

**ESTUDIO DE UN PROCESO PARA LA
OBTENCION DE CLORURO DE CINC A
PARTIR DE CONCENTRADOS DE ESTE
METAL Y CLORURO DE SODIO**

**TESIS PROFESIONAL -
GENARO ALARCON ALCARAZ**

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS

MEXICO, D. F. 1959



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTUDIO DE UN PROCESO PARA LA
OBTENCION DE CLORURO DE CINC A
PARTIR DE CONCENTRADOS DE ESTE
METAL Y CLORURO DE SODIO

T E S I S

QUE PRESENTA PARA SU EXAMEN PROFESIONAL
DE INGENIERO QUIMICO

GENARO ALARCON ALCARAZ

ANTE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS
SECCION DE QUIMICA MINERAL Y METALURGICA
MEXICO, D. F. 1959

Reconocimiento:

Desco expresar mi reconocimiento a la Dirección y Técnicos del Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas, por la asistencia y facilidades que me fueron brindadas para la realización del presente trabajo.

A la Oficina de Investigaciones Industriales del Banco de México, S. A. por el apoyo otorgado a través de su Sección de Educación y Becas.

C O N T E N I D O.

- I.- INTRODUCCION.
- II.- GENERALIDADES.
 - A.- PROPIEDADES DEL CLORURO DE CINCO.
 - B.- MÉTODOS DE PREPARACIÓN.
 - C.- Usos.
- III.- ESTUDIO TERMODINAMICO DE LAS REACCIONES.
- IV.- DESARROLLO EXPERIMENTAL.
 - A.- MATERIAS PRIMAS.
 - 1.- DESCRIPCIÓN.
 - 2.- PREPARACIÓN.
 - B.- PRUEBAS EXPERIMENTALES.
 - 1.- PRUEBAS EN MUFLA ELÉCTRICA.
 - 2.- PRUEBAS EN HORNO ELÉCTRICO.
 - 3.- PRUEBAS EN HORNO ROTATORIO HORIZONTAL.
 - 4.- PRUEBAS EN HORNO VERTICAL.
 - 5.- PRUEBAS PRELIMINARES EN HORNO CICLÓNICO.
- V.- EVALUACION DE RESULTADOS.
- VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- VII.- APENDICES.
 - A.- CÁLCULOS.
- VIII.- BIBLIOGRAFIA.

I.- INTRODUCCION.

MÉXICO ES UN IMPORTANTE PRODUCTOR DE MINERALES DE CINC, LOS CUALES SON EXPORTADOS CASI EN SU TOTALIDAD EN FORMA DE CONCENTRADOS. DURANTE EL AÑO DE 1957 LA PRODUCCIÓN DE CINC ALCANZÓ LA CIFRA DE 243,000 TONELADAS (1), DE LAS CUALES FUERON ENVIADAS AL EXTERIOR 204,000 TONELADAS (2), CANTIDAD QUE REPRESENTA EL 83% DE LA PRODUCCIÓN DEL PAÍS. ESTA SITUACIÓN HA TRAÍDO COMO CONSECUENCIA, QUE LA INDUSTRIA MINERA DEPENDA EXCLUSIVAMENTE DEL MERCADO EXTERIOR Y DE ESA MANERA ESTÉ SUJETA A SUS FLUCTUACIONES, QUE HAN OCASIONADO ALGUNAS VECES SERIOS QUEBRANTOS A DICHA INDUSTRIA QUE REPERCUTEN EN LA ECONOMÍA DEL PAÍS; CON EL OBJETO DE REMEDIAR ESTA SITUACIÓN SE PENSÓ EN LA POSIBILIDAD DE PRODUCIR COMPUESTOS DE ESTE METAL, QUE PERMITIERAN POR UNA PARTE, EVITAR LAS IMPORTACIONES QUE ACTUALMENTE SE HACEN DE ALGUNOS DE ELLOS Y POR OTRA, NO DEPENDER EXCLUSIVAMENTE DEL MERCADO EXTERIOR. TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LO ANTERIOR EL INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS, A TRAVÉS DE SU SECCIÓN DE QUÍMICA MINERAL Y METALÚRGICA, HA ESTADO LLEVANDO A CABO DIVERSAS INVESTIGACIONES PARA APROVECHAR LOS MINERALES DE CINC, EN LA OBTENCIÓN DE COMPUESTOS DE ESTE METAL.

COMO PARTE DE ESE PROYECTO GENERAL, SE HIZO EL PRESENTE ESTUDIO QUE CONSISTE FUNDAMENTALMENTE EN LA OBTENCIÓN DE CLORURO DE CINC, EMPLEANDO COMO MATERIAS PRIMAS: CLORURO DE SODIO Y CONCENTRADOS DE CINC.

II.- GENERALIDADES.

A.- PROPIEDADES DEL CLORURO DE CINC.

EL CLORURO DE CINC ES UN POLVO BLANCO, CON UNA DENSIDAD DE 2.9 A 25°C, SU TEMPERATURA DE FUSIÓN ES DE 262°C Y SU TEMPERATURA DE VOLATILIZACIÓN ES DE 732°C; SIN EMBARGO, EXPERIMENTA VOLATILIZACIÓN A LA TEMPERATURA AMBIENTE. CUANDO SE ENCUENTRA EN FORMA ANHIDRA, APARECE COMO UNA MASA GRIS -- BLANQUECINA MUY CORROSIVA E HIDROSCÓPICA QUE ABSORBE EL AGUA CON MAYOR FACILIDAD QUE EL PENTÓXIDO DE FÓSFORO. EL CLORURO DE CINC SE CONVIERTE, AL FUNDIRSE, EN UN LÍQUIDO DE GRAN MOVILIDAD, QUE CONDUCE BIEN LA ELECTRICIDAD Y PUEDE ELECTROLIZARSE CON 1.5 VOLTS SOBRE ELECTRODOS DE CARBÓN. ES MUY SOLUBLE EN AGUA, ALCOHOL, ÉTER, ACETONA Y PIRIDINA (3).

B.- PRINCIPALES METODOS DE PREPARACION.

1.- CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

EN ESTE MÉTODO SE PARTE DEL CINC METÁLICO O DE ÓXIDO DE CINC QUE SE TRATAN CON ÁCIDO CLORHÍDRICO HASTA DISOLUCIÓN TOTAL; UNA VEZ LOGRADA ÉSTA, SE FILTRA LA SOLUCIÓN Y SE EVAPORA OBTENIÉNDOSE COMO RESIDUO EL CLORURO DE CINC (4).

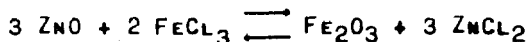
2.- CON CLORO Y CONCENTRADOS DE CINC.

ESTE MÉTODO ESTA BASADO EN EL TRATAMIENTO DE LOS MINERALES DE CINC, A TEMPERATURAS COMPRENDIDAS ENTRE 650° Y -- 750°C, CON UNA MEZCLA DE CLORO Y OXÍGENO O AIRE; EN ESTA FORMA SE SEPARAN EL CINC Y EL PLOMO COMO CLORUROS VOLÁTILES, NO ASÍ EL FIERRO QUE REACCIONA CON MUCHA DIFICULTAD Y QUEDA COMO RESIDUO EN FORMA DE ÓXIDO (Fe_2O_3). EL TIEMPO, LA TEMPERATURA Y LA CANTIDAD DE OXÍGENO, TIENEN UNA INFLUENCIA DETERMINANTE EN LA REACCIÓN.

A.- EFECTO DEL TIEMPO.

EL TIEMPO DE CONTACTO ENTRE LAS SUBSTANCIAS REAC--
CIONANTES HASTA SU TOTAL CLORACIÓN (CINC Y PLOMO) ES DE CIN-
CO MINUTOS, DURANTE ESE TIEMPO NO HAY FORMACIÓN DE CLORURO -
FÉRRICO, PUESTO QUE EL QUE SE FORMA REACCIONA CON EL ÓXIDO -
DE CINC, PARA DAR CLORURO DE ÉSTE ÚLTIMO METAL; LA TEMPERATURA
DE OPERACIÓN ES DE 750°C.

REACCIÓN:



B.- EFECTO DE LA TEMPERATURA.

LA TEMPERATURA TIENE UNA INFLUENCIA MUY MARCADA EN
LA VOLATILIZACIÓN DEL CINC Y DEL PLOMO COMO CLORURO. EL CLO-
RURO DE CINC VOLATILIZA A UNA TEMPERATURA DE 732°C Y EL CLO-
RURO DE PLOMO A 954°C; SIN EMBARGO, A LOS 550°C AUMENTA RÁPI-
DAMENTE LA DEL CLORURO DE CINC, LO MISMO OCURRE CON EL CLORURO
DE PLOMO, DE TAL MANERA QUE A LOS 650°C Y DESPUÉS DE UN -
TIEMPO DE QUINCE MINUTOS, SE HABÍA CLORADO EL 99% DE CINC, -
EL 85% DE PLOMO Y EL 3% DEL FIERRO.

C.- EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO.

UNA MEZCLA DE OXÍGENO Y CLORO EN CUALQUIER PROPOR-
CIÓN, EFECTÚA SIEMPRE LA CLORACIÓN DEL CINC Y DEL PLOMO; SIN
EMBARGO, ES NECESARIO TENER UNA DETERMINADA RELACIÓN EN SUS
CONCENTRACIONES, PARA EVITAR LA FORMACIÓN DE CLORURO FÉRRICO
(5).

3.- CON CLORURO DE SODIO Y CONCENTRADOS DE CINCO.

ESTE SE BASA EN TRATAR CON UNA CORRIENTE DE AIRE, UNA MEZCLA DE CONCENTRADOS DE CINCO Y CLORURO DE SODIO A ALTA TEMPERATURA PARA TRANSFORMAR PRIMERO LOS SULFUROS A ÓXIDOS O SULFATOS Y POSTERIORMENTE HACERLOS REACCIONAR CON EL CLORURO DE SODIO PARA OBTENER EL CLORURO DE CINCO. (6)

LAS CONDICIONES EN QUE SE EFECTÚA LA REACCIÓN TUVIERON QUE SER DETERMINADAS EXPERIMENTALMENTE DEBIDO A LA FALTA DE BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL PARTICULAR.

LA INVESTIGACIÓN DE ESAS CONDICIONES, ASÍ COMO EL TIPO DE REACCIONES QUE SE LLEVAN A CABO, FUÉ LA BASE DEL PRESENTE TRABAJO.

C.- USOS DEL CLORURO DE CINCO.

EL CLORURO DE CINCO SE UTILIZA, SÓLIDO O DISUELTO, EN CANTIDADES DE CIERTA CONSIDERACIÓN, EN LA INDUSTRIA Y EN EL LABORATORIO, ASÍ COMO EN TERAPÉUTICA.

SUS PRINCIPALES USOS SON LOS SIGUIENTES:

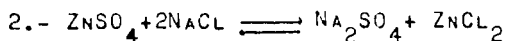
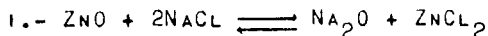
- 1.- ACTIVACIÓN DE CARBONES.
- 2.- COMO MATERIA PRIMA EN LA OBTENCIÓN DE CINCO METÁLICO POR LA ELECTRÓLISIS DE LA SAL FUNDIDA.
- 3.- PARA LA OBTENCIÓN DE ÓXIDO DE CINCO EN METALURGIA.
- 4.- EN QUÍMICA ORGÁNICA SE UTILIZA COMO DESHIDRATANTE Y AGENTE DE CONDENSACIÓN.
- 5.- EN LA SAPONIFICACIÓN DE GRASAS.
- 6.- EN LA REGENERACIÓN DE HULE PREVIAMENTE VULCANIZADO. (7)

III.- ESTUDIO TERMODINAMICO DE LAS
REACCIONES.

EL CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DE ENERGÍA LIBRE DE UNA REACCIÓN A DIFERENTES TEMPERATURAS ES DE GRAN IMPORTANCIA DE BIDO A QUE DA UNA IDEA BASTANTE OBJETIVA DE LAS POSIBILIDADES QUE TIENE DICHA REACCIÓN DE EFECTUARSE.

EN EL PRESENTE ESTUDIO PARA LA OBTENCIÓN DE CLORURO DE CINC SE DEBE PARTIR DE CONCENTRADOS CON UN ALTO PORCENTAJE DE SULFURO DE CINC, EL CUAL DEBE TRANSFORMARSE PRIMAMENTE A SULFATO U ÓXIDO PARA REACCIONAR POSTERIORMENTE CON EL CLORURO DE SODIO.

