



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**TESIS DONADA POR
D. G. B. - UNAM**
**"Concentración del Zircón a partir
de Arenas Detriticas"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P R E S E N T A

CARLOS RAMIREZ VAZQUEZ



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 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.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	I
CAPITULO I	
REVISION BIBLIOGRAFICA	4
CAPITULO II	
CARACTERIZACION MINERALOGICA	33
CAPITULO III y IV	
EXPERIMENTACION Y RESULTADOS	46
CAPITULO V	
CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFIA	72

El uso del zirconio en la industria es relativamente reciente. El mineral zircón se explota como piedra semipreciosa, el óxido y el metal se emplean en la industria. El óxido es uno de los más refractarios que se conocen y se le emplea para crisoles, vasijas de laboratorio, ladrillos de hornos resistentes a productos químicos y cementos para temperaturas elevadas. Se está extendiendo rápidamente su empleo para dar opacidad a las vasijas esmaltadas, pinturas, esmaltes y lacas para automóviles. También se le emplea como aislante del calor y la electricidad, como abrasivo, para camisas de gas y ciertas lámparas de incandescencia, como pulimentador, endurecedor de caucho y para tintas blancas.

El metal se emplea para tubos electrónicos, lámparas relámpago ó proyectores, condensadores eléctricos, filtros de rayos X, filamentos de lámparas, electrodos de soldadura de puntos, máquinas de hilar rayón y como aleación.

Los aceros al zirconio forman muy buenas chapas para blindajes contra proyectiles y con níquel sirve para fabricar herramientas cortantes, duras y rápidas, con cobre comunica propiedades similares a las del berilio, y con aluminio y vanadio en ferroaleaciones, sirve como refinador del acero en los hornos pero su principal aplicación a nivel mundial es en la industria nuclear.

Por estos motivos el presente trabajo está enfocado a concentrar zircón en minerales de placer que bien pueden encontrarse en playas dunas y terrazas.

El mineral a estudiar se localiza en las costas del Golfo de México en donde se ha encontrado minerales de cromo, fierro, titanio y zirconio, en esta región existen yacimientos de estos minerales en las arenas de las playas.

En este trabajo el mineral que será estudiado es únicamente el zircón ya que ha causado un gran interés para la obtención de zirconio metálico y su versátil aplicación en el campo de la investigación. Siendo la finalidad de esta tesis efectuar estudios por el método de la Mesa Wilfley, Separación Magnética y por el método de -

Flotación ya que el mineral en estudio que es el zircón es un mineral que se encuentra completamente liberado lo que significa que lo podemos separar fácilmente de los minerales asociados.

CAPITULO

I

REVISION BIBLIOGRAFICA

EL METODO DE LA MESA WILFLEY

En 1893 apareció la mesa wilfley y desde entonces hasta nuestros días se han diseñado muchas y variadas formas y combinaciones del tablero, como son recubrimiento del tablero, forma de disposición de los rifles, calidades de los mismos y sistemas de sacudimientos.

El tablero esta recubierto en su totalidad con linoleum grueso sobre el cual lleva clavados los llamados listones ó rifles estos pueden ser de un material ligero como la madera, vidrio ó plástico generalmente se utilizan rifles de material de pino estos deben terminar en forma diagonal a lo largo tambien de una diagonal cubriendo aproximadamente las dos terceras partes de la superficie de la mesa como puede apreciarse en la figura No 4.

La Mesa Wilfley: Es una mesa de sacudimientos que esta constituida por un tablero plano de forma rectangular que puede estar montada en una posición horizontal sobre soportes o guías que permite que efectúe un movimiento alternativo en su propio plano en dirección paralela al lado más largo. El movimiento alternativo se efectúa por medio del cabezal de la mesa que determina que la inversión de movimientos sea más rápido al final de la carrera de ida que al final que la de vuelta.

Este movimiento reciproco tiene una aceleración asimétrica cuyo efecto neto es el de causar un transporte intermitente de las partículas sobre la mesa.

El uso de rifles tiene como función principal el disturbio del flujo viscoso a lo largo de la superficie de la mesa, produciendo un flujo viscoso en la parte superior de la película líquida y una turbulencia en el fondo. Estos rifles hacen aumentar el espesor de la película del líquido, además de hacer un efecto de jiggig que hace que las partículas pesadas se hundan en el acanalado y las partículas livianas floten y sean arrastradas por la corriente líquida.

El efecto vibratorio hace viajar a las partículas pesadas a través de los canales formados por los rifles, produciéndose una separación entre las partículas livianas y pesadas.

Operación de la Mesa Wilfley: Las condiciones óptimas de operación estriba principalmente en el operario pero generalmente una mesa normal opera con un rango de velocidad de 180 a 270 golpes por minuto y los golpes son de media a una pulgada y media de longitud, la inclinación es de 2° a 6° de inclinación, la alimentación es de 10 por ciento de sólidos y dependiendo de las características del material a tratar se recomiendan los siguientes pasos de operación:

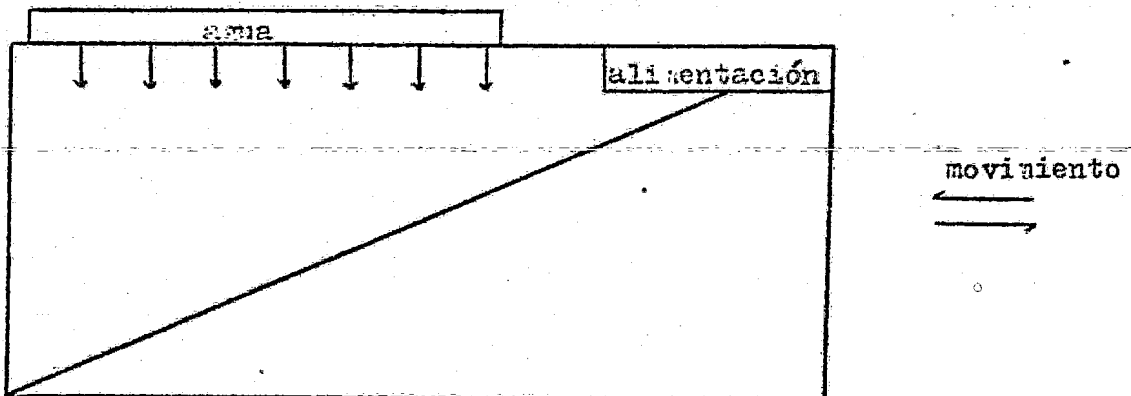
Para una operación de mineral muy sucio: Se recomienda, más agua, más mineral, más declive y más largo el golpe.

Para operaciones de mineral limpio: Se recomienda menos agua, menos mineral, menos inclinación y golpe corto.

Para operaciones con mineral fino: Es recomendable menos agua menos velocidad, conversión de movimiento más rápido, golpe corto.

Para operaciones con mineral grueso: Se recomienda más agua, más velocidad, conversión de movimiento lento, golpe largo.

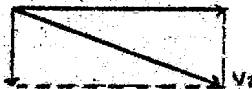
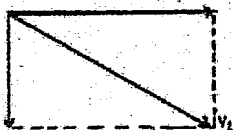
Combinando adecuadamente las características antes mencionadas el desplazamiento de las partículas sobre la superficie de la mesa, se efectúa a lo largo de una línea diagonal la empieza en el cajón de alimentación. Figura No 1.



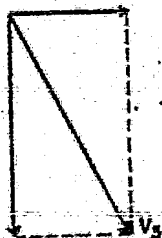
La dirección de dicha diagonal se obtiene de los vectores que describen la trayectoria en la dirección del flujo de agua y en la dirección del movimiento producido por la vibración.

Por este motivo las partículas del mismo mineral, pero de diferentes tamaños, siguen más o menos la misma dirección pero a diferentes velocidades.

Así tenemos para las partículas pesadas el efecto que se produce por el agua y el movimiento de la mesa. Figura No 2.



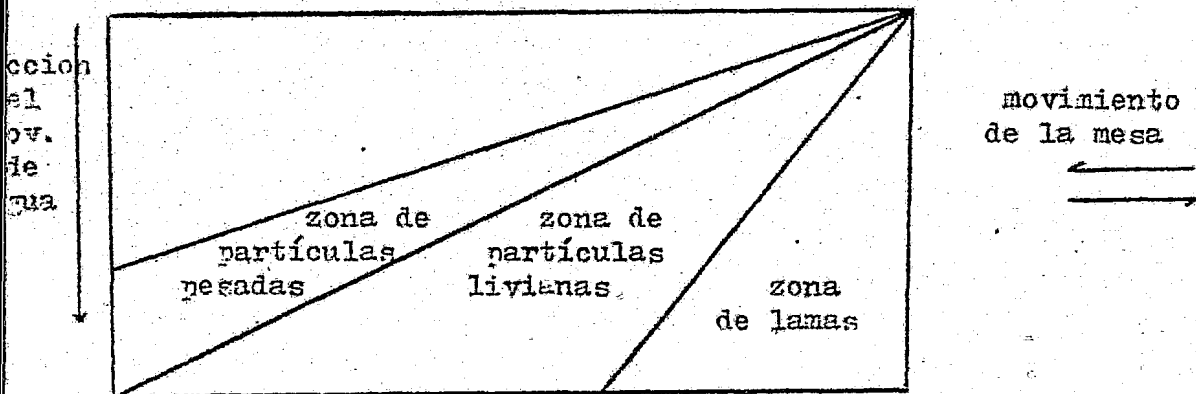
y para las partículas livianas:



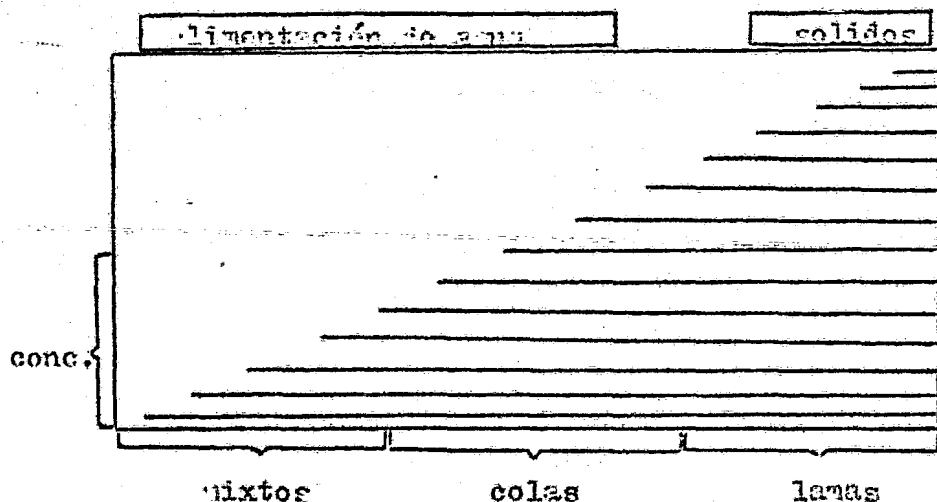
Este efecto no se cumple si en la superficie de la mesa existe un atochamiento de partículas en el cual las partículas pequeñas van contra el empuje del agua.

Sobre la superficie de la mesa con parte acanalada y parte lisa se produce una segregación en parte de acuerdo al tamaño y en parte de acuerdo a la densidad.

Las partículas pesadas se ubican en una zona diagonal sobre la descarga de la mesa y las livianas en una zona diagonal inferior como se ve figura No 3.



De esta manera si se alimenta una pulpa de mineral de diferentes densidades, se logrará separar en una zona un concentrado de minerales denso, una zona de minerales semi denso, una zona de minerales livianos y una zona de partículas muy finas (lamas) - como se muestra en la figura No 4.



La capacidad de la mesa esta en función del tamaño de las partículas, por ejemplo para minerales con tamaño de partícula menores a 3 mm, la capacidad aumenta es decir, aumenta las toneladas por dia. y para minerales finos menores de 0.3 mm, la capacidad baja considerablemente.

VARIABLES DE DISEÑO Y OPERACIÓN: El comportamiento de las partículas en el fondo del fluido es afectada por los siguientes factores:

- 1.- La pendiente transversal.
- 2.- El espesor de la película del fluido (pasto).
- 3.- La velocidad del fluido.
- 4.- El coeficiente de fricción entre las partículas y la superficie de la mesa.
- 5.- La forma de las partículas.
- 6.- La gravedad específica de las partículas.
- 7.- La forma de disponer los rifles.

Considerando los factores antes mencionados y haciendo una combinación adecuada según lo aconsejen las condiciones necesarias podemos obtener resultados satisfactorios en nuestra operación.

EL METODO DE LA FLOTACION

El origen del método de la flotación nació en la industria minera, el cual se ha ido extendiendo a otros campos. Fundamentalmente se considera que la flotación moderna comenzó en 1923 cuando O.H. YELLER descubrió el uso de los xantatos como colectores para los minerales sulfurados. La definición del termino de flotación es, el proceso de flotación en espuma, el cual es un método físico-químico que consiste en la concentración de minerales finamente molidos.

Este método es muy ampliamente usado tratándose de concentraciones húmedas de las menas, para separar los constituyentes valiosos de esta ó bien de la ganga. Este método se basa en los fenómenos de superficie y de peso específico de las partículas minerales las cuales juegan un papel muy importante en la separación.

El método comprende el tratamiento químico de una pulpa de mineral que se desea flotar, esto se logra a través de reactivos químicos llamados promotores o colectores que son los que imparten a los minerales una superficie repelente al agua ó que produce una película hidrofóbica que se adhiere a las burbujas de aire. Estas burbujas de aire llevan consigo los minerales seleccionados a la superficie de la pulpa y forman una espuma estabilizada que es recogida, mientras que los otros minerales permanecen sumergidos en la pulpa. En la actualidad el método es el más eficiente puede aplicarse a cualquier mezcla de partículas minerales que se hallen esencialmente libres unas de otras y que sean lo suficientemente pequeñas para ser elevadas por burbujas de aire ascendentes.

El método abarca las siguientes etapas:

- 1.- Moler el mineral a un tamaño lo suficientemente fino para separar los minerales valiosos uno de otro, así como los minerales de ganga adherentes.
- 2.- Formar condiciones favorables para la adherencia de los minerales deseados a las burbujas de aire.
- 3.- Formar una corriente ascendente de burbujas de aire en la pulpa del mineral.
- 4.- Crear una espuma cargada de mineral en la superficie de la pulpa.
- 5.- Extraer la espuma cargada de mineral.

