

68
2 ej'



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**“ANTEPROYECTO PARA LA INSTALACION DE
UNA PLANTA FUNDIDORA DE PLOMO PARA
BATERIAS”**

T E S I S

**Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO**

P r e s e n t a

**JUAN MANUEL ANTONIO MEDINA
TRISTAN**

México, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INDICE GENERAL

CAPITULO I

Introducción 1

CAPITULO II

Alternativas Técnicas para la Producción de Plomo
para Baterías 3

CAPITULO III

Estudio de Mercado 8

CAPITULO IV

Datos Básicos de Diseño 18

CAPITULO V

Descripción Detallada del Proceso 26

CAPITULO VI

Distribución y Dimensión de la Planta 72

CAPITULO VII

Análisis de Costos 76

CAPITULO VIII

Cálculo de la Inversión 90

CAPITULO IX

Análisis Económico del Proyecto 93

CAPITULO X

Conclusiones y Recomendaciones 99

Apéndice 102

Bibliografía 103

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

En ésta Tesis se resume el esfuerzo, la voluntad y el cariño que aporte a lo largo de mi carrera, que la culmino con el deseo y la mejor intención de que éste trabajo sea de utilidad en un futuro próximo.

Los factores que me impulsaron a realizar éste trabajo como Tesis Profesional, fuerón los siguientes:

- La colaboración y apoyo que recibí para realizar éste trabajo por parte del: Sr. Antonio Salas Tristán, Sr. Carlos Salas Pérez, Ing. Jorge Isaac Hernández Velasco y en forma especial del Ing. Jorge Ornelas Tabares.
- La experiencia adquirida durante más de un año de labores en una Fundidora de Plomo, donde se aplica una tecnología semejante a la de éste trabajo.
- El deseo de terminar mi carrera haciendo un trabajo donde pudiese aplicar los conocimientos tanto teóricos como prácticos adquiridos en la carrera.

Deseo que éste trabajo sea de utilidad y que abra el camino a otros semejantes, para el mejor desarrollo tecnológico y económico de nuestro país.

C A P I T U L O I I

ALTERNATIVAS TECNICAS PARA LA PRODUCCION

DE PLOMO PARA BATERIAS

ALTERNATIVAS TECNICAS PARA LA PRODUCCION DE PLOMO PARA BATERIAS

Para efectuar el presente trabajo se revisaron y analizaron -- las diferentes alternativas para la producción de plomo para baterías, aunque a decir verdad unas son modificaciones y/o perfeccionamientos de otras.

A).- Primera Alternativa. La batería inservible será la materia prima, que se funde tal como llega a la fundición, en un horno de cuba o reverbero, en el cual se recupera una aleación de plomo y antimonio que suele contener un 5% de ésta. Aunque sencillo y directo éste método tiene algunas desventajas como por ejemplo, se necesita una temperatura bastante alta para licuar adecuadamente una mezcla de escoria-mata que resulta de la fusión de materiales tan impuros, lo que a su vez da lugar a elevadas pérdidas de humos tanto oxidados como gases de combustión, otra desventaja es el azufre de la carga, que produce una cantidad considerable de mata, que no solo es de un grado tan bajo -- que la venta es difícil, sino que se traduce en serias -- pérdidas de plomo y antimonio, por último, el plomo así producido no puede emplearse directamente para producir nuevas placas, sino que hay que agregarle antimonio con el inconveniente de una nueva fusión.

B).- Segunda Alternativa.- Se emplea como materia prima la chatarra de plomo (pasta y rejilla) que puede fundirse sin fundente en un horno de solera, para producir un plomo --blando y una escoria de plomo y antimonio. El plomo de éste tipo puede venderse sin dificultad, pero el tratamiento de la escoria constituye un problema. Recurriendo a un segundo tratamiento podría reducirse a plomo antimonial, pero aquí también las pérdidas de escoria y humos son muy elevadas.

C).- Tercera Alternativa.- Existe un proceso en el cual todo el deshecho de las baterías que contenga plomo es pasado a través de un molino de bolas hasta reducirlo a polvo, es llevado a un reactor ó mezclador donde se le adiciona hidróxido de calcio para eliminar azufre y los residuos de ácido, se filtra y se seca en una estufa a una temperatura que oscila entre 150 y 200^oC; se lleva a un mezclador donde se adiciona carbón y una mezcla de cloruros de sodio y potasio, de aquí se lleva a un horno donde se funde a una temperatura de unos 650^oC y se obtiene plomo como producto. Esta alternativa tiene el gran inconveniente de que el equipo es costoso y muy grande.

D).- Cuarta Alternativa.- En éste método la materia prima será el óxido de plomo (litargirio), el cual se carga a un horno rotatorio conjuntamente con el coque y el fundente adecuados, y se funde a unos 950 - 1,000°C. El plomo que de aquí se obtiene contendrá alrededor del 1.5% de antimonio con algo de azufre y otras impurezas. Este plomo se pasa posteriormente a un horno crisol para eliminarle el azufre y las impurezas con sustancias limpiadoras, se le agrega la cantidad necesaria de antimonio y se vacía en moldes. Este método es efectivo y se obtienen altas recuperaciones, pero tiene el gran inconveniente de que la materia prima es muy costosa, prácticamente al mismo precio que el producto terminado, de ahí que sea incosteable llevarlo a la práctica.

E).- Quinta Alternativa.- En éste método se emplea como materia prima las baterías inservibles, de las cuales se ocuparán las partes que contengan plomo (placas, postes, barras colectoras y puentes). Este método se divide en 2 partes:

I.- Método de Horno Rotatorio y Horno Crisol.

II.- Método Directo de Horno Crisol.

I.- Método de Horno Rotatorio y Horno Crisol.

En ésta parte la materia prima directa serán las placas positivas principalmente y algo de rejilla y pasta de las placas negativas. Esta chatarra se carga a un horno rotatorio conjuntamente con coque y fundente en cantidades adecuadas y se funde a una temperatura de unos $1,000^{\circ}\text{C}$, obteniéndose un plomo -- con algo de antimonio (1.35%). Este plomoantimonial se pasa a un horno crisol en donde se le hace un tratamiento de limpieza para eliminarle el azufre y las impurezas que contenga con sustancias limpiadoras, posteriormente se le adiciona la cantidad necesaria de antimonio, y finalmente se vacía en moldes.

II.- Método Directo de Horno Crisol.

En ésta parte la materia prima serán las partes metálicas de las baterías tales como postes, puentes, barras colectoras y las placas negativas. Todo éste material se pasa al horno -- crisol donde se funde a unos 400°C , posteriormente se le hace un tratamiento de limpieza para eliminarle las impurezas que pudiera contener con sustancias limpiadoras, se le agrega la cantidad de antimonio necesaria y finalmente se vacía en moldes.

C A P I T U L O III

ESTUDIO DE MERCADO

- ASPECTOS GENERALES

- Panorama Internacional.
- Principales aplicaciones del plomo.
- Panorama Nacional.
- Consumo de Plomo Primario en México por sus usos.
- Precios del Plomo.

- ASPECTOS BASICOS

- Ubicación del Mercado en la producción total de Plomo Primario.
- Distribución Geografica del Mercado Actual del Plomo para Baterias.
- Abastecimiento Actual del Mercado de Plomo para Baterias
- Principales Fuentes de Suministro de Materias Primas
- Precios Actuales de Venta de Plomo para Baterias
- Precios Actuales de la Materia Prima

ESTUDIO DE MERCADO

ASPECTOS GENERALES

- Panorama Internacional.- En el segundo semestre de 1983, el precio del plomo en Estados Unidos se incrementó de 19.324 cts. de dólar por libra en julio, hasta un máximo de 25.377 cts/lb. en octubre, lo que representa un aumento de 31% después de dos años de tendencia a la baja. Sin embargo, el Precio del Plomo -- Europeo (LME) sólo se incremento 4% en el mismo periodo. Esto ocasionó que la diferencia entre el precio americano y el precio europeo llegara a ser hasta de 7 cts./lb.

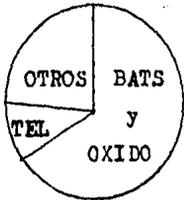
Por otro lado, los inventarios de plomo afinado en el LME aumentaron gradualmente de 130,000 toneladas en enero de 1983 hasta un máximo de 218,000 tons. en agosto. A diciembre de 1983, el inventario de plomo afinado en el LME había disminuido aproximadamente en 35,000 tons. respecto al inventario registrado en agosto. Este diferencial ha permitido el movimiento de plomo afinado de Europa hacia América.

La demanda mundial de plomo se ha venido contrayendo año con año. Del año de 1978 a 1983, el consumo mundial disminuyó en aproximadamente 425,000 tons. Esta disminución se ha debido básicamente a 3 factores:

- 1) Problemas de contaminación (tetraetilo de plomo y pigmentos).
- 2) Materiales sustitutos (PVC en tubería).
- 3) A que no se ha encontrado nuevas aplicaciones importantes para el plomo.

Principales aplicaciones del plomo.- (R-3)

MEXICO



108 M tons.

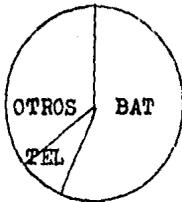
1978



93 M. tons.

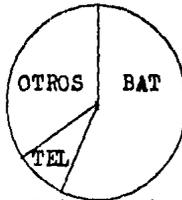
1983

ESTADOS UNIDOS



1,404 M. tons.

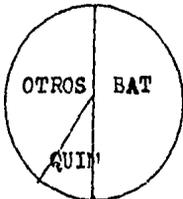
1978



1,106 M. tons.

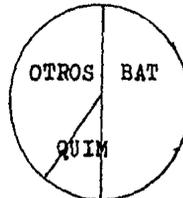
1983

JAPON



352 M. tons.

1978



354 M. Tons.

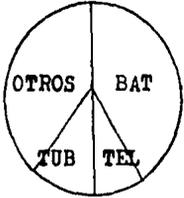
1983

TEL. Tetraetilo de Plomo.

M. Miles.

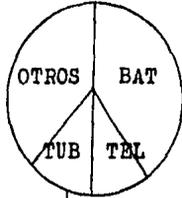
(GRAFICA 1)

INGLATERRA



339 M. tons.

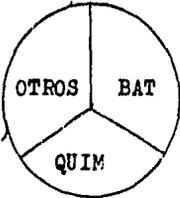
1978



282 M. tons.

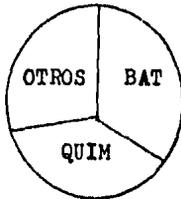
1983

ALEMANIA



350 M. tons.

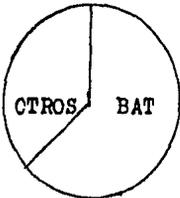
1978



340 M. tons.

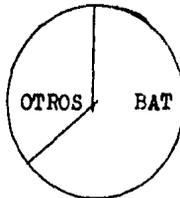
1983

AUSTRALIA



52 M. tons.

1978



41 M. tons.

1983

(GRAFICA 1)

En el mundo existen zonas geográficas bien definidas, donde la producción de plomo excede al consumo, zonas netamente exportadoras, y viceversa, zonas deficitarias en plomo afinado.

Los países o zonas con mayores excedentes para exportación -- son: Australia, Canada y México.

Las zonas deficitarias son principalmente: Asia, Estados Unidos y Europa.

Panorama Nacional.- Durante los primeros seis meses de 1984, el precio mínimo del plomo en el mercado nacional fue de 17.75 centavos de dólar por libra y el máximo de 20.21 cts/lb. con un promedio para este período de 19.04 cts/lb.

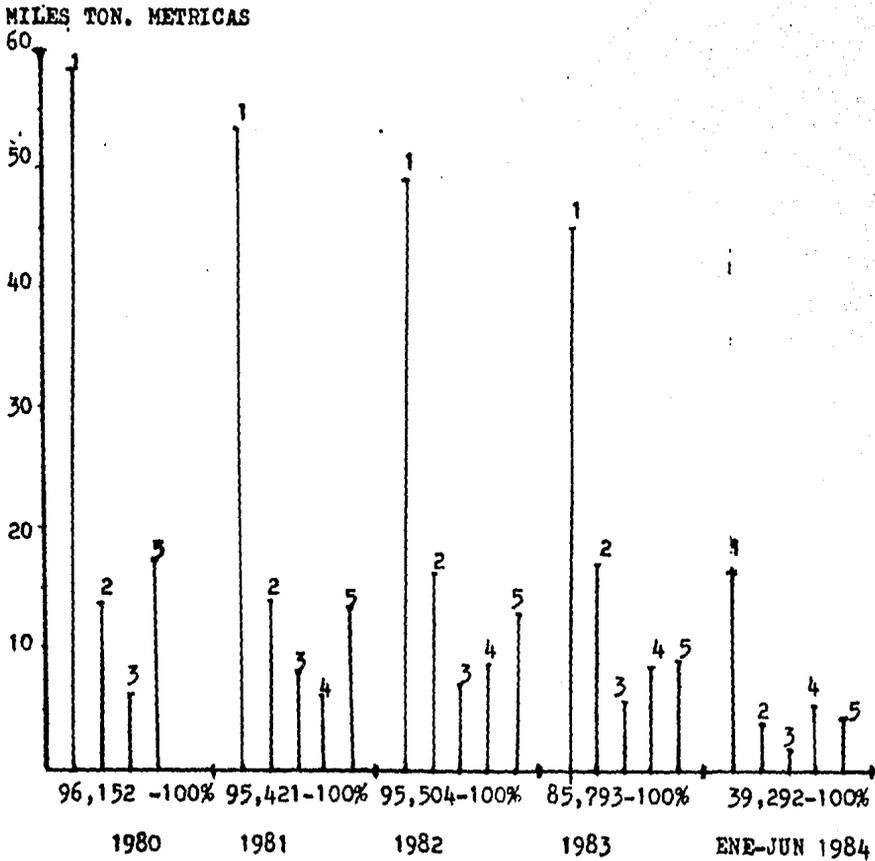
La producción mexicana de plomo refinado en el período enero-junio de 1984 fue de 80,519 T.M., 3.43% inferior a la producción en el mismo lapso de 1983 que fue de 83,382 T.M.

El consumo nacional se redujo en 4.66% ya que en la primera mitad de 1984 se consumieron 39,292 T.M. contra 41,214 T.M. consumidas en el mismo período de 1983.

Como se puede observar, en la gráfica de consumo de plomo primario en México por usos principales, el sector que contribuyó en mayor porcentaje a la reducción en el consumo de este metal, fue el de la fabricación de acumuladores, lo cual se debe principalmente a la difícil situación que prevalece en la Industria Automotriz.

CONSUMO DE PLOMO PRIMARIO EN MEXICO
POR USOS PRINCIPALES. (R-3)

- 1 = OXIDOS
- 2 = ACUMULADORES
- 3 = TETRAETILO
- 4 = CABLES
- 5 = OTROS



(GRAFICA #)

Precios del Plomo (Centavos de dólar por libra)***

	PRECIO NACIONAL	US PRODUCER	LME
1979	49.33	52.642	54.590
1980	39.43	42.456	41.109
1981	31.46	36.531	32.966
1982	21.88	25.542	24.747
1983	16.92	21.677	19.294
1984	19.40	-	-

*** Precios de plomo Afinado (plomo 99.9%)

ASPECTOS BASICOS

Ubicación del Mercado en la producción total de Plomo Primario.

