

119  
29/11/85



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## PROYECTO DE UNA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N

ALVARO RODRIGUEZ MAYA  
DAVID PALOMARES SIERRA  
JOSE IBARRA TOVAR  
MARIA TERESA GARCIA CRUZ

MEXICO, D. F.

DICIEMBRE DE 1985





## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

PROYECTO DE UNA PLANTA  
DE ANODIZADO DE  
ALUMINIO

## INTRODUCCION

Esta tesis pretende no sólo considerar, explicar y describir la situación de la industria del aluminio en México, sino que aspira a ser analítica de la realidad del sector.

El enfoque que se da al trabajo, intenta la proposición de un proyecto que coadyuve al mejoramiento industrial.

El estudio presentado a través de esta tesis está integrado por nueve capítulos; en el primero se presenta un marco histórico describiéndose los acontecimientos más importantes del aluminio; en el segundo se analizan las propiedades generales del producto en cuestión; en el tercero se estudia la situación actual de la rama en nuestra República, desde el punto de vista de la producción y el consumo; la cuarta parte alude a la situación del mercado del aluminio, a través de competidores y consumidores; la quinta parte se refiere a la instalación de la planta en sí, considerando para tal efecto su ubicación y montaje; el sexto capítulo analiza el aspecto técnico y económico del proyecto; en los capítulos séptimo y octavo, respectivamente, se describe el proceso seleccionado para el anodizado de aluminio, así como el equipo necesario para llevarlo a cabo; en la novena y última parte se establecen las normas y los patrones del control de calidad.

En diversas partes del estudio, se recurrió a la comparación con otros métodos de anodizado, a fin de procurar un marco de referencia que permita conocer mejor los problemas y encontrar probables soluciones.

Para realizar el estudio se partió de la visita a plantas industriales, estadísticas oficiales, investigación documental, así como a pláticas con diversas personalidades de la actividad industrial y comercial en cuestión.

Cabe mencionar que para el desarrollo del análisis, se encontraron algunas limitaciones, entre las que destaca la no disponibilidad de información actualizada, lo que significó la realización de un esfuerzo adicional de investigación.

# PROYECTO DE UNA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO

**OBJETIVO:** Dada la gran importancia adquirida del anodizado de aluminio, tanto en construcción como en diversas ramas de la industria, se considera de gran importancia realizar un estudio de lo más exhaustivo posible, para conocer la actual situación de esta rama industrial, en México, al mismo tiempo que contribuir a su desarrollo tecnológico.

## INDICE TEMATICO.

### Introducción

1. Generalidades del aluminio
2. Teoría del anodizado
3. Estado actual del aluminio en México
4. Estudio de mercado
5. Características que deben tomarse en consideración para la ubicación y el montaje de la planta
6. Estudio técnico y económico del proyecto
7. Proceso del anodizado
8. Equipo básico para el proceso
9. Normalización y control de calidad
10. Conclusiones

# INDICE GENERAL

	Pág.
<b>CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL ALUMINIO.</b>	
HISTORIA DEL ALUMINIO. . . . .	1
PROPIEDADES FISICAS . . . . .	3
1. Características atómicas y cristalinas.	
2. Densidad.	
3. Características térmicas.	
4. Características ópticas.	
5. Características magnéticas.	
6. Conductibilidad eléctrica.	
PROPIEDADES MECANICAS. . . . .	8
1. Propiedades mecánicas intrínsecas.	
2. Propiedades mecánicas en caliente.	
3. Propiedades mecánicas a bajas temperaturas.	
PROPIEDADES QUIMICAS . . . . .	10
1. Reacción de oxidación.	
2. Acción de los metaloides sobre el aluminio.	
3. Acción de los ácidos sobre el aluminio.	
4. Acción de las bases sobre el aluminio.	
COMPORTAMIENTO DEL ALUMINIO EN DIFERENTES MEDIOS..	12
1. Introducción.	
2. Modos de corrosión.	
3. Medios corrosivos.	
4. Formas de corrosión.	
5. Corrosión electrolítica.	
6. Ensayos de corrosión.	
UTILIZACION DEL ALUMINIO . . . . .	17
1. Industria aeronáutica.	
2. Industria automotriz.	
3. Vehículos industriales.	
4. Industria del ferrocarril.	
5. Industria marítima.	
6. Industria mecánica y otras.	

- 7. Industria textil.
- 8. Industria eléctrica.

## CAPITULO 2. TEORIA DEL ANODIZADO.

FORMACION DE LA CAPA ANODICA. . . . .	23
CRECIMIENTO DE LA CAPA DE OXIDO . . . . .	24
PROPIEDADES DE LA CAPA DE OXIDO . . . . .	25
a) Porosidad.	
b) Adherencia.	
c) Aspecto.	
PROPIEDADES MECANICAS. . . . .	26
a) Dureza.	
b) Fragilidad en relación con su elasticidad.	
c) Resistencia al desgaste.	
d) Resistencia a la fatiga.	
PROPIEDADES QUIMICAS. . . . .	27
a) Resistencia a la corrosión.	
PROPIEDADES DIELECTRICAS. . . . .	28
PROPIEDADES TERMICAS . . . . .	30
a) Temperatura de fusión.	
b) Calor específico.	
c) Coeficiente de dilatación.	
d) Conductibilidad térmica.	
e) Poder emisor.	
PROPIEDADES OPTICAS. . . . .	31
a) Poder reflejante.	
ELECTROLITOS DE ANODIZADO . . . . .	32
1. Anodizado con ácido sulfúrico . . . . .	32
a) Condiciones de operación.	
b) Condiciones de trabajo.	
c) Propiedades de las capas de óxido en medio sulfúrico.	

	Pág.
DIFICULTADES AL ANODIZAR EN MEDIO SULFURICO Y FORMAS DE SOLUCIONARLAS. . . . .	39
2. Anodizado mediante ácido crómico . . . . .	40
a) Condiciones de operación	
b) Condiciones de trabajo	
3. Anodizado con ácido oxálico. . . . .	44
a) Con corriente continua	
b) Con corriente alterna	
COLORACION . . . . .	46
1. Condiciones necesarias para el coloreado de las capas de óxido.	
2. Calidad de una coloración	
3. Importancia de la calidad del agua para colorear . . . . .	
4. Formas de coloración.	
5. Colorantes orgánicos e inorgánicos.	
6. Métodos para la obtención de diferentes colores y tonos.	
SELLADO. . . . .	55
1. Rellenado con materiales orgánicos.	
2. Por precipitado.	
3. Mediante hidratación.	
4. Método acelerado.	

### CAPITULO 3. ESTADO ACTUAL DEL ALUMINIO EN MEXICO.

INTRODUCCION . . . . .	62
SITUACION DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO EN MEXICO	62
1. Consumo nacional aparente de aluminio y por habitante .	
2. Consumo nacional aparente de la industria del aluminio por sector y exportaciones de aluminio y sus productos.	
3. Importaciones de productos de aluminio	

4. Consumo nacional aparente de extrusiones
5. Estructura del consumo del aluminio.

## CAPITULO 4. ESTUDIO DE MERCADO.

INTRODUCCION . . . . .	78
MEDIO AMBIENTE . . . . .	78
a) Clientes	
b) Distribuidores	
c) Proveedores	
d) Competidores	
PATRONES DE CRECIMIENTO . . . . .	80
MERCADO META . . . . .	80
a) Artículos que son comprados en el mercado.	
b) Motivos de compra.	
c) Compradores.	
d) Formas de compra.	
EL PRODUCTO . . . . .	82
a) Características	
b) Usos	
c) Calidad	
d) Productos sustitutos	

## CAPITULO 5. LOCALIZACION DE LA PLANTA.

INTRODUCCION . . . . .	88
FACTORES REQUERIDOS PARA LA INSTALACION DE LA PLANTA . . . . .	89
1. Disponibilidad y precio de	
a) Electricidad.	
b) Agua.	
c) Eliminación de desperdicios.	
d) Disponibilidad de medios de comunicación	

2. Disposiciones fiscales y legales.
3. Transportes y servicios públicos diversos.
4. Ubicación de mercados . . . . .
5. Fuentes de materia prima.
6. Disponibilidad y precio de mano de obra.
7. Factores climatológicos.
8. Imponderables.

FACTORES DETERMINANTES PARA LA LOCALIZACION DE LA PLANTA . . . . .	94
--	----

1. Capacidad de producción.
2. Superficie necesaria para la planta.
3. Insumos para la producción.
  - a) Productos químicos.
  - b) Energía eléctrica.
  - c) Combustible.
  - d) Agua.
  - e) Personal administrativo, técnico y de operación.

CUADRO RESUMEN PARA DETERMINAR LA UBICACION DE LA PLANTA . . . . .	98
PRINCIPALES MUNICIPIOS CONSIDERADOS . . . . .	99

- Querétaro, Qro.
- San Luis Potosí, S.L.P.
- Veracruz, Ver.
- León, Gto.
- Salamanca, Gto.

REFERENCIAS . . . . .	109
-----------------------	-----

## CAPITULO 6. ESTUDIO TECNICO DEL PROYECTO.

1. Selección del proceso . . . . .	111
2. Diagrama de proceso . . . . .	112
3. Descripción del diagrama del proceso . . . . .	114
4. Diagrama de flujo . . . . .	118
5. Selección y especificación de maquinaria y equipo . . . . .	119

	Pág.
6. Selección y especificación de servicios auxiliares . . . . .	129
7. Plano de distribución de las áreas de la planta . . . . .	131
8. Plano de distribución del equipo en el área de anodizado . . . . .	133
9. Costos de terreno, construcción, maquinaria y equipo . . . . .	135

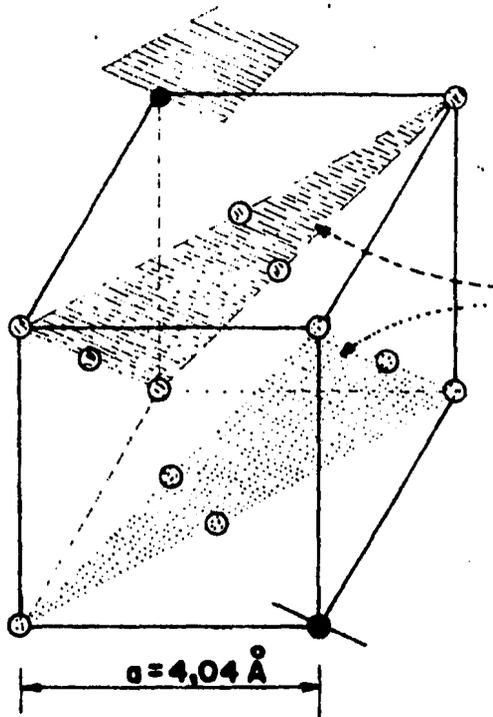
## CAPITULO 7. PROCESO DEL ANODIZADO

1. Pulido . . . . .	143
2. Desengrase . . . . .	144
3. Matizado . . . . .	145
4. Decapado . . . . .	146
5. Anodizado . . . . .	146
a) Densidad de corriente.	
b) Concentración.	
c) Temperatura.	
d) Agitación.	
6. Presellado . . . . .	149
7. Sellado . . . . .	149

## CAPITULO 8. EQUIPO BASICO PARA EL PROCESO.

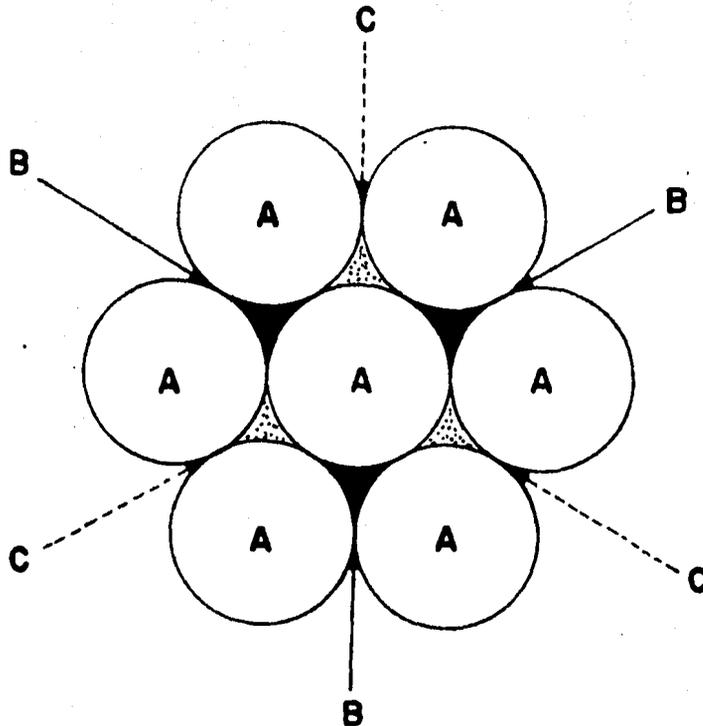
1. Tinajas . . . . .	152
2. Rectificadores . . . . .	154
3. Equipo de refrigeración . . . . .	154
4. Equipo para tratamiento de aguas. . . . .	155
5. Equipo de pulido . . . . .	156
6. Soplador para burbujeo. . . . .	156
7. Gruas . . . . .	156
8. Quemadores de gas . . . . .	156
9. Extractores de aire . . . . .	157
10. Racks . . . . .	157

	Pág.
<b>CAPITULO 9. NORMALIZACION Y CONTROL DE CALIDAD.</b>	
1. Control de calidad en materia prima..... . . .	158
2. Control de calidad en matizado.	
3. Control de calidad en sellado.	
4. Control de calidad en producto terminado.	
5. Aparatos para el control de calidad.	
6. Control de las soluciones.	
Normas oficiales mexicanas publicadas hasta la fecha en el Diario Oficial de la <u>Fede</u> <u>ración</u> aplicables al proceso de anodizado. . .	162
Normas oficiales mexicanas aprobadas por la Dirección General de Normas pero sin haber se publicado aún en el Diario Oficial de la Federación . . . . .	164
<b>CAPITULO 10. CONCLUSIONES. . . . .</b>	<b>165</b>
ANEXO 1. DEFINICIONES. . . . .	168
ANEXO 2. PRODUCTOS QUIMICOS Y SUS FORMULAS, MEN- CIONADOS EN ESTA TESIS . . . . .	171
BIBLIOGRAFIA . . . . .	172



EL ALUMINIO POSEE UNA ESTRUCTURA CUBICA DE CARAS CENTRADAS DE PARAMETRO  $a = 4,04 \text{ \AA}$

ESTRUCTURA CUBICA DE CARAS CENTRADAS DEL ALUMINIO



ORDENAMIENTO DE LOS ATOMOS EN UN PLANO COMPACTO

Elemento: A L U M I N I O

Símbolo : Al

### PROPIEDADES FISICAS.

- Metal blanco argentino.
- Ligero.
- Elevada resistencia mecánica, mejorada por las adiciones de otros metales y por sus tratamientos térmicos.
- Alta resistencia a la corrosión en su estado puro.
- Gran conductibilidad térmica y eléctrica.
- Excelente poder reflejante.
- Gran ductibilidad, que permite trabajarlo perfectamente.
- Reacciona ante los fenómenos magnéticos.
- En caso de corrosión, las reacciones que se producen no dan lugar a productos tóxicos, por lo que es apto para las industrias química y alimenticia.
- Tratamientos diversos permiten conferirle nuevas características que aumentan el valor industrial del metal.
- El aluminio, en estado puro, es un metal blando que tiende a transformar o perder su resistencia.

- Número atómico	13
- Masa atómica	26.9815 uma
- Constante de la red	4.0413 Å
- Radio atómico	1.4286 Å
- Distancia entre átomos	2.858 Å
- Densidad a 20°C, pureza 99.996%	2.699 Kg/dm <sup>3</sup>
- Punto de fusión, pureza 99.996%	660.24 °C
- Densidad en el punto de fusión en estado sólido a 660°C	2.55 Kg/dm <sup>3</sup>
- Densidad en el punto de fusión en estado líquido a 660°C	2.382 Kg/dm <sup>3</sup>
- Calor de fusión	92 Cal/g. (aprox)
- Punto de ebullición	2056°C bajo 760 mm. de Hg.
- Tensión de vapor a 660°C	0.00062 mm.de Hg
" " a 1030°C	1 mm.de Hg

- Calor específico 0.2220 + 0.0000772 t Cal/gr°C
- Conductividad térmica a 20°C para aleación 1200 0.52 (Cal cm/cm<sup>2</sup> s °C)
- Coeficiente de dilata-- desde - 191°C hasta + 16°C  
ción en estado sólido,
- pureza 99.996%.
- Resistividad a 20°C 18.35 X 10<sup>-6</sup>/°C  
R = 2.630 microhms  $\frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$

#### PROPIEDADES MECANICAS

- Módulo de elasticidad 6700 Kg/mm<sup>2</sup>
- Módulo de torsión 2700 Kg/mm<sup>2</sup>
- Resistencia a la presión 3.6 Kg/mm<sup>2</sup>
- Resistencia a la tracción 9.3 Kg/mm<sup>2</sup>
- Coeficiente de Poisson 0.34
- Compresibilidad a 20°C 1.4 x 10<sup>-3</sup>/megabar
- Carga de rotura y Alargamiento Para Al 99.999%, hilo 5.4 Kg/m<sup>2</sup>;  
de 1.5 mm. recocido 62%  
113 hrs. a 130°C, res\_pectivamente.
- Recocido de aluminio de 99.5% a 215°C 1 hora
- Recocido de aluminio de 99.999% a 100°C. 10 minutos

## CAPITULO 1

### GENERALIDADES DEL ALUMINIO

#### HISTORIA DEL ALUMINIO

El aluminio impuro fué aislado, en 1825, por Hans Christian Oersted, científico danés que efectuó el primer experimento conocido sobre electromagnetismo. Pasaron sesenta años, antes de que un joven norteamericano descubriera un método económico para producir aluminio metálico.

Charles Martin Hall, un estusiasta de la química, del colegio Oberlin, atacó el problema científicamente; sabía que sólo los metales más activos, como el sodio y el potasio, eran agentes reductores suficientemente fuertes para liberar al aluminio del cloruro de aluminio fundido. Como el potasio y el sodio eran demasiado caros para ser utilizados en la producción industrial, Hall descartó todos los métodos que dependían de la acción de un agente reductor y recurrió a la electrólisis.

La alúmina era el punto de partida lógico. En la forma hidratada, la alúmina es el componente principal de la "bauxita", el mineral más rico en aluminio. Como la alúmina tiene un punto de fusión extremadamente alto ( $2045^{\circ}\text{C}$ ), Hall se dió cuenta que era comercialmente impracticable fundir el óxido. Sin embargo, para que una corriente eléctrica pudiera liberar el aluminio de la alúmina, ésta tenía que estar fundida. Quizá, pensó Hall, pudiera encontrarse un mineral que actuara como disolvente del óxido de aluminio. Después de probar algunos, dió con un sólido vítreo, blanco, lechoso, llamado "criolita" ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ). Lo fundió con alguna dificultad a  $1000^{\circ}\text{C}$  y, luego, agregó algo de alúmina que disolvió rápidamente. Hall pasó una corriente directa a través de la solución de alúmina en criolita y, encontró que se de-

positaba aluminio metálico en el cátodo.

El 26 de febrero de 1886, unos ocho meses después de su graduación en Oberlin, Hall obtuvo una patente de su proceso y dos años más tarde se fundó la "Pittsburgh Reduction Company" que más tarde se llamó "Aluminium Company of America". Dos meses después que Hall aisló el aluminio, Paul Heroult, francés de veintitrés años, independientemente, preparó aluminio por el mismo método.

Sainte-Claire-Deville en 1854, lo obtuvo por primera vez en lingotes, siendo por tal motivo muy costoso el kilogramo.

#### CARACTERISTICAS DEL ALUMINIO EN ESTADO NATURAL

Este metal no se encuentra en estado nativo, pero sus combinaciones son muy abundantes, después del oxígeno y del silicio, es el elemento que se halla en mayor proporción en nuestro planeta. Entra en la composición de casi todas las rocas (granito, mica, feldespato, etc.) y de las arcillas. Se encuentra también en forma de óxido de alúmina (bauxita, corindón, etc.) y de fluoruro (criolita).

Elemento : A L U M I N I O  
 Símbolo : Al

### PROPIEDADES FISICAS.

#### 1. Características atómicas y cristalinas.

Número atómico 13  
 Masa atómica 26.9815 una

El aluminio tiene una estructura cúbica de caras centra  
das con las características siguientes:

Constante de la red	4.0413	Å
Radio atómico	1.4286	Å
Distancia entre átomos	2.858	Å

#### 2. Densidad.

El aluminio de pureza 99.99% tiene una densidad de - -  
 2.699 Kg/dm<sup>3</sup> a 20° C. La densidad aumenta ligeramente  
 cuando baja la pureza del metal. La densidad de un alu  
 minio de 99.5% es de 2.705 Kg/dm<sup>3</sup> a 20° C.

En el punto de fusión la densidad es:

- del aluminio sólido a 660° C	2.55	Kg/dm <sup>3</sup>
- del aluminio líquido a 660° C	2.382	Kg/dm <sup>3</sup>

que corresponde a una contracción volumétrica del 6.6%  
 durante la solidificación.

La densidad del aluminio líquido en función de la tempe  
 ratura viene dada por:

$$\rho_t = 2.382 - 0.000273 (t - 660^\circ\text{C}) \text{ Kg/dm}^3$$

#### 3. Características térmicas.

Punto de fusión: 660.24°C para el aluminio de 99.996%

Calor de fusión: 92 cal/g aproximadamente

Punto de ebullición: 2056°C bajo 760 mm de Hg.

Tensión de Vapor: 0.00062 mm de Hg a 660°C

1 mm de Hg a 1030°C

La presión de vapor "p" viene dada por la fórmula:

$$\log p = \frac{14190}{T^{\circ}K} + 8.98$$

Calor específico:

El aluminio sólido posee en cal/g°C:

- Un calor específico verdadero a la temperatura t°C:

$$C_t = 0.2220 + 0.0000772 t$$

- Un calor específico medio de 0 a t °C:

$$C_0^t = 0.2220 + 0.0000375 t$$

El calor específico disminuye con la temperatura:

20°C	0.222
- 173°C	0.112
- 185°C	0.097
- 200°C	0.070

Conductibilidad térmica:

Para el aluminio comercial 1200 se admite:

$$C \text{ a } 20^{\circ}C = 2.17 \text{ W cm/cm}^2 \text{ }^{\circ}C$$

Esta cifra puede considerarse válida prácticamente hasta los 200°C.

A bajas temperaturas la conductibilidad térmica crece al principio pero disminuye rápidamente por debajo de los - 230 °C.

Temperatura ( ° C )	Conductividad Térmica (Watt cm/cm <sup>2</sup> °C)
20	2.2
- 166	2.5
- 230	3.5
- 260	1.5

Coefficiente de dilatación:

El coeficiente de dilatación "lineal" del aluminio de pureza - 99.996 % en estado sólido crece rápidamente con la temperatura:

Temperatura (°C)	Coefficiente de dilatación ( $\times 10^{-6}$ / °C )
- 188	8.8
- 163	13.2
- 103	18.2
20	22.4
100	23.5
300	28.4
500	31.1

Generalmente se utilizan los coeficientes de dilatación medios:

Intervalo de temperatura ( ° C )	Coefficiente de dilatación ( $\times 10^{-6}$ / ° C )
20 - 100	23.8
20 - 200	24.6
20 - 300	25.4
20 - 400	26.5
20 - 500	27.7
20 - 600	28.7

A bajas temperaturas:

desde  $-191^{\circ}\text{C}$  hasta  $+16^{\circ}\text{C} = 18.35 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

En estado líquido, el aluminio presenta las "variaciones de volumen" siguientes:

$$V_t = V_{660^{\circ}\text{C}} \left[ 1 + 0.000114 (t - 660) \right]$$

#### 4. Características ópticas.

Poder emisor

El aluminio tiene un débil "poder emisor global" .

Comparándolo con el cuerpo negro cuyo poder emisor es de 4.96

Estado del metal	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Poder emisor (% del cuerpo negro)
Sólido, pulido	30	5
	100	6
	200	7
	300	7.5
	400	8
Fundido	700	12
	1000	17

Los valores del aluminio sólido son válidos para el aluminio comercial, recubierto de su capa natural de óxido, de espesor 0.01 a 0.1 micras.

El "anodizado" modifica totalmente el poder emisor tendiendo hacia el de la alúmina casi parecido al del cuerpo negro .

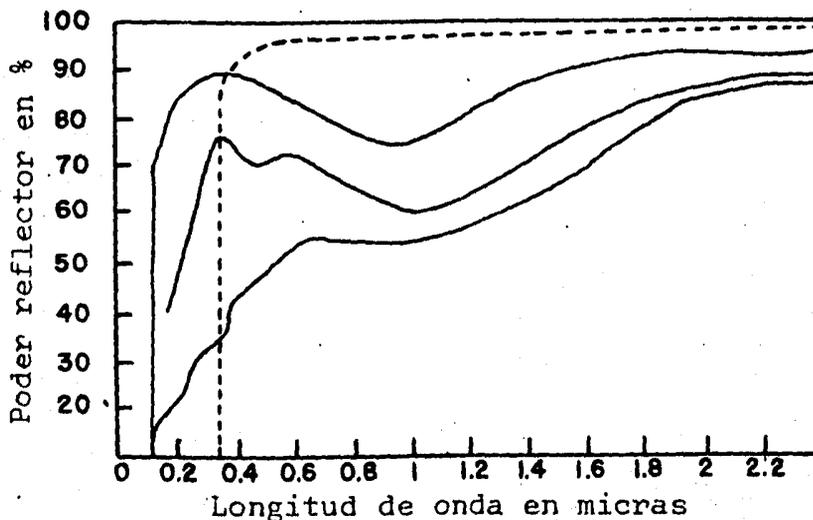
Anodizado (espesor de la alúmina en micras)	Poder emisor a 30° C (% del cuerpo negro)
0.1	5
1	34
2	63
5	73
10	79

La influencia de la longitud de onda de radiación es importante y la curva espectral de la energía radiada muy diferente de la del cuerpo negro; se puede apreciar un poder emisor particularmente elevado a 400°C en la banda próxima al infrarrojo (1 a 2 micras).

#### Poder reflector.

El aluminio pulido presenta un excelente poder reflector que varía con la longitud de onda como muestra la fig. 1. En el espectro visible (lamda de 0.36 a 0.76 micras) no es superado más que por la plata pulida, pero con la ventaja de que el aluminio refinado pulido y abrillantado puede protegerse mediante ANODIZADO sin reducción sensible de su poder reflector.

Fig. 1



La figura anterior indica el poder reflector en función de la longitud de onda. (según Schenk)

Las curvas indican lo siguiente:

- 1 Plata pulida.
- 2 Aluminio al 99.999 % abrillantado anódicamente.
- 3 Aluminio al 99.999 % pulido.
- 4 Cromo.
5. Características magnéticas.  
El aluminio puro es debilmente "paramagnético" con una susceptibilidad:  $K = + 0.60 \times 10^{-6}$  C.G.S.
6. Conductibilidad eléctrica.  
La "resistividad" del aluminio más puro (99.999%) perfectamente recocido es de 2.630 microhms  $\text{cm}^2/\text{cm}$  a 20°C.  
Se puede relacionar también esta característica con la del cobre a la misma temperatura ( 1.7241 microhms  $\text{cm}^2/\text{cm}$ ) y - decir que la conductibilidad del aluminio es el 65.45% de la del cobre.  
La conductibilidad del aluminio comercial o de sus aleaciones es inferior a este valor.

## PROPIEDADES MECANICAS

### 1. Propiedades mecánicas intrínsecas.

Módulo de elasticidad	6700	$\text{Kg}/\text{mm}^2$
Módulo de torsión	2700	$\text{Kg}/\text{mm}^2$
Coefficiente de Poisson	0.344	
Compresibilidad a 20°C	$1.4 \times 10^{-3}$	/ megabar

Las características mecánicas del aluminio varían mucho según la naturaleza de las impurezas y su porcentaje, así como la naturaleza de la deformación y del recocido final.

Para el aluminio refinado más puro de 99.999%, se ha hallado sobre hilo de 7.5 mm. recocido 113 horas a 130°C.

Carga de rotura	5.4	$\text{Kg}/\text{mm}^2$
Alargamiento	62	%.

La tabla siguiente da las cifras normalmente admitidas para el aluminio refinado y el aluminio ordinario en productos laminados comerciales.

Pureza de Metal %	Estado del metal	Carga de rotura (Kg/mm <sup>2</sup> )	Límite elástico (En 0.2%) (Kg/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento %	Dureza Brinell
99.997	Recocido	5	2	60	14
	Semiduro	8	6	18	24
	Duro	13	9	10	31
99.5	Recocido	8	4	42	20
	Semiduro	11	10	14	29
	Duro	18	15	5	47

#### Recocido del aluminio.

El recocido del ablandamiento del aluminio después de la deformación en frío se realiza más rápido y a temperatura más baja cuanto más puro es el aluminio.

- Para el aluminio de 99.5%, es necesario 1 hora a 215°C para obtener el recocido completo.
- El aluminio de 99.999% es completamente recocido en 10 minutos a 100°C;
- A 16°C conserva una velocidad de recocido notable y todavía se recuece lentamente a 0°C.

#### 2. Propiedades mecánicas en caliente.

Pueden darse las cifras siguientes:

---

 Aluminio 99.5% , laminado - recocido
 

---

Temperatura ( °C )	Carga de rotura (Kg/mm <sup>2</sup> )	Límite elástico (en 0.2%) (Kg/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (% )
150	6	3	55
200	4	2.5	65
250	3	1.5	75
300	2	1	80
350	1.5	0.7	85

---

## 3. Propiedades mecánicas a bajas temperaturas.

Pueden darse las siguientes cifras:

Metal	Temperatura ( °C )	Límite elástico (en 0.2%) ( Kg/mm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (Kg/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento to ( % )
Aluminio 1200 recocido	20	1.25	7	40
	-138	2	9.5	46
	-196	2.5	16	50
Aluminio 1200 deformado	20	7.5	8	22
	-138	8	11	32
	-196	10	16.5	43

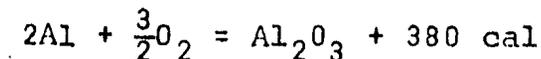
---

## PROPIEDADES QUIMICAS.

## 1. Reacción de oxidación.

El aluminio es un metal eminentemente oxidable; se forma en la superficie una capa de alúmina muy resistente a los

agentes químicos que protege el resto del metal.



En el oxígeno puro, la oxidación es muy viva.

Por calentamiento en aire seco, se llega a una oxidación más rápida; a 500°C.

Sobre aluminio de 99.99% la capa reciente de 0.01 micras alcanza 0.07 micras en 12 horas, para estabilizarse hacia 0.09 micras después de 48 horas.

Sobre aluminio de 99.5%, la capa de óxido alcanza 0.6 micras de espesor después de 250 horas a 500°C y continúa creciendo.

El aluminio es un reductor poderoso (altamente oxidable); se utiliza en la metalurgia de ciertos metales, como el cromo, o para soldar con hierro fundido (ALUMINOTERMIA), para lo cual se mezcla, por ejemplo, óxido de hierro y polvo de aluminio, provocando la reacción en un punto por medio de una cinta de magnesio.



El aluminio se oxida y reduce el óxido de hierro.

## 2. Acción de los metaloides sobre el aluminio.

El aluminio se combina en caliente con el cloro, el azufre, el carbono, el nitrógeno, el fósforo y el boro.

## 3. Acción de los ácidos sobre el aluminio.

El ácido clorhídrico es el único que ataca al aluminio puro. Los ácidos oxidantes como el ácido nítrico no tienen en frío acción alguna sobre él, pero en estado impuro todos los ácidos pueden atacarlo.

## 4. Acción de las bases sobre el aluminio.

Las bases alcalinas pueden disolver el aluminio en ca

liente formando un aluminato.

La alúmina tiene, por tanto, propiedades anfóteras.

## COMPORTAMIENTO DEL ALUMINIO EN DIFERENTES MEDIOS

### 1. Introducción.

Se llama "CORROSION" al deterioro más o menos completo y más o menos rápido de los materiales metálicos sometidos a la acción de un medio.

Se llama "OXIDACION" a todo fenómeno químico por el que un metal pierde uno o más electrones, pudiendo considerarse la corrosión como una oxidación. Por lo anterior, la oxidación, propiedad química característica de los metales puede ser definida en la práctica, como corrosión.

En todo fenómeno de corrosión hay, al menos en el origen, dos partes presentes, cada una de las cuales es más o menos compleja: el MATERIAL y el MEDIO.

La acción corrosiva del agua, oxígeno y dióxido de carbono sobre las superficies metálicas representa una enorme pérdida económica anual. La parte de un metal, que está en contacto con otro elemento, o tiene una impureza, o está bajo mayor presión que otra parte, tiene según se puede observar, un potencial de oxidación mayor que el resto.

Si una solución electrolítica, (formada cuando se disuelve en el agua, oxígeno y dióxido de carbono de la atmósfera), cubre el metal, se forma una pila galvánica.

Generalmente, el área del metal que es diferente del resto metálico funciona como un ánodo y se corroe.

La corrosión puede evitarse de varias maneras. Si una superficie metálica se protege de la acción del oxígeno atmosférico, dióxido de carbono y vapor de agua, la superficie no se corroe. Esto se puede lograr pintando la superficie o recubrién-

dola con películas anticorrosivas.

Algunos metales, en particular el aluminio, forman naturalmente una película de óxido muy delgada e impermeable, que da cierta protección contra la posterior acción química de la atmósfera, sin alterar sensiblemente las cualidades brillantes de la superficie. Industrialmente, se forma una película fuertemente protectora de óxido sobre el aluminio, utilizándolo como ánodo en una reacción electrolítica. Este producto es conocido como aluminio anodizado y es un material importante en la industria de la construcción. Además, la superficie de aluminio anodizado absorbe los colorantes con gran facilidad, por lo que se emplea en las industrias de ornamentación de automóviles y del hogar.

## 2. Modos de corrosión.

El proceso de ataque del material por parte del medio, puede ser químico o electroquímico.

### a) Corrosión química.

Proviene en todos los casos de la reacción química directa del metal y del medio ambiente. En ocasiones se llama "CORROSION SECA".

Abarca también la corrosión por líquidos no electrolíticos: líquidos orgánicos, ácidos, anhídridos, etc.

### b) Corrosión electroquímica.

Corresponde a los procesos en los que existe una corriente eléctrica, resultante de un desplazamiento de electrones de una parte del metal a otra y formación de zonas anódicas y catódicas.

Esta forma de corrosión se produce, de una forma general, cuando el medio corrosivo es un electrólito (solución de ácidos, de bases, de sales, corrosión atmosférica por el aire húmedo, agua natural, tierras, etc.)

### 3. Medios corrosivos.

#### a) Medio natural.

Es aquel medio en el que el hombre no interviene o interviene poco, en la medida en que no están contaminados estos medios. (medio atmosférico natural del monte, atmósfera marina, aguas naturales, tierras, etc.)

#### b) Medios artificiales.

Se entiende así, a aquél medio en el que interviene el hombre y comprenden todos los medios de la industria química.

#### c) Medios artificiales - naturales.

Corresponden a los medios naturales descritos anteriormente a los que se superponen los factores dependientes del hombre.

Los medios corrosivos "naturales" y "artificiales naturales" están sujetos a variaciones en el tiempo y en el espacio.

### 4. Formas de corrosión.

El deterioro ocasionado a los materiales por acción corrosiva de un medio puede ser benigno o grave, aceptable o no según el punto de vista o su situación. En el caso de materiales metálicos, puede ser de diferentes formas.

Resulta cómodo distinguir la "CORROSION UNIFORME" o generalizada de la "CORROSION POR ZONAS" o localizada.

a) En la "CORROSION UNIFORME", como por ejemplo, el ataque del aluminio por una solución de sosa, toda la superficie resulta afectada, y si el metal era inicialmente brillante, llega a ser regularmente mate. Naturalmente, se trata de una corrosión uniforme a escala macrográfica.

b) La "CORROSION POR ZONAS" o localizada puede tomar diferentes aspectos. La más corriente es la "corrosión por picaduras". Estas picaduras pueden ser más o menos importantes en cuanto a profundidad y diámetro y en valor relativo, esto es, la

relación del volumen del metal afectado y la totalidad del metal.

Las picaduras pueden ser visibles o intercristalinas.

En el caso de picaduras intercristalinas, la susceptibilidad de las juntas de granos al medio corrosivo es más importante que la del grano mismo; los granos son descarnados en cierto modo. Este tipo de corrosión es especialmente peligroso, porque la resistencia mecánica del material metálico puede ser debilitada, sin que deje entreverlo su aspecto exterior.

## 5. Corrosión electrolítica.

Es un efecto de contacto o acoplamiento entre dos materiales diferentes. Sabemos que todo metal M, de valencia n, introducido en una solución, tiende a emitir iones y cargarse negativamente.