LAS REACCIONES TEÓRICAMENTE DEBEN EFECTUARSE DE LA SIGUIENTE MANERA:



LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTE ESTUDIO SE EXPRESAN A CONTINUACIÓN (CÁLCULOS APÉNDICE A)

RESULTADOS PARA LA REACCIÓN (1)

ΔF (298°K)	82,010 CALORÍAS
ΔF (400°K)	82,355 "
ΔF (600°K)	82,470 "
ΔF (800°K)	82,420 "
ΔF (1000°K)	81,670 "

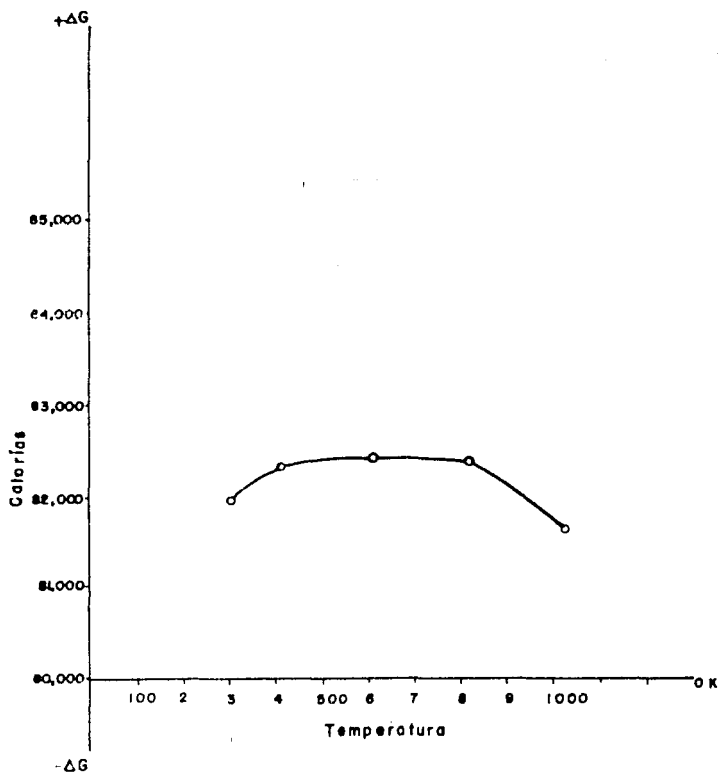
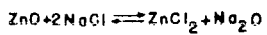
RESULTADOS PARA LA REACCIÓN (2)

ΔF (298°K)	530 CALORÍAS
ΔF (400°K)	310 "
ΔF (500°K)	258 "
ΔF (600°K)	189 "
ΔF (700°K)	- 81 "

ΔF (800°K)	- 465 CALORIAS
ΔF (900°K)	- 728 "
ΔF (1000°K)	- 1,120 "

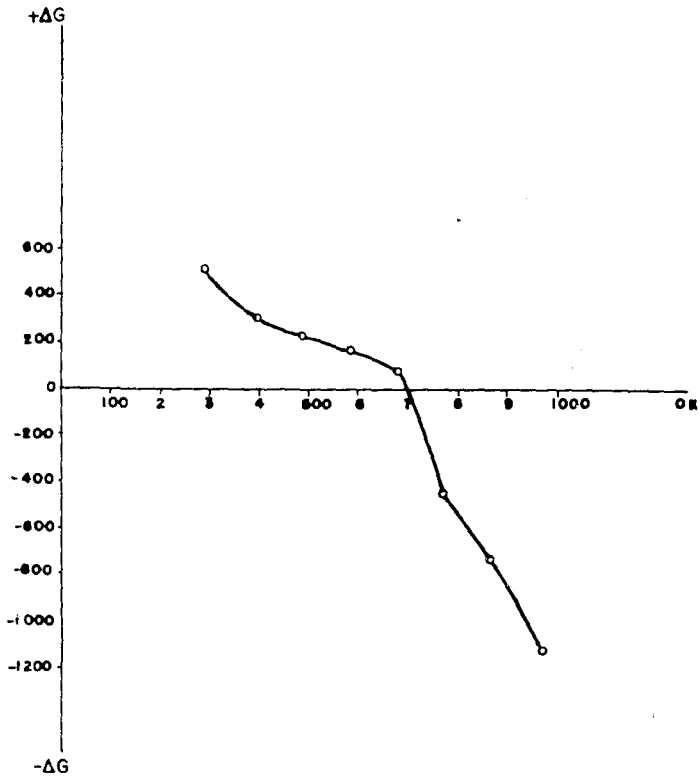
GRAFICA No.1

VARIACION DE ENERGIA LIBRE CONTRA TEMPERATURA EN LA REACCION



GRAFICA No. 2

VARIACION DE ENERGIA LIBRE CONTRA TEMPERATURA EN LA REACCION



COMO PUEDE OBSERVARSE EN LA GRÁFICA N° 1 LA REAC--
CIÓN ÓXIDO DE CINCO-CLORURO DE SODIO, ES DIFÍCIL DE EFECTUAR--
SE DEBIDO A QUE A TEMPERATURAS NORMALES DE TRABAJO, SU ENER--
GÍA LIBRE DE REACCIÓN TIENE UN VALOR POSITIVO RELATIVAMENTE
ALTO.

EN LA GRÁFICA N° 2 SE OBSERVA QUE A 725°K LA ENER--
GÍA LIBRE DE REACCIÓN TIENE UN VALOR DE 0 ALCANZANDO A LA TEM--
PERATURA DE 1,000°K UN INCREMENTO DE ENERGÍA LIBRE DE - 1,120
CALORÍAS; LO CUAL INDICA QUE LA REACCIÓN YA PUEDE EFECTUARSE.

ESTOS RESULTADOS SE COMPROBARÁN EXPERIMENTALMENTE.

IV.- DESARROLLO EXPERIMENTAL.

A.- MATERIAS PRIMAS.

1.- DESCRIPCIÓN.

LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA REACCIÓN FUERON CLORURO DE SODIO Y CONCENTRADOS DE CINC.

EL CLORURO ES UNA SUSTANCIA AMPLIAMENTE CONOCIDA, POR LO QUE ES INNECESARIO HACER SU DESCRIPCIÓN.

CONCENTRADOS DE CINC.

LA MUESTRA EMPLEADA (100 Kg) PROCEDENTE DE REAL DEL MONTE, PACHUCA, ESTADO DE HIDALGO, ES UNA MUESTRA GENERAL DE LOS CONCENTRADOS QUE SE OBTIENEN EN ESA LOCALIDAD.

CLASIFICACIÓN.

EL ESTUDIO MICROSCÓPICO, EFECTUADO CON EL OBJETO DE CONOCER LOS DISTINTOS MINERALES QUE ACOMPAÑAN A LA MUESTRA ESTUDIADA, PROPORCIONÓ LA SIGUIENTE CLASIFICACIÓN:

ESFARELITA ACOMPAÑADA DE LOS SIGUIENTES MINERALES - EN ORDEN APROXIMADO DE ABUNDANCIA.

PIRITA, CALCOPIRITA, MARMATITA Y FRAGMENTOS DE ROCA MATRIZ, MINERALES QUE TIENEN LA SIGUIENTE COMPOSICIÓN:

SULFURO DE CINC (ZnS), CALCOPIRITA ($CuFeS_2$), MARMATITA ($ZnFeS$), CON PROPORCIONES VARIABLES DE FIERRO Y DE CINC ($FeS.6ZnS$) ($FeS.8ZnS$) (8).

2.- PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.

CONCENTRADO DE CINC.

PARA LA PREPARACIÓN DEL CONCENTRADO DE CINC NO -- FUE NECESARIO HACER UNA MOLIENTA PREVIA, YA QUE LAS PARTÍCULAS PASABAN PERFECTAMENTE POR LA MALLA N° 100 (VER ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO), POR LO TANTO CON UNA OPERACIÓN DE CRIBADO -- QUEDÓ LISTO PARA LLEVAR A CABO LAS PRUEBAS.

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.

SE TOMARON DOS MUESTRAS, SE PESARON Y SE COLOCARON EN CRIBOS DE PORCELANA FORTIÉNDOSE EN LA ESTUFA DURANTE DOS HORAS A UNA TEMPERATURA DE 107°C, DESPUES DE LAS CUALES SE -- PESARON NUEVAMENTE, ENCONTRÁNDOSE UNA PÉRDIDA DE PESO DE -- 0.3% Y 0.27% RESPECTIVAMENTE, DICHSOS RESULTADOS INDICAN QUE EL MATERIAL SE ENCUENTRA PRÁCTICAMENTE SECO.

CLORURO DE SODIO.

ESTE MATERIAL SE SECÓ DURANTE DOCE HORAS A LA ESTU -- FA A UNA TEMPERATURA DE 105°C Y POSTERIORMENTE FUE SOMETIDO A UNA OPERACIÓN DE MOLIENTA, EN MOLINOS DE BOLAS DE PEQUEÑA CAPACIDAD; UNA VEZ EFECTUADO ÉSTO, SE PASÓ A TRAVES DE UNA -- CRIBA DE 100 MALLAS, QUEDANDO LISTO PARA SER USADO.

PUREZA 97.3% (DETERMINACIÓN EN EL LABORA -- TORIO).

B.- PRUEBAS EXPERIMENTALES.

1.- PRUEBAS EN MUFLA ELÉCTRICA.

ESTAS PRUEBAS SE HICIERON A FIN DE PODER DETERMI -- NAR EXPERIMENTALMENTE LA FACTIBILIDAD DE REALIZAR LA REAC -- CIÓN DEL ÓXIDO Y EL SULFATO DE CINC CON EL CLORURO DE SODIO.

LOS REACTIVOS EMPLEADOS FUERON QUÍMICAMENTE PUROS.

FÓRMULAS: NaCl, ZnO, ZnSO₄ . 7H₂O

LOS DOS PRIMEROS FUERON SECADOS A LA ESTUFA; PARA EL ÚLTIMO SE PREFIRIÓ NO HACERLO, EN VIRTUD QUE PODRÍA PERDER AGUA DE CRISTALIZACIÓN. UNA VEZ EFECTUADO ÉSTO, SE MEZCLARON CANTIDADES ESTEQUIOMÉTRICAS DE REACTIVOS, SUPONIENDO LAS SIGUIENTES REACCIONES:

REACCIÓN N° 1



REACCIÓN N° 2



CANTIDADES DE REACTIVOS PARA LA REACCIÓN N° 1:

g DE ÓXIDO DE CINC 0.500

g DE CLORURO DE SODIO 0.722

SUMA 1.222

AL REACCIONAR TEÓRICAMENTE, TODO EL ÓXIDO DE CINC, Y TODO EL CLORURO DE SODIO SE OBTENDRÍA UNA CANTIDAD DE CLORURO DE CINC IGUAL A 0.841 g, EL RESIDUO SERÍA IGUAL A 0.381 g QUE CORRESPONDERÍA AL ÓXIDO DE SODIO FORMADO.

RESULTADOS.

N° PRUEBA	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO HORAS	PÉRDIDA DE PESO g	CLORURO DE CINC FORMADO POR CIENTO
1	700	2	0.012	1.32
2	700	4	0.023	2.75
3	700	6	0.299	3.05

CANTIDADES DE REACTIVOS PARA LA REACCIÓN N° 2:

G DE SULFATO DE CINCO HEPTAHIDRATADO . . 0.500

G DE CLORURO DE SODIO 0.211

SUMA . . 0.711

AL REACCIONAR TEÓRICAMENTE, TODO EL SULFATO DE CINCO CON EL CLORURO DE SODIO SE VOLATILIZARÍA; UNA CANTIDAD DE -- AGUA Y DE CLORURO DE CINCO IGUAL A 0.454 G QUEDANDO EN RESIDUO, EN ESTE CASO, SULFATO DE SODIO, IGUAL A 0.257 G.

RESULTADOS.

N° PRUEBA	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO HORAS	PÉRDIDA DE PESO G	CLORURO DE CINCO FORMADO POR CIENTO
1	700	2	0.367	80.5
2	700	4	0.415	92.0
3	700	6	0.438	97.6

EN CONSIDERACIÓN A VARIOS FACTORES, QUE ADELANTE SE DETALLAN, SE SELECCIONÓ LA TEMPERATURA DE 700°C PARA LLEVAR A CABO LAS PRUEBAS. EL CLORURO DE CINCO SE VOLATILIZA A LA TEMPERATURA MENCIONADA, ELIMINÁNDOSE DEL SISTEMA; COMO -- CONSECUENCIA DE ÉSTO, EL EQUILIBRIO SE DESPLAZA HACIA LA DERECHA (PRINCIPIO DE LECHATLIER), EFECTUÁNDOSE LA REACCIÓN -- CON MAYOR RAPIDEZ; POR OTRA PARTE, A UNA TEMPERATURA MAYOR -- (SE COMPROBÓ EXPERIMENTALMENTE), EL CLORURO DE SODIO, A PESAR DE TENER UN PUNTO DE VOLATILIZACIÓN MUY ALTO (1400°C), ALCANZA ANTES DE LLEGAR A ESA TEMPERATURA Y DEBIDO A LA PRESENCIA DE VAPORES DE CLORURO DE CINCO, CUYO PUNTO DE VOLATILIZACIÓN -- ES MUY INFERIOR (732°C) UNA PRESIÓN DE VAPOR TAL, QUE EXPERIMENTA UNA RAPIDA EVAPORACIÓN.

EN LA REACCIÓN ÓXIDO DE CINC Y CLORURO DE SODIO A ALTAS TEMPERATURAS (800°-900°C), PUEDE OCURRIR QUE ADEMÁS -- DEL CLORURO DE SODIO SE VOLATILICE O SÉA ARRASTRADO ALGO DE ÓXIDO DE CINC, FALSEANDO LOS RESULTADOS. EN LA REACCIÓN SULFATO DE CINC Y CLORURO DE SODIO, PUEDE OCURRIR QUE EL SULFATO SE DESCOMPONGA Y ENTONCES LA REACCIÓN NO SE EFECTÚE EN SU TOTALIDAD ENTRE SULFATO Y CLORURO, SINO EN PARTE, ENTRE ÓXIDO Y CLORURO, DANDO RESULTADOS FALSOS.

TODOS LOS DATOS OBTENIDOS PARECEN INDICAR LA FORMACIÓN DE CLORURO DE CINC Y SUGIEREN QUE LA REACCIÓN (1) SE -- EFECTÚA CON MENOR RAPIDEZ QUE LA REACCIÓN (2); SIN EMBARGO, HABÍA NECESIDAD DE COMPROBARLO Y PARA ELLO SE PROCEDIÓ DE LA SIGUIENTE MANERA: SE PESARON CANTIDADES UN POCO MAYORES DE - LOS REACTIVOS USADOS PARA EFECTUAR LAS REACCIONES, SE COLOCA RON EN CRISOLES DE PORCELANA Y SE SOMETIERON A LAS CONDICIONES EN QUE SE EFECTUARON LAS PRUEBAS.