En los últimos años ha venido a menos la producción de plomo primario en México, aunque el año pasado tuvo una mejoría, y se espera que para este año siga aumentando la producción.

En la actualidad la capacidad instalada en México de plomo primario satisface las necesidades del mercado.

La producción total en 1983 fue de 177,252 T.M. de las cuales se consumieron en el país 85,793 T.M. distribuyendose de la siguiente forma:

%	TON. METRICAS	USOS
53	45,081	Oxidos
20	17,053	Baterias
6	5,530	Tetraestilo
10	8,730	Cables
11	9,399	Otros

Se esperaba que la producción total de plomo primario en 1984 fuera de 190,000 Ton. Métricas de las cuales se consumirían en el país alrededor de 92,000 Ton.

- Distribución Geográfica del Mercado Actual del Plomo para Baterías.

Los principales focos de Consumo de plomo en el país son los siguientes: (investigación personal).

- 1.- México D.F.
- 2.- Estado de Nuevo León.
- 3.- Estado de México.
- 4.- Estado de Jalisco.
- 5.- Estado de San Luis Potosí.
- 6.- Estado de Querétaro.

Aunque también se deben considerar otros estados de la república que consumen plomo aunque en menor escala, estos son:

- 7.- Estado de Michoacán.
- 8.- Estado de Guanajuato.
- 9.- Estado de Tamaulipas.
- 10.- Estado de Tlaxcala.

- Abastecimiento Actual del Mercado de Plomo para Baterías.

Los principales Proveedores de plomo en el país son los siguientes:

- 1.- Metalúrgica Mexicana Peñoles.
- 2.- Industrial Minera México.
- 3.- Metalúrgica de Plomo.
- 4.- P.I.P.S.A.
- 5.- Plomo de México S.A.
- 6.- Nacional Fundidora y Recuperadora S.A.

También existen compañías de menor capacidad, distribuidas en todo el país, las cuales se estima que contribuyen con un 40% del total, así como también existen compañías de acumuladores que producen plomo para su consumo interno.

- Principales Fuentes de Suministro de Materias Primas.

Los principales proveedores de las baterías inservibles y de la chatarra de plomo, son todos los negocios que se dedican a fabricar y vender baterías, distribuidores de éstas, reconstructores, etc. Las principales compañías son las siguientes:

- 1.- Acumuladores Mexicanos. (Edo. Nvo. León y Tlax)
- 2.- Roberto Diener y Cia. S.A. de C.V. (Edo. Mex)
- 3.- Monterrey Chloride. (Edo. Gto.)

Además de muchas otras en el D.F., Edo. S.L.P., Edo. Jal. etc.

- Precios Actuales de la Materia Prima.

Los precios de las baterías inservibles varían de acuerdo al tipo y tamaño, pero las más comerciales son las de 54 y 66 placas, las cuales tienen un precio promedio de \$ 500.00 Pesos/Bat. más el I.V.A. dando un total de \$ 575.00 Pesos/Bat.

- Con lo que respecta a la chatarra de plomo ésta se cotiza a un precio promedio de \$ 38.00 Pesos/Kg.

- Precios Actuales de Venta de Plomo para Baterías.

El plomo que se utiliza para las baterías es una aleación de Plomo-Antimonio en diferentes porcentajes, dependiendo de las compañías fabricantes, y por consiguiente el precio será distinto en cada tipo de aleación. La aleación más utilizada es la del 3.50% de Plomo-Antimonio.

A continuación se enlistan las aleaciones más usadas y los precios promedio durante 1984.

- PlomoAntimonial al 3.00%	\$ 618.79*Dlrs/Ton.
- PlomoAntimonial al 3.50%	\$ 636.62*Dlrs/Ton.
- PlomoAntimonial al 4.00%	\$ 654.46*Dlrs/Ton.

* Los Dólares son del tipo controlado.

C A P I T U L O I V

DATOS BASICOS DE DISEÑO

- Aspectos Legales.
- Precio, Crédito y Descuento.
- Pronostico de Ventas.
- Consumo Nacional Aparente de Plomo para Baterías en los proximos Años.
- Capacidad de la Planta.
- Localización de la Planta.

DATOS BASICOS DE DISEÑO

- Aspectos Legales

Como se mencionó en el capítulo anterior, los precios del plomo para baterías varían según el tipo de aleación, pero además debe hacerse mención a algo muy importante de quienes rigen el precio del plomo en el mercado nacional y en base a que lo hacen.

El precio del plomo en el mercado nacional lo rigen las 2 compañías más importantes en la industria minera del país: Metalúrgica Mexicana Peñoles e Industrial Minera México en coordinación con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), que es la que al final de cuentas es quien autoriza el precio semanal del plomo.

El precio se basa tomando en cuenta las cotizaciones del LME y del US Producer en conjunto con el estado de realización (ventas de la semana anterior) de las compañías antes mencionadas, así, de ésta manera semana a semana el precio cambia aunque en un porcentaje muy pequeño pero que a lo largo de un año puede ser significativo el cambio de precio.

El precio del plomo y del plomoantimonial se cotiza en dólares americanos del tipo controlado, pero su pago o liquidación se hace en pesos mexicanos al tipo de cambio del día.

Otro punto que es importante de mencionar es que ninguna compañía puede alterar el precio del plomo y del plomoantimonial ya que esta controlado, y en caso contrario podrá ser sancionada dicha compañía por la SECOFI.

- Precio, Crédito y Descuento.

Debido a la situación inflacionaria y económica por la que atraviesa nuestro país y el mundo en general, es difícil hacer un pronóstico de Precios a futuro, por lo tanto se tomaran como validas ciertas premisas:

- 1.- El precio del plomoantimonial al 3.50% se mantendra -- constante durante los proximos 5 años por lo menos, o sea a \$ 636.62 Dlls/Ton.
- 2.- El Dólar se deslizara 21 cts. diarios durante los proximos 5 años.

Obteniendose los siguientes resultados:

AÑO	Tipo de Cambio Promedio	Precio del Plomo
1o.	\$ 205.00 Pesos/Dll	\$ 130.507 Pesos/Kg
2o.	\$ 281.65 "	\$ 179.304 "
3o.	\$ 358.30 "	\$ 228.107 "
4o.	\$ 434.95 "	\$ 276.897 "
5o.	\$ 511.60 "	\$ 325.695 "

Debido a que entrar al mercado del plomo para baterías es difícil tomando en cuenta a los competidores ya establecidos, sera necesario hacer un pequeño descuento a los futuros clientes, Este descuento puede ser del 5% el cual no afecta la economía de la compañía.

Por lo tanto se obtendrán los siguientes resultados:

Año	Precio de PbSb 3.50%	Descuento 5%	Precio Final
1o.	\$ 130.507 Pesos/Kg	\$ 6.525 Ps/Kg	\$ 124.00 Ps/Kg
2o.	\$ 179.304 "	\$ 8.965 "	\$ 170.30 "
3o.	\$ 228.107 "	\$11.405 "	\$ 216.70 "
4o.	\$ 276.897 "	\$13.844 "	\$ 263.00 "
5o.	\$ 325.695 "	\$16.284 "	\$ 309.40 "

Con lo que respecta al Crédito éste puede otorgarse a los futuros clientes, con un plazo hasta de 30 días para pagar lo cual no afectará a la compañía.

- Pronostico de Ventas.

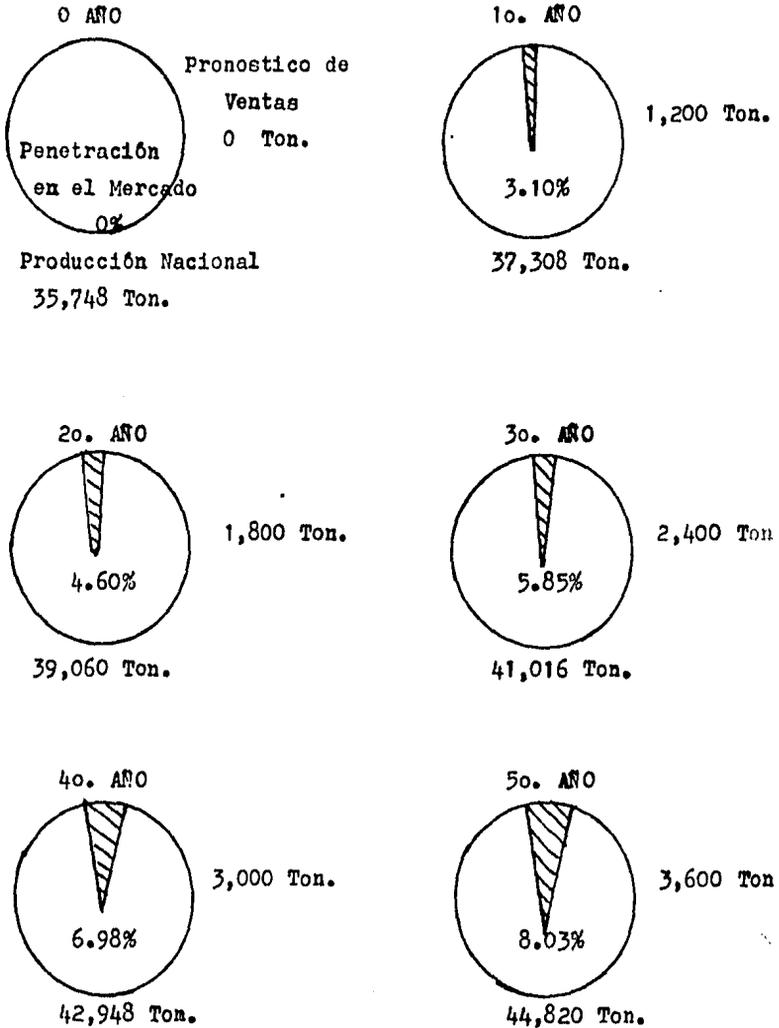
Este punto es muy importante ya que mucho depende de las ven--tas el diseñar el equipo y el tamaño de la planta, por lo tanto se debe tener mucho cuidado y hacer una buena estimación sobre - las futuras ventas.

Tomando como base los datos proprcionados por la Secretaria de Energía Minas e Industria Paraestatal (SEMIP) que a continua--ción se enlistan y los datos estimados a futuro se puede realizar un buen pronostico de ventas.

1980	28,116 Ton. PbSb
1981	30,524 " "
1982	31,824 " "
1983	33,312 " "
1984	35,016 " "

Estas son las cantidades de plomoantimonial que se ocuparán para baterías en el país en los años correspondientes.

A continuación se mostrará un Pronostico de Ventas estimado tomando como base los datos proporcionados por la SEMIP y por el Instituto Mexicano del Zinc, Plomo y Coproductos.



(GRAFICA 3)

- Pronostico de Ventas:

A Ñ O	PRODUCCION	PENETRACION EN EL MERCADO
0	0	0%
1	1,200	3.10%
2	1,800	4.60%
3	2,400	5.85%
4	3,000	6.98%
5	3,600	8.03%

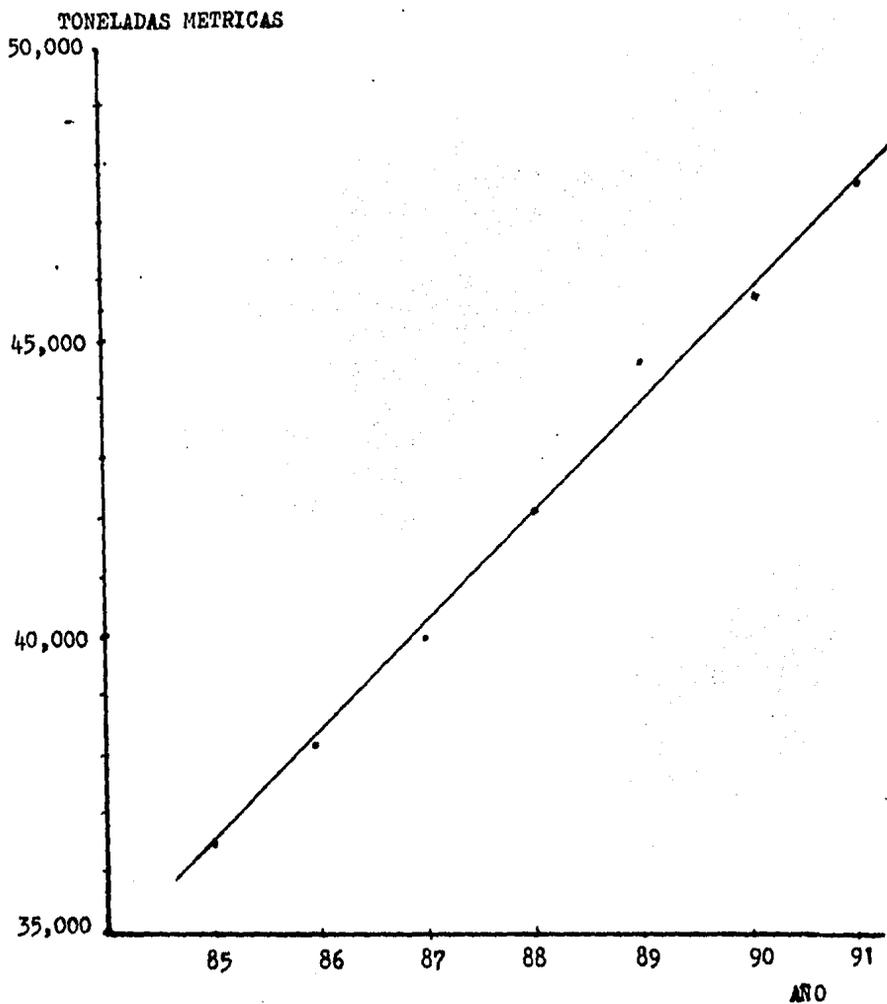
2 Consumo Nacional Aparente de Plomo para Baterias en los Proxi-
mos Años.

Tomando como base la información proporcionada por la SEMIP
y el Instituto Mexicano del Zinc, Plomo y Coproductos se obtuvo
la siguiente estimación:

A Ñ O	CONSUMO (T.M.)	A Ñ O	CONSUMO (T.M.)
1985	36,492	1989	44,848
1986	38,124	1990	45,792
1987	39,996	1991	47,688
1988	42,048		

Tanto la información proporcionada por la SEMIP como la del
Instituto se asemejan bastante por lo cual se puede concluir
que los datos antes acentados son bastante representativos y con-
fiables. Representados en la gráfica número 4.

Consumo Nacional Aparente de Plomo para Baterías



(GRAFICA 4)

- Capacidad de la Planta.

La capacidad de la planta está sujeta principalmente al mercado en el cual se deseé entrar. Como ya se vió para entrar a éste tipo de mercado es necesario el otorgar crédito y descuento además de un buen producto en cuanto a calidad.

De acuerdo al estudio de mercado y al pronostico de ventas la capacidad de la planta será la siguiente:

Capacidad Máxima.- Será cuando se trabajen 3 turnos completos durante todo el año de lunes a viernes.

La producción total será de 3,600 Ton.

Capacidad Media.- Será cuando se trabajen 2 turnos completos durante todo el año de lunes a viernes.

La producción será de 2,400 Ton.

Capacidad Mínima.- Será cuando se trabaje 1 solo turno durante todo el año de lunes a viernes.

La producción será de 1,200 Ton.