La superficie metal-solución, constituida por una doble capa de iones metálicos equilibrados eléctricamente por los electrones, está en equilibrio eléctrico.

Si son evacuados los electrones que se encuentran sobre el metal M, se produce un desequilibrio eléctrico, los iones  $M^{n+}$  son liberados y el metal M se corroe.

Esto es lo que ocurre en general en todo fenómeno de corrosión electrolítica, que puede esquematizarse como se muestra en la fig. 2

## 6. Ensayos de corrosión.

Un "ensayo de corrosión" tiene por objeto, generalmente, el prever la resistencia en servicio de un material; igualmente puede efectuarse como criterio de una calidad de fabricación.

Generalmente en este último caso no tiene dificultad alguna; las piezas son sometidas a la acción de un medio corrosivo artificial y regular; debiendo soportar el ensayo sin presentar degradación o presentando un máximo determinado.

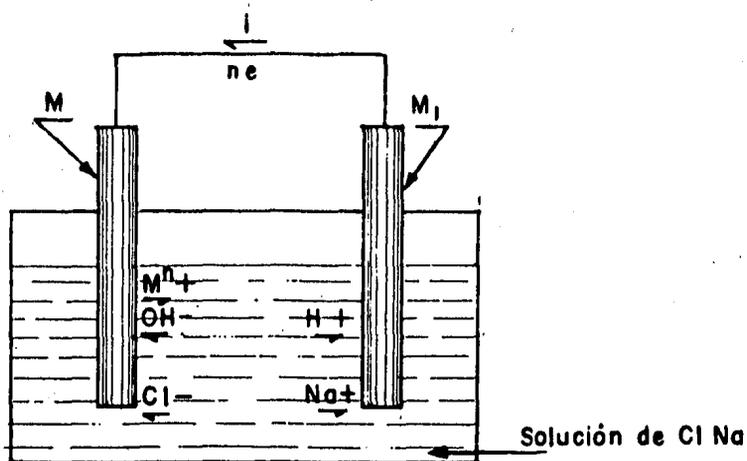


Fig. 2

Uno de los ensayos más difundidos para la prevención de la corrosión es el "ENSAYO A LA NIEBLA SALINA ARTIFICIAL" que en Francia ha sido objeto de una norma, la PN-X41-002 (correspondiente a la norma A.S.T.M.B 117-49T). La concentración de la solución salina utilizada es muy elevada (200 gr./lt de ClNa), lo que presenta ciertos inconvenientes.

La aceleración de la corrosividad se obtiene gracias a una temperatura relativamente elevada (35°C), y por una pulverización continua de la niebla.

Existen variantes; por ejemplo, una niebla que contiene cloruro sódico, cloruro cuproso y ácido acético, es capaz de dar informaciones interesantes sobre la protección de las aleaciones de aluminio por medio del "ANODIZADO" o por pinturas.

#### a) Ensayos de inmersión-emersión alternados.

Se efectúa en una solución que generalmente se compone de 3% de cloruro de sodio o en agua de mar artificial de PH 8-8.2, igual al PH medio del agua de mar (Norma A<sub>3</sub> de la aeronáutica). A menudo se adiciona agua oxigenada o ácido clorhídrico a la solución de 3% de cloruro de sodio.

Existen además otros ensayos como:

- ensayos de atmósfera industrial
- ensayos bajo tensión.

b) Ensayos de atmósfera industrial (Kesternich).

Con el desarrollo de los calentamientos con carbón y sobre todo con combustibles derivados del petróleo, que introducen en la atmósfera de las ciudades cantidades importantes de humos sulfurosos, han aparecido algunos ensayos llamados de atmósfera industrial, que utilizan una atmósfera cálida, húmeda y cargada de dióxido de azufre y dióxido de carbono.

c) Ensayo bajo tensión.

Se utilizan para el estudio de ciertas aleaciones, en donde, unas probetas están sometidas a un esfuerzo mecánico de tracción o flexión, y los tiempos de rotura permiten ver si los materiales son sensibles o no a la corrosión bajo tensión.

## UTILIZACION DEL ALUMINIO

El aluminio posee ciertas características y propiedades - por las cuales es utilizado en un sinnúmero de industrias y en diversas aplicaciones.

1. INDUSTRIA AERONAUTICA. La evolución del aluminio y la aeronáutica están íntimamente ligadas.

Se comenzó a utilizar en carters y en las estructuras de aviones. Posteriormente se construyó el avión J1, de alas medianas superpuestas totalmente de aluminio.

En estructuras; en los fuselajes, perfiles abiertos, ángulos y nervios de perfiles extruidos.

Para aleros de las alas mediante un tubo rectangular.

La arboladura y el chasis del tren de aterrizaje utilizando tubos extruidos.

El empleo de este metal aumentó rápidamente en los motores de aviación y en las hélices.

Con el fin de obtener mayores ventajas se practican interesantes técnicas como:

Matrizado

Forjado

Remachado oleoneumático

Soldadura eléctrica por puntos

Protección con anodizado

Mecanizado con ultrallaje

Conformado de perfiles; y

Ensayos de estructuras (de fatiga y estáticos).

Otra nueva técnica es la fabricación de revestimientos rígidos a base de nidos de abeja. Los paneles planos o curvos están constituidos por dos chapas separadas por un enrejado de nido de abeja; de estos dos paneles se hacen conjuntos que tienen una superficie muy plana y muy buena estabilidad. En las concentraciones de esfuerzos; utilizado también para la construcción de brazos de hélices de helicóptero.

2. INDUSTRIA AUTOMOTRIZ. Se ha utilizado en este medio desde la aparición del metal en la industria, en diversas aplicaciones como:

Carters de manivela de triciclo moldeado en aluminio - cobre.

Partes para la construcción de carrocerías, llegando después a fabricarse totalmente de aluminio.

Encontramos que su utilización sustituye a muchos otros materiales por sus grandes propiedades y gracias a varios experimentos.

Se fabrican bloques cilíndricos en lugar de hierro fundido desde el punto de vista del peso y aprovechar la mayor conductividad térmica del aluminio elevando los índices de compresión.

3. VEHICULOS INDUSTRIALES. Se comienza a utilizar desde 1937 para la construcción de armazones residentes de carrocerías industriales, que llevan además, en su mayoría, revestimientos con tableros de aluminio.

Se construyó un camión que se componía en casi todas sus piezas de resistencia como: bastidor, manos de ballestas, puentes, carters, tambores de frenos, de aluminio, al igual que la carrocería. Había dificultades de realización debido a la escasa posibilidad de soldadura de oxiacetileno; posteriormente la aparición de la soldadura de arco en atmósfera de argón hizo posible realizar todas las soldaduras y a su vez la técnica de fabricación de cisternas rodantes.

Aparecen otros vehículos llamados trailers, en donde aproximadamente el 50% están contruídos de aluminio.

Se incrementa su uso en:

Piezas de motor.- pistones, culatas, carters, colectores de admisión.

Organos de transmisión.- embragues, cajas de velocidades y puente trasero.

Organos de rodamiento y de frenado.- portallantas, zapatas de frenos y cubos.

En todas estas piezas puede obtenerse una reducción en peso del 50% como mínimo.

Otras aplicaciones se dan en carrocerías de vehículos públicos, bicicletas y motocicletas.

4. INDUSTRIA DEL FERROCARRIL. Esta industria también se interesó por la aplicación del metal por su ligereza, por la resistencia a la corrosión, facilidad de conservación y su aspecto decorativo para la construcción de locomotoras en: vagones, coches de viajes, vagones-cisterna para transporte de productos químicos, autovías para disminuir el peso, ya que se deseaban vehículos rápidos, tranvías y metros con la misma finalidad.

Al disponer de aleaciones normalizadas, dotadas de altas características mecánicas, se han obtenido aspectos importantes por aligeramientos considerables; se han alcanzado principios bien definidos elaborados en todos los países productores de aluminio sobre la elección de sus aleaciones y técnicas en servicio.

5. INDUSTRIA MARITIMA. Se comenzó a utilizar con el fin de obtener ligereza y con ésto un incremento de velocidad. Después de muchos estudios se generalizó la utilización de aleaciones con 6% de cobre por las propiedades que éste tiene, aprovechando el bajo módulo de elasticidad.

Se fabricaron lanchas de salvamento, torpederos, aislamientos térmicos, ornamentación, etc.

Posteriormente se intensificó notablemente su uso en superestructuras, timonería, mamparas y ventilación. También en todo tipo de buques, barcos de pesca y carga, petroleros, de recreo y fluviales.

Existen otras razones que justifican su uso como: capacidad de pasajeros, seguridad y confort, alta velocidad, gran estabilidad, facilidad de maniobra de los accesorios, buena conservación de flete, rendimiento de las máquinas térmicas, economía en instalaciones eléctricas, costo y mantenimiento de piezas de herraje, entre muchos otros más.

6. INDUSTRIA MECANICA Y OTRAS. La utilización de aluminio se debió principalmente al hecho de reducir el peso para el aumento de velocidad de las máquinas, reducción de los ciclos de trabajo y mejora de rendimiento.

Se fabricaron bielas moldeadas y forjadas, correderas, bridas y poleas de los variadores de velocidad de disco, en tornos automáticos se utilizaron platos de presión y de cajas de herramientas por su baja densidad. En cárters, mesillas, puertas de inspección, cajas de mecanismos y máquinas - herramientas. En

algunos accesorios como: reductores de velocidad de tornillo - sinfín, piñones, volantes de maniobra, rodamientos de bolas o - rodillos, anillos contretes y casquillos.

En controles de mando automáticos como: cilindros rotati--vos, gatos, distribuidores y válvulas. Igualmente en herramien--tas manuales y portátiles como: llaves, reglas y escuadras mol--deadas, niveles de burbuja, rodillos para pintar, tornillos, - perforadoras; en herramientas para jardín como: carretillas, - bombas, bridas, etc.; en toda clase de artículos de ferretería como: armellas, perchas, chapas, picaportes; artículos de fumis--tería en general.

También se emplea para la producción de clavos, tornille--ría, remaches, agujas, ganchos, cadenas, alambres, clavijas, - grapas cuando se desean fijaciones no corrosivas, uniones homo--géneas y cuando se desea mejorar el aspecto.

En artículos de cocina en general; en aparatos electrodo--mésticos se ha desarrollado ampliamente para fabricación de fri--goríficos y lavadoras principalmente, evaporadores, aspiradoras, planchas, ventiladores, cafeteras, batidoras, aparatos de cale--facción, etc.

En artículos de menaje.

7. INDUSTRIA TEXTIL. Su utilización ha sido intensa para la fabricación de accesorios de acondicionamiento y manejo de - hilos, así como la elaboración de fibras artificiales; por la - facilidad de ser colado y mecanizado, por su buena resistencia a los agentes químicos, su ligereza y aspecto, entre otras.

Para máquinas textiles en:

Cardadoras: cebadoras de cilindros, batientes y recipien--tes.

Peinadoras: peines, rodillos de arrastre, bocas y recipien--tes.

Hiladoras: bancos de hilar, husos, frenos, pantallas se--

paradoras, brazos y apoyos de los carros.

También se emplean en telares y accesorios, en instalaciones de climatización y humidificación, en cámaras de blanqueado, tintura y estampado; así como las instalaciones para la evacuación de gases o vapores.

8. INDUSTRIA ELECTRICA. Su empleo en esta rama es con el fin de obtener mayor durabilidad, resistencia mecánica, resistencia a fuertes sobrecargas, alcanzar mayores distancias, obtener ligereza y una importante economía en el precio de las líneas.

Se fabrican cables, aisladores suspendidos, pinzas de suspensión y anclaje, abrazaderas, mangos cónicos para cables o uniones, cables aislados, bobinas, condensadores, intercambiadores de calor, etc.

Se construyen líneas de transporte de alta y baja tensión, líneas de tracción y telecomunicación y redes subterráneas.

De la misma forma se emplean en equipos electroquímicos y electrometalúrgicos; se comienzan a utilizar barras de conexión.

Se extiende su uso a centrales eléctricas, centrales de transformación, distribuciones industriales y canalizaciones prefabricadas de inmuebles y de talleres.

En industrias como: la imprenta, fotografía, cinematografía, óptica, orfebrería, bisutería, etc. también utilizan este metal en gran escala.

## CAPITULO 2

## TEORIA DEL ANODIZADO

## FORMACION DE LA CAPA ANODICA

Al contacto con el aire el aluminio y sus aleaciones se recubren de una capa fina y porosa de óxido de aluminio de un espesor de 0.4 - 0.5 micras que constituye en sí una protección natural del metal contra la acción de agentes atmosféricos.

El empleo de métodos de protección como el barnizado, pintado o electrodeposición es más difícil para el aluminio, por lo que se hace necesario producir sobre su superficie gruesas películas de óxido. Existen varias formas de aumentar estas capas, calentando el metal al aire o en presencia de oxígeno, tratándolo con agentes oxidantes o por tratamiento electro-lítico.

Con el tratamiento electrolítico es posible producir películas de óxido de un espesor de 0.1 - 100 micras, ya que además de proteger contra la corrosión e influir favorablemente sobre ciertas propiedades mecánicas, eléctricas y fisicoquímicas del metal, mejora sus características según la composición del electrolito y del grado de reactividad de la película de óxido que se forma durante el tratamiento.

De los métodos de protección mencionados y el más utilizado y al cual nos avocaremos es el de "LA OXIDACION ANODICA".

La oxidación anódica debe su nombre a que las piezas a tratar actúan anódicamente y como cátodo elementos inatacables de los cuales se observa un desprendimiento de hidrógeno y de oxígeno procedente de la disociación electrolítica del agua, -

oxidando el aluminio del ánodo.

En el anodizado comercial se utilizan electrolitos capaces de disolver la película de alúmina y obtener capas gruesas de óxido, capaces de proteger el metal contra diferentes grados de corrosión.

La formación de la capa de óxido sobre la superficie del metal es el resultado de un tratamiento anódico basado en la presencia de dos capas; esto es, existe una capa de aproximadamente 0.01 - 0.1 micras en contacto directo con el metal; y se encuentra otra, que llega a medir hasta 100 o más micras, muy porosa e hidratada. La formación de la primera capa se lleva a cabo por rotura eléctrica de la película por muchos puntos, pasando por ellos iones de oxígeno, dando lugar a óxido de aluminio; una vez formada ésta, se inicia el ataque de la superficie por el electrolito, iniciándose la formación de una capa hidratada más gruesa por la penetración del electrolito a través de los poros, que ataca la película delgada, sometiéndose a un continuo ataque que la disuelve y volviéndose a formar conservando su finura. El grueso de la capa porosa aumenta por el proceso de oxidación. Los poros adoptan la forma de un cono truncado, con la base mayor por el lado del electrolito en donde sus paredes son hidratadas.

#### CRECIMIENTO DE LA CAPA DE OXIDO.

Según Tomashow, el crecimiento de la capa de óxido está limitada por el aumento de la temperatura del electrolito, siendo este efecto más intenso en la base de los poros, donde el intercambio de calor es más difícil. Al inicio del proceso, el crecimiento de la capa de óxido es posible al disolverse la delgada capa natural en el electrolito; cuando se han alcanzado ciertos espesores por efecto de la formación de líneas de corriente, la capa se destruye. La concentración de ácido y el aumento de

la densidad de corriente por los poros origina la ruptura de la capa, pero después limita el espesor que pueda alcanzarse (Fig. 3).

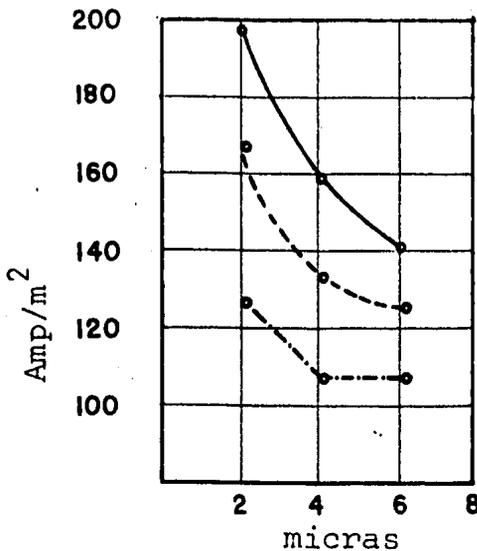


Fig. 3

Relación entre el espesor de la capa de óxido alcanzable por anodizado de aluminio, la concentración de ácido y densidad de corriente.

1. 2N Acido sulfúrico ( 96 gr/l)
2. 4N Acido sulfúrico (196 gr/l)
3. 6N Acido sulfúrico (294 gr/l)

#### PROPIEDADES DE LA CAPA DE OXIDO

Las capas de óxido, formadas en la superficie del aluminio varían en su composición y estructura según el electrolito y las condiciones de trabajo. Entre sus propiedades tenemos:

a) Porosidad: Elemento importante que afecta la resistencia a la abrasión, a los agentes químicos, al coloreado y al sellado.

b) Adherencia: Las películas de óxido no plantean ninguna dificultad en cuanto a adherencia, ya que hacen cuerpo con el metal, sin embargo existen casos en los que se presentan grietas o escamas y otros en los que hay desprendimientos de la película ocasionado por dejar las piezas mucho tiempo en el electrolito sin corriente después de anodizada.

c) Aspecto: Este dependerá de la naturaleza del metal, - del procedimiento utilizado y de la preparación del objeto a - anodizar (desengrasado, decapado, satinado, arenado para aspectos mate, pulido mecánico o abrillantado químico).

#### 1. PROPIEDADES MECANICAS.

a) Dureza: la dureza obtenida en el anodizado es parecida a la del corindón (alúmina cristalizada).

A continuación se muestra una tabla que detalla la dureza de diferentes materiales.

Tabla 1.

MATERIALES	MICRODUREZA (Kg / mm <sup>2</sup> )
Corindón .....	2.0
Película de óxido sobre aluminio puro	1.5
Hierro - Acero templado .....	1.1
Hierro - Acero templado y revenido a 300°C .....	642
Película de óxido sobre aluminio de pureza comercial .....	600
Herramienta de acero .....	364
Película de óxido con 1.9% de cobre, 1.8% de magnesio, 1.5% de níquel, - 1.6% de hierro y 0.1% de titanio...	350
Acero con 17% de cromo .....	321
Fundición de aluminio .....	30

La presencia de silicio, cobre y otros metales de aleación, disminuye la dureza de la película. La mayor dureza se presenta en la película adjunta al metal, ya que ésta varía en sentido inverso a la porosidad.

b) Fragilidad en relación con su elasticidad:

La película de óxido queda fuertemente unida al metal, - tiene una gran fragilidad y se resquebraja fácilmente al doblarlo.

La elasticidad máxima de la capa se obtiene con un electrolito de ácido crómico, mientras que con un electrolito de ácido sulfúrico se obtienen capas frágiles dado que son delgadas.

La elasticidad de la capa aumenta con la temperatura del - baño y disminuye al aumentar la densidad de corriente.

c) Resistencia al desgaste: Posee una gran resistencia al desgaste. Cuando se lubrica la capa de óxido absorbe y re-- tiene el lubricante en sus poros por lo que mejora el coeficiente de rozamiento de la superficie. Con ácido sulfúrico a baja temperatura las capas son más duras y delgadas por lo que son - menos resistentes a la erosión.

d) Resistencia a la fatiga: No siempre aumenta la resistencia a la fatiga al anodizar cualquier aleación de aluminio; con electrolito de ácido sulfúrico, existe una reducción de la resistencia a la fatiga cuanto más gruesa es la capa de óxido.

Si se anodiza con ácido crómico, la capa es más delgada, - elástica y de superficie lisa; lo cual la hace resistente a la fatiga.

## 2. PROPIEDADES QUIMICAS.

a) Resistencia a la corrosión: El efecto protector de anodizado depende del espesor y continuidad de la capa de óxido.

La mejor protección se obtiene con capas de óxido en un metal puro, ya que la presencia de aleaciones, sobre las que no - se forma la capa de óxido, disminuye la resistencia a la corro-

si3n, adem3s, la resistencia aumenta con el tiempo de anodizado, es decir, con el espesor de la capa.

Con 3cido sulf3rico, la resistencia a la corrosi3n es excelente cuando la capa aumenta de 5 a 12 micras, pero si aumenta a 18 micras los efectos son contrarios. La temperatura 3ptima tiene un rango entre 15 y 20°C, ya que a temperaturas m3s altas aumenta la velocidad de disoluci3n del 3xido y la porosidad.

Otros factores que influyen en la resistencia a la corrosi3n son: la concentraci3n del electrolito, la densidad de corriente, la velocidad con la que se forma la capa de 3xido del metal y la velocidad de disoluci3n del 3cido formado por el electrolito, la continuidad de la capa y el estado superficial.

### 3. PROPIEDADES DIELECTRICAS.

La conductibilidad el3ctrica y las p3rdidas diel3ctricas de la pel3cula de 3xido se deben al agua; la humedad atmosf3rica es un factor desfavorable a las propiedades aislantes de la pel3cula cuando 3sta es absorbida por los poros.

Esta propiedad natural se mejora llenando los poros con materiales org3nicos, adem3s de mantenerse estables. Cuando las capas de 3xido son demasiado gruesas pierden propiedades diel3ctricas.

En las figuras 4 y 5 y en la tabla 2 se muestran relaciones entre el voltaje de ruptura de la capa y el tiempo de anodizado con c.c. y c.a., con una densidad de 30 A / dm<sup>2</sup>.

FIG. 3-3 COR. CONT.

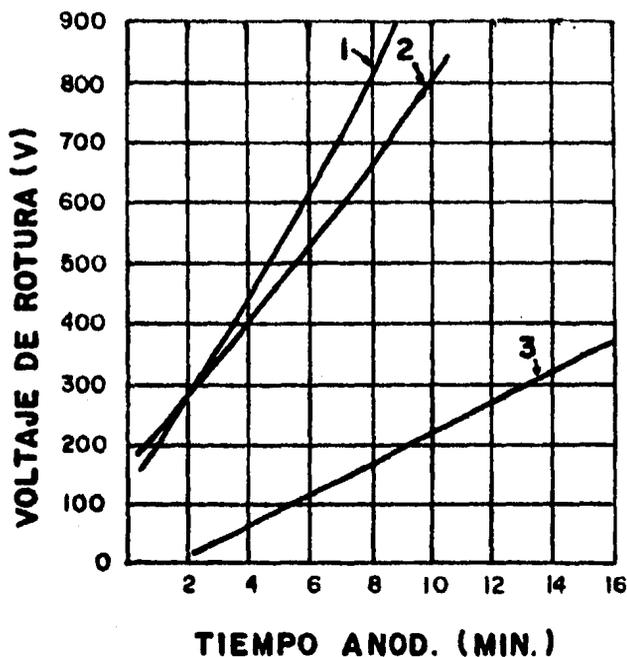
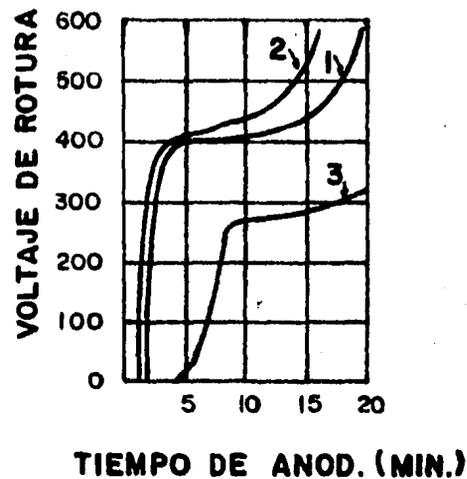


FIG. 3-4 C. A.



ELECTROLITO	CORRIENTE	VOLTAJE (Volts)	CARACTERISTICAS
1. 2% Acido Oxálico	c.c.	100 - 150	Mayor resistencia a la ruptura por voltaje; con electrolito de ácido crómico tiene menor resistencia.
2. 2% Acido Sulfúrico	c.c.	60 - 80	
3. 2% Acido Crómico	c.c.	100 - 140	
1. 2% Acido Oxálico	c.a.	100 - 150	Menor resistencia a la ruptura por voltaje; - con el electrolito de Acido crómico se obtiene aún menor resistencia.
2. 2% Acido Sulfúrico	c.a.	60 - 80	
3. 2% Acido Crómico	c.a.	100 - 140	

## 4. PROPIEDADES TERMICAS.

## a) Temperatura de fusión.

La temperatura de fusión de la capa de alúmina es de - - 2050°C. La alúmina hidratada empieza a perder el agua de cristalización a partir de los 350°C.

## b) Calor específico.

Según el intervalo de temperatura, los valores medios son:

De 20 a 100°C	0.200 micras c/g
de 20 a 500°C	0.233 micras c/g
de 20 a 1000°C	0.244 micras c/g

## c) Coeficiente de dilatación.

Con una elevación de temperatura del orden de 100°C en un anodizado ordinario, la diferencia de dilatación entre la capa y su soporte provocan el agrietamiento de la capa. Ciertas capas duras y gruesas se resquebrajan en un baño de agua desde los 70°C.

## d) Conductibilidad térmica.

La conductibilidad de una capa de alúmina es de 10 a 30 - veces más pequeña que la del aluminio, y si el espesor del aluminio es mucho mayor que la capa, no existe prácticamente diferencia de conductibilidad térmica entre aluminio anodizado y - no anodizado.

## e) Poder emisor.

En cuanto a su poder emisor tenemos la tabla siguiente:

## PODER EMISOR DE LA PELICULA DE OXIDO

ESTADO DE SUPERFICIE	PODER EMISOR (micras c/m <sup>2</sup> .h.°K )
Pulido	0.2 - 0.3
Decapado	0.3 - 0.4
Laminado brillante	0.25 - 0.35
Laminado mate	0.4 - 0.75
Colado en coquilla	0.75 - 1.2
Colado en arena	1.2 - 1.7
Anodizado (según espesor de la capa)	1.8 - 4.3
Cuerpo negro	4.9

## 5. PROPIEDADES OPTICAS.

## a) Poder reflejante.

La capa de óxido reduce el poder reflejante, ya que puede absorber ciertas radiaciones; además se ve reducido por las impurezas del aluminio.

## ELECTROLITOS DE ANODIZADO

El empleo que se ha hecho del aluminio anodizado ha llevado a la demostración de que los electrolitos más adecuados para este proceso son a base de ácido sulfúrico, crómico y oxálico.

El anodizado más conveniente será aquel que nos proporcione las características adecuadas a nuestras necesidades.

### 1. ANODIZADO CON ACIDO SULFURICO.

Este procedimiento es el más utilizado universalmente debido a sus condiciones económicas de explotación y a los resultados satisfactorios que se obtienen.

Un buen anodizado consiste en mantener la relación de los parámetros de tratamiento de tal forma que la velocidad de oxidación ( $V_o$ ) se conserve siempre por encima de la velocidad de disolución ( $V_s$ ), es decir;

- Para anodizado:  $V_o$  será mayor a  $V_s$ .
- Para abrillantado:  $V_o$  será diferente a  $V_s$ .
- Para decapado electrolítico:  $V_o$  será menor a  $V_s$ .

#### a) Condiciones de operación.

##### ° Concentración:

Con un electrolito de 15-20% provoca:

- Capas más porosas
- Gran capacidad de adsorción
- Incremento de la elasticidad de las capas
- Un aumento de la solubilidad del aluminio, por lo que se requiere una mayor frecuencia de la regeneración y mantenimiento del baño.
- Capas no menores de 140 - 200 micras.
- Protección contra la corrosión.

° Temperatura.

La temperatura más adecuada oscila entre 15 y 20°C con enfriamiento de la solución.

Para películas de 100 - 200 micras se baja de 1 - 30°C.

Para películas delgadas de 20 a 50°C.

° Densidad de corriente.

Depende de las condiciones del anodizado y de las aleaciones que se traten, ya que la densidad de corriente es la que condiciona más directamente la velocidad del anodizado. El espesor es directamente proporcional a la cantidad de corriente suministrada (A/hr).

Es necesario cuidar la distribución en las piezas a anodizar permitiendo un buen paso sin calentamiento, ni caídas de tensión; deben escogerse lugares poco visibles para el contacto ya que estas partes no se oxidan.

° Tiempo.

La duración del anodizado depende del espesor de la capa que se desee obtener y de su utilización:

- Para decoración; capas de 5 - 10 micras con un tiempo de 10 a 20 min.
- Para protección contra la intemperie en condiciones medias; capas de 10 - 15 micras con un tiempo de 30 a 40 min.
- De 40 - 60 min. para capas de 15 - 25 micras, utilizadas para protección contra la intemperie severa y la resistencia al desgaste.

° Agitado.

Es necesario tener una buena agitación del baño, mediante la acción de aire comprimido o a presión.

La cantidad de aire debe ser de  $10 - 15 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  de superficie exterior de la tina, éste es un agitado para no producir dificultades en relación de las calorías que se producen.

b) Condiciones de trabajo.

Para el anodizado del aluminio y sus aleaciones, se emplean corriente continua o corriente alterna de acuerdo a las siguientes composiciones y condiciones de trabajo.

° Corriente continua (C.C.)

- Composición de la solución:

Por 1 lt. de agua/de 180 - 200 gr. de ácido sulfúrico.

- Condiciones de trabajo:

temperatura	15 - 23 °C
corriente	1 - 2.5 A/dm <sup>2</sup>
voltaje	11 - 28 volts
tiempo	20 - 25 min
agitado	15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>
refrigeración	buena

° Corriente alterna (C.A.)

- Composición de la solución:

Por 1 lt. de agua/de 125 - 130 gr. de ácido sulfúrico.

- Condiciones de trabajo para material de revestimiento:

temperatura	13 - 25 °C
corriente	1.7 - 2.7 A/dm <sup>2</sup>
voltaje	21 - 28 volts
tiempo	40 - 50 min.

- Condiciones de trabajo para aleaciones comerciales:

temperatura	13 - 25 °C
corriente	1.5 - 2.0 A/dm <sup>2</sup>
voltaje	19 - 26 volts
tiempo	30 - 40 min.

° Condiciones de trabajo para diferentes aleaciones:

- Aluminio y duraluminio revestidos:

corriente	1.5	-	2.0	A/dm <sup>2</sup>
voltaje	12	-	13	volts
tiempo	50			min. para secado
	30	-	40	min. para sellado

- Siluminio y duraluminio desnudos:

corriente	1.5	-	2.0	A/dm <sup>2</sup>
voltaje	13	-	14	volts
tiempo	50			min. para secado
	30	-	40	min. para sellado

- Con alto contenido de magnesio:

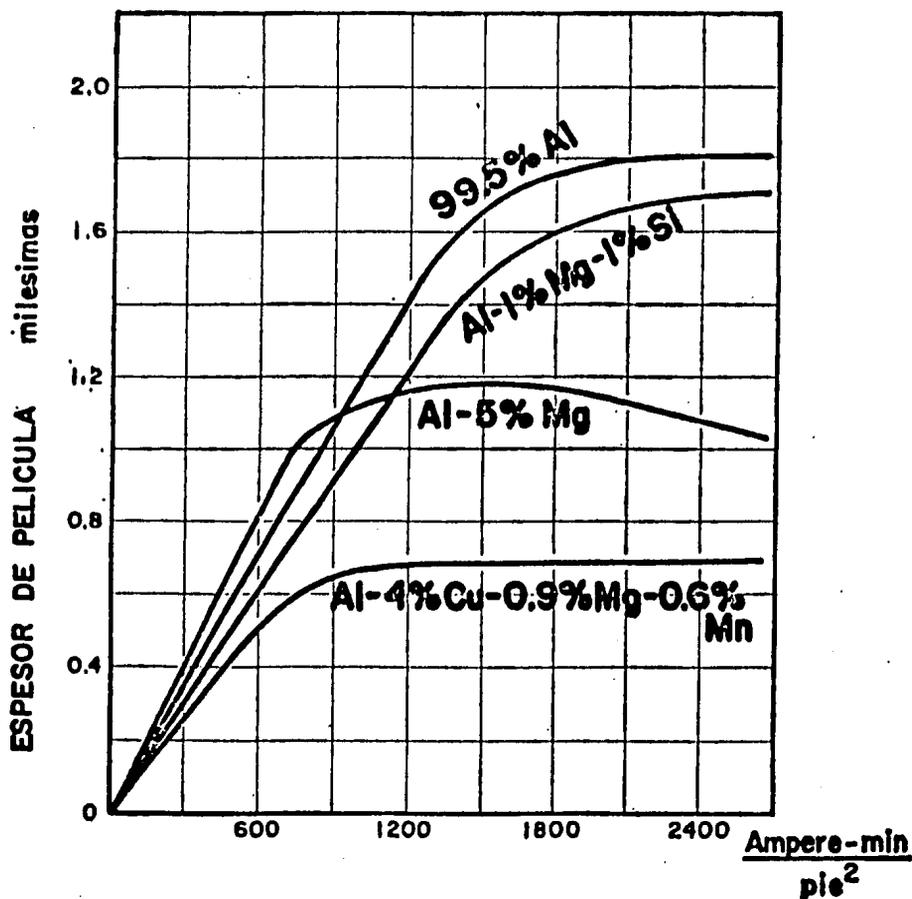
corriente	1.5	-	2.0	A/dm <sup>2</sup>
voltaje	10	-	12	volts
tiempo	20	-	30	min.

- Fundidas con alto contenido de cobre y duraluminio:

corriente	1.5	-	2.0	A/dm <sup>2</sup>
voltaje	15	-	17	volts
tiempo	30	-	70	min.

- Siluminio

corriente	1.5	-	2.0	A/dm <sup>2</sup>
voltaje	12	-	28	volts
tiempo	40	-	50	min.



## COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS ALEACIONES COMERCIALES EN EL ANODIZADO EN ACIDO SULFURICO

Para anodizado por métodos acelerados, según el Instituto de Físico-Química de la Academia de Ciencias de Rusia tenemos:

- Condiciones de trabajo:

temperatura  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

corriente  $2 \pm 0.2 \text{ A/dm}^2$

tiempo 10 min.

voltaje Para material de revestimiento se -  
aumenta hasta 12.5 volts durante -  
los 2 primeros minutos.

Para aleaciones de Aluminio - Magnesio el voltaje se aumenta hasta 7.5 volts durante los primeros 2 minutos.

Si se anodizan aleaciones de aluminio con cobre, empleando corriente alterna, se acumula cobre en la solución, provocando el ataque del óxido formado; para evitar que esto suceda se le agregan de 2-3 gr/lt. de ácido crómico.

El límite de cobre disuelto en el baño es de 0.3-0.4 gr/lt.

El mínimo de cromo a utilizar es de 40 gr/lt.

Para poder mantener una buena calidad en el anodizado es necesario vigilar la concentración adecuada en la solución.

Con el anodizado se disuelven aluminio y metales de las aleaciones por lo que la concentración de ácido sulfúrico disminuye, y se acumulan aluminio, cobre y fierro.

Si la solución contiene 0.02 gr/lt. de cobre, aparecen rayas oscuras y manchas en la capa de óxido. Si se acumulan 5 gr/lt. de hierro, la calidad del acabado es inferior. No debe contener más de 25 gr/lt. de aluminio. Por lo tanto se llevará un control de las concentraciones de la solución; a continuación mencionamos una manera de hacerlo.

Se revisa la concentración del ácido sulfúrico siguiendo la determinación del contenido de aluminio por análisis químico. El cobre se elimina haciendo pasar corriente catódica continua de 0.1 - 0.2 A/dm<sup>2</sup> empleando electrodos de plomo. Para eliminar el aluminio se calienta la solución entre 50 y 60°C y se añaden a esta solución 2.2 - 3 gr. de sulfato amónico, enfriándolo durante 8 - 10 hrs. Este método tiene su limitación en la industria.

El cobre, magnesio y el zinc tienen un gran campo de solubilidad en el aluminio.

El cobre proporciona capas protectoras y duras a bajas temperaturas.

El magnesio proporciona un brillo por abrillantado químico o electrolítico que no desaparece con el anodizado.

El silicio da una capa de tono gris sucio.

El manganeso tiende a dar a la capa un tono tostado.

Existen, para el anodizado comercial purezas que se han -- creado entre 99.5 y 99.99% conteniendo silicio y fierro que difieren mucho de las purezas entre 99.85 y 99.99%.

c) Propiedades de las capas de óxido en medio sulfúrico.

° Aspecto

Para aluminio de alta pureza (99.99%) las capas son transparentes.

° Dureza

La dureza de las capas de alúmina varía en sentido inverso a su porosidad, desde la parte exterior, donde es pequeña, hacia el plano metal óxido, donde es más elevada. Disminuyendo la porosidad se obtienen capas duras

° Flexibilidad

Mientras más dura sea la capa, menos flexible será.

° Resistencia eléctrica.

La alúmina es un aislante de alta calidad, depende de la porosidad y es afectada por la presencia de impurezas.

° Resistencia química.

La capa de alúmina protege el metal contra la acción de numerosos medios. No obstante, aunque posee un alto poder absorbente, éste desaparece mediante un buen sellado.

DIFICULTADES AL ANODIZAR EN MEDIO SULFURICO Y FORMAS DE SOLUCIONARLAS.