El concepto fisicoquímico del mecanismo de la flotación toma en consideración tanto estos aspectos como la energía superficial, la tensión superficial, la adsorción, el ángulo de contacto, la polaridad y la reactividad.

Fundamentalmente existen tres tipos de flotación:

- 1.- Flotación de película (Film Flotación)
- 2.- Flotación con aceite en grandes volúmenes (Bulk Oil Flotación)
- 3.- Flotación en espuma (Froth Flotación)

De los tres tipos antes mencionados solo el tercero tiene gran importancia en el campo de la minería.

Generalmente en la flotación por espumado el material se trabaja mejor con tamaños menores a 30 mallas puesto que con esa granulometría se considera que las partículas se encuentran liberadas, ahora los minerales cercanos a 600 mallas o más fino la flotabilidad tiende a decrecer.

Clasificación de los reactivos de flotación

Generalmente los reactivos suelen clasificarse en tres grupos

- Reactivos Colectores
- Reactivos modificadores (Reguladores)
- Reactivos que producen espuma (Espumantes)

Reactivos Colectores: Son las sustancias usadas en flotación para transformar los minerales seleccionados en repelentes al agua. Los minerales se hacen repelentes al agua debido a la adsorción de los iones o moléculas sobre la superficie del mineral, bajo estas condiciones, el nivel de energía del mineral hidratado en la superficie se reduce a un punto donde la formación de un perímetro de contacto de 3 fases hace posible que la partícula de mineral haga contacto con una burbuja.

La característica de casi todos los colectores es una molécula compleja asimétrica en la estructura y que consiste de 2 partes que difieren en propiedades, una polar y otra no polar.

La parte no polar de la molécula es un radical hidrocarburo el cual proporciona poca o ninguna interacción con los dipolos del H_2O y lo que hace que se adquieran pronunciadas propiedades repelentes al agua. Esta propiedad de repeler al agua se debe a la presencia de radical hidrocarburo el cual posee una fuerza muy grande.

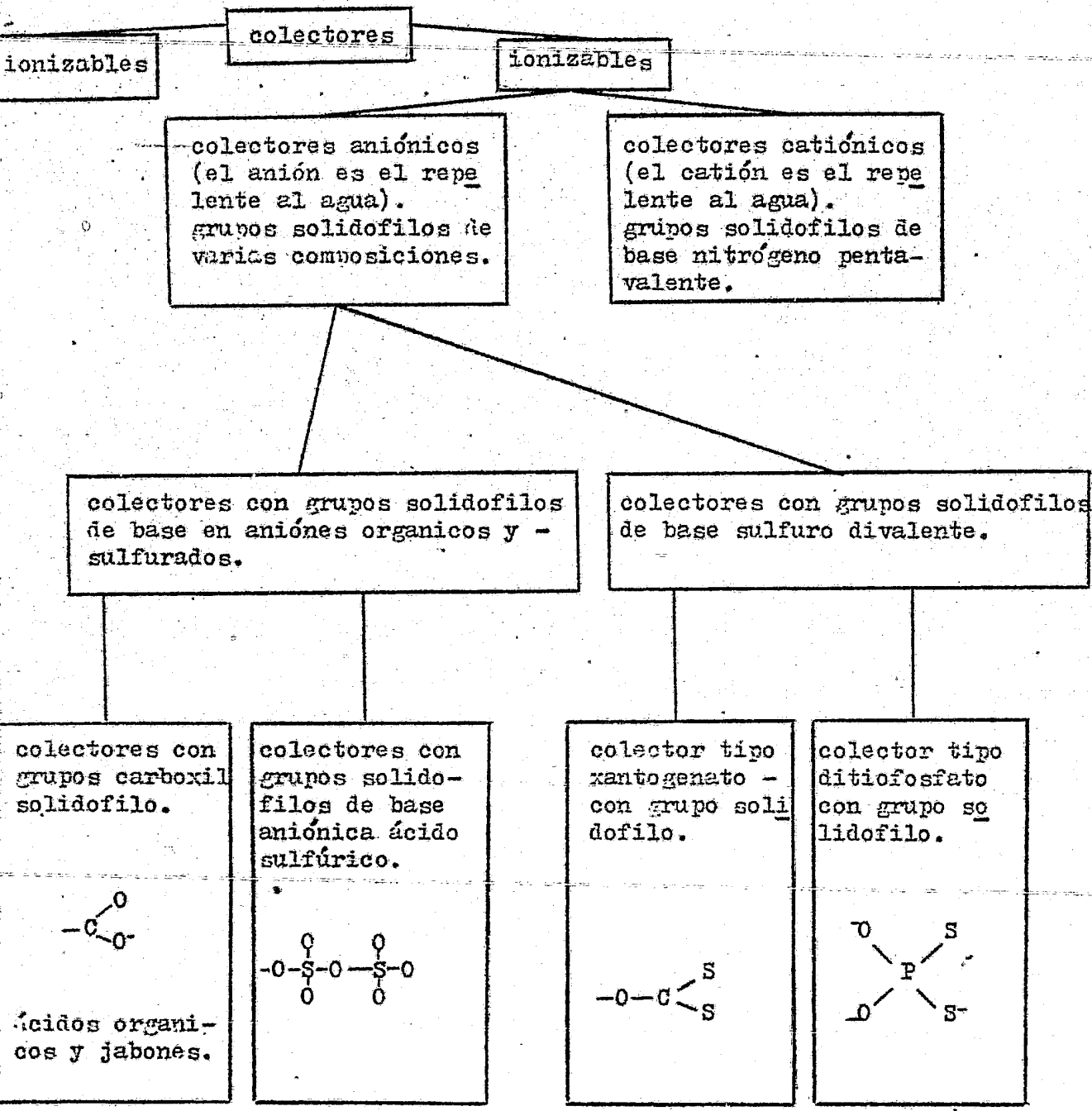
Los compuestos que se constituyen de partes polares y no polares se denominan heteropolares. Una molécula típica heteropolar es el $C_{17}H_{33}COONa$ el radical hidrocarburo es la parte no polar y prácticamente no reacciona con el agua.

y la parte polar es: $\begin{array}{c} O \\ | \\ -C \\ | \\ O-Na \end{array}$

La adsorción de estos colectores en la superficie del mineral, la parte no polar esta orientada hacia la fase acuosa en tanto que la polar se orienta a la fase mineral, esta orientación es la que hace realmente al mineral repelente al agua.

Clasificación de Colectores: Cuando un colector se disocia en un anión y un catión, el ión que provoca la acción repelente al agua se le considera como el ión activo mientras que el otro ión es el no activo. La estructura iónica repelente al agua siempre incluye el radical hidrocarburo y la presencia de esta asegura que el mineral sea repelente al agua sin embargo los hidrocarburos no existen en estado libre y son incapaces de adherirse directamente y por sí mismo a la superficie del mineral. Así pues la estructura iónica repelente incluye un segundo grupo de átomos (además del hidrocarburo - C-C) para formar una ligadura entre el hidrocarburo y la superficie mineral. Este grupo de unión es llamado grupo solidofilo, así pues el ion colector repelente al agua se constituye de un radical hidrocarburo unido a un grupo solidofilo. El efecto de repelencia al agua esta directamente asociado a la longitud del grupo hidrocarburo, mientras que el solidofilo controla tanto la fuerza como la selectividad de la adherencia del ión a la superficie mineral.

Los colectores se clasifican según la siguiente tabla de acuerdo a su disociación iónica, actividad catiónica y aniónica en relación a la superficie del mineral y a la estructura del grupo solidofilo.



Un número considerable de aniones colectores tienen gran uso debido a su selectividad y fuerza de adherencia (generalmente por adhesión química) al mineral.

Los xantogenatos son colectores aniónicos típicos.

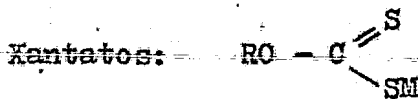
Colectores Catiónicos: Estos reactivos son compuestos orgánicos ionizables, en los cuales el ion que transporta los grupos reactivos se llama catión. Un ejemplo de estos colectores son las aminas las cuales son derivados del amoníaco.

Las aminas de cadena corta y las sales aminicas de cadena larga solubles se emplean en la flotación de sílice (sílica) y de minerales compuestos de sílice (silicatos) como el cuarzo, el feldespato, el zircón y la mica. Generalmente el circuito de flotación es ácido y como en una sal aminica se ioniza fácilmente abajo de un pH de cerca de 6 es razonable asumir que el catión es adsorbido en la superficie del silicato y se llega a unir a un anión en la red cristalográfica del mineral con el grupo hidrocarburo.

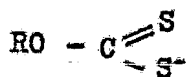
Colectores Aniónicos: Estos reactivos generalmente se clasifican en base a la actividad de sus grupos funcionales, los cuales determinan su capacidad para atacar las partículas minerales.

Las formulas generales para este tipo de colector son de varias clases como R-COOH, R-SO₃H, R-SH en las cuales R significa el grupo funcional del que se trate y H es la parte ácida, generalmente estos colectores se usan en forma de sales de sodio y potasio.

Los colectores de este tipo más usuales son los xantatos y se emplean principalmente en la flotación de los sulfuros metálicos estos tienen la siguiente formula.

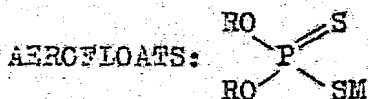


en donde R representa la cadena de hidrocarburo y M es un metal alcalino. El radical polar -SM constituye el grupo soluble ionizándose en la solución con la producción de un catión M⁺ y los grandes iones.



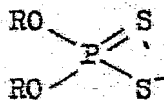
La efectividad de los xantatos como colectores se incrementa con el peso molecular del radical alcohol.

Tiofosfatos: Son otro tipo de colectores aniónicos estos son el resultado de la reacción del pentasulfuro de fósforo con reactivos como los fenoles, alcoholes, mercaptanos, tioalcoholes y aminas, ejemplo de estos son los AEROFLOATS que tienen la fórmula siguiente.



R equivale a la cadena de hidrocarburo y M puede ser un alcalino o un metal alcalinoterreo un ión de amonio, o un hidrógeno.

El radical polar -SM constituye el grupo soluble ionizándose en la solución con la producción de un catión M^+ y los grandes iones.



Ácidos débiles: Son colectores aniónicos son usados más comúnmente para la flotación de minerales no metálicos son ácidos grasos con el radical carboxil representando al grupo polar y con una fórmula general $R\text{-COOH}$ en donde R es un hidrocarburo de cadena larga. El átomo de hidrógeno puede ser reemplazado por un metal alcalino o un alcalinoterreo. El más útil de estos colectores ácidos es el ácido oleico $C_{17}H_{33}COOH$. la base de la mayoría de los colectores ácidos grasos es el ácido oleico, el tipo más adecuado debe concentrarse a base de experimentación. Para un producto mineral que no tiene que ser de alta pureza puede ser usado un tipo de ácido graso de baja calidad, pero cuando tiene que ajustarse a una especificación rigida es recomendable emplear la más alta calidad de ácido oleico disponible.

Los ácidos grasos se emplean principalmente en la flotación de fosfatos minerales como son: fluorita; barita, caliza, calcita y sheelita y en escala más pequeña para la concentración de minerales menos comunes tales como la cianita, el zircón, el berilio, la malaquita etc.

El consumo de aceite neutro es de 1 a 2 libras por tonelada de mineral tratado.

Los Aeropromotores 801, 825 y 827 de la AMERICAN CYANAMID COMPANY son de esta clase corresponden a sulfonatos ácidos de petróleo. En circuitos ácidos son colectores para los óxidos de hierro ilmenita, granate y otros silicatos minerales básicos.

Los reactivos con cationes activos usados en la practica son sales aminicas con cadenas rectas de hidrocarburos conteniendo de 12 a 18 átomos de carbono como son el hidrócloruro laurilaminico ($C_{12}H_{25} \cdot NH_3Cl$) y el acetato octadecilaminico ($C_{18}H_{37} \cdot NH_3OCC.OH_3$) que en un circuito alcalino o ligeramente ácido son colectores -- para el cuarzo y para los silicatos minerales; con un bajo pH el cuarzo no flota siendo de esta manera más selectivos. Se emplean para la remoción de mica y el cuarzo en flotación de roca fosforica y caliza y en la separación de feldespato en presencia de mica y silicatos minerales básicos.

Reactivos Modificadores o Reguladores:

Los modificadores se definen como reactivos utilizados en flotación para controlar la acción del colector sobre el mineral, a fin de reducir o aumentar el efecto repelente al agua sobre la superficie del mineral. Los reguladores efectúan una acción colectora más selectiva con respecto a los minerales, así pues se asegura una razonable separación de un mineral de otro en la flotación.

Cuando un regulador (modificador) se adiciona a la pulpa, el colector es capaz de hacer solamente repelente al agua a ciertos minerales sin provocar defectos perceptibles en otros minerales.

Sosa caustica NaOH Usada ocasionalmente para regular pH
Acido sulfúrico y clorhídrico Para acidificar la pulpa (bajar el
pH y la alcalinidad)

La cal se usa para regular la alcalinidad o pH, la cual usada para
la flotación es generalmente la variedad conocida como cal apagada
 Ca(OH)_2 .

Modificadores de superficie.

Cationes. Ca, Cu, Pb, Zn, Ag, Ba

Aniones SiO_3 , PO_4 , CN, CO_3 , S

Coloides Orgánicos: Dextrinas, Almidon, Pegamento.

Depresores.

Cationicos Ca, Ba, Zn.

Aniónicos CN, CO_3 , PO_4 , SO_3

Modificadores de pH:

Con muy pocas excepciones la efectividad de todos los agentes de
flotación dependen grandemente de la concentración de los iones hi-
drógeno e hidróxilo en la solución. Uno de los primeros objetivos
de la flotación es encontrar el pH óptimo para una combinación dada
de reactivos y mineral. Casi todas las plantas de flotación tratan
con menas sulfurosas y para ello operan con una pulpa alcalina para
obtener condiciones óptimas así como para minimizar la corrosión del
equipo. Son pocas las plantas que operan circuitos con un pH ácido
generalmente esta es el caso en que los minerales deben ser separa-
dos de las colas en un medio ácido.

