



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO POR FLOTACION Y MESA WILFLEY DE
ARENAS DETRITICAS PROVENIENTES DEL
ESTADO DE CAMPECHE.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P R E S E N T A :

JOAQUIN ROLANDO CHAVEZ GONZALEZ

MEXICO. D. F.

H- 17987

1980



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.

PRESIDENTE DARIO RENAN PEREZ PRIEGO

VOCAL MARCO ANTONIO CHAMORRO DIAZ

SECRETARIO ENRIQUE CURIEL REYNA

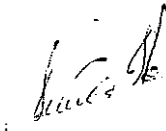
1er. SUPLENTE JOSE GABRIEL DE LEON ROA

2o. SUPLENTE M. DE JESUS SEPULVEDA BUELNA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

LABORATORIOS NACIONALES DE FOMENTO INDUSTRIAL

SUSTENTANTE:


JOAQUIN ROLANDO CHAVEZ GONZALEZ

ASESOR:


DARIO RENAN PEREZ PRIEGO

A la memoria de mi Padre:

JOSE IGNACIO

A mi Madre:

BERTHA

A mi Esposa y a mi Hijo:

SANDRA Y JOAQUIN

A mis Hermanos:

~~ARACELI Y ROBERTO.~~

C O N T E N I D O

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

I GENERALIDADES

II EXPERIMENTACION

III ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICO.
ECONOMICO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

En México actualmente se carece de la producción de diversas materias primas minerales para la Industria, - por lo que son importadas causando con esto fuga de divisas que año tras año se va incrementando por el aumento en volumen requerido por la Industria y por el aumento en los precios internacionales de minerales y metales.

Enfocado a lo anteriormente dicho, los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial en uno de sus programas de investigación se ha avocado al estudio de arenas detríticas en las costas de la República Mexicana con el propósito de desarrollar la tecnología para la explotación de los minerales de interés para el país que se encuentran en estas arenas.

De los yacimientos estudiados un interés particular se ha presentado en las playas del Estado de Campeche donde se han encontrado minerales de cromo, titanio, zircon y fierro.

El objeto del presente estudio es desarrollar -

las posibilidades técnicas y económicas de beneficio de -
estos yacimientos.

I.- GENERALIDADES

1.1 CARACTERISTICAS DEL YACIMIENTO

En México hay grandes extensiones de playa en donde son depositados productos de la desintegración de rocas originada por agentes meteoricos que han sido transportados hasta ahí por el arrastre de las corrientes fluviales y que por el trabajo a que han sido sometidos, se encuentran triturados y clasificados gravimétricamente.

Para la localización de yacimientos de interés se hicieron estudios geofísicos los cuales mostraron que era posible hallar en los márgenes de los ríos Grijalva y San Pedro minerales provenientes de afloraciones ultrabásicas que se encuentran en la frontera de México con Guatemala en el Estado de Chiapas.

Al efectuarse la exploración se encontró en esa zona costera arena con contenidos apreciables de cromita, ilmenita, zircón y magnetita, formando lentes a lo largo de la playa.

Por su origen este yacimiento presenta en su mayor parte liberados sus minerales constituyentes implicando en comparación con otro tipo de yacimiento, un capital de inversión menor al suprimir la molienda y un menor costo de producción.

Ya que en el país no se cuenta con yacimientos de cromo y los conocidos de titanio no han sido explotados por diversas razones, es interesante suplir el consumo por la industria de esos dos minerales cuyas importaciones en su totalidad alcanzaron la cifra de \$ 195,861,000.00 para el año de 1978.

Si se hiciera factible la explotación de estos yacimientos se evitaría en parte la salida de divisas, además de crear fuentes de trabajo en la región.

1.2 CARACTERISTICAS Y USO DE LOS MINERALES DE IMPORTANCIA PRESENTES EN LAS ARENAS DETRITICAS EN ESTUDIO.

1.2.1 Cromita

Entre los minerales de cromo la cromita es el único mineral de importancia económica. Es un óxido de cromo asociado generalmente con otros elementos como fierro, magnesio, y aluminio por lo su contenido en cromo es-

variable siendo raro encontrarlo en una proporción mayor - a 50% de Cr_2O_3 .