RESULTADOS:

CLORURO DE SODIO.

PESO INICIAL, EN GRAMOS	1.0000
TEMPERATURA (°C)	700
TIEMPO (HORAS)	6
PESO FINAL, EN GRAMOS	0.9642
PÉRDIDA DE PESO, EN GRAMOS	0.0358
PÉRDIDA (POR CIENTO)	3.6

SULFATO DE CINC HEPTAHIDRATADO.

PESO INICIAL, EN GRAMOS	1.6800
PESO INICIAL, EN GRAMOS BASE SECA	1.0000
TEMPERATURA (°C)	700
TIEMPO (HORAS)	6
PESO FINAL, EN GRAMOS	0.8850
PÉRDIDA DE PESO, EN GRAMOS	0.1150
PÉRDIDA (POR CIENTO)	11.5

ESTE RESULTADO INDICA QUE EL SULFATO DE CINC SUFRE UNA DESCOMPOSICIÓN, PUES A LA TEMPERATURA A LA QUE SE CALENTÓ ES INFERIOR A LA DE VOLATILIZACIÓN DE ESTA SAL.

REACCIÓN DE DESCOMPOSICIÓN:



PARA COMPROBAR ESTE RESULTADO FUÉ NECESARIO EFECTUAR UN ANÁLISIS DE CINC EN EL RESIDUO, HABIENDO ENCONTRADO QUE PRÁCTICAMENTE NO PERDÍA NADA.

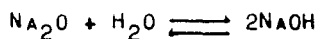
OXIDO DE CINC.

PESO INICIAL, EN GRAMOS	1.0000
TEMPERATURA (°C)	700
TIEMPO (HORAS)	6
PESO FINAL, EN GRAMOS	0.9830
PÉRDIDA, EN GRAMOS	0.0170
PÉRDIDA (POR CIENTO).	1.7

LOS DATOS OBTENIDOS COMPRUEBAN LA FORMACIÓN DEL -- CLORURO DE CINC, PUES SOLO EN EL CASO DEL SULFATO DE CINC SE ENCONTRÓ UNA PÉRDIDA DE PESO APRECIABLE, PERO COMO SE DIJO -

ANTES, SE EXPLICA POR UNA DESCOMPOSICIÓN DE LA SAL, PERO SIN QUE HALLA PÉRDIDA DE METAL, COMO FUÉ COMPROBADO EN EL ANÁLISIS.

SE COMPROBÓ QUE SE EFECTUÓ LA REACCIÓN ENTRE EL -- ÓXIDO DE CINC Y EL CLÓRURO DE SODIO POR LA IDENTIFICACIÓN -- DEL ÓXIDO DE SODIO FORMADO, YA QUE REACCIONA CON EL AGUA FORMANDO HIDRÓXIDO DE SODIO, QUE CON UNA SOLUCIÓN DE FENOLFTALEÍNA DE COLORACIÓN ROJA.



EL ÓXIDO DE CINC, QUE PRÁCTICAMENTE ES INSOLUBLE EN AGUA, NO PRODUCE EL HIDRÓXIDO DE CINC SUFICIENTE PARA DAR UNA ALCALINIDAD QUE PUEDA EVIDENCIARSE CON LA FENOLFTALEÍNA.

2.- PRUEBAS EN HORNO ELÉCTRICO.

EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADO.

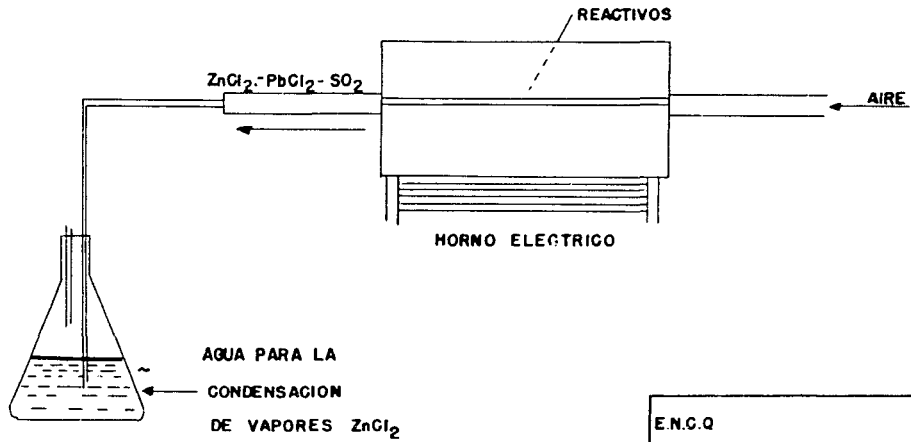
HORNO ELÉCTRICO DE LABORATORIO (HEVI DUTY)

TUBO VYCOR DE 6/8 DE PULGADA DE DIÁMETRO.

POTENCIÓMETRO.

EL APARATO CONSTA DE UN HORNO ELÉCTRICO, EN EL --
CUAL SE COLOCÓ UN TUBO VYCOR; EN EL INTERIOR DE ÉSTE SE CO-
LOCARON LAS SUBSTANCIAS REACCIONANTES, EN CANTIDADES PREVIA
MENTE FIJADAS; POR UN EXTREMO DEL TUBO SE INTRODUJO AIRE QUE
AL ENTRAR EN CONTACTO CON EL MINERAL LO OXIDÓ, POR EL OTRO
EXTREMO SALIERON LOS VAPORES LOS CUALES SE CONDENSARON EN UN
MATRAZ QUE CONTENÍA AGUA. PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA SE -
HIZO USO DE UN POTENCIÓMETRO. (VER DIAGRAMA EN LA SIGUIENTE
PÁGINA).

SE HICIERON PRUEBAS PRELIMINARES CON REACTIVOS PU-
ROS PARA COMPROBAR LA FORMACIÓN DEL CLORURO DE CINC; TAMBIÉN
SE HICIERON PRUEBAS DE CADA UNA DE LAS SUBSTANCIAS REACCIO--
NANTES (CLORURO DE SODIO CONCENTRADO DE CINC PARA DETERMINAR
SU COMPORTAMIENTO).



E.N.C.Q	U.N.A.M.
DIAGRAMA DE OBTENCION DE $ZnCl_2$ EN ESCALA DE LABORATORIO.	
TESIS PROFECIONAL	GENARO ALARCON
ESQUEMA N° 1	MEXICO 1959

COMPORTAMIENTO DE LAS SUBSTANCIAS REACCIONANTES.

<u>CLORURO DE SODIO.</u>	PRUEBA N° 1	PRUEBA N° 2
CANTIDAD PARA EFECTUAR LA PRUEBA (g)	1.0882	0.9834
TEMPERATURA (°C)	700	800
TIEMPO (HORAS) DESDE EL PRINCIPIO DE CALENTAMIENTO DEL HORNO	8	8

RESULTADOS.

PÉRDIDA DESPUÉS DE HABER EFECTUADO LA CALCINACIÓN (g)	0.0622	0.1045
PÉRDIDA EN (g POR CIENTO)	4.0000	10.3

SE ANALIZÓ CUALITATIVAMENTE EL VOLATILIZADO EN LOS DOS CASOS, ENCONTRÁNDOSE ALGO DE CLORURO DE SODIO, DEBIDO PROBABLEMENTE A UN ARRASTRE POR EL AIRE Y EN PARTE A UNA LIGERA VOLATILIZACIÓN DEL COMPUESTO.

<u>CONCENTRADOS DE CINC.</u>	PRUEBA N° 1
CANTIDAD PARA EFECTUAR LA PRUEBA (g)	0.7140
TEMPERATURA (°C)	700
TIEMPO (HORAS) DESDE EL PRINCIPIO DE CALENTAMIENTO DEL HORNO	8

EN ESTA PRUEBA SE ANALIZÓ EL RESIDUO, YA QUE NO HUBIERA SIDO POSIBLE DETERMINAR LA PÉRDIDA DEL MATERIAL POR VOLATILIZACIÓN, DEBIDO A LA TRANSFORMACIÓN DE SULFUROS A ÓXIDO Y SULFATOS QUE PRODUCE UNA VARIACIÓN CONSIDERABLE. EL ANÁLISIS DEL RESIDUO SE EFECTUÓ EN TÉRMINOS DE UNO DE SUS COMPONENTES QUE EN ESTE CASO FUE EL CINC QUE ES EL MAS IMPORTANTE.

RESULTADOS.

CINC EN LA MUESTRA ORIGINAL (g)	0.362
CINC EN EL RESIDUO (g)	0.346
CINC PERDIDO (g)	0.016
CINC PERDIDO (G POR CIENTO)	4.45

ESTA PÉRDIDA SE DEBE PROBABLEMENTE A UN ARRASTRE - SUFRIDO POR EL MATERIAL AL PASARLE LA CORRIENTE DE AIRE.

DE LOS ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL MATERIAL: EL - FIERRO, EL CINC, EL PLOMO Y EL COBRE SE ENCUENTRAN EN FORMA DE SULFUROS; EL CALCIO, EL MAGNESIO, EL ALUMINIO Y EL MANGA- NESO EN FORMA DE SILICATOS, QUE SON DIFÍCILES DE ATACAR POR LOS REACTIVOS; EL COBRE Y EL CADMIO SE ENCUENTRAN EN TAN PE- QUEÑÍSIMA CANTIDAD QUE LAS IMPUREZAS QUE PODRÍAN PRODUCIR SON DESPRECIABLES; PARA EL OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO NO FUE NE CESARIO CONSIDERARLOS, ÚNICAMENTE SE TOMARON EN CUENTA LOS - TRES PRIMEROS.

A BAJAS TEMPERATURAS (700°C) Y CON UNA ELEVADA CON CENTRACIÓN DE OXÍGENO SE FAVORECE LA FORMACIÓN DE SULFATOS.

POSIBLES REACCIONES DE OXIDACIÓN.

- 1) $2 \text{ZnS} + 3 \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_2 + \text{ZnO}$
- 2) $\text{ZnS} + 2 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{ZnSO}_4$
- 3) $\text{FeS}_2 + 8 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6 \text{SO}_2$
- 4) $10 \text{FeS}_2 + 27 \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 20 \text{SO}_2$
- 5) $2 \text{PbS} + 3 \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{PbO} + 2\text{SO}_2$
- 6) $\text{PbS} + 2 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$

A TEMPERATURAS BAJAS COMO QUEDÓ ANTES EXPUESTO SE FAVORECEN LAS REACCIONES 2 Y 6.

DE ACUERDO CON LAS PRUEBAS HECHAS EN MUFLA ELÉCTRICA

CA, LA REACCIÓN SULFATO DE CINC: CLORURO DE SODIO, SE REALIZA CON MAYOR RAPIDEZ, QUE LA REACCIÓN DE ÓXIDO DE CINC: CLORURO DE SODIO; POR TAL MOTIVO, SE DECIDIÓ OBTENER EN LA TOSTACIÓN SULFATO DE CINC.

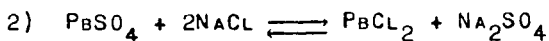
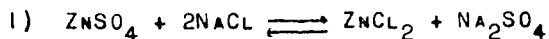
COMO ES LÓGICO PENSAR, PARA EFECTUAR LAS REACCIONES FUÉ NECESARIO PASAR UNA CORRIENTE DE AIRE SOBRE EL MATERIAL - PARA SU OXIDACIÓN.

(CÁLCULO DE LA CANTIDAD NECESARIA APÉNDICE A)

TÉCNICA DE OPERACIÓN.

UNA VEZ QUE SE MONTÓ EL APARATO, SE COLOCARON EN - UNA NAVECILLA DE PORCELANA CANTIDADES ESTEQUIOMÉTRICAS DE CA DA UNA DE LAS SUBSTANCIAS REACCIONANTES, PERFECTAMENTE MEZ- CLADAS, SOMETIÉNDOSE A LAS CONDICIONES FIJADAS DE ANTEMANO - (CÁLCULO DE REACTIVOS APÉNDICE A)

LA IDEA ERA QUE UNA VEZ FORMADOS LOS COMPUESTOS -- OXIDADOS, REACCIONARAN CON EL CLORURO DE SODIO DE LA MANERA SIGUIENTE:



LA FORMACIÓN DEL CLORURO FÉRRICO, FRENTE AL CINC Y EL PLOMO RESULTA MUY DIFÍCIL, YA QUE SU CONSTANTE DE EQUILI- BRIO ES MUY PEQUEÑA EN RELACIÓN CON LAS CONSTANTES DE LAS -- REACCIONES ANTERIORMENTE CITADAS.

DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

COMO PUEDE VERSE, SE LLEVAN A CABO UNA SERIE DE -- REACCIONES; SIN EMBARGO, LA ÚNICA QUE INTERESA EN EL PRESEN- TE ESTUDIO ES LA REACCIÓN SULFATO DE CINC: CLORURO DE SODIO.

PARA INVESTIGAR DE QUE MANERA INTERVENÍAN EN EL PROCESO LAS DIFERENTES VARIABLES DEL MISMO FUE NECESARIO HACER UNA SERIE DE PRUEBAS QUE PERMITIERAN DETERMINAR SU INFLUENCIA, PARA LO CUAL SE HIZO UN DISEÑO DE EXPERIMENTOS, QUE NO ES OTRA COSA QUE PLANEAR UNA SERIE DE PRUEBAS EN DONDE INTERVENÍAN LAS VARIABLES ESCOGIDAS DE TAL MANERA COMBINADAS QUE PERMITIERAN - CUANTIFICAR SU INFLUENCIA.

