	a	a	a
Distancia a los Centros de Consumo	b	b	c
Medios de Transporte	a	b	b
Condiciones Climáticas y Ambientales	b	a	a

a: Muy buena

b: Buena

c: Regular

d: Mala

Se ha determinado que la localización de la planta de Amarillo de Zinc, será en el Callao.

Selección de lugar

El lugar ha sido seleccionado, considerando los siguientes puntos:

Disponibilidad de Materia Prima

Los proveedores del Oxido de Zinc requerido, serían Industrias Electroquímicas del Perú S.A. localizada en el Callao, o Metalchem S.A. ubicado en Chorrillos. El Acido Clorhídrico, lo proporcionaría Química del Pacífico.

### Servicios Industriales

En el Callao, hay disponibilidad de los servicios industriales, tales como energía eléctrica y agua.

### Disponibilidad de Mano de Obra

La disponibilidad del factor humano en esta zona es alrededor del 60%.

### Distancia a los Centros de Consumo

Los centros de consumo no distan mucho de la zona elegida. Incluso dentro de la zona misma, se encontraría algunas fábricas de pinturas que utilizan el Amarillo de Zinc para la elaboración de sus productos.

### Medios de Transporte

El lugar dispone de carreteras y toda la infraestructura necesaria para el normal desarrollo del transporte.

### Condiciones Climáticas y Ambientales

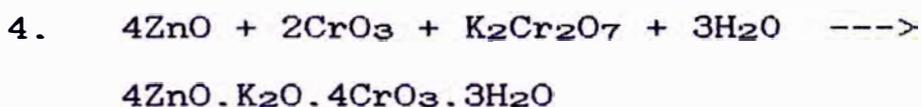
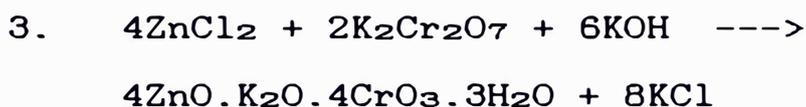
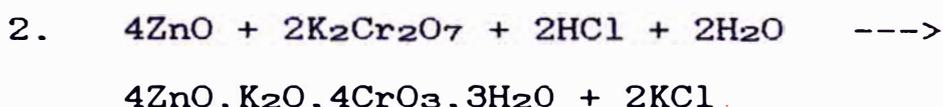
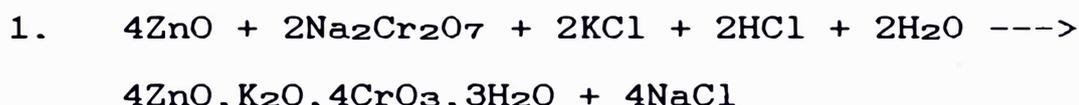
El clima de la zona Callao es húmedo, con una temperatura promedio de 15° C en el invierno y de 26° C en el Verano, y de ambiente salino corrosivo.

## CAPITULO VII

### INGENIERIA DEL PROYECTO

#### 7.1 PROCESOS EXISTENTES

Actualmente se cuentan con 4 diferentes métodos para la síntesis de este pigmento(6).



El pigmento se puede obtener por medio del uso de ácido sulfúrico, sustituyendo al ácido clorhídrico en las reacciones donde lo involucren.

Se ha determinado que era impracticable la completa remoción de los sulfatos contaminantes. La presencia permanente de este anión, obliga a que los procesos que

involucran el uso del ácido sulfúrico, se recomienden para preparar el Amarillo de Zinc tipo II.

Además, todos los métodos conducen a la obtención del Amarillo de Zinc, pero la calidad depende del grado de pureza del mismo, siendo los principales contaminantes los iones cloruro y sulfato, que están presentes en la materia prima.

## 7.2 ELECCION DEL PROCESO

Diversas tecnologías de producción del Amarillo de Zinc se han desarrollado a nivel mundial. En nuestro país se ha hecho una investigación tomando en cuenta la disponibilidad de la materia prima y los factores tecnológicos adecuados para la calidad óptima de este pigmento; este trabajo fue desarrollado por Coronado-Takeda (6) en la Universidad de Ingeniería, siendo la base principal de este trabajo.

De acuerdo a el estudio de dichos investigadores, el Método 2 es el más adecuado para la producción del pigmento, por lo que la presente investigación seguirá las condiciones de operación recomendadas por ellos.

El Dicromato de Potasio no es producido en el país, por lo que requiere ser importado, sin embargo el Oxido de Zinc y Acido Clorhídrico (nacionales) son de fácil adquisición, en relación al Dicromato de Sodio, Cloruro de Potasio y Acido Crómico, siendo los dos últimos escasos en el mercado nacional.

## 7.3 OPERACIONES Y PROCESOS

### 7.3.1 ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCION

El proceso de producción se ha realizado teniendo en cuenta una serie de factores, por lo que se ha establecido una programación en base a lotes o batchs , para la reacción, siendo continuos las operaciones siguientes. Se considera que cada lote, produce 175 kg del pigmento.

En la Figura 7.1 se muestra el diagrama de flujo general del proceso.

#### **a. Acondicionamiento de la Materia Prima**

##### - Empastado del Oxido de Zinc

El Oxido de Zinc sólido, es mezclado con agua, para formar una pasta la cual es llevada al tanque de reacción.

Al entrar en contacto con el agua, penetra a los aglomerados del óxido, sin ocurrir algún proceso de disolución.

##### - Disolución del Dicromato de Potasio

El Dicromato de Potasio en cristales, es cargado a un tanque con agua, provisto de un sistema de agitación. Puede realizarse a temperatura ambiente.

#### **b. Reacción Química**

La pasta de Oxido de Zinc, la solución de dicromato de potasio y el ácido clorhídrico son cargados al reactor, el cual se encuentra provisto de un agitador.

Debido a que los reactantes están en diferentes fases

(sólido y líquido), la agitación es una etapa muy importante ,porque de ella depende la formación inicial del pigmento. Según (6), el tiempo óptimo de agitación es de media hora, durante el cual se llevará a cabo el contacto íntimo de los reactantes.

Después de la agitación, este lote es bombeado a uno de los tanques de decantado donde concluirá la reacción, y el sistema alcanzará las concentraciones adecuadas de contenido de ZnO y cromato.

#### **c. Decantado y Lavado**

Concluída reacción química, se procede al lavado del pigmento previa decantación con el objeto de disminuir el contenido de cloruros en el líquido.

Para el lavado del pigmento se utiliza agua desionizada hasta obtener la concentración de cloruros especificada en la Norma ASTM D478-49 en el pigmento seco.

El agua de decantado es sometido a un tratamiento químico que se discutirá en 7.3.3. El pigmento más la solución de lavado es bombeado a la centrífuga.

#### **d. Centrifugado**

En esta etapa, no solo se elimina el agua sino también se reduce la humedad a un 40%, según Williams (26).

El agua de lavado es eliminada, de esta manera se evita la presencia de cloruros en la torta que va a ser

secada. Los iones cloruro no deben estar presentes en altos porcentajes, porque contaminan al pigmento, bajando su poder anticorrosivo, en consecuencia su calidad.

#### **e. Secado**

El pigmento proveniente de la centrífuga es sometido a una operación de secado, alcanzando la humedad requerida por la especificación ASTM del Amarillo de Zinc, con un máximo de 1%.

Antes de que la pasta proveniente de la centrífuga entre al secador, se introduce al preconformador para darle un tamaño de partícula de 5 mm<sup>3</sup> aproximadamente, después del cual pasa al secador rotatorio.

Este secador directo necesita que el aire sea calentado con vapor, porque al utilizar otro medio de calentamiento corre el riesgo de contaminar el pigmento.

#### **f. Pulverizado**

En esta operación se produce la desaglomeración del producto, sin quebrar sus cristales primarios. La pulverización permite una mayor facilidad de dispersión del pigmento en la pintura.

Para una alta eficiencia en la molienda, y obtener el tamaño de partícula especificado, se operará en circuito cerrado con un clasificador, el cual reciclará las partículas gruesas al molino.

Con la molienda en circuito cerrado se evita que el

producto final no sea homogéneo y contenga partículas de distintos tamaños, que desvirtúa sus propiedades como pigmento en la fabricación de pinturas anticorrosivas.

Finalmente el producto molido que pase la malla 325, es pesado y recolectado en bolsas para su almacenamiento.

### 7.3.2 CONTROL DE CALIDAD

La formación del Amarillo de Zinc depende mucho de la pureza de la materia prima, en especial del Oxido de Zinc.

#### a. Control de Calidad de la Materia Prima

El Oxido de Zinc requerido, debe tener en su composición, el siguiente contenido, según la Norma ASTM D70-44:

Proceso Tipo Americano	min %	max %
Total de Oxido de Zinc	98.0	
Total Sulfuros		0.2
Total impurezas		0.5
Total residuo retenido sobre la Malla N°325		1.0

El Dicromato de Potasio, debe ser de grado técnico, teniendo una composición especificada como dicromato de potasio para fotografía que a continuación se detalla.

Contenido Dicromato de Potasio	99.0 %
Pérdida al secar	0.5 %
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	0.8 %
Partes insolubles	0.05%

El ácido clorhídrico al 33%, conocido con el nombre de ácido muriático, es un producto que no requiere un control estricto comparado con el Oxido de Zinc.

#### b. Control de Calidad del Amarillo de Zinc

La calidad del Amarillo de Zinc es importante, porque del contenido del CrO<sub>3</sub> en su composición, depende el carácter anticorrosivo del mismo.

El Amarillo de Zinc, debe cumplir con las Normas ASTM D478-49 ,ver Anexo I.

#### ESPECIFICACIONES ASTM D478-49 PARA EL AMARILLO DE ZINC TIPO I

	%Min	%Max
Zinc (como ZnO)	35.00	40.00
Cromo (como CrO <sub>3</sub> )	41.00	-
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> )		0.20
Cloruros (como Cl)	-	0.10
Agua combinada	-	8.00
Sales Alcalinas	-	13.00
Humedad y otros mater. volátiles	-	1.00

### 7.3.3 CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE

#### a. Tratamiento del Cr <sup>+6</sup> en las Aguas

##### Residuales

Es necesario el tratamiento químico del Cr(VI) debido a que la concentración en las aguas residuales de la planta de producción del pigmento es de 90 mg/l, por lo que debe disminuir el nivel de cromo como agente contaminante.

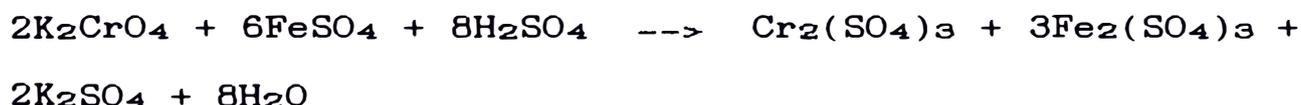
En condiciones naturales, el cromo se encuentra casi siempre en forma trivalente y prácticamente todo el cromo hexavalente que existe es generado por las actividades humanas.

#### b. Contaminación y nivel Permisible

Los valores límites permisibles, para las soluciones crómicas, sales cromosas emitidas por el Ministerio de Salud del Perú (12) es de 0.0005 mg/l de Cr(VI).

Para disminuir el contenido de Cr<sup>+6</sup> en las aguas de lavado, y por ende, el efecto contaminante es necesario plantear una solución al problema.

El Cr(VI) es un agente oxidante que en contacto con el sulfato de fierro y ácido sulfúrico se reduce a Cr(III), tal como se muestra en la siguiente ecuación :



#### 7.4 BALANCE DE MATERIALES

El Balance de Materiales se ha efectuado para una producción de 500 Tm/año. Debido a la tecnología empleada es necesario considerar lotes o batchs para la reacción química, siendo los demás procesos continuos, funcionando en tres turnos de trabajo.

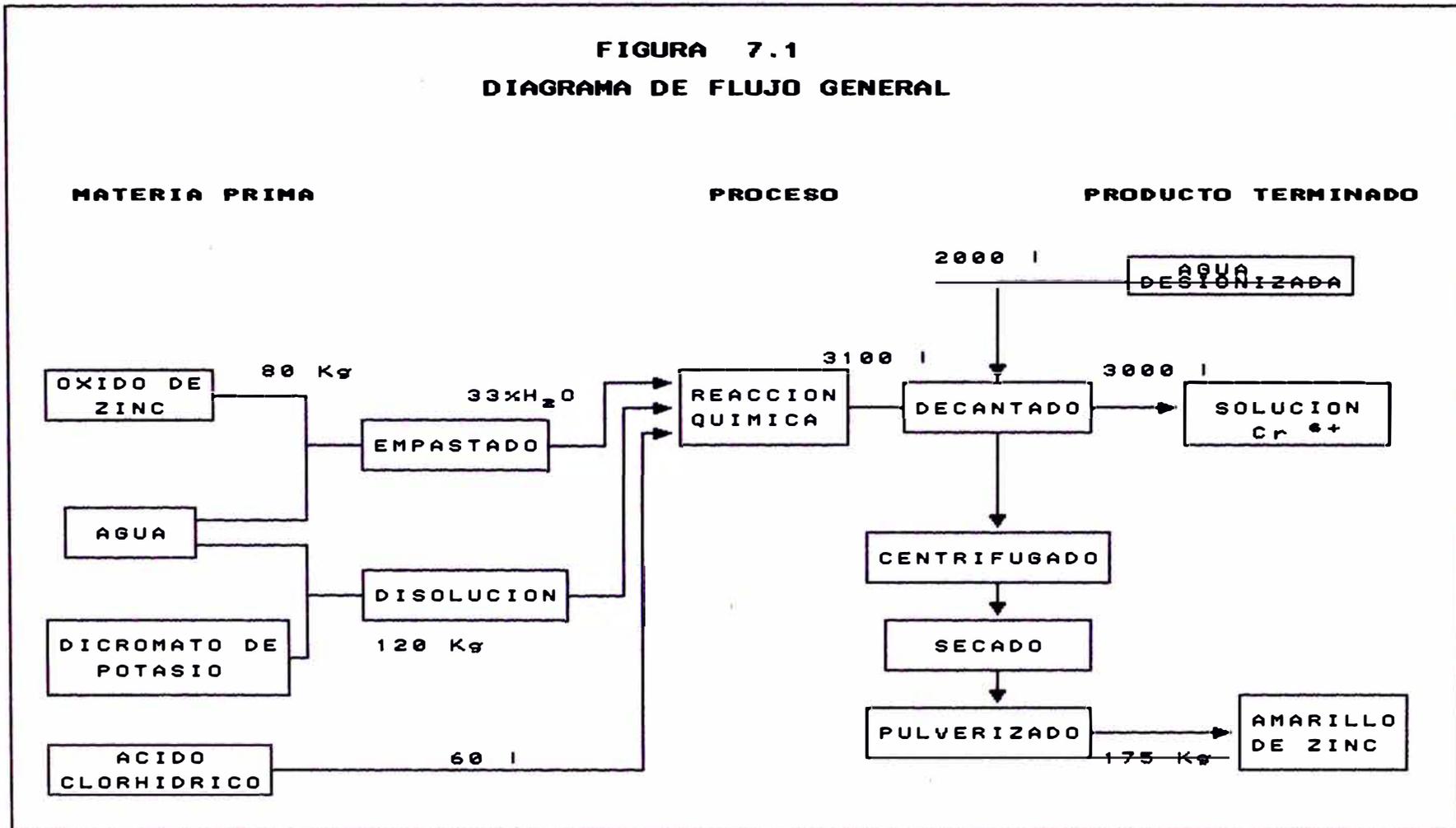
Diariamente se producirán doce lotes de 175 kg de pigmento cada uno. Según Coronado - Takeda (6), las condiciones adecuadas para la síntesis del pigmento (ambientales) se aplican para obtener los requerimientos de materia prima en la elaboración del lote de 175 kg., lo que se aprecia en la Figura 7.1 de una forma general. El proceso se dividirá en dos: el que se lleva a cabo en lotes (reacción, centrifugado), y el continuo (secado y pulverizado).

En la Figura 7.2 se detallan las líneas o corrientes de cada etapa del proceso. En el Cuadro 7.1 se encuentran los datos para la primera parte del proceso, siendo las condiciones de operación las ambientales (presión de 1 atm y temperatura comprendida entre 20 y 25° C) que fueron mencionadas anteriormente.

CUADRO 7.1

Line	1	2	3	4	5	6	7
	80 kg	60 l	2800 l	2040 l	2000 l	40 kg	240 kg

**FIGURA 7.1**  
**DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL**



PLANO 01

Line	8	9	10	11	12
	2900 l	3100 l	1800 l	200 l	2500 l

En el Cuadro 7.2 se toma en cuenta las líneas en las que los procesos son continuos.

CUADRO 7.2

Line	13	14	15	16	17
	170 l/min	220 Kg/h	200 Kg/h	88 Kg/h	176 Kg/h

Line	18	19
	17.6 kg/h	88 kg/h

## 7.5 DISEÑO DE EQUIPOS

### 7.5.1 DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DEL MEZCLADOR DE OXIDO DE ZINC

Antes de que se lleve a cabo la reacción química para la formación del pigmento, es necesario el acondicionamiento del óxido de zinc, preparando una mezcla pastosa con el agua. Ello permite una materia prima más reactiva, donde el óxido de zinc se "hincha" (6), asegurando una completa reacción.

En el estudio anterior realizado por Coronado-Takeda (6), no usaron en la etapa de acondicionamiento de la materia prima, un equipo de mezclado específico, pero obtuvieron los principales factores físicos que

intervienen en la mezcla de ZnO en agua (67% en peso); tales como la viscosidad, la densidad de la mezcla y el tamaño de la partícula del óxido de zinc, el cual presenta una enorme superficie específica dando lugar al fenómeno de oclusión de aire, que evita el contacto sólido-líquido.

El uso de agitadores de paletas y turbodispersores es recomendado por Perry (17), los cuales generan altas velocidades de corte, que de acuerdo a las características plásticas de la mezcla determinará el límite de fluencia, originando zonas por debajo de él, que permanecerán inmóviles.

Un mezclador con estas características es el de tipo batea con eje horizontal donde las varillas con las paletas van unidas al eje y poseen terminales de jebe, las cuales facilitan el rascado de las paredes del recipiente.

El volumen del mezclador se deduce de las características de la mezcla, considerando su densidad, la que es igual a 1.37 gr/cc y por balance de masa el peso total de la mezcla es 120 kg.

Por lo tanto, el volumen que ocupará la mezcla será:

$$\text{Vol(mezcla)} = 88 \text{ l}$$

$$\text{Vol(mezclador)} = 100 \text{ l} = 3.6 \text{ ft}^3$$

$$\text{Potencia consumida} : 3.6 \text{ HP}$$

#### ESPECIFICACIONES DEL MEZCLADOR

$$\text{Volumen del Mezclador} \quad 100 \text{ l} \quad 3.6 \text{ ft}^3$$

$$\text{Potencia} = 3.6 \text{ HP}$$

### 7.5.2 DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DEL REACTOR

El reactor constituye el equipo principal del proceso en el cual se lleva cabo la síntesis del pigmento. Aquí se vierte la materia prima y reacciona un tiempo predeterminado, para luego pasar su contenido a los tanques decantadores.

En la selección del agitador se tomó en cuenta principalmente la intensidad de agitación, que favorece la homogenización del sistema, reduciendo la resistencia de la película alrededor de la partícula sólida y el tamaño del aglomerado, razones que contribuyen a la cinética de la reacción.

Según Weber (25) , a una potencia fija, una turbina desarrolla una mayor altura de descarga y una menor velocidad de bombeo que el agitador de hélice. La disipación de la altura de descarga, llamada esfuerzo cortante se lleva a cabo por la atenuación microscópica del head para vencer las fuerzas de atracción molecular. Siendo los agitadores de turbina los que sobresalen en la mezcla de sistemas heterogéneos, se decidió el uso de ellos. Ulrich (24), recomienda los agitadores de turbina de paletas inclinadas, que son usadas para la suspensión de partículas sólidas de alta densidad.

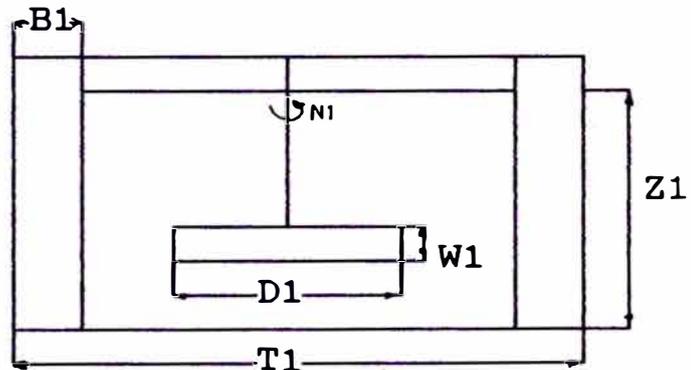
El PVC es utilizado como recubrimiento para el reactor por su alta resistencia química. Según Fenner (7), es excelente frente a bases fuertes y débiles, sales, ácidos fuertes y oxidantes fuertes; además la temperatura de

trabajo lo hace adecuado para este uso.

El agitador con eje vertical es de acero inoxidable AISI 316 que resiste soluciones con iones de cloruro que se encuentran presentes en el sistema.