La cromita cristaliza en el sistema isométrico, - presentándose generalmente en forma masiva de color negro - caracterisándose por su yara café y su lustre metálico - opáco.

Generalmente se encuentra como mineral accesorio en rocas igneas ultrabásicas.

USOS:

Debido a que su composición química es variable - para su uso se agrupa en tres categorías:

	% Cr_2O_3	Cr/Fe	% SiO_2 max.	% Fe
GRADO METALURGICO	42 Min.	2.5:1	8	-
GRADO QUIMICO	44 Min.	1.5:1	5	-
GRADO REFEACTARIO	32-48	-	6	9-23

La cromita grado metalúrgico se utiliza para la - producción de ferrocromo, aleación empleada en la fabrica - ción de acero inoxidable y aceros especiales. El ferro - cromo es producido por reducción en horno eléctrico de ar - co.

La cromita grado químico es utilizada para la elaboración de dicromato de potasio, reactivo del que se parte para la elaboración de otros compuestos más. Los compuestos de cromo tienen aplicación en pigmentos, colorantes, curtido de pieles, control de corrosión en metales, electrodepósitos de cromo, procesos químicos, fotografía y otros más.

El dicromato de potasio se produce por tostación del mineral de cromo mezclado con carbonato de sodio y cal, lixiviación con agua y conversión del cromato a dicromato con ácido sulfúrico o dióxido de carbono a presión.

Con la cromita grado refractario se fabrican ladrillos, morteros, mezclas plásticas y cementos granulados. Estos productos tienen su principal aplicación en la industria siderúrgica para el recubrimiento de hornos de conversión, así como también en hornos para obtención de cobre, tanques regeneradores, calderas y en hornos para usos diversos. Para la fabricación de los ladrillos se utilizan hornos de túnel en donde se calcinan a temperaturas arriba de 1700°C ó se endurecen por enlace químico temporal de sulfatos, cromatos, cloruros o sulfitos de lignina.

1.2.2 Ilmenita

La ilmenita junto con el rutilo son los únicos - minerales que contienen titanio en cantidad de importancia económica, su composición general es $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$.

La ilmenita es un mineral algunas veces presente en las arenas, y que cristaliza en el sistema hexagonal, - es de color negro, su raya es negra, su fractura concoidal y su lustre metálico. Generalmente se encuentra asociado a gabros, dioritas y anortositas, en rocas igneas pegmatíticas.

USOS:

La ilmenita es utilizada para la obtención de - titanio que es aplicable en pigmentos, en cerámica, en partes electrónicas y en la fabricación de gemas; la ilmenita también es utilizada como materia prima para la obtención de titanio metálico para recubrimiento de electrodos de - soldadura, para la obtención de ferrotitanio, y otros usos.

Para la obtención del óxido de titanio la ilmenita se trabaja por diferentes métodos dependiendo de su - calidad.

Para concentrados de bajo grado (alto contenido de fierro) el proceso indicado es la fusión en hornos eléctricos de arco en donde el fierro es reducido formando arrabio y el titanio queda en la escoria en forma de bioxido de titanio. Las cargas del horno consisten de mineral de ilmenita con cal en proporción de máximo 10% y carbón de bajas cenizas en proporciones del 8 al 14%. La temperatura de operación oscila entre 1500° y 1700°C. La escoria formada es posteriormente tratada con ácido sulfúrico, para formar sulfatos de fierro y titanio, reduciendo el fierro y el sulfato de titanio se calcina para obtener el oxido.

Para concentrados de alto grado (bajo porcentaje de fierro) se tratan directamente con ácido sulfúrico como en el caso de las escorias o bien se tratan en un clorinador del tipo lecho fluidizado en donde se forma el tetracloruro de titanio líquido el cual es purificado y oxidado en la fase vapor para producir el oxido de titanio ó se reduce el tetracloruro de titanio con magnesio, para efectuar la reducción y obtener titanio metálico se emplean recipientes cerrados bajo una atmósfera de helio a una temperatura superior al punto de fusión del cloruro de magnesio. El titanio obtenido es esponjoso por lo que se funde en crisoles de cobre con enfriamiento generándose el calor por un doble arco.

El método del cloro es aplicado también a escorias con el objeto de tener titanio metálico.