Modificadores de Superficie:

El control de la superficie de las partículas del mineral con el
fin de provocar la selectividad del proceso de flotación es la más
importante y compleja función que debe efectuar un agente modifica-
dor. El término modificador de superficie se utiliza en todo ese

amplio sentido para incluir tanto la adsorción como la interacción química de los agentes modificadores en o sobre la superficie del mineral.

Para ser efectivo dicho agente debe poseer una adherencia selectiva hacia uno o varios minerales en una mena. Esto provoca ya sea una activación o una depresión de la superficie del mineral dependiendo de la reacción del colector con el agente modificador de superficie adsorbido.

Modificadores Orgánicos:

El efecto exacto de un depresor orgánico aún no está muy claro se piensa que el depresor sobre el mineral se deba a la formación de partículas coloidales (micelas) en la pulpa. La precipitación de estas micelas sobre la superficie del mineral provoca hidratación y la consecuente depresión.

Los reactivos más ampliamente usados de este grupo son la tannina, la dextrina, almidón, albumina, gelatina, y goma arábiga.

La semilla de almidón en su forma soluble puede ser utilizada para separar cobre y molibdeno.

Reactivos que producen espuma (Espumantes).

Los agentes espumantes son sustancias activadoras de superficie las cuales al concentrarse entran en la interfase aire-agua, ayudan a mantener las burbujas de aire dispersas evitando la coalescencia de las mismas. Los agentes espumantes incrementan la estabilidad de la espuma de flotación al disminuir la energía libre de superficie de la burbuja.

Proceso del Espumado: Después del acondicionamiento la pulpa es pasada a la máquina de flotación entonces se introduce aire en la pulpa junto con un reactivo espumante cuya función es hacer que la corriente entrante de aire se desbarate formando burbujas pequeñas y las partículas que son repelentes al agua se adhieren a las burbujas en cuanto hacen contacto con ellas.

Las burbujas cargadas con las partículas minerales de la pulpa en donde se colectan forman una espuma que continuamente se derrama o bien es rastrillada descargandose sobre un vertedero de la celda. Los minerales que componen la ganga tienen poca o ninguna tendencia para pegarse a las burbujas por lo que salen de la maquina de flotación como colas.

Efecto de la Espuma:

Una vez que la superficie del mineral es repelente al agua debido a la estabilidad de adherencia de la partícula a las burbujas todo depende de la eficiencia del espumante.

Los espumantes son sustancias organicas heteropolares activadoras de superficie las cuales son adsorbidas en la interfase aire-agua.

Los líquidos puros de estructura heteropolar polar o no polar como son el agua, queroseno, o alcohol no producen espumas estables cuando se les agita con aire, puesto que las burbujas producidas de esta manera se rompen rapidamente. Sin embargo si una pequeña cantidad de una sustancia heteropolar activadora de superficie como es el alcohol se adiciona al agua se producira una espuma muy estable cuando se introduzca aire a la solución agitandola. Cuando las moléculas activadoras de superficie reaccionan con el agua, los dipolos del agua reaccionan con los grupos polares e hidratados; poca o ninguna interacción existe con el agrupamiento no polar --- hidrocarbano.

El proposito de esto, es forzar al agrupamiento hidrocarbano hacia la fase aire. En efecto la adsorción del espumante en la capa superficial del agua se lleva a cabo y los grupos no polares se orientan al aire.

Composición y Estructura del Espumante:

Los espumantes más efectivos incluyen en su composición uno de los siguientes grupos polares:

Hidroxyyl $-\text{OH}$

Carboxyl $-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{\textbackslash OH} \end{array}$

Carbonyl $=\text{C}=\text{O}$

Amino $-\text{NH}_2$

Sulfo $-\text{OSO}_2\text{OH}$ ó $-\text{SO}_2\text{OH}$

El grupo hidrófobico consiste de una cadena de hidrocarburo con un radical hidrocarburo cíclico, los espumantes más comunes son aquellos que contienen el grupo $-\text{OH}$ ejemplo el aceite de pino de formula ($\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{OH}$), cresol ($\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$) y alcoholes como el pentanol ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) el grupo $-\text{OH}$ posee fuertes propiedades hidrofílicas y es muy poco adsorbido por los minerales esto produce un efecto colector mínimo.

Los espumantes deben ser solubles en cierto grado con el fin de obtener una distribución uniforme y buenas propiedades de activación de superficie la solubilidad varia de 0.001 hasta 3 o 4 %.

Para que un espumante sea efectivo requiere un mínimo de 6 átomos de carbono en el grupo no polar. Si este grupo se hace muy grande el poder espumante decae debido al decremento de la solubilidad. El cetil alcohol es ($\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{OH}$) no tiene poder espumante debido a su baja solubilidad; sin embargo al introducir un grupo sulfuro en una de las moléculas de este alcohol se obtiene un alcohol soluble muy buen espumante. ($\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{COOH}$) así pues una combinación de espumantes puede ser mejor que un espumante solo.

Los espumantes con un grupo polar hidroxilo (-OH) no tienen propiedades colectoras y por esta razón se prefieren estos sobre otros espumantes. Espumantes con un grupo carboxilo (-COOH) son tanto espumantes como colectoras.

Mientras que la función más importante de un espumante es formar una espuma estable que permita separar un concentrado, los espumantes también tienen otros usos importantes en un circuito de flotación tales como:

- 1.- Producen la formación de burbujas más pequeñas esto es, mejoran la dispersión del aire en una celda de flotación.
- 2.- Evitan la coalescencia de burbujas de aire aisladas.
- 3.- Disminuyen la velocidad a la cual las burbujas emergen a la superficie de la pulpa.
- 4.- Afectan la acción colectoras.
- 5.- Incrementan la resistencia de las paredes de las burbujas y la estabilidad de la espuma formada cuando burbujas mineralizadas alcanzan la superficie.

Usos de los Espumantes:

Aceite de pino: Es un espumante ampliamente usado cuyo poder espumante depende de su contenido de terpineol ($\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{OH}$) una vez que se tiene una fuente confiable de suministro, se puede hacer -- cambios teniendo cuidado puesto que no siempre es posible tener un producto de composición constante para los diferentes abastecedores.

Acido cresílico ó cresol ($\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$): Se produce a partir de alquitran de hulla y es un espumante muy efectivo además de ser tóxico e inflamable.

El metil-isobutil-carbonil propilen glicol amil ester (Dowfroter 250) y otros alcoholes de alto peso molecular son igualmente efectivos comparados con el aceite de pino y el cresol.

Los productos sintéticos tienen una composición garantizada con la que se puede obtener un fácil control de los mismos en la planta.

METODO DE LA SEPARACION MAGNETICA

La separación magnética de minerales utiliza como fuerza principal una fuerza que es producida por un campo magnético.

Esta fuerza magnética es producida por un magneto que está rodeado de un campo de fuerza, el cual se asemeja a un campo gravitacional y que se conoce como campo magnético.

Ahora, si una partícula de mineral entra en este campo, será afectada de alguna manera, ya sea atrayéndola ó rechazándola, de acuerdo a este comportamiento se distinguen dos tipos de materiales: Las Diamagnéticas y las Paramagnéticas, siendo las Diamagnéticas las que son rechazadas hacia puntos donde la fuerza del campo es menor y - las Paramagnéticas son las partículas que son atraídas hacia los - puntos donde esta fuerza del campo es más fuerte.

Existen algunos minerales paramagnéticos con cierta cantidad de hierro que son fuertemente atraídos por este campo magnético estos son llamados Ferromagnéticos.

En la separación magnética de minerales por medio de una fuerza magnética, se clasifican mejor en:

- a) minerales fuertemente magnéticos
- b) minerales debilmente magnéticos
- c) minerales no magnéticos

Las fuerzas diamagnéticas son demasiado débiles para que puedan ser aprovechadas en la separación de minerales y los minerales que responden a estas fuerzas se designan como no magnéticos.

En cambio, si el paramagnetismo es fuerte se habla de ferromagnetismo que se aprovecha en la separación de los minerales.

Susceptibilidad Magnética

Cuando se coloca una partícula cualquiera en un campo magnético de intensidad H , ésta recibe una imantación de intensidad I de tal forma que se rige por la ecuación:

$$I = H \cdot K$$

donde
$$K = \frac{I}{H} \quad \begin{array}{l} \text{(Gauss, Flujo, magnético)} \\ \text{(Oersted, Intensidad)} \end{array}$$

K es un coeficiente de proporcionalidad entre la imantación recibida y la intensidad del campo magnético. Esto se llama susceptibilidad magnética y depende de la materia; es positiva para materiales paramagnéticos y negativo para las diamagnéticas.

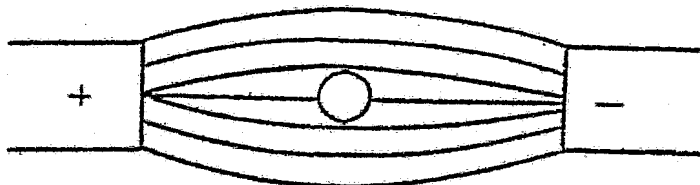
Permeabilidad Magnética

Puesto que un flujo magnético obedece a las leyes semejantes a la corriente eléctrica, y para que un flujo dado recorra una partícula dada es necesario una fuerza que pueda vencer la resistencia que se opone al flujo magnético, esta resistencia se llama reluctancia y su inverso, la permeabilidad magnética μ , siendo 1 para el aire, para sustancias paramagnéticas $\mu > 1$ y para las diamagnéticas $\mu < 1$.

Forma del Campo Magnético

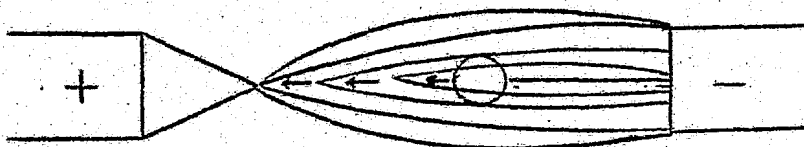
Se entiende por forma de un campo magnético, la geometría del conjunto de sus líneas de fuerzas o de su espectro magnético.

Efecto de un campo uniforme:



Si colocamos una partícula paramagnética en este campo no se moverá, cualquiera que sea su distancia hacia los polos, apenas se orientará en forma paralela al campo.

Efecto de un campo convergente:



Una partícula paramagnética se moverá dentro de este campo hacia el polo en forma de punta, cualquiera que sea su polaridad y cualquiera que sea su distancia hacia los polos.

Se producirá una atracción hacia el polo donde se produce la concentración de líneas magnéticas.

Si la partícula fuera diamagnética, se movería hacia la zona de menor concentración de líneas magnéticas, es decir se producirá una repulsión.

Ahora para que se produzca una atracción de las partículas paramagnéticas es necesario que exista un campo magnético convergente, ó sea, un gradiente de intensidad magnética.

Tipos de Separadores

Se han desarrollado una gran variedad de equipos separados en base a los principios del magnetismo, algunos de los cuales merecen una mayor atención.

Estos difieren principalmente del:

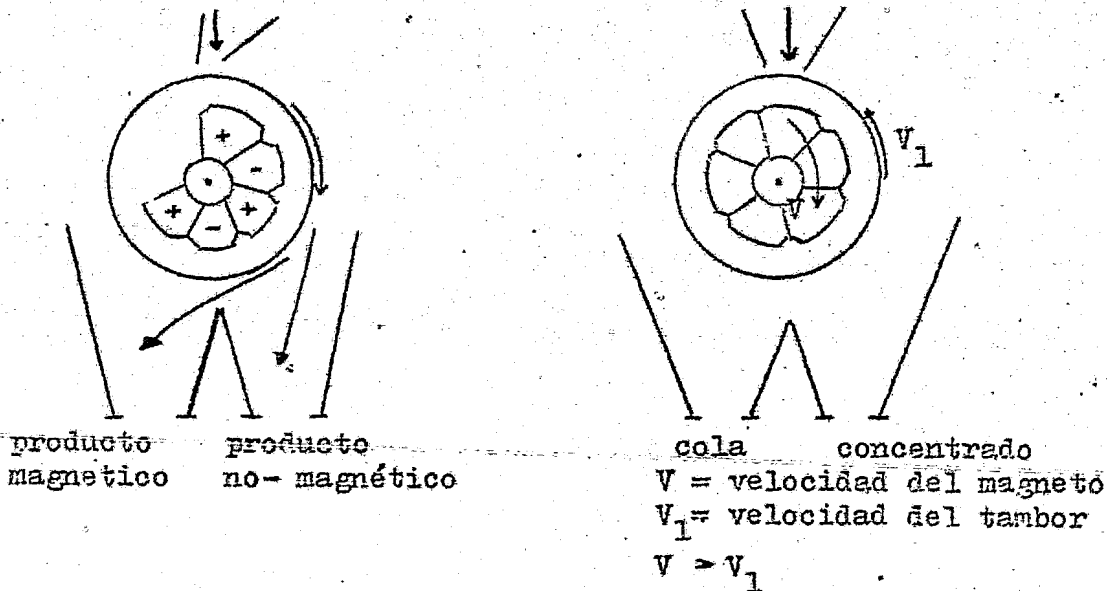
- tipo de alimentación, gruesa o fina;
- según la intensidad del campo
- según el tipo de magneto, permanente, electromagnético
- según el tipo de magnetismo, atracción inducida, repulsión por histéresis o reacción por fuerza cohesitiva.

Por otra parte una buena separación se da en base a:

- separación seca o húmeda y
- desarrollada en baja o alta intensidad del campo magnético.

Separación en seco.