- Localización de la Planta.

Para determinar la localización de la planta se deben tomar en cuenta los Focos de Consumo principalmente, además de las --- Fuentes de Suministro de materia prima, canales de distribución, factores geográficos, etc. Por lo tanto la planta debería ser instalada en el D.F. o área metropolitana, pero por ley gubernamental no se puede instalar otra planta más de éste tipo. Por lo que otro lugar será la ciudad de Querétaro tomando en cuenta que se encuentra en un lugar centrico a los estados de México, D.F., S.L.P., Gto, Jal., y Michoacan, que son estados de consumo de -- plomo para baterías, además del propio estado de Querétaro.

C A P I T U L O V

DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO

- PROCESO.
- BALANCE DE MATERIA.
 - Estudio y Características de la Materia Prima.
 - Balance de Materia en el Horno Rotatorio.
 - Balance de Materia en el Horno Crisol
- BALANCE DE ENERGIA.
 - Balance de Energía en el Horno Rotatorio.
 - Balance de Energía en el Horno Crisol.
- DESCRIPCION Y DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO.

DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO

- PROCESO

El proceso a seguir en éste proyecto se basa en la alternativa técnica número 5 o quinta, ya que ofrece las mayores ventajas en comparación con las otras alternativas. Estas ventajas son: El equipo para el proceso es barato y ocupa poco espacio, la materia prima tiene un costo accesible, se ocupa poca personal para su desarrollo, en el horno se obtienen altas recuperaciones y pocas -- pérdidas de plomo, etc.

- BALANCE DE MATERIA

La materia prima ésta formada por las baterías usadas y la charra de plomo (pasta y rejilla).

Características de la Materia Prima.- Los siguientes datos e información fueron proporcionados por una serie de fundidoras de plomo para baterías.

Las baterías que más se utilizan comercialmente son las de "9" y "11" placas por celda, o sea 54 y 66 placas respectivamente en baterías de 6 celdas.

Este número de placas se distribuyen entre Positivas y Negativas de un modo similar al siguiente: En baterías con 9 placas por celda, 5 son negativas y 4 positivas. Cuando se trata de un conjunto de 11 placas, 6 serán negativas y 5 positivas.

Por lo tanto una batería de 54 placas contiene 30 placas negativas y 24 placas positivas, y una batería de 66 placas contiene 36 negativas y 30 positivas.

Experimentalmente se han obtenido los pesos de las placas tanto positivas como negativas, así como de puentes, postes y barras colectoras, de una serie de baterías de diferentes marcas.

	Placa Negativa (gris)	:	Placa Positiva (cafe)
-	Peso Total: 125 g		Peso Total : 165 g
PLACA	- Rejilla : 65 g		PLACA - Rejilla : 55 g
	- Pasta : 60 g		- Pasta : 110 g

Postes, Puentes y Barras Colectoras : 1214 g (54 placas)
 1264 g (66 placas)

- Analisis Químico aproximado de las placas usadas de las baterías. (R-13)

	P L A C A -			P L A C A +		
	%PESO	CONT. Pb	Pb TOTAL	%PESO	CONT. PB	Pb TOTAL
Pb	80.00	1.000	80.00	35.00	1.000	35.00
PbSO ₄	12.00	0.683	8.20	10.00	0.683	6.83
PbO	0.50	0.928	0.46	1.00	0.928	0.93
PbO ₂	0.50	0.866	0.43	45.00	0.866	38.98
PbS	0.35	0.866	0.30	0.50	0.866	0.43
H ₂ O	4.50	0.000	0.00	7.00	0.000	0.00
Sb, As						
Sn.	2.15	0.000	0.00	1.50	0.000	0.00
			89.40%			82.17%

Postes, Puentes y Barras Colectoras

	% PESO	CONT. Pb	Pb TOTAL
Pb	96.54	1.000	96.54
Sb	3.30	0.000	0.00
As,Sn	0.16	0.000	0.00
			96.54%

- Obtención de la cantidad de Pb, Sb, As y Sn de una Placa Negativa.

Por Cálculo: $125 \times 89.40\%/100\% = 111.75 \text{ g Pb.}$

$125 \times 2.15\%/100\% = 2.68 \text{ g Sb, As y Sn.}$

Dato Experimental (R-13)

Rejilla : 65 g

Pb :	62.75 g	-----	96.53% Peso
Sb :	2.15 g	-----	3.30%
As,Sn:	<u>0.10 g</u>	-----	<u>0.16%</u>
	65.00 g		100.00% Peso

Pasta : 60 g

Por cálculo:	Pb :	49.00 g	-----	81.66% Peso
	Sb :	0.36 g	-----	0.60%
	As,Sn :	0.07 g	-----	0.11%
	Otros :	10.57 g	-----	17.61%
		60.00 g		100.00% Peso

- Obtención de la cantidad de Pb, Sb, As y Sn de una Placa Positiva.

Por Cálculo: $165 \times 82.17\%/100\% = 135.58 \text{ g Pb}$

$165 \times 1.50\%/100\% = 2.475 \text{ g Sb, As y Sn}$

Dato Experimental (R-13)

Rejilla : 55 g

Pb : 53.10 g ----- 96.53% Peso

Sb : 1.815 g ----- 3.30%

As, Sn : 0.085 g ----- 0.16%

55.00 g 100.00% Peso

Pasta : 110 g

Por Cálculo: Pb : 82.48 g ----- 74.98% Peso

Sb : 0.52 g ----- 0.47%

As, Sn : 0.055 g ----- 0.05%

Otros : 26.945 g ----- 24.49%

110.00 g 100.00% Peso

Tanto Placas Positivas como Negativas se hacen pasar por un "Tambor" con paredes de malla (Criba Mecánica), la cual tiene como finalidad el separar la Pasta y la Rejilla, esta última queda sobre la malla.

Experimentalmente se han obtenido los siguientes resultados de Recuperación en la Criba Mecánica como material para el Horno Crisol:

De las Placas Negativas: 99% de la Rejilla va al H. Crisol
10% de la Rejilla va al H. Rotat.

De las Placas Positivas: 20% de la Rejilla va al H. Crisol
80% de la Rejilla va al H. Rotat.

- Cálculo de la cantidad de materia prima que se destina al Horno Crisol y al Horno Rotatorio, tomando como base los datos anteriores.

- En Baterías de 54 Placas (30 - y 24 +)

30 x 65 = 1,950 g de Rejilla

1,950 x 90%/100% = 1,775 g de Rejilla para el H. Crisol

1,950 x 10%/100% = 195 g de Rejilla para el H. Rotat.

Postes, Puentes y Barras Colectoras: 1,214 g al H. Crisol

24 x 55 = 1,320 g de Rejilla.

1,320 x 20%/100% = 264 g de Rejilla para el H. Crisol

1,320 x 80%/100% = 1,056 g de Rejilla para el H. Rotat.

PASTA:

30 x 60 = 1,800 g de Pasta para el H. Rotatorio

24 x 110 = 2,640 g de Pasta para el H. Rotatorio

*** Recordar que las Placas estan formadas por Rejilla y Pasta

- Materia Prima Total al Horno Crisol. (Rejilla, postes, etc)

$$1,755 \text{ g} + 264 \text{ g} + 1,214 \text{ g} = 3,233 \text{ g}$$

De acuerdo al análisis químico:

Pb : 96.53%

Sb : 3.30%

As,Sn : 0.16%

Por Cálculo (Basados en el análisis químico)

Pb : 3,120.81 g

Sb : 106.69 g

As,Sn : 5.17 g

TOTAL 3,233.00 g

- Materia Prima Total al Horno Rotat. (Rejilla y Pasta)

$$\text{Rejilla: } 195 \text{ g} + 1,056 \text{ g} = 1,251 \text{ g}$$

De acuerdo al análisis químico:

Pb : 96.53%

Sb : 3.30%

As,Sn : 0.16%

Por Cálculo (Basados en el análisis químico).

Pb : 1,207.59 g

Sb : 41.28 g

As,Sn : 2.00 g

TOTAL 1,251.00 g

Pasta: 1,800 g + 2,640 g = 4,440 g

1,800 g de Pasta de Placa Negativa.

De acuerdo al analisis químico:

Pb : 81.66%
Sb : 0.60%
As,Sn : 0.11%
Oros : 17.61%

100.00%

Por Cálculo:

Pb : 1,469.88 g
Sb : 10.80 g
As,Sn : 1.98 g
Otros : 316.98 g

TOTAL 1,800.00 g

2,640 g de Pasta de Placa Positiva.

De acuerdo al análisis químico:

Pb : 74.98%
Sb : 0.47%
As,Sn : 0.05%
Otros : 24.49%

100.00%

Por Cálculo:

Pb : 1,979.47 g
Sb : 12.41 g
As,Sn : 1.32 g
Otros : 646.53 g

TOTAL 2,640.00 g

Rejilla + Pasta = 1,251 + 1,800 + 2,640 = 5,691 g

Pb : 4,656.94 g
Sb : 64.49 g
As,Sn : 5.30 g
Otros : 963.51 g
TOTAL 5,691.00 g

- En Baterías de 66 Placas (36- y 30+)

Siguiendo la misma secuencia de cálculo que en las Baterías de 54 Placas, se resumen a continuación los resultados obtenidos

- Materia Prima Total al H. Crisol. (Rejilla, postes, etc).

Pb :	3,571.61 g
Sb :	122.10 g
As,Sn :	5.92 g
<hr/>	
TOTAL	3,700.00 g

- Materia Prima Total al Horno Rotatorio. (Rejilla y Pasta).

Rejilla:

Pb :	1,500.07 g
Sb :	51.28 g
As,Sn :	2.48 g
<hr/>	
TOTAL	1,554.00 g

Pasta:

2,160 g de Placa Negativa

Pb :	1,763.85 g
Sb :	12.96 g
As,Sn :	2.37 g
Otros :	380.37 g
<hr/>	
TOTAL	2,160.00 g

3,300 g de Placa Pos.

Pb :	2,474.34 g
Sb :	15.51 g
As,Sn :	1.65 g
Otros :	808.17 g
<hr/>	
TOTAL	3,300.00 g

Rejilla + Pasta = 1,554 + 2,160 + 3,300 = 7,014 g

Pb : 5,738.26 g
Sb : 79.75 g
As, Sn : 6.50 g
Otros : 1,188.54 g

TOTAL 7,014.00 g

- Resumen Global de la Materia Prima para el Horno Crisol y para el Horno Rotatorio.

	Batería 54 Placas	Batería 66 Placas	Promedio
Horno Crisol	<u>3,233 g</u>	<u>3,700 g</u>	<u>3,466.5 g</u>
Horno Rotatorio	<u>5,691 g</u>	<u>7,014 g</u>	<u>6,352.5 g</u>

Datos Experimentales (R-13)

En el H. Crisol se ha obtenido una Recuperación Neta del 99.95%.

En el H. Rotatorio se ha obtenido una Recuperación del 98.00%.

Considerando que se compraran el 50% de baterías de 54 placas y el 50% de baterías de 66 placas y basados en los datos experimentales se obtienen los siguientes resultados.

H. Crisol : 3,466.5 g x 99.95% Recuperación = 3,464.76 g de PbSb
al 3.30%

H. Rotatorio : 6,352.5 g x 98.00% Recuperación x 83.055% de Contenido de PbSb = 5,170.54 g de PbSb al 1.36%

- Análisis Químico Cuantitativo de la Materia Prima para el Horno Rotatorio. (Pasta + Rejilla).

Por Cálculo basandose en el análisis de la pag. 28 y de los datos obtenidos en las paginas 29 a la 35.

Compuesto	Peso (g)	% Peso
Pb	2,707.880	42.627%
PbSO ₄	940.500	14.805
PbO	65.175	1.026
PbO ₂	2,025.375	31.883
PbS	36.696	0.577
H ₂ O	497.475	7.831
Sb	72.200	1.136
As, Sn	6.930	0.109
	6,352.50 g	100.00%

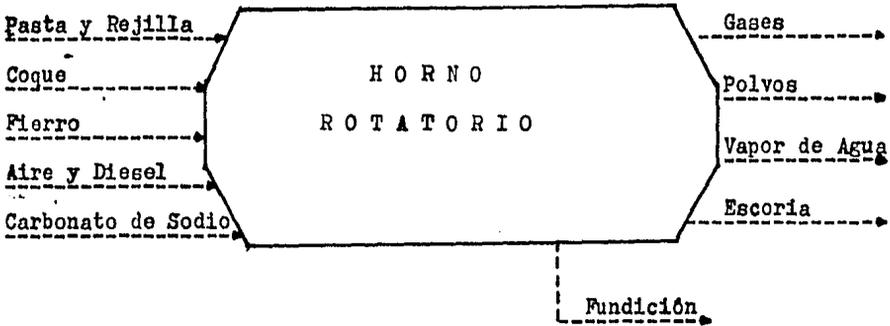
- Reacciones que se llevan a cabo en el Horno Rotatorio.

- 1.- $PbSO_4 + C + Na_2CO_3 \longrightarrow Pb + Na_2S_2O_3 + CO_2$
- 2.- $PbSO_4 + C + Na_2CO_3 \longrightarrow Pb + Na_2S + CO_2$
- 3.- $PbSO_4 + C \longrightarrow PbS + CO_2$
- 4.- $PbS + C + Na_2CO_3 \longrightarrow Pb + Na_2S + CO_2$
- 5.- $PbS + Fe \longrightarrow Pb + FeS$
- 6.- $PbO_2 + C \longrightarrow Pb + CO_2$
- 7.- $PbO + C \longrightarrow Pb + CO_2$
- 8.- $Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2O + CO_2$
- 9.- $C + O_2 \longrightarrow CO_2$

Balace Global de Materia en el Horno Rotatorio

El balance de materia en el horno rotatorio se reduce a la ecuación ya conocida:

$$\text{ENTRADAS} = \text{SALIDAS}$$



En este tipo de balances no hay acumulación, ni recirculación por lo tanto todo lo que entra al horno sale y por consiguiente el balance se reduce a la ecuación ya mencionada.

$$\underline{\text{ENTRADAS}} = \underline{\text{SALIDAS}}$$

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| - Pasta y Rejilla | - Fundición (PbSb,As y Sn) |
| - Coque | - Gases |
| - Carbonato de Sodio | - Polvos |
| - Fierro | - Vapor de Agua |
| - Aire | - Escoria |
| - Diesel | |

- Analisis Químico Cuantitativo de la Materia Prima (Entradas).

<u>Pasta y Rejilla</u>		<u>Coque</u>		<u>Diesel(C₁₆H₃₄)</u>	
Pb	42.62% Peso	C	88.00% Peso	C	84.95% Peso
PbSO ₄	14.80%	H	1.00%	H	15.04%
PbO	1.02%	S	0.50%	<u>Carbonat. Sodio</u>	
PbS	0.58%	H ₂ O	1.00%	Na ₂ CO ₃	99.90%
H ₂ O	7.83%	Genz	8.00%	<u>Fierro</u>	
Sb	1.13%	O	1.00%	Fe	99.00% Peso
As,Sn	0.10%	N	0.50%	<u>Aire</u>	
				O ₂	21% Vol.
				N ₂	79%

Los análisis del Coque, Carbonato de Sodio y Fierro fueron -- proporcionados por varias compañías, fábricas y distribuidoras - de estos productos.