(Anodizado con C.C.)

DEFECTO	CAUSA	SOLUCION
1. Manchas de sulfuro de aluminio coloreadas finamente.	Falso contacto entre piezas y racks.	Mejorar contactos
2. Zonas de la capa - endebles.	Sobrecalentamiento de la solución.	Enfriar la solución. Equipar o mejorar el agitado - del baño.
3. Baja resistencia a la corrosión.	Baja densidad de corriente. Tiempo de anodizado bajo.	Aumentar la corriente. Aumentar el tiempo.
4. Ausencia de capa - en zonas de las piezas.	Falso contacto pieza-rack. Solución de composición incorrecta.	Mejorar contacto. Corregir composición de solución.
5. Manchas negras y - ataque del metal.	Presencia de cloruros en el baño. Aumento de temperatura sobre 30°C.	Enfriar la solución. Tratarla con falsos ánodos para enfriarla.
6. Rayaduras coloreadas.	Falso contacto entre pieza-rack y entre rack - barra anódica.	Mejorar los contactos lijándolos y limpiándolos meticulosamente.
7. Depósitos pulverulentos y grises sobre las piezas.	Presencia de productos corrosivos sobre las piezas - antes de entrar en el baño.	Mejorar la limpieza de las piezas - antes del tratamiento.
8. Capa de óxido frágil.	Temperatura del baño por debajo de los 15°C.	Calentar de 15-20°C.
9. Capa de óxido atacada.	Temperatura del baño superior a 30°C. Tiempo de anodizado excesivo.	Enfriar de 15-20°C. Mejorar la agitación. Acortar el tiempo de anodizado.
10. Ataque a la capa de óxido después del anodizado.	El ácido no queda completamente eliminado con el lavado posterior.	Mejorar rociado o baño.

## ANODIZADO (Anodizado con C.A.)

DEFECTO	CAUSA	SOLUCION
11. Coloreado verde so de la capa.	Presencia de cobre que impurifica la solución.	Anodizar con C.C. y eliminar el co- bre.
12. Rayaduras grisá ceas con baño recién preparado.	Presencia de meta les extraños en - solución.	Electrodepositar- los con C.C.

## 2. ANODIZADO MEDIANTE ACIDO CROMICO.

Es un procedimiento originario de Inglaterra y ha adquirido importancia en su desarrollo, pero con menor grado que el de ácido sulfúrico, siendo utilizado con gran porcentaje en la industria aeronáutica.

## a) Condiciones de operación.

## ° Concentración.

El electrolito está constituido de un 2 - 5% de anhídrido crómico cristalizado en agua destilada.

## ° Temperatura.

Varía de 38 - 42°C para piezas laminadas y forjadas, y - 30°C para piezas moldeadas.

La escala de regulación de temperatura debe ser tal que se pueda conseguir un equilibrio normal entre la oxidación y la disolución.

## ° Voltaje.

## - Procedimiento con voltaje variable.

Para 0.3 - 0.4 A/dm<sup>2</sup> es de 40 volts. No deben aplicarse desde el principio, debido a que se corre el riesgo de una demanda de corriente muy elevada que no soportaría el generador, ya -

que el ciclo dura 40 min.; 10 min. serán de aumento progresivo, 20 min. manteniéndose a 40 volts y los 10 min. restantes de elevación hasta 50 volts.

- Procedimiento con voltaje constante.

Con un contenido de 5-10% de ácido crómico no es necesario variar el voltaje, sino mantenerlo desde un principio a 40 volts; esto permite reducir la duración del tratamiento, disminuye la corriente hasta obtener un espesor de la película en el momento en que la velocidad de oxidación iguala a la de disolución. Las capas pueden ser coloreadas y colmatadas. Se obtienen coloraciones opacas parecidas al esmalte; de poca resistencia a la abrasión.

o Regeneración.

Esto implica mantener una concentración de ácido crómico libre, esto es, próximo al 3%; cuando el contenido de ácido crómico total (ácido libre más ácido combinado con aluminio) - llega al 10%, el baño debe sustituirse total o parcialmente.

o Aspecto.

Las superficies obtenidas por este procedimiento son opacas y de color gris:

- Para el aluminio puro, tendremos gris claro.
- Para las aleaciones ricas en silicio, se obtendrán tonos gris obscuro. Estas capas son poco porosas, con un espesor de 2-5 micras, son flexibles, tienen alta resistencia química, mayor a la obtenida en medio sulfúrico y con un espesor igual.

b) Condiciones de trabajo.

- Método normal.

Concentración: 30 gr. de ácido crómico/lt. agua  
 Corriente: 0.2-0.3 A/dm<sup>2</sup> para aluminio puro.  
 0.3-0.7 A/dm<sup>2</sup> para aleaciones.

Temperatura: Variable 88-92°C  
 Tiempo: 60 min.  
 Voltaje: Aumentar gradualmente de 0-40 volts en los primeros 15 minutos, manteniéndose así 35 min., aumentando a 50 volts en los 5 min. siguientes.

- Método rápido.

Concentración: 95-100 gr. de ácido crómico/lt. agua  
 Corriente: 0.3-0.4 A/dm<sup>2</sup>  
 Temperatura: Varía de 35-39°C  
 Tiempo: 30 min.

Ya que la calidad del acabado depende de la concentración de ácido crómico para asegurar el acabado deseado, se deben cuidar dos aspectos:

- La conductibilidad eléctrica.

Cuando el anodizado se efectúa con una concentración del 3% de ácido crómico, la conductibilidad debe ser de 0.06 - 0.04 s/cm. para el proceso normal. En los procesos acelerados será de 0.20-0.24 s/cm.

- La acidez del baño (ph).

El ph de la solución se determina con un electrodo de vidrio. Utilizando solución de ácido crómico al 3%, el ph debe ser 0.6-0.8 y en el proceso acelerado de 0.45-1.5.

La concentración de ácido crómico se determina mediante la siguiente gráfica:

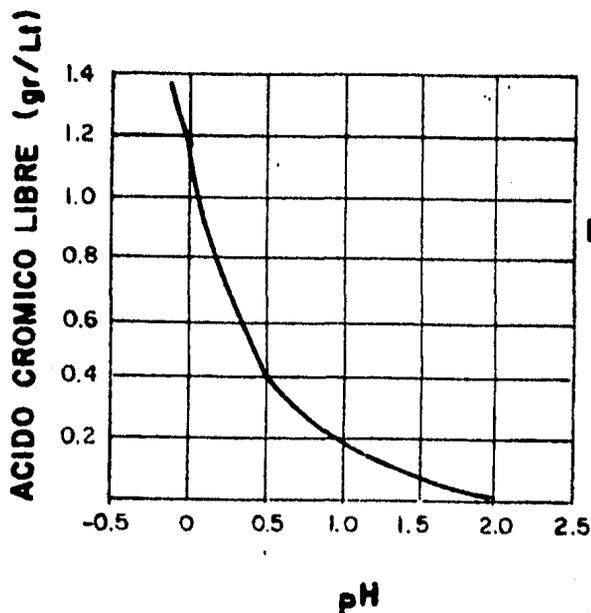


FIG. No. 6

pH Vs. CONCENTRACION DE ACIDO CROMICO.

Con un electrolito de 9.5% de ácido crómico el consumo correspondiente es de 0.3 gr. de ácido crómico.

DIFICULTADES AL ANODIZAR CON ACIDO CROMICO Y FORMAS DE SOLUCIONARLAS.

DEFECTO	CAUSA	SOLUCION
1. Mordentado de la capa de óxido.	Baja concentración de ácido crómico en la solución.	Corregir la solución.
	Baja calidad del metal anodizado. Distribución poco uniforme del cobre en la aleación.	Repetir el tratamiento térmico para una mejor difusión de las aleaciones.
2. Ataque de la superficie o manchas finamente coloreadas	Falso contacto entre rack y pieza o entre rack y barra anódica.	Mejorar los contactos.
	Corto circuito o semicorto entre piezas y cátodos.	Eliminar el corto.
3. La calidad de la capa es pobre.	Falso contacto entre barra anódica - rack - pieza.	Mejorar contactos lijándolos y limpiándolos.
	Condiciones de trabajo inadecuadas.	Controlar y comprobar dichas condiciones.

## 3. ANODIZADO CON ACIDO OXALICO.

Este tipo de anodizado se lleva a cabo de la siguiente forma:

## a) Con corriente continua.

Concentración:	50 - 70 gr. de ácido oxálico / lt de agua.
Corriente:	1.0 - 2.0 A/dm <sup>2</sup>
Voltaje:	40 - 60 volts
Temperatura:	28 a 32°C
Tiempo:	30 - 40 min.
Color obtenido:	Amarillo paja para el aluminio puro. Azulado en aluminio - cobre.

También se emplean soluciones que contienen de 2-10% de ácido oxálico, adicionando en ocasiones al baño, otras sustancias como:

ácido succínico

ácido crómico

permanganato de potasio

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO SOBRE  
EL CALOR AL ANODIZAR CON ACIDO OXALICO.

Color de la película	Temperatura (°C)	Corriente (A/dm <sup>2</sup> )	Voltaje (volts)	Tiempo (min)
Plateado	25	1.5 - 2	35 - 40	35 - 40
Latón	40	3	50	35 - 40
Bronceado	40	4 - 5	50	35 - 40

## EFECTOS AL AUMENTAR EL ESPESOR DE LA PELICULA

Espesor de la película. (micras)	5	15	50	100
Color de la película	Blanco	Amarillo	Amarillo-oro	Amarillo-parduzco

## b) Con corriente alterna.

## Composición de la solución:

Acido oxálico	40 - 50 g.
Acido crómico	1 gr.
Agua	1 lt.

Corriente:	1.5 - 4.5 A/dm <sup>2</sup>
Voltaje:	40 - 60 volts
Temperatura:	25 - 30 °C
Tiempo:	30 - 40 min.
Color obtenido:	Del bronce claro al marrón. Gris oscuro en aluminio-silicio.

El anodizado produce un aumento apreciable de temperatura y se corre el riesgo de provocar calentamiento local del ánodo y electrolito adyacente, lo que ocasiona mal anodizado. Para contrarrestar dicha causa debe colocarse un sistema de refrigeración y agitado del baño suficientemente eficaces.

Las capas de óxido formadas en medio oxálico tienen buena resistencia química, pero es mucho más caro obtenerlas, tanto por los productos químicos como por el consumo de corriente.

## COLORACION

Por la estructura porosa de la capa anodizada del aluminio, es fácil utilizar métodos de penetración mecánica en la superficie, primordialmente para acabados decorativos; por cualquiera de los métodos que se obtenga la capa, para colorearse se tendrán en cuenta aspectos que ningún otro tratamiento nos proporciona.

Al ser tratadas las capas de óxido con soluciones orgánicas o pigmentos inorgánicos, los poros absorben la materia colorante o reaccionan químicamente con la capa de óxido. La intensidad de la coloración depende del espesor y estructura de la película de óxido, de la composición del elemento colorante y de las condiciones de trabajo.

Para un mismo material colorante, la intensidad del color aumenta al aumentar el espesor y porosidad de la capa.

Las capas obtenidas con ácido oxálico tienen un color propio que modifica la coloración final con relación al colorante añadido. Las capas anodizadas con ácido crómico no se colorean por el poco grosor.

Para poder colorear las piezas de aluminio, se hace necesario niquelarlas o anodizarlas.

### 1. CONDICIONES NECESARIAS PARA EL COLOREADO DE LAS CAPAS DE OXIDO.

Para un buen coloreado es necesario:

a) Eliminar hasta donde sea posible el electrolito que llena los poros, mediante un buen lavado o una buena neutralización (con amoníaco).

b) Un espesor adecuado, ya que los tonos oscuros se obtienen en las capas gruesas.

c) Tener absorción suficiente, esto es, que los poros estén bien abiertos, sin aproximarse a la pulverización.

d) Que el espesor y la porosidad sean uniformes en toda la superficie. Condiciones de anodizado exactas y un buen agitado del baño.

e) Que el metal sea de buena calidad y la preparación de la superficie antes del anodizado sea cuidadosa.

f) Que se realice ésta inmediatamente después del anodizado, que no exceda de 50 min. o guardarse en agua fría.

## 2. CALIDAD DE UNA COLORACION,

a) La estabilidad de los colorantes y su solidez están relacionados con:

La calidad de la capa de óxido.

La calidad del colorante.

La calidad del sellado.

La calidad del aluminio y sus aleaciones.

b) A su vez la calidad de una buena coloración depende de:

La concentración y temperatura de la solución.

El grado de acidez (PH) de la solución.

La estabilidad del colorante.

El perfecto enjuague y neutralizado.

La solidez a la luz solar.

La resistencia al calor.

El tiempo de exposición a la intemperie.

c) En menor importancia influyen:

La resistencia al lavado con jabón.

La resistencia al agua fría y caliente.

La resistencia a la transpiración de las manos.

La toxicidad del colorante.

### 3. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA COLOREAR.

Se recomienda utilizar agua exenta de sales de calcio y -hierro.

El empleo de agua desmineralizada presenta las siguientes ventajas:

Aumento sensible del rendimiento.

Menor descarga después del cerrado del poro.

Los perfiles coloreados pueden ser conservados en agua antes del cerrado del poro.

### 4. FORMAS DE COLORACION.

a) Parcial.

Puede obtenerse, protegiendo la superficie anodizada y la parte que no se desea colorear, con un barniz asfáltico, celulósico o graso o tinta empleada en litografía. También puede realizarse a la inversa, es decir, colorear toda la superficie y después proteger la parte que se quiere colorear, sumergiendo la pieza en solución de ácido nítrico destruyéndose de esta forma el colorante.

b) Múltiple.

Se anodiza todo el perfil, se colorea con el tono más pálido del que se ha de aplicar, se seca y se cubre con tinta litográfica, a través de una placa grabada, todas las zonas que se desee queden en ese color; a continuación se disuelve el co

lor al resto de la superficie y se colorea con el segundo tono en orden de palidez, así sucesivamente hasta finalizar; se disuelve la tinta y se fija la placa.

Los óxidos sobre aluminio, duraluminio y aleaciones quedan con un coloreado transparente y se obtienen atractivos tonos. En metales secundarios y aleaciones del tipo siluminio dan óxidos con coloraciones propias y oscuras, con los cuales es imposible obtener tonos brillantes. Sólo se colorean en negro, pardo u oscuro.

Para preparar el baño de coloración se recomienda realizar las siguientes operaciones:

Tinte necesario: 1 - 10 gr/lt. disuelto en agua caliente.

Hervir la solución de 10 - 15 min.

Filtrar con lino.

Se efectúa el tintado de 10 - 15 min.

Temperatura: 60 - 80°C

Se agita el baño.

Las piezas teñidas se lavan en agua hirviendo durante 20 - 30 min.

Este tratamiento contribuye al sellado del anodizado.

## 5. COLORANTES ORGANICOS E INORGANICOS.

Los colorantes para el coloreado del aluminio pueden ser orgánicos o inorgánicos.

### a) Colorantes orgánicos.

Son absorbidos por capilaridad y se dividen en colorantes ácidos y sustantivos como los de alizarina e índigo; con estos colorantes se hacen soluciones en agua pura, de preferencia -

destilada, de algunos gr/lt. para tonos oscuros y dg/lt. para tonos claros.

Condiciones óptimas del teñido en general.

Temperatura de 55 - 65°C a baño maría y algunos en frío.

Vigilar el grado de acidez de los baños (PH).

Se debe llevar a cabo en tinta de acero inoxidable.

Cumplir con las concentraciones previstas.

Tiempo de inmersión: 15 - 20 min., llegando a 30 min. para colores fuertes como el negro.

El mejor anodizado para colorear se realiza con las siguientes características:

20% de ácido sulfúrico

Tiempo de inmersión: 30 - 40 min.

Temperatura: 15 - 23°C

Corriente: 1.0 - 1.5 A/dm<sup>2</sup> con C.C.

Un problema que se presenta es el de la resistencia a la luz. Por ello se requiere respetar las siguientes condiciones:

Utilización del colorante de resistencia # 8<sup>(1)</sup>

Espesor de la capa: 15 micras

Tiempo de inmersión: 20 - 30 min.

Colmatado realizado a la perfección.

(1) La resistencia a la luz corresponde a la duración de exposición a la luz ultravioleta, que van en progresión geométrica de razón 2:

Resistencia o solidez	1	.....	2 horas
"	"	2	..... 4 horas
"	"	3	..... 8 horas
"	"	4	..... 16 horas

## b) Colorantes inorgánicos:

Generalmente son óxidos metálicos (Ferrioxalato de amonio, Orminal N, Bronce <sup>(2)</sup>) que se fijan en la porosidad de la capa de alúmina, reaccionando químicamente con la misma.

Se obtienen algunos coloreados por precipitados compuestos en el interior de los poros. Para ello las piezas anodizadas se sumergen en la solución adecuada, se lavan con agua y después con otra solución que provoque el precipitado.

Para obtener una película básica, la capa de alúmina debe tratarse con tantanio, para que ésta reaccione y lo absorba.

Existen 2 colorantes inorgánicos muy utilizados.

## ° Ferrioxalato de amonio

concentración 50 gr./lt.

Condiciones de trabajo.

Temperatura: 60 - 70°C

Tiempo: 1 - 3 min.

Tonos: champagne

Características extremadamente resistentes a la luz y calor, resiste hasta 400°C sin disminuir el color.

## ° Bronce

Se obtiene por una doble inmersión en acetato de cobalto y permanganato potásico.

Composición de la solución.

permanganato potásico 10 - 50 gr./lt

acetato de cobalto 10 - 50 gr./lt

Según la concentración y el número de ciclos de inmersión, se obtienen tonos que van del bronce claro al viejo.

---

(2) Se obtiene por una doble inmersión en acetato de cobalto y permanganato potásico.

Estos dos colorantes inorgánicos no han podido ser sustituidos por los orgánicos cuando se quiere obtener una perfecta solidez a la intemperie.

## 6. METODOS PARA LA OBTENCION DE DIFERENTES COLORES Y TONOS.

### a) Imitación latón.

Se consigue con una solución de oxalato ferroso amónico y sulfato amónico.

#### Composición de la solución.

ácido oxálico	22 gr/lt.
sulfato amónico	28 gr/lt.
solución de amoniaco al 25%	25 - 30 ml/lt.

#### Condiciones de trabajo.

Temperatura	50 $\pm$ 5° C
Tiempo	3 - 5 min
PH	5 - 6

Existen tintes capaces de teñir la capa de alúmina como:

anilina violeta N  
 anilina amarilla G  
 anilina parda M  
 anilina verde B  
 azul 2B  
 naranja G  
 bronce G

y otros que contienen ácido sulfúrico y grupos  $\text{CO}_2\text{H}$  en sus moléculas.

Existen otros tintes que pueden teñir la capa de alúmina - después de un pretratamiento con tantanio como son:  
 metánico y toluedina

criosidina  
sotranino, entre otros.

Si se emplea el método de teñido de las superficies anodizadas con colorantes orgánicos de relleno, se puede imitar al marmol, madera, etc. de la siguiente forma:

Se sumergen las superficies teñidas en agua en la que flotan gotas de aceite o pintura, que se adhieren a la superficie teñida y adoptan figuras según el escurrido, se secan y sumergen de 10 a 20 seg. en ácido crómico que destruye el tinte de las superficies sin aceite; finalmente éste es removido con un disolvente. Puede pulirse la capa para producir un efecto de sellado.

#### b) Imitación oro.

Para la obtención de distintos tonos que simulen el oro - se tiene:

Composición de la solución.

naranja ácido 26	1.6 gr/lt.
laca amarilla 3	0.4 gr/lt.

Condiciones de trabajo:

temperatura:	60 - 65°C
tiempo:	1 - 2 min.

Aleación a utilizar:

Aluminio al 99 - 99.99% o aleaciones de magnesio o manganeso.

Puede sellarse hirviéndose esta capa en agua destilada durante 20 min.

c) Negro.

Se pueden obtener coloraciones hasta el negro, de la siguiente forma:

Composición de la solución.

permanganato de potasa 5 - 10 gr/lt.

nitrate de cobre 20 - 25 gr/lt.

Condiciones de trabajo

temperatura 50 - 70°C

tiempo 25 - 30 min

o también, de la siguiente forma:

Composición de la solución.

molibdeno de amonio 20 gr./lt.

cloruro amónico 5 - 10 %

Condiciones de trabajo.

Temperatura 50 - 70°C

Tiempo 25 - 30 min.

La siguiente tabla, muestra las soluciones en porcentaje para obtener diferentes coloraciones.

Coloración	Solución (%)								
	sulfuro potásico	alizarina	morino	sulfato de vanadio	boromito potásico	permanganato potásico	sulfato de manganeso	sulfato de cobre	
Amarillo oro	25	1	1						
Oro pardo	25	1		0.5	0.5				
Café pardo	25	1	0.5		0.5				
Rojo	25	1							
Pardo	25	1		1					
Amarillo oro oscuro			2	3					
Pardo negrusco	25			1					
Bronce						20			5
Latón oscuro						20	5		
Amarillo oro						20			

## SELLADO

Después del anodizado las capas de óxido de aluminio quedan muy porosas, por lo que la operación de sellado reviste gran importancia, sobre todo cuando se ha realizado con ácido sulfúrico.

Sin un buen sellado las piezas quedan prácticamente sin protección y vulnerables a la corrosión, ya que las películas de óxido y los colorantes que hayan entrado en los poros están a merced de los agentes externos.

Dicha operación se realiza con el fin de cerrar los poros de la película de óxido, para ello existen varios métodos de sellado de los cuales los más conocidos son:

### 1. RELLENADO CON MATERIALES ORGANICOS.

Por relleno de los poros mediante materiales orgánicos, tales como grasas (parafina, lanolina, ceresina) o soluciones de sustancias recubrientes (aceite de linaza hervida, barnices y resinas). Es necesario que tras la penetración en el óxido se seque o polimerice el material de impregnación.

### 2. POR PRECIPITADO.

Por precipitación de sustancias insolubles en los poros, mediante intercambio o reacciones de descomposición. Con dicho propósito se impregna la capa de óxido con soluciones que reaccionen formando precipitados insolubles (cloruro de Bario, sulfato de Sodio, etc.) o con soluciones de sales que por calentamiento formen óxidos hidratados insolubles; también pueden rellenarse por impregnación sucesiva con solución de silicato sódico para precipitar ácido sílico.

### 3. MEDIANTE HIDRATACION.

Por llenado de los poros con óxido de aluminio hidratado, -  
mediante la hidratación del óxido de la capa calentándola con -  
agua o vapor.

La hidratación del óxido de la capa se puede lograr con las  
siguientes condiciones:

a) Con agua hirviendo.

° Calidad del agua.

Es necesario usar aguas muy puras o desmineralizadas (que -  
no excedan de 50 mg/lt. de silicatos, fluoruros o fosfatos), de  
lo contrario se provocaría una mala calidad en el sellado. El -  
agua suministrada debe tener una resistividad entre 100,000 - -  
200,000 omhs.

Un buen sellado exige el cambio frecuente del agua o su re-  
generación continua.

La desmineralización del agua puede realizarse mediante un  
intercambio aniónico y catiónico con resinas cambiadoras de - -  
iones.

° Temperatura.

La adecuada es la de ebullición.

° Acidez.

Como regla general, mantener el ph entre 5.5 y 6.5. El - -  
ajuste se hace añadiendo sosa, carbonato de sosa, ácido sulfúri-  
co, ácido acético, ácido bórico o amoniaco.

° Tiempo.

El más adecuado es cuando la mayor cantidad de alúmina se -  
transforma en boohmita midiendo el peso de la capa de óxido en  
el sellado (2 min/micra aproximadamente).

Industrialmente no puede admitirse una elevada duración, -

ya que tiende a crear capas delgadas y solubles en ácidos.

Prácticamente se admite que la duración debe ser igual a la del anodizado.

° Operación.

Si se introduce en agua hirviendo el aluminio anodizado, cada molécula de alúmina tiende a fijar una molécula de agua para transformarse en alúmina monohidratada, con ésto, la capa de óxido aumenta de volumen específico obturando los poros.

° En caso de coloración.

En caso de recubrimientos que hayan sido coloreados, se sellan con pequeñas cantidades de sal como acetato de níquel (la más usada), acetato de cobalto, sales de cobre u otros.

Si los sellados se realizan con acetato de níquel y cobalto, los poros se cierran por hidratación, debido a la hidrólisis en su interior; se precipitan hidróxidos, lo que previene que se disuelva la pintura "sangrado" y por la reacción de dichas sales se forma un metal complejo que evita pérdidas de color.

b) Al vapor.

Es un procedimiento con excelentes resultados, apreciado por pérdidas de propiedades absorbentes y por su gran resistencia a las soluciones ácidas. La duración será igual a la del anodizado.

c) En agua con adiciones.

° Con sulfato de níquel.

La presencia de estas sales favorecen la hidratación por precipitación de hidróxidos ya que el níquel tiende a rodearse del ión  $\text{OH}^-$  facilitando así la difusión de estos iones en la masa de la capa de óxido; a pesar de esto, no se obtienen mejores

propiedades anticorrosivas.

- ° Con bicromato de sodio y potasio.

Añadiendo de 25 - 100 gr/lt. de bicromato potásico, confiere a la capa una resistencia incomparable a la atmósfera marina, pero menos resistente a la inmersión en ácidos; se obtiene un color amarillo verdusco.

- ° Con acetato de níquel y acetato de amonio.

Composición de la solución.

Acetato de níquel	5 gr./lt.
Acetato de amonio	2 gr./lt.
Acido bórico	2 gr./lt.

Condiciones de trabajo sin presellado.

Temperatura 84°- 92° C

Tiempo:	según coloración
Natural	15 min.
Oro	15 min
Duranodik	20 min.

Condiciones de trabajo con presellado.

Temperatura 85°C

- ° Con acetato de níquel y cobalto.

Composición de la solución.

Acetato de níquel	5.6 gr./lt.
Acetato de cobalto	1 gr./lt.
Acido bórico	8 gr/lt.

Condiciones de trabajo.

ph	5.6 - 6.5
Temperatura:	de ebullición
Tiempo:	20 - 30 min.

El tiempo no deberá exceder al doble del tiempo que haya -

durado el anodizado.

Se cierran los poros por hidratación, reaccionan químicamente el níquel, el cobalto y las moléculas del colorante para formar un nuevo complejo metálico; la precipitación en los poros por hidrólisis impide la entrada del material metálico. Tiende a limitar la pérdida de ciertos colorantes, aumenta la resistencia a la luz pero no aporta mejoras en resistencia a los ácidos.

d) Con otras adiciones.

Con sales metálicas de alta densidad (acetato o sulfato de plomo, nitrato de níquel) se aumenta la resistencia a la luz.

° Con silicato de sodio se abren más los poros de la capa de óxido, resiste el ensayo al vapor salino y mejora la resistencia de los agentes básicos.

° Con molibdato de sodio (20 gr./lt) proporciona algunas ventajas, añadiendo compuestos orgánicos al agua o en forma de barniz en soluciones (silicones, polietileno, etc.) que son impregnadas para aumentar la resistencia de la capa de óxido.

° Reduciendo la velocidad de reacción en el metal en la base de los poros por impregnación, con agentes pasivantes (soluciones de dicromato). Existen diferentes formas de realizarse y serán de acuerdo a las características que se deseen.

Composición de la solución.

Dicromato potásico 5 - 15 %

Condiciones de trabajo

Temperatura 90 - 95°C

Tiempo 20 min.

Características: Aumenta la resistencia a la corrosión.

° Con sulfato de níquel y sulfato de cobalto.

Composición de la solución.

Sulfato de níquel	4.2 gr./lt.
Sulfato de cobalto	0.7 gr./lt.
Acetato sódico	4.8 gr./lt.
Acido bórico	5.3 gr./lt.

Condiciones de trabajo.

Temperatura	80 - 85°C
PH	4.5 - 5.5
Tiempo	15 - 20 min.

° Con acetato sódico y acetato de cobalto.

Composición de la solución.

Acetato sódico	5.5 gr./lt.
Acetato de cobalto	0.1 gr./lt.
Acido bórico	3.5 gr./lt.

Condiciones de trabajo.

Mismas que las anteriores.

Se lavan las piezas con agua y se secan a 70 - 80°C.

#### 4. METODO ACELERADO.

Se realiza al cromato, implicando 2 procesos: la adsorción del cromato con la formación de un cromato o dicromato básico - del aluminio y la adsorción de agua con la hidratación del óxido.

La relativa intensidad del proceso depende de la acidez de la solución de cromato; cuanto mayor es el PH, menor es la adsorción y mayor la hidratación del óxido.

## Composición de la solución.

Dicromato Potásico	100 gr./lt.
Sosa Calcinada	18 gr./lt.
o Sosa Cáustica	3 gr./lt.

## Condiciones de trabajo.

Temperatura	90 - 95°C
PH	6-7
Tiempo	2 - 4 min. hasta 10 máximo

Es necesario que a cada adición de sosa deba seguir una ebullición para eliminar el dióxido de carbono.

Las soluciones de cromato se controlan determinando el PH por métodos potenciométricos, utilizando electrodos de vidrio o por colorimetría utilizando "azul de bromometileno" como indicador con 3.2 ml. de hidróxido de sodio y se disuelve el indicador hasta 100 ml.

Para eliminar el PH se añaden 5 gotas de solución de indicador a 20 ml. de solución de cromato.

Para aumentar el PH se añade dicromato potásico hasta obtener una coloración verde-pardusca por titulación de la solución con una solución 0.5N del dicromato o con una solución 0.5N de sosa cáustica.

También se tiene un baño anterior al señalado llamado "PRESELLADO" que reduce el tiempo de sellado.

## Composición de la solución.

Agua cruda (desmineralizada)	1 lt.
Trietanolamina (TEA)	1 - 2 gr.

## Condiciones de trabajo.

Tiempo	5 min (1 min/micra)
Temperatura	ambiente

## CAPITULO 3

## ESTADO ACTUAL DEL ALUMINIO EN MEXICO.

## INTRODUCCION.

El presente estudio, para 1983, nos muestra la situación de la industria del aluminio, en términos de producción nacional importaciones, exportaciones, consumo aparente por habitante y por sector, etc., que permite realizar una proyección de la demanda, y visualizar de esta manera las posibilidades que se tendrían para instalar una planta anodizadora de perfiles y accesorios de aluminio, para la industria en general.

## SITUACION DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO EN MEXICO.

## 1. Consumo Nacional Aparente de Aluminio y por Habitante.

Del cuadro 1 se tiene lo siguiente:

CONCEPTO	VALOR (ton.)	%
Producción de aluminio primario.	39,706	47
Importaciones.	23,729	28
Recuperación de aluminio secundario.	15,122	18
Cambio de inventario.	5,866	7
Abastecimiento total.	84,423	100
Exportaciones.	2,206	3

Los datos anteriores muestran que la producción de aluminio primario cubre solamente el 47% del abastecimiento total. El restante 53% se compensa con las importaciones en un 28%, recuperación de aluminio secundario en un 18% y la variación de inventarios en un 7%.

Por otra parte, las exportaciones representan un 3% del abastecimiento total. También se observa que el abastecimiento cubierto por la producción de aluminio primario va en aumento a partir de 1981.

## 2. Consumo Nacional Aparente de la Industria del Aluminio por Sector y Exportaciones de Aluminio y sus Productos.

De los cuadros 2 y 3 se realizó el siguiente análisis:

CONCEPTO	VALOR (ton.)	%
Consumo nacional aparente total.	82,217	100
Consumo nacional aparente de extrusión.	18,495	23
Facturación nacional de extrusiones.	17,984	
Exportaciones de productos extruídos.	158	
Importación de productos extruídos.	669	

De lo anterior, se observa que el sector extrusiones conforma una parte muy importante del consumo del aluminio, en un 23%.

## 3. Importaciones de Productos de Aluminio.

Del cuadro 4 se obtuvo lo siguiente:

CONCEPTO	VALOR (ton.)	%
Importación total.	23,729	100
Importación de perfiles.	77	0.3

De los datos anteriores se deduce que la importación de perfiles de aluminio representa un mínimo de las importaciones totales, quedando de manifiesto que prácticamente, el total del abastecimiento es de producción nacional.

## 4. Consumo Nacional Aparente de Extrusiones.

Del cuadro 5 se obtuvieron los datos siguientes:

CONCEPTO	VALOR (ton.)
Facturación nacional de extrusiones.	17,984
Importación de productos extruídos.	669
Exportación de productos extruídos.	158
Consumo nacional aparente de extrusión.	<u>18,495</u>

Por otra parte, se observa el consumo de extrusión, en las diferentes industrias que a continuación se mencionan:

INDUSTRIA	CONSUMO (ton.)	%
Distribuidores de la construcción.	5,561	31
Construcción.	4,494	25
Varias	3,641	20
Distribuidores de la industria.	2,035	12
Transporte.	685	4
Línea blanca.	612	3
Eléctrica.	441	2.5
Irrigación.	286	1.5
Muebles.	229	1
TOTAL	<u>17,984</u>	<u>100.0</u>

Del análisis anterior se deduce que el 74% del consumo nacional aparente de extrusión, puede considerarse como el mercado para anodizado. Este 74% lo representan las industrias de la construcción, transporte, línea blanca, muebles, distribuidores de la industria y de la construcción.

## 5. Estructura del Consumo del Aluminio.

A continuación se presenta un resumen del consumo del aluminio en general, para el año de 1983, para cada industria tanto en toneladas métricas como en porcentaje, y es como sigue:

INDUSTRIA	CONSUMO (ton.)	%
Transporte.	23,771	29
Eléctrica.	12,853	16
Otras.	11,937	14
Construcción.	10,688	13
Bienes de consumo.	9,578	12
Envases y embalaje.	8,473	10
Maquinaria y equipo.	4,917	6
	<hr/>	<hr/>
TOTAL	82,217	100

Como complemento del análisis estadístico anterior, se anxan los cuadros que sirvieron de base, así como las gráficas más representativas para el propósito del proyecto.

CUADRO No. 1

## CONSUMO NACIONAL APARENTE DE ALUMINIO Y POR HABITANTE

Toneladas Métricas

AÑO	1983 *	1982	1981	1980	1979	1978	1977	1976	1975	1974
1. Producción de aluminio primario.	39,706	41,180	43,237	42,601	43,196	43,092	42,720	42,358	39,913	41,146
2. + Importaciones lingote aluminio.	10,842	32,341	58,785	63,510	56,092	39,416	8,733	15,500	11,920	26,172
3. + Importación otros productos alum.	12,887	62,207	82,894	49,439	36,357	29,235	16,340	30,778	33,228	22,455
4. + Recuperación alum. secundario.	15,122	25,770	20,341	17,111	14,921	12,291	7,457	9,758	9,357	9,875
5. - Exportaciones de lingote.	550	215	24	18	--	--	52	72	130	150
6. - Exportaciones otros productos.	1,656	1,122	3,129	3,380	3,046	3,699	2,500	1,578	1,104	2,757
7. Consumo aparente. (1)	76,351		202,104		147,520		72,692		93,184	
		160,161		169,263		120,335		96,824		96,741
8. + Inventario inicial.	13,399	4,472	1,984	1,532	1,803	2,578	4,361	1,961	1,178	1,475
9. - Inventario final.	7,533	13,399	4,472	1,984	1,532	1,803	2,578	4,361	1,961	1,178
10. <sup>±</sup> Cambio de inventario.	+ 5,866	- 8,927	- 2,488	- 452	+ 271	+ 775	+ 1,738	- 2,400	- 783	+ 297
11. Consumo aparente (2)	82,217		199,616		147,791		74,475		92,401	
		151,234		168,811		121,110		94,424		97,038
12. Población media. (millones)	72.00	70.0	68.0	67.0	64.7	62.5	60.4	60.4	56.2	54.3
13. Consumo por habitante (1) kgs.	1.06	2.3	3.0	2.5	2.2	1.9	1.2	1.6	1.6	1.7
14. Consumo por habitante. (2) kgs.	1.14	2.2	3.0	2.5	2.2	1.9	1.2	1.6	1.6	1.7

(1) Sin cambio de inventario.

(2) Con cambio de inventario.

(\*) Cifras preliminares.

FUENTE: INSTITUTO DEL ALUMINIO A.C.: DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICAS Y BANCO DE MEXICO, S.A.