Se asume que el calor de reacción es despreciable en el reactor, según Coronado-Takeda (4), para diseñarlo es necesario un escalamiento del reactor de laboratorio, que tiene las siguientes características:

D1 = 0.07 m  
T1 = 0.13 m  
W1 = 0.007 m  
Z1 = 0.105 m  
C1 = 0.01 m  
B1 = 0.006 m  
N1 = 300 rpm  
V1 = 1.39 l



### Escalamiento

El Método de Escalamiento se realizó de acuerdo a Rautzen, Corpstein y Dickey (22), que proponen un sistema basado en similitud geométrica .

Cálculo de la Razón de Escala R :

$$R = (V_2/V_1)^{1/3}$$

Donde :

V2: es el volumen para una producción de un lote de 175 kg, el cual se puede calcular mediante la proporción :

$$V_2 = V_1 * (Q_2/Q_1)$$

siendo  $Q_2 = 175 \text{ kg}$

$$Q_1 = 0.05 \text{ kg}$$

Además, V1 según (6) fue sobredimensionado. Por lo tanto :

$$V1 = 0.88 \text{ l}$$

$$V2 = 3070 \text{ l}$$

Luego :  $R = 15.20$

$$R = D2/D1 = T2/T1 = W2/W1 = Z2/Z1 = C2/C1 = B2/B1$$

En consecuencia :

$$D2 = 1.06 \text{ m} , T2 = 1.98 \text{ m} , W2 = 0.106 \text{ m}$$

$$Z2 = 1.00 \text{ m} , C2 = 0.152 \text{ m} , B2 = 0.09 \text{ m}$$

Proporcionando un exceso de altura de 1/3 de la altura calculada, se obtiene:

$$Z2 = 1.00 * (4/3) = 1.33 \text{ m}$$

#### Cálculo de Velocidad de Agitación

$$N2 = N1 * (1/R)^n$$

Para  $n = 3/4$   $N2 = 38.97 \text{ rpm}$

$n = 2/3$   $N2 = 48.89 \text{ rpm}$

$n = 1/2$   $N2 = 77 \text{ rpm}$

#### Cálculo de la Potencia del Reactor

$$HP = (Dt/394)^5 * Sg * N^3$$

Donde : Dt = diámetro de la turbina en pulgadas

Sg = gravedad específica

N = Velocidad de giro rpm

$$\text{Potencia} = 6.09 \text{ HP}$$

#### ESPECIFICACIONES DEL REACTOR

Tipo : Cilíndrico Vertical, con sistema de agitación vertical

Diámetro : 1.98 m

Altura : 1.33 m

Volumen de trabajo : 3070 l

Baffles : 4 con 0.09 m de ancho

Material : Fierro (1/8 in de espesor) revestido de  
PVC

#### Sistema de Agitación

Potencia del Motor : 6 HP

Velocidad : 77 rpm

#### Agitador Vertical de Posición Central

Tipo : Turbina de 4 paletas inclinadas 45°

Diámetro de turbina : 1.06 m

Ancho de paletas : 0.106 m

Altura sobre el fondo del tanque : 0.152 m

Eje : Diámetro : 0.054 m

Altura : 1.45 m

Material : Acero Inoxidable AISI 316

#### 7.5.3 DISEÑO DE LOS TANQUES DE DECANTADO

Los tanques de decantado deben tener el mismo volumen que el reactor, debido a que la reacción finaliza en éstos:

$$V = 4095 \text{ l}$$

Es recomendable según Perry (20), que el diámetro sea el doble de la altura :

$$D = 2*Z$$

$$V = \frac{\pi * D^2 * (D/2)}{4}$$

$$D = 2.18 \text{ m}$$

$$Z = 1.09 \text{ m}$$

### Sistema de Lavado del Pigmento

Se busca eliminar los iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{=}$ , principales contaminantes del Amarillo de Zinc.

El pigmento producido empieza a sedimentar hasta formar un lecho en el fondo del tanque decantador, con una altura determinada  $h$ .

Para la eliminación del líquido del reactor, se instalará una tubería de salida a una altura  $h$  más  $h_0$  del fondo del tanque.

$$W = 50 \text{ gr. pigmento a nivel laboratorio}$$

$$\text{Vol. Ocupado} = 150 \text{ cc}$$

Para un batch de 175 kg tendremos:

$$\text{Vol} = 525 \text{ l}$$

Area de la sección recta del decantador diseñado:

$$A_s = 3.73 \text{ m}^2$$

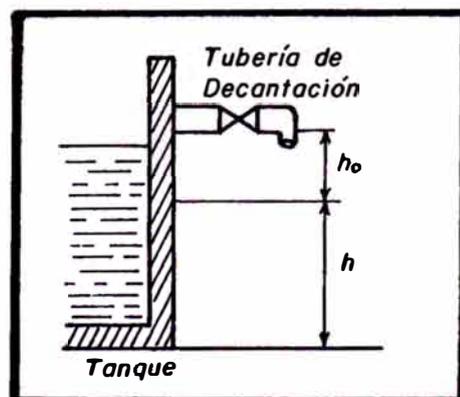
$$h = 14.06 \text{ cm}$$

Entonces :  $h_0 = 0.5 * h$

$$h_0 = 7.03 \text{ cm}$$

$$h_t = h + h_0$$

$$h_t = 21.1 \text{ cm}$$



## ESPECIFICACIONES DE LOS TANQUES DE DECANTADO

Tipo : Cilíndrico Vertical, con sistema de lavado

Número de tanques : 4

Diámetro : 2.18 m

Altura : 1.09 m

Material : Fierro (1/8 " de espesor) revestido de PVC

Indicador de Nivel de Tubo de Vidrio

Sistema de lavado

Altura de tubería de salida : 21.1 cm

### 7.5.4 ESPECIFICACIONES DE LA CENTRIFUGA

Perry (19), recomienda el uso de centrífugas de canasta para la recuperación de precipitados o cristales de las aguas madres o de lavado en un gran número de procesos. La centrífuga de canasta ofrece ventajas sobre el filtro prensa o el filtro rotativo al obtener menor humedad en el sólido a recuperar.

La centrífuga especificada cumple con un programa de trabajo, como el que sigue :

#### Tiempo

Carga .....	2 - 3 min
Aceleración hasta plena velocidad .....	3 - 4 min
Marcha a plena velocidad .....	1 min
Disminución de la velo- cidad con frenos .....	2 min
Descarga (por el fondo).....	2 - 4 min

En este tipo de centrífuga según Williams (26), la concentración en sólidos es de 60 %.

Debido a su gran diámetro y su baja velocidad el porcentaje de humedad es considerable pero permite mayor rapidez para la consecución de las operaciones, en este caso el secado , para lo que es necesario que la pasta pase por un preconformador que le dará la forma adecuada para su secado.

#### ESPECIFICACIONES

Tipo : Canasta

Número de Equipos : 2

Capacidad : 300 l

Porcentaje de Sólidos en la alimentación : 9.8 %

Diámetro : 102 cm

Material : Acero Inoxidable

Potencia del Motor : 10 HP

Velocidad de Giro : 900 rpm

Sistema de Alimentación

Tipo : Bomba Centrífuga

Caudal : 170 l/min

Velocidad : 1750 rpm

Potencia : 1/2 HP

Instrumentación : Manómetro Bourdon 0 - 100 lb/pulg<sup>2</sup>

#### 7.5.5 DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DEL SECADOR

Debido a la escala de producción y el tipo de producto es necesario un secador de tipo continuo.

Según Treybal (23), los secadores indirectos son caros de construir y de operar, por ello se utilizan solo para materiales valiosos que deban secarse a bajas temperaturas o en ausencia de aire para evitar la descomposición, como ciertos productos farmacéuticos, o en donde la humedad para eliminar es un disolvente orgánico caro o venenoso que debe recuperarse más o menos completamente.

Existen varios tipos de secadores directos de los cuales se ha seleccionado el secador rotatorio directo, porque son aplicables a la desecación de materiales granulados que fluyen con relativa libertad (17).

Para el calentamiento del aire, el tipo de calefacción que se va usar será mediante un caldero, debido a que si se utiliza un quemador éste podría contaminar el pigmento con los subproductos de los gases de combustión; y el uso de electricidad incrementaría en sobremanera los costos de servicios, tomando en cuenta el volumen de producción requerido.

### **Método de Diseño**

Para diseñar el equipo se dispone de la siguiente información:

#### **Datos Físicos de la Torta**

Humedad inicial : 40 % en base seca

Humedad final : 1%

Flujo de sólido seco 175 kg/hr

Densidad del sólido : 3.4 gr/cc

Temperatura de salida del secador : 100°C

### Datos Físicos del Aire

Ingreso al Secador

% de Humedad : 46 %

Humedad Absoluta : 0.025 kg/ kg de aire seco

### Secador

Temperatura de bulbo seco : 150°C

Considerando que la mayor parte del calor se utiliza en la vaporización del agua, puede suponerse que la diferencia media de temperaturas es equivalente a la media logarítmica de las presiones de ampolla húmeda del aire a la entrada y a la salida. Se tiene entonces :

$$N = \frac{\ln (t_1 - t_w)}{t_2 - t_w}$$

donde :

N = Unidades de transferencia de calor en el gas

t<sub>1</sub> = Temperatura inicial del gas

t<sub>2</sub> = Temperatura de salida del gas

t<sub>w</sub> = Temperatura de bulbo húmedo

Una buena eficiencia del secador se da cuando el número de unidades de transferencia está comprendido entre 1.5 - 2. En este caso, se toma igual a 2.

De la Carta Psicrométrica, Anexo VIII, el aire a

150°C y la humedad absoluta de 0.025 tiene una temperatura de bulbo húmedo de 46°C :

$$t_2 = 60^\circ\text{C}$$

#### Calor suministrado al Aire (Q)

$$Q = E * q_l = 88090 \text{ Kcal}$$

donde :

$q_l$  : Calor latente del agua

$E$  : Cantidad de agua a evaporar

#### Cantidad de Aire necesaria (W1)

$$W_1 * c (T_e - T_s) = Q$$

donde :

$W_1$  : Cantidad de aire necesaria

$c$  : Calor específico del aire

$T_e$  : Temperatura de entrada del aire

$T_s$  : Temperatura de salida del aire

$$W_1 = 3158.7 \text{ Kg / hr}$$

Esta cantidad de aire se aumentará en aproximadamente 10 % para tener en cuenta las pérdidas de calor desde la envoltura del secador. Luego, la cantidad total de aire es 3370 Kg/ hr.

#### Velocidad Máxima del Aire

Para hallar la velocidad máxima del aire se aplica una ecuación para la partícula del pigmento. Según Foust (8), se asume que la partícula cae en un medio gaseoso, en

este caso el aire.

$$V_t = (d_s - d) * g * D_p^2 / 18\mu$$

donde :

$d_s$  = Densidad del sólido seco lb/ft<sup>3</sup>

$d$  = Densidad del sólido húmedo lb/ft<sup>3</sup>

$D_p$  = Diámetro de la partícula en ft.

$\mu$  = Viscosidad de la partícula

$$V_t = 6.87$$

#### Flujo Másico del Aire (Gv)

$$G_v = (V_t * t) * P * P_M / R * T$$

donde :

$t$  : Tiempo en segundos

$P$  : Presión en psia

$P_M$  : Peso molecular del aire

$T$  : Temperatura en °R

$$G_v = 1291.2 \text{ lb/ hr ft}^2 = 6317.4 \text{ kg/ hr m}^2$$

Este valor de  $G_v$  es el máximo admisible para que no se produzca polvo y con el cual se calcula el área del secador.

#### Area del Secador (As)

$$A_s = W_1 / G_v = 0.53 \text{ m}^2$$

$$D = 0.82 \text{ m}$$

#### Cálculo de la Longitud del Secador (Lt)

Según Perry (18), la longitud de una unidad de transferencia para un secador rotatorio se calcula

mediante la fórmula :

$$L = 0.026 * c * W^{10.84} * D$$

$$L = 4.70 \text{ m}$$

$$L_t = N * L$$

$$L_t = 9.40 \text{ m}$$

### Cálculo de la Retención del Material (RM)

$$RM = 0.04 * VS$$

donde :

VS : Volumen total del secador

$$RM = 0.20 \text{ m}^3$$

### Cálculo del Tiempo de Paso ( $\tau_p$ )

El tiempo de paso se calcula considerando la retención de material en el secador y el flujo de material sólido que lo atraviesa.

$$\tau_p = (RM * d_m) / f_s$$

donde:

$d_m$  = Densidad del material seco en  $\text{Kg/m}^3$

$f_s$  = Flujo de alimentación en  $\text{Kg/hr}$

$$\tau_p = 2.91 \text{ hr} = 174.5 \text{ min}$$

### Cálculo de la Inclinación del Secador (S)

$$S = \frac{0.23 * L}{N^{0.9} * D * [\tau_p - 1.97 * \beta * L * G_v / F]}$$

donde :

$\beta$  = Constante que depende del material manejado

$$\beta = 5 / D_p^{0.5}$$

$D_p$  : Tamaño de la partícula de peso medio del material manejado en  $\mu\text{m}$

$F$  : Velocidad de alimentación al secador, kg de producto seco/hr ( $\text{m}^2$  de sección transversal del secador)

$$\beta = 0.071$$

$$S = 0.002 \text{ m/m}$$

### Cálculo de la Potencia del Secador (PS)

La potencia necesaria para el funcionamiento del secador (incluyendo el ventilador) es :

$$PS = 9 \cdot D^2$$

donde :

$D$  : Diámetro del secador

$$PS = 6.5 \text{ HP}$$

### Velocidad de Rotación (NS)

$$NS = 9/D = 11 \text{ rpm}$$

### Número de Aletas (Z)

$$Z = 10 \cdot D = 8 \text{ aletas}$$

### Altura de las Aletas (ha)

$$ha = D/8 = 0.103 \text{ m}$$

## ESPECIFICACIONES DEL SECADOR

Tipo : Secador Rotatorio Directo

Diámetro : 0.82 m

Longitud : 9.40 m

Velocidad de giro : 11 rpm

Material : Acero Inoxidable AISI 316

Inclinación : 0.002 m/m

N° de Aletas : 8

Altura de aletas : 0.103 m

Potencia consumida : 6.5 H.P.

#### Preconformador

Tipo : Tambores Gemelos

Tamaño de la partícula preconformada : 5 mm<sup>3</sup>

#### Calefacción

Tipo : Vapor Saturado

Cantidad necesaria : 200 kg / hr

#### Aire

Cantidad necesaria : 3370 kg / hr

% de humedad de ingreso : 86 %

Temperatura de ingreso : 68 °F

Temperatura de salida del secador : 212 °F

### 7.5.6 DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DEL MICROPULVERIZADOR

Después de terminado el secado ,el pigmento se encuentra formando aglomerados de 5 mm<sup>3</sup> de volumen , que deben someterse a una molienda. Aquí la función del molino es fundamentalmente pulverizar los aglomerados formados, producto de la operación de centrifugado y secado, y no la de romper las partículas primarias provenientes de la reacción.

Berry (1), recomienda para las sustancias que han

sido precipitadas con un tamaño de partícula muy pequeño son fácilmente procesados en molinos de martillos.

Básicamente, existen dos tipos de molinos de martillos que producen partículas bajo la malla 325 : el molino vertical Raymond y el Mikro-Atomizer.

Ambos cumplen las exigencias requeridas para producir el pigmento con el tamaño adecuado. Según la potencia consumida, se pueden encontrar los siguientes equipos disponibles industrialmente:

Tipo de Molino	Desde	Hasta
Molino Raymond Vertical	20 Hp	100 Hp
Molino Mikro-Atomizer	3.6 Hp	75 Hp

Dado el nivel de producción de la planta, el molino Mikro-Atomizer es el más adecuado.

La potencia necesaria consumida por este tipo de molino ,se calcula según Ulrich (24), por la fórmula :

$$P = 40 * M * \ln R1$$

donde :

M = Flujo Másico (Kg/seg)

P = Potencia en KW

R1 = Relación de Reducción

P = 29.1 HP

El Molino Micropulverizador funcionará en circuito cerrado con un clasificador y un ventilador aspirador de finos , que permitirá una alta eficiencia en el tamaño de partícula requerido.

Según Perry (20), estos molinos micropulverizadores tienen las siguientes características.

Resultados de funcionamiento de Micropulverizadores

Nº del Pulverizador	ϕ del Rotor mm	Velocidad Máxima	HP
Bantam	127	16000	3/4 - 1
1	203	9600	3 - 5
2	305	6900	7 1/2 - 10
3	457	4600	20 - 40
4	610	3600	30 - 60

ESPECIFICACIONES DEL MICROPULVERIZADOR

Tipo : Molino de Martillos Mikro - Atomizer

Potencia Consumida : 29.1 HP

Velocidad Máxima del Rotor : 3600 rpm

Diámetro del Rotor : 610 mm

Producto : Tamaño promedio 15 µm

7.6 ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS AUXILIARES

Los equipos auxiliares están diseñados de acuerdo a las necesidades del proceso , materia prima y suministros, explicados anteriormente en el Balance de Materiales. Para el caso de las tolvas se ha fijado una capacidad de almacenamiento de 3 lotes .

Los requerimientos de agua son altos, por ello es necesario contar con un tanque que provea a toda la planta; el cual debe tener una capacidad para mantenerla en funcionamiento, después de un corte o desabastecimiento. Para los tanques de agua se considerará

12 horas como tiempo de residencia, no siendo necesario para el tanque de agua corriente estar hecho de un material muy costoso, que implique una mayor inversión.

a. Especificaciones del Caldero

El caldero se utilizará para producir el vapor de calentamiento del aire usado en el secador. Como no se requiere una producción alta de vapor ni condiciones muy drásticas de presión y temperatura, se considera adecuado por su bajo costo y fácil manejo, el caldero tipo pirotubular.

Especificaciones

Tipo: Pirotubular

Combustible: Petróleo Diesel N° 2

Potencia: 15 BHP

Producto: Vapor Saturado a 150 PSI

b. Especificaciones del Tanque de Agua Corriente

Tanque Rectangular

Volumen : 15 m<sup>3</sup>

Base : 2.71 m

Altura : 3.50 m

Ancho : 1.60 m

Material : Concreto

Indicador de Nivel de Tubo de Vidrio

c. Especificaciones del Desionizador

En el Anexo V, se detalla el diseño del desionizador.

## Especificaciones

### Columna Aniónica y Catiónica

Datos de la resina seleccionada:

#### Intercambiador aniónico : Dowex-Sar

Tipo resina : Fuertemente básica.

Capacidad : 15.81 Kgr/ft<sup>3</sup>

Nivel Regenerante : 4 lb/ft<sup>3</sup>

Concentración del Regenerante: NaOH al 4%

Volumen de la resina = 2.46 ft<sup>3</sup>

Altura del lecho de resina = 2.3 ft

Diámetro del intercambiador = 1.2 ft

#### Intercambiador Catiónico: Zeolita de Sodio

Tipo Resina : Fuertemente ácida

Capacidad : 23 Kgr/ft<sup>3</sup>

Nivel Regenerante : 8 lb/ft<sup>3</sup>

Concentración del Regenerante: NaCl 5%

Volumen de la resina = 2.3 ft<sup>3</sup>

Altura del lecho de resina = 2.2 ft

Diámetro del intercambiador = 1.2 ft

#### d. Especificaciones del Tanque de Agua Desionizada

##### Tanque Cilíndrico Vertical

Volumen : 5 m<sup>3</sup>

Diámetro : 1.5 m

Altura : 2.9 m

Material : Fierro espesor 1/8 " recubierto de PVC

Indicador de Nivel de Tubo de Vidrio

e. Especificaciones de la Tolva de Almacenamiento de Oxido de Zinc

Peso Almacenado : 240 Kg

Volumen : 51.6 dm<sup>3</sup>

Material : Fierro, espesor 1/8 " recubierto de PVC

f. Especificaciones de la Tolva de Almacenamiento de Dicromato de Potasio

Peso Almacenado : 360 Kg

Volumen : 161.4 dm<sup>3</sup>

Material : Fierro, espesor 1/8 " recubierto de PVC

g. Especificaciones del Mezclador de Dicromato de Potasio Tanque Cilíndrico Vertical

Volumen : 2900 l

Diámetro : 1.22 m

Altura : 2.48 m

Material : Fierro, espesor 1/8" recubierto de PVC

Indicador de Nivel de Tubo de Vidrio

Sistema de Agitación

Tipo : Turbina de Paletas Inclınadas

Diámetro : 0.064 m

Velocidad: 120 rpm

Potencia del motor : 2 HP

Material : Acero Inoxidable

Sistema de Regulación de Velocidad

#### h. Especificaciones del Tanque de Acido Clorhídrico

Recipiente Cilíndrico Vertical

Volumen : 180 l

Diámetro : 1.1 m

Aitura : 1.9 m

Material : Polietileno

Indicador de Nivel de Tubo de Vidrio

#### BALANZA

Número : 2

Balanzas simples con un rango de pesada de 1 - 200 kg

### 7.5 DISPOSICION DE LA PLANTA

Esta disposición de planta, ha sido determinada por ciertos principios tales como: la distribución de las áreas de almacenamiento, distribución del equipo, seguridad, expansión de la planta, servicios auxiliares, edificios, los cuales han servido de guía en el planeamiento detallado de la distribución de la planta.