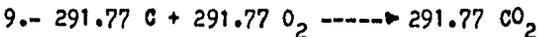
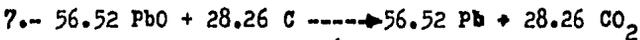
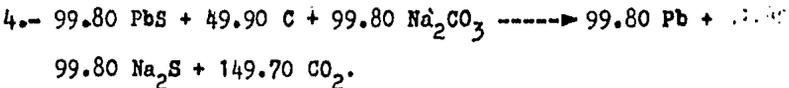
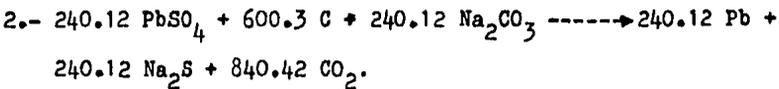
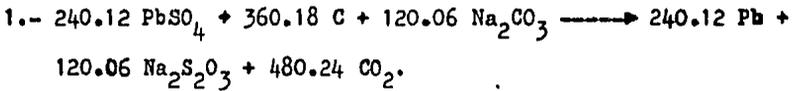
- BASE DE CALCULO DEL BALANCE DE MATERIA

La base de cálculo que se tomo para este proyecto es para la obtención de 1,000 Kg de PlomoAntimonial.

- Experimentalmente(R-13) se sabe que para la obtención de -- 1,000 Kg de PbSb es necesario partir de 1,228.59 Kg de Pasta y Rejilla.

- Las cantidades necesarias de Coque, Carbonato, Fierro, Aire y Diesel serán calculadas a continuación, así como las de Fundición, Escoria, Polvos, Gases y Vapor de Agua.

- CALCULOS : En base a la composición química de los Reactivos, así como de la Estequiometria de las Reacciones, se obtuvieron los siguientes resultados.



* Recordar que el Número de Moles = Masa / Peso Moléculas.

* Experimentalmente se aconseja agregar un Exceso de Carbonato de Sodio (Reacción 8), Coque como Carbón (Reacción 9) y además un Exceso de Hierro que aunque no reacciona (por eso no se anota en ninguna reacción) es muy importante agregarlo en la práctica.

Considerando que todas las reacciones se llevan a cabo en el Horno Rotatorio al 100% de eficiencia, se obtienen los siguientes resultados:

Reactivos	# Moles (mol)	Peso Moléculas (g/mol)	Masa (g)
Carbón	3,209.48	12	38,513.76
Carbonato de Sodio	689.97	106	73,136.82
Fierro	49.90	55.85	2,786.91

Por lo tanto la cantidad necesaria de Coque para obtener --
1,000.00 Kg de PbSb, se obtiene apartir del Carbón:

$$C = 88\% \text{ de Coque}$$

$$\text{Coque} = 38,513.76 \text{ g} \times 0.88 = 43,765.63 \text{ g}$$

$$\underline{\text{COQUE} = 43.765 \text{ Kg}}$$

La cantidad de Fierro necesaria para producir 1,000 Kg de Plo
moAntimonial es la cantidad requerida estequiométricamente más
un 100% de exceso recomendable.

$$\text{Fierro} = 2,786.91 \text{ g} + 2,786.91 \text{ g}$$

$$\text{Fierro} = 5,573.83 \text{ g}$$

$$\underline{\text{FIERRO} = 5.573 \text{ Kg}}$$

La cantidad de Carbonato necesaria será la ya descrita.

$$\text{Carbonato de Sodio} = 73,136.82 \text{ g}$$

$$\underline{\text{CARBONATO DE SODIO} = 73.136 \text{ Kg}}$$

- La cantidad de Plomo que se obtiene es el que se produce en las Reacciones 1,2,4,5,6 y 7, además del plomo ya contenido en la materia prima (Pasta y Rejilla)

Reacción	# Moles (mol)	Peso Moléculas (g/mol)	Masa (g)
1	240.12	207.	49,704.84
2	240.12	207	49,704.84
4	99.80	207	20,658.60
5	49.90	207	10,329.30
6	1,638.95	207	339,262.65
7	56.52	207	11,699.64
<hr/>			
	2,325.41 moles	207 g/mol	481,359.87 g
			PLOMO TOTAL DE LAS REACCIONES = 481,359.87 g
			<u>PLOMO TOTAL DE LAS REACCIONES = 481,359 Kg</u>

Plomo ya contenido en la Pasta y Rejilla:

$$1,228.59 \text{ Kg} \times 42.62\%/100\% = 523.625 \text{ Kg}$$

$$\text{PLOMO CONTENIDO EN PASTA Y REJILLA} = \underline{523.625 \text{ Kg}}$$

Se debe considerar la cantidad de Antimonio, Arsenico y Estaño, ya que siempre van aleados al Plomo.

$$\text{Sb} : 1,228.59 \text{ Kg} \times 1.13\%/100\% = 13.950 \text{ Kg}$$

$$\text{As, Sn} : 1,228.59 \text{ Kg} \times 0.10\%/100\% = 1.340 \text{ Kg}$$

$$\underline{\text{ANTIMONIO TOTAL} = 13.950 \text{ Kg}}$$

$$\underline{\text{ARSENICO Y ESTAÑO TOTAL} = 1.340 \text{ Kg}}$$

La Fundición obtenida contendrá Plomo, Antimonio, Arsenico y Estaño. Las cantidades obtenidas se resumen a continuación:

PLOMO :	1,004.984 Kg
ANTIMONIO :	13.950 Kg
ARSENICO Y ESTAÑO :	1.340 Kg
	<hr/>
	1,020.274 Kg

De acuerdo al dato de Recuperación que es del 98.00%, se obtendrá la cantidad neta total de Fundición en el Horno Rotatorio

$$\text{FUNDICION TOTAL NETA: } 1,020.274 \text{ Kg} \times 98\%/100\% = 999.86$$

FUNDICION TOTAL NETA: 999.86 Kg

Esta cantidad es prácticamente igual a la esperada (1,000 Kg) de Fundición.

La diferencia 20.414 Kg de fundición se va a la Escoria.

- La Escoria que se formará estará constituida por el Plomo, Antimonio, Arsenico y Estaño de la fundición, por Tiosulfato de Sodio (reacción 1), Sulfuros de Sodio (reacciones 2 y 4), Oxido de Sodio (reacción 8), las Cenizas del Coque, el Fierro que no reacciona y el Sulfuro de Fierro (reacción 5).

La cantidad de Escoria que se forma se detalla a continuación.

Reacción	# Moles (mol)	Peso Molecular (g/mol)	Masa (g)
1	120.06	158	18,978.96
2	240.12	78	18,729.36
4	99.80	78	7,784.40
5	49.90	87.85	4,383.71
8	229.95	62	14,259.38
			64,135.81 g

Escoria formada en las reacciones = 64.135 Kg

Hierro que no reacciona = 2.786 Kg

Cenizas del Coque = 3.500 Kg

PbSb,As y Sn = 20.274 Kg

90,695 Kg

ESCORIA TOTAL FORMADA : 90.695 KG

- La cantidad de Polvos que se forman están constituidos por PbO casi en su totalidad. La cantidad experimental que se obtiene es de alrededor de 4.500 Kg de PbO por cada 1,000.00 Kg de -- PbSb que se formen. Este PbO se produce da la Pasta y Rejilla.

POLVOS FORMADOS (PbO) = 4.500 Kg

- La cantidad de Diesel (combustible) necesaria para la obtención de 1,000 Kg de Fundición, se tomó de datos experimentales (R-13)

DIESEL TOTAL = 40 L

DIESEL TOTAL = 33,4 Kg

- La cantidad de Gases formados en el proceso se calcularán a continuación:

Los Gases de salida serán: CO_2 , N_2 , SO_2 y SO_3 .

- CO_2 formado en las reacciones (1-4 y 5-9).
- CO_2 formado en la combustión del Diesel.
- N_2 del aire en la combustión del Diesel.
- N_2 del aire en la reacción 9.
- N_2 del Coque.
- SO_2 y SO_3 que se forman en el proceso.

Reacción	# Moles (mol)	Peso Moléculas (g/mol)	Masa g
1	480.24	44	21,130.56
2	840.42	44	36,976.48
3	240.12	44	10,565.28
4	149.70	44	6,586.80
6	1,638.95	44	72,113.80
7	28.26	44	1,234.44
8	229.99	44	10,119.56
9	291.77	44	12,837.88

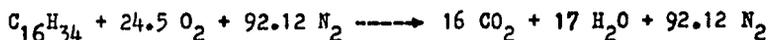
Moles Totales = 3899.2

Masa Total = 171,564.80 g

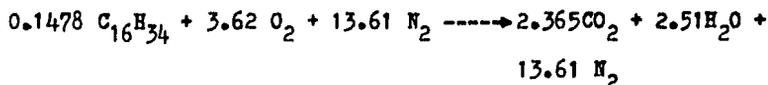
CO₂ formado en las Reacciones = 171.56 Kg

- CO₂ formado en la combustión del Diesel:

La reacción es la siguiente:



Sabiendo que la masa del Diesel es 33.4 Kg, entonces la ecuación quedará de la siguiente forma:



Por lo tanto la cantidad de CO₂ formada será:

$$2.365 \text{Kmol} \times 44 \text{ Kg/Kmol} = 104.06 \text{ Kg}$$

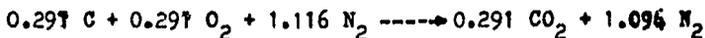
CO₂ formado en la comb. del Diesel = 104.06 Kg

- N₂ formado en la combustión del Diesel

$$13.61 \text{ Kmol} \times 28 \text{ Kg/Kmol} = 381.08 \text{ Kg}$$

N₂ formado en la comb. del Diesel = 381.08 Kg

N₂ formado en la reacción 9



$$1.094 \text{Kmol} \times 28 \text{ Kg/Kmol} = 30.636 \text{ Kg}$$

N₂ formado en la reacción 9 = 30.636 Kg

N_2 proveniente del Coque.

$$43.76 \text{ Kg} \times 0.50\%/100\% = 0.2188 \text{ Kg}$$

$$\underline{N_2 \text{ del Coque} = 0.2188 \text{ Kg}}$$

- La cantidad de SO_2 y SO_3 se obtienen a partir de la cantidad de azufre del Coque.

$$S \text{ en el coque: } 43.76 \text{ Kg} \times 0.5\%/100\% = 0.2188 \text{ Kg}$$

Los gases son SO_2 y SO_3 estimando que la mitad de S se va al SO_2 y la otra mitad al SO_3 obtendremos:

$$\underline{SO_2 \text{ y } SO_3 \text{ formados} = 0.4923 \text{ Kg}}$$

De esta manera la cantidad total de gases que salen del Horno durante el proceso es :

$$- CO_2 : 171.56 \text{ Kg} + 104.06 \text{ Kg} = 275.62 \text{ Kg}$$

$$- N_2 : 381.08 \text{ Kg} + 30.63 \text{ Kg} + 0.22 \text{ Kg} = 411.93 \text{ Kg}$$

$$- SO_2, SO_3 : = 0.46 \text{ Kg}$$

$$\underline{GASES TOTALES DE SALIDA = 688.04 \text{ Kg}}$$

- La cantidad de Aire suministrado se puede calcular si se establece un Balance de Nitrogeno (ya descrito).

$$N_2 = 411.93 \text{ Kg.} \quad \# \text{ Moles} = 411.93 \text{ Kg} / 28 \text{Kg/mol}$$

$$\# \text{ Moles} = 14.71$$

$$\text{Aire Seco} = 14.71 \times 100\%/79\% = 18.63 \text{ Moles}$$

$$18.63 \text{ Moles} \times 29 \text{ Kg/mol} = 540.27 \text{ Kg}$$

$$\underline{\text{AIRE SECO SUMINISTRADO} = 540.27 \text{ Kg}}$$

- La cantidad de Vapor de Agua que sale, se puede calcular a partir de un Balance de Hidrogeno.

Balance de Hidrogeno (Kgmol H₂)

ENTRA	=	SALE
1.- Del H ₂ O de la Pasta y Rejilla:		1.- Vapor de Agua de salida (por diferencia)
$\frac{1,228.59 \times 0.0783}{18} = 5.3443$		= 8.10 Kgmol
2.- Del H ₂ O del Coque:		
$\frac{43.76 \times 0.01}{18} = 0.0243$		
3.- Del Hidrogeno del Coque:		
$\frac{43.76 \times 0.01}{2} = 0.2188$		
4.- Del H ₂ O de la reacción del Diesel		
= 2.5126		
	8.10 Kgmol =	8.10 Kgmol

$$8.10 \text{ Kgmol} \times 18 \text{ Kg /1Kgmol} = 145.80 \text{ Kg}$$

VAPOR DE AGUA PRODUCIDO = 145.80 Kg

Resumen Global del Balance de Materia en el Horno Rotatorio

<u>E N T R A D A S</u>	=	<u>S A L I D A S</u>
- Pasta y Rejilla: 1,228.59 Kg		- Fundición: 1,000.00 Kg
- Coque : 43.76 Kg		- Escoria : 90.69 Kg
- Carbonato de Sodio: 73.13 Kg		- Gases : 688.04 Kg
- Hierro : 5.57 Kg		- Polvos : 4.50 Kg
- Diesel : 33.40 Kg		- Vapor de Agua: 145.80 Kg
- Aire : 540.27 Kg		
<hr/>		<hr/>
1,924.73 Kg		1,929.03 Kg

ENTRADAS = 1,924.73 Kg \approx SALIDAS = 1,929.03 Kg

Se debe considerar despreciable la diferencia entre las entradas y las salidas, ya que 4.30 Kg significa tan sólo el 0.2% de error, debiéndose ésto principalmente a que algunas cantidades -- son experimentales y otras fueron calculadas.

Por lo tanto se concluye que el balance ésta correcto y se da por terminado.

- Balance de Materia en el Horno Crisol.

En ésta parte el cálculo se facilitara, ya que en el Horno Crisol no se lleva a cabo ninguna reacción, no hay acumulación ni recirculación, por lo tanto la ecuación se resume a:

ENTRADAS = SALIDAS

Todo lo que se introduzca al Horno Crisol saldra por lo tanto lo que Entra es igual a lo que Sale.

- BALANCE DE ENERGIA

- Balance de Energia en el Horno Rotatorio.

Se puede establecer un Balance de Energia considerando las Entalpias y Calores de Formaci3n de todos los componentes de la Carga y de todos los componentes de Descarga, asi como tambi3n las Perdidas de Calor por Radiaci3n y por Fugas.

La ecuaci3n general del Balance de Energia es :

$$\text{ENTRADAS} = \text{SALIDAS}$$

Los terminos tanto de Entradas como de Salidas se describen a continuaci3n:

<u>E</u> <u>N</u> <u>T</u> <u>R</u> <u>A</u> <u>D</u> <u>A</u> <u>S</u>	=	<u>S</u> <u>A</u> <u>L</u> <u>I</u> <u>D</u> <u>A</u> <u>S</u>
- Calor Desprendido en la Reacci3n 6.		- Calor Absorbido en las Reacciones 1-5 y 7-8.
$\text{PbO}_2 + \text{C} \text{ ----} \rightarrow \text{Pb} + \text{CO}_2$		- P3rdidas de Calor por Radiaci3n.
- Calor Desprendido en la Reacci3n 9.		- P3rdidas de Calor por Fugas.
$\text{C} + \text{O}_2 \text{ -----} \rightarrow \text{CO}_2$		- Entalpia de los Gases de Salida del Horno Rotatorio.
- Potencia Cal3rica del Diesel.		- Entalpia del Vapor de Agua de Salida del H. R.
		- Calor para mantener Fundido el Plomo.