Toneladas Métricas

AÑO	1983	1982	1981	1980	1979	1978	1977	1976	1975	1974
<u>FACTURACION NACIONAL</u>										
LAMINA Y CHAPA	14,961	19,336	22,941	25,140	23,713	20,915	16,900	16,308	14,585	16,509
PAPEL (FOIL)	7,724	8,369	8,214	8,547	7,763	5,945	5,521	5,143	4,354	5,004
<u>EXTRUSION</u>	17,984	32,093	36,284	34,413	31,111	23,993	19,059	21,994	19,090	20,777
POLVO Y PASTA	576	583	1,285	1,088	586	515	396	398	364	361
BARRAS PARA CONDUCTORES ELECTRICOS	7,800	6,250	12,400	12,742	12,900	13,000	2,000	2,000	4,000	4,000
FUNDICION (1)	28,616	34,995	50,690	47,837	47,600	32,903	17,323	20,274	18,474	32,223
TOTAL NACIONAL	77,661	101,626	131,814	129,767	123,673	97,271	61,199	66,117	61,224	77,874
MENOS EXPORTACIONES	1,656	1,122	3,153	3,398	3,046	3,699	2,558	1,650	1,234	2,909
TOTAL CONSUMO NACIONAL	76,005	100,504	128,661	126,369	120,627	93,572	58,641	64,467	59,990	74,967
<u>IMPORTACIONES</u>										
LAMINA	2,239	24,803	18,072	13,588	13,992	12,277	10,261	11,494	5,908	5,319
PAPEL (FOIL)	606	2,679	3,015	3,151	2,446	1,764	951	1,076	773	1,466
<u>EXTRUSION (2)</u>	669	2,387	3,618	2,642	1,486	1,286	951	1,623	1,390	1,352
POLVO Y PASTA	211	299	428	264	232	197	203	192	207	163
BARRAS PARA CONDUCTORES ELECTRICOS	1,903	15,610	31,704	13,064	6,572	8,580	2,442	12,212	8,210	11,090
OTROS PRODUCTOS DE ALUMINIO (3)	584	4,962	14,118	9,733	2,436	3,434	1,026	3,460	15,973	2,681
TOTAL IMPORTACIONES	6,212	50,730	70,995	42,442	27,164	27,538	15,834	30,057	32,461	22,071
CONSUMO NACIONAL APARENTE	82,217	151,234	199,616	168,811	147,791	121,110	74,475	94,424	92,451	97,038

(1) Dentro de este renglón se comprende una enorme variedad de productos fundidos, siendo casi imposible agruparlos.

(2) Comprende barras extruidas, perfiles, tubos y elementos de construcción.

(3) Excepto lingote y chatarra.

Kilogramos

AÑO	1983	1982	1981	1980	1979	1978	1977	1976	1975	1974
Aluminio en bruto.	549,622	214,824	23,834	18,061	--	--	51,724	72,342	129,536	150,250
Desperdicio de lámina.	183,539	14,000	402,151	5,576	1,019	3,573	2,681	72,157	--	69,605
Chatarra. (1)	139,332	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Barras.	52,892	62,523	160	384	2,304	--	--	--	420	28
PERFILES .	90,242	16,893	10,557	49,491	98,414	1,979	16,954	9,452	10,234	132,910
Alambres.	7,338	2,660	13	1,608	1,504	1,145	2,320	1,347	1,372	147,915
Chapa y lámina.	237,226	3,536	5,496	101,544	350,349	946,682	431,148	3,999	77,168	372,579
Papel. (Foil)	19,793	5,949	18,179	168,518	466,045	529,556	400,755	391,633	238,004	430,700
Polvo.	114,217	114,927	55,492	--	--	--	--	--	--	--
Tubos.	7,997	76,451	94,151	58,049	89,370	50,785	106,437	41,741	60,368	70,476
Accesorios para riego.	10,066	9,114	30,446	95,674	157,296	103,602	110,030	117,189	20,204	3,704
Envases.	46,407	45,706	171,732	186,416	247,015	174,780	137,829	56,319	16,929	67,914
Artículos domésticos.	165,548	131,504	850,878	835,836	700,700	463,706	424,638	351,504	147,769	228,443
Otros productos.	581,966	638,864	1,490,427	1,876,481	931,918	1,422,550	873,245	523,634	531,634	1,232,336
TOTAL DE EXPORTACIONES.	2,206,185	3,153,058	3,045,934	3,045,934	3,045,934	2,557,761	2,557,761	1,233,638	1,233,638	1,233,638
		1,336,951	3,397,638	3,397,638	3,397,638	3,698,538	3,698,538	1,650,317	1,650,317	2,907,060

(1) Hasta 1982 estuvo prohibida la exportación de chatarra.

FUENTE: INSTITUTO DEL ALUMINIO A.C.: DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICAS Y BANCO DE MEXICO, S.A.

CUADRO No. 4

## IMPORTACIONES DE PRODUCTOS DE ALUMINIO

Toneladas métricas

AÑO	1983	1982	1981	1980	1979	1978	1977	1976	1975	1974
Lingote sin alear	8,577	13,778	29,147	37,527	38,559	27,106	5,490	9,864	7,622	17,099
Lingote aleado 1a. fusión	2,084	17,401	20,154	17,668	11,922	8,371	2,205	3,826	2,951	6,170
Lingote aleado 2a. fusión	181	1,162	9,484	8,315	5,611	3,939	1,038	1,829	1,389	2,903
Chatarra	6,675	11,467	8,786	6,997	9,193	3,697	511	721	369	384
Barras para conductores elec.	1,903	15,610	31,704	13,064	6,572	8,580	2,442	12,212	8,210	11,090
Barras otros usos	171	469	3,785	1,451	731	953	271	1,357	912	1,232
PERFILES	77	317	1,078	494	199	72	122	86	84	21
Alambres	145	407	972	847	592	385	255	209	117	348
Lamina para abre fácil	1,947	23,660	16,187	11,523	11,479	11,246	9,952	8,640	5,578	4,936
Lamina otros usos	292	1,143	1,885	2,065	2,513	1,031	309	2,825	1,385	383
Papel (Foil)	606	2,679	3,015	3,151	2,446	1,764	951	1,076	773	1,466
Alvo	211	299	428	264	232	197	203	192	207	163
Bobinas	222	1,019	904	1,049	863	685	610	666	638	583
Accesorios para riego	1	838	421	525	79	62	9	23	105	106
Elementos para construcción	199	582	561	373	59	52	82	193	212	132
Alambre	3	421	2,934	173	33	150	51	2,009	13,691	717
Productos domésticos	2	265	632	409	239	182	135	168	174	191
Otros productos	433	3,031	9,602	7,054	1,127	616	437	462	731	703
TOTAL IMPORTACIONES	23,729	94,548	141,679	112,949	92,449	68,651	25,073	46,358	45,148	48,627

CUADRO No. 5

## CONSUMO NACIONAL APARENTE DE EXTRUSIONES

Toneladas Métricas

AÑO	1983	1982	1981	1980	1979	1978	1977	1976	1975	1974
<u>FACTURACION NACIONAL:</u>										
CONSTRUCCION	4,494	10,664	9,379	8,447	7,675	5,086	3,693	6,791	7,459	8,929
TRANSPORTE	685	1,097	1,655	1,678	1,836	1,019	649	1,064	1,161	1,788
INDUSTRIA ELECTRICA	441	881	2,001	1,564	1,369	823	479	704	805	881
IRRIGACION	286	440	582	537	973	685	527	591	1,170	1,565
LINEA BLANCA	612	1,501	1,534	1,724	1,355	1,271	1,286	1,306	1,025	1,138
MUEBLES	229	525	591	657	516	484	490	498	390	434
INDUSTRIAS VARIAS	3,641	4,260	5,162	5,829	4,582	4,297	4,347	4,415	3,466	3,849
DISTRIBUIDORES DE LA CONSTRUCCION	5,561	9,815	12,625	11,338	10,372	8,366	6,146	5,366	2,927	1,776
DISTRIBUIDORES DE LA INDUSTRIA	2,035	2,910	2,885	2,659	2,433	1,962	1,442	1,259	687	417
TOTAL FACTURACION NACIONAL	17,984	32,093	36,284	34,413	31,111	23,993	19,059	21,994	19,090	20,777
<u>IMPORTACIONES</u>										
BARRAS EXTRUIDAS	171	469	1,000	726	365	477	136	678	456	616
PERFILES	77	317	1,078	494	199	72	122	86	84	21
TUBOS	222	1,019	904	1,049	863	685	610	666	638	583
ELEMENTOS PARA CONSTRUCCION	199	582	561	373	59	52	82	193	212	132
TOTAL DE IMPORTACIONES	669	2,387	3,543	2,642	1,486	1,285	950	1,623	1,390	1,352
<u>RESUMEN</u>										
TOTAL FACTURACION NACIONAL	17,984	32,093	36,284	34,413	31,111	23,993	19,059	21,994	19,090	20,777
TOTAL IMPORTACIONES	669	2,387	3,543	2,642	1,486	1,285	950	1,623	1,390	1,352
CONSUMO NACIONAL APARENTE	18,653	34,480	39,827	37,055	32,597	25,278	20,009	23,617	20,480	22,129

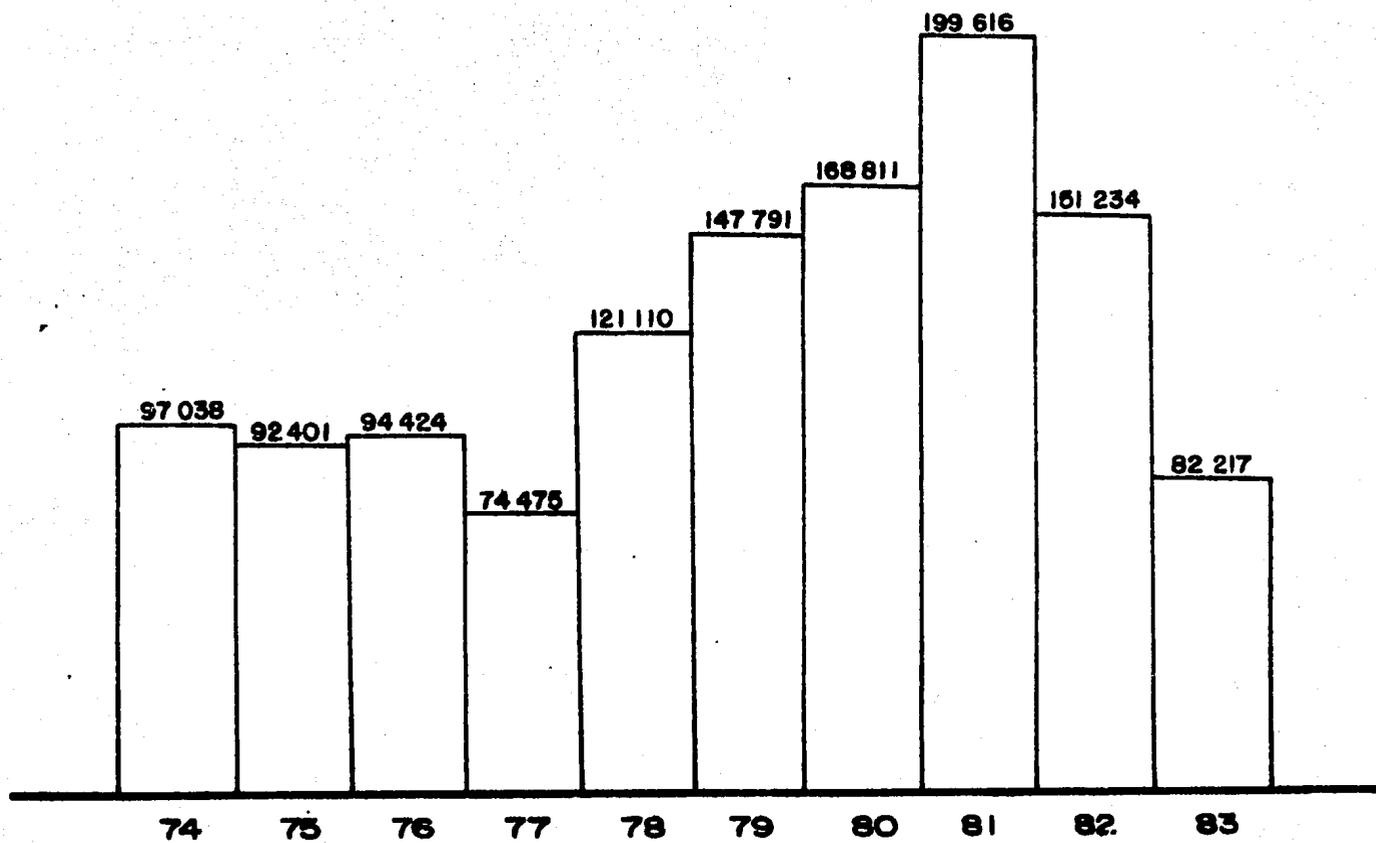
ESTRUCTURA DEL CONSUMO DEL  
ALUMINIO EN 1983.

---

	TONELADAS METRICAS	%
Construcción.	10,688	13
Transporte.	23,771	29
Industria eléctrica.	12,853	16
Bienes de consumo.	9,578	12
Envases y embalaje.	8,473	10
Maquinaria y equipo.	4,917	6
Otras industrias.	11,937	14
	<hr/>	<hr/>
TOTAL	82,217	100

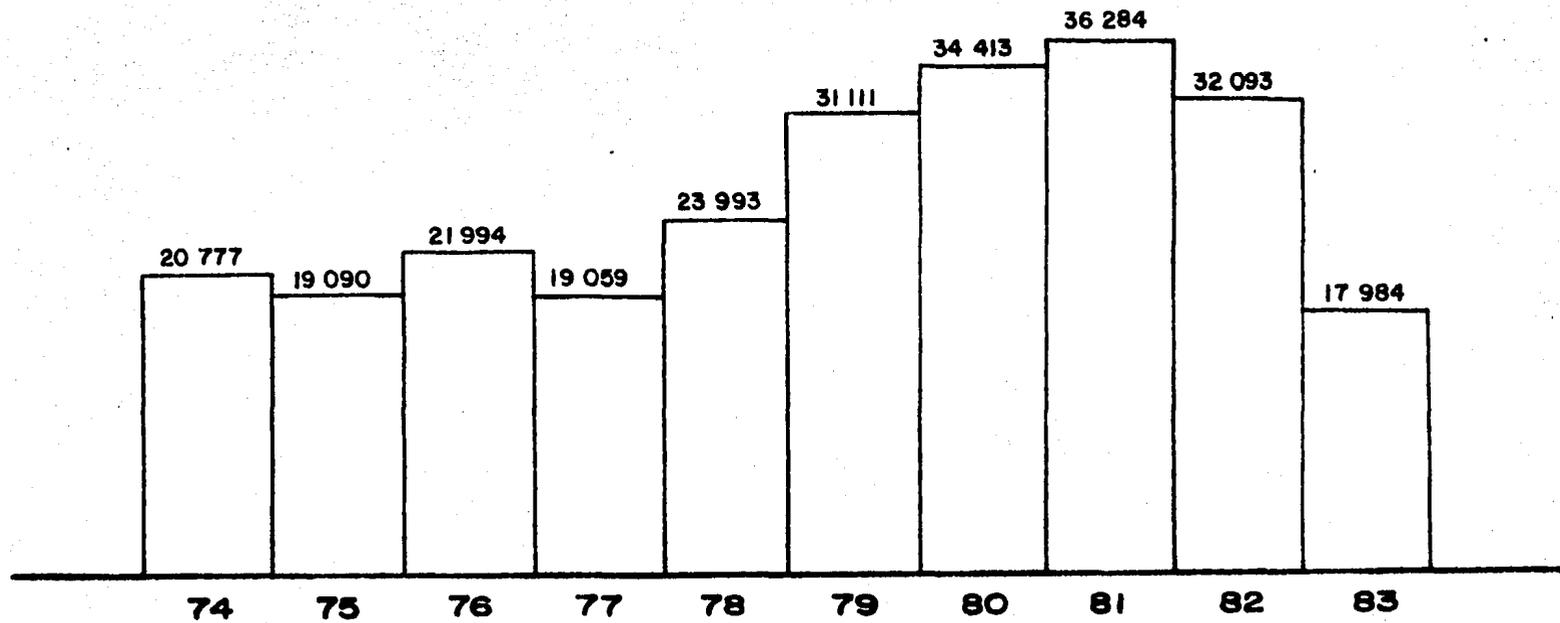
---

**CONSUMO NACIONAL  
APARENTE DEL ALUMINIO  
TON-MET / AÑO**



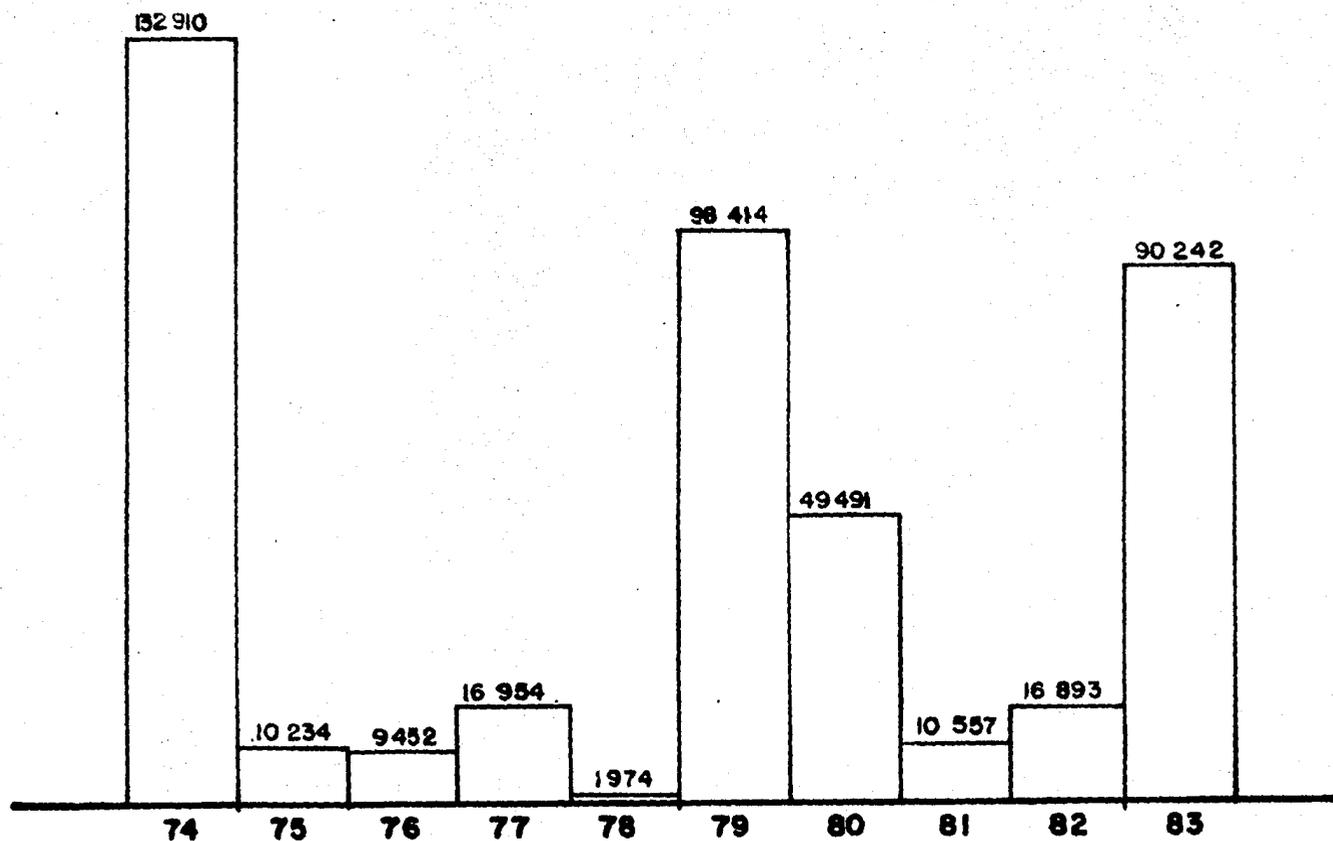
**CONSUMO NACIONAL APARENTE  
DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO  
EXTRUIDO POR SECTOR**

**TON. MET / AÑO**



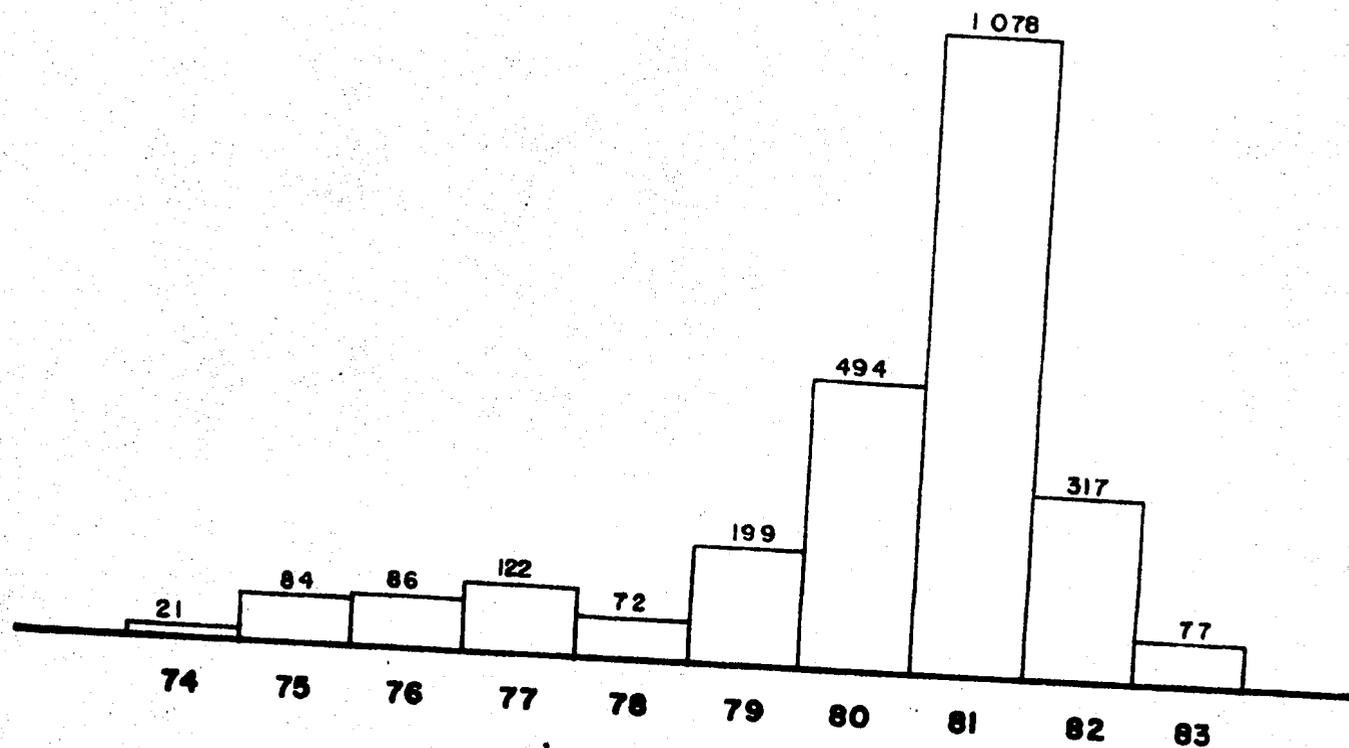
# EXPORTACION DE PERFILES DE ALUMINIO

KILOGRAMOS / AÑO



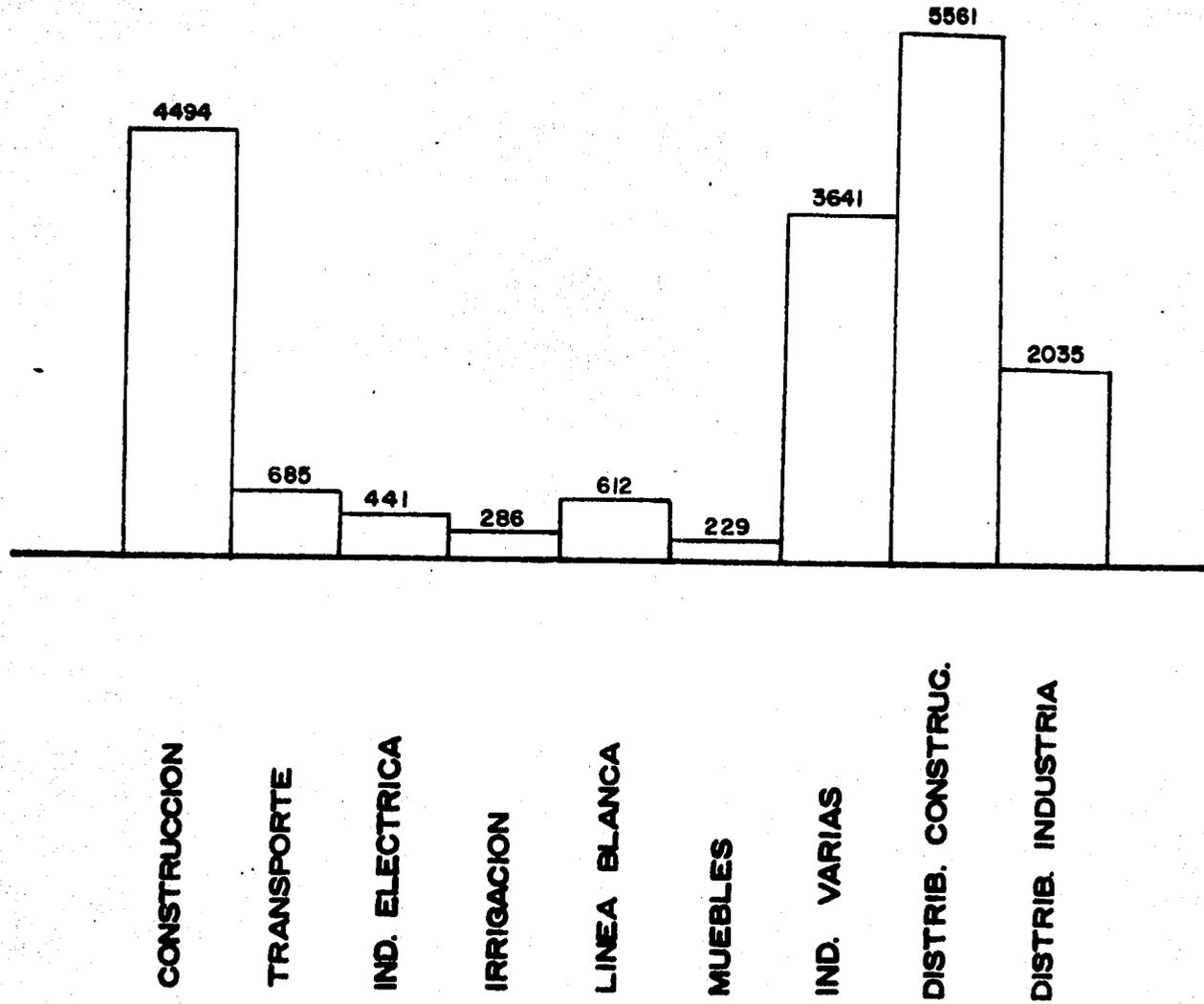
# IMPORTACION DE PERFILES DE ALUMINIO

TONELADAS METRICAS



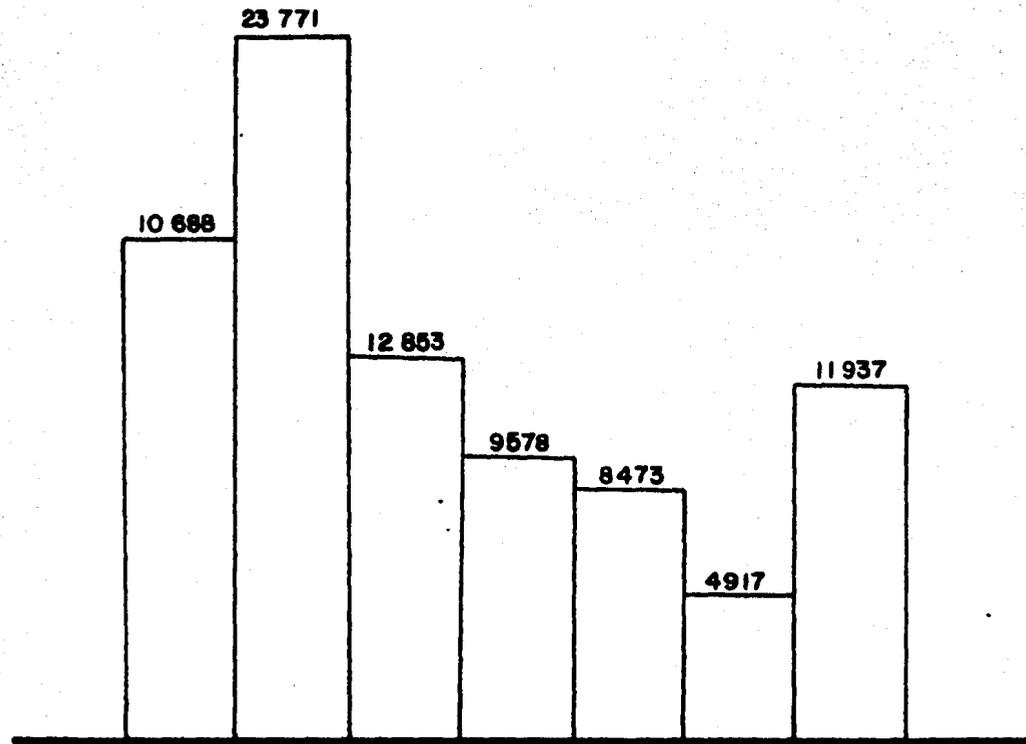
# CONSUMO NACIONAL APARENTE DE EXTRUSIONES PARA 1983

FACTURACION NACIONAL  
TON. MET.



# ESTRUCTURA DEL CONSUMO DEL ALUMINIO EN 1983

TON-MET. / SEC.



CONSTRUCCION
TRANSPORTE
INDUSTRIA ELECTRICA
BIENES DE CONSUMO
ENVASES Y EMBALAJES
MAQUINARIA Y EQUIPO
OTRAS INDUSTRIAS

## CAPITULO 4

### ESTUDIO DE MERCADO

#### INTRODUCCION.

Para cualquier proyecto es necesario tener una idea aproximada de la demanda potencial del producto en cuestión.

El estudio de mercado es la parte más importante de un proyecto de instalación. El análisis del mercado tiene un objetivo específico para la empresa, ya que puede formular una predicción a corto plazo, de la demanda total del producto, con la finalidad de tener una base para solicitar la materia prima, planear la producción y organización de la planta, ayuda a detectar oportunidades, a cuantificarlas, a establecer prioridades y a identificar problemas, así como desarrollar alternativas para la solución de los mismos, obtiene o verifica la información que sirve de base a las decisiones para la realización o cancelación de un proyecto, localización y tamaño de la planta, las especificaciones del producto, tecnología y selección de la maquinaria y equipo.

Conviene entender la noción de mercado en un sentido muy amplio. Hay que incluir en ella todo el ambiente en el que la empresa se desarrolla y adapta.

Las características a considerar dentro del estudio de mercado para su evaluación son las siguientes:

#### 1. MEDIO AMBIENTE.

Es importante considerar este aspecto dentro del desarrollo de la planta, ya que de él depende en gran medida el buen funcionamiento de adaptación de la empresa en relación con clientes, proveedores, competidores, restricciones, tanto técnicas como políticas, fiscales, legales y administrativas. Cabe mencionar que una empresa no puede continuar su actividad

si no se adapta constantemente a los cambios del mercado.

Para fines de nuestro estudio, consideramos a clientes, distribuidores, proveedores y competidores como el medio ambiente de la empresa.

a) Clientes.

Dentro del marco de nuestro estudio, consideramos como clientes posibles a las siguientes industrias:

- ° De la construcción.- Con 100 empresas aproximadamente (consultar directorio al final de esta tesis).
- ° De línea blanca.- A los principales fabricantes como: Acros, Aceros Esmaltados S.A., Cinsa, Crolls Mexicana S.A., Easy S.A., Estufas y Refrigeradores Nacionales S.A., Friem S.A. de C.V., General Electric de México S.A. de C.V., Hoover Mexicana S.A. de C.V., Industrias astral S.A., Industrias Mabe S.A., Manufacturera Corpomex S.A., Sistelar S.A. entre las más importantes.
- ° Del transporte.- Carrocerías Reconstruidas S.A., Carrocerías Toluca S.A., Diesel Nacional S.A., Ford Motor Company S.A., General Motors de México S.A. de C.V. (G.M.), Grupo Industrial Casa S.A., Mexicana de Autobuses S.A. De C.V. (MASA), Nissan Mexicana S.A. de C.V., Astilleros de Veracruz S.A. de C.V., entre otros.
- ° Mueblera.- Delher S.A. de C.V., Baco S.A., Muebles Dico S.A., Lerdo Chiquito S.A., Mueblería Dacasa S.A., Industria Mueblera Mexicana S.A., Legaspi S.A., Muebles Vadu S.A., Muebles Comander S.A., D.M. Nacional S.A., Muebles Dessa S.A., López Morton S.A., entre otros.

b) Distribuidores.

Aluminio y Metales Návalos S.A., Superfil S.A., Mayoristas en Aluminio S.A., Alumaya, Productos H.G.G. S.A., Mercantil Aluminera S.A., Alucentro S.A., Aluminio Arquitectónico, Vidralum S.A., entre otros.

c) Proveedores.

Alcan Mexicana S.A. de C.V., Alcomex S.A., Compañía Nacional de Extrusiones S.A. de C.V. (CONESA), Cuprum S.A., La Cantabra S.A. de C.V., Reynolds Aluminio S.A. (RASA), Zinc Indus

trial S.A., Elementos Metálicos de America S.A., etc..

d) Competidores.

Anodizado Industrial y Artístico S.A. (ANIDARSA), Acabados Electrolíticos S.A., Anodizados Especiales S.A., Anodick S.A. Anodizados por Inmersión S.A., Anodizados Novanodik S.A., Anodizados Técnicos S.A., Colornodic S.A. de C.V., Anodize de México S.A., Compañía Anodizadora Mexicana S.A., Aluminio Alcovi S.A., Nuevos Anodizados Imol S.A., Anodizados de Aluminio S.A., Anodizados Industriales S.A., Anodizados y Acabados de Aluminio S.A., etc..

2. PATRONES DE CRECIMIENTO.

Dentro del proyecto de instalación de la planta, una de las decisiones básicas relativas a su crecimiento, fué la selección de la estrategia, consistente en una mayor penetración de los mercados ya establecidos con la misma línea de productos, ya que representa a la de menor riesgo, comparada con las demás formas de penetración.

3. MERCADO META.

Se analizará tomando en cuenta las necesidades del mercado en torno a nuestro producto, bajo las siguientes características:

a) Artículos que son comprados en el mercado.

Perfiles de aluminio arquitectónico anodizado en sus diferentes presentaciones, calidades y coloraciones.

° Presentaciones con base en su aplicación.

Bolsa de 3" x 1 3/4"

Bolsa de 2" x 1 1/4"

Puerta batiente de 1 3/4"

Puerta y ventana corredizas de 2"

Puerta y ventana corredizas de 3"

Recubrimientos

Tubos

Angulos

"T"s

Canales  
 Celosía  
 Perfiles para puerta de baño  
 Herrajes, etc.

° Calidades con base en el espesor de la capa anódica.

Acabado.	Espesores (micras).
Natural matizado	6 - 8
Natural matizado con pulido mecánico.	6 - 8
Oro brillante claro	4 - 6
Bronce medio	12 - 14
Bronce oscuro	12 - 14
Negro	12 - 14
Champaña	10 - 12

Para la selección del espesor se deberá tomar como base la agresividad atmosférica contra el material, dependiendo de tres factores que son:

- El grado de humedad; es el tiempo que se encuentra en contacto con la superficie.
- La contaminación de humos industriales (principalmente dióxido de azufre), residuos de carbón, etc.
- Contactos con cloruros, como son, proximidad a la atmósfera salina o derivados clorados de desechos industriales.

Para zonas industriales del centro y norte de la república, en donde la agresividad es media, el espesor adecuado será de 15 a 20 micras.

Para zonas rurales y aplicaciones de interiores, con una agresividad baja, el espesor deberá ser de 5 a 15 micras.

° Coloraciones.

Natural  
 Champaña  
 Bronce medio  
 Bronce oscuro

Oro  
 Vino  
 Negro  
 Duranodik

b) Motivos de compra.

- Variedad de colores
- Presentación y durabilidad
- Mínimo mantenimiento
- Alta resistencia a los agentes atmosféricos
- Gran versatilidad como elemento de la construcción moderna.

c) Compradores.

- Distribuidores de aluminio anodizado
- Fabricantes de cancelería
- Industrias de la construcción
- Industrias del transporte, mueblera y de línea blanca.

d) Formas de compra.

- De contado y a crédito (largo y corto plazos), mediante un respaldo que garantice el pago del producto adquirido.

4. EL PRODUCTO.

Conforma todo aquello que contribuye a la satisfacción del consumidor. A la vez es lo que un productor tiene que ofrecer y lo que un consumidor tiene que adquirir.

El análisis de nuestro producto nos ha llevado a la conclusión de determinarlo como un producto ampliado, porque además de ser un servicio físico que se ofrece al consumidor y que se reconoce como artículo vendido, presta un conjunto de servicios como: forma de envase, publicidad, asesoría al cliente, financiamiento, servicio de entrega y almacenamiento. Además de la consideración anterior, conviene ampliar la concepción del producto como "Producto genérico" ya que ofrece beneficios y cualidades.