Los almacenes para las materias primas y los productos terminados se han situado en áreas adyacentes. El almacenamiento de la materia prima, requiere de condiciones ambientales normales de clima seco.

Al planear la distribución del equipo, se ha suministrado amplio espacio a cada pieza puesto que la facilidad a acceso es importante.

En parte se ha preferido el flujo por gravedad, colocando por ello, los equipos en plataformas de

# PLANO 02

diferentes niveles, tal es el caso ,de los tanques de agua, así como de los tanques de Dicromato de Potasio , Acido Clorhídrico y el mezclador de Oxido de Zinc.

En lo que respecta al requisito de seguridad, se sabe que gran parte del planeamiento está sujeto a los requisitos locales y nacionales de seguridad y de los códigos contra incendios.

También se ha tenido en cuenta la posibilidad de expansión de la planta ya que se debe preveer la multiplicación del número de unidades o aumento de tamaño de las ya existentes.

Para ayudar a la facilidad de operación y a la reducción del costo de mantenimiento se ha prestado atención a la colocación adecuada de los servicios auxiliares, como vapor, agua y electricidad. No menos importante es la selección de edificios. No se ha cubierto todo el área solo lo correspondiente a la parte administrativa, laboratorio, comedores, centro médico y vigilancia.

En la Figura 7.3, se muestra la distribución de planta para el área administrativa y la distribución del área que corresponde al proceso de producción.

Las longitudes están en metros y el área total requerida es de 700 m<sup>2</sup>.

## CAPITULO VIII

### INVERSION Y FINANCIAMIENTO

#### 8.1 COSTOS DE ADQUISICION DE EQUIPOS

El estudio indica las necesidades totales de capital, desglosadas de acuerdo a las características de este proyecto, todo lo cual es necesario para presupuestar la ejecución y operación de la empresa.

El proceso industrial, requiere la siguiente inversión, la que ha sido obtenida en base a cotizaciones otorgadas por Industrias CEMA S.A. y por Rovic S.A.

TABLA 8.1

#	Equipo	Volumen	C Com M\$
01	Mezclador Oxido de Zinc	100 l	1.24
01	Mezclador Dicromato	2900 l	2.35
01	Reactor	4095 l	3.89
02	Centrífugas	300 l	7.06
01	Secador	9.4mx.82m	20.34
01	Caldero		8.38
04	Decantadores	4095 l	5.57
01	Molino de Martillos *		5.45
01	Tanque de Agua Corriente	15 m <sup>3</sup>	1.28
01	Tanque Tratamiento Cr <sup>6+</sup>	3600 l	1.39
01	Tolva Dicromato de Potasio	0.161 l	0.20
01	Tolva de Oxido de Zinc	0.052 l	0.05
01	Tanque de Ac. Clorhídrico	180 l	0.25
01	Tanque de Agua Desionizada	5 m <sup>3</sup>	1.50
01	Desionizador	2.75mx.34m	2.32
02	Balanzas		1.20
	Instr. de Control y tub.		4.74
	<b>COSTO TOTAL</b>		<b>67.24</b>

\* Incluye el costo del clasificador.

Los precios incluyen motores eléctricos, bombas; y los agitadores del reactor, del mezclador de Oxido de Zinc y de Dicromato de Potasio en los costos del equipo respectivo.

El costo de equipo instalado, se muestra en la Tabla N° 8.2, considerando porcentajes sobre el costo respectivo, ver Anexo (VII).

TABLA 8.2

#	Equipo	Cost.de Equipo Instalado (M\$)
01	Mezclador Oxido de Zinc	1.58
01	Mezclador Dicromato	2.70
01	Reactor	5.00
02	Centrífugas	9.41
01	Secador	34.23
01	Caldero	11.61
04	Decantadores	7.52
01	Molino de Martillos	7.30
01	Tanque de Agua Corriente	1.20
01	Tanque Tratamiento Cr <sup>6+</sup>	1.88
01	Tolva de Oxido de Zinc	0.08
01	Tanque de Acido Clorhídrico	0.35
01	Tanque de Agua Desionizada	2.00
01	Desionizador	2.70
	Instrumentos de Control y tuberías	9.31
	TOTAL	97.12

## 8.2 CALCULO DEL CAPITAL DE INVERSION

Para obtener la Inversión Total de Capital, se han evaluado los costos directos e indirectos y el capital de trabajo, siguiendo el Método de Peters y Timmerhaus, (21).

### 8.2.1 COSTOS DIRECTOS

#### a. Obras Civiles y Auxiliares

En este rubro, se incluyen las construcciones para el proceso y las obras civiles auxiliares, que corresponden a las oficinas administrativas, los talleres de mantenimiento y los servicios para los edificios.

Según Peters (21), se considera 35% del Costo de Equipo Adquirido.

C obras civiles = \$23,530

#### b. Instalación de Servicios y Mejoras del Terreno.

Se consideran los servicios auxiliares de agua, vapor, energía eléctrica, combustibles, eliminación de residuos y efluentes y la preparación del terreno: limpieza, nivelación, caminos, aceras.

El costo de la instalación llega a ser 40% del costo del equipo adquirido.

C servicios = \$ 26,890

#### c. Terreno

El costo promedio del terreno , en la zona industrial del Callao se estima en 20,400 dólares.

### 8.2.2 COSTOS INDIRECTOS

#### a. Ingeniería y Supervisión

Se han tomado en cuenta, todos los costos de ingeniería y de supervisión.

Este costo se ha tomado como el 20% de los costos directos.

C ing. y superv. = \$ 33,590

b. Gastos de Construcción y Honorarios al Contratista

Se considera los gastos de construcción, operación y mantenimiento de edificios, supervisión de la construcción, seguridad.

Se estima en 13% de los costos directos.

C gastos = \$ 21,830

c. Eventuales

Se ha calculado en 10% de los costos fijos.

CUADRO RESUMEN DE INVERSION

ITEM	COSTO (\$)
<u>Costos Directos</u>	
Equipo Instalado	97,120
Obras Civiles	23,530
Inst. de serv.	26,890
Terreno	20,400
Total	167,930
<u>Costos Indirectos</u>	
Ingeniería y Sup.	33,590
Gastos de Const.	21,830
Eventuales	24,820
Total	80,240
<u>Costos Fijos</u>	248,170
Inv. en Cap. Trabajo *	89,210
<u>Inversión Total de Capital</u>	337,380

\* Equivale a 3 meses de mano de obra, materia prima y servicios. Se estima en 26% de la Inversión Total de Capital.

### 8.3 FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

El financiamiento de un proyecto contempla la selección de las alternativas más ventajosas de obtención de los recursos necesarios para atender los gastos del proyecto en sus diferentes fases.

#### 8.3.1 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Las fuentes de capital para el financiamiento de un proyecto, pueden ser de origen interno y de origen externo.

##### a. Fuentes Internas de Financiamiento

Está constituido por la disponibilidad de los inversionistas para la ejecución de un proyecto determinado.

Estas disponibilidades pueden ser en dinero o en bienes y servicios.

##### b. Fuentes externas de Financiamiento

Constituyen las disponibilidades que se obtienen de las entidades financieras y otros entes que en calidad de prestamistas financian un proyecto determinado.

Tomando en cuenta la naturaleza del proyecto, tenemos

la siguiente fuente externa de financiamiento:

Entidad	CORPORACION ANDINA DE FOMENTO (CAF)
Monto del Prestamo	60% de la Inversión Total de Capital
Interés	22% en Moneda Extranjera (\$)
Período de Amortización	3 años

El 40 % de la inversión es con capital propio.

El monto a financiar asciende 193.2 MUS\$ del Año 0.

En el Cuadro 9.8 se muestra los resultados de las amortizaciones e intereses año a año hasta la cobertura de la deuda, correspondientes al préstamo.

## CAPITULO IX

### COSTOS DE PRODUCCION

Se ha considerado para la evaluación de los Costos de Producción, los menores precios de materia prima del mercado nacional para el óxido de zinc y el ácido clorhídrico. Los proveedores serían:

Metalchem S.A.	1,370 US\$/Ton
Química del Pacífico	90 US\$/Ton

De México se importaría el dicromato de potasio al precio de 2,300 US\$CIF/Ton.

Estas cotizaciones cumplen con los requerimientos de calidad para producir el pigmento.

Para obtener el Costo de Producción Unitario del Amarillo de Zinc, se han tomado en cuenta, los costos directos, vale decir; el costo de la materia prima y mano de obra directas.

En el cálculo del costo de la mano de obra directa se considera, la remuneración del personal directo que labora en el Departamento de Producción.

Asimismo, los gastos indirectos, constituidos por los costo de mantenimiento, seguros y otros se han calculado como un porcentaje de la Inversión Total de Capital (ITC).

Los costos por Mantenimiento son el 4% de ITC.

Los costos por Seguros y Otros son el 2% de ITC

Otras consideraciones para el Análisis Económico, han sido:

Costos Variables : 10% de los Ingresos por Ventas.

Dentro de estos costos , se incluye el costo de tratamiento de reducción del  $Cr^{6+}$ , para las aguas residuales, cuyos requerimientos y costos se detallan a continuación:

	TON/DC	\$/TON
Sulfato de Fierro	0.171	150
Acido Sulfúrico	0.195	200

Gastos Administrativos: 1% de los Ingresos por Ventas.

Gastos de Ventas : 0.5% de los Ingresos por Ventas.

Impuesto a la Renta : 35% de la Renta Neta

Reserva Legal : 10% de la Utilidad Neta

Utilidad Retenida : 1% de la Utilidad Neta

Depreciación Lineal

Inversión de Capital : \$ 322,380 \*

(\*) sin incluir el precio del terreno

En el Cuadro 9.1 se muestra el Programa de Producción del Amarillo de Zinc y los requerimientos de Oxido de Zinc, Dicromato de Potasio y Acido Clorhídrico, según los resultados del Balance de Materiales en toneladas métricas por día calendario (TON/DC).

En el año 1, que corresponde a 1994 se va a producir 70% del requerimiento de la demanda del Amarillo de Zinc, en el año 2 el 80% y en el año 3 el 90%. A partir del cuarto

año se va a operar a 100% de la capacidad instalada de la planta.

Se ha considerado, un aumento de 10 US\$/TM por año para el precio de venta del Amarillo de Zinc basado en el precio actual de los principales proveedores, tal como se puede observar en el Cuadro 9.2.

El precio del Oxido de Zinc - para los cálculos mostrados en el Cuadro 9.3 - se ha mantenido constante en los nueve años al igual que el Dicromato de Potasio y el Acido Clorhídrico, obteniéndose de acuerdo a los cálculos realizados los costos totales de producción que están significativamente por debajo del precio de venta asumido del Amarillo de Zinc.

El incremento de capital de trabajo se puede apreciar en el Cuadro 9.4 - B . A partir del año 1995 se requerirá un incremento de 51,000 dólares y en 1998 sólo de 10,000 dólares.

En el Cuadro 9.5, 9.6 y 9.7 se resume el Estado de Pérdidas y Ganancias, el Flujo de Caja y el Balance General para la evaluación económica.

En el Cuadro 9.8 se muestran los resultados del servicio de la deuda que se ha evaluado siguiendo el método de amortización constante, para un período de 3 años.

En los Cuadros 9.9, 9.10, 9.11 se detallan los Estados de Pérdidas y Ganancias, el Flujo de Caja, el Balance General para la evaluación Financiera de 60%.



**CUADRO 9.2****VALOR DE VENTAS**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TM/DC	1,46	1,67	1,88	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
US\$/TM	3520	3530	3540	3550	3560	3570	3580	3590	3600
MUS\$/DC	5,14	5,89	6,66	7,46	7,48	7,49	7,52	7,54	7,56
MMUS\$/AÑO	1,88	2,15	2,43	2,72	2,73	2,73	2,74	2,75	2,76







**CUADRO 9.4 B**

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><u>Inv. de Prod. 25 Días</u></b>									
<b><u>AMARILLO DE ZINC</u></b>									
TM/DC	1,46	1,67	1,88	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
TM/DO	2,21	2,53	2,85	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18
TM/AÑO	55,25	63,25	71,25	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50
US\$/TM	3520,0	3530,0	3540,0	3550,0	3560,0	3570,0	3580,0	3590,0	3600,0
MUS\$/AÑO	194,48	223,27	252,23	282,23	283,02	283,2	284,61	285,41	286,20
<b><u>TOTAL INVENTARIO</u></b>									
MMUS\$/AÑO	0,338	0,387	0,436	0,487	0,488	0,489	0,490	0,490	0,491
<b><u>Cuentas x Cobrar 5 Días de Ventas</u></b>									
MMUS\$/AÑO	0,077	0,088	0,099	0,112	0,112	0,112	0,113	0,113	0,113
<b><u>Cuentas por Pagar 20 Días de Materia Prima</u></b>									
MMUS\$/AÑO	0,063	0,072	0,081	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089
<b><u>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO</u></b>									
MMUS\$/AÑO	0,352	0,403	0,454	0,510	0,511	0,512	0,514	0,514	0,515
<b><u>INCREMENTO EN CAPITAL DE TRABAJO</u></b>									
MMUS\$/AÑO	0,352	0,051	0,051	0,056	0,001	0,001	0,002	0,000	(0,514)

**CUADRO 9.5**

**ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS**

**(MMUS\$/AÑO)**

**EVALUACION ECONOMICA**

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><u>INGRESOS</u></b>	1,88	2,15	2,43	2,72	2,73	2,73	2,74	2,75	2,76
<b><u>EGRESOS</u></b>									
Materia Prima	1,15	1,32	1,49	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
Costos Variables	0,19	0,22	0,24	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28
Costos Fijos	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
<b>GASTOS DE PRODUCCION</b>	1,58	1,78	1,97	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,16
<b><u>UTILIDAD BRUTA</u></b>	0,30	0,37	0,46	0,57	0,58	0,58	0,59	0,60	0,60
Gastos Administrativos	0,019	0,022	0,024	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,028
Gastos de Ventas	0,0094	0,0108	0,0122	0,0136	0,0137	0,0137	0,0137	0,0138	0,0138
<b><u>UTILIDAD DE OPERACION</u></b>	0,272	0,337	0,424	0,529	0,539	0,539	0,549	0,558	0,558
Gastos Financieros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Depreciación	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
<b><u>RENTA NETA</u></b>	0,236	0,301	0,388	0,493	0,503	0,503	0,513	0,522	0,522
<b>IMPUESTO A LA RENTA</b>	0,083	0,105	0,136	0,173	0,176	0,176	0,179	0,183	0,183
<b><u>UTILIDAD NETA</u></b>	0,153	0,196	0,252	0,320	0,327	0,327	0,334	0,339	0,339
Reserva Legal	0,015	0,020	0,025	0,032	0,033	0,033	0,033	0,034	0,034
Utilidad Retenida	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Dividendos	0,136	0,174	0,224	0,285	0,291	0,291	0,297	0,302	0,302

**CUADRO 9.6  
FLUJO DE CAJA**

**(MMUSS\$ DEL AÑO 0/AÑO)  
EVALUACION ECONOMICA**

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><u>INVERSIONES</u></b>										
Inversion Propia	0,322									
Amortización de la Deuda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Capital de Trabajo		0,352	0,051	0,051	0,056	0,001	0,001	0,002	0,0	(0,514)
<b><u>TOTAL INVERSION</u></b>	0,322	0,352	0,051	0,051	0,056	0,001	0,001	0,002	0,0	(0.514)
<b><u>UTILIDAD NETA</u></b>		0,153	0,196	0,252	0,320	0,327	0,327	0,334	0,339	0,335
<b><u>DEPRECIACION</u></b>		0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
<b><u>FLUJO NETO DE FONDOS</u></b>	0.322)	(0.163)	0,181	0,237	0,300	0,362	0,362	0,368	0,375	0,889
Aportes	0,322	0,163	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dividendos	0,0	0,0	0,136	0,174	0,224	0,285	0,291	0,291	0,297	0,320
Saldo de Caja Anual	0,0	0,0	0,045	0,063	0,076	0,077	0,071	0,077	0,078	0,587
Caja Residual	0,0	0,0	0,045	0,108	0,184	0,261	0,332	0,409	0,487	1,074

CUADRO 9.7

**BALANCE GENERAL**  
**(MMUSS\$ DEL AÑO 0/AÑO)**  
**EVALUACION ECONOMICA**

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><u>ACTIVO</u></b>										
Caja Banco	0,0	0,0	0,045	0,108	0,184	0,261	0,332	0,409	0,487	1,074
Inv. de Materia Prima	0,0	0,144	0,164	0,184	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,0
Inv. de Producto Terminado	0,0	0,194	0,223	0,252	0,282	0,283	0,284	0,285	0,285	0,0
Cuentas por Cobrar	0,0	0,077	0,088	0,099	0,112	0,112	0,112	0,113	0,113	0,0
Pagos Adelantados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Activo e Intangible Neto	0,322	0,286	0,250	0,215	0,179	0,143	0,107	0,072	0,036	0,000
<b><u>TOTAL ACTIVO</u></b>	<b>0,322</b>	<b>0,701</b>	<b>0,770</b>	<b>0,858</b>	<b>0,962</b>	<b>1,004</b>	<b>1,040</b>	<b>1,080</b>	<b>1,126</b>	<b>1,074</b>
<b><u>PASIVO</u></b>										
<b><u>PASIVO A CORTO PLAZO</u></b>										
Cuentas por Pagar	0,0	0,063	0,072	0,081	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	0,000
Cobros Adelantados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pago Anual de la Deuda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dividendos	0,0	0,136	0,174	0,224	0,285	0,291	0,291	0,297	0,302	0,302
<b><u>PASIVO A LARGO PLAZO</u></b>										
Deuda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b><u>PATRIMONIO</u></b>										
Capital Social	0,322	0,485	0,485	0,485	0,485	0,485	0,485	0,485	0,485	0,485
Reserva Legal Acumulada	0,000	0,153	0,035	0,060	0,092	0,125	0,158	0,191	0,225	0,259
Util. Ret./Per.Acum. por Inflación	0,000	0,002	0,003	0,006	0,009	0,012	0,016	0,019	0,022	0,026
<b><u>TOTAL PASIVO</u></b>	<b>0,322</b>	<b>0,701</b>	<b>0,770</b>	<b>0,858</b>	<b>0,962</b>	<b>1,004</b>	<b>1,040</b>	<b>1,080</b>	<b>1,126</b>	<b>1,074</b>

CUADRO 9.8

SERVICIO DE LA DEUDA

Interés : 22%  
Inflación : 6%

AÑOS	0	1	2	3
<b>Moneda Corriente</b>				
Préstamo	0,193			
Amortización		0,064	0,064	0,064
Saldo a financiar		0,193	0,129	0,000
Intereses		0,019	0,013	0,007
<b>Moneda Constante</b>				
Préstamo	0,193			
Amortización		0,060	0,057	0,054
Saldo a financiar		0,193	0,122	0,057
Intereses		0,018	0,011	0,005



CUADRO 9.10

FLUJO DE CAJA  
(MMUS\$ DEL AÑO 0/AÑO)

EVALUACION FINANCIERA

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><u>INVERSIONES</u></b>										
Inversion Propia	0,129									
Amortización de la Deuda		0,060	0,057	0,054	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Capital de Trabajo	0,352	0,051	0,051	0,056	0,001	0,001	0,002	0,000		(0.514)
<b>TOTAL INVERSION</b>	0,129	0,412	0,108	0,105	0,056	0,001	0,001	0,002	0,000	(0.514)
<b><u>UTILIDAD NETA</u></b>		0,153	0,196	0,252	0,320	0,327	0,327	0,334	0,339	0,335
<b><u>DEPRECIACION</u></b>	0,000	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
<b><u>FLUJO NETO DE FONDOS</u></b>	(0.129)	(0.249)	0,107	0,175	0,300	0,362	0,362	0,368	0,375	0,885
Aportes	0,129	0.249	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dividendos	0,0	0,0	0,113	0,159	0,218	0,285	0,291	0,291	0,298	0,302
Saldo de Caja Anual	0,0	0,0	(0.006)	0,016	0,078	0,077	0,071	0,077	0,077	0,583
Caja Residual	0,0	0,0	0.002	0,022	0,104	0,181	0,252	0,329	0,406	0,993

**CUADRO 9.11**

**BALANCE GENERAL**  
**(MMUS\$ del Año 0/Año)**  
**EVALUACION FINANCIERA**

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><u>ACTIVO</u></b>										
Caja Banco	0,0	0,0	(0.002)	0,014	0,092	0,169	0,240	0,317	0,394	0,977
Inv. de Materia Prima	0,0	0,144	0,164	0,184	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,0
Inv. de Producto Terminado	0,0	0,194	0,223	0,252	0,282	0,283	0,284	0,285	0,285	0,0
Cuentas por Cobrar	0,0	0,077	0,088	0,099	0,112	0,112	0,112	0,113	0,113	0,0
Pagos Adelantados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Activo e Intangible Neto	0,322	0,286	0,250	0,215	0,179	0,143	0,107	0,072	0,036	0,0
<b><u>TOTAL ACTIVO</u></b>	<b>0,322</b>	<b>0,701</b>	<b>0,723</b>	<b>0,764</b>	<b>0,870</b>	<b>0,912</b>	<b>0,948</b>	<b>0,992</b>	<b>1,033</b>	<b>0,977</b>
<b><u>PASIVO</u></b>										
<b><u>PASIVO A CORTO PLAZO</u></b>										
Cuentas por Pagar	0,0	0,063	0,072	0,081	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	0,0
Cobros Adelantados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pago Anual de la Deuda	0,064	0,064	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
Dividendos	0,0	0,113	0,159	0,218	0,285	0,291	0,291	0,298	0,302	0,0
<b><u>PASIVO A LARGO PLAZO</u></b>	<b>0,129</b>	<b>0,064</b>	<b>0,0</b>							
Deuda										
<b><u>PATRIMONIO</u></b>										
Capital Social	0,129	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378
Reserva Legal Acumulada	0,000	0,013	0,031	0,055	0,087	0,120	0,153	0,186	0,220	0,255
Util. Ret./Per.Acum.	0,000	0,001	0,003	0,005	0,008	0,011	0,014	0,017	0,020	0,324
Pérdida o Ganancia por por Inflación	0,0	0,005	0,024	0,035	0,035	0,035	0,035	0,036	0,036	0,036
<b><u>TOTAL PASIVO</u></b>	<b>0,322</b>	<b>0,696</b>	<b>0,707</b>	<b>0,737</b>	<b>0,847</b>	<b>0,889</b>	<b>0,925</b>	<b>0,968</b>	<b>1,009</b>	<b>0,957</b>

## CAPITULO X

### ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

#### 10.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

A lo largo del trabajo, se ha realizado estudios de mercado para conocer la oferta y la demanda del pigmento, así como se ha visto las disponibilidades de las materias primas, seleccionando a los proveedores que cumplen con los requisitos económicos y de calidad.