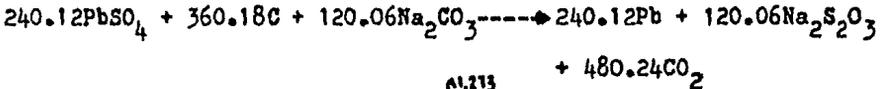
- La cantidad de Calor Desprendida en las reacciones 6 y 9, - así como la cantidad de Calor Absorbida en las reacciones 1-5,7 y 8 se cálcula de la misma manera.

La ecuación general de cálculo es la siguiente:

$$\Delta H_{1,273^{\circ}\text{K}} = \Delta H_{298^{\circ}\text{K}} + \int_{298^{\circ}\text{K}}^{1,273^{\circ}\text{K}} \Delta C_{pd} T$$

CALCULOS: (Ver Apendice).

Reacción 1



$$\Delta H_{1,273} = \Delta H_{298} + \int_{298}^{1,273} \Delta C_{pd} T$$

$$\Delta H_{298} = (\Delta H_{\text{Productos}}) - (\Delta H_{\text{Reactivos}})$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} = & \left[(240.12 \text{ moles})(0 \text{ KCal/mol}) + (120.06 \text{ moles})(-267 \text{ KCal/mol}) \right. \\ & \left. + (480.24 \text{ moles})(-94.05 \text{ KCal/mol}) \right] \\ & - \left[(240.12 \text{ moles})(-218.50 \text{ KCal/mol}) + (360.18 \text{ moles})(0 \text{ KCal/mol}) \right. \\ & \left. + (120.06 \text{ moles})(-269.46 \text{ KCal/mol}) \right] . \end{aligned}$$

$$\Delta H_{298} = (77,238.612 \text{ KCal}) - (-84,817.588 \text{ KCal})$$

$$\underline{\underline{\Delta H_{298} = 7,578.976 \text{ KCal}}}$$

$$\Delta C_p = [(240.12 \text{ moles})(5.77 + 2.02 \times 10^{-3} T \text{ Cal/mol } ^\circ\text{K}) + (120.12 \text{ moles})(34.78 \text{ Cal/mol } ^\circ\text{K}) + (480.24 \text{ moles})(70.34 + 2.74 \times 10^{-3} T - 195,500/T^2 \text{ Cal/mol } ^\circ\text{K})] - [(240.12 \text{ moles})(26.4 \text{ Cal/mol } ^\circ\text{K}) + (360.18 \text{ moles})(2.673 + 2.617 \times 10^{-3} T - 116,900/T^2 \text{ Cal/mol } ^\circ\text{K}) + (120.06 \text{ moles})(28.9 \text{ Cal/mol } ^\circ\text{K})]$$

$$\Delta C_p = [(10,528.95 \text{ Cal/}^\circ\text{K}) + (1,800.90 \times 10^{-3} T \text{ Cal/}^\circ\text{K}) - (93,886,920/T^2 \text{ Cal/}^\circ\text{K})] - [(10,771.66 \text{ Cal/}^\circ\text{K}) + (9942,99 \times 10^{-3} T \text{ Cal/}^\circ\text{K}) - (42,105,042/T^2 \text{ Cal/}^\circ\text{K})]$$

$$\Delta C_p = (-242.71 \text{ Cal/}^\circ\text{K}) + (858.31 \times 10^{-3} T \text{ Cal/}^\circ\text{K}) - (51,781,878/T^2 \text{ Cal/}^\circ\text{K})$$

$$\int_{298}^{1,273} \Delta C_p dT = (-242.71) \int_{298}^{1,273} dT + (858.31 \times 10^{-3}) \int_{298}^{1,273} T dT - (51,781,878) \int_{298}^{1,273} dT/T^2$$

Integrando entre los límites, nos queda:

$$\Delta C_p dT = (-236,645.18 \text{ Cal}) + (657,346.68 \text{ Cal}) + (-133,087 \text{ Cal})$$

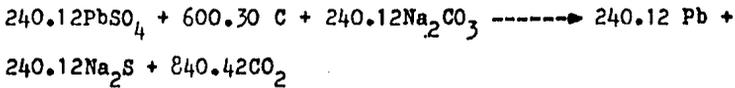
$$\int \Delta C_p dT = 287,613.85 \text{ Cal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (7,578.976 \text{ KCal}) + (287.613 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = 7,866.589 \text{ KCal}}$$

A continuación se resumen los resultados obtenidos en las demás reacciones.

Reacción 2.



$$\Delta H_{298} = 16,708.75 \text{ KCal}$$

$$\int_{298}^{1273} \Delta C_p dT = 408.55 \text{ KCal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (16,708.75 \text{ KCal}) + (408.55 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = 17,117.30 \text{ KCal}}$$

Reacción 3.



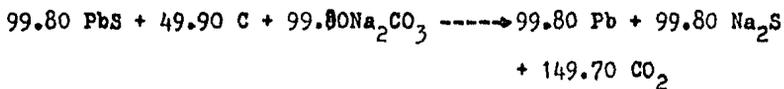
$$\Delta H_{298} = -908.86 \text{ KCal}$$

$$\int_{298}^{1273} \Delta C_p dT = 291.787 \text{ KCal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (908.86 \text{ KCal}) + (291.787 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = 1,200.64 \text{ KCal}}$$

Reacción 4.



$$\Delta H_{298} = 26,695.00 \text{ KCal}$$

$$\int_{298}^{1,273} \Delta C_{pdT} = -111.81 \text{ KCal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (26,695.00 \text{ KCal}) + (-111.81 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = 26,583.19 \text{ KCal}}$$

Reacción 5.



$$\Delta H_{298} = 9.48 \text{ KCal}$$

$$\int_{298}^{1,273} \Delta C_{pdT} = 49.99 \text{ KCal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (9.48 \text{ KCal}) + (49.99 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = 59.47 \text{ KCal}}$$

Reacción 6.



$$\Delta H_{298} = -47,670 \text{ KCal}$$

$$\int_{298}^{1,273} \Delta C_{pd} T = -5,921.39 \text{ KCal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (-47,670 \text{ KCal}) + (-5,921.39 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = -53,591.39 \text{ KCal}}$$

Reacción 7.



$$\Delta H_{298} = 216.75 \text{ KCal}$$

$$\int_{298}^{1,273} \Delta C_{pd} T = 121.38 \text{ KCal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (216.75 \text{ KCal}) + (121.38 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = 338.13 \text{ KCal}}$$

Reacción 8.

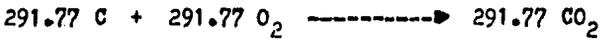


$$\Delta H_{298} = 17,470.04 \text{ KCal}$$
$$\int_{298}^{1,273} \Delta C_{pdT} = 674.65 \text{ KCal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (17,470.04 \text{ KCal}) + (674.65 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = 18,144.69 \text{ KCal}}$$

Reacción 9.



$$\Delta H_{298} = -27,441.11 \text{ KCal}$$
$$\int_{298}^{1,273} \Delta C_{pdT} = -258.24 \text{ KCal}$$

$$\Delta H_{1,273} = (-27,441.11 \text{ KCal}) + (-258.24 \text{ KCal})$$

$$\underline{\Delta H_{1,273} = -27,699.35 \text{ KCal}}$$

- La cantidad de Calor que se pierde por Radiación através -- de la paredes del Ladrillo Refractorio del Horno, se cálcula de la siguiente manera:

- Método de Cálculo (R-4)

1.- Se necesita conocer el tipo de Ladrillo Refractorio.

R.- Ladrillo Refractorio: Cromita-Magnesita (R-13)

2.- Se necesita conocer el Espesor del Ladrillo Refractorio.

R.- Se sigue la siguiente metodología. (R-4)

$$Q = K/S \quad (\text{KCal}/\text{m}^2 \text{ h}) \quad (\text{ec. 1})$$

K = # característico de conducción térmica. (KCal/m h °C)

S = Espesor de la Pared del Ladrillo. (m)

T_i = Temperatura de la superficie en la pared interna. (°C)

T_e = Temperatura de la superficie en la pared externa. (°C)

Debido a que la T_e no es conocida, sino solo la del medio ambiente, en general se considera 25°C. Por lo tanto es necesario otra ecuación del Transporte de Energía:

$$Q = A (T_e - T_1) \quad (\text{KCal}/\text{m}^2 \text{ h}) \quad (\text{ec 2})$$

T₁ = Temperatura del Aire del medio ambiente. (°C)

A = Coeficiente total de transferencia de calor entre la pared externa y el medio ambiente.

Igualando la ec. 1 con la ec. 2, se obtiene la siguiente ecuación:

$$Q = T_i - T_1 / 1/A + S/K \quad (\text{KCal}/\text{m}^2 \text{ h})$$

Sustituyendo: $1/1+K/AS = a =$

la ecuación final es:

$$Q = a \frac{T_1 - T_2}{\frac{S}{K}} \quad (\text{KCal/m}^2 \text{ h})$$

Otra ecuación importante es:

$$\frac{S}{K} = \frac{S'}{K} \frac{D_e}{D_i}$$

D_e = Diámetro exterior del Horno

D_i = Diámetro del area de trabajo del Horno.

- Cálculos Números

Suponemos un espesor del ladrillo de: 25 cm

- Primero se obtiene una temperatura promedio entre la temperatura en el centro del horno y la temperatura a la cual ésta la pared del horno.

$$T = 1,000 + 200 / 2 = 600^\circ\text{C}$$

- $\Delta T = 1,000 - 200 = 800^\circ\text{C}$

- $K_{600^\circ\text{C}}$ en tablas (R-4) se obtiene el valor: $K_{600^\circ\text{C}} = 1.57$

- $S' = r \ln r/x$.

$$S' = 0.45 \ln 0.70/0.45 = 0.3093$$

$$S' = 0.3093$$

- $S/K = 0.3093/1.57 \times 1.40/0.90 = 0.3064$

- Con S/K y T₁ (0.3064 y 1,000°) se obtiene a de tablas (R-4)

$$a = 0.8237$$

- Se calcula Q:

$$Q = (0.8237) \frac{1,000 - 25}{0.3064} = 2,621.10 \text{ KCal/m}^2 \text{ h}$$

$$Q = 2,621.10 \text{ KCal/ m}^2 \text{ h}$$

- Comprobación (se supone la transferencia de calor es igual a --
través de todas las paredes lo cual a = 1)

Si $\Delta T_1 = \Delta T_2$ -----> Está Correcto.

$$\Delta T = Q \times S/K$$

$$\Delta T = (2,621.10)(0.3064) = 803^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2$$

$$800^\circ = 803^\circ \text{ -----> Está Correcto.}$$

ESPESOR DEL LADRILLO REFRACTARIO : 25 cm

- Las pérdidas de calor por radiación serán:

$$Q_r = Q \times A \times t$$

- A = D l = es el área total de transferencia de calor.

- t = es el tiempo que dura la fundición total.

$$D = 1.40 \text{ m} \quad l = 2.20 \text{ m} \quad t = 2.08 \text{ h}$$

$$A = 3.1416 \times 1.40 \times 2.20 = 9.67 \text{ m}$$

$$\underline{A = 9.67 \text{ m}}$$

- Por lo tanto Q_r será igual a :

$$Q_r = (2,621.10 \text{ KCal/m}^2\text{h})(9.67\text{m}^2)(2.08 \text{ h})$$

$$Q_r = 52,719.70 \text{ KCal.}$$

PERDIDAS DE CALOR POR RADIACION: 52,719.70 KCal

- Las Pérdidas de Calor por Fugas se consideran como el 15% del valor de las Perdidas por Radiación.

$$Q_f = Q_r \times 15\%/100\%$$

$$Q_f = 52,719.70 \times 15/100 = 7,907.95 \text{ KCal}$$

PERDIDAS DE CALOR POR FUGAS: 7,907.95 KCal

- Entalpía de los Gases de Salida del Horno Rotatorio se calcula de la siguiente manera. (R-1)

GAS	MASA (Kg)	P.M. (Kgmol)	# MOLES	$\bar{C}_{p,m}$ (KCal/Kgmol ^o K)
- CO ₂	275.62	44	6.26	11.053
- N ₂	411.93	28	14.71	7.23
- SO ₂	0.23	64	0.0036	11.45
- SO ₃	0.23	80	0.0028	16.30

	# Moles	x	$\bar{C}_{p,m}$	
CO ₂	6.26	11.053	=	69.23 KCal/ ^o K
N ₂	14.71	7.23	=	106.35 "
SO ₂	0.0036	11.45	=	0.04 "
SO ₃	0.0028	16.30	=	0.045 "

$$\text{Total} = 175.665 \text{ Kcal/}^{\circ}\text{K}$$

$$\text{Entalpia Total} = 175.665 \text{ Kcal/}^{\circ}\text{K} (873 - 298 \text{ }^{\circ}\text{K})$$

$$\text{Entalpia Total} = 101,007.37 \text{ KCal}$$

ENTALPIA DE LOS GASES DE SALIDA DEL HORNO: 101,007.37 KCal

- La Entalpia del Vapor de Agua que sale del Horno se calcula de la siguiente manera. (R-1)

$$\text{- Vapor de Agua} = 145.80 \text{ Kg}$$

$$\# \text{ Moles} = 145.80 \text{ Kg} / 18 \text{ Kg/Kgmol}$$

$$\# \text{ Moles} = 8.10 \text{ Kgmol}$$

$$\text{Entalpia Total} = \# \text{ Moles } H_v + \bar{c}_p m (T_2 - T_1)$$

$$\text{Entalpia Total} = 8.1 \text{ Kgmol } 9,920 \text{ KCal/Kgmol} + 8.68 \text{ KCal/Kgmol}^{\circ}\text{K} \\ (873 - 298 \text{ }^{\circ}\text{K})$$

$$\text{Entalpia Total} = 120,769.79 \text{ KCal}$$

ENTALPIA DEL VAPOR DE AGUA DE SALIDA DEL HORNO: 120,769.79KCal

- La Potencia Calorica del Diesel se calculara de la siguiente manera. (R-1)

$$\text{Potencia Calórica del Diesel} = \text{Masa (Kg)} \times \text{P.C. (KCal/Kg)}$$

$$\text{Potencia Calórica Total} = 33.4 \text{ Kg} \times 10,230 \text{ KCal/Kg}$$

$$\text{Potencia Calórica Total} = 341,682 \text{ KCal}$$

$$\text{POTENCIA CALORICA TOTAL DEL DIESEL} = \underline{341,682 \text{ KCal}}$$

Resumen Global del Balance de Energía en el Horno Rotatorio

E N T R A D A S

- Calor Desprendido en la Reacción 6	53,591.59 KCal
- Calor Desprendido en la Reacción 9.	27,699.35 KCal
- Potencia Calórica del Diesel.	341,682.00 KCal

422,972.74 KCal

ENTRADAS = 422,972.74

S A L I D A S

- Calor Absorbido en la Reacciones 1,2,3,4,5,7 y 8.	71,310.03 KCal
- Pérdidas de Calor por Radiación.	52,719.70 KCal
- Pérdidas de Calor por Fugas.	7,907.95 KCal
- Entalpía de los Gases de Salida.	101,007.37 KCal
- Entalpía del Vapor de Agua de Salida.	120,769.79 KCal
- Calor para mantener Fundido el Plomo. (Por diferencia).	69,257.90 KCal

422,972.74 KCal

ENTRADAS = SALIDAS

- Balance de Energía en el Horno Crisol.