LA REACCIÓN ESTA EFECTUADA POR UNA SERIE DE VARIABLES A SABER:

- A) TEMPERATURA.
- B) TIEMPO DE RESIDENCIA EN EL HORNO.
- C) TAMAÑO DE PARTÍCULA.
- D) CANTIDAD ÓPTIMA DE AIRE PARA LA REACCIÓN.
- E) CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS.

SE SELECCIONARON TRES VARIABLES PARA HACER UN DISEÑO DE EXPERIMENTOS SIENDO ÉSTAS, LA CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS, LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO; LA CANTIDAD DE AIRE ÓPTIMO SE DETERMINÓ EN PRUEBAS QUE SE HICIERON CON ANTERIORIDAD EN LA TOSTACIÓN DE CONCENTRADOS DE CINCO; EL TAMAÑO DE PARTÍCULA SE FIJÓ EN (-100) MALLAS YA QUE COMO PUEDE VERSE POR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EL MAYOR PORCENTAJE DE PARTÍCULAS PASAN POR LAS MALLAS 200 Y 325 ASEGURANDO CON ESTO UNA SUPERFICIE DE CONTACTO MUY GRANDE.

SE HIZO UN DISEÑO DE EXPERIMENTOS DEL TIPO FACTORIAL $2 \times 2 \times 2$ TOMÁNDOSE DOS CONCENTRACIONES, DOS TEMPERATURAS Y DOS TIEMPOS.

SE HICIERON PRUEBAS PRELIMINARES CON EL OBJETO DE DETERMINAR LA INFLUENCIA QUE TENÍAN LOS EXCESOS DE CADA UNA

DE LAS SUBSTANCIAS REACCIONANTES, HABIÉNDOSE ENCONTRADO QUE PRODUCÍAN SENSIBLEMENTE EL MISMO EFECTO, POR LO QUE SE PREFERIÓ PONER UN EXCESO DE CONCENTRADO, POR RAZONES DE TIPO ECONÓMICO YA QUE ADEMÁS DE SER MAS BARATO EXISTEN CANTIDADES -- CONSIDERABLES EN EL PAÍS.

DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

	PRUEBA Nº 1	PRUEBA Nº 2
TIEMPO (HORAS)	6	8
TEMPERATURA (°C)	700	700
CONCENTRADO DE CINC (G)	0.500	0.500
CLORURO DE SODIO (G)	0.453	0.453
FLUJO DE AIRE (PIES CÚBICOS/HORA)	0.009	0.007
	PRUEBA Nº 3	PRUEBA Nº 4
TIEMPO (HORAS)	6	8
TEMPERATURA (°C)	700	700
CONCENTRADOS DE CINC (G)	0.750	0.750
CLORURO DE SODIO (G)	0.453	0.453
FLUJO DE AIRE PIES CÚBICOS/HORA	0.0135	0.0105
	PRUEBA Nº 5	PRUEBA Nº 6
TIEMPO (HORAS)	6	8
TEMPERATURA (°C)	800	800
CONCENTRADOS DE CINC (G)	0.500	0.500
CLORURO DE SODIO (G)	0.453	0.453
FLUJO DE AIRE PIES CÚBICOS/HORA	0.009	0.007

	PRUEBA N° 7	PRUEBA N° 8
TIEMPO (HORAS)	6	8
TEMPERATURA (°C)	800	800
CONCENTRADOS DE CINC (g)	0.750	0.750
CLORURO DE SODIO (g)	0.453	0.453
FLUJO DE AIRE PIES CÚBICOS/HORA	0.0135	0.0105

TABLA DE RESULTADOS.

PRUEBA N°	CINC RESIDUAL (g) POR CIENTO	CLORURO DE CINC VOLATILIZADO (g) POR CIENTO
1	31.0	69
2	28.3	71.7
3	19.0	81.0
4	17.2	82.8
5	38.1	61.9
6	35.5	64.5
7	29.2	70.8
8	23.5	76.5

DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES TOMADAS EN LA EXPERIMENTACIÓN.

EL TIEMPO SE REPRESENTARÁ POR LA LETRA A

EL EXCESO DE REACTIVOS POR LA LETRA B

LA TEMPERATURA POR LA LETRA C

PARA LOS NIVELES SUPERIORES DE CADA UNA DE LAS VARIABLES, ES DECIR, PARA LOS VALORES MAS ALTOS, SE DESIGNARON CON LAS LETRAS A, B Y C RESPECTIVAMENTE: PARA LOS VALORES INFERIORES NO HUBO DESIGNACIÓN.

TABLA DE CALCULOS.

COMBINACIÓN (1)	OBSERVACIÓN G POR CIENTO (2)	(3)	(4)	(5)	EFFECTO (6)	EFFECTO 2/8 (7)
(1)	69	140.7	304.5	578.3	I	41,200
A	71.7	163.8	273.8	12.9	A	20.7
B	81.0	126.5	4.5	43.9	B	242.0
AB	82.8	147.3	8.4	2.1	AB	0.55
C	61.9	2.7	23.1	-30.7	C	117.00
AC	64.6	1.8	20.8	3.9	AC	1.92
BC	70.8	2.7	- 0.9	- 2.3	BC	0.66
ABC	76.5	5.7	3.0	2.1	ABC	0.55

PARA CALCULAR LAS COLUMNAS 3, 4 Y 5 SE SUMAN Y SE RESTAN LAS OBSERVACIONES DE LA SIGUIENTE MANERA: LA PRIMERA CON LA SEGUNDA, LA TERCERA CON LA CUARTA, LA QUINTA CON LA - SEXTA Y LA SEPTIMA CON LA OCTAVA; SE OBTIENEN CUATRO RESULTADOS; LOS OTROS CUATRO SE OBTIENEN RESTANDO LA PRIMERA DE LA SEGUNDA, LA CUARTA DE LA TERCERA, LA SEXTA DE LA QUINTA Y LA OCTAVA DE LA SÉPTIMA; DE ESTA CALUMNA SE CALCULA LA SIGUIENTE DE LA MISMA MANERA Y ASÍ SUCESIVAMENTE. EL RESULTADO DE - LA COLUMNA (5) SE ELEVA AL CUADRADO Y SE DEVIDE ENTRE 8.

ORIGEN DE ESTIMACION.		SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD
EFFECTO	A	20.7	1
	B	242.0	1
	C	117.0	1
INTERACCIONES	AB	0.55	1
	AC	1.92	1
	BC	0.66	1
	ABC	0.55	1

SE SUMAN LAS INTERACCIONES Y SE DIVIDEN ENTRE CUATRO (LOS GRADOS DE LIBERTAD)

DETERMINACION DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES.

$$A: \frac{20.70}{0.92} = 22.5$$

$$B: \frac{242}{0.92} = 262$$

$$C: \frac{117}{0.92} = 127$$

PARA ESTE TIPO DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS HAY UNA -
CONSTANTE CUYO VALOR ES IGUAL A 7.71 (9); UN RESULTADO MENOR
A ESTE VALOR, INDICA QUE LA VARIABLE NO TIENE NINGUNA INFLUEN-
CIA EN LA REACCIÓN, UN VALOR MAYOR INDICA LO CONTRARIO, ES -
DECIR, QUE LA VARIABLE O LAS VARIABLES SÍ ESTAN INFLUYENDO -
EN LA EXPERIENCIA.

DE LO ANTERIOR SE PUEDE DECIR QUE EN LAS REACCIO--
NES EFECTUADAS LAS TRES VARIABLES ACTÚAN; A LA TEMPERATURA -
MAS BAJA AUMENTA EL RENDIMIENTO, UN AUMENTO EN EL TIEMPO Y -
UNA MAYOR CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS ACELERAN LAS REACCIONES.

LA TEMPERATURA NO SE PUEDE ABATIR POR DEBAJO DE LOS 700°C YA QUE ENTONCES LA FORMACIÓN DE SULFATOS SERÍA DEFICIENTE Y ADEMÁS SE EVITARÍA LA VOLATILIZACIÓN DEL CLORURO DE CINC. LA CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS NO SE PUEDE AUMENTAR INDEFINIDAMENTE, YA QUE RESULTARÍA UN PROCESO INCOSTEABLE. EN LAS SIGUIENTES PRUEBAS ÚNICAMENTE SE TOMARÁ COMO VARIABLE EL TIEMPO.

3.- PRUEBAS EN HORNO ROTATORIO HORIZONTAL.

EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADO.

HORNO ROTATORIO HORIZONTAL DE TIPO EXPERIMENTAL.

RETORTA DE ACERO INOXIDABLE.

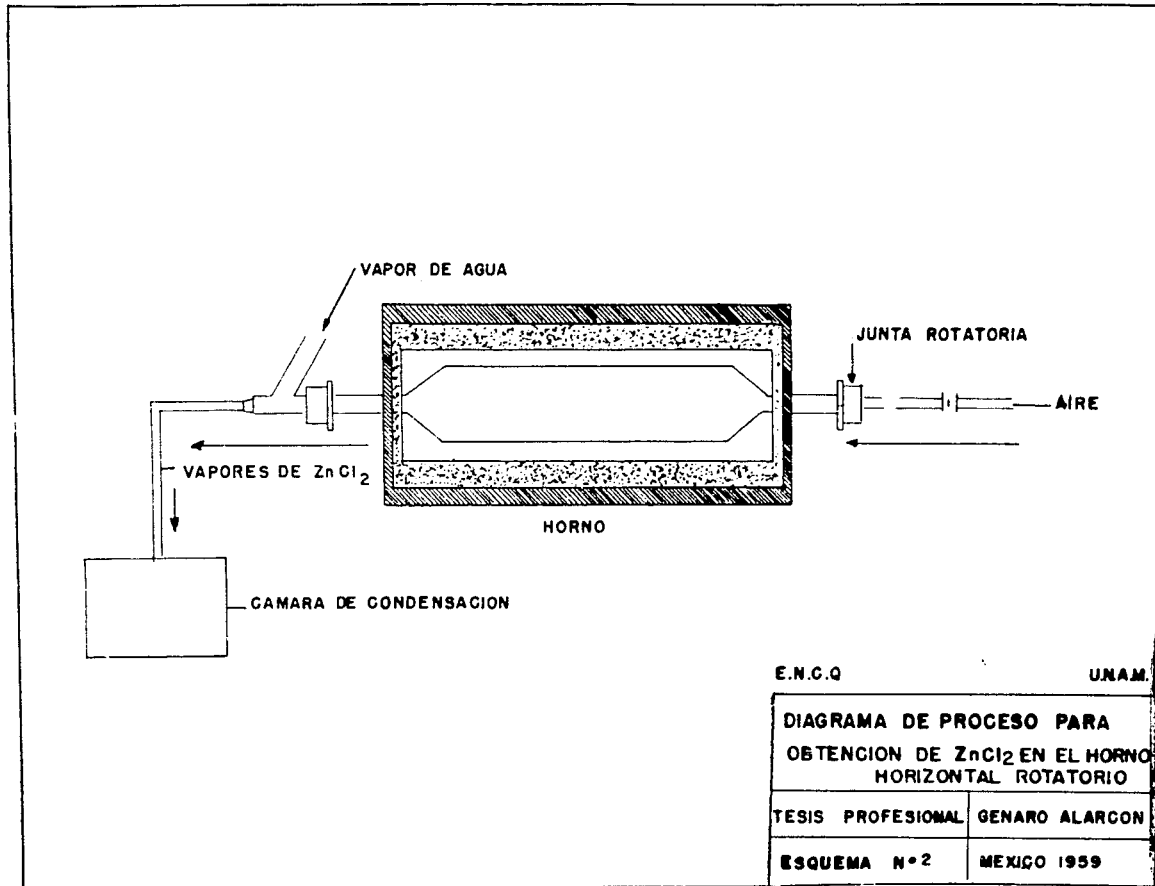
CONTROLADOR AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA.

JUNTA ROTATORIA.

MEDIDOR DE ORIFICIO.

ACCESORIOS.

EL APARATO CONSTA DE UN HORNO HORIZONTAL, DENTRO DEL CUAL SE COLOCA LA RETORTA CON EL MATERIAL PERFECTAMENTE MEZCLADO; POR UNO DE SUS EXTREMOS SE INTRODUCE AIRE PARA EFECTUAR LA REACCIÓN DE OXIDACIÓN, EN EL OTRO EXTREMO DE LA RETORTA SE COLOCA UNA CONEXIÓN EN Y PARA INYECTAR VAPOR; LOS VAPORES PRODUCIDOS SON CONDENSADOS EN UNA SOLUCIÓN ACUOSA. (VER DIAGRAMA EN LA PÁGINA SIGUIENTE).



E.N.C.Q

UNAM

DIAGRAMA DE PROCESO PARA
OBTENCION DE ZnCl₂ EN EL HORNO
HORIZONTAL ROTATORIO

TESIS PROFESIONAL GENARO ALARCON

ESQUEMA N°2 MEXICO 1959

LAS CONDICIONES PARA TODAS LAS PRUEBAS FUERON LAS MISMAS EXCEPTUANDO EL TIEMPO QUE SE VARIÓ PARA CADA UNA DE ELLAS.

TEMPERATURA (°C)	700
FLUJO DE AIRE (PIES ³ /HORA)	84
CONCENTRADO DE CINCO (G)	750
CLORURO DE SODIO (G)	465
TIEMPO (HORAS): PRUEBA N° 1	4
PRUEBA N° 2	5
PRUEBA N° 3	6
PRUEBA N° 4	8
PRUEBA N° 5	10

TÉCNICA DE OPERACIÓN.

(1) EL MATERIAL SE PESÓ EN UNA BALANZA GRANATARIA, SE MEZCLÓ PERFECTAMENTE, SE INTRODUJO EN EL HORNO, Y SE CALENTÓ HASTA LA TEMPERATURA PREVIAMENTE FIJADA EN CADA UNA DE LAS PRUEBAS.