De igual forma, se ha aprovechado la manufactura nacional de los equipos para obtener una reducción en el capital fijo.

Por las consideraciones expuestas en el capítulo anterior, se han elaborado los cuadros para las evaluaciones económicas y financieras, inclusive las que corresponden al análisis de sensibilidad.

Para el cálculo de la rentabilidad se utilizan datos tomados como ciertos y constantes. Eso difícilmente ocurre puesto que todos los datos utilizados en un proyecto son apenas valores aproximados de una realidad cambiante.

Vale la pena por lo tanto, incluir en el proyecto este análisis que permita sus evaluadores y dirigentes conocer en que forma las variaciones en cada una de esas variables, pueden influir en los resultados del proyecto.

En otras palabras, cual es la sensibilidad del

resultado del proyecto a cada una de sus variables principales. A través del análisis de sensibilidad se determina en que medida el cambio de una de las variables o etapas del estudio, trasciende en este y en que medida también inciden en los resultados finales del proyecto. De esta manera, se puede determinar cuales son los elementos que pueden tener mayor influencia sobre los resultados, y cuales de éstos deben tener un estudio más profundo. En este caso las variables que se han analizado son los precios de compra de la materia prima, vale decir el Oxido de Zinc, Dicromato de Potasio y Acido Clorhídrico, tal como se aprecia en los Cuadros 10.1 al Cuadro 10.5.

El costo de producción del Amarillo de Zinc, se incrementa con las nuevas condiciones en precios de materia prima a lo largo del horizonte de planeamiento, siendo aún menores que el precio de venta proyectado del pigmento, como se observa en el Cuadro 10.1.

Se obtienen en base a estos cuadros dos índices: el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, los cuales, demuestran la pre-factibilidad del proyecto.

## 10.2 ANALISIS DE LA RENTABILIDAD

El proyecto, producirá distinta rentabilidad sobre el capital propio, según que se financie con mucho crédito a bajo interés o íntegramente con capital propio. El hecho de que la forma de financiamiento afecte la rentabilidad, es precisamente la que hace posible emplear la política

crediticia, como un medio eficaz para hacer atractiva esta inversión.

En los Gráficos 10.1 y 10.2, se observa la tendencia de crecimiento del Valor Actual Neto y de la Tasa Interna de Retorno, con el incremento del financiamiento.

Con el 60% de financiamiento propuesto, se obtiene un monto total de ganancia mayor que para el proyecto sin financiar, asegurando de esta manera, el control y dirección de la empresa.



**CUADRO 10.1 B**

<b>AÑOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b><u>COSTO TOTAL</u></b>									
<b><u>MATERIA PRIMA</u></b>									
<b>MMUS\$/AÑO</b>	1,22	1,42	1,63	1,84	1,88	1,91	1,94	1,97	2,01
<b><u>COSTOS VARIABLES</u></b>									
<b>TM/DC</b>	1,46	1,67	1,88	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
<b>US\$/TM</b>	352,0	353,0	354,0	355,0	356,0	357,0	358,0	359,0	360,0
<b>MUS\$/DC</b>	0,52	0,59	0,67	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76
<b>MMUS\$/AÑO</b>	0,19	0,22	0,24	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28
<b><u>COSTOS FIJOS</u></b>									
<b><u>(MMUS\$/AÑO)</u></b>									
<b>Mano de Ob.</b>	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
<b>Mantenim.</b>	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
<b>Seguros</b>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Total Fij.</b>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
<b><u>COSTO TOTAL DE</u></b>									
<b><u>PRODUCCION</u></b>									
<b><u>(MMUS# MMUS\$/AÑO)</u></b>									
	1,66	1,89	2,13	2,37	2,40	2,43	2,47	2,50	2,54
<b><u>COSTO TOTAL DE</u></b>									
<b><u>PRODUCCION MUS\$/DC</u></b>									
	4,56	5,18	5,82	6,48	6,57	6,66	6,75	6,85	6,95
<b><u>COSTO TOTAL DE</u></b>									
<b><u>PRODUCCION US\$/TM</u></b>									
	3123	3102	3096	3086	3129	3171	3214	3262	3310



**CUADRO 10.2 B**

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>TOTAL MAT. PRIMA</b>	152,47	177,13	202,89	229,69	233,76	237,84	241,92	246,00	250,08
<b>Inv. de Prod. Terminado 25 d. AMARILLO DE ZINC</b>									
TM/DC	1,47	1,68	1,89	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
TM/DO	2,23	2,55	2,86	3,18	3,18	3,18	30,18	3,18	3,18
TM/AÑO	55,68	63,75	71,50	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50	79,50
US\$/TM	3520,0	3530,0	3540,0	3550,0	3560,0	3570,0	3580,0	3590,0	3600,0
MUS\$/AÑO	196,00	225,04	253,11	282,23	283,02	283,82	284,61	285,41	286,20
<b>TOTAL INVENTARIO</b>									
MMUS\$/AÑO	0,348	0,402	0,456	0,512	0,517	0,522	0,527	0,531	0,536
<b>Cuentas / Cobrar 15 d. de Ventas</b>									
MMUS\$/AÑO	0,078	0,089	0,100	0,112	0,112	0,113	0,113	0,113	0,113
<b>Cuentas/Cobrar 20 Dias de Materia Prima</b>									
MMUS\$/AÑO	0,077	0,089	0,103	0,116	0,118	0,120	0,121	0,123	0,125
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO</b>									
MMUS\$/AÑO	0,349	0,402	0,453	0,508	0,511	0,515	0,519	0,522	0,524
<b>INCREMENTO EN CAPITAL TRABAJO</b>									
MMUS\$/AÑO	0,349	0,053	0,051	0,055	0,003	0,004	0,004	0,003	(0.522)

**CUADRO 10.3**

**ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS**  
**(MMUS\$/AÑO)**

**EVALUACION ECONOMICA**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>INGRESOS</b>	1,89	2,16	2,44	2,72	2,73	2,74	2,74	2,75	2,76
<b>EGRESOS</b>									
Materia Prima	1,22	1,42	1,63	1,84	1,88	1,91	1,94	1,97	2,01
Costos Variables	0,19	0,22	0,24	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28
Costos Fijos	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>GASTOS DE PRODUCCION</b>	1,66	1,89	2,12	2,36	2,40	2,43	2,46	2,50	2,54
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	0,23	0,27	0,32	0,36	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22
Gastos Administrativos	0,019	0,022	0,024	0,027	0,027	0,027	0,027	0,028	0,028
Gastos de Ventas	0,0094	0,0108	0,0122	0,0136	0,0137	0,0137	0,0137	0,0138	0,0138
<b>UTILIDAD DE OPERACION</b>	0,202	0,237	0,284	0,319	0,289	0,269	0,239	0,208	0,178
Gastos Financieros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Depreciación	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
<b>RENTA NETA</b>	0,166	0,201	0,248	0,283	0,253	0,233	0,203	0,172	0,142
IMPUESTO A LA RENTA	0,058	0,070	0,087	0,099	0,089	0,082	0,071	0,060	0,050
<b>UTILIDAD NETA</b>	0,108	0,131	0,161	0,184	0,165	0,152	0,132	0,112	0,092
Reserva Legal	0,011	0,013	0,016	0,018	0,016	0,015	0,013	0,011	0,009
Utilidad Retenida	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
Dividendos	0,096	0,116	0,143	0,164	0,147	0,135	0,118	0,100	0,082

**CUADRO 10.4**

**FLUJO DE CAJA  
(MMUS\$ DEL AÑO 0/AÑO)**

**EVALUACION ECONOMICA**

ANOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><u>INVERSIONES</u></b>										
Inversion Propia	0,322									
Amortización de la Deuda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Capital de Trabajo	0,349	0,053	0,051	0,055	0,003	0,004	0,004	0,003	(0.522	
<b><u>TOTAL INVERSION</u></b>	<b>0,322</b>	<b>0,349</b>	<b>0,053</b>	<b>0,051</b>	<b>0,055</b>	<b>0,003</b>	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>	<b>0,003</b>	<b>0.522</b>
<b><u>UTILIDAD NETA</u></b>		0,108	0,131	0,161	0,184	0,165	0,152	0,132	0,112	0,092
<b><u>DEPRECIACION</u></b>	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
<b><u>FLUJO NETO DE FONDOS</u></b>	<b>0.322)</b>	<b>(0.205)</b>	<b>0,114</b>	<b>0,146</b>	<b>0,165</b>	<b>0,198</b>	<b>0,184</b>	<b>0,164</b>	<b>0,145</b>	<b>0,128</b>
Aportes	0,322	0,205	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,000
Dividendos	0,0	0,0	0,096	0,116	0,143	0,164	0,147	0,135	0,118	0,100
Saldo de Caja Anual	0,0	0,0	0,018	0,030	0,022	0,034	0,037	0,029	0,027	0,028
Caja Residual	0,0	0,0	0,018	0,048	0,070	0,104	0,141	0,170	0,197	0,225

**CUADRO 10.5**

**BALANCE GENERAL**

**(MMUS\$ del Año 0/Año)**

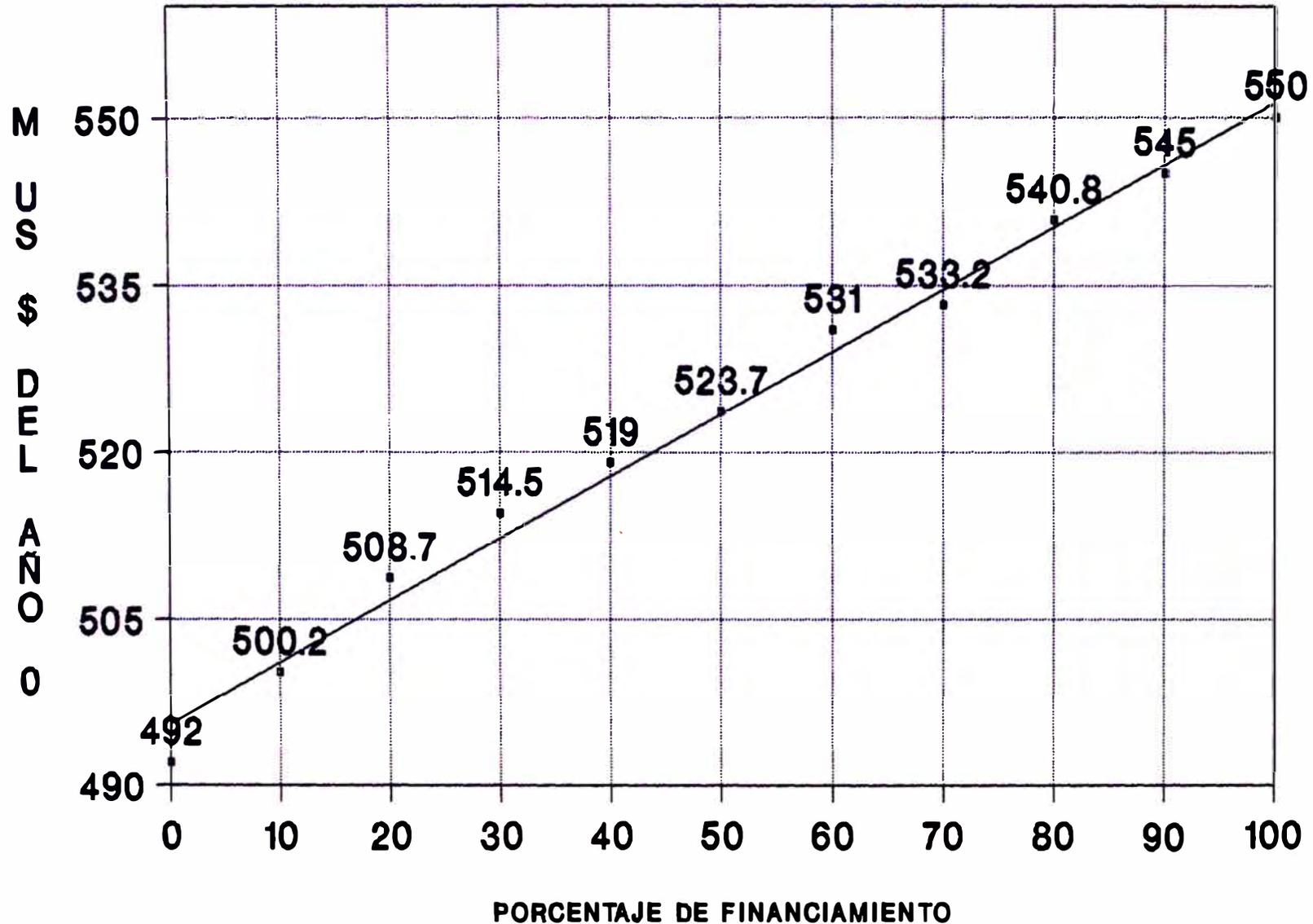
**EVALUACION ECONOMICA**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><u>ACTIVO</u></b>										
Caja Banco	0,0	0,0	0,018	0,049	0,070	0,104	0,141	0,170	0,197	0,747
Inv. de Materia Prima	0,0	0,152	0,177	0,203	0,229	0,234	0,238	0,242	0,246	0,0
Inv. de Producto Terminado	0,0	0,196	0,225	0,253	0,282	0,283	0,284	0,285	0,285	0,0
Cuentas por Cobrar	0,0	0,078	0,089	0,100	0,112	0,112	0,113	0,113	0,113	0,0
Pagos Adelantados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Activo e Intangible Neto	0,322	0,286	0,250	0,215	0,179	0,143	0,107	0,072	0,036	0,0
<b><u>TOTAL ACTIVO</u></b>	<b>0,322</b>	<b>0,712</b>	<b>0,759</b>	<b>0,819</b>	<b>0,872</b>	<b>0,876</b>	<b>0,883</b>	<b>0,882</b>	<b>0,877</b>	<b>0,747</b>
<b><u>PASIVO</u></b>										
<b><u>PASIVO A CORTO PLAZO</u></b>										
Cuentas por Pagar	0,0	0,077	0,089	0,103	0,116	0,118	0,120	0,121	0,123	0,0
Cobros Adelantados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pago Anual de la Deuda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dividendos	0,0	0,096	0,116	0,143	0,164	0,147	0,135	0,118	0,100	0,082
<b><u>PASIVO A LARGO PLAZO</u></b>										
Deuda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b><u>PATRIMONIO</u></b>										
Capital Social	0,322	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527
Reserva Legal Acumulada	0,0	0,011	0,024	0,040	0,058	0,074	0,089	0,102	0,113	0,122
Util. Ret./Per.Acum.	0,0	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,011	0,012	0,013
Pérdida o Ganancia por Inflación	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b><u>TOTAL PASIVO</u></b>	<b>0,322</b>	<b>0,712</b>	<b>0,759</b>	<b>0,819</b>	<b>0,872</b>	<b>0,876</b>	<b>0,883</b>	<b>0,882</b>	<b>0,877</b>	<b>0,747</b>

GRAFICO 10.1

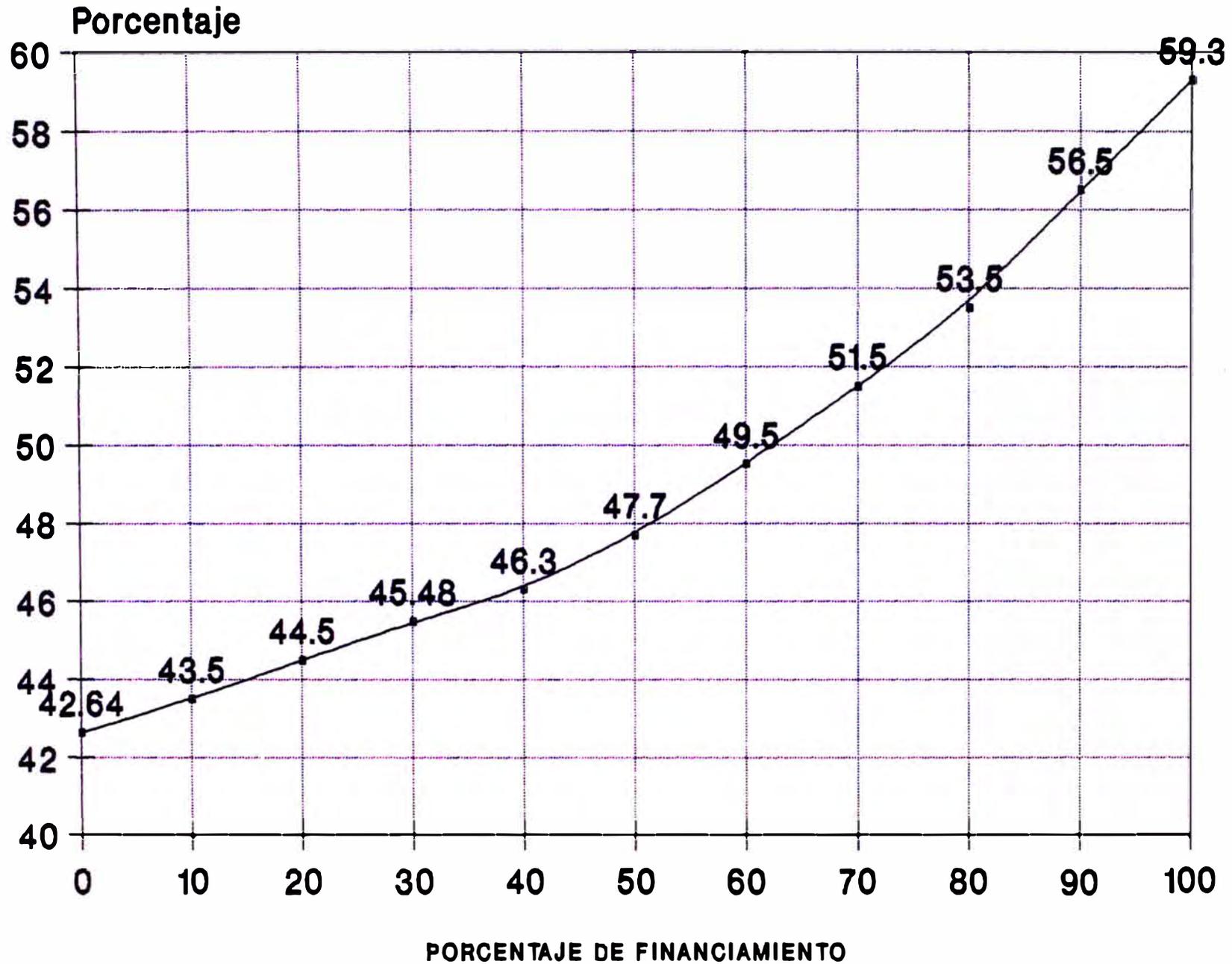
# RENTABILIDAD VS. FINANCIAMIENTO

## VALOR ACTUAL NETO A AÑO 0 Y 22%



# GRAFICO 10.2

## TASA INTERNA DE RETORNO



## CAPITULO XI

### ORGANIZACION Y ADMINISTRACION

La fábrica de producción de Amarillo de Zinc se constituirá por escritura pública en forma de Empresa Industrial Privada.