Para el Balance de Energía se deben considerar los Calores Latente, Sensibles, y el necesario para mantenerlo fundido, además se deben considerar las Pérdidas de Calor por Radiación y -- por Fugas.

La ecuación general del balance es:

$$\text{ENTRADAS} = \text{SALIDAS}$$

Los términos tanto de Entrada como de Salida se dan a continuación.

$$\underline{\text{ENTRADAS}} = \underline{\text{SALIDAS}}$$

- | | |
|---------------------------------|---|
| - Potencia Calórica del Diesel. | - Calores Latentes. |
| | - Calor Sensibles |
| | - Pérdidas de Calor por Radiación. |
| | - Pérdidas de Calor por Fugas. |
| | - Calor para mantener fundido el Plomo. |

- La cantidad de Diesel necesaria que se ocupa experimentalmente (R-13) es de aproximadamente 5 litros por cada 1,000 Kg de plomo en el Horno de Crisol.

- La Potencia Calórica Total proporcionada por el Diesel se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Potencia Calórica del Diesel} = \text{Masa (Kg)} \times \text{P.C. (KCal/Kg)}$$

Potencia Calorica Total = $4.175\text{Kg} \times 10,230\text{KCal/Kg}$

Potencia Calorica Total = $42,710.25 \text{ KCal}$

POTENCIA CALORICA DEL DIESEL TOTAL: $42,710.25 \text{ KCal}$

- Las Pérdidas de Calor por Radiación y por Fugas se calculan de la misma forma que para el Horno Rotatorio, a continua --
ción se dan los resultados obtenidos.

PERDIDAS DE CALOR POR RADIACION: $5,053.00 \text{ KCal}$

PERDIDAS DE CALOR POR FUGAS: 758.00 KCal

- Las cantidades de Calor Sensible y Latentes se calcularan a continuación, basandose en el esquema abajo descrito.



$$Q_1 = N C_p dT$$

$$Q_2 = N \lambda$$

$$Q_3 = N C_p dT$$

$$Q_1 = (4,830.92 \text{ moles}) [5.77(600-298) + 2.02 \times 10^{-3} / 2 (600^2 - 298^2)]$$

$$Q_1 = 9,741,360 \text{ Cal}$$

$$\underline{Q_1 = 9,741.36 \text{ KCal}}$$

$$Q_2 = (4,830.92 \text{ moles})(1,244 \text{ KCal/mol}) = 5,911 \text{ KCal}$$

$$\underline{Q_2 = 5,911 \text{ KCal}}$$

$$Q_3 = (4,830.92 \text{ moles}) (6.8)(673 - 600) = 2,398 \text{ KCal}$$

$$\underline{Q_3 = 2,398 \text{ KCal}}$$

Resumen Global del Balance de Energía en el Horno Crisol

<u>ENTRADAS</u>	=	<u>SALIDAS</u>
-Potencia Calórica del Diesel.	42,710.25KCal	-Calor Latente. 5,911.0 KCal
		- Calores Sensibles. 12,139.36 KCal
		- Pérdidas por Radiación. 5,053.00 KCal
		- Pérdidas por Fugas. 758.00 KCal
		- Calor para mantener fundido el plomo. (Por diferencia) 18,251.30 KCal
	<hr/>	<hr/>
	42,710.25 KCal	= 42,710.25 KCal
<u>ENTRADAS</u>	=	<u>SALIDAS</u>

- DESCRIPCION Y DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO.

- Horno Rotatorio y Horno Crisol.

Se considera como un Horno a aquella construcción que tiene como fin el crear y mantener en su interior una temperatura elevada, por medio de un quemador.

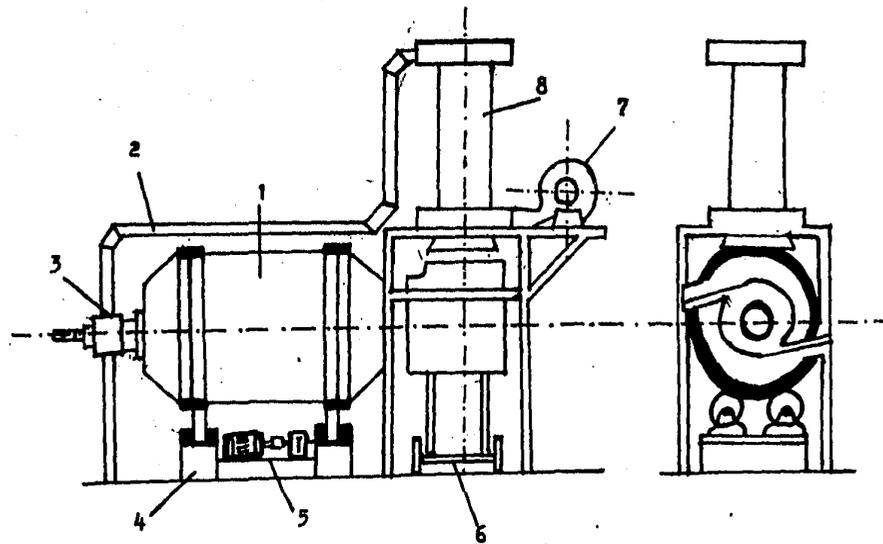
Como regla general en metalurgia los hornos son una cuba o recipiente metálico recubierto en su interior con un material refractario que resiste la temperatura para lo que está diseñado y que no reaccione con nuestro metal fundido y/o escoria.

Las ventajas que reúne el horno rotatorio son las siguientes:

- 1.- Su bajo costo sólo comparable al cubilote.
- 2.- La eficiencia térmica es alta puesto que utiliza aire precalentado para la combustión; aire que se calienta en la salida de gases.
- 3.- En su instalación ocupa un espacio muy reducido.
- 4.- Utiliza un combustible barato con una capacidad calorífica alta.
- 5.- El tiempo de fusión es corto.
- 6.- El control es semi-automatizado.
- 7.- La colada es directa.

Las partes principales de que consta un horno rotatorio son:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1.- Casco | 5.- Bastidores |
| 2.- Ductos | 6.- Carro de salida gases |
| 3.- Cámara de Comb. y quemador | 7.- Turboventilador |
| 4.- Unidad motriz | 8.- Recuperador |
| | 9.- Tablero de control |



- 1.- CASCO
- 2.- DUCTOS
- 3.- CAMARA DE COMBUSTION
Y QUEMADOR
- 4.- BASTIDORES

- 5.- UNIDAD MOTRIZ
- 6.- CARRO DE SALIDA DE GASES
- 7.- TURBOVENTILADOR
- 8.- RECUPERADOR

Dimensionamiento.

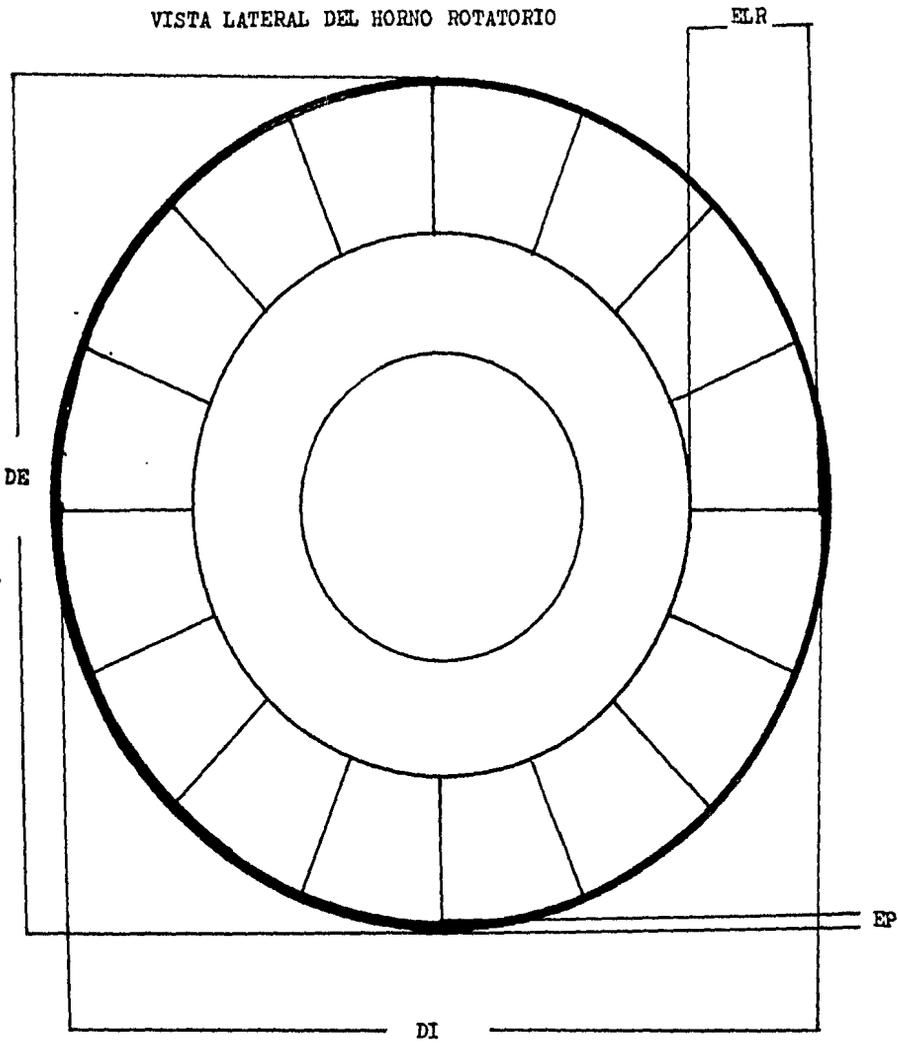
Datos de Diseño del Horno Rotatorio.

- Espesor de la Placa : 0.95 cm
- Tipo de Material : Acero Comercial ASTM A-36
- Refractario : Ladrillo Cromita-Magnesita.
- Espesor del Refractario : 25.00 cm
- Diámetro Exterior : 141.90 cm
- Diámetro Interior : 140.00 cm
- Largo del cuerpo del horno : 240.00 cm
- Necesidades de espacio : 4.00 x 6.00 m
- Cimentación : Tipo Zapata.

Datos de Diseño del Horno Crisol.

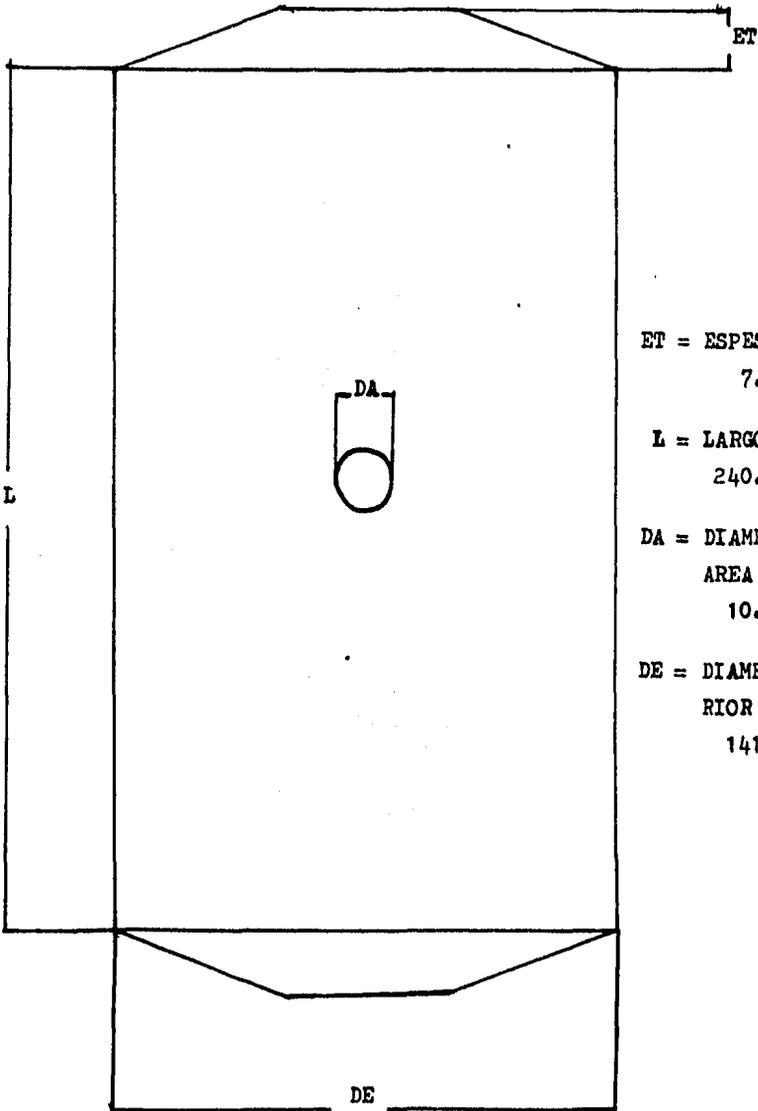
- Espesor de la Placa : 0.60 cm
- Tipo de Material : Acero Comercial ASTM
- Refractario : Ladrillo Aislante Caolín.
- Espesor del Refractario : 12.00 cm
- Diámetro Exterior : 81.20 cm
- Diámetro Interior : 80.00 cm
- Largo del cuerpo del crisol : 110.00 cm
- Necesidades de espacio : 3.50 x 3.50 m
- Cimentación : Tipo Zapata.