(2) DESPUES DE EFECTUADAS LAS PRUEBAS, SE PESARON LOS RESIDUOS, SE TOMARON MUESTRAS Y SE MANDARON AL LABORATORIO PARA SU ANÁLISIS.

(3) ANÁLISIS: A LAS MUESTRAS SE LES DETERMINARON ELEMENTOS SOLUBLES EN AGUA, PARA LO CUAL FUE NECESARIO HACER UNA LIXIVIACIÓN CON ÉSTA; TAMBIEN SE ANALISÓ CUANTITATIVAMENTE EL RESIDUO.

RESULTADOS.

PESO DE LOS RESIDUOS. (GRAMOS)

PRUEBA N° 1	1203
2	1149
3	1039
4	1000
5	1103

PRUEBA N° 1

ANALISIS

ELEMENTO	LIXIVIACIÓN g/CIENTO	RESIDUO g/CIENTO
CINC	5.8	
SODIO	8.0	---
SULFATOS	8.1	---
CLORUROS	16.54	---
AZUFRE	---	7.86

PRUEBA N° 2

ANALISIS

ELEMENTO	LIXIVIACIÓN g/CIENTO	RESIDUO g/CIENTO
CINC	6.35	27.55
SODIO	6.55	---
SULFATOS	4.00	---
CLORUROS	13.40	---
AZUFRE		6.90

PRUEBA N° 3

ANALISIS

ELEMENTO	LIXIVIACIÓN g/CIENTO	RESIDUO g/CIENTO
CINC	5.70	22.87
SODIO	7.66	---
SULFATOS	3.66	---
CLORUROS	16.50	---
AZUFRE	---	10.2

PRUEBA N° 4

ELEMENTO	LIXIVIACIÓN g/CIENTO	RESIDUO g/CIENTO
CINC	5.97	21.93
SODIO	12.60	---
SULFATOS	17.72	---
AZUFRE	---	3.6
CLORUROS	13.70	

PRUEBA N° 5

ELEMENTO	LIXIVIACIÓN g/CIENTO	RESIDUO g/CIENTO
CINC	5.35	23.15
SODIO	10.20	---
SULFATOS	14.97	---
CLORUROS	10.79	---
AZUFRE	---	8.45

CLORURO DE CINC RECUPERADO (GRAMOS)

PRUEBA N° 1	--
2	19
3	--
4	23.5
5	37.1

PRUEBA N° 1

CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO)	36.8
CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)	10.0

PRUEBA N° 2

CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO)	38.4
CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)	3.55
CINC VOLATILIZADO QUE FUE RECUPERADO (POR CIENTO)	39.00

PRUEBA N° 3

CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO)	40.5
CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)	12.8

PRUEBA N° 4

CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO)	53.2
CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)	32.4
CINC VOLATILIZADO QUE FUE RECUPERADO (POR CIENTO)	13.5

PRUEBA N° 5

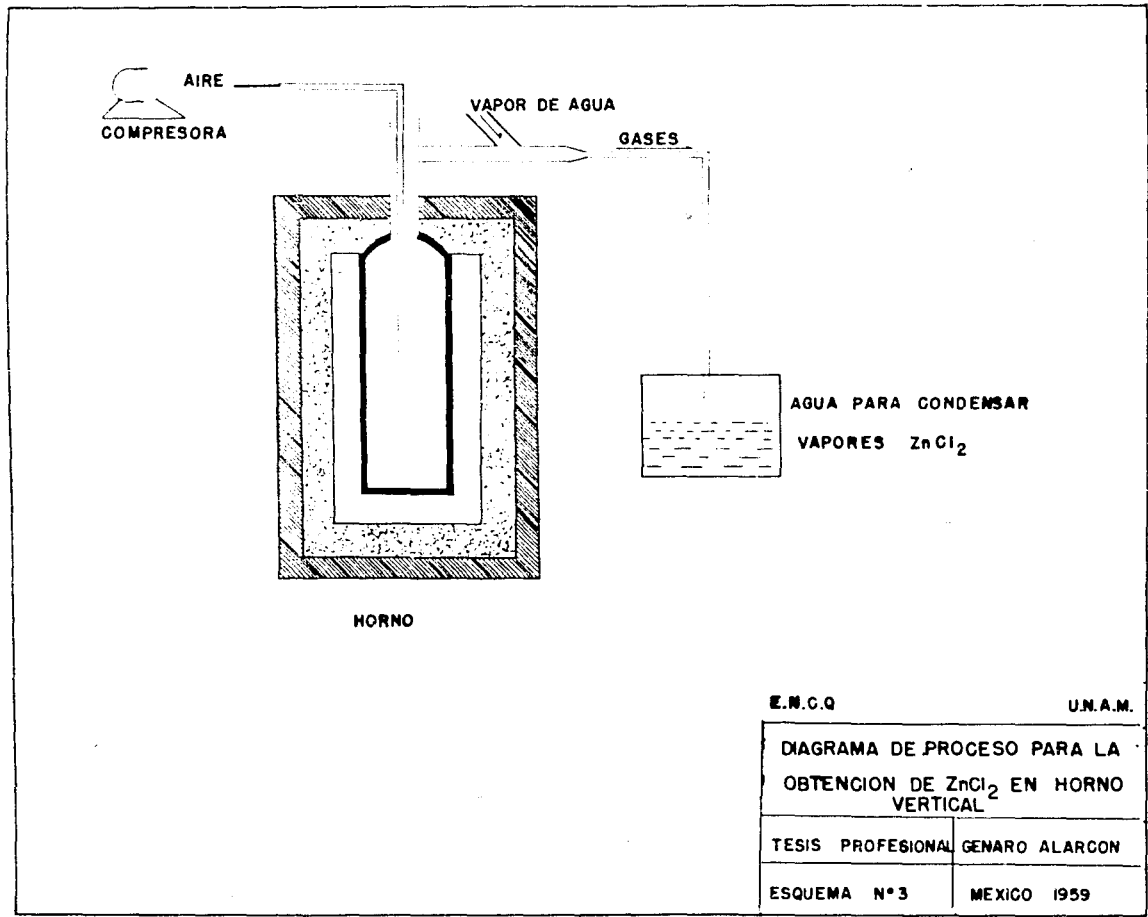
CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO)	61.0
CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)	29.6
CINC VOLATILIZADO QUE FUE RECUPERADO (POR CIENTO)	11.5

LA RELACIÓN POR CIENTO DE CINC VOLATILIZADO O TRANSFORMADO EN CLORURO O SULFATO SE CALCULÓ CON BASE EN LA CANTIDAD ESTEQUIOMÉTRICA QUE INTERVIENE EN LA REACCIÓN (250 G); EL EXCESO USADO (125 G) TIENE COMO FIN ACELERAR LA REACCIÓN.

4.- PRUEBAS EN HORNO VERTICAL.

EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADO: SE USÓ EL MISMO -- EQUIPO QUE EN LAS PRUEBAS EFECTUADAS EN EL HORNO ROTATORIO - HORIZONTAL, LA ÚNICA DIFERENCIA FUE QUE SE EMPLEÓ HORNO VERTICAL.

EL EQUIPO CONSTA DE UN HORNO VERTICAL DENTRO DEL - CUAL SE COLOCA LA RETORTA CON EL MATERIAL PERFECTAMENTE MEZCLADO; POR LA PARTE SUPERIOR Y MEDIANTE UN TUBO, SE INTRODUCE AIRE PARA EFECTUAR LA OXIDACIÓN, POR LA PARTE LATERAL DEL TUBO DE LA RETORTA SALEN LOS GASES LOS CUALES SON CONDUCIDOS A UNA CÁMARA DE CONDENSACIÓN; A LA SALIDA DE LOS GASES DE LA RETORTA POR MEDIO DE UNA CONEXIÓN EN Y SE INTRODUCE VAPOR PA RA MEJORAR LA OPERACIÓN DE CONDENSACIÓN DE LOS VAPORES DE -- CLORURO DE CINC.



E.N.C.Q. U.N.A.M.

DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA
OBTENCION DE $ZnCl_2$ EN HORNO
VERTICAL

TESIS PROFESIONAL	GENARO ALARCON
ESQUEMA N°3	MEXICO 1959

PARA ESTAS PRUEBAS SE CONTÓ EL TIEMPO A PARTIR DEL MOMENTO EN QUE LA TEMPERATURA LLEGÓ A 700°C.

LAS CONDICIONES PARA TODAS LAS PRUEBAS FUERON LAS MISMAS EXCEPTUANDO EL TIEMPO QUE SE VARIÓ PARA CADA UNA DE - ELLAS.

TEMPERATURA (°C)	700
FLUJO DE AIRE (PIES ³ /HORA)	84
CONCENTRADO DE CINC (g)	750
CLORURO DE SODIO (g)	465
TIEMPO (HORAS): PRUEBA N° 1	3
	2 6
	3 12

LA TÉCNICA DE OPERACIÓN FUÉ LA MISMA QUE EN LAS -- PRUEBAS ANTERIORES.

RESULTADOS.

PESO DE LOS RESIDUOS (g)	
PRUEBA N° 1	938
2	932
3	713

PRUEBA N° 1

ANALISIS

ELEMENTO	LIXIVIADO G/CIENTO	RESIDUO G/CIENTO
CINC	2.55	27.66
PRUEBA N° 2		
CINC	2.55	23.95
PRUEBA N° 3		
CINC	0.68	24.52

PRUEBA N° 1.

CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO) 46.2

CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO) 34.4

PRUEBA N° 2.

CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO) 61.0

CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO) 51.2

PRUEBA N° 3.

CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO) 80.0

CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO) 78.0

PRUEBAS EN HORNO VERTICAL.

(SEGUNDA SERIE)

EL OBJETO DE ESTAS PRUEBAS FUE DETERMINAR LA IN--
FLUENCIA QUE TIENE UN EXCESO DE REACTIVOS, PARA LO CUAL SE --
ESCOGIERON DOS VALORES ENTRE LOS LÍMITES FIJADOS PARA LAS --
PRUEBAS ANTERIORES (CANTIDADES ESTEQUIOMÉTRICAS Y UN EXCESO
DE 50% DE CONCENTRADO DE CINC).

LAS CONDICIONES PARA TODAS LAS PRUEBAS FUERON LAS MISMAS EXCEPTUANDO LA CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS QUE FUE DIFERENTE PARA CADA UNA DE ELLAS.

TEMPERATURA (°C)	700
FLUJO DE AIRE (PIES ³ /HORA)	65
TIEMPO (HORAS)	12
CLORURO DE SODIO (G)	465
CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS	
(CONCENTRADO DE CINCO) (GRAMOS) ; PRUEBA 1	575
	2 650

LA TÉCNICA DE OPERACIÓN FUE LA MISMA QUE EN LAS -- PRUEBAS ANTERIORES.

RESULTADOS.

PESO DE LOS RESIDUOS (GRAMOS)	
PRUEBA N° 1	831
2	702

PRUEBA N° 1

ANALISIS

ELEMENTO	LIXIVIADO G/CIENTO	RESIDUO G/CIENTO
CINCO	3.62	23.98

PRUEBA N° 2

CINCO	2.85	26.15
-------	------	-------

PRUEBA N° 1.

CINCO TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO)	34.6
CINCO VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)	24.0

PRUEBA N° 2.

CINCO TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO)	56.2
CINCO VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)	48.5

5.- PRUEBAS EN HORNO CICLÓNICO.

EL OBJETO DE ESTAS PRUEBAS, FUE DETERMINAR LA POSIBILIDAD DE OBTENER CLORURO DE CINC EN EL HORNO CICLÓNICO. ANTERIORMENTE SE HABÍAN EFECTUADO PRUEBAS CON RESULTADOS SATISFACTORIOS EMPLEANDO SOLO CONCENTRADOS DE CINC LOS SULFUROS SE TRANSFORMARON A ÓXIDOS Y SULFATOS. DE ACUERDO CON LAS PRUEBAS QUE SE HICIERON TANTO EN EL HORNO ELÉCTRICO DE LABORATORIO COMO EN EL HORIZONTAL, SE PENSÓ MEZCLAR CANTIDADES PREVIAMENTE CALCULADAS DE CONCENTRADO Y CLORURO DE SODIO E INTRODUCIRLAS POR MEDIO DE UN ALIMENTADOR DE GUSANO Y EN ESTA FORMA TRATAR DE EFECTUAR LAS REACCIONES.

LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA PRECALENTAR EL HORNO, - ASI COMO TAMBIEN LA CANTIDAD DE AIRE PARA ARRASTRAR EL MATERIAL Y EFECTUAR LA COMBUSTIÓN, SE TOMARON DE LOS TRABAJOS HECHOS SOBRE CONCENTRADOS DE CINC.

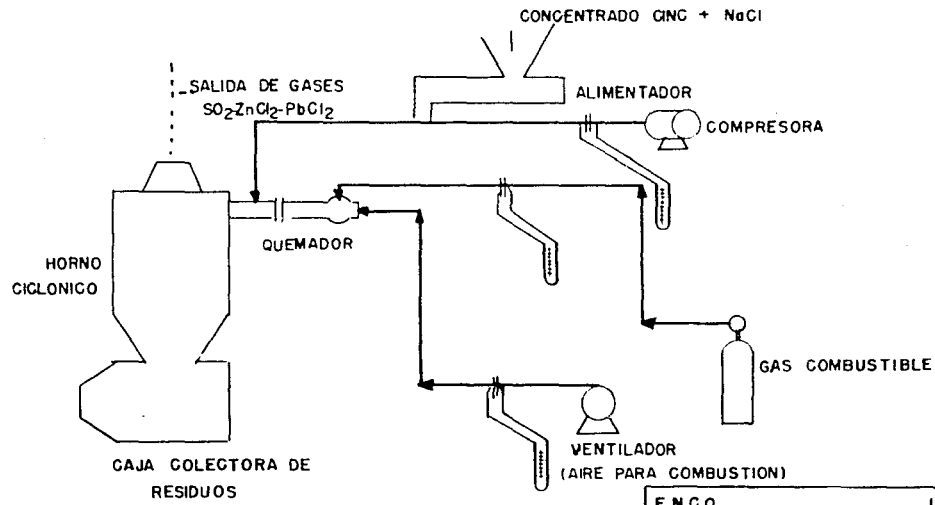
EQUIPO EMPLEADO.