La separación magnética en seco se aplica principalmente a minerales ferro-magnéticos en trozos grandes. Esta separación se llama Cobbing. Estos campos son tambores rotatorios cuya superficie no magnética rota en torno a un eje llevando en su interior en forma radial una serie de magnetos cargados opuestamente, y que cubren total o parcialmente la superficie. (ver figuras)



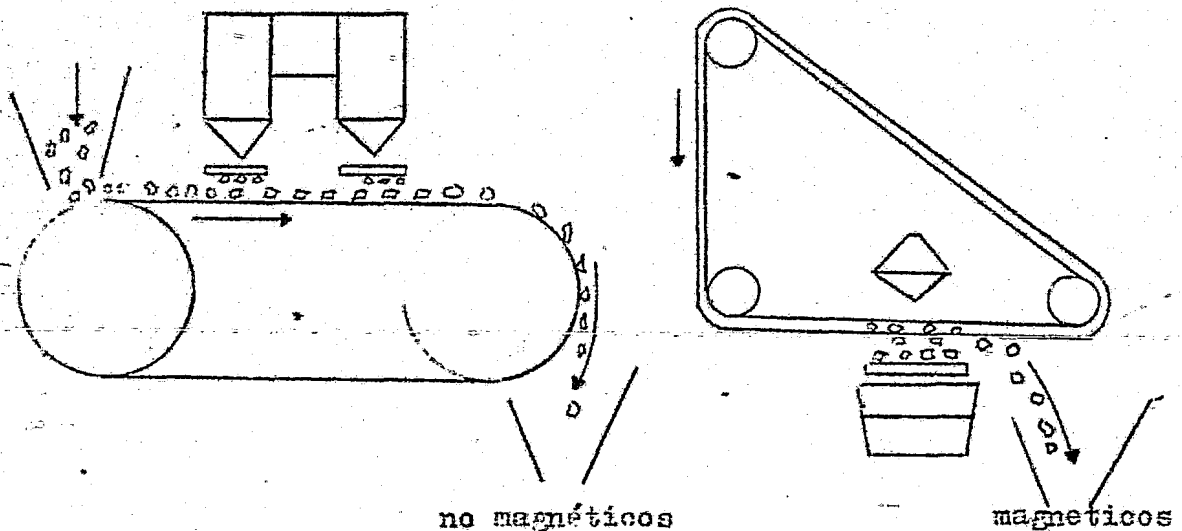
El imán o electroimán está en una posición fija o con movimiento en sentido contrario al tambor exterior, esto hace que el material magnético viaje en sentido opuesto al tambor exterior obteniéndose un producto más limpio, libre de material no magnético ocluido.

Estos tambores se construyen de 12" a 36" de diámetro por 18" a 60" de ancho y que giran a una velocidad de 30 a 50 r.p.m. son de tipo Hoding, es decir, se pega el material magnético al tambor y se

lamente se suelta cuando cesa el campo o cuando una escobilla lo des-
prende. Su capacidad varía de acuerdo al tamaño de alimentación --
máximo de 5" hasta 1/ 4" y su capacidad varía hasta 500 ton. por ho-
ra con una intensidad de campo del orden de 1 000 oersted. -----

La Separación magnética de alta intensidad, se produce en separa-
dos magnéticos del tipo pick-up, tales como los de correas cruzadas-
o de discos que levantan las partículas magnéticas desde la mena que
viaja sobre una correa transportadora, desviandolas hacia afuera. -
Estos emplean electroimanes que pueden variar su campo magnético por
-intermedio de un reostato, obteniéndose campos magnéticos variables
lo que permite además productos intermedios.

Estos son el Wetheriel Rowall y el Rapid uno de correas cruzadas
y el otro de disco.



Estos separadores tienen un magneto de baja intensidad que desvía
a las partículas más magnéticas ó partículas liberadas, dejando pasar
los middling (o medio magnéticos), los cuales son retenidos por un mag-
neta de mayor intensidad.

También se emplea en la separación de dos tipos de minerales uno
más magnético que otro. Tales como ilmenita, columbita, wolframita,
corindon y otros debilmente magnéticos.

Otro tipo de separador de alta intensidad magnética es el separa-

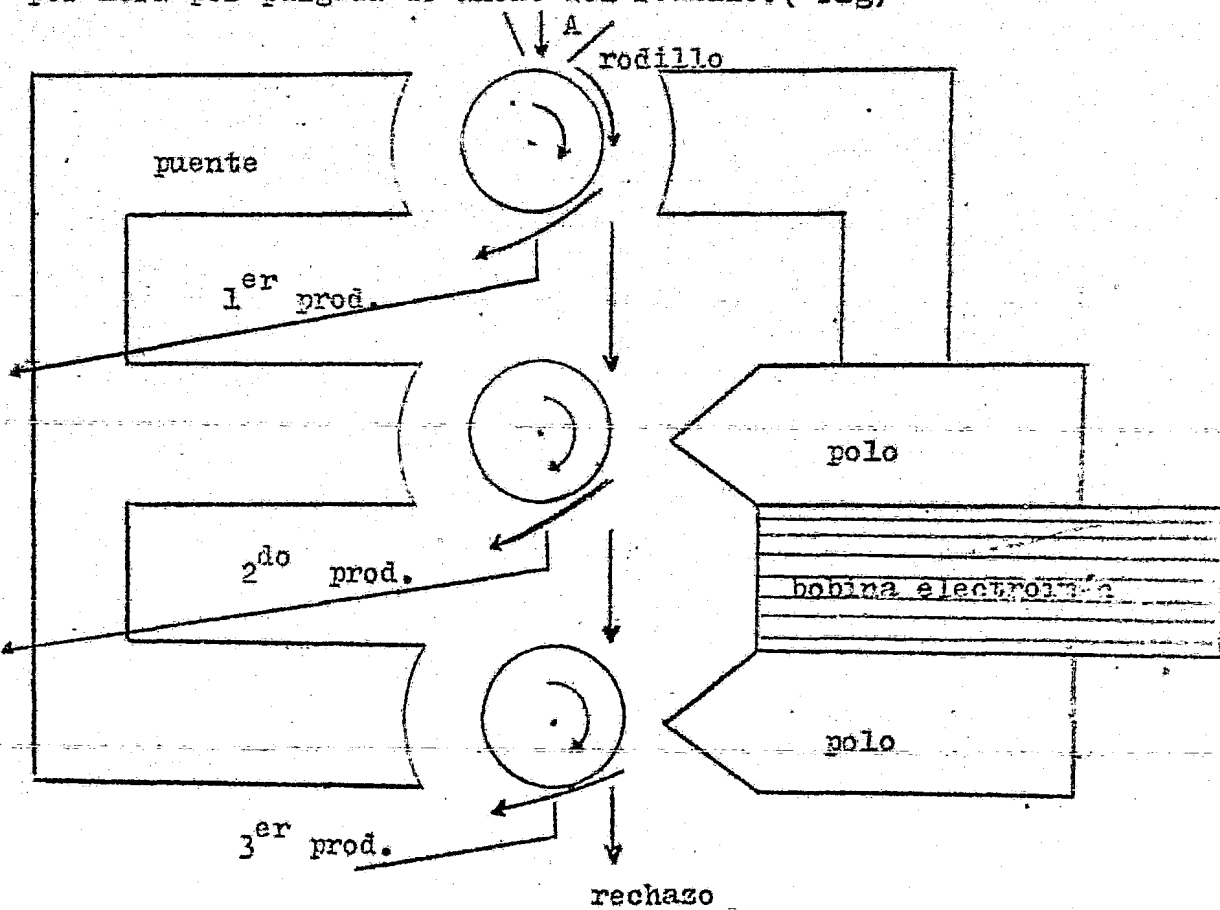
rodillo inducido, que se caracteriza por estar constituido por un rodillo laminado formado por laminas intermedias de material magnético y no magnético produciendo una concentración de las líneas de fuerza, las cuales inducen un campo magnético de alta intensidad.

Este tipo de separador está compuesto por una serie de rodillos en los cuales se inducen campos de distintas intensidades por medio de un electroimán.

Estos varían entre 15 000 a 20 000 Gauss en comparación con los Cobbins que son de alrededor de 4 00 a 6 00 Gauss.

Se usan para separar materiales debilmente magnéticos tales como pirolusita, moscovita, etc. desde sus gangas no magnéticas.

El rango granulométrico varía entre 8 y 200 mallas, su capacidad es baja debido a su fineza de alimentación, esto es de 0.25 a 0.5 ton. por hora por pulgada de ancho del rodillo. (fig)



Separación Magnética en Húmedo.

Esto se aplica a minerales que necesitan una molienda fina para lograr su liberación, existen de baja y alta intensidad de campo magnético.

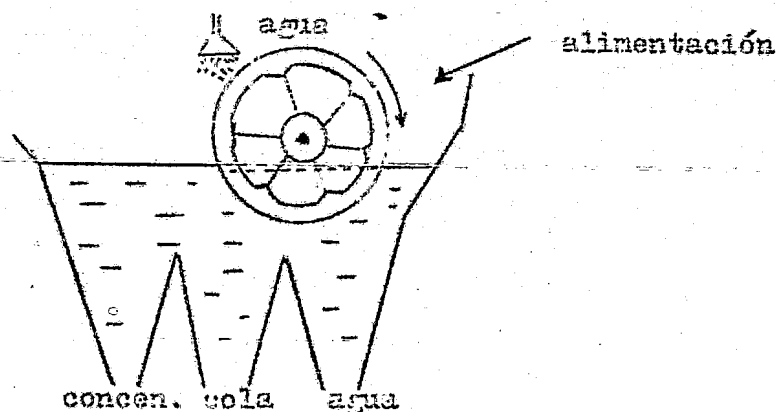
En la concentración de minerales ferromagnéticos como es (magnetita finamente diseminada en la roca), se usan los separadores húmedo de tambor con electroimanes que cubren parte o totalmente su superficie y que está introducido una parte en un estanque por el que fluye la pulpa del mineral.

Otro tipo es el de correa y está formado por una serie de electroimanes con diferentes intensidades de campo magnético regulables, y que permiten la obtención de diversos productos de variada pureza.

Los dos separadores mencionados son de tipo Fick-Up.

El primero se utiliza con baja intensidad de campo magnético para mineral ferromagnético, y el segundo para la separación de minerales débilmente magnéticos.

Separador de tambor



La capacidad de los separadores de tambor varían de acuerdo al tipo de separación por ejemplo.

---Los Cobber con flujo de 400 Lt/min por pie de ancho, con 20 ton. por hora/pie de ancho del tambor y granulometría hasta 60 ϕ a - 100 mallas.

---Los Rougher trabajan con un flujo de 300 Lt/min/pie de ancho del

tambor, con 15 ton/hora/pie de ancho y con granulometría hasta 30" a - 300 mallas.

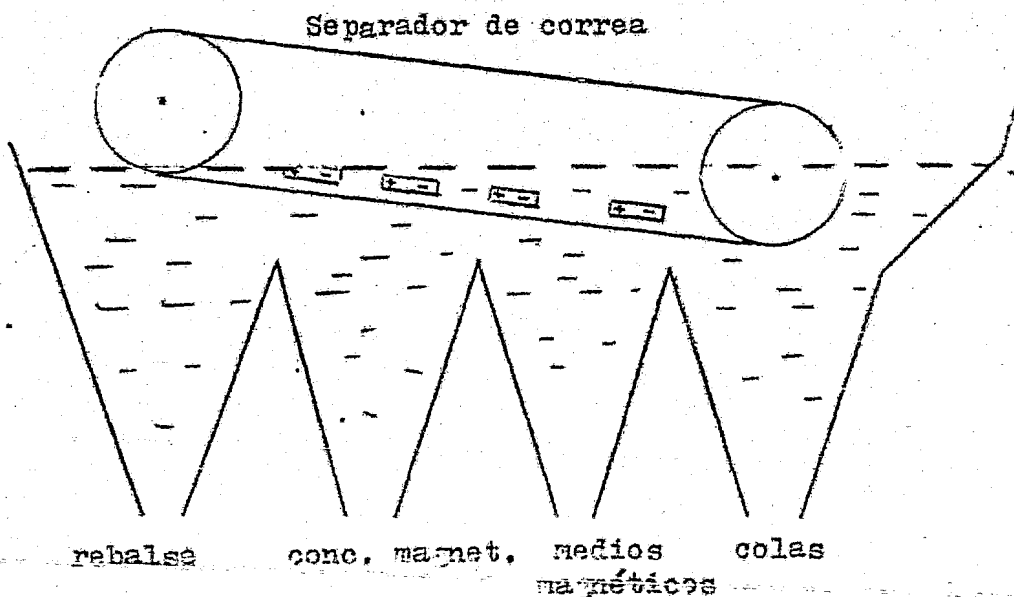
Las leyes de los concentrados con cabezas del orden de 23 a 25% de Fe. para el Cobber es de 30 a 40% de Fe.

Para el Rougher es de 40 a 50% de Fe

y para el Finisher es de 65 a 66 % de Fe.

Las recuperaciones son del orden de 90 a 99 % y el ancho de los tambores varía desde 24" a 30".

La intensidad del campo magnético es del orden de 700 a 1000 oersted para el roughing y para el Cleaning de 400 a 700 oersted.



El separador de correa está constituido por una correa tipo catenaria que gira en torno de dos poleas, tiene en su interior una serie de electroimanes de polos alternados que producen campos contrarios. Estos se encuentran sumergidos en el estanque cuyo nivel se mantiene por medio de un rebalse.

La alimentación se hace por un extremo en forma de pulpa, la que se encuentra primero con un imán de un fuerte campo, luego en su camino va disminuyendo desprendiéndose las partículas menos magnéticas o medios, llegando por fin al otro extremo con un imán débil que retiene solo las partículas fuertemente magnéticas en forma de un concentrado.

La capacidad de estos separadores varía de acuerdo al ancho de los roles, al ancho de la correa y de acuerdo a la granulometría de las partículas.

Para una granulometría de 65 mallas está varía entre 8 y 32 ton. por hora con un ancho de 17 a 53 pulgadas de correa.

Para una granulometría de 1/4 de pulgada esta varía entre 25 a 100 ton/hora.

Aplicaciones de la Separación Magnética

Teóricamente es posible separar materiales cuyas permeabilidades están en razón de 5 a 1 pero prácticamente una buena separación dependerá de otros factores, como por ejemplo, las impurezas que pueden hacer disminuir su permeabilidad (cuarzo en manchas de fierro, el fierro de la Moscovita), del tamaño de la partícula y su peso específico.

La aplicación más importante es la referida a minerales de fierro los que se separan desde cuarzo, feldespatos etc, que constituyen su ganga.

Otra aplicación importante está en la purificación de minerales no metálicos que contienen minerales de fierro en cantidades mínimas como son materiales usados en la industria del vidrio, loza y cerámica.

También se aplica en la separación de minerales débilmente magnéticos desde los no magnéticos, usando para estos campos magnéticos de mayor intensidad como por ejemplo, la franklinita desde calcita, Ptilo desde apatita, y pirolusita desde gangas silíceas, etc.