## CARACTERISTICAS, USOS, CALIDAD Y PRODUCTOS SUSTITUTOS.

### a) Características.

Los perfiles son de aluminio, aleación calidad anodizable y están constituidos fundamentalmente; del cuerpo, que es la parte estructural o interna del perfil y de la cara, que queda aparente una vez colocado.

Respecto a su apariencia existen los de acabado brillante y los de acabado mate, en colores natural, oro, bronce, champañá y negro.

Referente a sus dimensiones existen perfiles en varias medidas, siendo las más comunes de 6.10 m. y con espesores de 1.5, 2 y 3 mm.. No obstante, se fabrican perfiles que llegan a medir hasta 9 m. en diferentes formas en cuanto a diseño y espesor.

En cuanto a sus características físicas, son impermeables, resistentes a la corrosión, de alta dureza, de mejor apariencia y se pueden obtener gran variedad de colores y alta resistencia a la abrasión.

### b) Usos.

Inicialmente se utilizarón en la industria de la construcción como materiales contra la acción del medio ambiente, para cancelería de puertas y ventanas; posteriormente, sin menospreciar sus características físicas, pasaron a formar parte importante entre los elementos decorativos tanto en la construcción como en la fabricación de muebles, herrajes, etc.

Por otra parte, como podemos ver, por los usos a que se destinan son comprados por consumidores, grandes distribuidores industriales y por el sector estatal. Por tal motivo la fuerza de ventas deberá ofrecer beneficios más que cualidades.

### c) Calidad.

El proceso de industrialización trae consigo el establecimiento de normas y técnicas de calidad. El cumplimiento de una norma puede ser por una exigencia legal o simplemente del mercado, que rechaza los productos que no se atienen a ella.

Nuestro producto en particular, debe cumplir con ciertas normas de calidad respecto a sus dimensiones, forma y caracte-

rísticas físicas y químicas. El análisis de estos aspectos se realiza con mayor detalle en el capítulo referente a control de calidad.

d) Productos sustitutos.

Existen pocos productos que reúnen las características de los perfiles anodizados, por tal motivo, los productos que pueden sustituir el uso de éstos son:

° En cancelería.

Producto sustituto	Ventajas	Desventajas
Perfiles de acero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- más económico</li> <li>- fácil de soldar.</li> <li>- mayor resistencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- menos resistentes a la corrosión.</li> <li>- apariencia.</li> <li>- requiere mayor mantenimiento.</li> </ul>
Madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- más barato (comercialmente).</li> <li>- fácil de trabajar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- menor vida útil.</li> <li>- menor resistencia a los agentes atmosféricos.</li> <li>- mayor mantenimiento.</li> </ul>

° Para muros, fachadas y decoración.

Producto sustituto	Ventajas	Desventajas
Madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- más barato (comercialmente).</li> <li>- fácil de trabajar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- menor vida útil.</li> <li>- menor resistencia.</li> <li>- mayor mantenimiento.</li> </ul>

Producto sustituto	Ventajas	Desventajas
Tapiz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- más económico.</li> <li>- fácil colocación</li> <li>- variedad en colores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- menor vida útil.</li> <li>- menor resistencia</li> <li>- requiere de un tratamiento previo para ser colocado.</li> </ul>
Pinturas y barnices	<ul style="list-style-type: none"> <li>- variedad de colores.</li> <li>- más barato.</li> <li>- fácil de sustituir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- menor durabilidad.</li> <li>- requiere de un tratamiento previo para ser aplicada.</li> <li>- apariencia.</li> </ul>

° Para muebles.

Producto sustituto	Ventajas	Desventajas
Madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fácil de <u>trabajar</u>.</li> <li>- más barata (comercialmente).</li> <li>- mayor variedad en diseños.</li> <li>- mayor <u>durabilidad</u>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mayor <u>mantenimiento</u>.</li> <li>- menor vida útil.</li> </ul>
Latón, bronce	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mejor <u>apar</u>encia.</li> <li>- mayor <u>resisten</u>cia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>difíciles</u> de <u>trabajar</u>.</li> <li>- más pesado.</li> </ul>

Producto sustituto	Ventajas	Desventajas
		- mantenimiento y pulido. - costo.
Acero	- más barato. - fácil de trabajar. - fácil de soldar - resistencia mecánica.	- mantenimiento. - más pesado. - fácil ataque del medio ambiente.

° Para accesorios.

Producto sustituto	Ventajas	Desventajas
Latón	- mejor apariencia. - mayor resistencia.	- difíciles de trabajar. - mantenimiento y pulido.
Plástico	- ligero - fácil de trabajar. - no requiere mantenimiento. - variedad de diseños. - más barato.	- menor resistencia.

---

Producto sustituto	Ventajas	Desventajas
Acero	<ul style="list-style-type: none"><li>- mayor <u>resisten</u> <u>cia</u>.</li><li>- más barato.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- mantenimiento (requieren de <u>re</u> <u>cubrimientos</u>).</li><li>- menor <u>resisten</u>- <u>cia</u> a <u>agentes at</u> <u>mosféricos</u>.</li></ul>

---

## CAPITULO 5

## LOCALIZACION DE LA PLANTA

En esta fase de la instalación se da la ubicación en la -- cual los costos de producción son mínimos y los aspectos y volúmenes de ventas proveen los mayores beneficios. Aunque esta -- consideración es teórica, se analiza gran parte de los aspectos que contribuyen al logro del objetivo.

La ubicación óptima se determina a partir del mejor cumpli- miento de los siguientes factores:

1. Disponibilidad y precio de: Electricidad, combusti- bles, agua, teléfono, eliminación de desperdicios, etc.
2. Disposiciones fiscales y legales.
3. Transportes y servicios públicos diversos.
4. Ubicación de mercados.
5. Fuentes de materia prima.
6. Disponibilidad y precio de mano de obra.
7. Factores climatológicos.
8. Imponderables.

Los primeros dos factores, de acuerdo a las necesidades de la planta, son indispensables para su instalación, por lo que se consideran como opciones sólo aquéllas que cumplan satisfactoriamente con estos requisitos; de aquí resulta el primer cri- terio de eliminación.

A continuación se efectúa un análisis de los 8 factores y se les dará una ponderación, describiendo en cada caso las nece

sidades específicas de nuestra empresa; el resultado de la evaluación de cada opción en este punto da un segundo criterio para la selección del área general.

## FACTORES REQUERIDOS PARA LA INSTALACION DE LA PLANTA

### 1. DISPONIBILIDAD Y PRECIO DE:

#### a) Electricidad.

Dado que el anodizado es un proceso electrolítico, es necesario contar en la planta con un fuerte suministro de energía eléctrica. En este proyecto y previendo aumentos de consumo en posibles ampliaciones, el suministro de energía eléctrica debe ser capaz de proporcionar, al menos, 1100 kw.

#### b) Agua.

Es un suministro vital para el funcionamiento de la planta y se requiere en grandes cantidades en enjuagues, reacción electrolítica, enfriamiento, coloraciones, etc. Con base en la capacidad de producción de la planta y futuras ampliaciones, el suministro de agua debe ser mayor a 500 m<sup>3</sup> diarios; por otra parte, es requisito que parte de esta agua esté libre de minerales y partículas contaminantes.

#### c) Eliminación de desperdicios.

El proceso de anodizado es altamente contaminante, principalmente en el agua de desecho, por lo que se considera conveniente instalar la planta fuera de zonas residenciales donde la densidad de población es baja y la disponibilidad de agua sea adecuada; además debe tener posibilidades de distribuir el agua de desecho.

#### d) Disponibilidad de medios de comunicación.

Como requisito indispensable para este punto se considera la disponibilidad de teléfono; deseable será la disponibilidad

de otros servicios como télex, telégrafo, etc., mismos que son - analizados en la parte de "Transportes y servicios públicos diversos".

## 2. DISPOSICIONES FISCALES Y LEGALES:

Se considera en esta fase los estímulos fiscales que el gobierno de la República otorga de acuerdo al "Programa de desconcentración territorial de las actividades industriales", que divide al país en tres zonas:

### Zona I.

De estímulos preferenciales; se subdivide en:

a) Desarrollo portuario industrial; ejemplos: Los municipios de Lázaro Cárdenas, Mich.; Ciudad Madero, Tamaulipas; Coatzacoalcos, Ver.; Minatitlán, Ver., entre otros.

b) Desarrollo urbano industrial; ejemplos: Los municipios de Aguascalientes, Ags.; Ensenada, B.C.N.; Mexicali, B.C.N.; Tijuana, B.C.N.; Matamoros, Coah.; Manzanillo, Col.; Gómez Palacio, Durango; Celaya, Gto.; León, Gto.; Salamanca, Gto.; Querétaro, Qro.; San Luis Potosí, S.L.P.; Mazatlán, Sin; Veracruz, Ver., entre otros.

### Zona II.

De prioridades estatales:

Los municipios de estas zonas serán designados por gobiernos estatales a manera de integrarlos a sus planes de desarrollo industrial: "Cuando los ejecutivos estatales expidan las disposiciones que señalan los municipios, la SEDUE y la SEPAFIN llevarán a cabo los estudios que determinen las bases sobre las cuales se propondrá al ejecutivo federal su incorporación al régimen que establece el decreto".

### Zona III.

De ordenamiento y regulación:

a) Crecimiento controlado; ejemplos: D.F., casi todos los municipios del estado de México, entre otros.

b) De consolidación: Ejemplos: Casi todos los municipios de Hidalgo, algunos del Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala.

En la zona I se aplicarán en forma preferente los estímulos fiscales, apoyos crediticios y precios diferenciales de energéticos y productos petroquímicos básicos, tarifas preferenciales de servicios públicos y los demás estímulos que determinen el ejecutivo federal.

En la zona II se aplicarán estímulos en una proporción menor.

En la Zona III no se aplicará ningún estímulo a las nuevas empresas industriales.

Los estímulos fiscales consisten en créditos contra impuestos federales, que se harán constar en certificados de promoción fiscal (CEPROFI) por la generación de empleos, construcción de una nueva planta y compra de maquinaria y equipo que expedirá la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, a través de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

En esta fase de análisis de "Disposiciones fiscales y legales" también se considerarán las leyes regionales de cada opción que afecten a la instalación de la planta.

De acuerdo a la importancia que cada factor tenga para la instalación de la planta, se ponderará con numeración entre cero y cinco puntos con el siguiente criterio:

- 0 Inconveniente
- 1 No necesario
- 2 Deseable

- 3 Necesario
- 4 Muy necesario
- 5 Indispensable

Posteriormente, de cada opción planteada, se analizará qué tanto cumplen con los factores citados y se hará una calificación como sigue:

- 0 No cumple, tiene otras situaciones adversas.
- 1 No cumple.
- 2 Cumple deficientemente.
- 3 Cumple de manera satisfactoria.
- 4 Cumple muy bien
- 5 Cumple perfectamente, mejora otros aspectos deseables.

Finalmente se efectuará el producto ponderación-calificación de cada factor en todas las opciones, se efectuará la sumatoria de productos por opción y, a la que acumule mayor puntuación, se considerará como la mejor. Así se elegirá la zona más adecuada para la instalación de la planta.

### 3. TRANSPORTES Y SERVICIOS PUBLICOS DIVERSOS.

En este caso se analizará por cada opción la manera en que cumplan con los requerimientos de la empresa.

En particular, será indispensable el acceso a la planta mediante vías terrestres, por lo cual, la disponibilidad y calidad de carreteras cercanas será la principal característica a tomarse en cuenta para la calificación de la opción, pues la construcción de vías de acceso aumentará la inversión y el costo de mantenimiento.

La disponibilidad de ferrocarril es deseable cuanto más cercano se encuentre éste.

La ponderación de este factor será evaluada con cinco puntos de acuerdo a las necesidades de la planta.

#### 4. UBICACION DE MERCADOS.

Se refiere a la distancia entre los puntos de consumo y - nuestra planta; se obtendrá como mejor opción en este factor a aquella en la cual el producto distancias-cantidad de consumo, sea el menor; la evaluación será inversamente proporcional a es te producto.

La evaluación de este factor con base en los requerimien--tos de la planta, será de 4 puntos.

La principal consideración en este caso es que el consumo resulta proporcional a la población en cada región.

#### 5. FUENTES DE MATERIA PRIMA.

Al igual que en el punto anterior, se refiere a las distanc cias entre las fuentes de materia prima (producción de aluminio en perfiles) y nuestra planta de producción; evaluándose de la misma forma.

Dado que en este caso, el transporte de materia prima es - más fácil y barato que el transporte de producto terminado, debido a problemas de empaque y deterioro de éste, se otorga una ponderación en un punto menor que el factor anterior (3 puntos).

#### 6. DISPONIBILIDAD Y PRECIO DE MANO DE OBRA.

Para este factor, se hacen dos consideraciones:

a) La disponibilidad de mano de obra es proporcional a la población en cada región.

b) El precio de la mano de obra se estima con base en la escala de salarios al momento del estudio en cada región.

Las dos consideraciones anteriores se suponen de igual importancia para la evaluación de cada opción. A este factor se le ponderará con dos puntos considerando las necesidades de la planta.

## 7. FACTORES CLIMATOLOGICOS.

Dado que el proceso de anodizado no requiere de estados climatólogicos muy específicos, este factor se ponderará con un punto; sin embargo, será deseable que cumpla con las siguientes características:

- Temperatura templada o cálida
- baja humedad en la atmósfera
- medio ambiente no corrosivo

## 8. IMPONDERABLES.

Este aspecto se refiere a factores que no son fáciles de cuantificar como sindicatos, ideología de la población, cultura, escuelas, etc.

Este factor será ponderado con un punto y se calificará de acuerdo a cada opción planteada.

## FACTORES DETERMINANTES PARA LA LOCALIZACION DE LA PLANTA.

Una vez especificada la manera de evaluar las opciones, se deberán considerar los factores determinantes que influyen en la localización de la planta, a fin de analizarlas a fondo.

### 1. Capacidad de producción.

De acuerdo a los estudios del mercado, así como el de disponibilidad de materias primas, se ha sugerido que la planta considerada tenga un volumen de producción inicial de 50,000 m<sup>2</sup> de anodizado de aluminio mensuales, teniendo una capacidad instalada de 150,000 m<sup>2</sup>.

### 2. Superficie necesaria para la planta.

De acuerdo con el estudio de pre-ingeniería correspondiente, la superficie total para la planta industrial, incluyendo las áreas de almacenamiento de materia prima, patio de manio-

bras, oficinas, área para proceso, área de servicios auxiliares, laboratorios, mantenimiento y proyectos para futuras ampliaciones es de 10,800 m<sup>2</sup>.

### 3. Insumos para la producción.

De los análisis para suministros obtenidos en el estudio de pre-ingeniería, se deduce que los requerimientos de insumos de producción para la capacidad inicial de la planta son como se indica a continuación:

#### a) Productos químicos:

- Jabón industrial (Over 1200)
- Sosa cáustica
- Dicromato de sodio
- Acido nítrico
- Acido sulfúrico
- Cloro
- Polvo de aluminio
- Acido oxálico
- Sulfato de cobalto
- Sulfato de magnesio
- Acido tartárico
- Acetato de níquel
- Acetato de amonio
- Acido bórico
- Trietanol amina (TEA)
- Orminal
- Pastas para pulir

#### b) Energía eléctrica:

El consumo de energía eléctrica se ha estimado en 1,100 - kilowatts (calculado en el estudio técnico).

#### c) Combustible:

Las necesidades de combustible se ha calculado en 29,304 Kg/mes. (cálculo hecho en el estudio técnico).

## d) Agua.

El consumo de agua se ha estimado en 5565 m<sup>3</sup> mensuales.

## e) Personal administrativo, técnico y de operación.

Se ha previsto que la planta requerirá 19 empleados administrativos, 11 técnicos de diversas especialidades y 16 obreros.

A continuación se describen las opciones que cumplen al menos con los requisitos anteriormente citados, dentro del territorio nacional.

Para la calificación de las opciones por factor, se ha hecho un análisis para cada una de ellas, habiéndose hecho varias consideraciones descritas a continuación.

En el factor analizado para las disposiciones fiscales y legales, se determinó inconveniente instalar la planta en la zona III de ordenamiento y regulación (México, D.F., Estado de México, Monterrey y Guadalajara), debido a que es una empresa que requiere de fuertes suministros de agua y energía eléctrica así como desechar grandes cantidades de agua.

Para la ubicación de los mercados de consumo y abastecimiento se tomó en cuenta la distancia que debe recorrer el producto hasta los mismos, así como el consumo y producción de materias primas para la planta en cada caso.

En el análisis de la disponibilidad y precio de mano de obra se ha evaluado la incidencia de la mano de obra en el costo del producto, la disponibilidad y estabilidad de los diversos tipos de mano de obra en las opciones, y se han investigado los niveles de sueldos y salarios.

Dentro de las factores imponderables que pueden influir en la localización se han considerado las preferencias de la población, sindicatos, prejuicios, cultura, religión, etc. Para tal efecto se han analizado los siguientes aspectos: nivel de ingresos, tendencia migratoria, tradiciones, costumbres, organizaciones cívicas, actividades económicas, recreativas y cultos reli--

giosos; dentro de lo posible en cada región.

El cuadro que se presenta a continuación muestra el resumen del análisis elaborado para determinar la ubicación de la planta.

Las columnas ("j"), numeradas del 1 al 8 representan cada uno de los factores y los renglones ("i"), las alternativas.

En los cuadros ("i-j"), la casilla superior izquierda contiene el valor de la ponderación de cada factor, la casilla superior derecha contiene la calificación obtenida para cada opción en ese factor y en la casilla inferior se encuentra el producto ponderación-calificación.

La última columna indica la suma de los productos por renglón.

FACTOR OPCION	1		2		3		4		5		6		7		8		TOTAL
	5	4	3	4	5	5	4	5	3	5	2	5	1	4	1	3	
Querétaro (De Ar-teaga), Qro.	20		12		25		20		15		10		4		3		109
San Luis Potosí, S.L.P.	10		12		25		20		12		10		4		4		97
Veracruz, Ver.	20		9		25		16		12		8		2		2		94
León, Gto.	10		12		25		16		12		8		4		4		91
Salamanca, Gto.	15		12		15		16		15		8		3		3		87
Mazatlán, Sin.	5		12		15		16		6		8		2		2		66
Matamoros, Coah.	15		12		15		16		9		6		5		3		81
Tijuana, B.C.N.	25		12		25		4		3		8		4		3		84
Mexicali, B.C.N.	20		12		25		4		3		8		4		3		79
Ensenada, B.C.N.	5		12		10		4		3		6		4		4		48
Aguascalientes Ags	5		9		15		20		12		8		4		4		77
Minatitlán, Ver.	5		12		10		8		12		4		3		3		57
Coatzacoalcos, Ver.	5		12		10		8		6		6		3		3		53

Como resultado del análisis anterior se observa que la opción más adecuada para la instalación de la planta es el estado de Querétaro; ya que es la mejor puntuación obtenida. Por otra parte, para determinar la ubicación exacta de la misma, se llevó a cabo un estudio detallado dentro del estado de Querétaro, concluyendo que San Juan del Río es la zona más apropiada, ya que cumple con los requerimientos establecidos.

A continuación se detallan los cinco municipios más importantes considerados en el estudio.

### Querétaro, Qro.

#### 1) Características físicas<sup>(1)</sup>

Temperatura máxima absoluta	36.3°C
Temperatura mínima absoluta	- 2.8°C
Humedad relativa media	53 %
Presión barométrica media	757.7 mm.
Clima: semi-seco, templado	
Area de los municipios	760 Km <sup>2</sup>

#### 2) Población

	miles de habitantes
Municipio de Querétaro <sup>(2)</sup>	373.9
Por grupos de edad:	
° de 20 a 24 años	37.6
° de 25 a 29 años	29.0
° de 30 a 39 años	40.4

#### 3) Vivienda<sup>(3)</sup>

	miles
Total	49.3

4) Actividad industrial<sup>(4)</sup>

Empresas industriales	número
Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria y equipo, excepto eléctrico .	35
Construcción, reconstrucción y ensamble de equipo de transporte.	4
Total de empresas	441

5) Población económicamente activa<sup>(5)</sup>

Rama de actividad	%
Transformación manufacturera	25.1
Construcción	7.1
Electricidad	0.2

6) Principales empresas industriales<sup>(6)</sup>

Empresa	giro
Industrias Astral, S.A.	Refrigeradores
Singer Mexicana, S.A. de C.V. <sup>(7)</sup>	Máquinas de coser y tejer.

7) Salario mínimo general<sup>(8)</sup>

\$ 921.00 diarios.

## 8) Actividad comercial.

Empresas comerciales <sup>(9)</sup>	número
Materiales para construcción	70
Vidrios y cristales	14

9) Banca<sup>(10)</sup>

Instituciones de crédito (sucursales)	34
Instituciones de seguros	6
Uniones de crédito	1

## 10) Servicios

Transportes	número
Líneas de camiones forá- neos (carga) (11)	42
Ferrocarril: Distrito Federal a Nuevo Laredo, Tam. (11)	
Aeropuerto: Estatal (12)	

## 11) Viviendas terminadas por el Infonavit (13)

Número de viviendas: 1,104

° Sí hay gas natural

° Existe el parque industrial Benito Juárez, el Parque Industrial de Querétaro y central hidráulica.

## San Luis Potosí, S.L.P.

## 1) Características físicas (1)

Temperatura máxima absoluta 36.5 °C

Temperatura mínima absoluta - 7 °C

Humedad relativa media 31%

Presión barométrica media 758 mm

Clima: seco, templado.

Area de los municipios 1,575 Km<sup>2</sup>

## 2) Población

miles de habitantes

Zona metropolitana 583.6

Por grupos de edad:

° de 20 a 24 años 57.2

° de 25 a 29 años 42.0

° de 30 a 39 años 61.3

## 3) Vivienda (3)

miles

Total 77

## 4) Actividad industrial (4)

Empresas industriales	número
Extracción y beneficios de <u>mi</u> nerales metálicos, industria del papel y refinación del <u>pe</u> tróleo y derivados del carbón mineral.	4
Metálicas básicas	8
Químicas	21
Fabricación, ensamble y repa- ración de maquinaria y equipo, excepto eléctrico	34
Total de empresas	735

## 5) Población económicamente activa (5)

Rama de actividad	%
Transformación (manufacturera)	15.8
Construcción	7.5
Electricidad	0.3

## 6) Principales empresas industriales (6)

Empresa	giro
Industrias Químicas de México, S.A.	Acido sulfúrico
Montana, muebles y modula res, S.A.	muebles

## 7) Salario mínimo general (8)

\$ 1,015.00 diarios

- 8) Actividad comercial
- |                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Empresas comerciales <sup>(9)</sup> | número |
| Materiales para construcción        | 135    |
| Vidrios y cristales                 | 40     |
- 9) Banca<sup>(10)</sup>
- |                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Instituciones de crédito (sucursal) | 39 |
| Instituciones de seguros            | 9  |
- 10) Servicios
- |  |        |
|--|--------|
| Transportes  | número |
| Líneas de camiones foráneos (carga) <sup>(11)</sup>  | 52     |
| Ferrocarril: Chicalote, Ags. a Tampico, Tamps. y México, D.F. a Nuevo Laredo, Tamps. <sup>(11)</sup> |        |
| Aeropuerto: Federal <sup>(12)</sup>  |        |
- 11) Viviendas terminadas por el Infonavit<sup>(13)</sup>
- Número de viviendas: 1,759
- ° Gasoducto en proyecto
  - ° Se tiene la Zona Industrial de la ciudad.

Veracruz, Ver.

- 1) Características físicas<sup>(1)</sup>
- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| Temperatura máxima absoluta | 41°C                |
| Temperatura mínima absoluta | 0°C                 |
| Humedad relativa media      | 76 %                |
| Clima: húmedo, cálido.      |                     |
| Area del municipio          | 284 Km <sup>2</sup> |

2) Población	miles de habitantes
Zona Metropolitana	423.8
Por grupos de edad:	
° de 20 - 24 años	45.6
° de 25 - 29 años	35.7
° de 30 - 39 años	53.5
3) Vivienda <sup>(3)</sup>	miles
total	79.5
4) Población económicamente activa <sup>(5)</sup>	
Rama de actividad	%
Transformación (manufacturera)	12.2
Construcción	6.2
Electricidad	0.5
5) Principales empresas industriales <sup>(6)</sup>	
Empresa	giro
Aluminio, S.A. de C.V.	lingote de aluminio
Astilleros Unidos de Veracruz, S.A.	astillero
Liquid Carbonic de México, S.A. <sup>(7)</sup>	productos químicos
6) Salario mínimo general <sup>(8)</sup>	
\$ 1,250.00 diarios	
7) Actividad comercial	
Empresas comerciales <sup>(9)</sup>	número
Materiales para la construcción	48
Vidrios y cristales	13

8) Banca <sup>(10)</sup>	Número
Instituciones de crédito (sucursales)	33
Instituciones de seguros	11
Uniones de crédito	1

## 9) Servicios

Transportes	número
Líneas de camiones foráneos (carga) <sup>(11)</sup>	64
Ferrocarril: Teotihuacan, Mex. a Veracruz, Ver.	
México, D.F. a Veracruz, Ver.,	
Tierra Blanca, Ver. a Veracruz, Ver.	

10) Viviendas terminadas por el Infonavit <sup>(13)</sup>	
Número de viviendas:	600

11) Carga marítima<sup>(14)</sup>

Tráfico de altura	tons.
Embarcada (exportación)	498
Desembarcada (importación)	2,462

- Gas natural: sí hay
- Cd. Industrial Bruno Pagliai

## León, Gto.

1) Características físicas<sup>(1)</sup>

Temperatura máxima	27.3°C
Temperatura mínima	11.9°C
Humedad relativa media	45 %
Presión barométrica media	757.7 mm
Clima: seco, templado	
Area de los municipios	1701 Km <sup>2</sup>

2) Población	miles de habitantes
Zona metropolitana <sup>(2)</sup>	913.3
Por grupos de edad:	
° de 20 a 24 años	19.7
° de 25 a 29 años	15.4
° de 30 a 39 años	22.3
3) Vivienda <sup>(3)</sup>	miles
Total	109.2
4) Actividad industrial <sup>(4)</sup>	
Total de empresas	1,330
5) Población económicamente activa <sup>(5)</sup>	
Rama de actividad	%
Transformación (manufacturera)	17.3
Construcción	7.2
Electricidad	0.6
6) Principales empresas industriales <sup>(6)</sup>	
Empresa	giro
Química central de México, S.A. (en San Francisco del Rincón)	productos químicos
7) Salario mínimo general <sup>(8)</sup>	\$ 1,050.00 diarios
8) Actividad comercial	
Empresas comerciales <sup>(9)</sup>	número
Materiales para construcción	107
Vidrios y cristales	28
9) Banca <sup>(10)</sup>	
Instituciones de crédito (sucursales)	52
Instituciones de seguros	12
Uniones de crédito	2

## 10) Servicios

Transportes	Número
Líneas de camiones foráneos (carga) <sup>(11)</sup>	46
Ferrocarril: México, D.F. a Cd. Juárez, Chih.	
Aeropuerto: Nacional <sup>(12)</sup>	

11) Viviendas terminadas por el Infonavit<sup>(13)</sup>

Número de viviendas: 859

° Gasoducto en proyecto

° Se tiene la ciudad industrial de León

## Salamanca, Gto.

1) Características físicas<sup>(1)</sup>

Temperatura máxima 28.6°C

Temperatura mínima 10.9°C

Clima: semi-seco, semi-cálido

Area de los municipios 774 Km<sup>2</sup>

## 2) Población

miles de habitant.

Municipio de Salamanca<sup>(2)</sup> 201.0

Por grupos de edad:

° de 20 a 24 años 18.2

° de 25 a 29 años 14.7

° de 30 a 39 años 21.4

3) Vivienda<sup>(3)</sup>

miles

Total 109.2

4) Actividad industrial <sup>(4)</sup>	
Empresas industriales	número
Químicas	8
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo.	25
Total de empresas	204
5) Población económicamente activa <sup>(5)</sup>	
Rama de actividad	%
Transformación manufacturera	7.7
Construcción	9.4
Electricidad	0.2
6) Principales empresas industriales <sup>(6)</sup>	
Empresa	giro
Cryoinfra, S.A. de C.V. <sup>(7)</sup>	gases industriales.
Liquid Carbonic de México, S.A. <sup>(7)</sup>	productos químicos
Univex, S.A.	productos químicos
7) Salario mínimo general <sup>(8)</sup>	\$ 1,050.00 diarios
8) Actividad comercial	
Empresas comerciales <sup>(9)</sup>	número
materiales para construcción	20
vidrios y cristales	5
9) Banca	
Instituciones de crédito (sucursales)	10

## 10) Servicios

	Número
Transportes	
Líneas de camiones foráneos (carga) <sup>(11)</sup>	12
Ferrocarril:	
México a Cd. Juárez, Chih., Salamanca, Gto. a Jaral del Progreso, Gto. <sup>(11)</sup>	
Aeropuerto: Federal <sup>(12)</sup>	

11) Viviendas terminadas por el Infonavit<sup>(13)</sup>

Número de viviendas: 95

## R e f e r e n c i a s :

- ( 1 ) Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
- ( 2 ) Estimación al 30 de junio de cada año, cifras revisadas
- ( 3 ) Datos censales del municipio
- ( 4 ) Censo industrial SPP, no incluye extracción y refinación de petróleo y petroquímica básica
- ( 5 ) Censo de población SPP, datos del municipio
- ( 6 ) Con \$ 50 millones o más de capital social o \$ 500 millones o más
- ( 7 ) Tiene también planta(s) en otras ciudades
- ( 8 ) Comisión Nacional de los Salarios Mínimos del 4 de junio al 31 de diciembre de 1985 (Art. 570 de la Ley Federal del Trabajo)
- ( 9 ) Investigación directa: negocio con servicio telefónico
- (10) Asociación de Banqueros de México
- (11) Investigación directa
- (12) S.C.T.: incluye comercial, particular y oficial
- (13) Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los tra bajadores
- (14) Centro de Computación y Estadística, Secretaría de Marina.

## CAPITULO 6

## ESTUDIO TECNICO DEL PROYECTO

El estudio técnico del proyecto, tiene por objeto realizar una doble función: primero, la de aportar la información que permita realizar una evaluación económica del proyecto y, segundo, la de establecer las bases técnicas sobre las que se construirá e instalará la planta.

Para fines específicos del proyecto, el estudio técnico consistió en la realización de una serie de actividades que tuvieron por objeto obtener la información necesaria para la adopción de un proceso de producción adecuado. En la segunda fase se realizaron las especificaciones de la maquinaria y equipo, el costo de los mismos así como el de la obra civil y del terreno.

En el presente capítulo se describen los principales rubros de carácter técnico que fue necesario llevar a cabo como parte del proyecto, siendo éstos los siguientes:

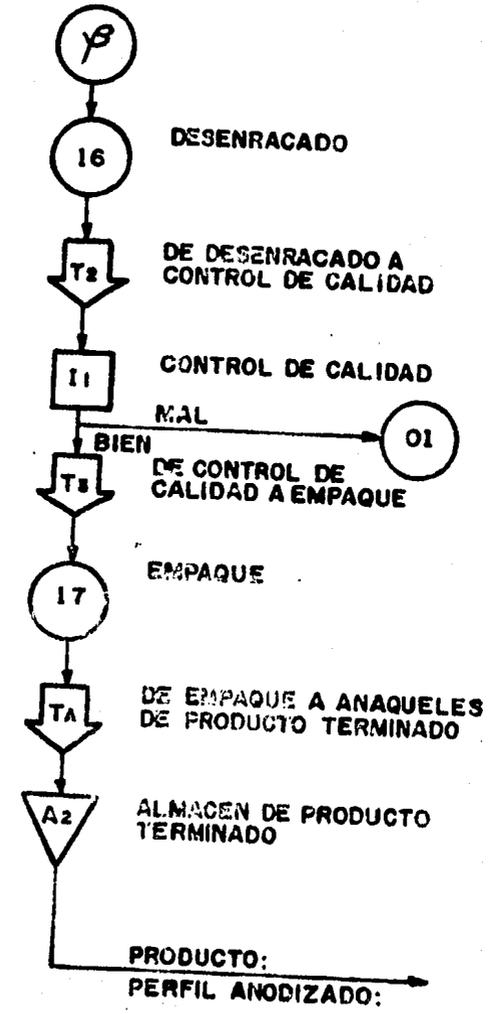
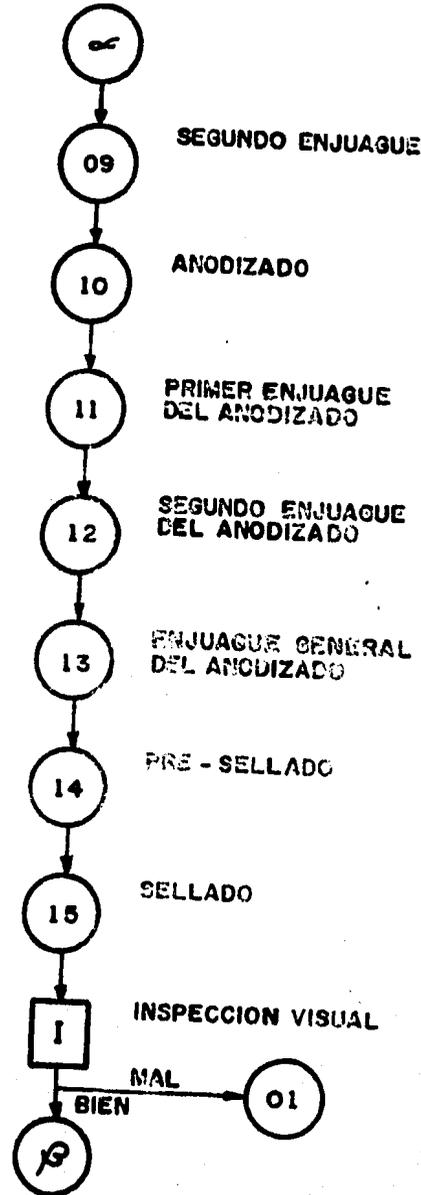
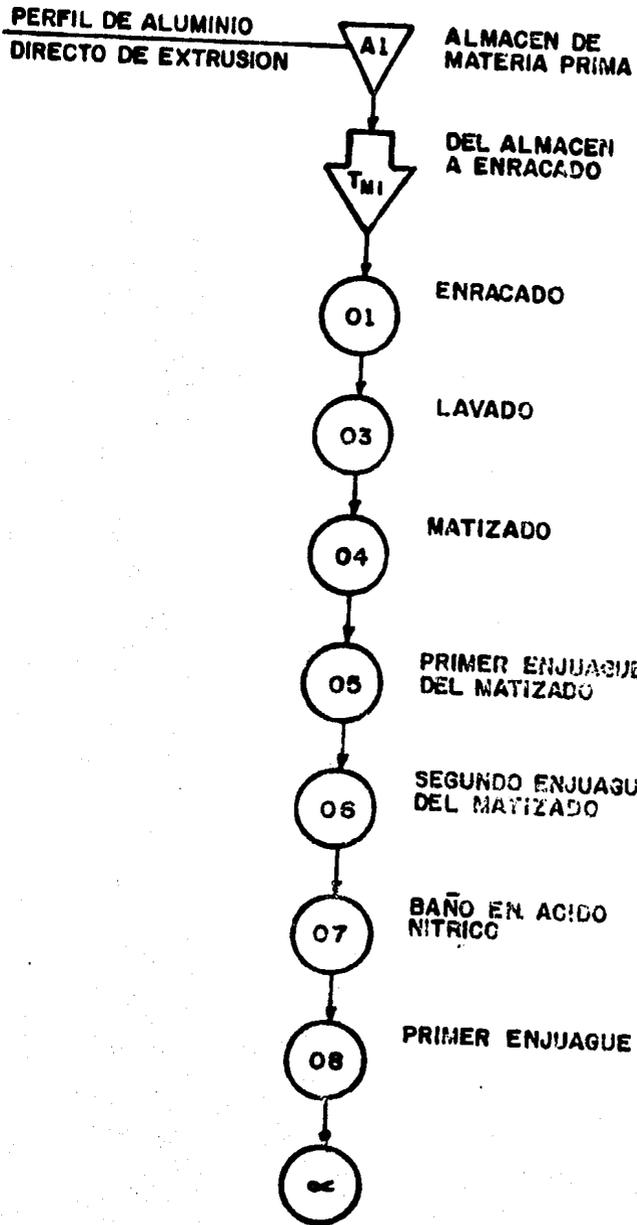
1. Selección del proceso
2. Diagrama del proceso
3. Descripción del diagrama del proceso
4. Diagrama de flujo
5. Selección y especificación de maquinaria y equipo
6. Selección y especificación de servicios auxiliares
7. Plano de distribución de áreas de la planta
8. Plano de distribución del equipo en el área de anodizado
9. Costos de terreno, construcción, maquinaria y equipo así como servicios auxiliares.