Los órganos principales y directivos de la Empresa estarán constituidos por:

- El Directorio
- La Gerencia

#### 11.1 ESTRUCTURA ORGANICA

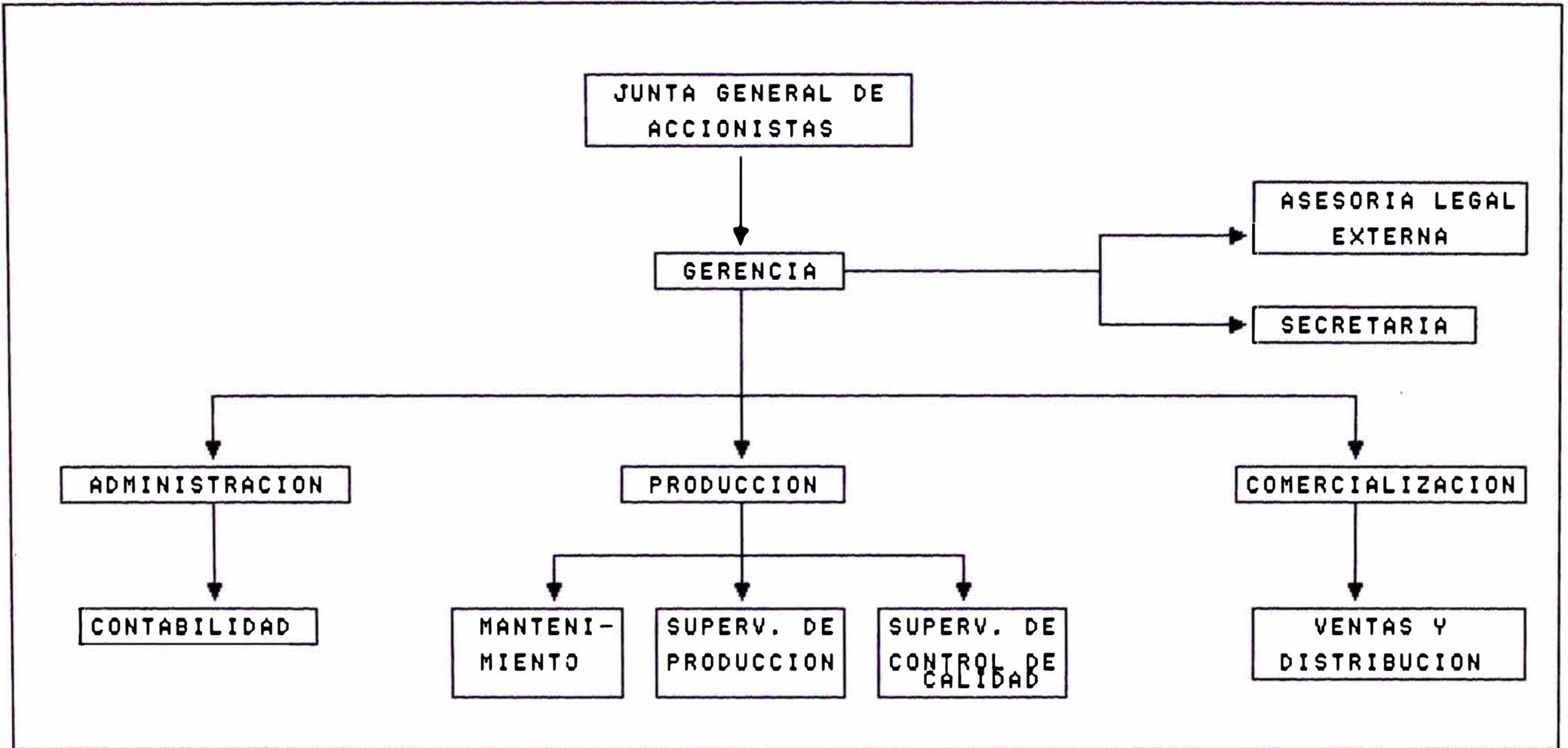
Una vez que el presente proyecto se implemente, y cuando la planta esté en condiciones de comenzar el proceso productivo se constituirá la Empresa de Propiedad Privada.

La estructura básica de organización que se propone, está sustentada principalmente por los siguientes criterios :

- El tipo de empresa a constituirse está encuadrada en el sector de propiedad privada y por lo tanto su organización estará orientada a la consecución de los postulados que señala la Ley Nº 705 de Promoción a la Pequeña y Mediana Empresa.
- La Empresa está orientada a la producción de Amarillo

FIGURA 11.1

ORGANIGRAMA FUNCIONAL



de Zinc que sustituirá las importaciones y proveerá de materia prima al mercado nacional de pinturas.

- El mercado del producto está constituido por usuarios industriales, principalmente de fábricas de pinturas.

- La empresa solo fabrica un producto y la línea de producción no es muy compleja, por lo tanto no es necesario el establecimiento de una estructura organizativa compleja ni de sistemas administrativos complicados.

#### 11.1.1 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL

El Organigrama estructural y funcional, proporciona una visión panorámica de la organización de la empresa, en la cual se han previsto tres divisiones a cargo de gerentes :

-Producción

-Administración

-Comercialización

Cada una de estas divisiones contará a su vez de varios departamentos.

En la Figura 11.1. se muestra la organización propuesta para la empresa.

## **ANEXO I**

### **ESPECIFICACIONES**

- ASTM D 3280 -73 . Métodos Standar para el Análisis del Pigmento Blanco de Zinc.
- ASTM D478 - 49 . Especificación Standar para el Amarillo de Zinc.



## Standard Methods for ANALYSIS OF WHITE ZINC PIGMENTS<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 3280; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval.

<sup>1</sup>Note—Section 4 was editorially added and subsequent sections were renumbered in May 1979.

### 1. Scope

1.1 These methods cover procedures for the analysis of white zinc pigments.

1.2 The analytical procedures appear in the following order:

	Section
Preparation of Sample	3
Zinc Oxide	
Total Zinc, Using Diphenylamine as Internal Indicator	6
Total Zinc, Using Uranyl Acetate as External Indicator	7
Total Impurities	8
Total Sulfur	9
Moisture and Other Volatile Matter	10
Leaded Zinc Oxide	
Total Lead	11
Total Zinc	12
Total Sulfur	13
Total Impurities	14
Moisture and Other Volatile Matter	15
Water-Soluble Salts	16
Zinc Sulfide	
Zinc Oxide	17
Zinc Sulfide	18
Water-Soluble Salts	19
Moisture and Other Volatile Matter	20
Barium Sulfate	21
Titanium Dioxide	22

### 2. Applicable Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

D 780 Test for Hygroscopic Moisture (and Other Matter Volatile Under the Test Conditions) in Pigments<sup>2</sup>

D 1193 Specification for Reagent Water<sup>3</sup>

D 1394 Chemical Analysis of White Titanium Pigments<sup>4</sup>

### 3. Reagents

3.1 *Purity of Reagents* Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.<sup>5</sup> Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

3.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean Type II reagent grade water conforming to Method D 1193.

#### 3.3 Concentration of Reagents:

3.3.1 *Concentrated Acids and Ammonium Hydroxide*—When acids and ammonium hydroxide are specified by name or chemical formula only it should be understood that concentrated reagents of the following specific gravities or concentrations are intended:

Acetic acid, HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> (Caution—see 4.2)	99.5%
Hydrochloric acid, HCl	sp gr 1.19
Hydrofluoric acid, HF (Caution—see 4.3)	48%

<sup>1</sup> These methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D-1 on Paint and Related Coatings and Materials and are the direct responsibility of Subcommittee D01.21 on Chemical Analysis for Paints and Paint Materials. Current edition approved Oct. 31, 1973. Published December 1973.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Part 28

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Part 29

<sup>4</sup> Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications, American Chemical Society, Washington, D. C. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see "Reagent Chemicals and Standards," by Joseph Ross, D. Van Nostrand Co., Inc. New York, N. Y., and The United States Pharmacopoeia.

Nitric acid, HNO<sub>3</sub> (Caution see 4.4) sp gr 1.42  
 Sulfuric acid, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Caution see 4.5) sp gr 1.84  
 Ammonium hydroxide, NH<sub>4</sub>OH (Caution see 4.1) sp gr 0.90

The desired specific gravities or concentrations of all other concentrated acids are stated whenever they are specified.

**4.1.2 Diluted Acids and Ammonium Hydroxide**—Concentrations of diluted acids and ammonium hydroxide, except when standardized, are specified as a ratio stating the number of volumes of the concentrated reagents to be diluted with a given number of volumes of water, as in the following example: HCl (1+99) means 1 volume of concentrated HCl (sp gr 1.19) diluted with 99 volumes of water.

#### 4. Safety Precautions

**4.1 Ammonium Hydroxide** causes severe burns and may be fatal if swallowed. Do not get liquid or vapor in eyes, on skin, or on clothing. Avoid breathing vapor. *For Eyes:* Immediately flush with water for at least 15 min. Call a physician. *External:* Flood with tap water. Remove contaminated clothing. Wash well before reuse. *Internal:* Do not give emetics. Do not induce vomiting. Give water with large amounts of diluted vinegar, lemon, or orange juice. Follow with milk or whites of eggs beaten in water. Call a physician.

**4.2 Acetic Acid** causes severe burns and may be fatal if swallowed. Do not get liquid or vapor in eyes, on skin, or on clothing. Keep away from heat or open flame. *For Eyes:* Immediately flush with water for at least 15 min. Call a physician. *External:* Flood with tap water and then water containing sodium bicarbonate. Remove contaminated clothing. Wash well before reuse. *Internal:* Do not give emetics. Do not induce vomiting. Give tap water, milk, or milk of magnesia. Give whites of eggs beaten in water. Call a physician.

**4.3 Hydrofluoric Acid**—Concentrated hydrofluoric acid is an extremely hazardous liquid and vapor. It causes severe burns, which may not be immediately painful or visible. May be fatal if swallowed. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Do not breathe vapor. *For Eyes:* Immediately flush with water for at least 15 min. Call a physician. *External:* Flood with tap water paying particular attention to skin under nails, then iced aqueous or alcohol solution

(0.13%) benzalkonium chloride or iced 70% alcohol solution, or ice-cold saturated solution of magnesium sulfate for 30 min. In absence of a physician continue above for 2 to 4 h. Then apply a large amount of fresh powdered magnesium oxide/glycerin paste. Remove contaminated clothing. Wash well before reuse. *Internal:* Do not give emetics. Do not induce vomiting. Give tap water, milk, or milk of magnesia. Give whites of eggs beaten in water. Call a physician.

**4.4 Nitric Acid** causes burns and may be fatal if swallowed. Vapor is extremely hazardous and may cause nitrous gas poisoning. Spillage may cause nitrous gas poisoning. Spillage may cause fire or liberate dangerous gases. Do not breathe vapor. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. *For Eyes:* Immediately flush with water for at least 15 min. Call a physician. *External:* Flood with tap water and then water containing sodium bicarbonate. Remove contaminated clothing. Wash well before reuse. *Internal:* Do not give emetics. Do not induce vomiting. Give tap water, milk, or milk of magnesia. Give whites of eggs beaten in water. Call a physician.

**4.5 Sulfuric Acid** causes severe burns and may be fatal if swallowed. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Do not add water while in a container unless done when cool and with extreme caution. A violent reaction may occur. Use a hood when handling sulfuric acid or any mixture containing it. Avoid breathing vapor. *For Eyes:* Immediately flush with water for at least 15 min. Call a physician. *External:* Flood with tap water and then water containing sodium bicarbonate. Remove contaminated clothing. Wash well before reuse. *Internal:* Do not give emetics. Do not induce vomiting. Give tap water, milk, or milk of magnesia. Give whites of eggs beaten in water. Call a physician.

**4.6 Potassium Dichromate** is harmful and may be fatal if swallowed or inhaled. It may cause a rash or external ulcers. Avoid breathing dust or solution spray. Avoid contact with eyes, skin, or clothing. *For Eyes:* Immediately flush with water for at least 15 min. Call a physician. *External:* Flood with tap water. Remove contaminated clothing. Wash well before reuse. *Internal:* If conscious, induce vomiting immediately by giving a tablespoon of salt in a glass of warm water. Repeat until vomit fluid is

clear. Call a physician.

**4.7 Ethyl Alcohol, Denatured**—Flammable. Vapor is harmful. May be fatal or cause blindness if swallowed. Keep away from heat, sparks, or flame. Avoid breathing vapor. Avoid contact with eyes, skin, or clothing. Use with adequate ventilation. In case of fire use water spray, alcohol foam, dry chemical, or carbon dioxide. *For Eyes:* Immediately flush with water for at least 15 min. Call a physician. *Internal:* If conscious, induce vomiting immediately by giving a tablespoon of salt in a glass of warm water. Repeat until vomit fluid is clear. Call a physician.

#### 5. Preparation of Sample

**5.1** Grind dry pigments, if lumpy or not finely ground, to a fine powder for analysis. Large samples may be thoroughly mixed and a representative portion taken and powdered if lumpy or not finely ground. Mix the sample in all cases thoroughly before taking specimens for analysis.

**5.2** Separate pigments from paints or pastes, grind to a fine powder, pass through a No. 80 (180- $\mu$ m) sieve to remove any skins, thoroughly mix, and oven dry at 105°C. Moisten such pigments after weighing with a little alcohol before adding reagents for analysis.

**5.3** Preserve all samples in stoppered bottles or containers.

#### ZINC OXIDE

**6. Total Zinc, Using Diphenylamine as Internal Indicator**

**6.1 Reagents:**

**6.1.1 Diphenylamine Indicator Solution (10 g/litre)**—Dissolve 1 g of diphenylamine in 100 ml of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**6.1.2 Potassium Ferrocyanide Standard Solution (1 ml = 0.008 g Zn)** (Caution see 4.6)—Dissolve 35 g of K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>·3H<sub>2</sub>O in water and dilute to 1 litre and add 0.3 g of K<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> before using. Standardize the solution by titrating against reagent grade zinc (320 to 340 mg), following the procedure described in 5.2. Calculate the grams of zinc equivalent to 1.00 ml of the solution.

**6.2 Procedure:** Weigh to the nearest 0.1 mg about 0.4 g of the sample into a tall form 400-ml beaker. Moisten with about 20 ml of water, and dissolve in 15 ml of HCl. Neutralize with

NH<sub>4</sub>OH, using litmus as the indicator. Add an excess of 15 ml of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1+2) and dilute to 200 ml. Heat to approximately 60°C, add 2 drops of diphenylamine indicator solution and while stirring vigorously, titrate with K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> solution to the color change from purple to a persistent yellowish green.

**Note 1**—The true end point is a sharp, persistent change from a purple to a yellowish green. At the beginning of the titration, a deep blue color is developed after addition of a few millilitres of K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> solution. About 0.5 to 1.0 ml before the true end point is reached, the solution changes from a blue to a purple color. After the purple color is developed, the titration should be continued dropwise to the persistent yellowish green and end point.

**5.3 Calculation**—Calculate the percent total zinc as ZnO, as follows:

$$\text{ZnO, \%} = [(V \times 1.245) / S] \times 100$$

where:

*V* = millilitres of K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> solution required for titration of the sample.

*Z* = zinc equivalent of the K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> solution, g/ml.

*S* = grams of sample used, and

1.245 = molecular weight ZnO(81.38)/molecular weight Zn(65.38).

**7. Total Zinc, Using Uranyl Acetate as External Indicator**

**7.1 Reagents:**

**7.1.1 Uranyl Acetate Indicator Solution (50 g/litre)**—Dissolve 5 g of UO<sub>2</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O in 100 ml of water and make slightly acid with acetic acid.

**7.1.2 Potassium Ferrocyanide Standard Solution (1 ml = 0.008 g Zn)**—Dissolve 35 g of K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>·3H<sub>2</sub>O in water and dilute to 1 litre. Standardize the solution by titrating against reagent grade zinc (320 to 340 mg), following the procedure described in 7.2. Run a blank titration with the same amounts of reagents and water. Calculate the zinc equivalent of the solution as follows:

$$Z = 161V - B$$

where:

*Z* = zinc equivalent of the K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> solution, g/ml.

*W* = grams of zinc used.

Detailed requirements for this test are given in ASTM Specification F 11 for Wire Cloth Sieves for Testing Purposes, Annual Book of ASTM Standards, Part 31.

$V$  = millilitres of  $K_4Fe(CN)_6$  solution required for titration of the zinc, and  
 $R$  = millilitres of  $K_4Fe(CN)_6$  solution required for titration of the blank.

#### 7.2 Procedure:

7.2.1 Weigh to the nearest 0.1 mg about 0.4 g of the sample into a tall-form 400-ml beaker. Moisten with about 20 ml of water and dissolve by adding 10 ml of HCl. Add  $NH_4OH$  until slightly alkaline to litmus paper. Add HCl until just acid, and then add 3 ml in excess. Dilute to about 250 ml with hot water and heat nearly to boiling. Titrate with  $K_4Fe(CN)_6$  solution, stirring constantly, until a drop of uranyl acetate indicator tested in a white porcelain spot plate shows a brown tinge after standing 1 min.

7.2.2 Blank.—Run a blank titration with the same amounts of reagents and water.

7.3 Calculation—Calculate the percent total zinc as  $ZnO$ , as follows:

$$ZnO, \% = [(V - B)Z \times 1.245/S] \times 100$$

where:

$V$  = millilitres of  $K_4Fe(CN)_6$  solution required for titration of the sample,  
 $B$  = millilitres of  $K_4Fe(CN)_6$  solution required for titration of the blank,  
 $Z$  = zinc equivalent of the  $K_4Fe(CN)_6$  solution, g/ml,  
 $S$  = grams of sample used, and  
1.245 = molecular weight  $ZnO$  (81.38)/molecular weight  $Zn$  (65.38).

#### 8. Total Impurities

8.1 Calculation—Calculate the percent total impurities as follows: Total impurities = 100 - total zinc as  $ZnO$ .

#### 9. Total Sulfur

##### 9.1 Reagents:

9.1.1 Bromine Water (saturated).

9.1.2 Aluminum—Reagent grade granular aluminum.

9.1.3 Barium Chloride Solution (100 g  $BaCl_2$  litre): Dissolve 117 g  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  in water and dilute to 1 litre.

##### 9.2 Procedure:

9.2.1 Weigh to the nearest 0.1 g about 10 g of the sample into a 400-ml beaker. Add 50 ml of saturated bromine water, 100 ml of water, and 35 ml of HCl. Boil until all the bromine has been expelled, cool, and add 3 to 5 g of

granular aluminum. Heat to boiling, filter, and wash well with hot water.

9.2.2 Dilute the filtrate to 300 ml with water, neutralize with  $NH_4OH$ , and add 6 drops of HCl. Heat to boiling and add 25 ml of hot  $BaCl_2$  solution dropwise, with constant stirring. Allow to stand in a warm place for at least 2 h.

9.2.3 Filter, using a weighed Gooch crucible, or a fine textured filter paper and wash well with hot water. Dry and ignite in a muffle furnace for 30 min. Cool and weigh as  $BaSO_4$ .

9.3 Calculation—Calculate the percent sulfur as follows:

$$\text{Sulfur, \%} = [(P \times 0.1374)/S] \times 100$$

where:

$P$  = grams of  $BaSO_4$  precipitate,  
 $S$  = grams of sample used, and  
0.1374 = molecular weight  $S$  (32.064)/molecular weight  $BaSO_4$  (233.43).

#### 10. Moisture and Other Volatile Matter

10.1 Procedure—Determine moisture and other volatile matter in accordance with Method A of Method D 280.

#### LEADED ZINC OXIDE

#### 11. Total Lead

##### 11.1 Procedure:

11.1.1 Weigh to the nearest 0.1 mg about 0.5 g of the sample into a 400-ml beaker. Dissolve in 250 ml of water and 20 ml of  $HNO_3$  (Note 2). Add 5 ml of  $H_2SO_4$  and evaporate to dense white fumes. Cool, add 50 ml of 95% alcohol and 200 ml of water, let stand cold 1 to 2 h. Filter, using a weighed Gooch crucible. Wash the precipitate with  $H_2SO_4$  (1+99) and combine the filtrate and washings. If the zinc content of the sample is known to be 40% or over, reserve the filtrate and washings for the determination of total zinc (Section 12).

NOTE 2—If the sample contains calcium or barium, the lead and zinc should be separated by precipitation with  $H_2S$  after solution in HCl, making alkaline with  $NH_4OH$  and then acid with acetic acid. Dissolve the  $PbS$  and  $ZnS$  in dilute  $HNO_3$  and determine the lead and zinc as above.

11.1.2 Ignite the precipitate in the crucible at dull red heat ( $550 \pm 50^\circ C$ ) for 20 min, cool, and weigh.

11.2 Calculation—Calculate the percent total lead as  $PbO$  as follows:

$$PbO, \% = [(P \times 0.736)/S] \times 100$$

where:

$P$  = grams of  $PbSO_4$  precipitate, and  
 $S$  = grams of sample used  
0.736 = molecular weight  $PbO$  (223.21)/molecular weight  $PbSO_4$  (303.28)

#### 12. Total Zinc

12.1 Reagents—See 6.1 or 7.1, whichever is applicable.

##### 12.2 Procedure:

12.2.1 If the zinc content of the sample is known to be 40% or over, determine zinc on the filtrate obtained in 11.1.1. If the zinc content is known to be under 40%, weigh to the nearest 0.1 mg about 1 g of the sample, precipitate and filter off the lead as  $PbSO_4$ , as described in 11.1.1, and determine zinc on the filtrate.