Durante la separación, un flujo de partículas de minerales están expuestas brevemente a un campo magnético, quedando controlada su pa gada por el momento magnético dependiendo este último del peso específico de la partícula, de su velocidad y de su volumen.

Los factores efectivos que controlan la respuesta de las partículas son:

- a) La susceptibilidad magnética
- b) La velocidad de pasada
- c) La gravedad específica.

CAPITULO

II

CARACTERIZACION MINERALOGICA

HISTORIA

La primera referencia del zirconio fué puesta por el químico Klaproth en 1789 cuando analizaba las piedras preciosas como es el Jargon encontró que contenía una tierra la cual no pudo identificar y posteriormente la denominó Zirconerde.

Más tarde fué confirmado el descubrimiento de Klaproth por varios químicos pero uno llamado Vauquelin en 1797 quien investigó la nueva tierra la cual la denominó zirconia quien dio detalles acerca de la preparación de este y de alguna de sus propiedades además de sus compuestos.

En 1824 Berzelius tuvo éxito en aislar una forma impura del metal, pero a pesar de muchos intentos no pudo lograr obtener el metal dúctil, hasta cien años después en 1925 Van Arkel y De Boer desarrollaron una técnica la cual hasta la fecha fué el único método satisfactorio para la producción de metal dúctil.

El desarrollo de la producción de zirconio dúctil es debido principalmente a Kroll quien trabajó en los laboratorios del U.S. BUREAU de MINAS desarrolló un método de manufactura el cual se expandió a plena escala de producción comercial.

OCURENCIA

El zirconio es distribuido por todas partes en la naturaleza es poco abundante ocupando el lugar número 8 en abundancia en la corteza terrestre.

El zirconio de la corteza terrestre contiene aproximadamente 0.028 por ciento se encuentra en rocas cristalinas (especialmente en roca granular) en cloritas y esquistos, en gneis, sienitas, granito y como capas en minerales de hierro. Se ha encontrado además en pegmatitas, areniscas arenas ferruginosas (que contienen fierro) y en cantidades pequeñas en algunos otros minerales.

El mineral más abundante que contiene zirconio es un ortosilicato el cual tiene la siguiente fórmula $4[\text{SiZrO}_4]$ la forma del cristal es tetragonal con una densidad de 4.6 a 4.8 y dureza en la escala de Mohs de 7.5 El zircón contenido en el mineral varía de 61 a 66.8 por ciento comparado con 67.2% contenido teórico del silicato normal.

PROPIEDADES FISICAS:

Brillo adamantino, color con varias tonalidades; pardus, gris verdes, rojizo, raya incolora. generalmente transparente, infusible insoluble en ácidos con excepción del ácido fluorhídrico y agua regia en caliente. Se le conoce por sus cristales característicos, — color, brillo, dureza y gran peso específico. Ver tabla adjunta de propiedades físicas y químicas del zirconio.

ZIRCONIO

Símbolo y fórmula	Zr
Número atómico	40
Configuración electrónica	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^6, 4d^2, 5s^2$
Color	blanco grisáceo
Peso atómico	91.22
Peso específico (a 20°c)	6.5
Volumen atómico (cm ³ /átomo-gramo)	14.06
Punto de fusión	1831°c
Punto de ebullición	5900°c
Calor específico (cal/g)	0.067
Calor de fusión (Kcal/kg)	_____
Calor de sublimación (Kcal/kg)	_____
Dilatación lineal (coef x 10 ⁵ a 25°)	5.2
Conductividad térmica (cal/cm /cm/seg a 25°c)	0.04
Resistividad eléctrica (microhmos-cm)	45
Electronegatividad (escala de pauling)	1.4
Potencial de 1 ^{ra} ionización (en ev)	6.835
2 ^{da}	12.916
3 ^{ra}	24.00
4 ^{ta}	33.8
Potencial de electrodo	
(Zr / Zr ⁴⁺ ; en voltios)	-1.43
Radio metálico (en Å°)	1.509
Radio iónico Zr ⁴⁺ (en Å°)	0.74
Calor de atomización (Kcal/mol: a 25° según N.B.C. de U.S.A.)	125
Estados de oxidación	(+2), (+3), (+4)

El Zirconio. No existe libre en la naturaleza, se encuentra principalmente en menas poco abundantes, aunque muy extendidas como el zircón ó SiZrO_4 y en la baddeleyita ZrO_2 . Se ha hallado minerales de zirconio en algunas arenas del estado de Oaxaca (México). Existen unos once minerales de zirconio, casi todos silicatos; y también algún zirconato o titanato. Su abundancia en la Tierra representa el 0.028%.

El principal origen del zircón, antes de explotarlo de las arenas de las playas fué la descomposición de pegmatitas. En lugares como Madagascar y Brasil se han encontrado grandes cristales pesando hasta 15 lb (6.81 kg). El zircón también se presenta en muchas rocas ígneas, basálticas y doleritas las cuales son indicaciones de su presencia casi universal.

En las arenas de playa el zircón se encuentra asociado con ilmenita, rutilo, y monzonita de donde el zircón es obtenido como escoria de la recuperación de mineral de titanio.

El segundo mineral de zircón más importante es la baddeleyita con fórmula $4[\text{ZrO}_2]$ el cual es la forma nativa del óxido de zirconio. (El cristal tiene una densidad de 5.4 a 6.02 y una dureza en la escala de mohs de 6.5).

Los depósitos se encuentran en Brasil en un antiplano montañoso, principalmente compuesto de fonolitos.

El mineral se divide en 2 clases:

La clase aluvial conocida como FAVA ordenado en tamaño medio de una pulgada a tres pulgadas con un contenido de zirconio de 90 a 93 por ciento y una densidad de 4.8 a 5.2 .

La segunda clase es una mezcla como la zirkita la cual se clasifica de material gris claro que contiene un mínimo de 73 por ciento de zirconio a un material azul negro con 80 a 85 por ciento de zirconio.

Existen algunas confusiones por los nombres como son brasilita, zirkita y caldazita. El nombre de brasilita se uso primeramente para una roca petrolifera de bahía y posteriormente se usó para denominar la baddaleyita. El nombre brasilita fué renovado en Estados Unidos de America por el año de 1916 como una traducción del nombre para denominar formas de fibra ó pezones de la baddaleyita de los FOCOS DE CALDAS una región de Brasil.

La zirkita y caldazita son minerales como el zircón y baddaleyita de crecimiento intergranular fino.

Todos los minerales de zirconio contienen hafnio y elementos de la misma importancia, los cuales hay que separar del zircón debido a las aplicaciones nucleares, y segundo ya que el material de zirconio se requiere como material de construcción para reactores nucleares. El zircón y la baddaleyita contienen 0.5 a 2.0 por ciento y 1.0 a 1.8 por ciento de hafnio respectivamente. Aunque el zircón y la baddaleyita son los minerales comerciales de zirconio, es interesante examinar el zirconio-hafnio contenidos en otros minerales.

Algunos minerales son destacados por el contenido de hafnio pero la mayor parte de minerales de zirconio contienen mucho menos, y el bajo contenido de hafnio abajo de 0.5 por ciento, son comunes los minerales como, catapleite, elpidita, rosenbuschita etc.

Los minerales de granito pegmatiticos muestran una alta relación Hf/Zr y los de rocas alcalinas se distinguen por sus bajas relaciones Hf/Zr como se muestra en la siguiente tabla:

RELACIONES DE H_f/Zr DE MINERALES GRANITICOS DE OREGON

Mineral relación H_f/Zr

Minerales nefelin sieniticos

BADDELEYITA	0.014
BADDELEYITA "FAVAS"	0.008
ELFVEDITE	0.011
ELPIDITE	0.011
EUDIALITE	0.011

Minerales Graniticos

ANWITA	0.13
CRITICITA	0.45
HALACON	0.08

Mineral relación H_f/Zr

Minerales nefelin sieniticos

POIKILIGNITA	0.023
ROSENBUSCHITE	0.017
WILHEMITE	0.034
ZIRCON	0.017

Minerales Graniticos

NAEGITA	0.46
TRANTHEITITE	0.57
ZIRCON	0.048

Las rocas basicas contienen cantidades muy pequenas de zirconio, las cuales se encuentran en los minerales asociados a las rocas, como el zircon.

Contenido de Zr y H_f en distintos tipos de rocas

TIPO DE ROCA	Zr (P.P.M)	H_f (P.P.M)
SIENITA	500	11.0
GRANITO	175	4.0
DIALEO	140	2.0
GRANODIORITA	140	2.0
DIABASICO	50	1.5

USOS

El Zircónico: Es un óxido de zirconio [$Zr O_2$] el cual se utiliza para material refractario tales como crisoles, muflas, y como agente opacante u oscurecedor de vidrios. Además, es fuente de zirconio masalico que en estado de pureza se usa en la construcción de reactores nucleares. Su sección recta de bajo poder de absorción para los neutrones junto con la retención de energía a elevadas temperaturas y buena resistencia a la corrosión, la hacen adecuada a tales fines.

El ZIRCONIO: La producción en gran escala del metal de zirconio primeramente fué realizado en la U.S BUREAU DE MINAS, ALBANY Oregon. El trabajo hecho en 1944 y en 1945 por el Dr. W. J. Kroll este propuso un método de producción basado en un método desarrollado para la producción de titanio dúctil. El proceso Kroll que consiste en la reducción de tetracloruro de zirconio con magnesio fué desarrollada primeramente: una planta piloto con una capacidad semanal de 50 lb fué primeramente en 1947 y en 1949 una planta con capacidad semanal de 500 lb en las primeras operaciones.

En 1953 la Carborundum Metals Inc. Akron N.Y comenó a producir zirconio esponja alrededor de 75 toneladas anuales poco despues la planta WRETA fué cerrada.

Las propiedades del zirconio son tal que como lo indican los muchos usos en la industria moderna, poseén una combinación de propiedades físicas y químicas y nucleares las cuales son extraordinari

Originalmente su uso fué confinado a aplicaciones las cuales no requieran grandes cantidades, tales como las aplicaciones en electrónica, cirugía, y bulbos flash (luz relámparo).

APLICACIONES NUCLEARES

El desarrollo de la energía nuclear y la realización de zirconio fue particularmente adecuado como un material para reactores dio como resultado un completo cambio al usar el zirconio.

Es decir las propiedades del zirconio lo hacen particularmente adecuado para su uso en reactores térmicos.

Los requisitos de tales reactores además de una baja absorción de neutrones a través de la sección son:

- a) Resistencia mecánica y estabilidad por debajo de la tensión rigurosa al resultar gradientes térmicos altos.
- b) Seguridad para altas temperaturas, altas presiones, corrosión química y sistemas radiactivos.
- c) Resistencia al deterioro mecánico por radiación.
- d) Escasa formación de productos altos activamente por reacción nuclear
- e) Adaptabilidad para su mantenimiento y reparación

El zirconio tiene extremadamente baja absorción térmica de neutrones a través de la sección combinado con excepcional resistencia a la corrosión en ciertas condiciones y además de la resistencia relativamente alta a la elevación moderadamente de temperaturas obtenidas en los reactores térmicos.

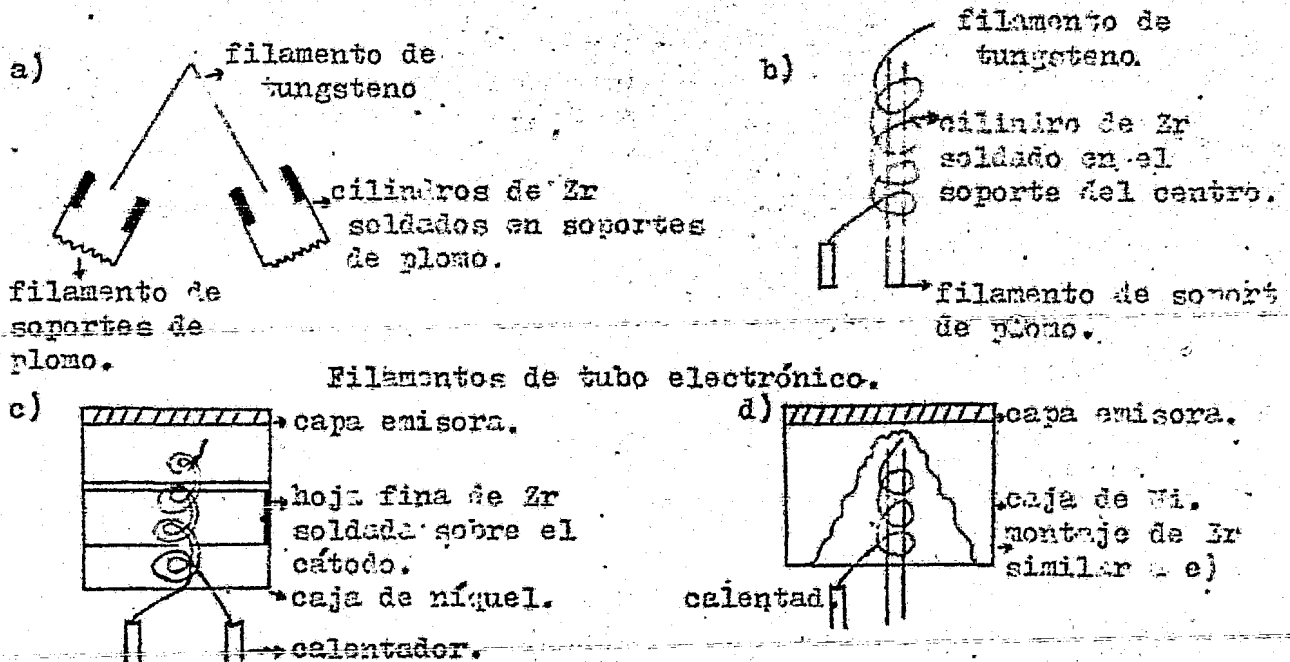
La aplicación de zirconio como un material de construcción para reactores nucleares desarrollados en U.S.A. ha causado considerables progresos, ya que en 1949 cuando fue seleccionado como material estructural para la Submarine Thermal Reactor. La gran expansión planificada de producción de zirconio por la Atomic Energy Commission de la U.S.A. es el metal principalmente suministrado requerido por la U.S. Navy para el desarrollo de proyectos de reactor.