## 1. SELECCION DEL PROCESO

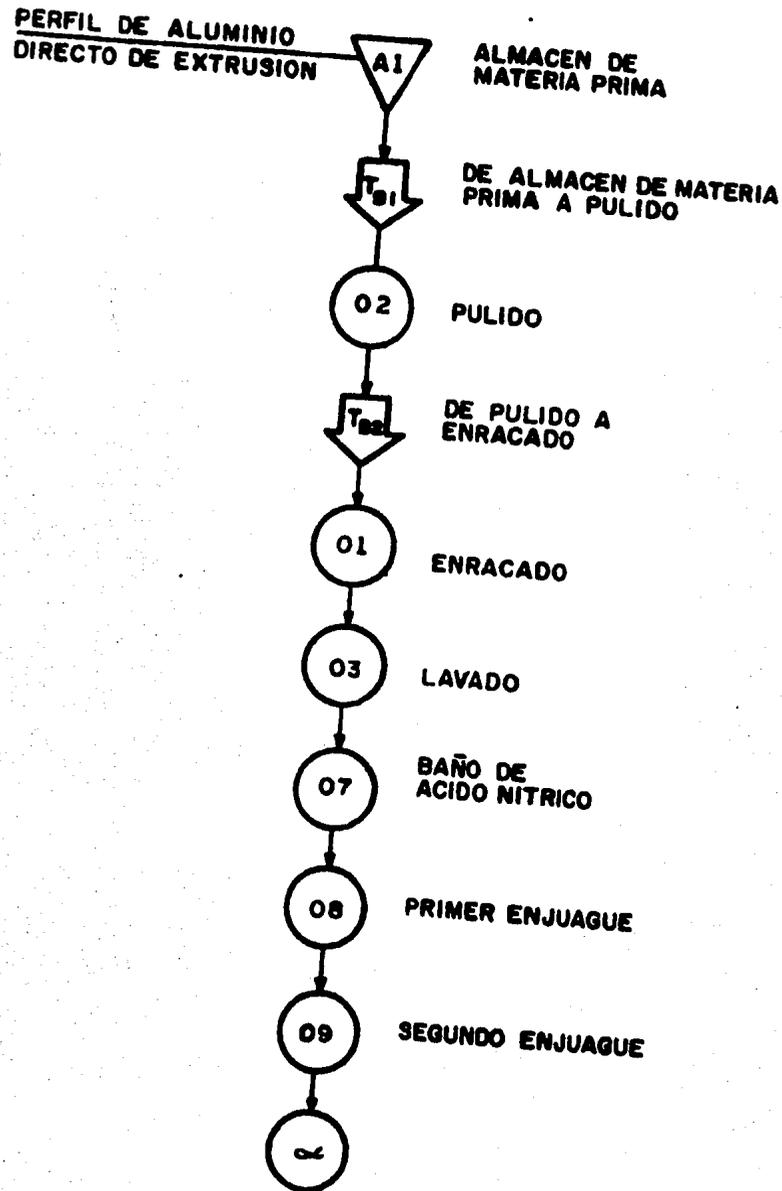
El proceso seleccionado para la producción, comprenderá el anodizado de los perfiles en electrolito de ácido sulfúrico - que es el método más utilizado en la actualidad, descrito con mayor detalle en el capítulo correspondiente a "Proceso del Anodizado" (capítulo 7).

Después de un análisis entre diversas opciones, se seleccionó el proceso antes mencionado con la finalidad de ajustarse a los volúmenes de producción previstos, así como para dar origen a productos que reúnan las especificaciones que demanda el mercado, considerando que sea factible de llevarse a cabo - en los equipos que pueden ser obtenidos.

**B. DIAGRAMA DE PROCESO.  
PRETRATAMIENTO CON ACABADO MATE.**



**B. DIAGRAMA DE PROCESO.  
PRETRATAMIENTO CON ACABADO BRILLANTE.**



### 3. DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE PROCESO

Almacén de materia prima. (A1).

Es el primer paso del proceso, en donde se reciben los perfiles directos de extrusión, que es la materia prima para el anodizado.

Transporte. (TM1).

Del almacén de materia prima al área de enracado.

Enracado. (01).

Se efectúa en racks de 6m. de largo, totalmente construidos de aluminio, donde se sujetan los perfiles para ser sumergidos en las tinajas.

En el enracado se colocan los perfiles ligeramente inclinados para facilitar el escurrimiento de los mismos al sacarlos de las tinajas.

Del enracado, depende el buen contacto para efectuar la electrólisis. Según la experiencia, el enracado con tornillo de titanio es más adecuado para garantizar una buena conductividad.

Pulido. (02).

Esta operación se aplica solamente a aquellos perfiles que requieren un acabado brillante de acuerdo a las especificaciones solicitadas por el comprador.

Se efectúa en una máquina pulidora automática con ruedas de cizal y pasta para pulir.

Lavado. (03).

El objetivo primordial de este baño de jabón es el de remover aceites, grasas y partículas adheridas a los perfiles.

Se realiza con desengrasante "Over-1200", ya que no deja residuos.

Matizado. (04).

El objetivo de este baño es atacar la superficie ya limpia del aluminio, quitándole, por lo mismo, el brillo natural al metal, así como eliminar asperezas profundas; gracias a este baño, se obtienen los acabados "mate" del aluminio anodizado, ya que el poro se abre al ser atacada la superficie.

Enjuagues del matizado. (05, 06).

En estos enjuagues el objetivo que se persigue es la eliminación de todos aquellos residuos de sosa cáustica que hayan quedado en el matizado, así como la contaminación de las soluciones en las siguientes operaciones.

Baño en ácido nítrico. (07).

Su función es neutralizar los residuos de sosa cáustica que quedan atrapados en los poros del aluminio.

Enjuagues del ácido nítrico. (08, 09).

Como en los enjuagues del matizado, se persigue la eliminación de los residuos de ácido nítrico.

Anodizado. (010)

En esta operación se lleva a cabo la reacción electrolítica al someter el perfil de aluminio al paso de corriente directa dentro de un electrolito, formándose así la capa de alúmina (capa anódica) en la superficie del material.

Enjuagues del anodizado. (011, 012).

Esta operación se lleva a cabo con agua neutra, en donde es muy importante conservar un Ph ácido en el primer enjuague y en el segundo un Ph neutro para no contaminar las soluciones

de presellado y de sellado.

Enjuague general del anodizado. (013).

El objetivo de este tercer enjuague, es el de asegurar que el material vaya libre de sales de aluminio, para lo cual se re quiere también tener un Ph neutro y agua cruda.

Presellado. (014).

En esta operación se requiere tener agua desmineralizada y el objetivo primordial es disminuir el tiempo en el sellado.

Sellado. (015).

El objetivo de esta operación es el de sellar el recubrimiento de óxido de aluminio que se ha aplicado al material, es decir, los poros son cerrados. Por otra parte, en el caso de recubrimientos que hayan sido coloreados, se previene el sangrado de la materia colorante evitando de esta manera la pérdida de color.

Inspección visual. (I1).

Se lleva a cabo para verificar que el anodizado no esté afectado por escurrimientos, brisado, flameado o que esté fuera de tono. En el capítulo 9 se detalla el sistema de inspección.

Desenracado. (016).

Consiste en desmontar los perfiles ya anodizados de los racks y colocarlos en tarimas para que se lleve a cabo el control de calidad.

Transporte. (T2).

Del área de desenracado a control de calidad.

Control de calidad. (I2).

Consiste en la inspección de los perfiles anodizados de tal manera que la capa anódica cumpla con las normas establecidas tanto por la empresa como por los consumidores. En el capítulo 9 se detalla el sistema de control de calidad.

Transporte. (T3).

De control de calidad a empaque.

Empaque. (017).

Se realiza con el objetivo de proteger el material durante el transporte y el almacenamiento.

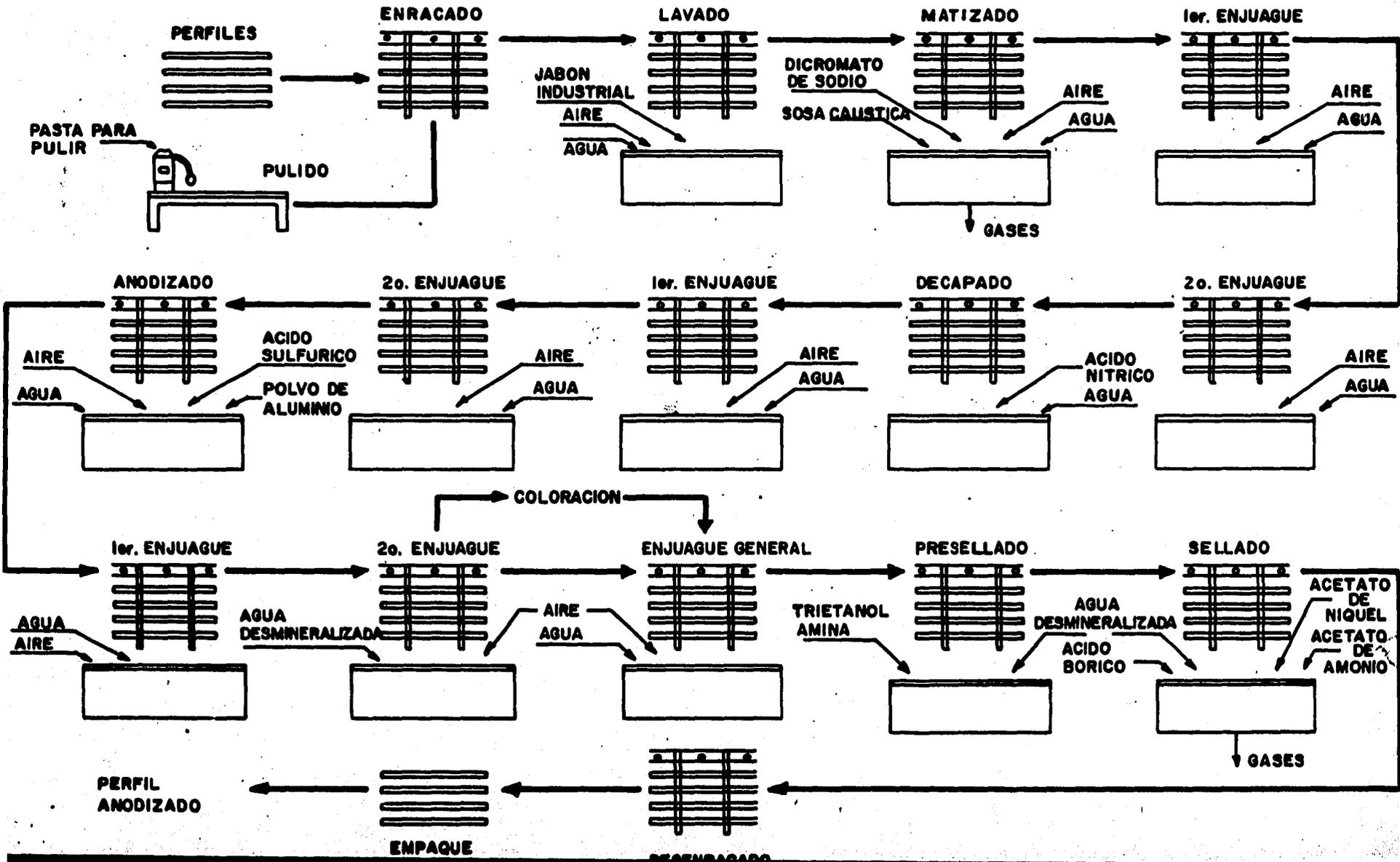
Transporte. (T4)

De empaque a los anaqueles de producto terminado.

Almacén. (A2).

De producto terminado

**D. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE ANODIZADO DE PERFILES DE ALUMINIO.**



## 5. SELECCION Y ESPECIFICACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO.

La selección de maquinaria y equipo para la planta industrial se llevó a cabo eligiéndolo de acuerdo con el proceso a utilizar.

A continuación, se presenta una relación de dicha selección y posteriormente la especificación de cada uno de ellos.

<u>Equipo</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>
Tinas	18	Pieza
Transfer	1	"
Grua de rieles paralelos	2	"
Soporte para rack	3	"
Racks	8	"
Bombas	4	"
Tratador de agua desmineralizada	1	"
Quemadores	5	"
Equipo de refrigeración	2	"
Depósito de sosa cáustica	1	"
Depósito de ácido sulfúrico	1	"
Rectificadores	2	"
Soplador	1	"
Tablero de control de corriente	3	"
Tablero de control general	1	"
Arrancador del rectificador	1	"
Subestación	1	"
Ventiladores de gases	1	"
Extractores de aire	3	"
Pulidora	1	"
Equipo de medición	1	lote
Anaqueles de productos químicos	5	pieza
Mesas	4	"
Extinguidores	12	"
Esmeril de banco	1	"
Taladro de pie	1	"
Torno	1	"
Depósito de agua	1	"

### Tinas.

Estarán construidas de acero al carbón a excepción de: la de decapado, coloreado y sellado, que serán de acero inoxidable de 7 m. de longitud por 1.60 m. de ancho y 2.30 de altura, más 0.50 m. para los quemadores en las tinas que lo requieren, fabricadas en placa de 4.76 mm. de espesor y 6.35 mm. para fondo, con refuerzos de ángulo en acero al carbón y con un peso total aproximado de 3164 Kg.

Contarán con un sistema de soportes para los diferentes equipos con que cada tina deba contar, como se especifica en el capítulo 8, además de la estructura sobre la que descansará la tina. Todo construido en perfil estructural de acero al carbón.

Los accesorios que requiere cada tina como válvulas, rebosaderos, tuberías, contactores, etc. serán de acuerdo a las necesidades de cada una.

### Transfer.

Será de las mismas características que las tinas pero con las siguientes dimensiones: 15.2 m. de largo por 1.6 m. de ancho por 2.30 de altura; además contará con un sistema de transporte de los racks de un extremo a otro por medio de un motor eléctrico.

### Grúa de rieles paralelos.

Estará montada sobre un vehículo que será anclado sobre rieles estandar, por un sistema de locomoción mediante un motor eléctrico. Tendrá una capacidad de una tonelada de carga y la distancia entre rieles será de 5 m., con una carrera de 39 m.

### Soporte para rack.

Serán construídos totalmente en acero estructural con dimensiones de 17.5 m. de largo por 0.85 m. de ancho entre sopor

tes (medida interna) y 2.30 m. de altura, soportando una carga máxima de 2 toneladas.

#### Rack's.

Serán construidos de aluminio estructural, para evitar el ataque de los baños, con una longitud de 7.20 m. por 0.80m. de ancho (medida exterior) y con barras ajustables colgantes de - 2.10 m. de altura, con sujetadores para los perfiles y con tornillos de titanio.

#### Bombas.

Dependiendo de su uso, tendrán diferentes características:

° Bomba para el depósito de agua cruda.

Gasto: 13.9 m<sup>3</sup>/hr.

Ciclaje: 60 Hertz

Trifásico

Voltaje: 440 volts.

Amperaje: 6.5 ampers

Revoluciones: 1750 r.p.m.

Potencia: 5 H.P.

Máx. temperatura: 40°C

Factor de servicio:1.0

° Bombas para el depósito de sosa cáustica.

Para manejar sosa cáustica químicamente pura.

Construcción del impulsor y carcasa en resina epóxica.

Flecha de acero inoxidable con recubrimiento epóxico.

Tipo de succión: ahogada

Diámetro de la tubería de succión: 1 1/4"

Diámetro de la tubería de descarga: 3/4"

Motor: 1 H.P

Revoluciones: 1750 r.p.m.

Amperaje: 2.45 ampers

Voltaje: 440 volts

Ciclaje: 60 Hertz

Trifásico

° Bombas para el depósito de ácido sulfúrico.

Para manejar ácido sulfúrico a 75% de concentración, con las mismas especificaciones de la de sosa cáustica, a excepción de que requiere una flecha de acero inoxidable sin recubrimiento.

Tratador de agua desmineralizada.

Será un tanque cilíndrico, construido en acero al carbón con una capacidad de regeneración de 3 m<sup>3</sup>/hora, y con una bomba de las siguientes características:

Motor:	1 H.P.
Revoluciones:	1750 r.p.m.
Amperaje:	2.45 Ampers
Voltaje:	440 Volts
Ciclaje:	60 Hertz.
Trifásico	

Quemadores:

° Regulador de gas

Voltaje:	120 volts
Voltaje de operación:	245 volts
Máxima presión:	20 psi
Ciclaje:	60 Hertz.

° Motor del ventilador del quemador

Motor trifásico cerrado

Diseño: Nema

Voltaje:	220/440 volts
Amperaje:	3/1.5 Ampers
Revoluciones:	3435 r.p.m.
Peso:	23.6 Kg.

Válvula de seguridad

tipo S - 202

rango de resorte: 14 - 30 wc  
 máxima presión de entrada: 7 Kg/cm<sup>2</sup>  
 máxima presión de salida de operación: 30 wc  
 máxima presión de salida de emergencia: 1.05 Kg/cm<sup>2</sup>

#### Rectificadores.

Convertidor de corriente directa de selenio

Entrada C.A.: 440 volts  
 Salida C.D.: 24 volts  
 Amperaje C.A.: 321 Ampers  
 Amperaje C.D.: 8000 Ampers  
 Trifásica tipo E.S.  
 Ciclaje: 60 Hertz  
 KVA: 320

#### Soplador.

Presión: 7 lb/in<sup>2</sup>  
 Gasto: 1.5 m<sup>3</sup>/s.  
 Tipo: centrífugo  
 Motor: 220/440 volts  
 Potencia: 75 H.P.

#### Tablero de control de corriente.

Con controlador de corriente continua, de cero a ocho mil ampers y un controlador de voltaje de cero a veinticuatro volts. Luces de alarma. Indicadores luminosos de en cendido y apagado.

#### Tablero de control general.

Totalmente en acero esmaltado, tipo piso, con controles - para el anodizado y los demás equipos de proceso. Incluyendo los siguientes aditamentos: Control de temperatura, luces de alarma, arrancadores magnéticos para los equipos de proceso.

### Equipo de refrigeración.

Un compresor de cuatro cilindros en "V", con capacidad de 360KBTU, con válvulas de servicio, volante, poleas, bandas y equipado con: motor de 3 fases, 60 Hz, 220 volts, a prueba de salpicaduras. Arrancador magnético y elementos térmicos. Manómetro de baja presión. Tablero de manómetros, controles de alta y baja presión; enfriador de aceite. Separador de aceite automático con retorno al carter.

### Depósito de sosa cáustica.

Cilíndrico, horizontal, construido en acero al carbón con acabado vinílico anticorrosivo. Válvula de salida de una pulgada. Indicador de nivel. Plataforma estructural de 4 m. de altura. Dimensiones: 0.7 m. de radio por 1 m. - de largo. Capacidad: 1.5 m<sup>3</sup>.

### Depósito de ácido sulfúrico.

Cilíndrico, horizontal, construido de acero inoxidable. - Con las mismas especificaciones del anterior. Dimensiones: 0.56 m. de radio por 1.0 m. de largo. Capacidad 1 m<sup>3</sup>.

Arrancador para el rectificador.

Arrancador magnético combinado. Tipo 853-9, provisto de un arrancador magnético a plena carga a tensión completa y un interruptor desconectador tipo termomagnético (Clave 8539) alojados en el mismo gabinete formando una sola unidad.

El arrancador magnético protege al rectificador contra sobrecargas; el interruptor protege la línea y el arrancador contra cortos circuitos.

Estos dos equipos se encuentran alojados en un mismo gabinete y presenta mayores ventajas comparado contra el arrancador y el interruptor en gabinetes separados: menor espacio, una sola entrada de alimentación, menor costo de alambrado y menor costo de instalación.

Por otra parte, provee mayor seguridad para el operador ya que la cubierta tiene un seguro sobre la manija que no permite abrir la puerta sin antes desconectar el interruptor.

#### Especificaciones:

Voltaje: 440 volts  
 Tamaño del portafusible (mordaza): 400 ampers  
 Arrancador tamaño: NEMA - 4  
 3 polos  
 Ciclaje: 50 - 60 Hz.

#### Subestación:

Compacta bajo especificación de la norma ANSI. Gabinete - autosoportado, provisto de puertas abisagradas, construido con láminas de acero calibre 14 USG (1.89 mm) para cubiertas y techo, calibre 12 USG (2.78 mm) para puertas, estructuras, uniones de módulos y elementos estructurales o de soporte.

Base perimetral de canal estructural de acero (2.78 mm. de espesor) y con las siguientes especificaciones:

Voltaje entre fases (primario) 23 Kv.  
 Voltaje entre fases (secundario) 440 Volts.

Conexión estrella  
 Capacidad nominal 1250 Kva.

#### Ventilador de gases.

Con el objeto de purificar el ambiente de la planta se - instalará un ventilador para extracción de gases, con las siguientes especificaciones:

Motor: 1 H.P.  
 Trifásico acoplado por poleas de 25 pulg. de diámetro.  
 Voltaje: 440 volts  
 Revoluciones: 1750 r.p.m.  
 Amperaje: 2.5 ampers.

#### Extractores de gases.

Se instalarán con el objeto de extraer los gases que se - generan en las tinas.

Consta de una turbina acoplada a un ciclón que extrae los gases por conductos colocados a lo largo de las tinas.

#### Especificaciones:

Motor: 5 H.P.  
 Trifásico.  
 Voltaje: 440 volts  
 Amperaje: 6.8 ampers

#### Pulidora.

Motor: 7.5 H.P.  
 Voltaje: 440 volts  
 Trifásica  
 Revoluciones: 1750 r.p.m.  
 Amperaje: 9.0 ampers

Consta de rodillos de fieltro semiduro, plancha de 8 m. de largo por 1.5 m. de ancho y elevadores hidráulicos para ajuste de presión.

### Equipo de medición.

El lote constará de los siguientes instrumentos:

Permascop  
 Calibrador o Vernier  
 Micrómetro  
 Medidor de dureza Brinell  
 Tacómetros  
 Multímetro

### Anaqueles de productos químicos.

Especificaciones:

60 cm. de ancho  
 2.4 m. de alto  
 5 entrepaños  
 estructura de ángulo de acero de 1.5 pulg.  
 lámina calibre 14  
 Distribuidos en el almacén

### Mesas.

Serán de formaica adecuadas al trabajo de laboratorio, -  
 con conductos de agua y drenaje cuando lo requieran éstas.

### Extintidores.

Tipo ABC con capacidad de 7 Kg. con válvula difusora y -  
 presión máxima de  $6.34 \text{ Kg/cm}^2$ .

### Esmeril eléctrico de piso.

Potencia:	1 H.P
Fases:	3
Revoluciones:	1725 r.p.m.
Amperaje:	0.8 ampers
Voltaje:	220/440 volts.
Ciclaje:	60 Hertz
Piedra:	254 X 25.4 mm.

## Taladro de columna con cabezal engranado de banco.

Capacidad del broquero:	19 mm.
Carrera del husillo:	120 mm.
Distancia del eje a la columna:	225 mm.
Distancia del eje a la mesa:	560 mm.
Velocidades en r.p.m.	4: de 260 a 1620
Potencia del motor:	0.5 H.P.
Voltaje:	220/440 volts
Ciclaje:	60 Hertz
Velocidad del motor:	3,400 r.p.m.
Amperaje:	0.8 Ampers
Fases:	3

## Torno Romi paralelo universal.

Cabezal con engranes templados y rectificadas.

Bancadas con guías templadas y rectificadas con dureza de 450 en escala brinell. Eje de cabezal con nariz - cam-lock D1-3" con paso de barra de 36 mm. Caja de - roscas y avances: roscas métricas, en pulgadas, modulares y paso diametral. Contrapunto cono morse 3. Husillo patrón 4 hilos por pulgada. Serie S-20. Distancia entre puntos 1000 mm. R.P.M. de 40 a 1000. Diámetro del mandril independiente 165 mm. Motor trifásico - - 220/440.

## Depósito de agua:

Con una capacidad de 10,000 litros construida en acero al carbón a 8 m. de altura, para el suministro general de agua cruda.

## 6. SELECCION Y ESPECIFICACION DE SERVICIOS AUXILIARES.

## a) Agua.

Para determinar los requerimientos de agua se hicieron - las siguientes consideraciones:

- La experiencia de compañías anodizadoras indica que - el consumo de agua para enjuagues es de aproximadamente 10.5 litros/m<sup>2</sup> anodizado.
- Se trabajarán 384 horas al mes.
- El volumen de producción promedio mensual de la planta será de 50,000 m<sup>2</sup>.
- Se tendrán en utilización 10 tinas de enjuagues.
- El consumo de agua para otros sistemas como: llenado y limpieza de tinas (2 veces al mes), ajuste de niveles (diario), torres de enfriamiento y otros usos, - fue calculado en 200 m<sup>3</sup> mensuales.

$$\begin{aligned}
 & 10.5 \frac{\text{litros}}{(\text{m}^2 \text{ anod})(\text{tina})} \times .001 \frac{\text{m}^3 \text{ de agua}}{\text{litro}} \times \\
 & \times 50,000 \frac{\text{m}^2 \text{ anodizado}}{\text{mes}} \times \frac{1}{384} \frac{\text{mes}}{\text{hora}} \times 10 \text{ tinas} = \\
 & = 13.2 \text{ m}^3/\text{hora}
 \end{aligned}$$

Más el consumo de agua de otros suministros:

$$\begin{aligned}
 13.2 \text{ m}^3/\text{hora} + .7 \text{ m}^3/\text{hora} &= 13.9 \text{ m}^3/\text{hora} && \text{gasto de} \\
 & \text{=====} && \text{agua re-} \\
 & && \text{querido.}
 \end{aligned}$$

## b) Combustible

- o Calor necesario para elevar la temperatura.

$$Q = M C_p \Delta T$$

$$Q = (24,000) (1) (60)$$

$$Q = 1440 \text{ KJ.}$$

° Pérdidas.

De acuerdo a la experiencia, las pérdidas por evaporación, conducción, radiación, introducción de cargas, etc., son de 480 KJ/hora; por lo tanto se requerirán - para las 16 horas de trabajo un total de 7,680 KJ por tina diarios.

$$Q_t = 1,440 + 7,680 = 9,120 \text{ KJ/Tina - día}$$

$$(9,120 \text{ KJ/tina}) (6 \text{ tinas}) = 54,720 \text{ KJ/día}$$

$$Q_t = 13,072 \text{ Kcal/día}$$

° Poder calorífico del gas.

11.910 Kcal/Kg.

° Consumo de gas a una eficiencia del 90%

$$\text{Consumo} = \frac{13,072 \text{ Kcal/día}}{(0.9)(11.910 \text{ Kcal/Kg})}$$

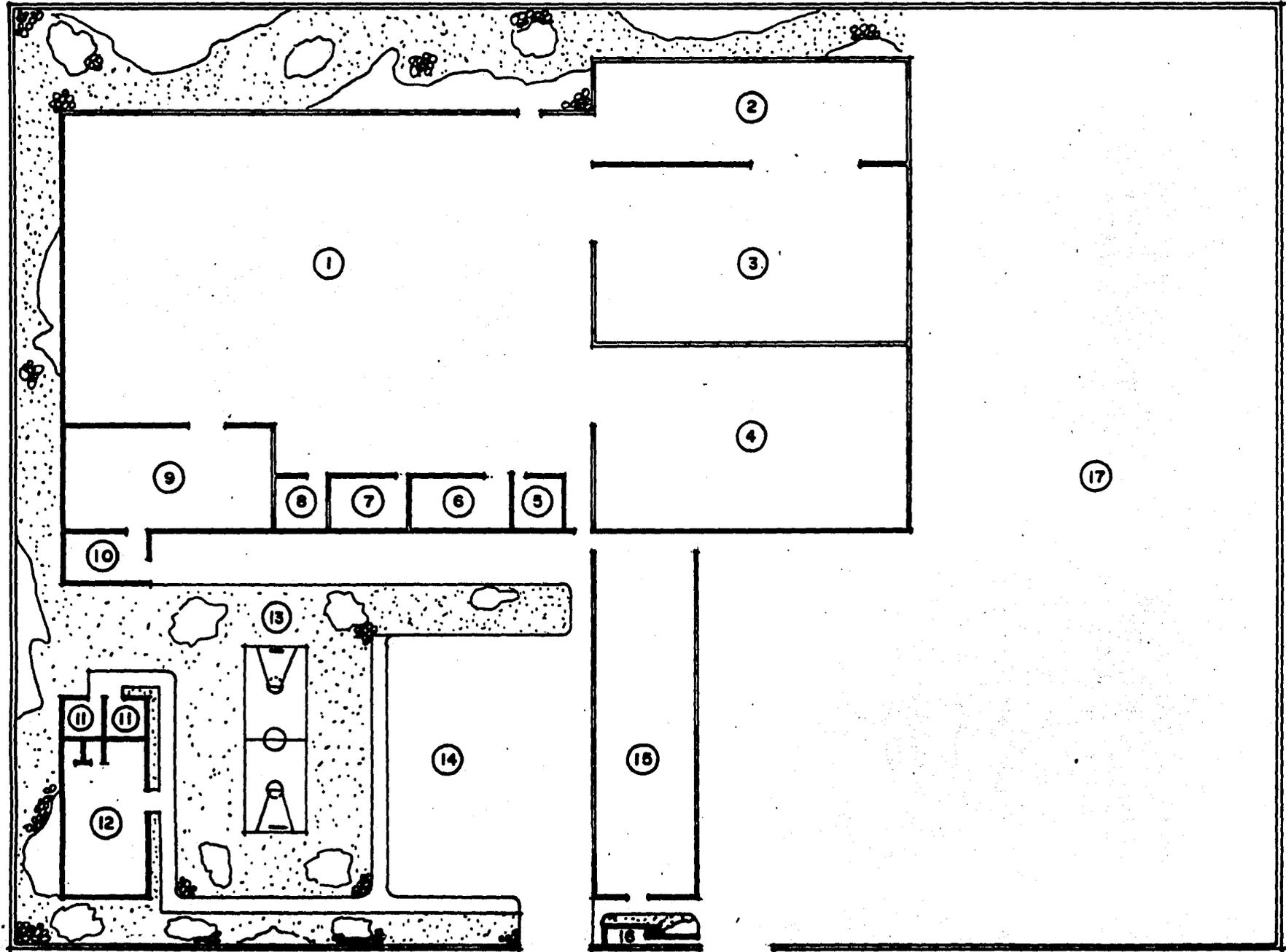
$$\text{Consumo} = 1,221 \text{ Kg/día}$$

c) Energía eléctrica.

El cálculo de la energía eléctrica, se realizó de acuerdo a los requerimientos del equipo utilizado y de alumbrado. El consumo estimado de energía eléctrica es de 1,060.1 Kw proveniente de la utilización de los siguientes equipos:

Equipo	Kw utilizados
Tina del transfer	0.5371
Grúa	5.3571
Bombas	5.8929
Tratador de agua	1.0714
Quemadores	6.4186
Refrigeración	521.1428
Rectificadores	426.67
Soplador	75.0
Iluminación	3.0
Otros	15.0
<b>TOTAL DE ENERGIA CONSUMIDA</b>	<b><u>1,060.1</u> Kw</b>

#### 4. DISTRIBUCION DE AREAS PARA LA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO



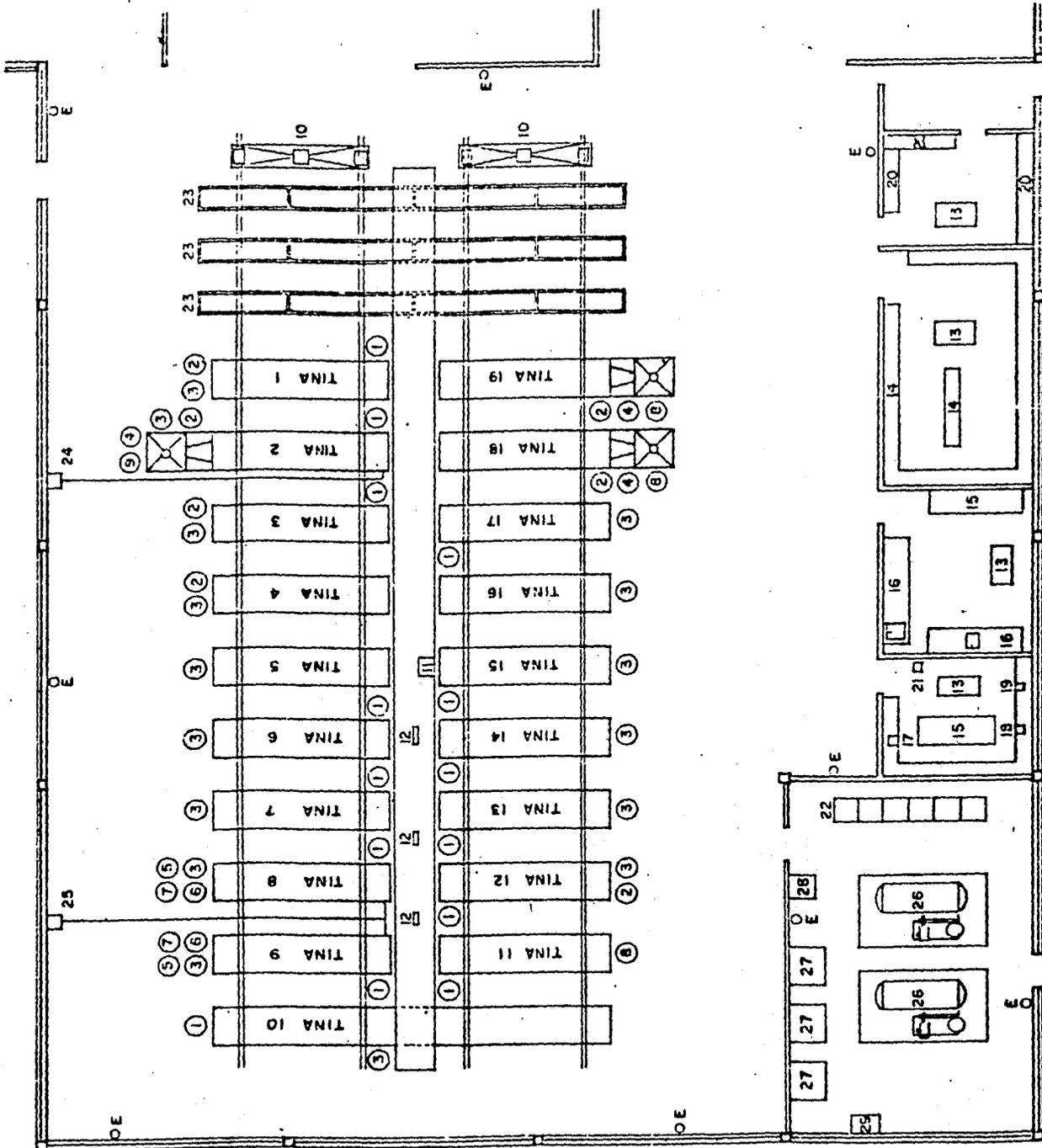
## DESCRIPCION DE LAS AREAS DE LA PLANTA

1. Anodizado
2. Pulido
3. Almacén de recepción de materia prima
4. Almacén de producto terminado
5. Control técnico
6. Almacén de productos químicos
7. Control químico
8. Mantenimiento
9. Cuarto de máquinas
10. Subestación
11. Baños
12. Comedor
13. Canchas de juego
14. Estacionamiento
15. Oficinas
16. Vigilancia
17. Patio de maniobras

4  
N

PLANO DE DISTRIBUCION  
DE EQUIPO EN EL AREA  
DE ANODIZADO.

ESCALA 1:200



## DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DEL PROCESO

1. Sistema de burbujeo
2. Sistema de calefacción
3. Sistema de bombeo de agua cruda
4. Extracción de gases
5. Refrigeración
6. Energía eléctrica para anodizado natural
7. Bombeo de ácido sulfúrico
8. Agua desmineralizada
9. Bombeo de sosa cáustica

## DESCRIPCION DEL EQUIPO PARA EL PROCESO

E = Extinguidores

10. Grúas - malacate
11. Ventilador de gases
12. Tableros de control de corriente
13. Escritores
14. Anaqueles
15. Mesas de trabajo
16. Mesa - lavabo
17. Esmeril
18. Torno
19. Tornillo
20. Archiveros
21. Taladro de pie
22. Tablero de control general
23. Fly - Back
24. Depósito de sosa cáustica
25. Depósito de ácido sulfúrico
26. Compresores de refrigeración
27. Rectificadores
28. Soplador general
29. Interruptor del rectificador

## DESCRIPCION DE LAS TINAS DEL PROCESO.

1. Desengrase
2. Matizado
3. 1er. enjuague de sosa cáustica
4. 2° enjuague de sosa cáustica
5. Decapado
6. 1er. enjuague del decapado
7. 2° enjuague del decapado
8. Anodizado natural
9. Anodizado natural
10. 1er. enjuague del anodizado (transfer)
11. 2° enjuague del anodizado
12. Procesos especiales
13. Enjuague de procesos especiales
14. Enjuague general
15. Orminal
16. Enjuague del orminal
17. Presellado
18. Sellado
19. Sellado

9. COSTOS DE TERRENO, CONSTRUCCION, EQUIPO Y SERVICIOS AUXILIARES.

a) Terreno.