12.2.2 Evaporate the appropriate filtrate to dryness and determine zinc as directed in Sections 6 and 7.

#### 13. Total Sulfur

13.1 Reagent—See 9.1.3.

##### 13.2 Procedure:

13.2.1 Weigh to the nearest 0.1 mg about 1 g of the sample, into a 400-ml beaker. Add 10 ml of water, 3 g of  $NH_4Cl$ , and 5 ml of HCl saturated with bromine. Heat on a steam bath for about 15 min. Add 50 ml of water, neutralize with dry  $Na_2CO_3$  in excess. Boil 10 to 15 min. Allow to settle, dilute to 250 ml with hot water, filter, and wash with hot water.

13.2.2 Redissolve the residue in HCl, reprecipitate as before, and wash with hot water. Acidify the combined filtrates with HCl, adding 5 ml in excess. Boil 10 to 15 min. Neutralize with  $NH_4OH$  and add 6 drops excess to HCl. Heat to boiling and add 25 ml of hot  $BaCl_2$  solution dropwise, with constant stirring. Allow to stand in a warm place for at least 2 h.

13.2.3 Filter, using a weighed Gooch crucible or a fine textured filter paper, and wash well with hot water. Dry and ignite in a muffle furnace for 30 min. Cool and weigh.

13.3 Calculation—Calculate the percent sulfur as  $SO_2$ , as follows:

$$SO_2, \% = [(P \times 0.343)/S] \times 100$$

where:

$P$  = grams of  $BaSO_4$  precipitate.

$S$  = grams of sample used, and  
0.343 = molecular weight  $SO_2$  (80.07)/molecular weight  $BaSO_4$  (233.43).

#### 14. Total Impurities

14.1 Calculation—Calculate the percent of total impurities as follows:

$$\text{Total impurities, \%} = 100 - (L + Z + S)$$

where:

$L$  = total lead as  $PbO$ , %,  
 $Z$  = total zinc as  $ZnO$ , %,  
 $S$  = total sulfur as  $SO_2$ , %.

#### 15. Moisture and Other Volatile Matter

15.1 Procedure—Determine moisture and other volatile matter in accordance with Method A of Method D 280.

#### 16. Water-Soluble Salts

##### 16.1 Procedure:

16.1.1 Weigh to the nearest 1 mg about 5 g of the sample into a 500-ml graduated flask. Add 250 ml of water at room temperature and shake for 10 min. Dilute the solution to the mark with water, mix by shaking, and filter through a dry, fine paper.

16.1.2 Transfer 400 ml of the clear filtrate to a weighed platinum dish and evaporate to dryness at 105 to 110°C, cool in a desiccator, and weigh rapidly.

16.1.3 Blank—Make a blank determination at the same time in a similar manner.

16.2 Calculation—Calculate the percent water-soluble salts as follows:

$$\text{Water-soluble salts, \%} = [(R - B)/S] \times 100$$

where:

$R$  = grams of dry salts obtained from the sample,  
 $B$  = grams of water-soluble salts obtained from the blank, and  
 $S$  = grams of sample represented in the aliquot used.

#### ZINC SULFIDE

#### 17. Zinc Oxide

17.1 Reagents—See 7.1.

##### 17.2 Procedure:

17.2.1 Weigh to the nearest 1 mg about 5 g of the sample into a 500-ml Erlenmeyer flask and add 200 ml of acetic acid (3+97). Shake

continuously for 20 min and transfer to a 500-ml volumetric flask. Dilute to the mark and filter through a dry, fine paper.

17.2.2 Transfer 400 ml of the clear filtrate to a 600-ml beaker. Add 20 ml of HCl and neutralize with  $\text{NH}_4\text{OH}$ , using litmus paper. Add HCl until just acid and then add 3 ml in excess. Heat nearly to boiling and titrate with  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution as described in 7.2.

17.3 Calculation—Calculate the percent zinc oxide as follows:

$$\text{ZnO, \%} = [(V - B) Z \times 1.245/S] \times 100$$

where:

- V = millilitres of  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution required for titration of the sample,
- B = millilitres of  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution required for titration of the blank,
- Z = zinc equivalent of the  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution, g/ml,
- S = grams of sample represented in the aliquot used, and
- 1.245 = molecular weight ZnO (81.38)/molecular weight Zn (65.38).

## 18. Zinc Sulfide

18.1 Reagents—See Section 6 or 7, whichever is applicable.

18.2 Procedure—Weigh to the nearest 0.1 mg a portion of the sample into a tall-form 400-ml beaker. Moisten with water, add 10 ml of  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1+1), and evaporate to dryness. Cool, and proceed as directed in 6.2 or 7.2.

18.3 Calculation—Calculate the percent zinc sulfide as follows:

$$\text{ZnS, \%} = [(V - B) Z \times 1.491/S] \times 100 - 1.20A$$

- V = millilitres of  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution required for titration of the sample,
- B = millilitres of  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution required for titration of the blank,
- Z = zinc equivalent of the  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution, g/ml,
- S = grams of sample used,
- A = percentage of zinc oxide (Section 16),
- 1.20 = factor for conversion of percentage of ZnO to the ZnS equivalent, and
- 1.491 = molecular weight ZnS(97.44)/molecular weight Zn(65.38).

## 19. Water-Soluble Salts

19.1 Procedure Determine water-soluble salts as directed in Section 16.

## 20. Moisture

20.1 Procedure—Determine moisture and other volatile matter in accordance with Method A of Method D 280.

## 21. Barium Sulfate

### 21.1 Reagents:

21.1.1 Sodium Carbonate Solution (2 g/litre)—Dissolve 2 g of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  in water and dilute to 1 litre.

21.1.2 Methyl Orange Indicator Solution—Dissolve 0.1 g of methyl orange in 100 ml of water. Filter if necessary.

21.1.3 Ammonium Sulfate Solution (30 g/litre)—Dissolve 30 g of  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  in water and dilute to 1 litre.

### 21.2 Procedure:

21.2.1 Weigh to the nearest 1 mg about 1 g of the sample into a 400-ml beaker. Moisten with water, and add 100 ml of  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1+1), and evaporate to dryness. Cool, add 200 ml of water, and carefully break up the residue. Boil for 15 min. Filter, and wash with water.

21.2.2 Transfer the residue and paper to a platinum crucible and burn off the paper. Cool, add 6 g of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , and mix. Cover with 2 g of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , and fuse for 40 min over a Meker burner. Cool, and leach the fusion with 200 ml of hot water in a 400-ml beaker. Filter and wash with hot  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  solution.

21.2.3 Dissolve the  $\text{BaCO}_3$  with hot HCl (1+4), catching the filtrate in a 600-ml beaker. Wash the paper with water. Neutralize with  $\text{NH}_4\text{OH}$ , using methyl orange as the indicator. Add HCl until just acid and then add 6 drops in excess. Dilute to 400 ml heat to boiling, and add 25 ml of hot  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  solution slowly, while stirring. Allow to stand in a warm place for at least 4 h.

21.2.4 Filter off the precipitate, using a weighed Gooch crucible or a fine textured filter paper, and wash with hot water until free of chlorides. Dry, ignite in a muffle furnace for 30 min, cool, and weigh.

21.3 Calculation—Calculate the percent barium sulfate as follows:

$$\text{BaSO}_4, \% = (P/S) \times 100$$

where:

- P = grams of  $\text{BaSO}_4$  precipitate, and
- S = grams of sample used.

## 22. Titanium Dioxide

22.1 Procedure—Determine titanium dioxide in accordance with Sections 8 to 12 of

Method D 1394. If the pigment being analyzed is relatively low in  $\text{TiO}_2$ , the use of a larger sample than that specified in Method D 1394 should give more accurate results.

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19103, which will schedule a further hearing regarding your comments. Failing satisfaction there, you may appeal to the ASTM Board of Directors.*

# Standard Methods of CHEMICAL ANALYSIS OF ZINC YELLOW PIGMENT (ZINC CHROMATE YELLOW)<sup>1</sup>



ASTM Designation: D 444 - 51 (Reapproved 1963)

This Standard of the American Society for Testing and Materials is issued under the fixed designation D 444; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval.

## Scope

1. (a) These methods cover procedures for the chemical analysis of the pigment known commercially as "zinc yellow" or "zinc chromate yellow."

(b) The analytical procedures appear in the following order:

	Sections
Moisture and Other Volatile Matter	4
Combined Water	5
Chromium:	
Dichromate Method	6 to 8
Thiosulfate Method	6, 9, and 10
Zinc:	
Hydroxyquinoline Method	6, 11, and 12
Ferrocyanide Method	6, 13, and 14
Alkaline Salts	15 and 16
Sulfates	17 and 18
Chlorides	19 and 20
Matter Insoluble in Acetic Acid (1:9)	21
Coarse Particles	22

## Preparation of Sample

2. Mix the laboratory sample thor-

<sup>1</sup> Under the standardization procedure of the Society, these methods are under the jurisdiction of the ASTM Committee D-1 on Paint, Varnish, Lacquer, and Related Products. A list of members may be found in the ASTM Year Book.

Current edition accepted Sept. 30, 1961. Originally issued 1937. Replaces D 444 - 18.

oughly. Take a sufficient quantity for the chemical analyses and pass it through a No. 80 (177-micron) sieve,<sup>2</sup> grinding in a mortar if necessary.

## Purity of Reagents and Water

3. (a) *Reagents*.—Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.<sup>3</sup> Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

<sup>2</sup> Detailed requirements for this sieve are given in the Specifications for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes (ASTM Designation: E 11), which appear in the 1960 Book of ASTM Standards, Part 30.

<sup>3</sup> "Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications," Am. Chem. Soc., Washington, D. C. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see "Reagent Chemicals and Standards," by Joseph Hostin, D. Van Nostrand Co., Inc., New York, N. Y., and the "United States Pharmacopeia."

cated, references to water for use in the preparation of reagents and in analytical procedures shall be understood to mean distilled water.

## MOISTURE AND OTHER VOLATILE MATTER

### Procedure

4. Determine moisture and other volatile matter in accordance with Method A of the Standard Method of Test for Hygroscopic Moisture (and Other Matter Volatile Under the Test Conditions) in Pigments (ASTM Designation: D 280).<sup>4</sup>

## COMBINED WATER

### Procedure

5. Weigh accurately about 5 g. of the oven-dried material from the determination of moisture and other volatile matter (Notes 1 and 2), and place in a porcelain boat. Introduce the boat with the charge into a refractory combustion tube in an electrically-heated combustion furnace of the type used for the determination of carbon in steel by direct combustion.<sup>5</sup> Place the boat at the center of the combustion tube maintained at a temperature of 1000 C. for 4 hr. A current of pure dry air shall be drawn through the tube to sweep the evolved moisture into a previously weighed absorption tube containing anhydrous  $Mg(ClO_4)_2$  or other efficient desiccant. The weight increase of the absorption tube represents the "combined water."

NOTE 1.—Loss on ignition of the pigment does not suffice for the determination of combined water in zinc yellow.

<sup>4</sup> Appears in this publication.

<sup>5</sup> See Apparatus No. 1 for the Determination of Total Carbon by Direct Combustion as described in the Recommended Practices for Apparatus, Reagents, and Safety Precautions for Chemical Analysis of Metals (ASTM Designation: E 60), 1970 Book of ASTM Standards, Part 32.

viewing agent, this viewing agent shall first be removed by washing with ethyl alcohol.

## SOLUTION OF SAMPLE FOR DETERMINATION OF CHROMIUM AND ZINC

### Procedure

6. Weigh accurately about 5 g. of the sample and mix with 50 ml. of  $H_2SO_4$  (1:5). It should dissolve completely at this stage (Not Dilute the solution to 500 ml. in a volumetric flask.

NOTE.—A cloudy solution may result if the pigment contains a surface-treating agent. In this case, it usually can be cleared by cooling in an ice-bath and filtering through asbestos. If the solution is not clarified by this treatment, the original sample shall be extracted with a solvent such as chloroform before the analysis is begun.

## CHROMIUM BY THE DICHRIMATE METHOD

### Reagents

7. (a) *Ferrous Ammonium Sulfate Solution*.—Dissolve 80 g. of  $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$  in 50 ml. of  $H_2SO_4$  (sp. gr. 1.84) and enough water to make 1 liter of solution. Mix thoroughly before use. This solution is approximately 0.2 N.

(b) *Standard Potassium Dichromate Solution (0.1 N)*.—Dissolve 0.35 g. of dried  $K_2Cr_2O_7$  in water and dilute to 1 liter in a volumetric flask.

(c) *Ortho-Phenanthroline Indicator*.

### Procedure

8. (a) Pipet 50 ml. of the solution of the sample (Section 6) into a 600-ml. beaker. Add 200 to 250 ml. of water and 10 ml. of  $H_2SO_4$  (sp. gr. 1.84). Cool to 35 C. or below.

(b) Add an excess of ferrous ammonium sulfate solution and back-titrate with 0.1 N  $K_2Cr_2O_7$ , using ortho-

phenanthroline indicator. Carry out a blank titration of the same amount of ferrous ammonium sulfate solution at the same time and in the same manner.

(c) *Calculation.*—Calculate the percentage of chromium as  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , as follows:

$$\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{ per cent} = \frac{(A - B)C \times 0.03334}{D} \times 100$$

where:

- A* = milliliters of  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  solution required for titration of the blank,
- B* = milliliters of  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  solution required for back-titration of the sample,
- C* = normality of the  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  solution, and
- D* = grams of sample in the aliquot used.

(d) Alternatively, the solution of the sample may be titrated directly with the ferrous ammonium sulfate solution, using an electrometric titration assembly to detect the end point. The ferrous solution shall be standardized against  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

#### CHROMIUM BY THE THIOSULFATE METHOD

##### Reagents

9. (a) *Potassium Iodide Solution (150 g. per l.).*—Dissolve 150 g. of KI in water and dilute to 1 liter.

(b) *Standard Sodium Thiosulfate Solution (0.1 N).*—Dissolve 24.8 g. of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  in 1 liter of freshly boiled and cooled water in a sterile glass bottle. If sulfur precipitates during preparation or upon subsequent use, discard the solution and prepare a new one. Standardize against iodine.

(c) *Starch Indicator Solution.*—Prepare fresh as required.

##### Procedure

10. (a) Pipet a 25-ml. aliquot of the solution of the sample (Section 6) into a 500-ml. glass-stoppered Erlenmeyer iodine

metric bottle containing 200 ml. of  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:39). Add 20 ml. of KI (150 g. per l.), stopper, and allow the solution to stand for approximately 5 min.

(b) Titrate the liberated iodine with 0.1 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  at room temperature until the reddish brown iodine color becomes quite faint. Add 5 ml. of starch solution and continue the titration until the final color change becomes pale green with no blue tinge. This final titration should be carried out by twirling the flask at least three times after each addition of the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , being sure that there is no further color change, especially at the final stage of the titration. The green end point is definite and sharp.

(c) *Calculation.*—Calculate the percentage of chromium as  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , as follows:

$$\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{ per cent} = \frac{AB \times 0.03334}{C} \times 100$$

where:

- A* = milliliters of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution required for titration of the sample,
- B* = normality of the  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  solution and
- C* = grams of sample in the aliquot used.

#### ZINC BY THE HYDROXYQUINOLINE METHOD

(Suitable if No Interfering Substances Are Present)

##### Reagents

11. *Acetone Solution of 8-Hydroxyquinoline (50 g. per l.).*—Dissolve 5 g. of 8-hydroxyquinoline in 100 ml. of acetone.

##### Procedure

12. (a) Pipet 50 ml. of the solution of the sample (Section 6) into a 250-ml. beaker and dilute to 100 ml. Add 5 to 10 g. of  $\text{NH}_4\text{Cl}$  and heat to boiling. Add a slight excess of  $\text{NH}_4\text{OH}$  and let stand a few minutes to allow any precipitate to

rapid paper into a 400-ml. beaker and wash.

(b) Heat the filtrate to boiling and add 5 ml. of  $\text{NH}_4\text{OH}$  (sp. gr. 0.90). Add dropwise 10 ml. of the acetone solution of 8-hydroxyquinoline (Note). Let stand 10 to 20 min. and filter through a medium-porosity sintered-glass crucible. Wash well with water.

*NOTE.*—The reagent shall be used in acetone solution rather than alcohol solution to eliminate the danger of reducing some of the chromate by alcohol. After the addition of the reagent, lengthy boiling shall be avoided. An excess of reagent also shall be avoided. Ten milliliters of hydroxyquinoline (50 g. per l.) is sufficient for a normal zinc yellow. The solution can be tested for complete precipitation, but since the reagent itself is rather insoluble, the results may be misleading. The insoluble reagent will dissolve in a hot solution and also in an excess of alcohol or acetone, wherein the zinc oxyquinolate will not.

(c) Dry the precipitate at 165 C. for at least 2 hr. and weigh as zinc oxyquinolate.

(d) *Calculation.*—Calculate the percentage of zinc as  $\text{ZnO}$ , as follows:

$$\text{ZnO, per cent} = \frac{A \times 0.2503}{B} \times 100$$

where:

- A* = grams of zinc oxyquinolate, and
- B* = grams of sample in aliquot used.

#### ZINC BY THE FERROCYANIDE METHOD

##### Reagents

13. (a) *Thymol Blue Indicator Solution (0.5 g. per l.).*

(b) *Methyl Orange Indicator.*

(c) *Standard Potassium Ferrocyanide Solution (1 ml. = 0.012 g.  $\text{ZnO}$ ).*—Dissolve 42.5 g. of  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  in water and dilute to 1 liter. Dissolve 0.4 g. of zinc in 25 ml. of  $\text{HCl}$  (sp. gr. 1.18). After the zinc has completely dissolved, dilute to 300 ml. Neutralize

of  $\text{NH}_4\text{Cl}$  and 3 ml. of  $\text{HCl}$  (sp. gr. 1.18). Titrate the solution with the  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution, using uranyl acetate as an external indicator on a spot plate or ferrous ammonium sulfate as an internal indicator. Calculate the percentage of the  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution in terms of grams of  $\text{ZnO}$ .

##### Procedure

14. (a) Pipet 50 ml. of the solution of the sample (Section 6) into a 400-ml. beaker. Add 35 ml. of  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:5) and 3 to 4 drops of thymol blue indicator. Add first  $\text{NH}_4\text{OH}$  (sp. gr. 0.90) and finally  $\text{NH}_4\text{OH}$  (1:10) until the color of the indicator changes to a blue-green shade which is intermediate between a pink and yellow. This gives a pH about 2.4. Dilute the solution to 500 ml. and heat to just under boiling. Pass  $\text{H}_2\text{S}$  at a moderate rate for 30 min. Allow the precipitate to settle for 1 hr. and filter. Wash the filter ten times with water saturated with  $\text{H}_2\text{S}$ .

(b) Dissolve the precipitate in hot  $\text{HCl}$  (1:3) and wash the filter paper well with hot water. Boil out the  $\text{H}_2\text{S}$ , neutralize to methyl orange with  $\text{NH}_4\text{OH}$ , and dilute to 300 ml. Add 1 g. of  $\text{NH}_4\text{Cl}$  and 3 ml. of  $\text{HCl}$  (sp. gr. 1.18), and heat to boiling.

(c) Titrate the hot solution with  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  (1 ml. = 0.012 g.  $\text{Zn}$ ), using uranyl acetate as an external indicator on a spot plate or 1 to 2 drops of ferrous ammonium sulfate as an internal indicator.

(d) *Calculation.*—Calculate the percentage of zinc as  $\text{ZnO}$ , as follows:

$$\text{ZnO, per cent} = \frac{AB}{C} \times 100$$

where:

- A* = milliliters of  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  solution required for titration of the sample,

$C$  = grams of sample in the aliquot used.

### ALKALINE SALTS

#### Reagents

15. (a) *Lead Acetate Solution (100 g. per l.)*.—Dissolve 117 g. of  $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$  in water and dilute to 1 liter.

(b) *Gelatin Solution (0.2 g. per l.)*.—Dissolve 0.2 g. of low-ash gelatin in water and dilute to 1 liter.

#### Procedure

16. (a) Dissolve exactly 1 g. (Note 1) of the sample in 10 ml. of acetic acid (1:1) and add 25 ml. of water. Heat until dissolved. Dilute to 250 ml. and heat to boiling. Add 20 ml. of lead acetate (100 g. per l.) and allow the precipitate to settle. Filter and wash the precipitate with hot water.

NOTE 1.—The sample should not be greater than 1 g. because above 1 g. the loss in alkali metals due to adsorption on the precipitate becomes excessive.

(b) Saturate the filtrate with  $H_2S$  for 40 min. Add 10 ml. of gelatin (0.2 g. per l.) and stir vigorously. Filter and wash with  $H_2S$  water acidified with a few drops of  $H_2SO_4$  (1:1).

(c) Add 5 ml. of  $H_2SO_4$  (1:1) to the filtrate and boil to a volume of 50 ml. Transfer to a silica dish and evaporate to dryness. Ignite gently.

(d) Leach the residue with hot distilled water, transferring the entire contents of the silica dish to a small beaker. Saturate with  $H_2S$  for about 15 min. (Note 2). Add 10 ml. of gelatin (0.2 g. per l.) and stir vigorously. Filter and wash the precipitate with  $H_2S$  water, catching the filtrate in a tared silica dish.

NOTE 2.—A second treatment with  $H_2S$  is necessary because some of the heavy metals pass through to the alkali metal filtrate.

again ignite gently. During the ignition process add small portions of solid  $(NH_4)_2CO_3$ . Cool in a desiccator and weigh.