Una clasificación muy general de los tipos de concentrados manejados en el mercado es como sigue:

<u>TIPO CONCENTRADO</u>	<u>Ti⁰₂</u>	<u>TRATAMIENTO</u>
ILMENITA GRADO BAJO	20%	Fusión en horno - arco y proceso de clor o de sulfato de escorias.
ILMENITA GRADO MEDIO	45%	Fusión en horno - arco y proceso de cloro o de sulfato de escorias.
ILMENITA GRADO ALTO	55-60%	Proceso al cloro o de sulfato.

1.2.3 Zircón

El zircón es el único mineral de importancia económica para la obtención de zirconio metálico. El zircón es un silicato de zirconio ($ZrSi^0_4$) con cantidades variables de hafnio. Cristaliza en el sistema tetragonal su color es generalmente café rojizo, incoloro, gris, verde o violeta, su raya es blanca y su listre vitreo. Se presenta en la naturaleza como mineral accesorio de rocas ígneas pegmatíticas.

USOS:

El zircón como mineral encuentra amplia aplicación como arena de fundición a causa de su alto punto de fusión, granulometría controlada, baja expansión térmica y sus características no humectables, también es utilizado en refractarios ya que además de las características mencionadas, posee un alto punto de ablandamiento, buena conductividad térmica, buena resistencia a la abrasión y el ataque de metales fundidos.

Partiendo del zircón se obtiene el dióxido de zirconio el cual encuentra aplicación en barnices de cerámica, en el recubrimiento de parte industriales sujetas a un medio altamente corrosivo, en partes de barcos y de cohetes espaciales.

Como metal el zirconio se utiliza en la fabricación de aceros especiales donde actúa como un potente desoxidante, eliminador de nitrógeno, azufre y también imparte profundidad en el temple. Se utiliza también en reactores nucleares.

1.3

DESCRIPCION DE LOS PROCESO DE BENEFICIOMESA WILFLEY Y FLOTACION

Para efectuar el presente estudio, se consideró-

por las características de los minerales de valor que era factible utilizar un método gravimétrico, con el cual se obtuviera un concentrado de alta densidad, con todos los valores "Bulk" y que permitiera disminuir el tonelaje a manejar en los pasos siguientes. Para tal fin se eligió la Mesa Wilfley aunque existe la alternativa de Espirales de Humphreys. Como método de concentración selectiva las alternativas fueron separación magnética, separación Electrostática y/o Flotación Habiéndose elegido para este estudio el método de Flotación.

1.3.1 Mesa Wilfley

La Mesa Wilfley es utilizada como método de concentración aplicable a aquellas menas en las que se tiene una diferencia notable en la gravedad específica de los minerales que la constituyen. Al someter una mena a concentración por Mesa Wilfley, se tendrán al final dos productos, uno con gravedad específica alta llamado concentrado pesado y otro con gravedad específica baja llamado producto ligero.

La mesa consiste de una tabla rectangular recubierta con un linoleum, sobre el cual se encuentran dispuestos longitudinalmente una serie de travesaños llamados "rifles" los cuales cubren aproximadamente dos tercios de la superficie. La mesa tiene un mecanismo para efectuar -

un movimiento longitudinal asimétrico el cual es lento hacia adelante y rápido hacia atrás. La mesa puede inclinarse en forma perpendicular al movimiento. Un esquema de la mesa se muestra en la figura (1.1).

Las variables que intervienen en la concentración por Mesa Wilfley se resumen como sigue:

a) EFEECTO DEL FLUJO

Al someter un mineral a una corriente de un fluido en una pendiente, se tiene una clasificación de partículas sobre la pendiente, la cual muestra las partículas más finas y pesadas. En la parte superior, siguiéndole en orden descendente una mezcla de partículas gruesas pesadas - y finas ligeras, y luego las partículas gruesas ligeras.