De acuerdo con el estudio técnico correspondiente, la superficie necesaria para la planta industrial, incluyendo las áreas de almacenamiento, patio de maniobras, etc., será de 10,800 m<sup>2</sup>, misma que ya considera las ampliaciones futuras previstas.

Costo del terreno: \$ 27.000,000.00

## b) Construcción.

PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA NAVE INDUSTRIAL PARA ANODIZADO DE ALUMINIO, CON CAPACIDAD PARA 150,000 M2/MES, EN EL PREDIO PROPIEDAD DE ALANSA, UBICADO EN SAN JUAN DEL RIO, QRO.

1. Limpieza del terreno	3,350.00	M2
2. Trazo y nivelación	3,350.00	M2
3. Excavación de tierras con máquina, traxcavo, en zapatas corridas y <u>tu</u> nel inferior, incluye fletes fuera del predio.	1,172.00	M3
4. Excavación de tierras, a mano en - perfilado para colar plantilla, incluye acarreos hasta 30 m. de <u>dis</u> tancia	127.00	M3
5. Fletes fuera del predio de productos de excavación a mano.	127.00	M3
6. Concreto f'c 100 Kg/cm <sup>2</sup> en plantillas de 7 cm. de espesor, en zapatas corridas.	805.00	M2
7. Concreto f'c 200 Kg/cm <sup>2</sup> en zapatas corridas, incl. cimbra (0.80 M2/M3) y acero necesario (120 Kg/M3).	185.00	M3
8. Concreto f'c 100 Kg/cm <sup>2</sup> , en plantilla de 7 cm. de espesor.	293.00	M2
9. Concreto f'c 200 Kg/cm <sup>2</sup> , en el piso, paredes y techo, incluye cimbra - (4.47 M2/M3) y acero necesario (120 Kg/M3).	274.00	M3
10. Relleno compactado con tepetate al 90% proctor en capas de 20 cm. de - espesor.	8,942.00	M3
11. Concreto f'c 200 Kg/cm <sup>2</sup> , en muros de fachada, hasta el nivel + 4.00 incluye cimbra (10.00 M2/M3) y <u>ace</u> ro necesario (120 Kg/M3).	358.00	M3

- |  |          |                |
|--|----------|----------------|
| 12. Concreto f'c 200 Kg/cm <sup>2</sup> , en columnas, incluye cimbra (7.43 m <sup>2</sup> /M <sup>3</sup> ) y acero necesario (150 Kg/M <sup>3</sup> ).                                     | 63.00    | M <sup>3</sup> |
| 13. Concreto f'c 200 Kg/cm <sup>2</sup> en trabe de remate de los muros, de 50 x 25 incluye cimbra (6.40 M <sup>2</sup> /M <sup>3</sup> ) y acero necesario (120 Kg./M <sup>3</sup> ).       | 32.00    | M <sup>3</sup> |
| 14. Preparaciones para las bocas de descarga de agua pluvial.  | 16.00    | Pzas.          |
| 15. Tubería H <sup>o</sup> P <sup>o</sup> , de $\phi$ 6" en B.A.P. incluye p.p. de piezas especiales y pintura.  | 91.00    | M.             |
| 16. Chapa metálica de 3 mm. de espesor, incluye colocación y pintura.  | 64.00    | M              |
| 17. Tubería de drenajes de cemento de $\phi$ 30 cm. sobre cama de arena, incluye excavación, relleno posterior y fletes fuera de la nave de productos sobrantes.                             | 178.00   | M              |
| 18. Registros de A.P. de 60 X 60 X 1.10 m. de profundidad, medidas interiores, de ladrillo recocido, aplanado por ambas caras sobre piso de concreto con tapa de concreto, y marco metálico. | 19       | Pzas           |
| 19. Piso de concreto f'c 200 Kg/cm <sup>2</sup> con acabado integral, con refuerzo en ambos sentidos, de 0.15 m. de espesor.   | 2,690.00 | M <sup>2</sup> |
| 20. Acabado lechadeado en los muros de concreto y columnas.  | 6,032.00 | M <sup>2</sup> |
| 21. Puertas metálicas de acceso a la nave de 1.00 x 2.10 m. de altura.   | 8        | Pzas           |
| 22. Estructura techo a dos aguas con armaduras de cuerdas paralelas de 1.20 m. de peralte a base de perfiles an-   |          |                |

gulares y largueros Mon-ten 6 MT-14, a cada 1.25 mts. y Struts con dos canales de 152 X 63 mm., calibre # 12 ligados con celosía de angular.	53,994.00 Kg.
23. Estructura fachadas cabecera con columnas de viento, de sección formada por dos canales MON-TEN 12 MT-12, y largueros 6 MT-14, a cada 1.25 metros.	6,527.00 Kg.
24. Pasarela elevada, con dos canales de 8" lig. y parrilla de angular de 1 1/2", con barandales laterales.	8,900.00 Kg.
25. Lámina Zintro R-72, cal # 24 en techos	3,655.00 M2
26. Lámina Zintro R-72, cal # 24 en fachadas cabeceras.	558.00 M2
27. Tapajuntas fachada	97.00 M
28. Canalones en lámina galvanizada calibre # 24 con 1.22 m. de desarrollo.	177.00 M
29. Ventilás con malla en linternilla.	177.10 M2
30. Muros de ladrillo rojo recocido de 14 cm. de espesor, aplanado por ambas caras sobre los muros de concreto.	255.00 M2
31. Castillos 15 x 15 cm.	308.00 M
32. Laboratorio	1 Lote
33. Bodeguero	31 Semanas
34. Velador	31 Semanas
35. Residente de obra	7 Meses
36. Fletes varios	1 Lote
37. Limpieza general de la obra	3,115.00 M2
38. Bodega personal	1 Lote

T O T A L : \$ 118,319,532.00

Seguro Social 5.965% 7.057,760.13

\$ 125.377,292.13

Honorarios 20% + IVA 28.836,777.18

IMPORTE TOTAL DE ESTE PRESUPUESTO: 154.214,069.31

(CIENTO CINCUENTA Y CUATRO MILLONES DOSCIENTOS CATORCE MIL SESENTA Y NUEVE PESOS 31/100 M.N.) - - - - -

**N O T A S :** Este presupuesto ha sido elaborado considerando el - costo actual de los materiales, mano de obra y servicios. El costo final estará influenciado por los aumentos que pudieran sufrir cada uno de estos conceptos durante el desarrollo de la obra. Sin embargo - los honorarios tendrán como máximo el valor indicado, aún cuando el costo total aumente.

Por los honorarios del 20% (MAS IVA) indicados, se - prestarán los siguientes servicios.

1. Desarrollo de planos arquitectónicos completos.
2. Cálculos estructurales y elaboración de planos - constructivos correspondientes, incluyendo notas y detalles necesarios.
3. Obtención de la licencia de obra correspondiente, corriendo por cuenta de la propietaria únicamente el pago de los derechos que dicha licencia ocasione.
4. Supervisión de la obra durante su ejecución, incluyendo los viajes y viáticos del personal de - supervisión (La contratante pagará únicamente el sueldo, gastos de viáticos y pasajes del Residente).
5. Administración de la obra incluyendo los gastos y el sueldo del personal necesario.

c) Equipo.

° Tinas.

1a. Alternativa.

Tina fabricada en acero inoxidable tipo 304 ind. de 7.22m. de long. x 2.10 m. de alto x 2.2 m. de ancho para una capacidad de 30,405 litros, fabricada en placa de 3/16" de espesor y 1/4" para fondo, con refuerzos de ángulo en -

acero al carbón con un peso aproximado de 3164 Kg. \$ 5.774,400.00

2a. Alternativa.

Tina igual que la anterior pero fabricada en acero al carbón con recubrimiento de fibra de vidrio. \$ 1.802,000.00

- NOTAS: 1) A estos precios se les incrementará el 15% por concepto del I.V.A.
- 2) Precios sujetos a escalación por aumento en la mano de obra y/o el acero.

° Bombas

Bomba Hoper Kohler K 91  
4 H.P. 2" \$ 163,400.00

Bomba Hoper Kohler K 91  
4 H.P. 2"  
Con accesorios completo \$ 200,990.00

Bomba Hoper Kohler K 181  
8 H.P. 2"  
Con accesorios completo \$ 267,200.00

Bomba Hoper Kohler K 181  
8 H.P. 3"  
Con accesorios completo \$ 276,900.00

Bomba Hoper Kohler K 181  
8 H.P. 4"  
Con accesorios completo \$ 413,900.00

## d) Servicios auxiliares.

## ° Subestación.

Depósito de garantía	\$	3.230,000.00
Costo del gabinete		3.391,333.00
Transformador de 750 KVA.		6.331,933.00
Instalación		972,326.00
	\$	<u>13.925,593.00</u>

Agua	\$	12.50 M3
Energía eléctrica	\$	8.36 Kw/hr.
Gas	\$	7.992 \$/lt.

## CAPITULO 7

## PROCESO DEL ANODIZADO

El anodizado es el proceso electrolítico en el cual se forma una capa de óxido superficial por el paso de una corriente eléctrica en un electrólito ácido tomando el aluminio como ánodo.

En los primeros instantes es una capa continua y constante, posteriormente a medida que crece se van formando cavidades que se han denominado poros semeando un panal: su diámetro, espesor, dureza y tamaño son proporcionales al voltaje, corriente, temperatura, concentración y duración del tratamiento. Estos poros permiten que por medio de colorantes o anilinas, la capa de óxido sea teñida de muy diversos colores.

Este proceso está basado en las más importantes normas internacionales aplicables al acabado anódico del aluminio, formado por medio de la oxidación electrolítica en la cual el aluminio actúa como ánodo. Por lo tanto, no es aplicable a:

- a) Capas de óxido no porosas tipo barrera.
- b) Capas de óxido generadas como substrato para subsecuentes aplicaciones de pintura o electrodepósitos.
- c) Capas anódicas selladas por otros medios que no sea la hidratación.

Habiendo quedado establecido lo que es el anodizado del aluminio, se describen a continuación las diferentes etapas del proceso que se seguirán en la planta de anodizado y que son:

1. Pulido
2. Desengrase

3. Matizado
4. Decapado
5. Anodizado
6. Presellado
7. Sellado

## 1. PULIDO

La apariencia de la capa de óxido de aluminio depende del estado de las superficies del material; por tal consideración, se requiere una preparación previa de las piezas, mediante un pulido mecánico, efectuado mediante discos de tela con pastas abrasivas que eliminan los defectos superficiales de las piezas que van a ser anodizadas.

La realización de este pulido, deberá tomar en consideración lo siguiente:

- a) Es preciso dedicar la debida atención para mantener la homogeneidad de la superficie, ya que pueden producirse cambios en la estructura debido a un excesivo calentamiento local al aplicar los discos de pulimentación de rotación rápida.
- b) Es conveniente decapar las piezas antes de pulirlas.
- c) El pulido se realizará en sentido perpendicular al decapado.

A continuación se menciona la forma de obtener un buen acabado:

La velocidad periférica de las ruedas de prepulido será - de 1.3 - 1.7 m/seg.; la de los discos de pulido 1.7 - 2.5 m/seg. Para el prepulido se emplean discos de fieltro embebido con pastas de polvo esmeril y las partes a tratar se lubrican con "Solidol"

Las pastas para pulido tienen la siguiente composición:

a) Óxido crómico	71 %
estearina	23 %
ácido oléico	6 %
b) potasa en polvo	7.8 %
ceresina	1.5 %
estearina	23 %
solitol T	1.5 %
turpentina	2.2 %

### Condiciones de operación de los baños:

Es de vital importancia para el proceso de anodizado, - respetar las condiciones de operación que requiere cada uno - de los baños, puesto que de llevarse a cabo correctamente el control de los mismos, prácticamente garantiza un buen resultado en la obtención de la capa anódica del aluminio.

Cada uno de los baños por los que ha de pasar el alumi-- nio durante su proceso de anodizado, requiere de condiciones específicas de operación y es así como se van a mencionar. En los casos en que así sea, se especifican aquellas condiciones que sean comunes a distintos baños o cuando menos a más de - uno de ellos.

## 2. DESENGRASE

El anodizado requiere un alto grado de limpieza de la su perficie del metal por oxidar. Si ésta tiene aceite o grasa la capa de óxido sale manchada, de tal forma, que para elimi- nar la grasa aplicada a las piezas durante el proceso de puli- do, es necesario un lavado.

Existe gran variedad de productos químicos para este ba- ño, y su uso general es el de limpiador del aluminio antes de cualquier otra operación; se requiere que sea neutro, esto es, que no ataque a la superficie del aluminio, particularmente - cuando éste ha sido pulido mecánicamente por requerimientos - de un acabado brillante.

Para el proceso en sí, este baño se prepara a base de desengrasante neutro "over 1200" en solución que requiere ser trabajado normalmente a una temperatura de 55 a 75°C. Existen diversos productos para prepararlo y algunos de ellos trabajan en frío, esto es, a la temperatura ambiente. Particularmente en este lavado del aluminio, los productos que trabajan en frío no son lo suficientemente activos.

La concentración requerida varía según el tipo de producto, pero en términos generales puede oscilar entre 30 y 60 grs. por litro. La solución de estos productos se hará con agua desmineralizada para evitar contaminaciones de los baños con elementos que trae consigo el agua común, principalmente el loro.

Cuando el baño haya acumulado por trabajo al cabo de un tiempo, lodo en el fondo, (grasa y partículas desprendibles del aluminio) se decantará el baño tirando el precipitado, posteriormente se recupera el nivel con agua desmineralizada y se adiciona producto para recuperar la concentración.

### 3. MATIZADO

Debido a que existen diversos productos que componen este baño, cada uno requiere condiciones de operación exclusivas; como en este caso se trata de un baño de hidróxido de sodio básicamente, sus condiciones de operación son las siguientes:

Se prepara a base de hidróxido de sodio a una concentración de 50 a 60 gramos por litro. La reactividad de este baño se cataliza por la adición de nitrito y nitrato de sodio a una concentración de 5 a 6 gramos por litro cada uno, es decir, al 10% del contenido de sosa.

La temperatura de operación es de 45 y 70°C; abajo de 45°C, tarda mucho tiempo en matizar y arriba de 70°C existe riesgo de cristalización de la superficie atacada. Como la reacción en este baño es exotérmica, se recomienda empezar a trabajar a 45°C y posteriormente la temperatura del baño se

irá incrementando por sí sola conforme se siga matizando material.

La operación de matizado lleva entre dos y cinco minutos de tiempo dentro de la tina, dependiendo de la temperatura y la concentración. Ya que este baño genera lodos y produce incrustaciones, se requiere limpiar periódicamente el tanque y decantar el baño; por otra parte, siempre que no exista contaminación comprobada, las aguas madres son utilizables. Se sugiere un control diario de la concentración, para que el ataque al aluminio garantice óptimos resultados.

Este baño requiere de dos enjuagues posteriores de agua cruda.

#### 4. DECAPADO

Este baño aún cuando es muy importante para lograr un buen acabado sobre todo en los de tipo mate, no requiere de condiciones de operación particulares; se trabaja normalmente a temperatura ambiente, sin agitación; su concentración es de 70 a 90 grs. por litro de ácido nítrico y requiere de dos enjuagues de agua cruda. El tiempo de inmersión oscila entre 6 y 8 minutos.

Su función para lograr buenos acabados es doble, ya que por una parte se debe emplear como desoxidante después de desengrasar y cuando se trata de acabados mate, después del baño de sosa, el decapado sirve para eliminar el smut formado en ese baño al mismo tiempo que neutraliza la alcalinidad y evita arrastres al baño de anodizado.

#### 5. ANODIZADO

Este baño, es la parte fundamental del proceso, y como tal requiere de ser controlado estrictamente en sus condiciones de operación.

Los parámetros que regulan la formación de la capa anódica en este baño son:

- a) Densidad de corriente
- b) Concentración
- c) Temperatura
- d) Agitación

a) Densidad de corriente.

La densidad de corriente regula la velocidad de formación y el espesor de la capa electrolítica formada. Desde luego ésta debe estar en correlación con las demás condiciones de operación. Entre mayor sea la densidad de corriente, la capa tiende a ser mayor, pero hasta cierto límite puesto que densidades de corriente demasiado elevadas implican el riesgo de obtener capas quemadas, es decir inconsistentes.

La densidad de corriente será de 1.3 a 1.5 amperes por decímetro cuadrado trabajando a temperaturas entre 18°C y 22°C.

Para un proceso convencional de oxidación electrolítica de aluminio, la densidad de corriente no deberá rebasar la relación de 1.75 amperes por cada 10 litros de electrolito. En base a ésta relación se calculó la capacidad de la tina de anodizado con respecto a la capacidad del rectificador instalado.

b) Concentración.

La concentración de ácido sulfúrico será de 160 a 200 gramos por litro. De modo general, el aumento de la concentración de ácido permite elevar la densidad de corriente, sobre todo si se combina con una buena agitación, sin embargo arriba del límite mencionado, el exceso de ácido sulfúrico aumenta también la sulfatación del aluminio, y si bien el sulfato de aluminio es indispensable en el baño para favorecer la electrólisis, se ha comprobado que arriba de 14 gramos por litro de sulfato de aluminio se desbalancea el equilibrio electrolítico de los baños de anodizado. Para baños nuevos se agrega a la solución de ácido sulfúrico cuando menos de 1 a 3 gramos por litro de sulfato de aluminio.

## c) Temperatura.

Para el caso específico de anodizado de aluminio, es decir, que en el baño de anodizado no se produzca ningún color integral (anodizado natural) o algún otro proceso simultáneo sino - exclusivamente la formación de una capa de óxido de aluminio, - se trabajará dentro de un rango de temperatura de 18°C a 22°C, empleando equipo de refrigeración para mantenerla, en virtud de que la reacción electrolítica es exotérmica y el proceso es altamente sensible a variaciones de temperatura en este baño.

## d) Agitación.

Es prácticamente indispensable el mantener una buena agitación en el baño de anodizado tanto para la capa en sí obtenida como para ayudar a mantener las demás condiciones de operación. La agitación se llevará a cabo mediante un serpentín de plomo - en el fondo del tanque que permita por perforaciones la salida de aire que provenga de un compresor. Los principales beneficios de esta agitación son:

1° Mantener homogénea la concentración en cualquier lugar del baño, lo que impide el empobrecimiento de los iones en las zonas de la electrólisis.

2° Favorece el control estricto de la temperatura, pues - ésta mediante agitación, se mantiene uniforme y representativa en cualquier parte del baño.

3° Previene la adherencia de burbujas gaseosas sobre el - ánodo o material por anodizar, que provocan picaduras.

4° Favorece en gran medida el poder de penetración, enten-  
diéndose por poder de penetración, la capacidad más o menos - grande del electrolito para repartir con regularidad la capa - de óxido de aluminio formada sobre un objeto de formas diver-  
sas sobre las partes convexas o cóncavas al igual que en las - aristas. Dicho de otra manera, la capa anódica tiende a for-  
marse no uniformemente sobre el material.

Se ha encontrado que una baja agitación puede reducir en un 15 a 20% el espesor de la capa producida.

Por lo que se refiere a las enjuagues, éstos serán dos en forma previa a cualquier teñido o al paso final que es el sellado. El primero sirve para remover sólo parcialmente la mayor parte del ácido adherido al material, conservando un Ph totalmente ácido y es en el segundo enjuague donde se elimina totalmente, por lo que tiene la función de neutralizar la capa anódica y evitar arrastres. Sin embargo, al terminar el proceso de anodizado o teñido, éste requiere de un tercer enjuague para asegurar que el material vaya libre de sales de aluminio.

El tiempo de inmersión en el anodizado, dependerá del acabado deseado, esto es; para un acabado natural requiere de 10 minutos, para un acabado oro un promedio de 30 minutos.

#### 6. PRESELLADO.

La utilización de este presellado, tiene como objetivo el abatir tiempos en el sellado. Sin esta operación, se llevaría un tiempo aproximado en el sellado de 25 a 35 minutos, y con el presellado solamente requiere de 20 minutos aproximadamente en su conjunto, es decir, 5 minutos en el presellado y 15 minutos en el sellado.

Esta operación requiere agua desmineralizada, con una concentración de 1 a 2 grs. por litro de trietanol amina (TEA) y un tiempo de inmersión de 5 minutos a temperatura ambiente.

#### 7. SELLADO.

Este baño requiere ser preparado con agua desmineralizada.

La temperatura de operación será la más alta posible para agua pura y que es de 92°C, debido a que de lo contrario, se requerirá aumentar el tiempo de inmersión para compensar la diferencia.

En caso de adicionar acetato de níquel al agua de sellado, lo cual es práctica común, las condiciones son:

Acetato de níquel entre 2 y 5 gr./litro mantener un Ph entre 5.5 y 6.

El tiempo de inmersión será de acuerdo al acabado y oscila entre 15 y 20 minutos.

En general , el tiempo de sellado no deberá exceder al doble del tiempo que haya durado el material durante el proceso - de anodizado. Esta regla garantiza que el material no será atacado en la capa anódica por el Ph del baño de sellado o por - - efecto de su alta temperatura.

El baño requiere también un enjuague posterior el agua limpia .

## CAPITULO 8

## EQUIPO BASICO PARA EL PROCESO

Existieron muchos factores que se consideraron al seleccionar el equipo para la planta industrial. Entre estos factores destacan los siguientes:

- El proceso de elaboración adoptado
- El nivel de calidad del producto
- La escala de producción
- Las probables fluctuaciones en la producción
- Obsolescencia previsible
- La flexibilidad de operación
- El espacio requerido
- La factibilidad de ampliación de la capacidad.

La selección del equipo se determinó de acuerdo al diagrama de proceso y se le especificó con base en el mismo, - siendo el equipo básico requerido para el proceso, el siguiente: -

1. Tinas
2. Rectificadores
3. Equipo de refrigeración
4. Equipo para tratamiento de aguas
5. Equipo para pulido
6. Soplador para burbujeo
7. Grúas
8. Quemadores de gas
9. Extractores de aire
10. Racks

A continuación se efectúa un análisis y descripción de los equipos, mostrándose al final del capítulo los diagramas para la descripción de los mismos.

## 1. TINAS

Los materiales más comunmente empleados para la fabricación de tinas para anodizado son:

- acero
- hierro
- ladrillo
- concreto
- fibra de vidrio
- madera

Para la selección de las tinas se tomaron en cuenta los siguientes factores:

Tamaño y forma de los materiales a procesar. Esto determinó las dimensiones de las tinas: 7 m. de largo por 1.6 m. de ancho por 2.8 de alto, incluido el quemador, con una capacidad de 23,500 litro aproximadamente, considerando, además, que entre más grandes sean las tinas, se pueden procesar en ellas mayor variedad de productos y a su vez se tiene una mayor capacidad de área anodizable por carga de trabajo.

Por otra parte, también se consideró que el volumen de las tinas está en estrecha relación con la capacidad de los rectificadores para suministrar la densidad de corriente requerida en el material a anodizar, por lo que se equilibraron ambos aspectos.

La tina utilizada para el matizado se construirá de acero al carbón sin riesgo de corrosión.

No será construido de madera, fibra de vidrio, ladrillo o concreto, ya que este baño es altamente corrosivo para estos materiales y la temperatura aplicada es más o menos elevada.

La tina de decapado (Desmuting) no será fabricada con acero al carbón ya que requeriría de un recubrimiento resistente

al ácido tanto en el interior como en el exterior del tanque, aumentando mantenimiento y riesgos de destruir el recubrimiento por golpeteo. Este tanque será construido con acero inoxidable en su totalidad.

Las tinas para coloreado y sellado serán construidas de acero inoxidable, debido a que estarán sometidas a altas temperaturas, lo cual impide el uso de recubrimientos comunes y porque las tinas de acero se oxidan fácilmente, produciendo contaminaciones que dificultan la operación.

La tina de sellado, además, será cubierta con aislamiento térmico para disminuir el consumo de energía.

Las demás tinas del proceso serán construidas con acero al carbón, tomando en cuenta las siguientes ventajas:

- Mayor resistencia a las deformaciones
- Menor peso que las de ladrillo y concreto
- Fácil de trasladar en caso de modificación del proceso o disposición de tinas.
- Mayor facilidad para efectuar el mantenimiento.
- Mayor durabilidad que las de madera o fibra de vidrio.
- Fáciles de calentar por flama directa.

Se efectuará un recubrimiento interno en las tinas y se colocarán patas, para aumentar el aislamiento, sobre empaques de hules.

En la parte inferior se colocarán válvulas de drenado de PVC.

Las tinas provistas con sistema de calentamiento tendrán una placa de acero en el fondo, que actúe como difusor del calor, ya que, según la práctica, se corroen con mayor rapidez en el punto donde la flama hace contacto con el fondo.

Para conservar el calor, se construirá una chaqueta de acero dispuesto en tal forma que permita la circulación de aire caliente alrededor de la tina, forrándose ésta de fibra de vidrio como aislante.

Las de matizado y lavado estarán provistas de un rebosadero conectado a un tubo de desagüe, para eliminar la grasa e impurezas que floten en la superficie de la solución.

La entrada de agua a las tinas se hará colocando una tubería sumergida en la solución de tal forma que el agua clara penetre al fondo.

Con el propósito de facilitar los enjuagues y lavado, se colocarán tuberías para agitar la solución por medio de aire.

## 2. RECTIFICADORES.

Para la obtención de recubrimientos electrolíticos en general, es necesario disponer de corriente continua, para ello, se transformará la corriente alterna de 440 volts a corriente continua de 24 volts por medio de rectificadores. Las principales ventajas que proporciona la utilización de rectificadores sobre los dinamos son: no tienen partes móviles y son completamente herméticos; se pueden instalar muy cerca de la línea de producción independientemente de la atmósfera; requieren de menos mantenimiento.

Se utilizará un rectificador para cada una de las dos tinas de anodizado, construidos con semiconductores a base de selenio, ya que puede soportar cortos circuitos de hasta 10 veces la corriente nominal durante aproximadamente 1 segundo, que pueden ser ocasionados durante las operaciones de carga y descarga en los baños cuando las piezas toquen accidentalmente las barras de los cátodos.

Se considera que el rectificador en sí tendrá una eficiencia total del 90%; una capacidad de 8,000 ampers trabajando entre 50 y 70°C.

## 3. EQUIPO DE REFRIGERACION.

Respecto a los equipos de refrigeración utilizados para el anodizado, con el fin de mantener la temperatura deseada duran-

te la reacción electrolítica, se utilizarán sistemas de enfriamiento a base de gas freón.

El agua enfriada por los refrigeradores, circulará por un serpentín en el interior del baño. Se empleará un refrigerador diferente para cada tina de anodizado.

#### 4. EQUIPO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS.

Debido a que la mayoría de los baños requieren el uso de agua desmineralizada, es necesario contar, para un proceso de anodizado técnicamente aceptable, con un equipo desmineralizador de agua, ya que el uso de agua dura ocasiona dificultades en muchos casos; por ejemplo, al preparar soluciones las sales de calcio tienden a acumularse y a precipitarse, depositándose sobre los perfiles; por otra parte, cuando son sacados de una solución alcalina, es común la producción de una delgada película sobre la superficie de los mismos, que puede alterar la capa anódica.

Al proyectar la instalación de la planta, se obtuvo una muestra del agua disponible para su análisis; este análisis mostró impurezas como: amoniacos, nitratos, cloruros, sales de sodio, sales de calcio y magnesio que producen dureza del agua; además, el agua es tratada con cloro lo cual produce cloruros e incluso pequeñas cantidades de ácido clorhídrico.

#### Análisis:

Ph	7.9	
Materia sólida total	2	%
Amoniacos albuminiformes	0.01	%
Cloruros	0.5	%
Nitratos	0.1	%
Dureza temporal	1.0	%
Dureza permanente	0.6	%

En consecuencia, se instalará un equipo para tratamiento de agua consistente en un depósito cilíndrico construido de acero con una resina especial que tome los iones de calcio y magnesio

de las sales disueltas en el agua y las reemplace por iones de sodio. Después de cierto tiempo, cuando la resina se satura, - habrá necesidad de regenerarla, tratándola con una solución con centrada de sales de sodio.

#### 5. EQUIPO DE PULIDO.

Este tratamiento, previo al anodizado, será empleado en - nuestra planta, ya que se obtiene un acabado uniforme, más brillante, anulando en parte los defectos e irregularidades del ma terial producidos por la extrusión.

La máquina pulidora será de rodillos rotativos de fieltro semiduro, utilizando pasta para pulir del tipo: Pulix apomazar, pulix metal N, pulix metal G.F. y pulix repulir C.

#### 6. SOPLADOR PARA BURBUJEO.

Algunos baños, en especial los enjuagues, requieren de agi tación para mayor contacto de la solución con el material sumergido. Esta agitación se obtendrá por medio de aire suministrado en el fondo de las tinas provocando burbujero.

El equipo requerido para este efecto será un soplador que suministre el aire a una presión máxima de 7 libras/in<sup>2</sup> y un - gasto de 1.5M<sup>3</sup>/seg.

Este soplador se conectará a todas las tinas requeridas y se controlará el suministro por medio de válvulas individuales, conectadas a una tubería con orificios para permitir la salida del aire con el fondo de la tina.

#### 7. GRUAS.

Se utilizarán dos (una para cada hilera de tinas) de rie-- les paralelos, con polipasto y una capacidad máxima de carga de una tonelada.

#### 8. QUEMADORES DE GAS.

Para mantener una temperatura adecuada durante los baños -

necesarios, se utilizarán quemadores de gas natural, colocando - una placa defletores en el fondo de la tina a fin de que no llegue la flama directa al material del tanque y aumente la corrosión.

El flujo de gas estará regulado por medio de válvulas y se colocarán sopladores de aire para alimentar la flama.

#### 9. EXTRACTORES DE AIRE.

Servirán para extraer los gases expulsados de las tinas de matizado y sellado para evitar la contaminación del ambiente y de los perfiles.

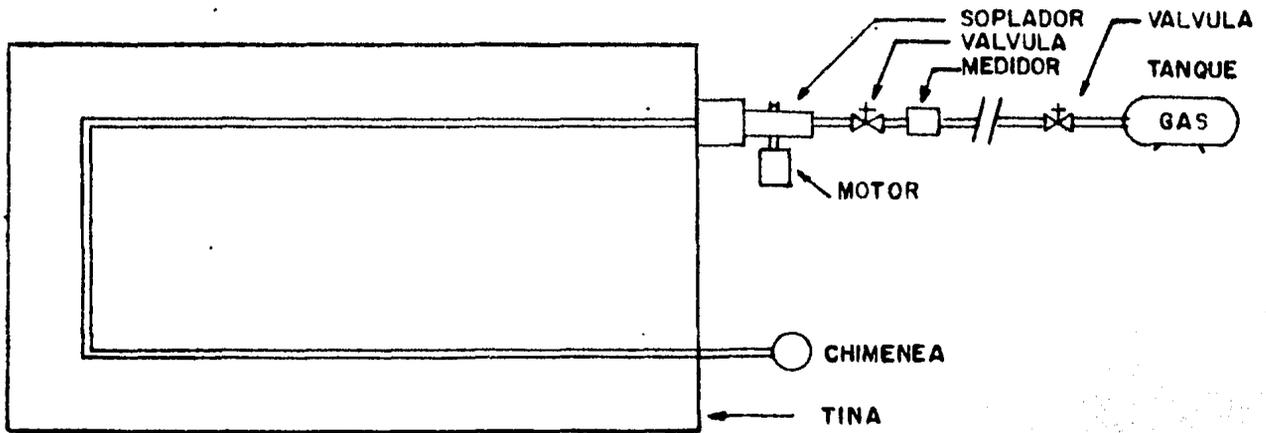
#### 10. RACKS.

Se utilizan para sujetar los perfiles durante el proceso - de anodizado, sirven como conductores de corriente eléctrica, y ayudan a manejarlos en forma apropiada en todas las operaciones.

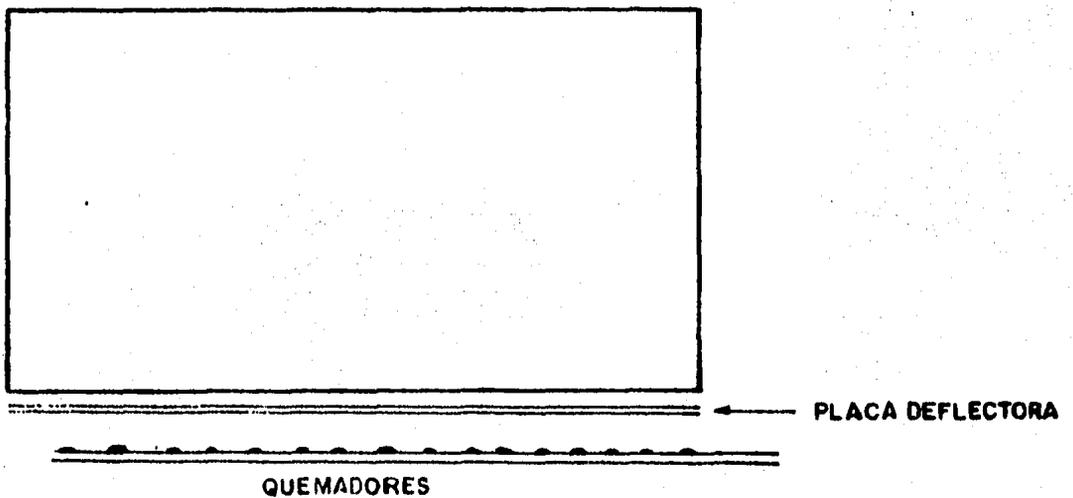
Los racks serán fabricados de aluminio y sus aleaciones.

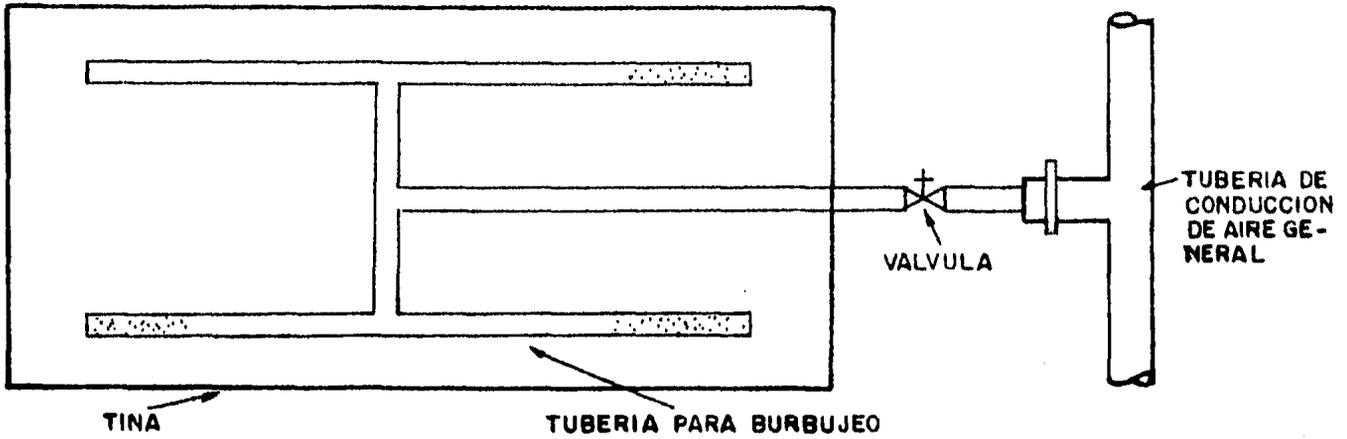
A continuación se muestran los diagramas descriptivos de - los equipos utilizados.