HORNO CICLÓNICO DE TIPO EXPERIMENTAL.

ALIMENTADOR DE GUSANO.

TRES MEDIDORES DE ORIFICIO.

TUBO Y MANÓMETROS.



E.N.C.Q	UN.A.M
DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCION DE $ZnCl_2$	
TESIS PROFESIONAL	GENARO ALARCON
ESQUEMA N°4	MEXICO 1959

SE HICIERON DOS PRUEBAS CON LAS MISMAS CONDICIONES

DE OPERACIÓN.

TEMPERATURA (°C)	700
FLUJO DE AIRE PRIMARIO (PIES ³ /HORA)	236.8
FLUJO DE AIRE SECUNDARIO (PIES ³ /HR)	355.2
CONCENTRADO DE CINC (G)	1500
CLORURO DE SODIO (G)	930

RESULTADOS.

	PRUEBA N° 1	PRUEBA N° 2
TIEMPO DE ALIMENTACIÓN (MINUTOS)	53	48
PESO DEL RESIDUO (G)	1425	1625

ANÁLISIS DE CINC.

LIXIVIADO (G/POR CIENTO)	2.22	1.76
RESIDUO (G/POR CIENTO)	39.28	34.84
CINC TRANSFORMADO A CLORURO O SULFATO (POR CIENTO)	23	36.5
CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)	16.8	31.0

V.- EVALUACION DE RESULTADOS.

A.- PRUEBAS EFECTUADAS EN LA MUFLA ELÉCTRICA.

COMO PUEDE OBSERVARSE POR LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MUFLA ELÉCTRICA LA FORMACIÓN DE CLORURO DE CINC ES EVIDENTE; SIN EMBARGO, ES INTERESANTE HACER NOTAR QUE CUANDO SE HACE REACCIONAR SULFATO DE CINC Y CLORURO DE SODIO LA REACCIÓN SE EFECTÚA CON MAYOR RAPIDEZ, QUE CUANDO SE HACE REACCIONAR ÓXIDO DE CINC CON CLORURO DE SODIO. ÉSTO PUEDE PPLICARSE SI SE CONSIDERA QUE LA REACTIVIDAD DEL SULFATO DE CINC FRENTE AL CLORURO DE SODIO ES MAYOR QUE LA PRESENTADA POR EL ÓXIDO DE CINC.
(VER GRÁFICA N°1A. AL FINAL DEL CAPÍTULO)

LAS REACCIONES SE EFECTUARON EN LA FORMA PREVISTA. POR UNA PARTE SE OBTUVO CLORURO DE CINC Y SULFATO DE SODIO Y POR OTRA CLORURO DE CINC Y ÓXIDO DE SODIO.

B.- PRUEBAS EFECTUADAS EN EL HORNO ELÉCTRICO.

PARA ESTAS PRUEBAS SE HIZO UN DISEÑO DE EXPERIMENTOS, YA QUE PRUEBAS ANTERIORES HABÍAN INDICADO EN FORMA APROXIMADA LAS CONDICIONES EN QUE DEBERÍAN EFECTUARSE LAS REACCIONES.

DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE DEDUCE QUE EN LOS RENDIMIENTOS INFLUYEN LAS TRES VARIABLES CONSIDERADAS EN LA PLANEACIÓN DE EXPERIMENTOS. AL ESTUDIAR LA FORMA EN QUE DICHAS VARIABLES AFECTAN LAS REACCIONES, SE NOTA QUE EL MANTENIMIENTO DE UNA TEMPERATURA BAJA TIENE UNA INFLUENCIA FAVORABLE EN EL RENDIMIENTO DEL CLORURO DE CINC; EL TIEMPO ES TAMBIEN FACTOR DETERMINANTE, YA QUE AL AUMENTARLO AUMENTO EL RENDIMIENTO; UN EXCESO DE UNO DE LOS REACTIVOS, EN ESTE CASO

CONCENTRADO DE CINC, MEJORA CONSIDERABLEMENTE LA PRODUCCIÓN DE CLORURO DE CINC.

PARA EFECTUAR LAS PRUEBAS EN EL HORNO ROTATORIO HORIZONTAL, SE HIZO UN ANÁLISIS DE ESTAS VARIABLES Y SE LLEGÓ A LA CONCLUSIÓN QUE ES CONVENIENTE MANTENER CONSTANTES LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACIÓN, YA QUE SI SE TRABAJA A MENOS DE -- 700°C SE AFECTA LA FORMACIÓN DE SULFATO Y NO HAY VOLATILIZACIÓN DE CLORURO DE CINC; POR OTRA PARTE LA CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS NO PUEDE AUMENTARSE INDEFINIDAMENTE. PARA LAS SIGUIENTES PRUEBAS ÚNICAMENTE EL TIEMPO SE TOMÓ COMO VARIABLE.

3.4 PRUEBAS EFECTUADAS EN HORNO ROTATORIO HORIZONTAL.

ESTAS PRUEBAS NO SE LLEVARON A EFECTO EN LAS CONDICIONES PREVISTAS DEBIDO A QUE EL EQUIPO NO TRABAJÓ NORMALMENTE, YA QUE EN VARIAS DE ELLAS SE FUNDIERON LAS RESISTENCIAS DEL HORNO Y LA TEMPERATURA DISMINUYÓ OCACIONANDO QUE LA VOLATILIZACIÓN DEL CLORURO DE CINC FUERA DEFICIENTE; SIN EMBARGO, HUBO UNA PRODUCCIÓN DE CLORURO DE CINC EN ORDEN ASCENDENTE SI SE TOMA EN CUENTA EL CINC DISUELTO YA QUE ÉSTE AL DISOLVERSE REACCIONA CON EL CLORURO DE SODIO PRESENTE. A ESA TEMPERATURA LA REACCIÓN $ZnSO_4 + 2 NaCl \rightleftharpoons Na_2SO_4 + ZnCl_2$ SE DESPLAZA HACIA LA DERECHA DEBIDO A QUE SU ENERGÍA LIBRE ES NEGATIVA, SIENDO DIFÍCIL QUE SU DESPLAZAMIENTO FUERA DE DERECHA A IZQUIERDA.

AL HABLAR DE CINC DISUELTO DEBE ENTENDERSE COMO TAL LA TRANSFORMACIÓN DE SULFURO DE CINC EN CLORURO DE CINC PASANDO POR SULFATO DE CINC.

RESULTADOS.

PRUEBA N°	TIEMPO HORAS	CINC TRANSFORMADO A CLORURO. (POR CIENTO)	CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)
1	4	36.8	10
2	5	38.4	9.2 (SE FUNDIERON LAS RESISTENCIAS.)
3	6	40.5	12.8 "
4	8	53.2	32.4 "
5	11	61.0	29.6

NOTA: (VER GRÁFICA N°2B, AL FINAL DEL CAPÍTULO)

PARA ESTAS PRUEBAS SE CONTÓ DESDE EL MOMENTO EN QUE SE INICIABA EL CALENTAMIENTO DEL HORNO.

AL ANALIZAR ESTOS RESULTADOS SE NOTA QUE EN LAS PRUEBAS EN QUE SE FUNDIERON LAS RESISTENCIAS DEL HORNO EL PORCENTAJE DE CINC VOLATILIZADO FUE MENOR QUE EN AQUELLAS EN QUE NO SUCEDIÓ TAL ACCIDENTE.

EN LAS PRUEBAS 2, 4 Y 5 SE TRATÓ DE CONDENSAR LOS VAPORES DE CLORURO DE CINC CON LOS RESULTADOS POCO SATISFACTORIOS YA QUE SOLO SE LOGRÓ LA CONDENSACIÓN DE UNA CANTIDAD PEQUEÑA, COMO SE MUESTRA EN LA TABLA SIGUIENTE:

PRUEBA N°	CLORURO DE CINCO CONDENSADO. (POR CIENTO) TOMANDO COMO BASE EL CINCO VOLATILIZADO.
2	39
4	13.5
5	11.5

ESTOS RESULTADOS SE DEBIERON TAL VEZ A LA DEFICIEN
CIA DEL EQUIPO.

D.- PRUEBAS EFECTUADAS EN HORNO VERTICAL.

DEBIDO A QUE EN EL HORNO ROTATORIO HORIZONTAL NO FUE POSIBLE EFECTUAR LAS PRUEBAS EN LA FORMA PREVISTA, SE HICIERON PRUEBAS ADICIONALES EN EL HORNO VERTICAL. ÉSTAS SI REUNIERON LAS CONDICIONES DESEADAS.

RESULTADOS.

PRUEBA N°	TIEMPO (HORAS)	CINCO TRANSFORMADO CLORURO (POR CIENTO)	CINCO VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)
1	3	42.2	34.4
2	6	61.0	51.2
3	12	80.0	78.0

EL TIEMPO SE CONTÓ DESDE EL MOMENTO EN QUE EL HORNO ALCANZÓ LA TEMPERATURA DE 700°C. COMO PUEDE VERSE, ESTOS RESULTADOS SON LÓGICOS POR LO QUE SE REFIERE A PROPORCIÓN DE CINCO VOLATILIZADO COMO CLORURO, O SEA QUE A MEDIDA QUE AUMENTO EL TIEMPO, AUMENTA EL RENDIMIENTO DE CLORURO DE CINCO. (VER GRÁFICA N° 3 AL FINAL DEL CAPÍTULO)

E.- PRUEBAS EFECTUADAS EN HORNO VERTICAL (SEGUNDA SERIE).

ESTAS PRUEBAS SE LLEVARON A CABO CON EL OBJETO DE INVESTIGAR LA INFLUENCIA DE DIFERENTES EXCESOS DE CONCENTRACION DE CINC.

RESULTADOS.

PRUEBA N°	TIEMPO (HORAS)	EXCESO DE REACTIVO. (POR CIENTO)	CINC TRANSFORMADO A CLORURO (POR CIENTO)	CINC VOLATILIZADO COMO CLORURO (POR CIENTO)
1	12	15	34.6	24
2	12	30	56.2	48.5
3	12	50	80	78.0

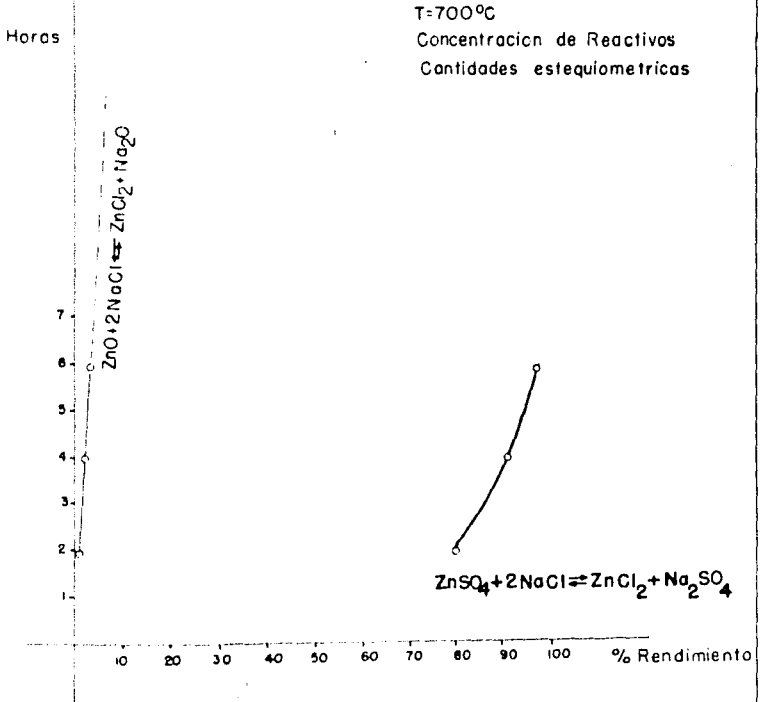
COMO PUEDE VERSE LA CONCENTRACION DE REACTIVOS TIENE UNA INFLUENCIA MUY MARCADA EN LA FORMACION DE CLORURO DE CINC. (VER GRAFICA N° 4 AL FINAL DEL CAPITULO).

F.- PRUEBAS EFECTUADAS EN EL HORNO GILCÓNICO.