VISTA LATERAL DEL HORNO ROTATORIO



- DE = DIAMETRO EXTERIOR : 141.90 cm
- ELR = ESPESOR REFRACTARIO : 25.00 cm
- DI = DIAMETRO INTERIOR : 140.00 cm
- EP = ESPESOR DE LA PLACA : 0.95 cm

VISTA FRONTAL DEL HORNO ROTATORIO



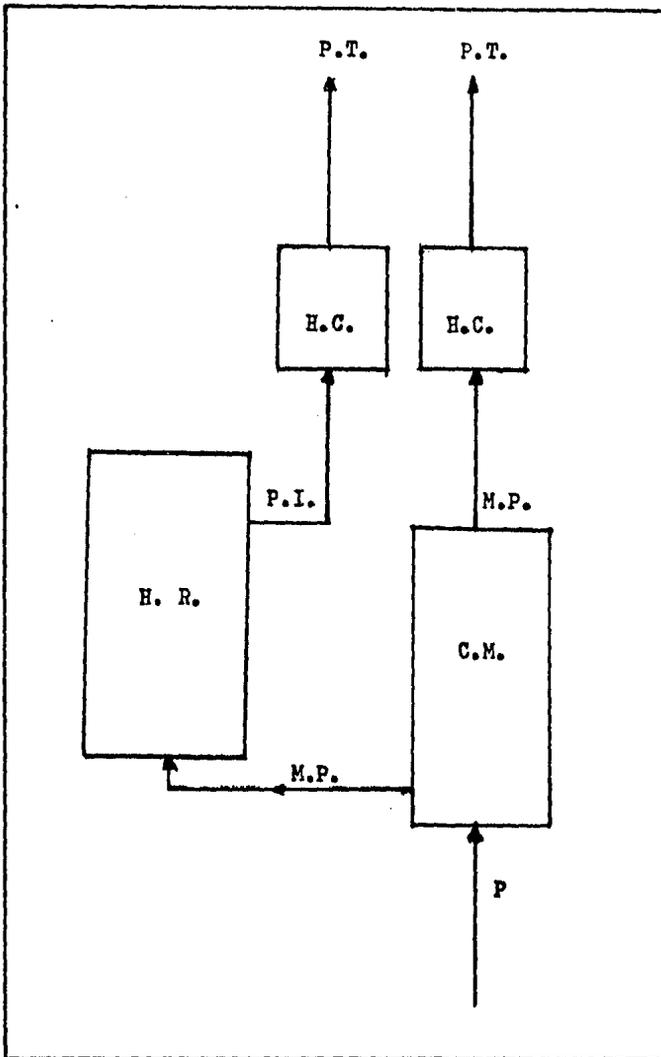
ET = ESPESOR TAPA
7.50 cm

L = LARGO HORNO
240.00 cm

DA = DIAMETRO DEL
AREA DE VACIADO
10.00 cm

DE = DIAMETRO EXTE-
RIOR
141.90 cm

Diagrama de Flujo del Proceso



P.T. = Producto Terminado

P.I. = Producto Intermedio

H.R. = Horno Rotatorio

C.M. = Criba Mecánica

M.P. = Materia Prima

P. = Placas

H.C. = Horno Crisol

C A P I T U L O V I

DISTRIBUCION Y DIMENSION DE LA PLANTA

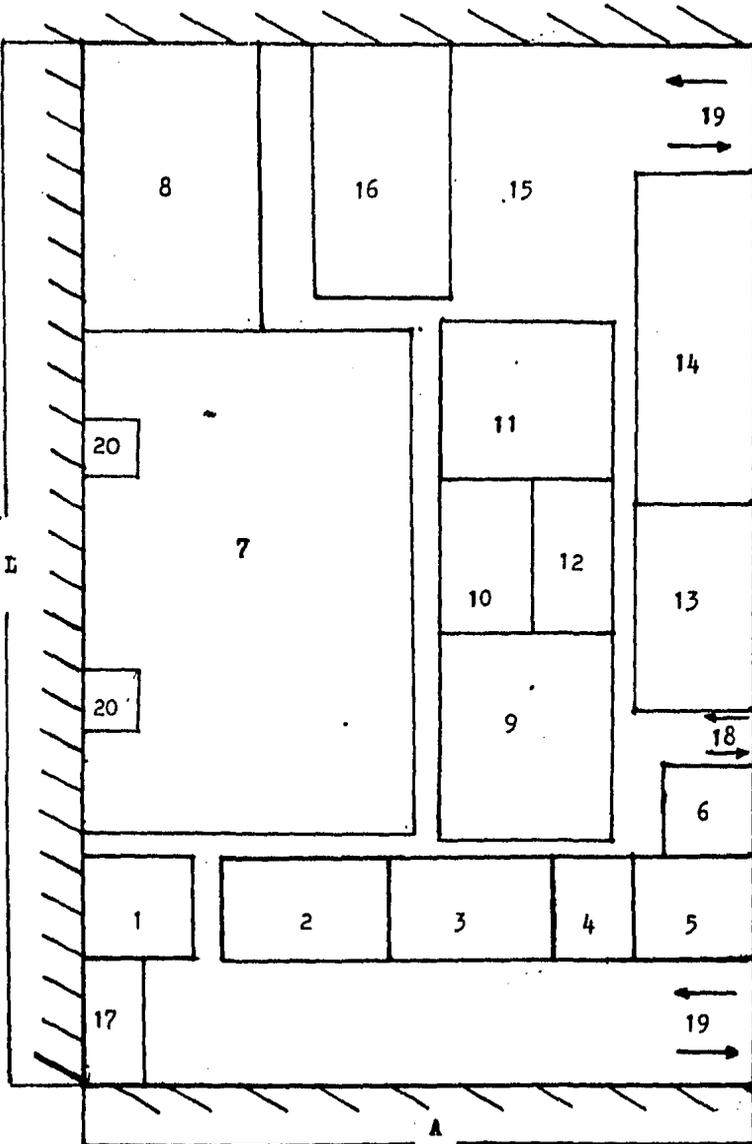
DISTRIBUCION Y DIMENSION DE LA PLANTA

La planta se debera instalar en un terreno de unos 1,750 m², (35 m x 50 m), debiendo tener todos los servicios necesarios para su buen desarrollo, tales como Agua, Luz, Telefono, Gas etc.

La Distribución de la Planta será de la siguiente forma:

- 1.- Bodega de Materia Prima (Chatarra de Plomo).
- 2.- Bodegas de Coque, Fierro, Carbonato de Sodio y Sustancias Limpiadoras del Plomo.
- 3.- Bodega de Baterías usadas.
- 4.- Taller Eléctrico y de Soldadura.
- 5.- Cocina y Comedor para los trabajadores y empleados.
- 6.- Vestidores y Sanitarios para los trabajadores.
- 7.- Area destinada para Hornos Rotatorio y Crisoles.
- 8.- Area destinada para el Equipo de Anti-contaminación.
- 9.- Area de trabajo para Abrir Baterías.
- 10.- Area para las Placas de las Baterías.
- 11.- Area destinada para la Criba Mecánica.
- 12.- Area para desperdicios de las Baterías abiertas.
- 13.- Estacionamiento de Autos.
- 14.- Area de Laboratorio, Despacho, Sanitarios y Dormitorio
- 15.- Estacionamiento de Camiones y Camionetas.
- 16.- Almacén de Producto Terminado y Báscula.
- 17.- Tanque del Diesel.
- 18.- Entrada del Personal
- 19.- Entrada y Salida de Camiones.
- 20.- Tableros de Control.

Distribución de la Planta



L = LARGO : 50.00 m

A = ANCHO : 35.00 m

Características de la Construcción.

- El perímetro total será de 170 m, de los cuales 92 m serán de barda de 3.5 m de alto, 48 m de barda de 5.5 m de alto y 30 m serán de puertas. Las bardas serán de tabique rojo, cemento etc.

- Se cubrirá un área de unos 500 m² con techo de lamina de tipo acabalada de acero, donde estaran los Hornos Rotatorio y Crisoles y el equipo de anticontaminación. Este techo de lamina deberá apoyarse sobre castillos de cemento y varilla y sobre una estructura metálica de ángulo, con una pendiente para la caída de agua.

- Se cubrirá el área de trabajo de abrir baterías, el área de almacenamiento de las placas y el área de la criba mecánica de la misma forma que se cubrirá el área de los Hornos.

- Las bodegas, taller, cocina y vestidores, se cubrirán con lamina acanalada de asbesto con una pequeña pendiente para la caída del agua, Los muros serán de tabique rojo, cemento etc.

- El laboratorio, despacho, sanitarios y dormitorio deberán tener un techo de losa, ya que sobre de él estaran los tanques de gas y de agua. Toda ésta zona deberá estar bien cimentada ya que va a soportar un gran peso.

Estas son las características más importantes de la construcción de la planta.

C A P I T U L O V I I

ANALISIS DE COSTOS

- COSTOS DE PRODUCCION.
 - Conversión.
 - Materia Prima.
- GASTOS DE ADMINISTRACION.
 - Supervisión.
 - Otros Gastos
- GASTOS DE VENTAS.
 - Supervisión.
 - Otros Gastos.

ANALISIS DE COSTOS

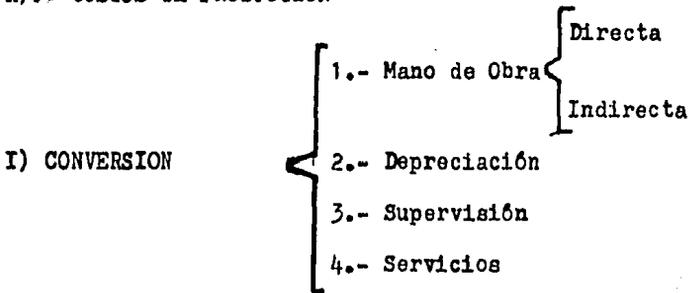
En ésta parte se deben tomar en cuenta todos los tipos de Costos y Gastos que intervienen en el proceso. Así también se debe hacer una estimación a los incrementos de salarios, servicios, -- materias primas, etc. para los primeros 5 años de vida de la planta.

Los Costos y Gastos que intervienen en el proceso son :

- A).- COSTOS DE PRODUCCION
- B).- GASTOS DE ADMINISTRACION
- C).- GASTOS DE VENTAS

Estos a su vez se dividen en varias partes :

A)→ COSTOS DE PRODUCCION



II) MATERIA PRIMA

B).- GASTOS DE ADMINISTRACION

I) SUPERVISION

II) OTROS GASTOS

C).- GASTOS DE VENTAS

I) SUPERVISION

II) OTROS GASTOS

A).- COSTOS DE PRODUCCION

I) CONVERSION

1.- Mano de Obra Directa

Año	10.	20.	30.	40.	50.
Producción (Ton/Año)	1,200	1,800	2,400	3,000	3,600
# Obreros	10	25	20	25	30
Salarios					
(860.00)	3,139,000				
(1290.00)		7,062,750			
(1935.00)			14,125,500		
(2902.50)				26,485,313	
(4353.75)					47,673,563
Aguinaldo y P. Vacaciones					
	197,800	522,450	1,161,000	2,394,562	5,224,500
<hr/>					
Oficial Horno	4	6	8	10	12
Salarios					
(1,260.00)	1,839,600				
(1,890.00)		4,139,100			
(2,835.00)			8,278,200		
(4,252.50)				15,521,625	
(6,378.75)					27,938,925
Agueldo. y P.V.					
	115,920	283,500	612,360	1,275,750	2,525,985
<hr/>					
TOTAL	5,292,320	12,007,800	24,177,060	45,677,251	83,362,973

A).- COSTOS DE PRODUCCION

I) CONVERSION

1.- Mano de Obra Indirecta.

Año	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.
Producción (Ton/Año)	1,200	1,800	2,400	3,000	3,600
Electricista	1	1	2	2	3
Soldador.					
Salarios					
(1,227.00)	447,855				
(1,840.50)		671,782.			
(2,760.75)			2,015,347		
(4,141.12)				3,023,021	
(6,211.68)					6,801,789
Agnldo y P.V.	28,221	46,012	149,080	248,467	614,956
Ayudante de Electricista					
Ayudante de Electricista	1	1	2	2	3
Salarios					
(1,000.00)	365,000				
(1,500.00)		547,500			
(2,250.00)			1,642,500		
(3,375.00)				2,463,750	
(5,062.50)					5,543,437
Agnldo y P.V.	23,000	37,500	121,500	182,250	501,187
Mantenimiento					
Mantenimiento	1,339,350	2,009,025	2,678,700	3,348,375	4,018,050
TOTAL	2,203,426	3,141,525	6,607,128	9,265,863	17,479,421

A).- GOSTOS DE PRODUCCION

I) CONVERSION

2.- Depreciación

Año	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.
Maquinaria y Equipo (20%)	840,000	840,000	840,000	840,000	840,000
Equipo de Transporte (20%)	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000
Oficinas, Equipo y Mobiliaria (10%)	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
Equipo de Laboratorio (10%)	75,000	75,000	75,000	75,000	75,000
Construcción (5%)	306,250	306,250	306,250	306,250	306,250
Equipo de Anti Contaminación (10%)	80,000	80,000	80,000	80,000	80,000
TOTAL	4,601,250	4,601,250	4,601,250	4,601,250	4,601,250

A).- COSTOS DE PRODUCCION

I) CONVERSION

3.- Supervisión.

Año	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.
Producción (Ton/Año)	1,200	1,800	2,400	3,000	3,600
Laboratorista	1	1	2	2	3
Salarios					
(1,151.00)	420,115				
(1,726.50)		630,172			
(2,589.75)			1,890,517		
(3,884.62)				2,835,776	
(5,826.94)					6,380,499
Agnlido y P.V.	26,473	43,162	139,846	233,077	576,867
Ingeniero de Turno.	1	1	2	2	3
Salarios					
(2,500.00)	912,500				
(3,750.00)		1,368,750			
(5,625.00)			4,106,250		
(8,437.50)				6,159,375	
(12,656.25)					13,858,594
Agnlido. y P.V.	57,500	93,750	151,875	506,250	1,252,969

Supervisor	1	2	3	4	5
Salarios					
(2,000.00)	730,000				
(3,000.00)		109,500			
(4,500.00)			3,285,000		
(6,750.00)				4,927,500	
(10,125.00)					11,086,875
Agnldo. y P.V.	46,000	75,000	243,000	405,000	1,002,375
TOTAL	2,192,588	3,305,835	9,816,489	15,066,979	34,158,179

A).- COSTOS DE PRODUCCION

I) CONVERSION

4.- Servicios.

Año	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.
Producción (Ton/Año)	1,200	1,800	2,400	3,000	3,600
Diesel. (40%)	1,408,000	2,956,800	5,489,360	11,501,400	21,611,305
Energía Eléctrica. (60%)	220,000	528,000	1,126,400	2,252,800	4,325,376
Agua (30%)	40,000	78,000	135,200	219,700	342,732
Gas (20%)	60,000	108,000	172,800	259,200	373,248
Teléfono (50%)	60,000	135,000	270,000	506,250	911,250
Gasolina (50%)	1,500,000	3,375,000	6,750,000	12,656,250	22,781,250
Equipo de Trabajo. (60%)	240,000	576,000	1,228,800	2,457,600	4,718,592
Otros.(50%)	100,000	225,000	450,000	843,750	1,518,750
TOTAL	3,628,000	7,918,800	15,652,560	30,695,950	50,582,503

() El porcentaje indica el aumento anual promedio para los próximos 5 años.