### VISTA SUPERIOR DE UNA TINA CON QUEMADORES

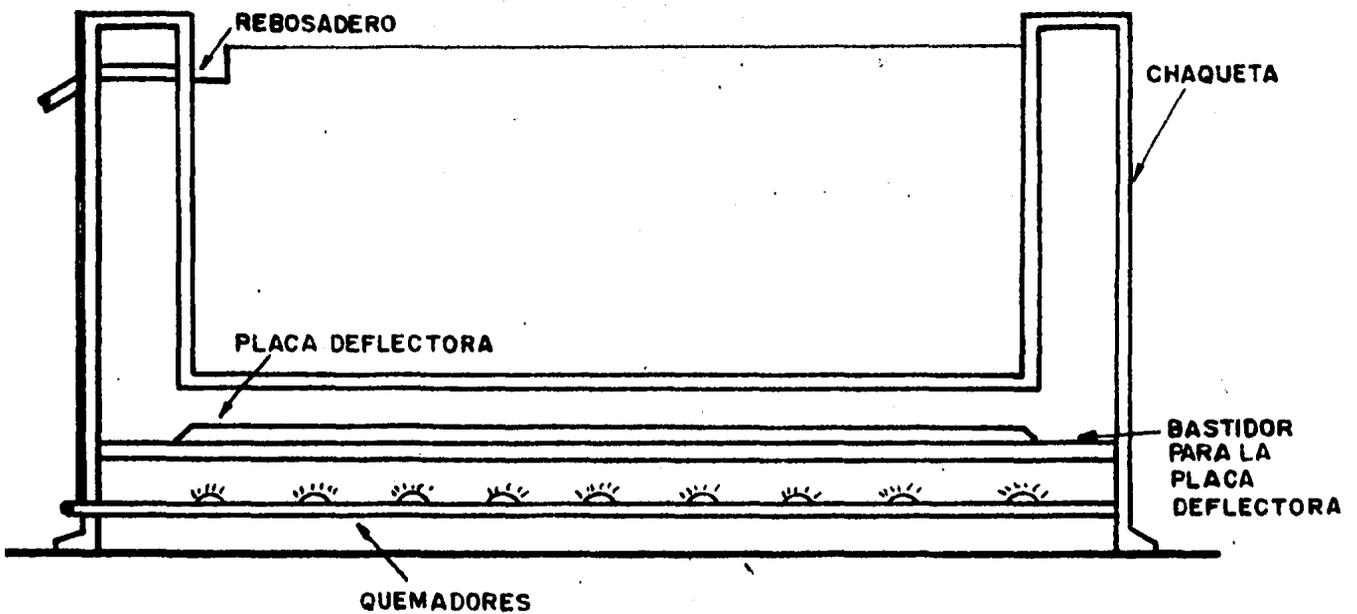


### VISTA LATERAL DE UNA TINA CON QUEMADORES

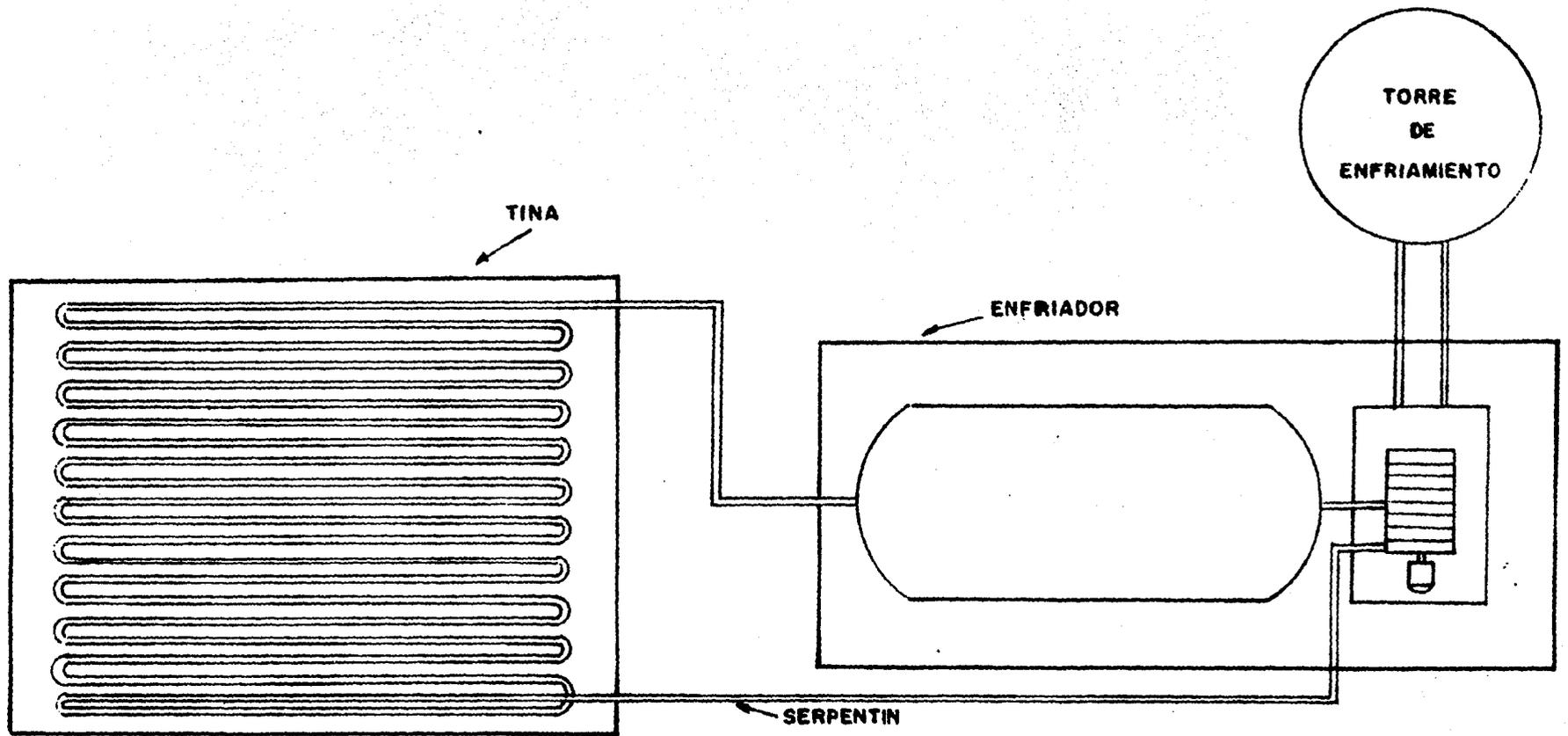




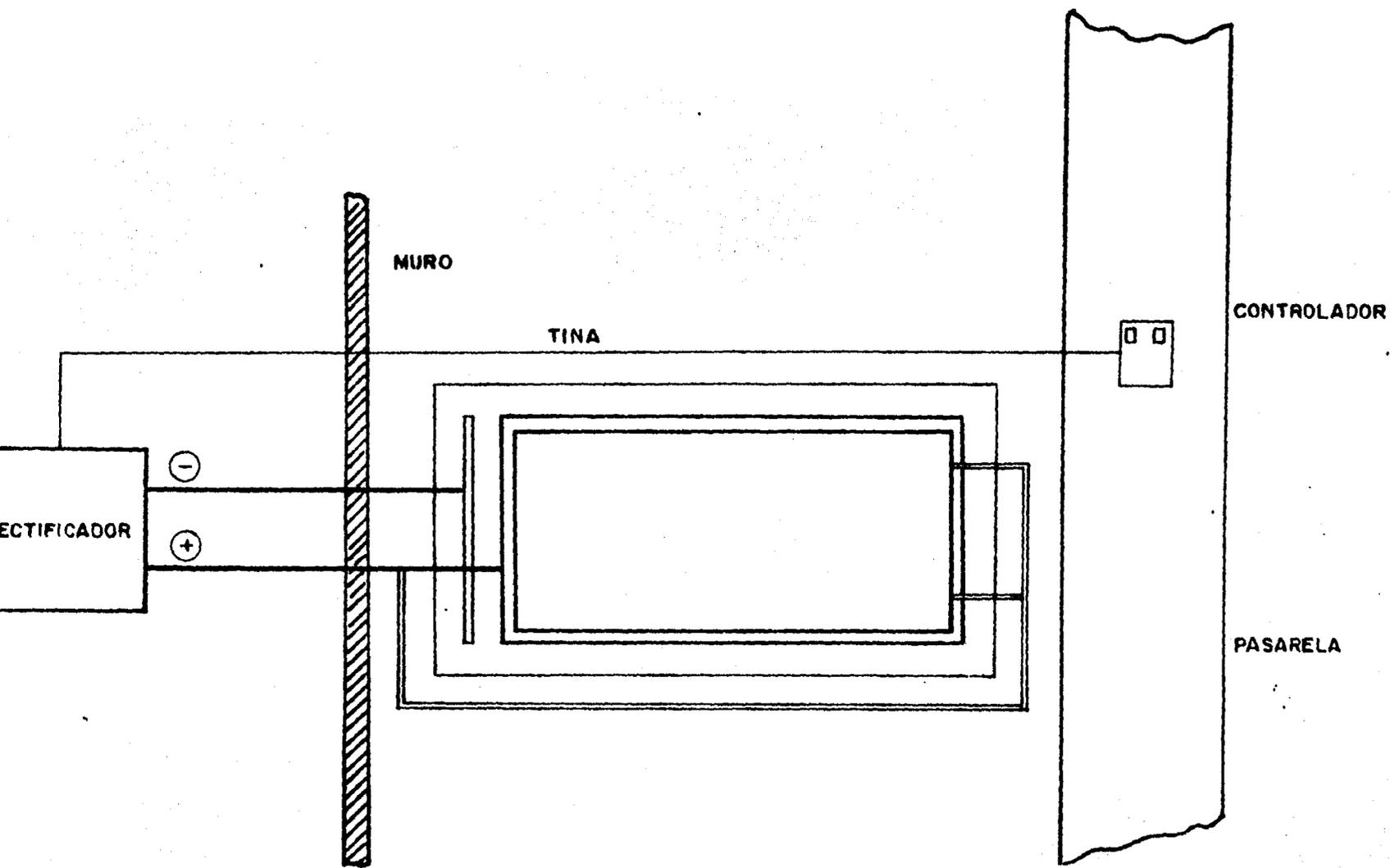
**VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA DE BURBUJEO**



**DIAGRAMA DE UNA TINA CON SISTEMA DE CALEFACCION**

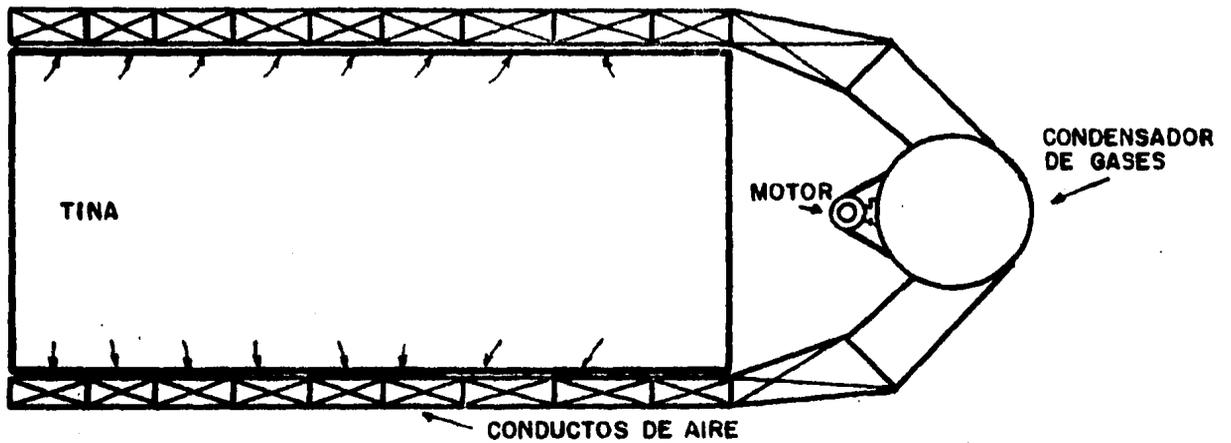


**SISTEMA DE REFRIGERACION EN TINA DE ANODIZADO**

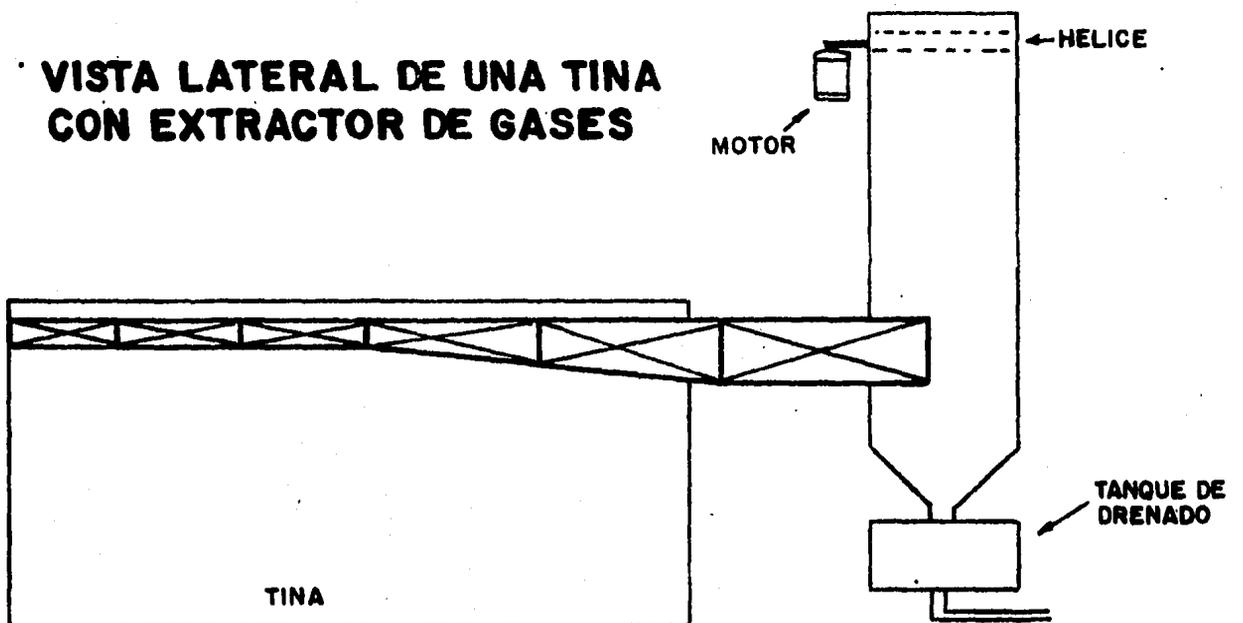


**SISTEMA ELECTRICO EN TINA DE ANODIZADO**

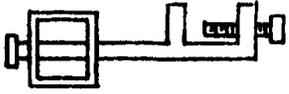
# VISTA SUPERIOR DE UNA TINA CON EXTRACTOR DE GASES



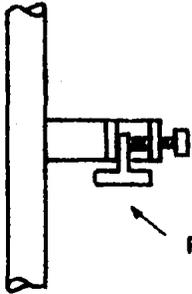
# VISTA LATERAL DE UNA TINA CON EXTRACTOR DE GASES



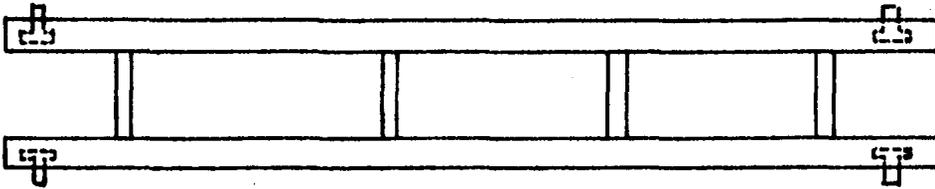
# RACK'S



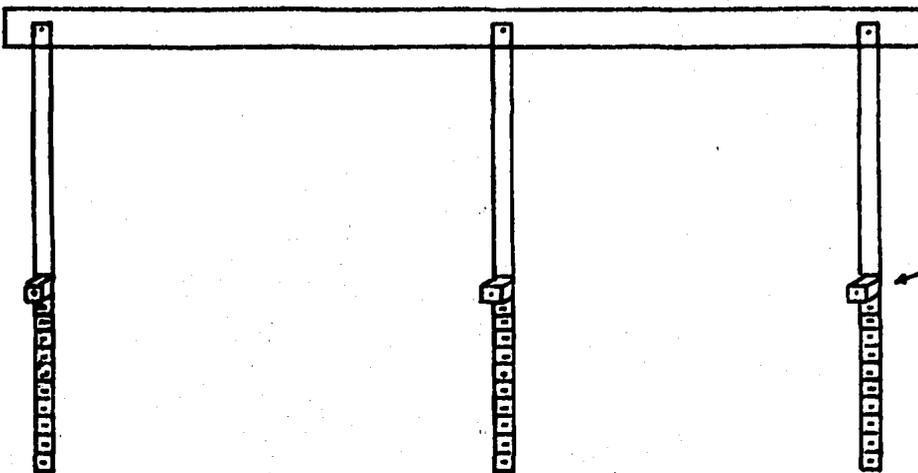
SUJETOS A LA BARRA  
VERTICAL Y CON TOR-  
NILLO DE TITANIO



PERFIL A ANODIZAR



VISTA LATERAL



SEGURO Y  
SUJETADORES

## CAPITULO 9

## NORMALIZACION Y CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad tiene por objeto, comprobar las características del producto tales como: composición, dimensiones, resistencia, forma y acabado. Todas ellas se comparan con las normas fijadas para el producto.

Este control ayuda a reconocer y suprimir las causas de los defectos, así como las desviaciones respecto al conjunto de especificaciones.

Para los fines específicos del proyecto, el control de calidad se llevará a cabo en los siguientes rubros:

1. Materia prima
2. Matizado
3. Sellado
4. Producto terminado

Posteriormente se hace mención de los aparatos utilizados para dicho control así como el control de las soluciones (control químico).

Por último se anexan algunas de las normas oficiales mexicanas que se aplican al proceso de anodizado de aluminio.

#### 1. CONTROL DE CALIDAD EN MATERIA PRIMA.

Debe precisarse el metal de base y el proveedor debe certificar que el material elegido cumpla con las especificaciones requeridas para el anodizado conforme a las exigencias previstas por el cliente y de acuerdo a las normas establecidas.

El aluminio y sus aleaciones comunmente utilizadas para el

anodizado de piezas destinadas a la arquitectura, serán de aluminio 99.5 y aleaciones aluminio-magnesio-silicio y aluminio-magnesio-silicio-manganeso para perfiles extruidos. Pueden utilizarse otras aleaciones previo acuerdo con el cliente.

Con el fin de obtener efectos particularmente decorativos y aumentar la uniformidad, se utilizarán aleaciones "calidad anodizable".

En la recepción de materia prima, la inspección del producto se efectuará analizando los defectos que ocasionen que ésta no pueda ser eanodizada y por consiguiente deba mandarse nuevamente a fundición; los defectos a que nos referimos son los siguientes:

a) Rayadura de dado.

Este defecto, de acuerdo a la experiencia, se presenta en un 50% de los rechazos y consiste en una o varias franjas que se forman a lo largo del perfil, ocasionadas en la extrusión por dados en mal estado.

b) Material doblado.

Este defecto es ocasionado generalmente por un manejo inadecuado en el transporte de los perfiles.

c) Contenido de goma.

Esto es provocado durante el envejecimiento del material - presentándose como manchas en la superficie del material que no pueden ser eliminadas por el anodizado.

## 2. CONTROL DE CALIDAD EN EL MATIZADO.

Se realizará una inspección después del primer enjuague del matizado para verificar que el grano del material no esté demasiado abierto, es decir, que éste se encuentre demasiado opaco debido a una permanencia excesiva en el tratamiento de sosa cáustica.

### 3. CONTROL DE CALIDAD EN EL SELLADO.

No está autorizado por la Asociación Mundial de Anodizadores de Aluminio, entregar piezas sin sellado o con sellado insuficiente si éstas son destinadas, en el estado anodizado, a la arquitectura, incluso si el cliente lo desea.

Se tendrá gran atención en la utilización de productos de adición en los baños de sellado destinados a impedir la formación de depósitos pulverulentos.

El sellado de la película anódica debe ser suficiente para permitir al aluminio anodizado, satisfacer los siguientes ensayos:

- ° Por inmersión. Según ISO 3210.

La pérdida máxima de peso se fija en  $30 \text{ mg/dm}^2$ ,

- ° Medida de la admitancia según ISO 2931.

Admitancia recomendada para un espesor de película de 20 micras como máximo.

### 4. CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCTO TERMINADO.

El aspecto final de los productos depende en parte del tratamiento de superficie inmediatamente precedente al anodizado. Este aspecto se fijará por acuerdo entre el cliente y ALANSA.

Las exigencias de aspecto tendrán en cuenta las tolerancias metalúrgicas de transformación y las tolerancias del anodizado.

Las tolerancias sobre el aspecto final y la uniformidad del conjunto, se determinarán con ayuda de dos patrones de referencia (máximo y mínimo de aceptabilidad).

Por otra parte, los defectos que serán motivo de rechazo en el control de calidad de productos terminados y que pueden ser eliminados mediante un nuevo proceso de anodizado (REANODIZADO), son los siguientes:

- ° Por escurrimiento.

Esto es provocado por enjuagues inadecuados.

- ° Por brisado.

Este es ocasionado por corrientes de aire que provocan que la brisa de otras tinas se adhiera a los perfiles al sacarlos de cualquier tina del tratamiento.

- ° Color fuera de tono.

Se debe a que la coloración no se lleva a cabo uniformemente.

- ° Por flameado.

Generalmente se presenta en los extremos de los perfiles y es ocasionado por mal contacto de los sujetadores, evitando con esto un adecuado paso de corriente.

- ° Capa anódica no adecuada.

Este defecto se presenta cuando el espesor no cumple con las normas establecidas o por el cliente o por ALANSA.

#### PRUEBA DE LA MANCHA EN EL SELLADO.

Es una prueba que se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se limpia la superficie con alcohol-cetona y se le agrega una gota de ácido nítrico al 50% durante 10 minutos, después se lava con agua cruda o destilada y finalmente se seca y se le agrega una gota de azul de antroquinona.

#### 5. APARATOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD.

- a) Para medida del espesor.

Se utilizarán dos aparatos de corriente de Foucault: -  
PERMASCOP e ISOMETER.

- b) Para ensayo del sellado.

Un aparato para medir la admitancia y una balanza de preci

sión para efectuar el control de calidad de la película anódica.

#### 6. CONTROL DE LAS SOLUCIONES (Control Químico).

Se efectuará un análisis de la concentración de las soluciones de las tinas, diariamente al inicio del primer turno.

El análisis se basará en los datos y concentraciones establecidas para el proceso, descritas en el capítulo 7.

### NORMAS OFICIALES MEXICANAS PUBLICADAS HASTA LA FECHA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION Y QUE SE APLICAN AL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO.

- NOM-W-118-1983 "Metales no Ferrosos - Aluminio y sus Aleaciones - Efectos de Oxidación y Decoloración de Anodizados - Método de Prueba". Esta norma coincide totalmente con la Norma Internacional ISO 3210.
- NOM-W-119-1983 "Aluminio y sus Aleaciones - Anodizado - Determinación del espesor de recubrimiento de Oxido Anódico Mediciones no Destructivas por el Microscopio".  
Esta norma coincide totalmente con la Norma Internacional ISO 2128.
- NOM-W-120-1982 "Aluminio y sus Aleaciones - Anodizado - Determinación de la masa por unidad de área en recubrimientos de Oxido Anódico - Método Gravimétrico". Esta norma coincide totalmente con la Norma Internacional ISO 2106
- NOM-W-121-1982 "Aluminio y sus Aleaciones - Anodizado - Evaluación de la calidad del sellado de la capa de Oxido Anódico por medición de la admitancia e impe-

dancia ".

Esta norma coincide totalmente con la Norma Internacional ISO 2931

- NOM-W-122-1983 "Productos de Metales no Ferrosos - Aluminio y sus Aleaciones - Pérdida de masa por acción en Aluminio Anodizado - Método de Prueba".  
Esta norma coincide totalmente con la Norma Internacional ISO 2932.
- NOM-W-128-1983 "Metales no Ferrosos - Aluminio y sus Aleaciones-Anodizado (Oxidación Anódica) - Aislamiento por medición del potencial de ruptura - Método de Prueba."
- NOM-W-115-1982 Metales no Ferrosos - Aluminio y sus aleaciones - Pérdida del poder de absorción de los recubrimientos de óxido anódico - Método de prueba.
- NOM-W-117-1982 Recubrimientos no conductivos sobre bases metálicas no magnéticas - Medición del espesor de recubrimiento - Método de corriente eddy.
- NOM-W-125-1983 Metales no ferrosos - Aluminio y sus Aleaciones - Continuidad de los recubrimientos de óxido anódico delgados - Sulfato de cobre método de prueba.
- NOM-W-126-1984 Metales no Ferrosos - Aluminio y sus Aleaciones - Recubrimientos de óxido anódico coloreado a la luz artificial - Aceleración de la rapidez de la luz-Método de prueba.
- NOM-W-127-1984 Metales no ferrosos-Aluminio y sus aleaciones-Recubrimientos con óxido anódico coloreados - Resistencia a la decoloración a la luz ultravioleta método de prueba.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS APROBADAS POR LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS PERO SIN HABERSE PUBLICADO - AUN EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION.

- NOM-W-132-1984 Metales no ferrosos - Aluminio y sus aleaciones - Anodización - Resistencia de los recubrimientos de óxido anódico por deformación por agrietamiento- Metodo de prueba.
- NOM-W-134-1984 Metales no ferrosos - Aluminio y sus aleaciones - Tratamientos superficiales- Oxidación Anódica - Reflectancia especular 45° de reflectancia total - Claridad de imagen.
- NOM-W-135-1984 Metales no ferrosos - Aluminio y sus aleaciones - Anodizado índice de desgaste y resistencia al desgaste - Medición con una rueda abrasiva - Método de prueba.
- NOM-W-136-1985 Metales no ferrosos - Aluminio y sus aleaciones - Anodizados medición del índice de desgaste y resistencia al desgaste del aluminio anodizado con aparato de prueba a base de boquilla abrasiva.

## CAPITULO 10

### CONCLUSIONES

Para tener una visión más amplia acerca del proyecto, se consideró importante realizar observaciones por cada uno de los capítulos más importantes de este estudio.

Estas observaciones, tuvieron como base la información estadística obtenida y/o la experiencia de empresas ya establecidas, siendo éstas las siguientes:

#### 1. ESTADO ACTUAL DEL ALUMINIO EN MEXICO.

De acuerdo a la información estadística que arroja este capítulo, se observa que la producción de aluminio primario va en aumento a partir del año de 1981; que las importaciones de perfiles de aluminio representan un mínimo de las importaciones totales; que el consumo nacional aparente de extrusiones, representan un 74% del mercado del anodizado conformado en gran parte por la industria de la construcción; que la estructura del consumo del aluminio por sector, representa un 29% para la industria del transporte; 16% para la industria eléctrica y el 13% para la industria de la construcción.

#### 2. ESTUDIO DE MERCADO.

En este renglón, se observa que el medio ambiente al que la empresa ingresará, está conformada por una parte muy importante de clientes de diversos sectores de la industria así como distribuidores y proveedores; que existe un número considerable de competidores importantes; que el producto que se va hacer llegar a este mercado, consistirá en perfiles de aluminio anodizado que en su mayor parte consumirá la industria de la construcción.

### 3. LOCALIZACION DE LA PLANTA.

Se llevó a cabo considerando los siguientes aspectos:

Disponibilidad de servicios, disposiciones fiscales y legales, transporte y servicios públicos, ubicación de mercados, - fuentes de materia prima, disponibilidad de mano de obra entre los más importantes.

### 4. ESTUDIO TECNICO DEL PROYECTO.

Se adoptó el proceso a utilizar en la planta, siendo éste el anodizado por medio de ácido sulfúrico que es el más común - y económico. Conjuntamente se seleccionó el equipo, se realizó la distribución de la planta así como la distribución del equipo en el área de anodizado.

### 5. NORMALIZACION Y CONTROL DE CALIDAD.

Para los efectos del control de calidad, se determinó aplicarlos en: materia prima, matizado, sellado y producto terminado por ser los más importantes en el proceso. Así mismo se estableció un control químico del proceso, todo lo anterior basado en las normas oficiales mexicanas.

De acuerdo al método de producción planteado y equipo utilizado, se estima que los costos de producción de ALANSA se encuentran a nivel competitivo con las demás industrias del ramo, lo que plantea el proyecto como rentable; sin embargo, debido a las condiciones actuales del país, es difícil realizar un pronóstico preciso de costos, pues la inflación, el desarrollo tecnológico, las variaciones monetarias y muchos otros aspectos, - influyen grandemente en las predicciones sin poder ser controlados.

Por todo esto se concluye, finalmente, que la instalación - de la planta es factible; apoyando esta aseveración en los resultados estadísticos de producción y consumo de perfiles de - aluminio.

Que el lugar adecuado para la instalación de la planta se

determinó que se lleve a cabo en San Juan del Río, Qro.

Y referente a los competidores, la instalación es buena por que las bases sobre las que se plantea el proyecto, indican una mejora en el proceso y consecuentemente con esto el producto final.

## ANEXO 1 DEFINICIONES

## ALUMINIO CALIDAD ANODIZABLE.

Es aquel que gracias a ciertas condiciones de fabricación particulares, permite obtener, después de la anodización, un aspecto decorativo y uniforme, sobre las superficies - significativas.

## SUPERFICIE SIGNIFICATIVA.

Parte de la superficie sobre la cual se exigen propiedades específicas.

## ALUMINIO ANODIZADO.

Es el proceso electrolítico donde se forma una capa de óxido superficial por el paso de una corriente eléctrica en un electrolito ácido, tomando al aluminio como ánodo.

## ANODIZADO NATURAL.

Se llamó así a la capa de óxido translúcida y ausente de color.

## ANODIZADO EN COLOR.

Es la capa de óxido a la que se le introduce una sustancia colorante.

## ANODIZADO INTEGRAL.

Se genera la capa mediante un electrolito especial (generalmente un ácido orgánico) que produce una capa de óxido autocolorado, es decir, que durante el proceso de anodizado la misma capa de óxido impacte el color.

## ANODIZADO DECORATIVO.

Aquel que presenta un aspecto uniforme o una apariencia heterogénea que satisfaga desde el punto de vista estético y que no será sometida a la intemperie.

## ANODIZADO PARA ARQUITECTURA.

Es el producido para fines arquitectónicos, con exposición permanente a la cual se persigue una buena apariencia, alta resistencia a la intemperie y prolongada vida útil.

## ANODIZADO DURO.

Es producido en electrolitos especiales, con la finalidad de obtener una capa con mayor densidad específica a las - formadas con ácido sulfúrico a temperatura ambiente, para resistir a la abrasión a que será sometida.

## SELLADO.

Tratamiento aplicado después de la anodización con el fin de reducir la porosidad y el poder absorbente de la película de alúmina.

## TRATAMIENTO PREVIO.

Modificación del estado de la superficie del aluminio por tratamientos mecánicos, químicos o electroquímicos apropiados.

## CALIDAD ANODIZADO REFLEJANTE.

Semi productos elaborados con aluminio de alta pureza, - sin defectos mecánicos ni irregularidades de aspecto, dando una apariencia uniforme y un alto poder reflejante.

## CALIDAD ANODIZADO DE LUJO.

Comprende aleaciones que no presentan ni defectos mecánicos, ni irregularidades. Se obtienen tonos y aspectos - uniformes después de anodizado. (1070, 1170, 1270).

Para perfiles se han añadido A8 - G1 A85 - GS

Estas calidades se laminan partiendo de barras extruidas, pueden tener desbastes violentos.

**CALIDAD ANODIZADO INDUSTRIAL.**

Comprenden las aleaciones que sin presentar defectos mecánicos pueden tener después del anodizado, irregularidades de aspecto poco pronunciadas.

Presentados en forma de chapas o perfiles: 1100, 5050, -  
5454, 5154, 5254, 5456, 5556.

## ANEXO 2

PRODUCTOS QUIMICOS Y SUS FORMULAS, MENCIONADOS EN ESTA TESIS.

ACETATO DE AMONIO	$\text{NH}_4\text{CH}_3\text{CO}_2$
ACETATO DE COBALTO	$\text{CO}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$
ACETATO DE NIQUEL	$\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$
ACIDO BORICO	$\text{H}_3\text{BO}_3$
ACIDO CITRICO	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_8$
ACIDO CLORHIDRICO	$\text{HCl}$
ACIDO CROMICO	$\text{H}_2\text{CrO}_4$
ACIDO NITRICO	$\text{HNO}_3$
ACIDO OXALICO	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
ACIDO SUCCINICO	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{CH}_2)_2$
ACIDO SULFURICO	$\text{H}_2\text{SO}_4$
ACIDO TARTARICO	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$
ALUMINA	$\text{Al}_2\text{O}_3$
ALUMINIO	$\text{Al}$
CLORO	$\text{Cl}_2$
CLORURO DE ALUMINIO	$\text{AlCl}_3$
CLORURO DE BARIO	$\text{BaCl}_2$
CRIOLITA	$\text{Na}_3\text{AlF}_6$
DICROMATO DE SODIO	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
FERRIOXALATO DE AMONIO	$(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
HIDROXIDO DE SODIO (SOSA)	$\text{NaOH}$
NITRATO DE COBRE	$\text{CuNO}_3$
PERMANGANATO DE POTASIO	$\text{KMnO}_4$
SULFATO AMONICO	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
SULFATO DE COBALTO	$\text{CoSO}_4$
SULFATO DE COBRE	$\text{CuSO}_4$
SULFATO DE MAGNESIO	$\text{MgSO}_4$
SULFATO DE MANGANESO	$\text{MnSO}_4$
SULFATO DE SODIO	$\text{Na}_2\text{SO}_4$
SULFATO DE VANADIO	$\text{VSO}_4$
SULFURO POTASICO	$\text{K}_2\text{S}$
SOLUCION DE AMONIACO	$\text{NH}_3$

## BIBLIOGRAFIA

1. ENCICLOPEDIA DEL ALUMINIO,  
Ingenieros del Grupo Pechiney,  
Ediciones Urmo.  
Volúmenes 2, 5 y 6
2. TUBOS Y PERFILES DE ALUMINIO.  
Alcomex, México.
3. ALUMINIO EN LA CONSTRUCCION,  
Brimelow, E.I.; Ignacio Iturriaga.
4. MANUAL DEL ALUMINIO,  
Aluminium Company of Canada.
5. METALURGIA ESPECIAL,  
Javier Ma. Elustondo.
6. ANODIZADO Y COLORACION DEL ALUMINIO,  
Llorca, F.
7. ENCICLOPEDIA AUTODIDACTICA "QUILLET",  
Tomo III  
Editorial Cumbre, S.A.,  
México, 16a. edición, 1979.
8. ENCICLOPEDIA PRACTICA "JACKSON",  
Tomo XII,  
W.M. Jackson, INc., Editores,  
México, D.F.
9. QUIMICA,  
Gregory R. Choppin, Bernard Jaffe,  
Lee Sumerlin, Lynn Jackson,  
Publicaciones Cultural, S.A.,  
14a. Edicion, 1976.
10. ELECTROPULIDO Y ANODIZADO DE METALES,  
N.P. Fedotiev,  
Editorial Gustavo Gili, S.A.
11. METALES LIGEROS,  
Ing. F. Combeller.
12. FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO Y PROTECCION  
DE SUPERFICIES METALICAS,  
Gabe Dina Rufinovna.
13. MANUAL DEL ALUMINIO,  
Aluminium - Zentrale.

14. ANODIZADO Y COLORACION DEL ALUMINIO,  
Massuet Gran Vicente.
15. EL ALUMINIO, EL METAL DESDE EL SIGLO XX,  
Gassiot Llorma, José.
16. ALUMINIO Y SUS ALEACIONES,  
Herenguel, Jean.
17. MANUAL DEL ALUMINIO,  
Zentrale E.U. Düsseldorf.
18. ALUMINIO ESTRUCTURAL,  
Gaylord, Edwin H.
19. GUIA PARA ESPECIFICAR EL ANODIZADO ARQUITECTONICO,  
Anidarsa.
20. CONTROL Y SUPERVISION,  
Karl E. Ettinger,  
Edit. Herrero Hnos. Sucs., S.A.,  
México, 1974.
21. INGENIERIA INDUSTRIAL.  
B.W. Wiebel,  
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.  
México, 1976.
22. MANUAL DE INGENIERIA DE LOS RECUBRIMIENTOS  
ELECTROLITICOS,  
Graham Arthur Kenneth.
23. CONTROL Y SUPERVISION,  
Karl E. Ettinger,  
Editorial Herrero Hnos., Sucs., S.A.,  
México, 1974.
24. DIRECTRICES RELATIVAS A LA MARCA DE CALIDAD  
EWAA/EURAS para la Película ANODICA SOBRE EL  
ALUMINIO EXTRUIDO O LAMINADO DESTINADO A LA  
ARQUITECTURA,  
Asociación Española de Anodizadores (ASESAN).
25. INDUSTRIADATA 1983 - 84,  
Empresas Grandes,  
Mercamétrica Ediciones, S.A.,  
México, Séptima Edición.
26. ESTADISTICAS DEL INSTITUTO MEXICANO DEL  
ALUMINIO.

27. PRODUCCION QUIMICA MEXICANA,  
Editorial Cosmos, 1984.
28. GUIA DE LA INDUSTRIA QUIMICA,  
Equipo, Materiales y Servicios,  
Editorial Cosmos 1984.
29. GUIA DEL ENVASE Y EMBALAJE,  
Editorial Cosmos, 1984.
30. PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR,  
Donald Q. Kern,  
Cía. Editorial Continental, S.A. DE C.V.  
México, Décimosexta Impresión, 1982.
31. FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRI-  
GERACION,  
Eduardo Hernández Goribar,  
Editorial Limusa,  
México, 1978.
32. CURSO PARA PROYECTOS INDUSTRIALES,  
Fondo Nacional de Equipamiento Industrial  
(FONEI)