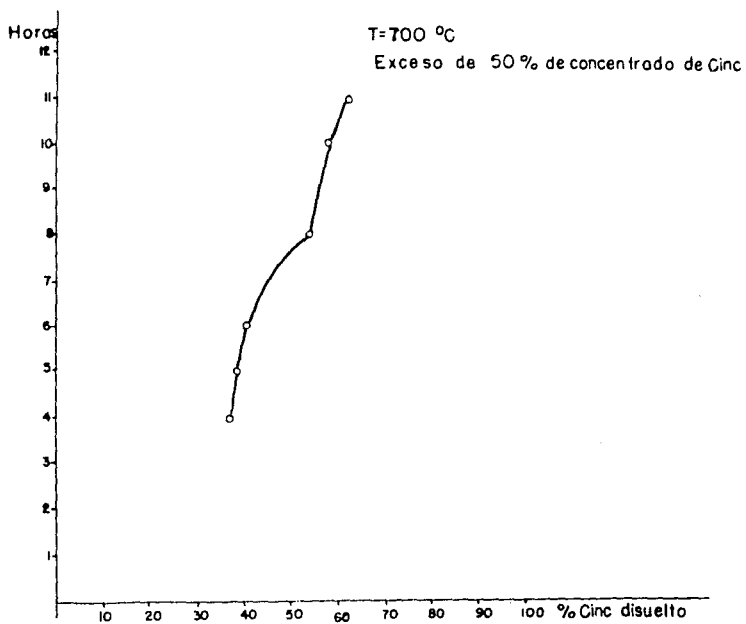
LOS RESULTADOS DE ESTAS PRUEBAS PUEDEN VALORARSE EXCLUSIVAMENTE DESDE EL PUNTO DE VISTA CUALITATIVO, YA QUE SU OBJETO FUE INVESTIGAR EN FORMA PRELIMINAR LA POSIBILIDAD DE OBTENER CLORURO DE CINC. LOS RESULTADOS OBTENIDOS FUERON POSITIVOS, DADO QUE EN LAS DOS PRUEBAS HUBO UNA PÉRDIDA DE CINC DE 16.6% Y 31% RESPECTIVAMENTE; ADEMAS SE HIZO UN ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS VAPORES CONDENSADOS HABIÉNDOSE IDENTIFICADO EL CLORURO DE CINC. PARECE FACTIBLE, POR LO TANTO, OBTENER EL COMPUESTO MEDIANTE ESTE MÉTODO.

GRAFICA No 10

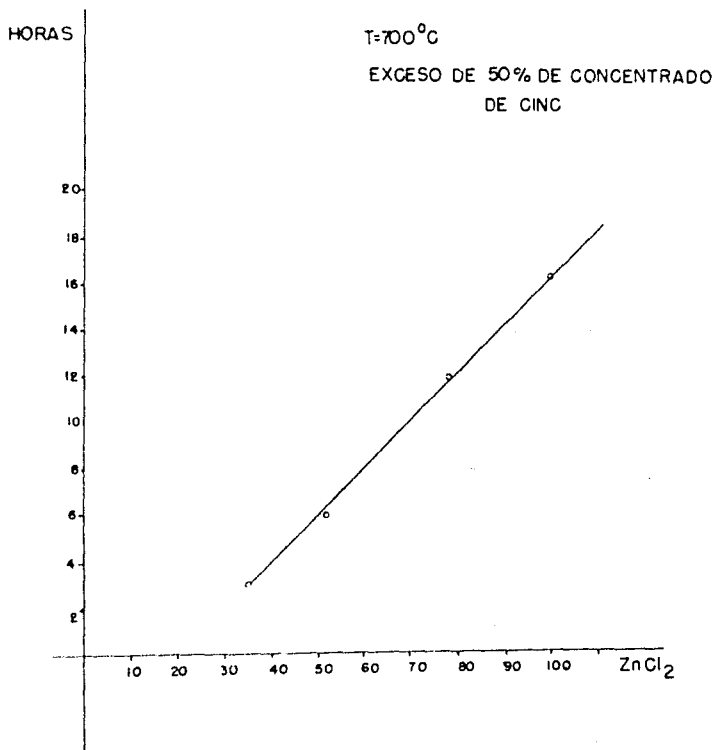
PRUEBAS EFECTUADAS EN LA MUFLA ELECTRICA
Tiempo Contra Rendimiento de Cloruro de Zinc



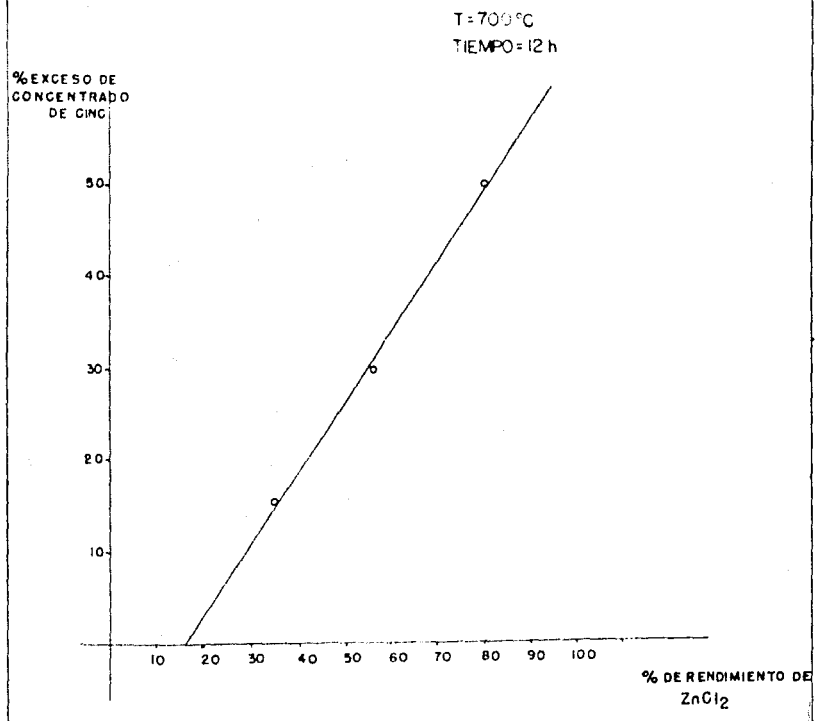
GRAFICA No2 b
PRUEBAS EFECTUADAS EN EL HORNO ROTATORIO HORIZONTAL
Tiempo Vs % de Cinc Disuelto



GRAFICA No 3
PRUEBAS EFECTUADAS EN EL HORNO VERTICAL
TIEMPO vs % $ZnCl_2$ VOLATILIZADO



GRAFICA No4
PRUEBAS EFECTUADAS EN EL HORNO VERTICAL
% DE EXCESO DE CONCENTRADO DE CINCO VS % DE RENDIMIENTO
DE $ZnCl_2$



VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1.- ES POSIBLE EFECTUAR LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE CLORURO DE CINC A PARTIR DEL CLORURO DE SODIO Y CONCENTRADOS DE CINC, TANTO EN EL ASPECTO TEÓRICO COMO EN EL EXPERIMENTAL.

2.- SE OBSERVÓ QUE LA REACCIÓN SULFATO DE CINC-CLORURO DE SODIO SE EFECTUÓ CON MAYOR RAPIDEZ QUE LA CORRESPONDIENTE A ÓXIDO DE CINC, CLORURO DE SODIO.

3.- LA TEMPERATURA MÁS ADECUADA DE REACCIÓN FUE LA DE 700°C.

4.- SE ENCONTRÓ QUE AL EMPLEAR UN EXCESO DE LOS REACTIVOS SE FAVORECE EL RENDIMIENTO. EL RENDIMIENTO SE VE FAVORECIDO AL AUMENTAR EL TIEMPO DE LA REACCIÓN.

5.- LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS SE DEBEN CONSIDERAR CON LA DEBIDA RESERVA A CAUSA DE LOS PROBLEMAS QUE SE ENCONTRARON EN LA OPERACIÓN EXPERIMENTAL.

6.- LAS PRUEBAS EN REACTOR CICLÓNICO DIERON RESULTADOS POSITIVOS, INDICANDO LA POSIBILIDAD DE OBTENER CLORURO DE CINC MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ESTE TIPO DE HORNO.

7.- DEBIDO A QUE EL CLORURO DE SODIO ES UN FUNDENTE MUY ENÉRGICO ES NECESARIO USAR MATERIALES RESISTENTES A LA CORROSIÓN.

8.- EL PRESENTE ESTUDIO ABRE UN CAMPO FÉRTIL PARA EL DESARROLLO DE UN PROCESO EMPLEANDO CLORACIÓN DIRECTA, LLEVANDO A CABO UNA ELECTRÓLISIS DEL CLORURO DE CINC OBTENIDO, DE ESTA MANERA SE REGENERARÍA EL CLORO EMPLEADO EN EL SISTEMA SIENDO EL PRODUCTO FINAL CINC ELECTROLÍTICO.

9.- SE RECOMIENDA INICIAR INVESTIGACIONES SOBRE CLORACIÓN DIRECTA DE CONCENTRADOS DE CINC EN HORNO CICLÓNICO Y

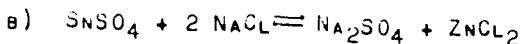
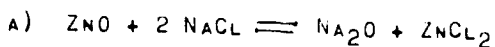
REACTOR FLUIDIZADOR, ASÍ COMO EN LO REFERENTE A LA SEPARACIÓN DE LOS VAPORES DE CLORURO DE CINC FORMADOS PARA LA ELECTRÓLISIS DE ESTE COMPUESTO DE CINC.

APENDICE "A"

CÁLCULOS

1.- CÁLCULOS DEL ESTUDIO TERMODINÁMICO.

REACCIONES:



DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO (10) (11)

COMPUESTO	ENTALPIAS (298 K) KCAL	ENERGÍA LIBRE KCAL	CALORES ESPECÍFICOS.
SULFATO DE CINCO	- 233.88	- 208.31	28.00
CLORURO DE SODIO	- 98.23	- 91.79	10.79-0.00042 T
CLORURO DE CINCO	- 99.40	- 88.26	15.90-0.008 T
SULFATO DE SODIO	- 330.90	- 302.78	32.18
OXIDO DE CINCO	- 83.36	- 76.65	11.40-0.00145 T
OXIDO DE SODIO	- 99.45	- 90.06	14.16-0.0108 T

ECUACIÓN GENERAL PARA CALCULAR LAS ENERGÍAS LIBRES

CUANDO VARÍA LA TEMPERATURA.

$$\Delta F_0 = \Delta H_0 - \frac{+T \ln T - 1/2 T^2 - 1/6 T^3 + 1 T}{\dots} \dots (1)$$

DETERMINACIÓN DE LA CONSTANTE I DE INTEGRACIÓN

CÁLCULO DE F (298 K) DE LA REACCIÓN (A)

$$\Delta F = (298^\circ K) = \Delta F_0(ZnCl_2) + \Delta F_0(Na_2O) - \Delta F_0(ZnO) + 2\Delta F_0(NaCl)$$

$$\Delta F = (298^\circ K) = (-88.26 - 90.06) + (2 \times 91.79 + 76.65) = 82.01 \text{ KCAL}$$

$$\Delta H = (298^\circ K) = \Delta H_0(ZnCl_2) + \Delta H_0(Na_2O) - \Delta H_0(SnO) + 2\Delta H_0(NaCl)$$

$$\Delta H = (298^\circ K) = (-99.40 - 99.45) + (2 \times 98.23 + 83.36) = 80.97 \text{ KCAL}$$

$$\Delta \alpha = [\alpha(ZnCl_2) + \alpha(Na_2O) - \alpha(ZnO) + 2\alpha(NaCl)]$$

$$\Delta \alpha = (14.6 + 15.9) - (11.4 + 21.58) = -2.48$$

$$\Delta \beta = [\beta(ZnCl_2) + \beta(Na_2O) - \beta(ZnO) + 2\beta(NaCl)]$$

$$\Delta \beta = (0.0109 + 0.008) - (0.000840 + 0.005) = 0.0166$$

SE SUBSTITUYEN ESTOS VALORES EN LA ECUACIÓN (1)

$$82,010 = 80,970 + 4,200 - 747 + 298 I$$

$$I = 8.1$$

ECUACIÓN PARA CALCULAR LA F A CUALQUIER TEMPERATURA DE LA REACCIÓN (A)

$$\Delta F_0 = 80,970 + 5.7 \text{ LOG } T - 0.0083 T - 8.1 T$$

$$\Delta F_0(400^\circ\text{K}) = 80,970 + 5.7 \times 400 \times 2.6 = 0.0083 \times 160,000 - 8.1 \times 400 = 82,355 \text{ CAL}$$

$$\Delta F_0(600^\circ\text{K}) = 80,970 + 5.7 \times 600 \times 2.78 = 0.0083 \times 360,000 - 8.1 \times 600 = 82,470$$

$$\Delta F_0(800^\circ\text{K}) = 80,970 + 5.7 \times 800 \times 2.905 = 0.0083 \times 640,000 - 8.1 \times 800 = 82,420$$

$$\Delta F_0(1000^\circ\text{K}) = 80,970 + 5.7 \times 1000 \times 3 = 0.0083 \times 1,000,000 - 8.1 \times 1000 = 81,670$$

CÁLCULOS PARA LA REACCIÓN (B)

DETERMINACIÓN DE LA CONSTANTE I DE INTEGRACIÓN.