A).- COSTOS DE PRODUCCION

II) MATERIA PRIMA

AÑO	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.
Producción (Ton/Año)	1,200	1,800	2,400	3,000	3,600
Baterías. (24%)	77,418,000	143,997,480	238,075,830	369,017,540	549,098,100
Antimonio. (32%)	15,852,650	31,288,247	55,243,315	91,151,469	144,383,930
Chatarra de Plomo(Pasta y Rejilla). (24%)	943,350	1,754,631	2,900,999	4,496,534	6,690,843
Coque. (50%)	1,128,526	2,539,183	5,078,376	9,521,938	17,139,489
Carbonato de Sodio(62%)	4,197,803	10,200,661	22,033,428	44,617,692	86,736,794
Hierro (68%)	87,783	221,213	460,755	1,040,586	2,097,823
Sustancias Limpiadoras. (25%)	330,000	767,250	1,585,650	3,072,197	5,714,286
TOTAL	99,958,112	190,868,670	325,378,340	522,917,960	811,861,270

A Ñ O	PRODUCCION	CONVERSION	MATERIA PRIMA
10.	1,200 Ton.	17,917,584	99,958,112
20.	1,800 Ton.	31,038,210	190,868,670
30.	2,400 Ton.	60,854,487	325,378,340
40.	3,000 Ton.	105,307,294	522,917,960
50.	3,600 Ton.	190,184,326	811,861,270

A Ñ O	TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCION
10.	117,875,696
20.	221,906,880
30.	386,232,827
40.	628,225,254
50.	1,002,045,596

B).- GASTOS DE ADMINISTRACION

I) SUPERVISION

Año	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.
Producción (Ton/Año)	1,200	1,800	2,400	3,000	3,600
Gerente General	1,968,750	2,962,500	4,470,750	6,766,875	10,241,437
Contador Públi- co.	1,374,100	2,073,750	3,129,525	4,736,812	7,169,005
Ayudantes de CP	785,200	1,185,000	3,576,600	5,413,500	11,891,775
Secretarias	931,200	1,422,000	3,204,480	4,872,150	7,373,835
TOTAL	5,059,270	7,274,632	13,617,244	20,428,184	34,451,857

II) OTROS GASTOS

3% Gastos de Su- pervisión.	141,255	211,882	396,618	594,995	1,003,452
--------------------------------	---------	---------	---------	---------	-----------

TOTAL DE GASTOS DE ADMINISTRACION 5,200,525 7,855,132 14,777,474 22,384,334 37,679,504

C).- GASTOS DE VENTAS

I) SUPERVISION

AÑO	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.
Producción (Ton/Año)	1,200	1,800	2,400	3,000	3,600
Agente de Ventas.	981,500	1,481,250	4,470,250	6,766,875	15,362,156
Repartidores	785,200	1,185,000	3,576,600	5,413,500	12,289,725
Ayudantes de Repartidores	706,680	1,066,500	3,218,940	4,872,150	11,060,752
TOTAL	2,473,380	3,732,750	11,266,290	17,052,525	38,912,634

II) OTROS GASTOS

5% Gastos de Supervisión.	114,975	172,462	517,387	776,081	1,746,182
------------------------------	---------	---------	---------	---------	-----------

TOTAL DE GASTOS DE VENTAS 2,588,355 3,905,212 11,783,678 17,828,606 40,458,816

RESUMEN DE COSTOS Y GASTOS EN EL PROCESO

A Ñ O	PRODUCCION	TOTAL DE COSTOS Y GASTOS
10.	1,200 Ton.	\$ 125,664,576
20.	1,800 Ton.	\$ 233,667,225
30.	2,400 Ton.	\$ 412,793,979
40.	3,000 Ton.	\$ 668,438,194
50.	3,600 Ton.	\$ 1,080,183,916

C A P I T U L O V I I I

C A L C U L O D E L A I N V E R S I O N

LA INVERSION

Debido a la situación por la que atraviesa el país, hace a los estudios económicos fácilmente obsoletos y con la mentalidad de que algún día éste Anteproyecto se convierta en una realidad, la veracidad del presente trabajo estará determinada por la estabilidad que en un momento dado pudiera tener los Precios tanto del Equipo, Materiales como de las Materias Primas que intervienen en el proyecto.

E Q U I P O	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
- Horno Crisol	2	\$ 400,000	\$ 800,000
- Horno Rotatorio	1	\$ 1,900,000	\$ 1,900,000
- Chimenea	1	\$ 700,000	\$ 700,000
- Criba Mecánica	1	\$ 900,000	\$ 900,000
- Equipo de Anti-Contaminación	1	\$ 800,000	\$ 800,000
Instalación			\$ 1,020,000
Refractario			\$ 250,000
Instrumentación			\$ 1,250,000
Equipo Eléctrico			\$ 1,900,000
Terreno (1,750 m ²)			\$ 6,125,000
Ingeniería, Construcción y Acondto.			\$ 7,500,000
Equipo de Transporte			\$ 14,000,000
Oficinas (Fuera de la Planta)			\$ 5,000,000
Imprevistos y Otros			\$ 2,500,000
			<hr/>
			\$ 44,645,000

CALCULO DE LA INVERSION: \$ 44,645,000

C A P I T U L O IX

ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

- Capital de Trabajo.
- Modelo de Resultados.
- Flujo de Caja.
- Factor de Descuento.
- Valor Presente.

ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

Cálculo del Capital de Trabajo.

- Capital de Trabajo (1,200 Ton)

1.- Cuentas por Pagar.	\$ 24,989,528
(Concepto de Materia Prima para 3 meses de producción a \$ 83,298.427 Ton.).	
2.- Inventario de Materia Prima.	\$ 8,329,842
(Para 1 mes de producción a \$ 83,298.427 Ton).	
3.- Producto Terminado al Costo de Producción	\$ 9,822,975
(1 mes de producción \$ 98,229,74)	
4.- Cuentas por Cobrar.	\$ 12,400,000
(1 mes de Producto Terminado \$ 124 Kg)	
5.- Caja y Bancos.	\$ 1,488,000
(1% sobre Ventas anuales)	

Capital de Trabajo: \$ 7,051,289

A N O	PRODUCCION	CAPITAL DE TRABAJO
1o.	1,200 Ton.	\$ 7,051,289
2o.	1,800 Ton.	\$ 15,291,195
3o.	2,400 Ton.	\$ 26,497,145
4o.	3,000 Ton.	\$ 38,839,111
5o.	3,600 Ton.	\$ 52,151,988

MODELO DE RESULTADOS

	<u>1,200 Ton.</u>	<u>1,800 Ton.</u>
INVERSION FIJA	44,645,000	44,645,000
CAJA Y BANCOS	1,488,000	3,065,400
CUENTAS POR COBRAR	12,400,000	25,545,000
INVENTARIO MAT. PRIMA	8,329,842	15,905,723
INVENTARIO PROD. TERM.	9,822,975	18,492,240
CUENTAS POR PAGAR	<u>24,989,528</u>	<u>47,717,168</u>
CAPITAL DE TRABAJO	7,051,289	15,291,195
INVERSION TOTAL	51,696,289	59,936,195
VENTAS TOTALES	148,800,000	306,540,000
COSTO DE PRODUCCION	117,875,696	221,906,880
GASTO DE ADMINISTRACION	5,200,525	7,885,132
GASTO DE VENTAS	<u>2,588,355</u>	<u>3,905,212</u>
GASTOS GENERALES	125,664,576	233,667,225
UTILIDAD BRUTA	23,135,424	72,872,775
IMPS. Y R. UTILIDADES	11,567,712	36,436,388
UTILIDAD NETA	11,567,712	36,436,388
<u>RENTABILIDAD</u>	<u>22.37%</u>	<u>60.79%</u>

MODELO DE RESULTADOS

<u>2,400 Ton.</u>	<u>3,000 Ton.</u>	<u>3,600 Ton.</u>
44,645,000	44,645,000	44,645,000
5,200,800	7,890,000	11,138,400
- 43,340,000	67,750,000	92,820,000
27,114,862	43,576,498	67,655,106
32,186,068	52,352,405	83,503,800
81,344,585	130,729,492	202,965,318
<hr/>	<hr/>	<hr/>
26,497,145	38,839,111	52,151,988
71,142,145	83,484,111	96,796,988
520,080,000	780,000,000	1,113,800,000
386,232,827	628,225,254	1,002,045,596
14,777,474	22,384,334	37,679,504
11,783,678	17,828,606	40,458,816
<hr/>	<hr/>	<hr/>
412,793,979	668,438,194	1,080,183,916
107,286,021	120,561,806	33,616,084
53,643,010	60,280,903	16,808,042
53,643,010	60,280,903	16,808,042
<u>75.40%</u>	<u>72.20%</u>	<u>17.36%</u>

- Cálculo del Flujo de Caja.

AÑO	ENTRADAS		SALIDAS	
	UTILIDADES NET.	DEPRECIACION	Δ INV. PERMT.	Δ CAP. TRAB.
10.	11,567,712	4,601,250	44,645,000	7,051,289
20.	36,436,388	4,601,250	0	8,239,906
30.	53,643,010	4,601,250	0	11,205,950
40.	60,280,903	4,601,250	0	12,341,966
50.	16,808,842	4,601,250	0	13,312,877

FLUJO DE CAJA = TOTAL DE ENTRADAS - TOTAL DE SALIDAS

AÑO	TOTAL DE ENTRADAS	TOTAL DE SALIDAS	FLUJO DE CAJA
10.	16,168,962	51,696,289	-35,527,327
20.	41,037,638	8,239,906	32,797,732
30.	58,244,260	11,205,950	47,038,310
40.	64,882,153	12,341,966	52,540,187
50.	21,409,292	13,312,877	8,096,415

AÑO	FLUJO DE CAJA
10.	-35,527,327
20.	32,797,732
30.	47,038,310
40.	52,540,187
50.	8,096,415

- Cálculo del Factor de Descuento.

$$\text{Factor de Descuento} = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

donde:

n = el número de años a los cuales se quiere el F.D

i = la estimación de la inflación a futuro.

Factor de Descuento para el 10. año: i = 0.6 (estimada)

$$\text{F.D.} = \frac{1}{(1 + 0.6)^1} = 0.6250$$

AÑO	FACTOR DE DESCUENTO
10.	0.6250
20.	0.3906
30.	0.2441
40.	0.1525
50.	0.0953

- Cálculo del Valor Presente.

Valor Presente = Flujo de Caja x Factor de Descuento

Valor Presente para el 1o. año :

Valor Presente = $-35,527,327 \times 0.6250$

Valor Presente = $-22,204,579$

A Ñ O	FLUJO DE CAJA	FACTOR DE DESCUENTO	VALOR PRESENTE
1o.	-35,527,327	0.6250	-22,204,579
2o.	32,797,732	0.3906	12,810,794
3o.	47,038,310	0.2441	11,482,051
4o.	52,540,187	0.1525	8,012,378
5o.	8,096,415	0.0953	771,588

A Ñ O	VALOR PRESENTE
1o.	-22,204,579
2o.	12,810,794
3o.	11,482,051
4o.	8,012,378
5o.	771,588

CAPITULO X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para seleccionar la alternativa técnica más adecuada para la producción de plomo para baterías, en éste proyecto se eligió la quinta alternativa, la cual consta de 2 partes: a) Método de horno rotatorio y horno crisol, b) Método directo de horno crisol. Para seleccionarle se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: El bajo costo del equipo (tanto de construcción como de mantenimiento), la facilidad para la construcción y compra del equipo, la alta recuperación de plomo, el costo de la materia prima muy accesible, el poco personal requerido para su operación, etc.

En el aspecto del mercado de acuerdo a las fuentes de suministro de materia prima, el abastecimiento actual del mercado del plomo y la distribución geográfica del mercado actual del plomo para baterías, se seleccionó para instalar la planta la ciudad de Querétaro ya que se encuentra en un lugar céntrico y cercano a los lugares de consumo de plomo para baterías y a las fuentes de suministro de materias primas como son: Distrito Federal, y los Estados de México, San Luis Potosí, Guanajuato, Jalisco, Michoacan y el propio Estado de Querétaro.

La capacidad de la planta se obtuvo en base al estudio de mercado y al consumo nacional aparente de plomo para baterías en el país de los cuales se obtuvieron el pronostico de ventas y la penetración estimada en el mercado, de la siguiente forma:

Capacidad de la Planta: 3,600 Ton/Año (Capacidad Máxima)

A ñ o	Ventas	% Penetración en el Mercado
1o.	1,200	3.10
2o.	1,800	4.60
3o.	2,400	5.85
4o.	3,000	6.98
5o.	3,600	8.03

Se puede ver que la penetración en el mercado nacional va aumentando en forma poco significativa, lo cual afectará muy poco a los competidores por lo que no se espera que pudiesen tomar acciones contra la empresa.

En el aspecto económico se obtuvieron los siguientes resultados:

A Ñ O	UTILIDAD NETA	RENTABILIDAD	VALOR PRESENTE
1o.	11,567,712	22.37%	-22,204,579
2o.	36,436,388	60.79%	12,810,794
3o.	53,643,010	75.40%	11,482,051
4o.	60,280,903	72.20%	8,012,378
5o.	16,808,042	17.36%	771,588

Según se puede observar en la tabla anterior la Inversión se recuperará en el 3er. año de operación de la planta, lo cual puede ser atractivo para cualquier inversionista.

Se recomienda que la planta opere con una capacidad de producción de 2,400 a 3,000 ton/año, ya que en este rango se obtienen las más altas rentabilidades.

A P E N D I C E

	C_p (Cal/mol °)	ΔH (KCal/mol)	λ (Cal/mol)
Pb	$5.77 + 0.00202 T; 6.80$	0.00	8,244
PbO	$10.33 + 0.00318 T$	-50.86	
PbO ₂	$12.70 + 0.00780 T$	-65.00	
PbS	$10.63 + 0.00401 T$	-22.83	
PbSO ₄	26.40	-218.50	
Na ₂ CO ₃	28.90	-269.46	
Fe	$6.12 + 0.00336 T$	0.00	
FeS	$12.05 + 0.00273 T$	-22.64	
C	$2.67 + 0.00261 T - 116,900/T^2$	0.00	
CO ₂	$10.34 + 0.00274 T - 195,500/T^2$	-94.05	
Na ₂ O	$15.70 + 0.00540 T$	-99.45	
Na ₂ S ₂ O ₃	34.78	-267.00	
Na ₂ S	17.80 (Por regla de Kopp)	-89.20	

B I B L I O G R A F I A

- 1.- G.A. Hougen, K.H. Watson, R.A. Ragatz.: Principios de los Procesos Químicos. Parte I. Edit. Reverte, S.A. España (1980)
- 2.- John Cigan, et al.: Lead - Zinc - Tin 80^o; Simposium AIME (Feb. 24-28), Las Vegas, E.U.(1980)
- 3.- Boletín Informativo (1983)(1984). Instituto Mexicano del Zinc Plomo y Coproductos, A.C. Av. Sonora # 166-1er. Piso. México DF
- 4.- Rechnungs - Unterlagen Institut für metallhüttenwesen und elektrometallurgie der Technischen Universität Clausthal. 5 Aufl. Rep. Fed. Alemania (1969).
- 5.- Norbert A. Lange.: Handbook of Chemistry. Edi. McGraw Hill. Edición 10. Estados Unidos (1978)
- 6.- Robert H. Perry, Cecil H. Chilton.: Chemical Engineers Handbook. Edi. McGraw Hill. Edición 5. Japón (1973)
- 7.- Información Volúmenes (1984). Secretaria de Energía Minas e Industria Paraestatal. Av. Insurgentes Sur # 522. México D.F.
- 8.- David M. Himmelblau.: Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química. Edi. CECSA. México, D.F. (1979)
- 9.- Gilbert W. Castellan.: Físicoquímica. Edi. Fondo Educativo Interamericano S.A. México, D.F. (1979)
- 10.- H.F. Rase, M.H. Barrow.: Ingeniería de Proyectos para Plantas de Procesos. Edi. CECSA. México, D.F. (1982)

- 11.- Jorge I. Hernández V.: Apuntes de la cátedra de Ingeniería Económica I y II. Fac. Química, UNAM. (1982)
- 12.- Donald Q. Kern.: Procesos de Transferencia de Calor. Edi. CECOSA. México, D.F. (1981)
- 13.- Información proporcionada por una Fundidora de Plomo para Baterías. México, D.F. (1984)
- 14.- Experiencia adquirida durante más de 1 año de labores en una Fundidora de Plomo para Baterías. México, D.F. (1983-85)
- 15.- Jorge Carlos Avila Cervera.: "Recuperación de Plomo de Placas de Acumulador en Horno Rotatorio". Tesis (I.Q.M.). Facultad de Química, UNAM. (1979)