Esto es debido a que una película de fluido corriendo pendiente abajo imprime un arrastre sobre las partículas que se hayan sobre la pendiente, siendo mayor el arrastre sobre las partículas que se encuentran más cercanas a la interfase fluido-aire, además de que las partículas con mayor gravedad específica por efecto de la gravedad tienden a ir de fondo de la película y por lo mismo sujetas a menor arrastre.

b) EFEECTO DE LA PENDIENTE

Si en una superficie horizontal se tiene partículas minerales, estas estarán estáticas, pero de dar pendiente a esta superficie se iniciará el movimiento de las partículas, siendo las primeras en moverse las de menor gravedad específica y de menor tamaño. Teniendo también influencia sobre el movimiento la forma de la partícula ya que partículas esféricas no cumplen estrictamente con lo anterior.

c) EFEECTO DEL MOVIMIENTO ASIMETRICO

El movimiento reciprocante de la mesa permite un avance longitudinal de las partículas sobre ella siendo mayor su efecto sobre las partículas más pesadas que son las que tienen contacto con la masa y que por lo mismo son las menos afectadas por el flujo. La longitud del avance está en relación al porcentaje de material pesado, teniendo a porcentajes bajos un avance corto para permitir un mayor flujo de partículas ligeras en forma descendente.

d) EFEECTO DE LOS RIFLES

Entre los espacios formados entre rifle y rifle se forman canales los cuales tienen por objeto la clasificación de partículas tanto por tamaños como por gravedad -

específica, quedando en el fondo las de menor tamaño y gravedad específica.

e) EFEECTO DE LAS PARTICULAS MINERALES

Para una concentración eficiente el rango de tamaño de las partículas debe ser homogéneo ya que de no ser así se tendrán pérdidas de partículas o clasificación. El tamaño mínimo de partícula debe ser mayor a 200 ^{MAILAS} _{MAYAS} y el tamaño máximo no debe exceder 1/3 del ancho del canal formado por los rifles.

1.3.2 Flotación

Es un proceso fisicoquímico de concentración de minerales finamente molidos.

El proceso implica el tratamiento químico de partículas de mineral suspendidas en un medio acuoso a fin de crear condiciones para la adhesión selectiva de partículas solidas en burbujas de gas introducidas a la pulpa y a la adhesión simultánea de otras especies solidas en agua.

La adhesión de solidos a las burbujas permite la separación al formar estas burbujas una espuma en la superficie siendo facil de removerla. La mayoría de los minera

les si se encuentran libres de contaminación, se adhieren al agua no al aire por lo que para su concentración por flotación será necesario modificar su superficie evitando se mojen las partículas; el carácter del modificador debe ser orgánico que se adhiera preferentemente a las burbujas de aire. A estas sustancias se les da el nombre de colectores, que poseen una parte polar que es adsorbido por determinadas partículas de mineral y una parte no polar que después de la adsorción queda orientada hacia el exterior de la partícula presentando esta un carácter hidrofobo.

La adsorción de un colector en una partícula mineral se lleva a cabo por la reacción química de los iones aerofílicos formando un producto de baja solubilidad, implicando la solubilidad de un ion de la superficie, la disolución de tal ion estará en función de las características de la pulpa.

El trabajo de adherencia de la burbuja con el mineral está dado por la ecuación de young

$$\Delta W = \gamma_{LG} (1 - \cos \theta)$$

En donde γ_{LG} = Tensión superficial de la interface líquido-gas.

θ = Angulo de contacto formado por la tensión interfacial sólido-gas y líquido-gas.

El ángulo de contacto mide la adherencia de la burbuja de aire a la superficie del mineral.

Si el ángulo es cero el contacto es un punto y el trabajo de adherencia es cero. Si el ángulo es 180° el trabajo de adherencia es máximo.

El ángulo θ depende del colector usado. Los colectores se clasifican en dos grupos, aniónicos y catiónicos; de acuerdo a la carga eléctrica que adquieren al ionizarse la parte polar.

El grupo aniónico está formado por una gran variedad de reactivos entre los cuales tenemos: las sales del ácido ditiocarbónico (xantatos) que en su parte no polar está formado por un hidrocarburo saturado de 2 a 6 carbonos; las sales del ácido ditirofosfórico la parte no polar es un radical hidrocarburo saturado alquílico o radical arílico; los ácidos grasos son reactivos oxidrilos cuyo grupo ácido va unido a la cadena de hidrocarburo por intermedio de un átomo de oxígeno, las propiedades colectoras dependen del número de átomos de carbono siendo los más usados el ácido oleico y el laurico.