APLICACIONES EN ELECTRONICA

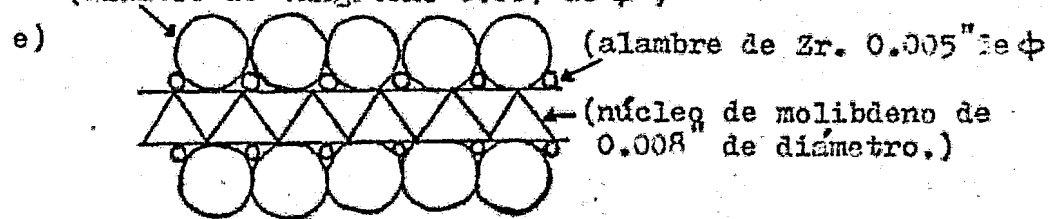
J.D. EAST mostro las temperaturas óptimas de absorción de hidrógeno por zirconio es 300 a 400°C y para otros gases (Excepto los gases raros) es 1000 a 1500°C el oxígeno y el nitrógeno es absorbido en grandes cantidades por debajo de esas temperaturas formandose una película de óxido que previene la absorción a bajas temperaturas. El poder de transmisión de los tubos de zirconio son soldados a partes calientes del tubo tal como soportes de filamento. Capas protectoras de calor para cátodos y ánodos estos son fabricados de zirconio.

Las aleaciones de zirconio no se amalgaman con mercurio y por lo tanto pueden ser usadas donde se utiliza el vapor de mercurio o en tubos de Hg, rectificadores de arco. El zirconio se usa como capa protectora en rejillas rectificadoras y control de vapor de mercurio con excelentes resultados.

Algunas aplicaciones se muestran en las sig. figuras:



Tubos electrónicos tipo cátodo.
(alambre de tungsteno 0.007" de ϕ)



La excelente resistencia a la corrosión del zirconio indica que es posible la aplicación del metal como un material para construcción en la industria química. Varios ejemplos en que ha tenido éxito la aplicación de zirconio en equipo químico reconocidas por la U.S. Bureau of Mines.

ALGUNOS EJEMPLOS MAS COMUNES DE APLICACION SON LAS SIG.

- 1) Se usa en tanques con capacidades hasta de 250 galones los que se usan para tratar los residuos de operaciones en la producción de ácido clorhídrico.
- 2) Placas de zirconio empleadas en una columna pulsadora operando alternativamente con ácido clorhídrico y ácido sulfúrico.
- 3) Agitadores de alta velocidad se construyen de zirconio.

ADEMAS PUEDEN SUGERIRSE LAS SIGUIENTES APLICACIONES EN:

- 1) Filamentos de calentadores
- 2) Cambiadores de calor
- 3) Reactores y como fondo de tanques
- 4) Agitadores y mezcladores
- 5) Bombas
- 6) Valvulas de ajuste

VENTAJAS QUE OFRECE EL USO DEL ZIRCONIO

- a) alta resistencia a la corrosión a temperatura ambiente
- b) alta capacidad de absorción para oxígeno, nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrógeno a temperaturas específicas
- c) la capacidad de absorción no es interferida con el vapor de mercurio tal como ocurre con el bario.
- d) No genera oxígeno o gases oxigenados, no contamina los cátodos al calentamiento del zirconio a medida que se aumenta el calor en el recubrimiento del electrodo de zirconio.
- e) No se sublima en la pared del cristal del electrodo al refrigerarlo.
- f) Alta capacidad de radiación de los electrodos cubiertos con polvo de zirconio.
- g) Electrodos recubiertos con polvo de zirconio, disminuye una segunda emisión electrónica.
- h) Gran velocidad de absorción del zirconio, y el no dejar escapar gases en los electrodos de zirconio.

DESVENTAJAS

- i) El relativo alto precio del polvo de zirconio y mucho más para el metal ductil para muchos propósitos.
- j) Es muy peligroso de incendiarse y de explotar.
- k) Excepcional dureza del polvo, de tal manera que resulta bastante difícil hacer la molienda de este polvo en un molino.
- l) Algunas veces resulta poco satisfactorio la durabilidad de la capa de zirconio lo cual exige elevados costos de resinterización en hornos al vacío.

APLICACIONES NEUROQUIRURGICAS

Una aplicación especial de su alta resistencia a la corrosión es sin duda el uso en cirugía. Algunas pequeñas cantidades de metal de zirconio fueron usadas para este proposito antes del desarrollo del proceso Kroll.

El zirconio es comparado con el acero inoxidable, talio, seda, y plata para varias aplicaciones quirúrgicas. Se ha ensayado este material en suturación, en pinzas, tornillos, placas para reparar cráneos dañados y para hemostáticos en cirugía del cerebro, dando excelentísimos resultados, todo ensayo con zirconio ha encontrado una transformación en cirugía por ejemplo se ha usado como venda muscular del hueso del cerebro etc.

El zirconio es comparado favorablemente con el talio y en muchas aplicaciones es definitivamente superior y en otras a la plata.

J. CAUCHO y J. LAVARDE además de investigar el uso del zirconio y otros metales para usos neuroquirúrgicos y concluyeron que el talio y el zirconio son en su mayor parte sustituibles uno con el otro sus propiedades son casi idénticas; el talio es ligeramente más neutro eléctricamente y el zirconio es menos tóxico.

CAPITULOS

III Y IV

EXPERIMENTACION

Y

RESULTADOS

EXPERIMENTACION Y RESULTADOS

Primeramente se comenzó efectuando un estudio mineralógico teniendo como finalidad conocer perfectamente la composición de los diferentes materiales de que esta constituida la arena, el estudio se hizo con la ayuda de un microscopio petrográfico.

Los minerales encontrados fueron los siguientes:

MINERAL	COMPOSICION
Zircón	$ZrSiO_4$
Cromita	$FeO.Cr_2O_3$
Ilmenita	$FeTiO_3$
Magnetita	$FeO.Fe_2O_3$
Epidota	$Ca(AlOH)(AlFe)_2(SiO_4)_3$
Granate	$FeMgAl(SiO_4)_3$
Piroxena	$Ca(AlMgMnFe)(SiO_3)_2$
Cuarzo	SiO_2

Una vez conocida la composición de los diferentes constituyentes presentes en la arena original se partió de una muestra de 500 kilogramos de arena negra previamente seca, la cual se le mezcló perfectamente para poder sacar una muestra representativa para su estudio, esto se hizo de la siguiente manera:

La muestra original perfectamente mezclada se paso por el cuarteador de Johnson las veces que fué necesario para sacar una muestra de aproximadamente 100 kilogramos.

Tomando en cuenta los minerales contenidos en la arena se procedio a hacerle varios análisis granulométricos con la finalidad de observar la distribución granulométrica de esta, para ello se usa

ron las mallas Tyler (20, 40, 60, 80, 100, 150, 200) partiendo de un tamaño de muestra de 500 gramos, reportando unicamente los valores promedio de los analisis, dandonos como resultado lo sig:

Tamaño de la muestra 500 gramos
(Tiempo de tamizado 15 minutos)

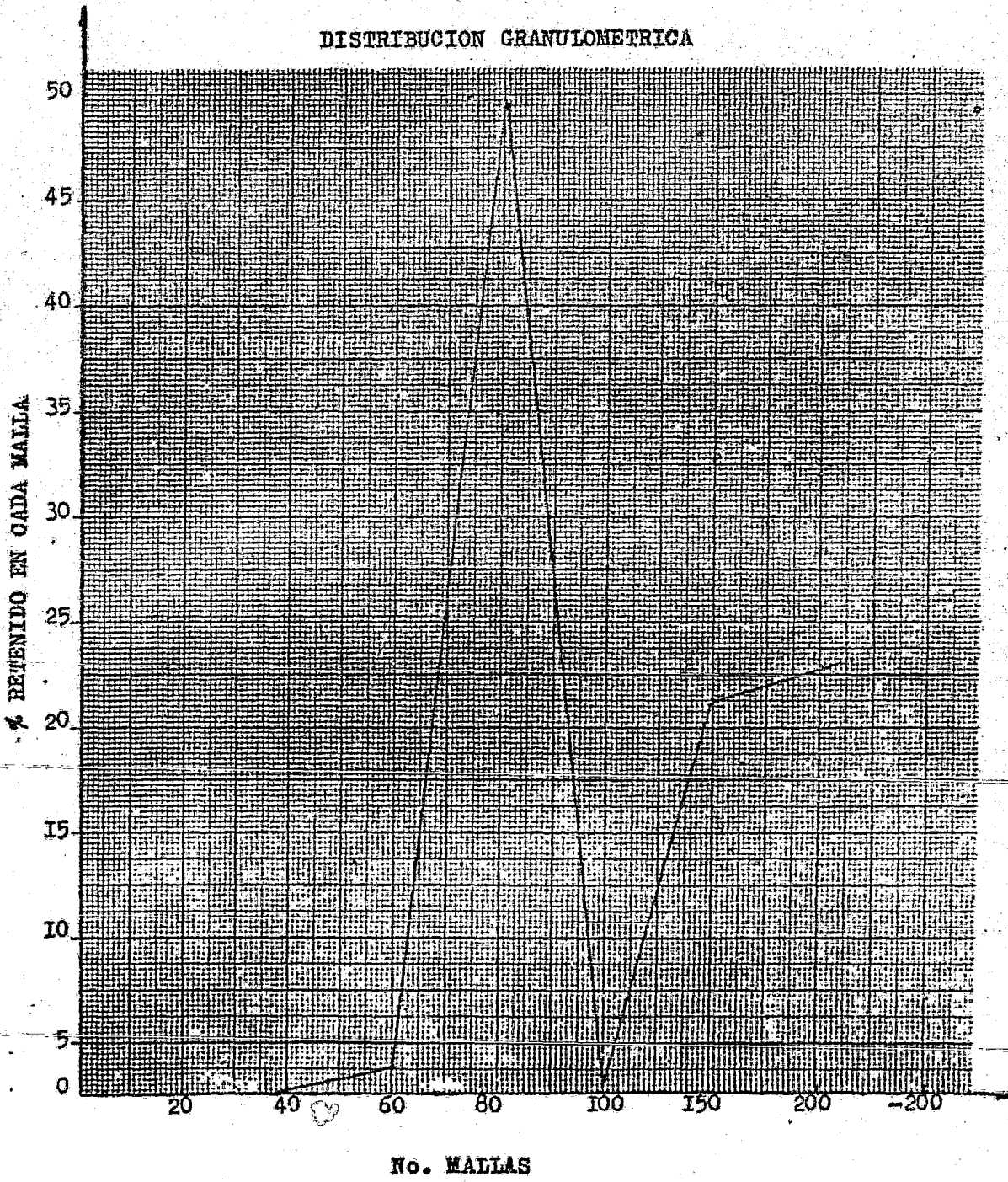
<u>Malla</u>	<u>Tyler</u> <u>abertura</u> (mm)	<u>Peso</u>	<u>%Peso</u>	<u>%Acumulado</u>
+20	+.841	0.0	0.0	0.0
-20+40	-.841+.420	1.6	0.32	0.32
-40+60	-.420+.250	17.9	3.58	3.9
-60+80	-.250+.177	247.9	49.58	53.48
-80+100	-.177+.149	1.7	0.34	53.82
-100+150	-.149+.105	106.9	21.38	75.2
-150+200	-.105+.074	114.6	22.92	98.12
-200	-.074	9.4	1.88	100.00
TOTAL.		500.0	100.00	

ver grafica No. 1

Observación de la grafica: En la grafica puede notarse que el tamaño de grano predominante está en la malla No. 80 esto significa que el tamaño de grano predominante es de 0.177 mm.

GRAFICA No. I

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA



Y no perdiendo de vista el objetivo que se persigue que es el zircón se hizo una observación al microscopio de cada fracción resultante de este análisis, identificando inmediatamente al zircón y para reafirmarlo se hizo uso de la lámpara de rayos ultravioleta de onda corta, aprovechando la fluorescencia del zircón con estos rayos y observándose que la mayoría del zircón queda retenido en las fracciones mayores a 80 mallas.

A la arena original se le hizo análisis químico para saber los porcentajes de elementos contenidos unicamente en los minerales de importancia económica como son cromita, ilmenita, zircón y magnetita.

Dandonos los siguientes resultados (Análisis de cabezas).

ZrO ₂	3.10 %
Cr ₂ O ₃	4.94 %
TiO ₂	11.60 %
Fe	28.31 %

Esto es de gran ayuda porque a partir de esto se hizo también el análisis químico de cada fracción para poder saber la distribución únicamente de zircón en cada fracción.

Tamaño de la muestra 500 gramos
(Tiempo de tamizado 15 minutos)

<u>Malla</u>	<u>Peso</u> gr	<u>% Peso</u> ZrO ₂	<u>Ley analiz.</u>	<u>Conten.</u>	<u>Recup.</u>
+20	-	--	-	-	-
-20+40	1.6	0.32	-	-	-
-40+60	17.9	3.58	-	-	-
-60+80	247.9	49.58	0.0004	0.0198	0.0551
-80+100	1.7	0.34	0.0003	0.0001	0.0003
-100+150	106.9	21.38	0.0119	0.2544	0.7082
-150+200	114.6	22.92	1.4173	32.4845	90.4331
-200	9.4	1.88	1.6820	3.1622	8.8032
TOTAL	500.00	100.00	3.10	35.921	100.0000

Como puede observarse en la tabla la recuperación es buena en la malla menor a 150 lo cual significa que habría que hacer la molienda a este tamaño de grano, que tendría como consecuencia un elevado costo que para nuestro propósito no se hará tal molienda.