$$\Delta F_0(298^\circ\text{K}) = \Delta F_0(\text{NA}_2\text{SO}_4) + \Delta F_0(\text{ZNCL}_2) - \Delta F_0(\text{ZNSO}_4) + 2 \times \Delta F_0(\text{NACL})$$

$$\Delta F_0(298^\circ\text{K}) = (-302.78 - 88.8) - (2 \times 91.9 + 208.31) = 531 \text{ CALORÍAS}$$

$$\Delta H_0(298^\circ\text{K}) = \Delta H_0(\text{NA}_2\text{SO}_4) + \Delta H_0(\text{ZNCL}_2) - \Delta H_0(\text{ZNSO}_4) + 2 \times \Delta H_0(\text{NACL})$$

$$\Delta H_0(298^\circ\text{K}) = (-330.9 - 99) - (2 \times 98.34 + 253.38) = 660 \text{ CALORÍAS}$$

$$\Delta \alpha = [\alpha(\text{ZNCL}_2) + \alpha(\text{NA}_2\text{SO}_4) - \alpha(\text{ZNSO}_4) + 2\alpha(\text{NACL})]$$

$$\Delta \alpha = (32.80 + 15.9) - (2 \times 10.79 + 28) = 0.88$$

$$\Delta \beta = [\beta(\text{ZNCL}_2) + \beta(\text{NA}_2\text{SO}_4) - \beta(\text{ZNSO}_4) + 2\beta(\text{NACL})]$$

$$\Delta \beta = 0.008 - 0.000840 = 0.00716$$

SE SUSTITUYEN ESTOS VALORES EN LA ECUACIÓN (1)

$$530 = 660 + 0.88 \times 298 \times 2.3 \times 2.435 - 0.00358 \times 298^2 + 298 I$$

$$I = -4.3$$

ECUACIÓN PARA CALCULAR LA A A CUALQUIER TEMPERATURA DE LA REACCIÓN (B)

$$\Delta F_0 = 660 + 0.88 T \ln T - 0.00358 T^2 - 4.3 T$$

$$\Delta F_0 (400^\circ\text{K}) = 660 + 0.88 \times 400 \times 2.3 \times 2.604 - 0.00358 \times 400^2 - 4.3 \times 400 \quad 310 \text{ CALORÍAS.}$$

$$\Delta F_0 (500^\circ\text{K}) = 660 + 0.88 \times 500 \times 2.3 \times 2.700 - 0.00358 \times 500^2 - 4.3 \times 500 \quad 258 \text{ CALORÍAS.}$$

$$\Delta F_0 (600^\circ\text{K}) = 660 + 0.88 \times 600 \times 2.3 \times 2.728 - 0.00358 \times 600^2 - 4.3 \times 600 \quad 189 \text{ CALORÍAS.}$$

$$\Delta F_0 (700^\circ\text{K}) = 660 + 0.88 \times 700 \times 2.3 \times 2.845 - 0.00358 \times 700^2 - 4.3 \times 700 \quad - 81 \text{ CALORÍAS.}$$

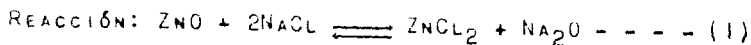
$$\Delta F_0 (800^\circ\text{K}) = 660 + 0.88 \times 800 \times 2.3 \times 2.904 - 0.00358 \times 800^2 - 4.3 \times 900 \quad - 465 \text{ CALORÍAS.}$$

$$\Delta F_0 (900^\circ\text{K}) = 660 + 0.88 \times 900 \times 2.3 \times 2.955 - 0.00358 \times 900^2 - 4.3 \times 900 \quad - 728 \text{ CALORÍAS.}$$

$$\Delta F_0 (1000^\circ\text{K}) = 660 + 0.88 \times 1000 \times 2.3 \times 3 - 0.00358 \times 1000^2 - 4.3 \times 1000 \quad - 1,120 \text{ CALORÍAS.}$$

CÁLCULOS DE REACTIVOS PARA LAS PRUEBAS EN LA MUFLA

ELÉCTRICA:

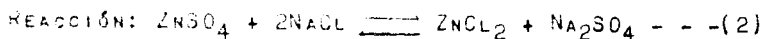


BASE PARA EL CÁLCULO - - - - - 0.500 G DE ÓXIDO DE CINCO

81.38 G (ZNO) - - - - 117 G (NaCl)

0.500 x

$x = \frac{0.500 \times 117}{81.38} = 0.722 \text{ G DE CLORURO DE SODIO}$



BASE PARA EL CÁLCULO - - - - - 0.500 G (ZNSO₄.7H₂O)

287.68 G (ZNSO₄.7H₂O) - 117 G (NaCl)

0.500 x

$x = \frac{0.500 \times 117}{287.68} = 0.211 \text{ G DE CLORURO DE SODIO.}$

CLORURO DE CINCO QUE SE OBTENDRÍA EN LA REACCIÓN (1) SI ESTA FUESE 100%

86.38 G (ZNO) 136.38 G (ZnCl₂)

0.500 x

$x = \frac{0.500 \times 136.38}{86.38} = 0.790 \text{ G DE } ZnCl_2$

CLORURO DE CINCO QUE SE OBTENDRÍA EN LA REACCIÓN (2) SI ESTA FUESE 100%

287.38 G (ZNSO .7H O) 136.38 G (ZnCl)

0.500 x

$x = \frac{0.500 \times 136.38}{287.38} = 0.237 \text{ G DE } ZnCl_2$

PÉRDIDA DE AGUA - - - - 0.220 G

RESULTADOS PARA LA REACCION (1).

PRUEBA (1)

PÉRDIDA DE PESO - - - - - 0.012 g

RENDIMIENTO (POR CIENTO) = $\frac{12 \times 100}{790} = 1.32$

PRUEBA (2)

PÉRDIDA DE PESO - - - - - 0.232 g

RENDIMIENTO (POR CIENTO) $\frac{23.2 \times 100}{790} = 2.75$

PRUEBA (3)

PÉRDIDA DE PESO - - - - - 0.0292 g

RENDIMIENTO (POR CIENTO) $\frac{29.2 \times 100}{790} = 3.5$

RESULTADOS PARA LA REACCION (2).

PRUEBA (1)

PÉRDIDA DE PESO - - - - - 0.367 g

RENDIMIENTO (POR CIENTO) $\frac{367 \times 100}{467} = 80.5$

PRUEBA (2)

PÉRDIDA DE PESO - - - - - 0.415 g

RENDIMIENTO (POR CIENTO) $\frac{415 \times 100}{457} = 92.0$

PRUEBA (3)

PÉRDIDA DE PESO - - - - - 0.438 g

RENDIMIENTO (POR CIENTO) $\frac{438 \times 100}{457} = 97.6$

UNA MOLÉCULA GRAMO DE AIRE TIENE 6.75 G O₂

29 G DE AIRE 6.75 G (O₂)

x 0.277

$$x = 29 \times 0.277 = 1.19 \text{ G DE AIRE}$$

UNA MOLÉCULA GRAMO DE AIRE A 586 MM DE MERCURIO Y 293°C OCUPA UN VOLÚMEN DE 1.13 PIES³.

29 G DE AIRE - - - 1.13 PIES³

1.19

$$x = \frac{1.19 \times 1.13}{29} = 0.046 \text{ PIES}^3 \text{ DE AIRE}$$

EXCESO DE 20%: 1.2 x 0.046 = 0.0552 PIES³

PRUEBA (1) Y (5) - - - $\frac{0.0552}{6 \text{ HRS}} = 0.009 \text{ PIES}^3$

PRUEBA (2) Y (6) - - - $\frac{0.0552}{8} = 0.007 \text{ PIES}^3$

PRUEBA (3) Y (7) - - - $\frac{0.0828}{6} = 0.0135 \text{ PIES}^3$

PRUEBA (4) Y (8) - - - $\frac{0.0828}{8} = 0.0135 \text{ PIES}^3$

5.- CÁLCULOS PARA LAS PRUEBAS EN HORNO HORIZONTAL Y VERTICAL.

REACTIVOS: LAS MISMAS CANTIDADES QUE EN LAS PRUEBAS DEL HORNO DE ANÁLISIS ELEMENTAL SOLAMENTE QUE AUMENTADAS 1,000 VECES; - COMO CONSECUENCIA EL FLUJO DE AIRE AUMENTÓ EN LA MISMA PROPORCIÓN.

CÁLCULO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN EN EL MANÓMETRO.

$$\text{PIES}^3/\text{HORA} = c \ 11.3 \ x \ \underline{\Delta H}$$

c = FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE ORIFICIO.

LA CONSTANTE NUMÉRICA ES LA PRESIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO EN LB/PULG².

SUBSTITUYENDO VALORES.

$$84 = 16.75 \cdot 11.3 \times \Delta H$$

$$\Delta H = 2.2 \text{ PULGADAS DE AGUA}$$

6.- CÁLCULOS PARA LAS PRUEBAS EN EL HORNO CICLÓNICO.

REACTIVOS: LAS MISMAS CANTIDADES QUE EN EL HORNO ELÉCTRICO DE LABORATORIO.

AIRE PARA ARRASTRAR EL MATERIAL Y LLEVAR A CABO LA REACCIÓN DE OXIDACIÓN.

EL ALIMENTADOR TIENE UNA CAPACIDAD DE ALIMENTACIÓN DE 5.29 KG/HORA.

AIRE NECESARIO PARA ALIMENTAR Y EFECTUAR LA REACCIÓN 93.3 PIES³/KG DE MATERIAL.

AIRE NECESARIO PARA LA OPERACIÓN:

5.29 KG/HORA X 93.3 PIES³/KG DE MATERIAL = 494 PIES³ DE AIRE POR HORA.

EXCESO DE 20% 1.2 X 494 = 592 PIES³/HORA

AIRE DE ARRASTRE 40% 0.4 X 592 = 236.8

AIRE PARA LA REACCIÓN 60% 0.6 X 592 = 355.2

CÁLCULO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN EN EL MANÓMETRO PARA EL AIRE DE ARRASTRE.

SUBSTITUYENDO VALORES:

$$236.8 = 16.75 \cdot 11.3 \times \Delta H$$

$$\Delta H = 1.29 \text{ PULGADAS DE MERCURIO}$$

CÁLCULO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN PARA EL MANÓMETRO DEL AIRE PARA LA OXIDACIÓN.

$$355.2 = 72.75 \cdot 11.3 \Delta H$$

$$\Delta H = 1.45 \text{ PULGADAS DE AGUA.}$$

VIII.- BIBLIOGRAFIA.

BIBLIOGRAFIA ESPECIAL.

- 1.- REVISTA DE COMERCIO EXTERIOR,
BANCO NACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR, S. A.
Nov. 1958 PÁG. 603
- 2.- BOLETIN DE LA CAMARA MINERA
DE MEXICO (1958) PÁG. 10
- 3.- STOHMAN F., GRAN ENCICLOPEDIA DE
QUÍMICA INDUSTRIAL
VOL. IX PÁG. 878 Y SIGUIENTES
FRANCISCO SEIX-EDITOR (BARCELONA-ESPAÑA)
- 4.- EPHRAIM F., INORGANIC CHEMISTRY
5A. EDICIÓN (1948) PÁG. 274
GURNEY AND JACKSON (LONDON)
- 5.- SIEGER S. J., EXTRACTING ZINC FROM
CONCENTRATES BY CHLORINATION ENGINEERING
AND MINING JOURNAL
VOL. 155 N° 10 (OCTUBRE 1954)
- 6.- D. SCOTT J., ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL
TECHNOLOGY (1956)
VOL. 15, PÁG. 277
THE INTERSCIENCE ENCYCLOPEDIA INC. (NEW YORK)
- 7.- MUELLER T., INORGANIC CHEMISTRY
(1952) PÁG. 856
JOHN WILEY & SONS. INC. (NEW YORK)
- 8.- SALISBURY D. E., MINERALOGY
FOURTH EDITION (1955), PÁG. 421 Y SIGUIENTES
JOHN WILEY & SONS, INC. (NEW YORK)
- 9.- BENNETT A. C., STATISTICAL ANALYSIS IN
CHEMISTRY AND THE CHEMICAL INDUSTRY
(1954) PÁG. 478 Y SIGUIENTES
JOHN WILEY & SONS, INC. (NEW YORK)
- 10.- H. PERRY JOHN, CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK
THIRD EDITION (1950) PÁG. 110 Y SIGUIENTES
MC-GRAW-HILL BOOK COMPANY, INC.
- 11.- D. HODGMAN, M. S., CH., HANDBOOK OF
CHEMISTRY AND PHYSICS THIRTY-EIGHTH EDITION
(1956) PÁG. 1734
PUBLISHED BY CHEMICAL RUBBER PUBLISHING CO.
(CLEVELAND, OHIO).

BIBLIOGRAFIA GENERAL.

MELLOR, J. W., INORGANIC AND THEORETICAL CHEMISTRY
3A. EDICIÓN (1949), VOL. II, IV, V, VII, VIII Y XIV
LONGMANS - GREEN AND CO. (LONDON).

CANNON SNEED M., COMPRENSIVE INORGANIC CHEMISTRY
VOLUMEN IV PÁG. 4A. Y SIGUIENTES
D. VAN NOSTRAND COMPANY, INC.
PRINCETON, NEW JERSEY

WEBER C. H., THERMODYNAMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS
(1949) PÁG. 205 Y SIGUIENTES
JOHN WILEY & SONS, INC. (NEW YORK)

DODGE F. B., CHEMICAL ENGINEERING THERMODYNAMICS
(1944) PÁG.: 483 Y SIGUIENTES
Mc-GRAW-HILL BOOK COMPANY INC. (NEW YORK)

MILLARD E. B., PHYSICAL CHEMISTRY FOR COLLEGES
7A. EDICIÓN (1953) PÁG. 334 Y SIGUIENTES
JOHN WILEY & SONS, INC. (NEW YORK)

DARKEN, S. L., PHYSICAL CHEMISTRY OF METALS
(1953) PÁG. 206 Y SIGUIENTES
Mc-GRAW-HILL BOOK COMPANY INC. (NEW YORK)

GLASTONE, S., TEXTBOOK OF PHYSICAL CHEMISTRY
SECOND EDITION (1950) PÁG. 200 Y SIGUIENTES
D. VAN NOSTRAND COMPANY INC. (NEW YORK)

OLDRIGHT L. G., VOLATILIZATION OF IMPURITIES
FROM ZINC CONCENTRATES
UNITED STATES BUREAU OF MINES (R. I. 3218)
JUNIO, 1953.

KENWORTHY H., SEPARATION OF LEAD,
RADIUM, AND GERMANIUM SULFIDES
FROM ZINC SULFIDE CONCENTRATES
UNITED STATES BUREAU OF MINES (R. J. 4876)
MAYO, 1952.

A. HOUGEN O. Y M. WATSON, CHEMICAL PROCESS
PRINCIPLES (1947)
JOHN WILEY & SONS, INC. (NEW YORK).