El grupo de reactivos catiónicos está formado por las aminas cuyas sales al ionizarse en agua liberan un ion orgánico que lleva carga positiva.

Hay otros reactivos utilizados en flotación que no son colectores y que son llamados espumantes y modificadores.

Los espumantes son sustancias orgánicas heteropolares que bajan la tensión superficial del agua.

La parte polar está formada por el grupo OH (hidroxilico), grupo COOH (carboxilico), grupo CO (carbónico) el grupo NH_2 (amilo) etc.

La parte no polar es formada por radicales de hidrocarburos acíclicos o arflicos cuyo número de átomos varía entre 5 y 10.

Los modificadores pueden ser reguladores de pH que determinan la reacción de los colectores con la superficie del mineral. Los activadores y depresores modifican las superficies para dar selectividad al proceso, siendo tanto aniónicos como catiónicos, entre los aniónicos se pueden citar los cianuros, carbonatos y fosfatos. Los catiónicos son agentes iónicos metálicos que activan la superficie de otros metales especialmente aquellos que se encuentran bajo él en la serie electropotencial.

II. EXPERIMENTACION

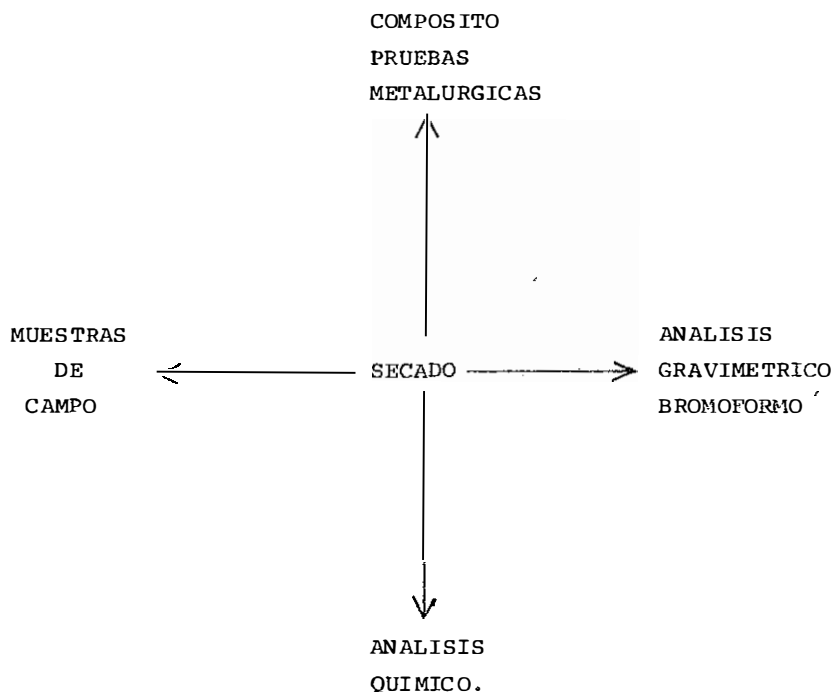
Después de realizado un estudio geoquímico de los depósitos detríticos de las costas del Golfo, se localizaron ciertas áreas de interés por la presencia de minerales de cromo, titanio y circonio acompañados de magnetita, - - cuarzo y otros silicatos.

Ya que como se mencionó al principio de este trabajo, la totalidad del consumo de minerales de cromo y titanio es importada, se consideró efectuar una evaluación del yacimiento, para conocer su potencialidad.

2.1 MUESTREO Y PREPARACION DE MUESTRAS.

La evaluación se proyectó con una plantilla de - muestreo a detalle sobre un área de 9 km. de longitud y -- 100 metros de ancho marcando puntos 1 25 metros uno de - - otro. De cada punto de muestreo se tomaron muestras de 3- profundidades (20 cm, 50 cm, y 100 cm.). Esto se efectuó - con muestreadores de mano de hojas Auger. El volumen mues-treado fué de $9 \times 105 \text{ M}^3$.

Las muestras colectadas en campo se llevaron al Laboratorio para su procesamiento que se muestra esquemáticamente en el cuadro siguiente:



Para el secado de las muestras se utilizó un secador de charola de calefacción directa a una temperatura -- 80°C.