Sino que se busca un método más económico, más rápido y muy eficiente aprovechando las características y propiedades de los minerales contenidos en nuestra arena, para esto se hizo lo siguiente:

Se hizo un estudio más a fondo en propiedades de cada especie mineralógica encontrándose lo siguiente:

<u>Mineral</u>	<u>Composición</u>	<u>Gravedad espec.</u>	<u>Atractividad relativa</u>	<u>% Metal</u>	<u>Algunas características y ocurrencia.</u>
Cromita	$FeCr_2O_4$	4.5	-	46.5 Cr	Ligeramente magne.
Granate	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	3.5	0.149	25.7 Ca 18.7 Si 12.0 Al	En piedras calizas cristalinas y dolomitas.
Magnetita	$Fe(FeO)_5$	5.1	40.18	72.4 Fe	Muy fuertemente magnética, con clorita, piroxena etc.
Cuarzo	SiO_2	2.6	0.37	46.7 Si	Se halla en arenas
Ilmenita	$FeTiO_3$	5.1	24.70	31.6 Ti 36.8 Fe	Muy fuertemente magnética, se halla en arenas negras.
Zircon	$ZrSiO_4$	4.7	1.01	49.8 Zr	En rocas cristalinas a veces en los chos de mineral de hierro.
Epidota	$Ca(AlOH)(AlFe)_2(SiO_4)_3$	3.3	0.033		

De la tabla anterior se infiere que podemos hacer una buena separación de minerales aprovechando las densidades de cada especie y posteriormente aprovechando su atraktividad magnética de estas

Pruebas en mesa Wilfley

Estas pruebas se corrieron y se observó perfectamente la separación en 3 y 4 bandas como se menciona en el capítulo de la mesa Wilfley en estas pruebas se pudo observar la banda de concentrados que era de un color blanco grisáceo. De esta manera se pudo ajustar las variables que nos pudieran dar mejores resultados al hacer uso de ellas, para este propósito se utilizó una mesa Wilfley de las siguientes características:

Mesa Wilfley	Denver No. 13
Capacidad máxima	10 Kg/Hr.
Motor	1/4 H.P
Longitud	100 cm.
ancho	36.5 cm.
Recubrimiento de la sup.	Linoleum
Rifles	Madera de pino
Superficie recubierta con rifles	2/3 partes

Como primer paso se efectuaron diversas corridas con arena original con la finalidad de conocer el comportamiento de la mesa y simultaneamente las variables de operación de esta como son:

Inclinación de la mesa, flujo de agua, velocidad de pulsación cantidad de alimentación del mineral, dilución del mineral ; etc.

VARIABLES AJUSTADAS SEGUN LAS PRUEBAS FUERON COMO SIGUE:

Angulo de inclinación de la mesa	3°
Longitud del golpe	0.5 pulgadas
Número de golpes por minuto	200
Alimentación % Solidos	15
Alimentación gramos / minuto	100

Una vez ajustadas las variables de la mesa se procedio a efectuar las corridas recogiendo como productos:

- 1) Concentrados
- 2) Medios
- 3) Colas

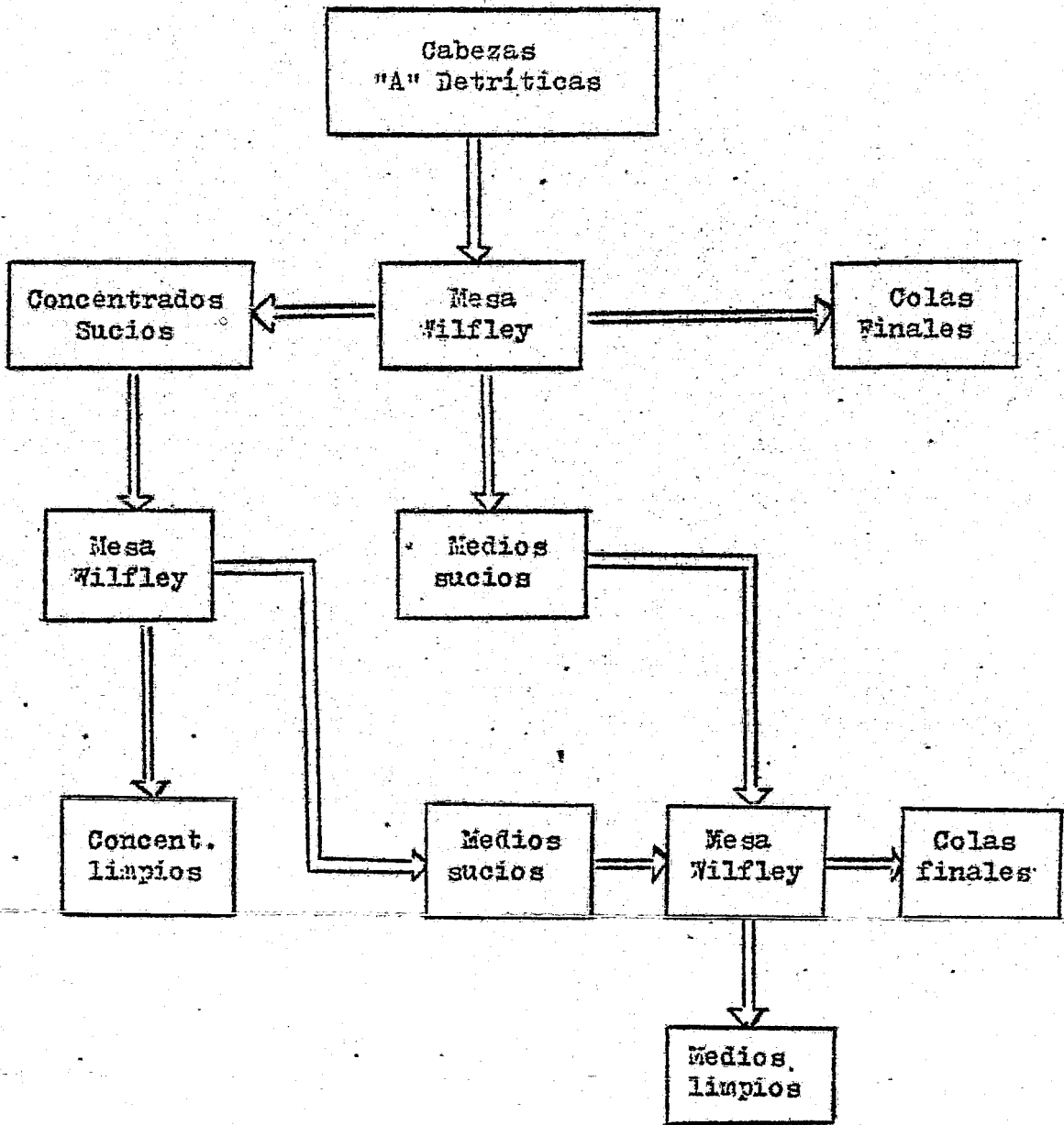
Cuyos productos se recogieron en charolas de plastico y puestas a secar en el sol, pesando y anotando cuidadosamente los pesos de cada una de las partes recogidas después de estar secas, evitando en lo más minimo algunas perdidas.

Descripción del Proceso

El proceso que se llevó acabo para correr las pruebas consiste en meter la arena original para obtener tres productos arriba mencionados, posteriormente, a los concentrados primarios o sucios se les volvió a pasar sobre la mesa y obteniendo dos productos, estos son:

Concentrados limpios y medios primarios (sucios) que estos medios junto con los demás medios, se correrán en la mesa para obtener medios secundarios ó limpios y colas finales y hasta ahí terminar la limpia.

Esto se puede apreciar mejor si observamos la siguiente figura que muestra el procedimiento seguido:



La prueba se corrió de la siguiente manera, se tomaron 100 Kilo
gramos de la muestra y se obtuvieron los resultados siguientes:

Balance Metalúrgico

<u>Producto</u>	<u>Peso</u> (gr)	<u>%Peso</u>	<u>Ley</u> ZrO_2	<u>Contenido</u>	<u>Recuperación</u> %
Ley cabezas			3.10		
Conc.	68354	68.354	9.05	618.60	98.26
Medios	11254	11.254	0.25	2.81	0.45
Colas	20392	20.392	0.40	8.15	1.29
TOTAL	100000	100.000		629.56	100.00

Ley analizada: 3.10

Ley calculada: 6.29

Observaciones: La ley y la recuperación son muy aceptables, lo cual significa que con la marca Wilfley se puede aumentar considerablemente la concentración del zircón.

Aprovechando otra propiedad de los minerales siendo esta la atractividad magnética se procedió a correr la siguiente prueba de separación, esta prueba es de mucha ayuda puesto que por medio de esta podemos separar aún más los materiales magnéticos de los no magnéticos auxiliandonos de un separador magnético de imán permanente.

Esto se planeó en base a la propiedad de atractividad magnética de cada componente de la arena según la siguiente tabla.

SEPARATION CHARACTERISTICS OF MINERALS

NON-CONDUCTORS (HIGH TENSION PINNED)				CONDUCTORS (HIGH TENSION THROWN)				SPECIFIC GRAVITY
SP. G.	MAGNETIC	WEAKLY MAGNETIC	NON MAGNETIC	HIGHLY MAGNETIC	MAGNETIC	WEAKLY MAGNETIC	NON MAGNETIC	
Over 8.0							Gold Copper	Over 8.0
8.0								8.0
7.5					Ferberite	Wolframite	Galena Cassiterite	7.5
7.0								7.0
6.5								6.5
6.0			Scheelite				Columbite— Tantalite	6.0
5.5								5.5
5.0	Monazite	Bohmite		Magnetite		Samarskite Euxenite	Pyrite	5.0
4.5	Xenotime		Zircon Barite	Ilmenite — (High Iron)	Ilmenite Davidite	Hemateite Chromite	Molybdenite	4.5
4.0	Garnet Siderite		Corundum Celestite Perovskite				Rutile Chalcopyrite Brookite Limonite	4.0
3.5	Staurolite	Epidote Olivine Apatite	Kyanite Topaz Spinel				Diamond	3.5
3.0		Homblende Tourmaline Mica (Biotite)	Sillimanite Flourite Anhydrite Mica (Muscovite)					3.0
2.5			Beryl Feldspars Calcite					2.5
2.0			Quartz Gypsum Chrysotile Sulphur				Graphite	2.0
Under 2.0								Under 2.0

de la tabla puede observarse que la separación es muy marcada ya que cada componente de la arena se comporta muy diferente uno del otro puesto que algunas son magnéticas otras no lo son, por lo tanto el mineral en estudio es el zircón lo cual como puede verse es un material no magnético y por esta razón se deduce que podemos hacer una buena separación de este con respecto a los demás que si son magnéticos.

Pruebas en Separador Magnético

Para nuestro estudio se tomó como muestra el producto de concentrados obtenido en la mesa Wilfley debido a que es la que contiene a la mayor parte del zircón y es la que nos interesa.

La prueba se corrió como sigue: Se tomaron los 68.354 Kilogramos de concentrados de la prueba anterior y se corrieron en el orden siguiente: Primero se ajustó el separador magnético utilizando para esto la máxima intensidad en la escala que marca 4. Una vez ajustado el aparato se corrió toda la muestra a un gasto masico de 5 kilos/minuto hasta terminar, obteniendo como productos:

a) Minerales Magnéticos

b) Minerales no Magnéticos

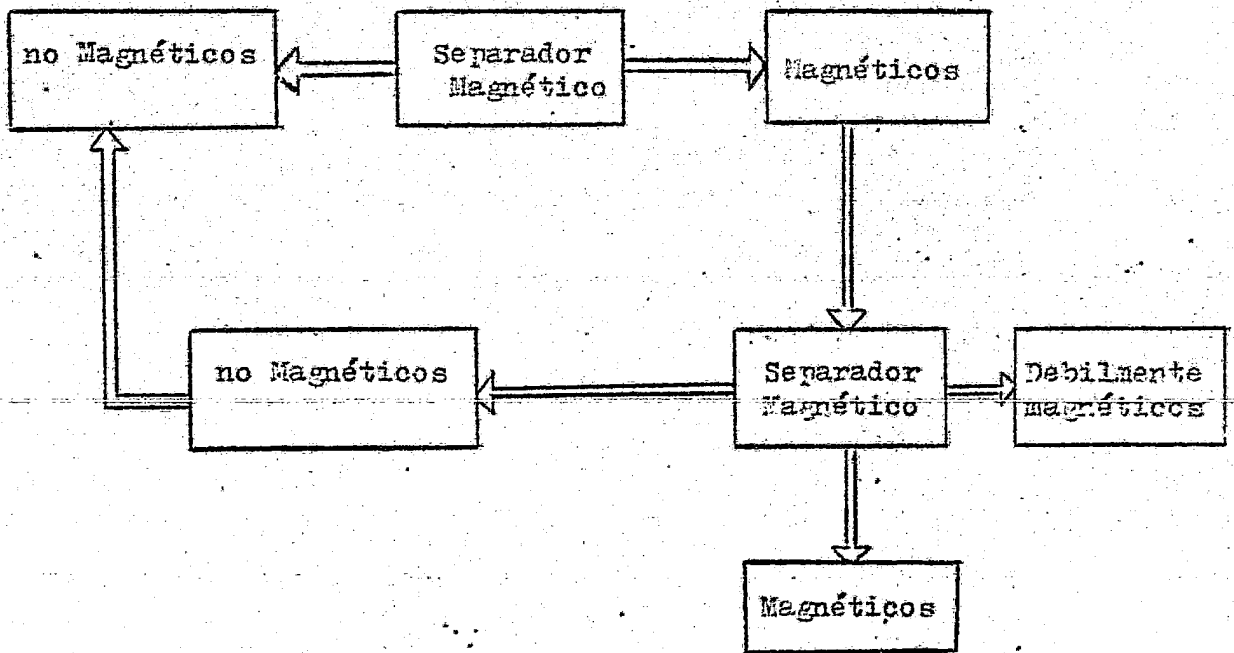
A los minerales magnéticos se les hizo tantas limpiezas como fue necesario para separar lo más que se pudo, los magnéticos de los no magnéticos, obteniéndose en este caso 3 productos que son:

a) ~~Minerales Magnéticos~~

b) Minerales medio Magnéticos

c) Minerales no Magnéticos

siguiendo secuencialmente este cuadro:



En los minerales magnéticos se observó que la mayoría estaba formada por, magnetita, granate e ilmenita.

En los medios magnéticos se constituía principalmente por minerales como la epidota, cromita, y piroxena.

Los no magnéticos estaban formados principalmente por el zircón y el cuarzo e impurezas de todas las anteriores en un grado muy pequeño.

Los resultados de la prueba es como sigue:

Balance Metalúrgico

<u>Producto</u>	<u>Peso (gr)</u>	<u>% Peso</u>	<u>Ley ZrO₂</u>	<u>Contenidos</u>	<u>Recuperación</u>
Ley cabezas			3.10		
No Magnet.	48527	71.36	18.60	1327.3	94.70
Medio Magn.	9123	13.42	3.14	42.2	3.01
Magnéticos	10350	15.22	2.11	32.1	2.29
TOTAL	68000	100.00		1401.6	100.00

Ley analizada: 3.10

Ley calculada: 14.02.