(f) Test the residue for calcium. If present, determine the amount, calculate to  $CuSO_4$ , and deduct from the weight of the ignited residue.

(g) *Calculation*.—Calculate the percentage of alkaline salts as  $K_2O$ , as follows:

$$K_2O, \text{ per cent} = \frac{(A - B) \times 0.511}{C} \times 100$$

where:

$A$  = grams of ignited residue (Paragraph (e)),

$B$  = grams of  $CuSO_4$  (if any) (Paragraph (f)), and

$C$  = grams of sample used.

### SULFATES

#### Reagent

17. *Barium Chloride Solution (100 g. per l.)*.

#### Procedure

18. (a) Take about 20 g. of type I pigment or about 5 g. of type II pigment for this determination. Weigh the sample into a 1-liter beaker. Add 75 ml. of  $HCl$  (sp. gr. 1.18). Boil the solution under a hood until the rapid evolution of chlorine has subsided. Add 5 ml. of methyl alcohol and boil to a volume of about 35 ml. (Note 1). Add 25 ml. of  $HCl$  and continue boiling. Add 5 ml. of methyl alcohol and again boil to a volume of about 35 ml.

NOTE 1.—If the volume is reduced below 35 ml., a precipitate may form that will not dissolve upon dilution. It is imperative, however, that all the chromium be reduced.

(b) Dilute the solution to 100 ml. with water. If the solution is not clear at

ml. of  $BaCl_2$  (100 g. per l.) dropwise, while stirring. Boil for 30 min. and allow to stand overnight (Note 2). Filter through a tared Gooch crucible and wash with hot water.

NOTE 2.—The acetic acid is necessary to minimize the tendency of sulfate to form an inner complex with the trivalent chromium. It is necessary that the solution stand overnight to ensure the precipitation of all the sulfate.

(c) Dry the precipitate in an oven, and ignite at 600 to 900 C. to constant weight. Weigh as  $BaSO_4$  (Note 3).

NOTE 3.—If the wet precipitate has a yellow appearance, all the chromate was not previously reduced. The results will be high and the sample should be discarded. Greater attention should then be given to the reduction of the chromium. A slight greenish color cannot be avoided but does not indicate a serious error.

(d) *Calculation*. Calculate the percentage of sulfates as  $SO_3$ , as follows:

$$SO_3, \text{ per cent} = \frac{A \times 0.313}{B} \times 100$$

where:

$A$  = grams of  $BaSO_4$ , and

$B$  = grams of sample used.

### CHROMIUMS

#### Reagent

19. *Silver Nitrate Solution (17 g. per l.)*.—Dissolve 17.0 g. of  $AgNO_3$  in water and dilute to 1 liter.

#### Procedure

20. (a) Weigh 10 g. of the sample into a 600-ml. beaker. Add 200 ml. of water and 50 ml. of  $HNO_3$  (2:3). Warm just enough to dissolve the sample. Filter to remove insoluble material. Add a slight excess of  $AgNO_3$  (17 g. per l.) (Note 1). Boil for 5 min. and let stand for about 2 hr.

About 10 to 15 ml. of  $AgNO_3$  (17 g. per l.) usually not too much.

(b) If no crystals of  $Ag_2CrO_4$  are present, filter at room temperature through a tared, fine-porosity sintered glass crucible, using suction. Wash the precipitate free of  $AgNO_3$  with  $HNO_3$  (1:99). To be sure that an excess of  $AgNO_3$  was used, test the filtrate by adding a few drops of  $HCl$  (2:4). Dry the precipitate at 105 to 110 C. for 2 hr. Cool, and weigh as  $AgCl$ .

(c) If crystals of  $Ag_2CrO_4$  are present (Note 2), filter the solution through a fine-porosity sintered glass crucible and discard the filtrate containing most of the chromium. Dissolve the  $AgCl$  precipitate by pouring 100 ml. of hot  $NH_4OH$  (1:5) slowly through the crucible while applying gentle suction. Catch the filtrate in a clean flask, taking care not to lose any of it. Wash with a few milliliters of  $HNO_3$  (sp. gr. 1.42) and then with a little more  $NH_4OH$  (1:5).

NOTE 2.—Silver chromate is difficult to dissolve completely by washing with  $HNO_3$ ; in such cases, it is necessary to dissolve in  $NH_4OH$  and reprecipitate.

(d) Transfer the solution to a beaker and make it faintly acid by adjusting with either  $HNO_3$  (1:5) or  $NH_4OH$  (1:5) as required. Add a few drops of  $AgNO_3$  (17 g. per l.) and boil for 5 min. Let stand at least 2 hr. in a dark place. Filter through a tared, fine-porosity sintered-glass crucible, using suction.

(e) Wash the precipitate free of  $AgNO_3$  with  $HNO_3$  (1:99), and dry at 105 to 110 C. for 2 hr. Cool and weigh as  $AgCl$ .

(f) *Calculation*.—Calculate the percentage of chlorides as follows:

$$\text{Chlorine, per cent} = \frac{A \times 0.1}{B} \times 100$$

where:

$A$  = grams of  $\text{AgCl}$ , and

$B$  = grams of sample used.

#### MATTER INSOLUBLE IN ACETIC ACID (1:9)

##### Procedure

21. (a) Weigh accurately about 10 g. of the sample (Note) and place in a 600-ml. beaker. Add 300 ml. of acetic acid (1:9). Heat the mixture to 80 C. and maintain at  $80 \pm 5$  C., while stirring, until nothing further dissolves. Filter while hot through a tared Gooch crucible. Wash the insoluble residue on the filter with hot water.

NOTE.—If the pigment contains an organic treating agent, this treating agent shall first be removed by washing with ether or chloroform.

(b) Dry the crucible at 105 to 110 C. and weigh.

(c) Calculation.— Calculate the percentage of matter insoluble in acetic acid (1:9), as follows:

$$\text{Matter insoluble in acetic acid (1:9)} = \frac{A}{B} \times 100$$

where:

$A$  = grams of residue, and

$B$  = grams of sample used.

#### COARSE PARTICLES

##### Procedure

22. Determine the percentage of coarse particles in the pigment as received, in accordance with the Standard Methods of Test for Coarse Particles in Pigments, Pastes, and Paints (ASTM Designation: D 185).<sup>4</sup>

## ANEXO II

### ANÁLISIS DE REGRESION Y CORRELACION

En el análisis de regresión se incluyen las técnicas únicas usadas en dos operaciones principales.

a) Derivar una ecuación y una línea que representa la ecuación para describir la forma de la relación entre variables.

b) Estimar una variable ( variable dependiente) a partir de otra variable o variables (variable independiente), basado en la relación descrita por la ecuación de regresión.

Además las desviaciones normales de regresión (también llamado el error normal de estimación) son usadas para medir el error de las estimaciones de los valores individuales de Y (variable dependiente), basados en la ecuación. En un diagrama entre más cercanos están los puntos que representan los valores de Y a la línea, menor será el valor de la desviación estándar. Esto, por lo tanto, indica la confiabilidad de las estimaciones.

El análisis de correlación se refiere a la técnicas usadas para medir la dependencia de la relación entre variables. El cálculo de una medida, concerniente al grado de dependencia, está basada en la ecuación de regresión.

La desviación estándar puede también ser usada como una medida del grado de dependencia. Sin embargo, tiene la debilidad de estar expresada en unidades originales. Las medidas expresadas en términos relativos son llamadas el coeficiente de determinación ( $COR^2$ ) y el coeficiente de correlación ( $COR$ ). El coeficiente de determinación es una razón de la variación aplicada a la variación total.

### Demanda y Oferta

#### Proyección utilizando el parámetro tiempo

El ajuste de los datos de la demanda y la oferta fue realizado por métodos estadísticos, utilizándose el siguiente criterio:

Regresión Lineal por el Método de los Mínimos Cuadrados:

Relación a usarse:

$$Y = a_1 * X + a_0$$

$$a_1 = \frac{\sum XY - \sum X \sum Y / n}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}$$

$$a_0 = \bar{Y} - a_1 \bar{X}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

### ANEXO III

#### PRODUCTORES DEL AMARILLO DE ZINC EN EL GRUPO ANDINO

Colombia	Pigmentos y Productos Químicos S.A. Ofic. Av. Oriental 5282. Piso 8. Medellín.
Venezuela	C.A. Venezolana de Pigmentos "CAVENPI" Ofic. Francisco Miranda Edificio Parque Cristal Torre Oeste. Piso 6. Caracas

## ANEXO IV

### DISEÑO DEL MEZCLADOR DE DICROMATO DE POTASIO

De acuerdo al balance de masa, el volumen necesario del tanque es igual 2900 l.

Se empleará un agitador de turbina, como el utilizado a nivel laboratorio de paletas inclinadas. El agitador tenía las siguientes características :

Diámetro del Recipiente =  $t_1 = 13$  cm

Diámetro del Agitador =  $d_1 = 7$  cm

Velocidad de giro =  $N_1 = 500$  rpm.

$V_1 =$  Volumen del recipiente de laboratorio

$V_2 =$  Volumen necesario del tanque

Aplicando la relación :

$$R = (V_2/V_1)^{1/3}$$

$$R = t_2/t_1 = d_2/d_1 = 9.39$$

En consecuencia :

$$t_2 = 122 \text{ cm}$$

$$d_2 = 65.73 \text{ cm}$$

La velocidad de giro se calcula igualmente :

$$N_2 = N_1 * (d_1/d_2)^n$$

Considerando  $n = 2/3$ , la cual es la constante de transferencia de masa  $N_2 = 112.3$  rpm

Cálculo de la Potencia HP =  $(d_2/394)^5 * S_g * N_2^3$

donde:

$$S_g = 1.06$$

$$HP = 1.8 \text{ HP}$$

Se escoge un motor con una velocidad de giro de 120 rpm y 2 HP de potencia, por ello se recalcula el diámetro:

$$d_2 = 394 * (HP / S_g * N^3)^{1/5}$$

$$d_2 = 25.3 \text{ in} = 64.26 \text{ cm}$$

## ANEXO V

### DISEÑO DEL DESIONIZADOR

La cantidad de agua a desionizar, será la requerida para el lavado del pigmento y el agua para el caldero.

Por cada Kg. de pigmento, se necesita 10 Kg. de agua de lavado; y para un lote de 175 Kg, se necesitan 850 l/hr.

La cantidad de agua necesaria para el caldero será, por cálculos anteriores, de 200 l/hr.

$$Fop = 1050 \text{ l/hr}$$

$$Fop \text{ sobredim } 15\% - 1207.5 \text{ l/hr} - 5.31 \text{ GPM}$$

$$Fs = 5 \text{ GPM/ft}^2$$

$$A = 5.31/5 = 1.06 \text{ ft}^2$$

Donde:

Fop - Flujo de operación

Fs = Flujo de servicio

A = Area del intercambiador

De acuerdo a la Tabla 12.8 de Nalco (15), el sistema que será diseñado está constituido por un intercambiador aniónico fuertemente básico y un intercambiador catiónico fuertemente ácido.

Para el diseño de las columnas se han tomado como base de cálculo las especificaciones técnicas de resinas

de mediana eficiencia y capacidad.

Asimismo, la corriente de agua cruda es agua potable, que presenta el siguiente análisis:

Dureza total = 400 ppm

Total aniones a remover = 300ppm

#### Unidad Catiónica

Capacidad:  $2219.1 \text{ gal} \times 400 / 17.1 = 52 \text{ Kgr}$

Volumen de la resina:  $52 \text{ Kgr} / (23 \text{ Kgr/ft}^3) = 2.3 \text{ ft}^3$

Diámetro del intercamb.:  $5.31 \text{ GPM} / (5 \text{ GPM/ft}^2) = 1.2 \text{ ft.}$

Profundidad del lecho:  $2.3 \text{ ft}^3 / 1.062 \text{ ft}^2 = 2.2 \text{ ft}$

Sal aplicada :  $8 \text{ lb/ft}^3 \times 2.3 \text{ ft}^3 = 18.4 \text{ lb}$

#### Unidad Aniónica

Capacidad:  $2219.1 \text{ gal} \times 300 / 17.1 = 38.9 \text{ Kgr}$

Diámetro del intercambiador: 1.2 ft

Volumen de la resina:  $38.9 \text{ Kgr} / (15.81 \text{ Kgr/ft}^3) = 2.46 \text{ ft}^3$

Profundidad del lecho:  $2.46 \text{ ft}^3 / 1.062 \text{ ft}^2 = 2.3 \text{ ft}$

Soda Cáustica:  $4 \text{ lb/ft}^3 \times 2.46 \text{ ft}^3 = 9.84 \text{ lb}$

## ANEXO VI

### DISEÑO DEL TANQUE DE TRATAMIENTO DE Cr<sup>6+</sup>

La capacidad del tanque sobredimensionado 20% es igual a 3600 litros por lote.

$$D = (2V/\pi)^{1/3}$$

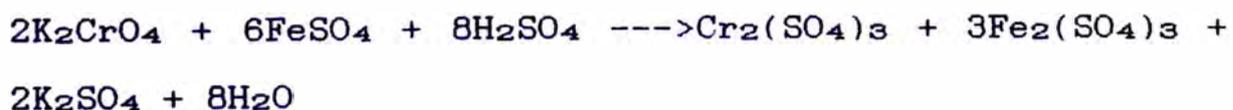
$$D = 1.32 \text{ m}$$

$$h = 2D = 2.64 \text{ m}$$

La cantidad de Cr<sup>6+</sup> en el agua residual es:

$$3000 \text{ lt} \times 0.09 \text{ gr/l} = 270 \text{ gr.}$$

La reducción a Cr<sup>3+</sup>, se llevará a cabo con dosis de Sulfato de Hierro y Acido Sulfúrico, según la ecuación de reacción:



De acuerdo a esto, la dosis necesaria será:

$$\text{FeSO}_4 = 0.171 \text{ Ton /Día}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 0.195 \text{ Ton/Día}$$

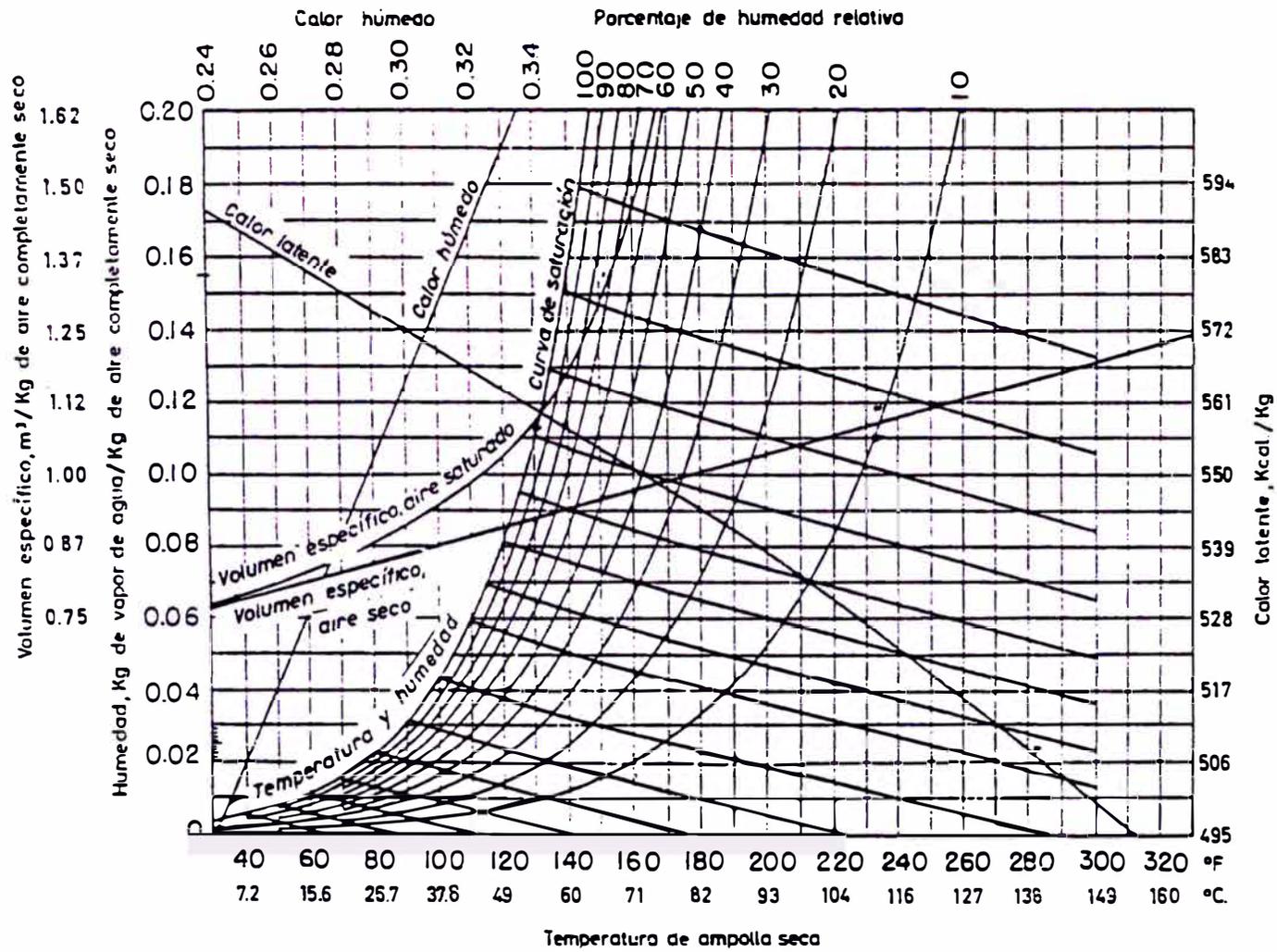
## ANEXO VII

### COSTOS DE INSTALACION DE EQUIPOS

Expresado como porcentaje del Costo de Adquisición de los mismos.

TIPO DE EQUIPO	COSTO DE INSTALACION (%)
BOMBAS	10 - 50
COMPRESORES	20 - 60
MEZCLADORAS	10 - 20
SECADORES	50 - 150
SEPARADORES CENTRIFUGOS	10 - 35
TANQUES METALICOS	20 - 40

**ANEXO VIII**  
**CARTA PSICROMETRICA**



## ANEXO IX

### PRODUCCION Y VENTA DEL OXIDO DE ZINC

AÑO	PRODUCCION \$	VENTA \$	\$/KG
1985	875,284.59	957,712.62	0.59
1986	1776,724.59	1824,400.29	0.78
1987	2712,599.27	2590,731.44	0.69
1988	4969,874.36	4852,984.78	0.86

### PRODUCCION Y VENTA DEL ACIDO CLORHIDRICO

AÑO	PRODUCCION \$	VENTA \$	\$/KG
1985	650,816.85	620,245.59	0.06
1986	4412,823.94	1121,788.75	0.07
1987	806,488.02	775,980.58	0.08
1988	502,581.93	502,274.69	0.07

Fuente : Oficina Estadística del Ministerio  
de Industria Turismo e Integración  
(MICTI)

### IMPORTACIONES DE DICROMATO DE POTASIO EN EL PERU

	1989			1990			1991		
	TON	CIF	P.V	TON	CIF	P.V	TON	CIF	P.V.
PAISES BAJOS	34.80	65.20	1.87	15.90	30.30	1.91	5.30	10.00	1.89
ALEMANIA OCCIDENTAL	17.70	48.50	2.74	46.20	115.00	2.49	8.20	27.90	3.40
BRASIL	5.00	11.90	2.38						
BELGICA	2.10	5.10	2.43						
UNION REP. SOC. SOVIE.	1.00	2.50	2.50						
E.E.U.U.				2.10	4.70	2.24	3.00	3.10	1.03
REINO UNIDO				2.10	5.40	2.57			
MEXICO				1.50	2.10	1.40	9.70	16.90	1.74