Cada muestra fué cuarteada tomándose 3 porciones: Una de 20 gramos para análisis, una de 100 gramos para aná

lisis gravimétrico por bromoformo y 100 gramos para formar un compósito para correr pruebas generales.

2.2 ANALISIS QUIMICO.

Con las muestras para análisis químico se formaron compósitos de 27 muestras representando cada uno un volumen de 7500 M³ con los resultados obtenidos se calculó una ley media de:

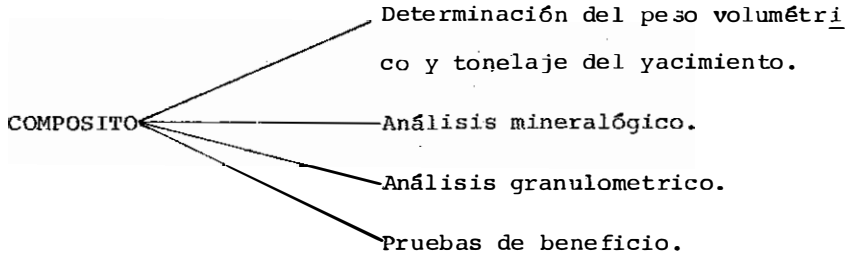
%Cr ₂ O ₃	%TiO ₂	%ZrO ₂	%Fe
3.26	5.55	3.16	11.54

2.3 ANALISIS GRAVIMETRICO POR BROMOFORMO.

Se obtuvo un porcentaje promedio de 40% de pesados. Las muestras individuales mostraron que el yacimiento se encuentra en forma de horizontes sin continuidad a lo largo de la playa y con una inclinación hacia la misma, lo cual hace suponer que los horizontes más profundos y más alejados de la playa continúan tierra adentro en lo que deben ser paleoplayas formadas por la regresión del mar.

2.4 TRATAMIENTO DEL COMPOSITO.

Con el compósito formado se planeó realizar las siguientes pruebas:



2.4.1 Determinación de peso volumetrico y tonelaje del yacimiento.

Para esto se utilizó una caja con un volumen de un decímetro cúbico, la cual se llenó con arena y se determinó su peso obteniéndose un peso volumétrico de 3.2 Ton/M³. Con el peso volumétrico y el volumen del yacimiento se calculó el tonelaje del mismo dando 2.88 millones de toneladas de arena.

2.4.2 Análisis Mineralogico.

Para conocer las especies mineralógicas presentes en las arenas el Ing. Eduardo Schmitter, efectuó la observación

ción microscópica mostrando enseguida los minerales identificados y su composición general.

<u>MINERAL</u>	<u>COMPOSICION</u>
MAGNETITA	FeO. Fe ₂ O ₃
ILMENITA	Fe TiO ₃
CROMITA	FeO. Cr ₂ O ₃
ZIRCON	Zr SiO ₄
GRANATE	FeMgAl (SiO ₄) ₃
EPIDOTA	Ca (AlOH) (AlFe) ₂ (SiO ₄) ₃
PIROXENA	Ca(AlMgMnFe) (SiO ₃) ₂
CUARZO	SiO ₂

2.4.3 Estimacion de Contenidos.

Ya que los minerales de cromo, titanio y zirconio son cromita, ilmenita y zircón, con los datos del análisis químico y mineralógico se estima tener en el yacimiento -- los siguientes contenidos:

	CROMITA	ILMENITA	ZIRCON
	(42% Cr ₂ O ₃)	(40% TiO ₂)	(70% ZrO ₂)
%	7.76	13.87	4.51
Tons.	223.488	399.456	116.358

2.4.4 Analisis Granulometrico.

Para determinar la distribución granulométrica de la arena se efectuó un tamizado sobre las mallas 20, 40, - 60, 80, 100, 120, 140 y 200. Los resultados se muestran - en la siguiente tabla:

TAMAÑO EN MALLAS	PESO %	% ACUMULADO	-% ACUMULADO
+ 20	0.02		100
- 20 + 40	0.39	0.41	99.98
- 40 + 60	3.52	3.93	99.59
- 60 + 80	23.78	27.71	96.07
- 80 + 140	22.84	50.55	72.29
- 100 + 120	22.35	72.90	49.45
- 120 + 140	12.24	85.14	27.10
- 140 + 200	12.02	97.16	14.86
- 200	2.84		

Al observar cada una de las fracciones en el microscopio se notó una mayor concentración de los minerales pesados en las fracciones menores a 100 mallas. La identificación de los minerales fué sencilla aprovechando que -- tanto la Ilmenita, Magnetita y Cromita son de color negro y presentan una clara cristalización, así como la cromita en su mayor parte fractura concoidal. El zircón fué detectado además haciendo uso de la lámpara ultravioleta de onda corta frente a la cual dá fluorescencia amarilla.