Observaciones: Como puede apreciarse la recuperación y la ley son también bastante buenas esto quiere decir que por medio de un separador electromagnético podemos concentrar satisfactoriamente nuestro zircón.

Posteriormente se observó con la ayuda de la lámpara de rayos ultravioleta las tres porciones resultantes de la prueba con la finalidad de checar nuestros análisis químicos. Observándose claramente que en los magnéticos y los medio magnéticos casi no había zircon y en los no magnéticos se encontraba la mayoría de este.

Para saber cual era la granulometría del zircon se hizo un análisis granulométrico del material no magnético utilizando las mallas de 80 en adelante ya que de acuerdo al análisis de cabezas de la arena original se observó que la mayor concentración de zircon se encontró en estas mallas.

Para este proposito se tomaron 500 gramos de material no magnético producto del separador magnético y se le dió un tiempo de tamizado de 15 minutos dando como resultado lo siguiente:

Balance Metalúrgico
(tiempo de tamizado 15 min.)

<u>malla</u>	<u>Peso</u> gr	<u>Peso</u>	<u>Ley</u> ZrO ₂	<u>Contenido</u>	<u>Recuperación</u>
+80	51.9	10.38	1.01	10.48	1.50
-80+100	10.0	2.00	2.33	4.66	0.66
-100+150	176.7	35.34	4.32	152.67	21.77
-150+200	222.9	44.58	9.70	432.43	61.67
-200	38.5	7.7	13.11	100.95	14.40
TOTAL	500.00	100.0		701.19	100.00

Ley analizada: 18.60

Ley calculada: 7.01

Del balance se deduce que la mayor ley la tenemos en la fracción de -200 mallas lo cual nos indica que el tamaño de molienda óptimo para sacar la mayor concentración es esa, esto implica industrialmente un alto costo en lo que se refiere a proceso de molienda para llegar a este tamaño de partícula pero existe la alternativa de tomar la fracción de 100 mallas en adelante ya que como se ve en el balance existe la mayor recuperación y la ley también es aceptable se reduce considerablemente los costos de operación.

Aprovechando la forma del mineral en estudio (arena) con un tamaño de grano entre 0.841 a 0.074 mm basandonos en esto podemos decir que es factible de concentrar el zircon por medio de flotación por espuma.

Pruebas de Flotación

Las pruebas de flotación se correrán como sigue: Se compositaron los productos de separación magnética en particular la no magnética para tener una muestra representativa para análisis químico para las pruebas de flotación se tomarán 2 kilogramos por prueba bajo el siguiente corrimiento:

Base 2 Kilogramos de muestra

- 1) Se hará un previo deslame antes de efectuar cada prueba
- 2) Se acondicionará a 40 % de sólidos y 60 % de líquido
- 3) Agregándose los reactivos en el siguiente orden y variando tiempos cuando el caso sea necesario.

- | | |
|--------------------|-----------|
| a) Depresor | 5 minutos |
| b) Colector | 3 minutos |
| c) Promotor | 3 minutos |
| d) Espumante | 1 minuto |

Pasándose a la celda de flotación con 40% de sólidos y 60% de líquido para flotar durante 4 minutos.

Las pruebas se programaron de acuerdo a trabajos obtenidos anteriormente y se probaron nuevos reactivos recientemente encontrados en la literatura con el objeto de optimizar el método, las pruebas y resultados se dan a continuación.

Flotación No. 2

Flotación de zircón

Dilución (60% liq 40% Sólidos)

Peso muestra 2000 gr.

Agitación 120 R.P.M.

Temperatura 25°C

<u>OPERACION</u>	<u>REACTIVO</u>	<u>CANTIDAD</u> (gr)	<u>TIEMPO</u> (min)	<u>pH (Na OH)</u>
Acondicionamiento	R-710yR-825	0.5	10 min	9
Depresión	ácido Tánico	0.200	3 min	9
Activación	Sulfato de cobre	0.2	3 min	9
Colección	no			
Flumante	Aerofroth	0.05 ml.	1 min	9
Flotación			Hasta agotar	9

BALANCE METAMÉRICO

<u>Productos</u>	<u>Peso</u> (gr)	<u>% Peso</u>	<u>Ley</u>	<u>Contenidos</u>	<u>Recuperación</u>
Sonc	800	42.10	39.0	1641.9	58.23
Colas	1170	57.90	20.3	1175.4	41.72
TOTAL	1970	100.00		2817.3	100.00

Ley analizada : 18.59

Ley calculada: 23.17

Ley cabezas : 3.10

Observaciones: Al cambiar el regulador de pH por Na OH se observo que la espuma era muy buena la burbuja era grande y por lo tanto no deprime el zircón flota muy bien pero no alcanzando a flotar todo en las colas aún queda zircón.

La recuperación y la ley son bastante buenas pero existe una perdida del 0.5 %.

Flotación No 3

Flotación de zircon

Dilución (50% Líq 40% Sólidos)

Peso muestra 2000 gr.

Agitación 120 R.P.M.

Temp. 25°C

<u>OPERACION</u>	<u>REACTIVO</u>	<u>CANTIDAD</u> (gr)	<u>TIEMPO</u> (min)	<u>pH</u> (NaOH)
Acondicionamiento	R-710yR-825	0.454	5	8
Depresión	no		5	8
Activación	Sulfato de Cu.	0.2		8
Colección	no			8
Espumante	ácido crásílico	0.03 ml	1	8
Flotación			3	8

BALANCE METALURGICO

<u>Productos</u>	<u>Peso en</u> (gr)	<u>á en peso</u>	<u>ley</u>	<u>contenidos</u>	<u>Recupera</u> <u>ción</u>
Concentrados	470	23.56	35.2	829.31	37.47
Solus	1525	76.44	10.1	1383.6	62.53
TOTAL	1995	100.00		2212.91	100.00

Ley analizada : 18.60

Ley calculada: 22.13

Ley cabezas : 3.10

Observaciones : Flota mucha cromita junto con limonita esto es debido a que el espumante no es selectivo y el pH no es adecuado disminuyendo la recuperación pero mejorando la ley. para la siguiente flotación aumentaremos el pH y cambiaremos el espumante.

Flotación No 4

Flotación de zircon
Peso muestra 2000 gr.

Dilución (60% liq 40% sólidos.
Agitación 120 R.P.M.
Temperatura 25°C

<u>OPERACION</u>	<u>REACTIVO</u>	<u>CANTIDAD</u> (gr)	<u>TIEMPO</u> (min)	<u>pH (NaOH)</u>
Acondicionamiento	R-710-R-825	0.5	10 min	8.5
Depresión	no			
Activación	Sulfato de Cu.	0.2	4 min	8.5
Colección	no			
Espumante	aerofroth	0.05 ml	15 min	8.5
Flotación			Hasta agotar	8.5

BALANCE METALURGICO

<u>Productos</u>	<u>Peso en (gr)</u>	<u>%Peso</u>	<u>Ley</u>	<u>Contenidos</u>	<u>Recuperación</u>
Conc	700	35.00	45.31	1559.22	50.00
Colas	1200	60.00	17.15	1083.19	20.00
TOTAL	1900	100.00		2752.41	100.00

Ley analizada : 13.60

Ley calculada: 27.53

Ley de cabezas : 3.10

Observaciones: Con un pH de 8.5 con Na OH y cambiando el espumante de ácido cresílico a aerofroth y también eliminando el ácido tánico se observa una mejoría en lo que se refiere a recuperación y a la ley del mineral me parece una flotación muy buena.

Hoy se tratará de aumentar aún más la recuperación y la ley aumentando el pH a 10.

Flotación No 5

Flotación de zircon
Peso muestra 2000 gr

Dilución (50' liq 40% Sólidos
Agitación 120 R.P.M.
Temperatura 25°C

<u>OPERACION</u>	<u>REACTIVO</u>	<u>CANTIDAD</u> (gr)	<u>TIEMPO</u> (min)	<u>PH(NaOH)</u>
Precondicionamiento	E-TLOR-325	0.2	10 min	10
Depresión	no			
Activación	Sulfato de Cu.	0.2	5 min	10
Colección	no			
Espumante	Aerofrth	0.05	2 min	10
Flotación			Hasta agotar	10

ANÁLISIS METALURGICO

<u>Productos</u>	<u>Peso en (gr)</u>	<u>Gen peso</u>	<u>Ley</u>	<u>contenidos</u>	<u>Recupe- ración</u>
Conc.	500	30.69	40.8	1252.15	58.72
Colas	1355	69.31	12.7	891.24	41.28
TOTAL	1955	100.00		2143.39	100.00

Ley analítica : 10.50

Ley calculada: 21.33

Ley embecas : 3.17

Observación: s: Con el aumento del pH a 10 tanto la recuperación como la ley no son buenas.

La siguiente flotación se hará una combinación de modificadores de pH con NaOH y Na₂CO₃ para observar que mejoras dan.

Flotación No 5

Flotación de circon
Peso muestra 2000 gr.

Dilución (60' líq 40' sólidos)
Agitación 120 R.P.M.
Temperatura 25°C

<u>OPERACION</u>	<u>REACTIVO</u>	<u>CANTIDAD</u> (gr)	<u>TIEMPO</u> (min)	<u>pH</u> (NaOH- Na_2CO_3)
Acondicio. namiento	R-710yR-825	0.5	8	8.5
Depresión	no			
Activación	Sulfato de Zn.	0.2	6	8.5
Colección	no			
Esumante	Aerofroth	0.05	2	8.5
Flotación				

BALANCE METALURGICO

<u>Productos</u>	<u>Peso en (gr)</u>	<u>en peso</u>	<u>Ley</u>	<u>Contenido</u>	<u>Recuperaci.</u>
Conc	500	25.0	34.8	870.0	41.50
Colas	1500	75.0	15.3	1222.5	58.40
TOTAL	2000	100.0		2092.5	100.00

Ley analizada: 18.67

Ley calculada : 20.93

Ley cabezas : 3.10

Observaciones: Al añadir carbonato de sodio como modificador de pH se observa que sigue estabilizando la espuma y por lo tanto la flotación no es buena además de que disminuye la recuperación considerablemente.

NOTA: Se hicieron otras series de pruebas en las cuales se modificaba, la cantidad de los reactivos y en ocasiones los tiempos y observando que en algunos casos era totalmente negativos, por tal motivo esos cuadros de balances metalúrgicos no se tomaron en cuenta, únicamente sir

vieron como una guía para poder seguir el camino correcto en las flotaciones.

También se probaron otros reactivos que en su caso no habían sido ensayados y también los resultados no fueron satisfactorios.

Por lo tanto se escogieron los mejores reactivos y las mejores condiciones de operación para sacar algunos resultados confiables y de esta manera, únicamente se reportaron las mejores pruebas obtenidas las que se consideraron que fueron las mejores de todas las que se hicieron.

Con esto se dá por terminada la investigación ya que se agotaron las variables a modificar y por tanto se infiere que las mejores flotaciones fueron la No.2 y No.4 en las cuales la recuperación fué de 58.28% y 60.65% y leyes de 28.17 y 27.53 respectivamente.

C A P I T U L O

V

C O N C L U S I O N E S

Los estudios tanto de flotación como los efectuados gravimétrica y magnéticamente practicadas a la muestra de arenas detríticas permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

Los resultados obtenidos en las distintas pruebas, conjuntas en la reacción experimental, con indicativos de las muy buenas recuperaciones logradas en las arenas detríticas contenidas en la muestra las cuales se han reunido las mejores pruebas.

Por lo tanto las pruebas indican que las arenas en estudio presentan buenas posibilidades metalúrgico - económicas de ser beneficiadas con bastante éxito ya que la liberación de las partículas de zincón con respecto a las demás es buena.

Considerando que en nuestro país contamos con grandes yacimientos de arenas detríticas que contienen zincón podemos aplicar nuestros métodos de concentración para el beneficio de estas y con un poco de tiempo podremos exportar este extraordinario concentrado por las diferentes zonas de aplicación que tiene lugar.

Además aprovecho de los métodos de concentración estudiados en este trabajo con la esperanza de que en su posterior investigación en quienes quieran profundizar más en estos trabajos sirviendo estos como una guía.

BIBLIOGRAFIA

- 1).- ADAM The Physics and Chemistry of Surfaces
1941 Oxford University Press.
- 2).- ALAN M. BATEMAN Yacimientos Minerales de rendimiento
Económico (1957).
- 3).- A. M. GAUDIN Flotación Memorial
Volumen I y II
Published by American Institute of -
Mining Metallurgical and Petroleum
Engineers Inc. New York 1976.
- 4).- A. M. GAUDIN Flotación
Mc. Graw Hill Book Company Inc. (1939)
- 5).- A. M. GAUDIN Principles of Mineral Dressing
2da. Edición 1967
Mc. Graw Hill Co.
New York and London.
- 6).- DANA, E. S. Tratado de Mineralogía
Editorial L. Wiley (1970)
- 7).- GONZALEZ REYNA J. Riqueza Minera y Yacimientos Minerales
de México. 3ra Edición
Banco de México: Departamento de invag-
tigaciones Industriales México, D.F. 1956
- 8).- HAURE Préparation mécanique et concentration
des minéraux par flottation et sur li-
quides denses 1952 Bcranger Paris.
- 9).- J. D. GILCHRIST Extracción Metallurgy
Lecturer en Metallurgy in the University
of Newcastle Upon-Tyne.
First edition 1967
- 10). LUIS ESPINOSA
DE LEON Teoria y Practica de Trituración y Moli-
enda.
Comision de Fomento Minero
Unidad Tecamachalco
3ra edición 1975

- 11).- MODESTO BARGALLO Tratado de Química Inorganica
editorial Porrúa S.A. México 1972
- 12).- PETERSON La Flotación
(traducción del alemán) 1938 Paris.
- 13).- PHILIP RABONE Concentración de Minerales por --
Flotación
4ta edición 1975
- 14).- Pilot Plant
Equipment Bulletin I40-BIOJ
Laboratory Equipment Denver
- 15).- RUSSIAN J. Abramov Reasons for the Depressive
effect of sodium sulfide on pyrite
flotation.
first edition 1940
- 16).- TAGART F. ARTHUR Elementos de Preparación de Minera
les.
Primera edición en español 1966.
Ediciones interciencia.
- 17).- TULLIO ARAYA Mineralurgia
Prof. de Mineralurgia Universidad
de Concepción.