P.V. = US \$/Kg

CIF = MUS \$

**ANEXO X**  
**ESPECIFICACIONES MECANICAS DE EQUIPOS**

# DIAGRAMA DE FLUJO

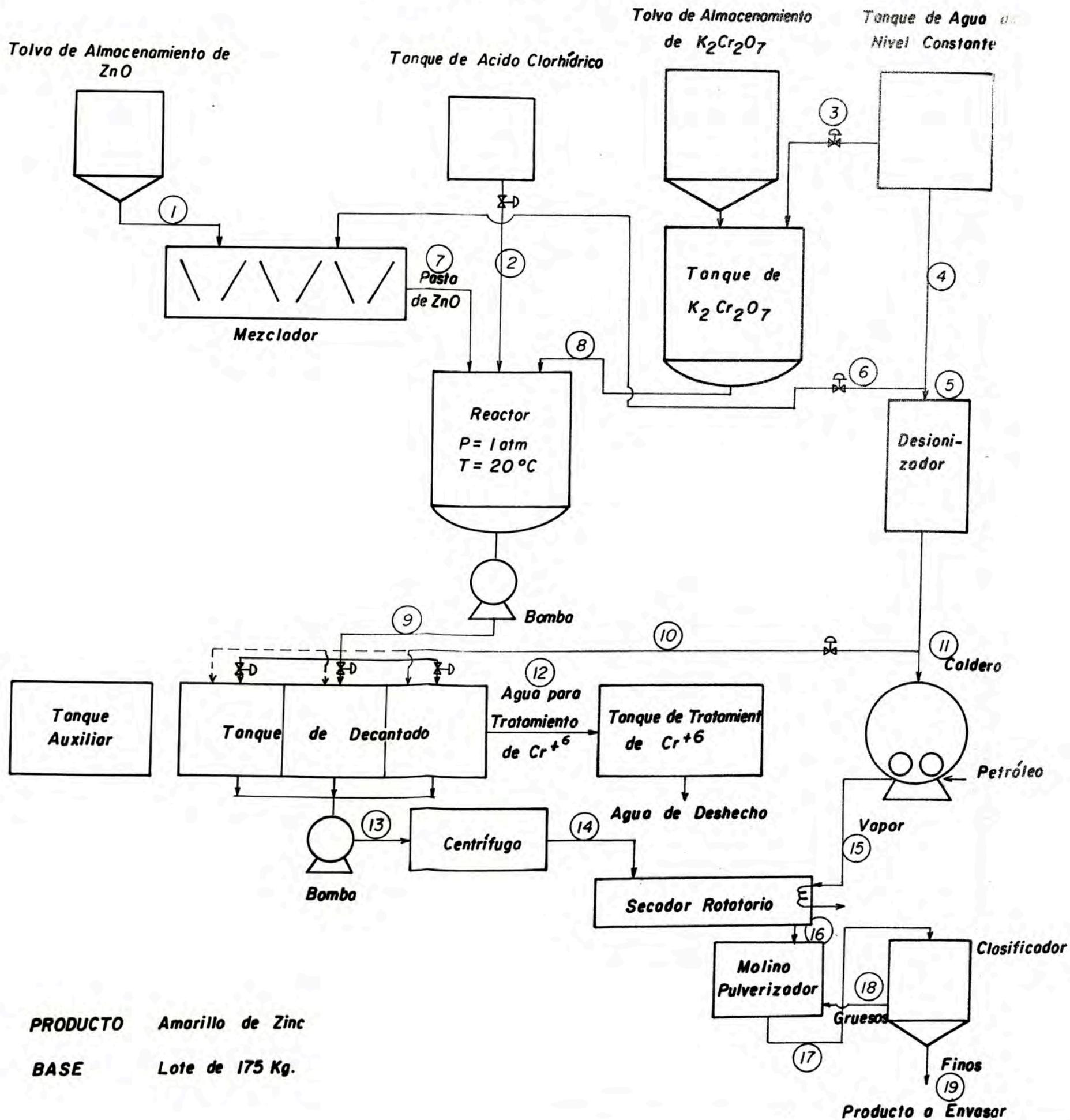
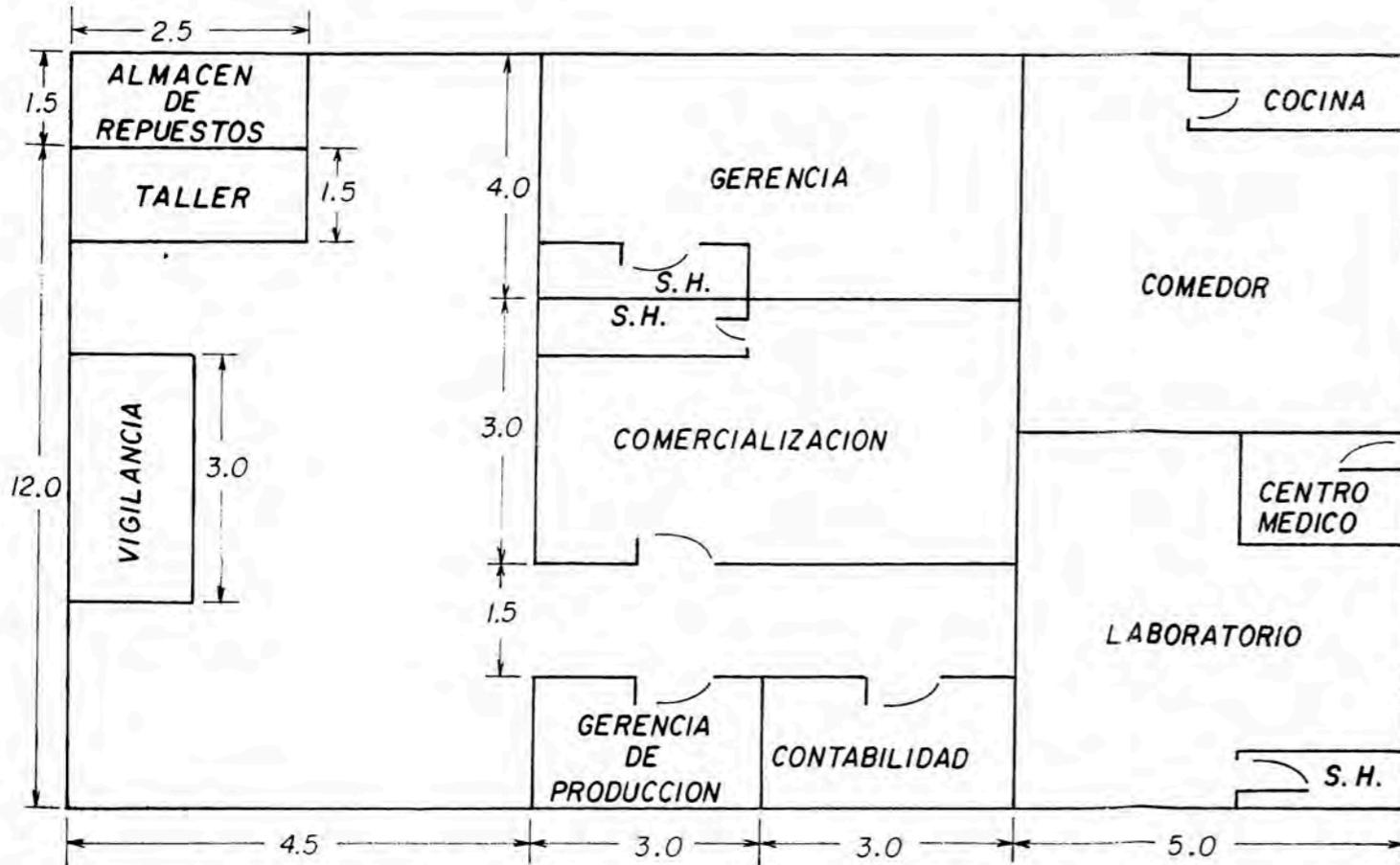


FIGURA 7.2

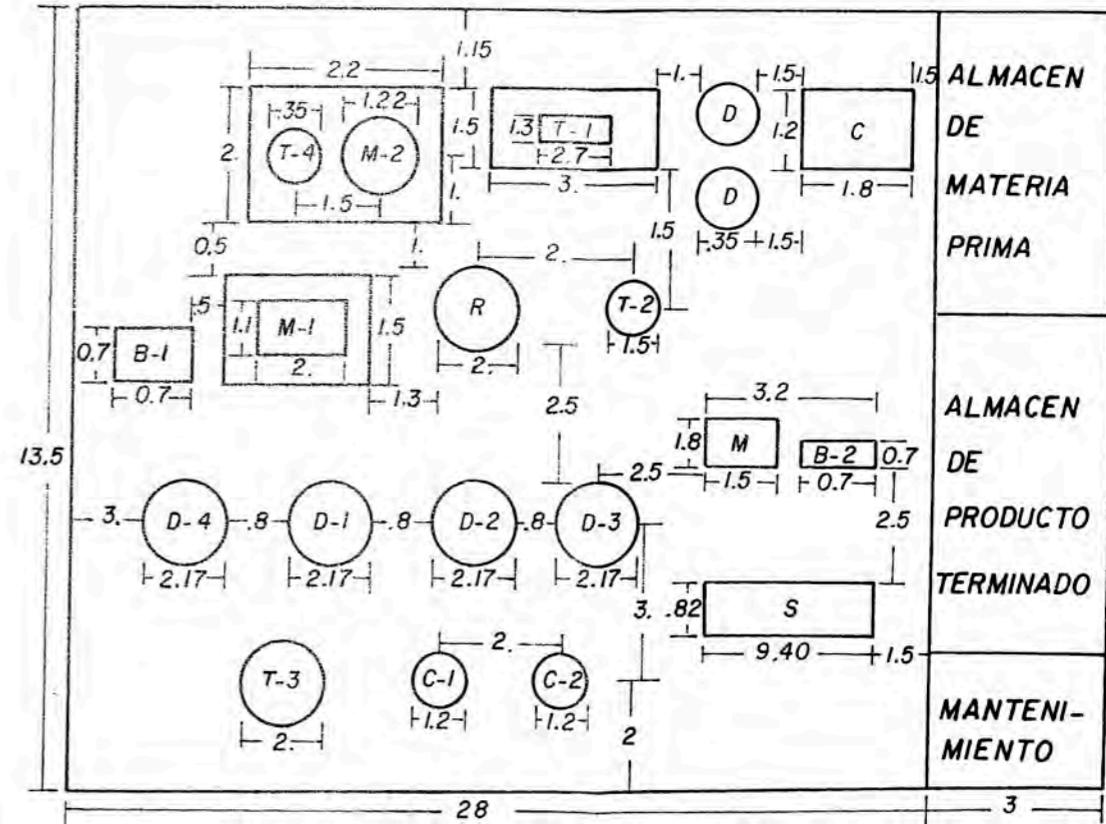
FIGURA 7.3

DISTRIBUCION DE PLANTA



AREA ADMINISTRATIVA

Sin Escala

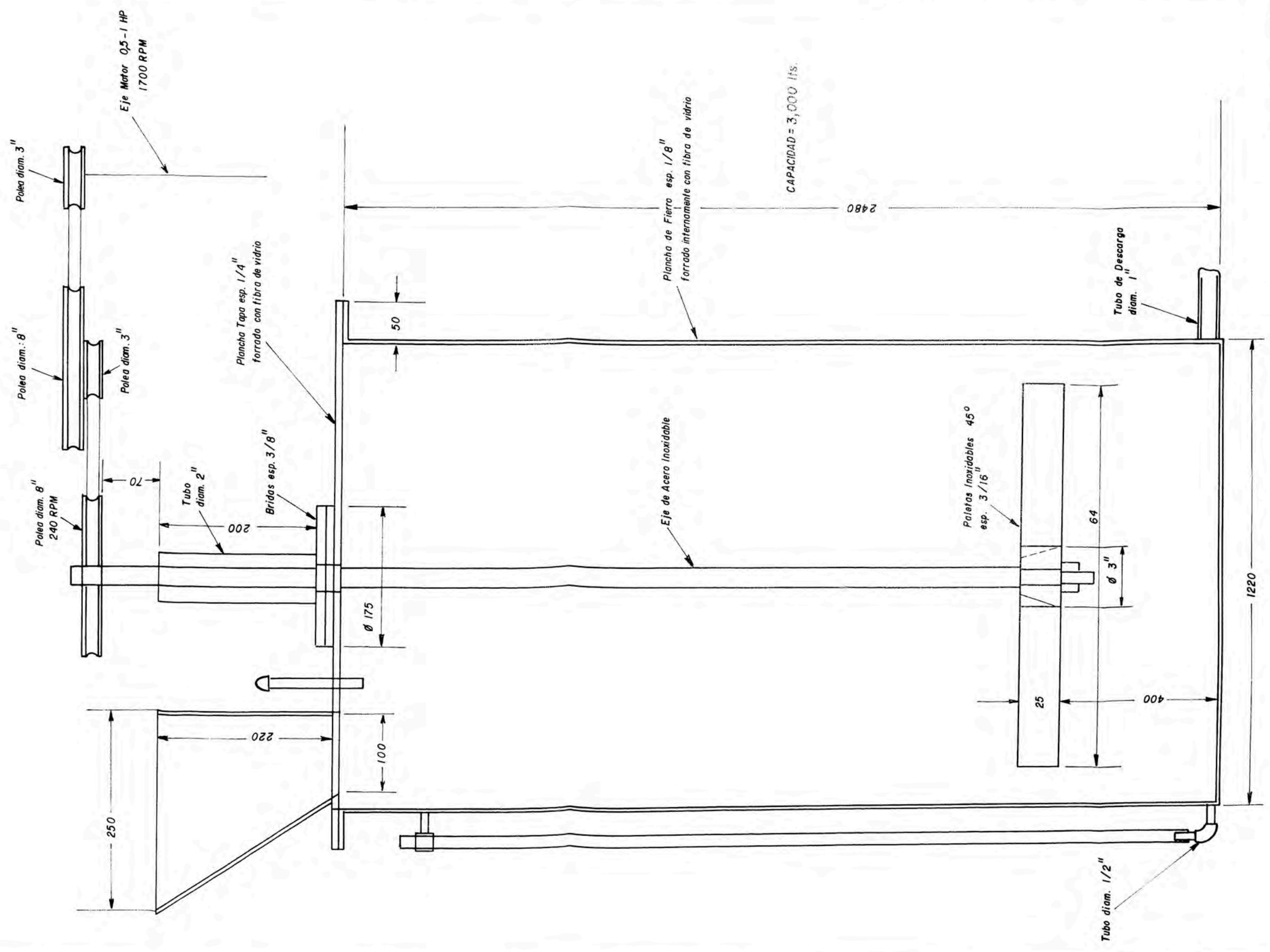


AREA DE PRODUCCION

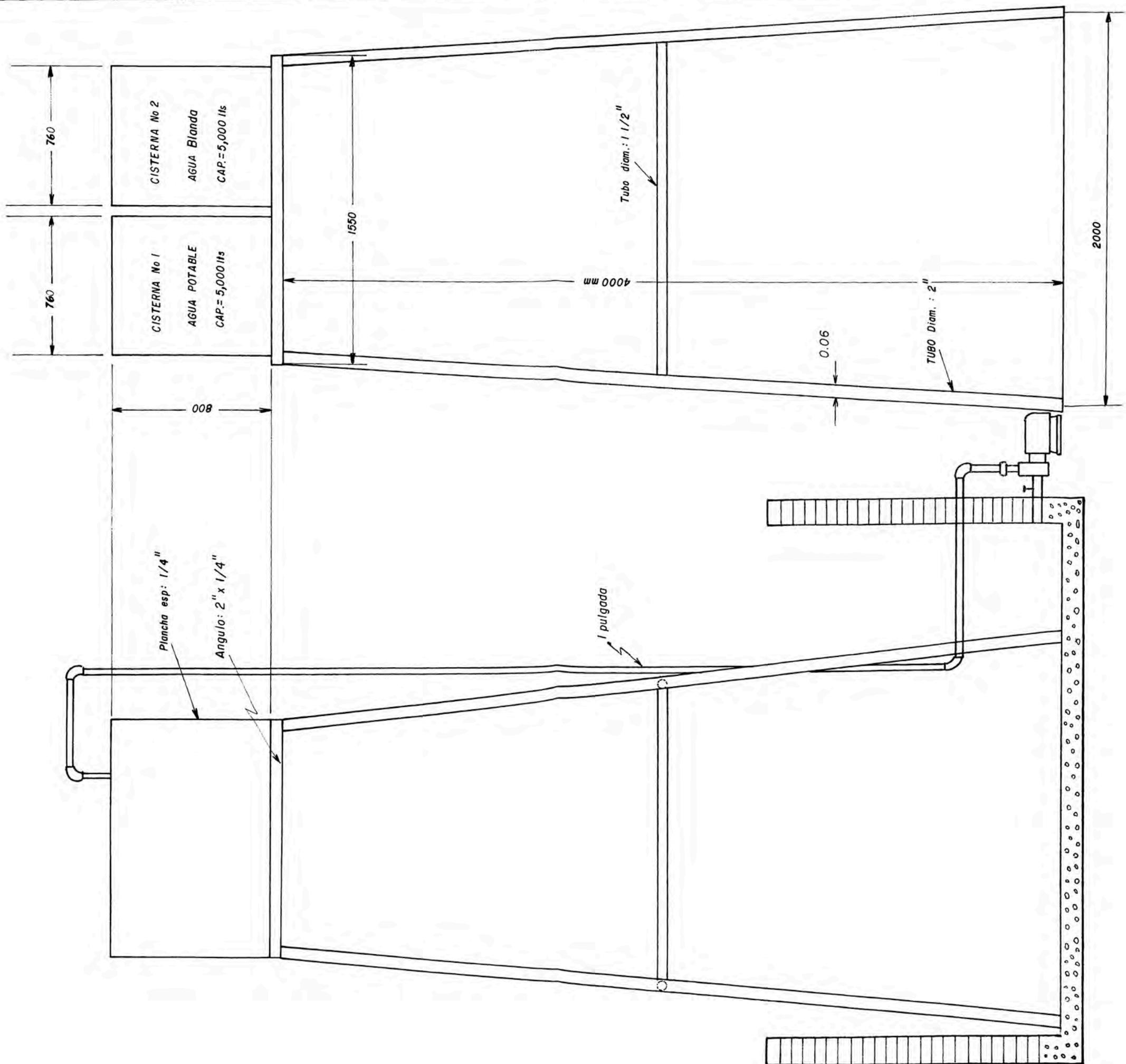
Sin Escala

LEYENDA

- T-1 Tanque de Agua Corriente
- T-2 Tanque de Agua Desionizada
- T-3 Tanque de Tratamiento de Cr +5
- T-4 Tanque de Acido Clorhidrico
- M Molino y Clasificador
- M-1 Mezclador de Oxido de Zinc
- M-2 Mezclador de Dicromato de Potasio
- D<sub>i</sub> Decantador , i=1,2,3,4
- R Reactor
- Cl Centrifugo
- S Secador Rotativo
- B Balanza
- C Caldero
- D Desionizador



EQUIPO Mezclador de Dicromato de Potasio  
 CAPACIDAD 3,000 lbs.



Tanques de Almacenamiento de Agua  
(Corriente y Desionizado)



## BIBLIOGRAFIA

- (1) Berry C., Modern Machines for Dry Size Reduction in Fine Size Range, Industrial and Engineering Chemistry, , p. 672-678, Julio 1946.
- (2) Carlo Erba, Productos Químicos para Uso Científico, Farmacéutico e Industrial, Lima, 1964
- (3) Comité de la Industria Química, La Industria Química en el Area Andina 1974, S.N.I., Lima, 1975.
- (4) Comité de la Industria Química, La Industria Química en los Países Andinos 1985, S.N.I., Lima, 1985.
- (5) Comité de la Industria Química, La Industria Química en los Países Andinos 1988, S.N.I., Lima , 1988.
- (6) Coronado G., Takeda M., "Desarrollo del Proceso de Obtención del Amarillo de Zinc, Tipo I", Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1989.
- (7) Fenner O., Plastics for Process Equipment, Chemical Engineering, p. 170, Nov. 9, 1964.
- (8) Foust A., "Principios de Operaciones Unitarias", Editorial Continental S.A. 14ª Edición, México, 1982.
- (9) Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena. Año VII # 67. Lima, 14 de Junio de 1990. Decisión 268.
- (10) Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena. Año VII # 65. Lima, 31 de Mayo de 1990. Reducción de la Nómina de Productos Reservados para aplicar modalidades de

Integración Industrial.

(11) Ministerio de Industria Comercio e Integración-Corporación Andina de Fomento, Estadística Básica, Lima, Perú 1985.

(12) Ministerio de Salud de la República del Perú, "Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el ambiente de trabajo".

(13) Moreno Vintinilla T., Ecuador Directorio Industrial. Edición 1988. Editor Responsable Dr. Teodoro Moreno Vintinilla.

(14) Naciones Unidas, "Manual de Proyectos de Desarrollo Económico", p. 108 - 115, 1979.

(15) Nalco Chemical Company, Manual del Agua, Edición McGraw-Hill, p. 12-25, U.S.A, 1979.

(16) NANDINA "Arancel Integrado de aduanas del Perú" p. 152, Editores Palma Ediciones S.R.L. Fredy Burling F., Lima , 1991.

(17) Perry R., Manual del Ingeniero Químico, p. 19-66, al 19-69, Ed. McGraw Hill, México, 5<sup>ta</sup> Edición, Vol 5, 1986.

(18) Perry J., "Manual del Ingeniero Químico", p. 1292, 1293, 1295 - 1296, Editorial Uteha, México 3<sup>o</sup> Edición, 1968.

(19) Perry J., "Manual del Ingeniero Químico", p. 1581, Editorial Uteha, México 3<sup>o</sup> Edición, 1968.

(20) Perry J., "Manual del Ingeniero Químico", p. 1776-1777, 1779, Editorial Uteha, México 3<sup>o</sup> Edición, 1968.

- (21) Peters M., Timmerhaus K., "Diseño de Plantas y su la Evaluación Económica para Ingenieros Químicos", p.104-105,117, Editorial Geminis, Buenos Aires, 1978.
- (22) Rautzen R., How to use Scale Up Methods for Turbine Agitators, p. 119-126, Chemical Engineering, Oct. 25, 1976.
- (23) Treybal R., Operaciones de Transferencia de Masa, p. 729-757, 2<sup>da</sup> Edición Mc-Graw Hill, U.S.A.
- (24) Ulrich, D. "Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química", Editorial Interamericana, México, 1986
- (25) Weber, A., Selecting Turbine Agitator, Chemical Engineering, p. 169-174, Dic 7, 1964.
- (26) Williams, R., " Procesos Continuos de Amarillo de Cromo".