Otras pruebas de caracter cualitativo fueron utilizadas para una identificación rápida. Para cromo se uti

lizó la prueba de la perla de borax impartiendo a esta un color verde esmeralda.

El titanio se identificó mediante su precipitación de color amarillo, después de fundir con bisulfato de potasio, disolver en agua y agregar agua oxigenada.

2.4.5 Pruebas de Beneficio.

Las pruebas se dividieron como sigue:

1. CONCENTRACION GRAVIMETRICA POR MESA WILFLEY.
2. CONCENTRACION POR FLOTACION.

2.4.5.1 Concentración en Mesa Wilfley.

El objetivo de estas pruebas fué el de obtener un concentrado "Bulk" conteniendo magnetita, cromita, ilmenita y zircón.

Las pruebas se efectuaron en una mesa de laboratorio de las siguientes características:

Mesa Wilfley	Denver N° 13
Capacidad	0 - 10 Kg/Hr
Motor	0.25 H.P.
Longitud	100 Cms.
Ancho	36.5 Cms.

Las variables de la mesa se ajustaron a las siguientes condiciones fijadas por experimentación.

Angulo de inclinación de la mesa	3°
Longitud del golpe	1/2"
Número golpes por minuto	220
Alimentación % solidos	10
Alimentación gramos por minuto	40

Las pruebas en la mesa se corrieron como sigue:

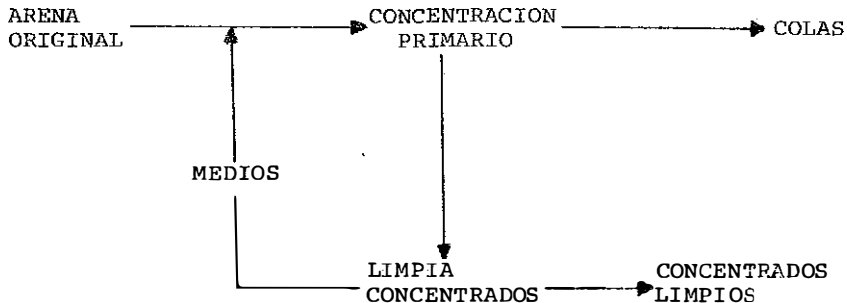
1. Con arena original.
2. Con arena temizada a 80 mallas.

En las pruebas con arena original se observó en el primer paso por la mesa que una buena parte de epidota y granate ensuciaban el concentrado, esto hizo que de este primer paso se obtuviera un concentrado sucio y el resto de material se considerará como colas.

El concentrado sucio se pasó nuevamente a la mesa para limpiarlo obteniendo en este segundo paso dos productos, un concentrado limpio y el resto de material se con-
si-
deró como medios.

Fijado este método se procedió a correr una prueba cerrada de 10 Kilos como sigue:

El primer kilo se pasó por la mesa obteniendo un concentrado sucio y colas. El concentrado sucio se limpió obteniendo un nuevo concentrado y medios. Los medios se unieron al segundo kilo efectuando el mismo procedimiento que al primero y los medios de este segundo kilo se unieron al tercer kilo y así sucesivamente con los kilos restantes teniendo al final 3 productos: Concentrados, Medios y Colas. Con el análisis químico de los 3 productos se efectuó el balance metalúrgico que a continuación se presenta:



PRUEBA: M E S A W I L F L E Y # 1

MUESTRA: COMPOSITO ORIGINAL ARENAS DETRITICAS

OBJETO DE LA PRUEBA: CONCENTRACION "BULK" MAGNETITA, ILMENITA, CROMITA Y ZIRCON.

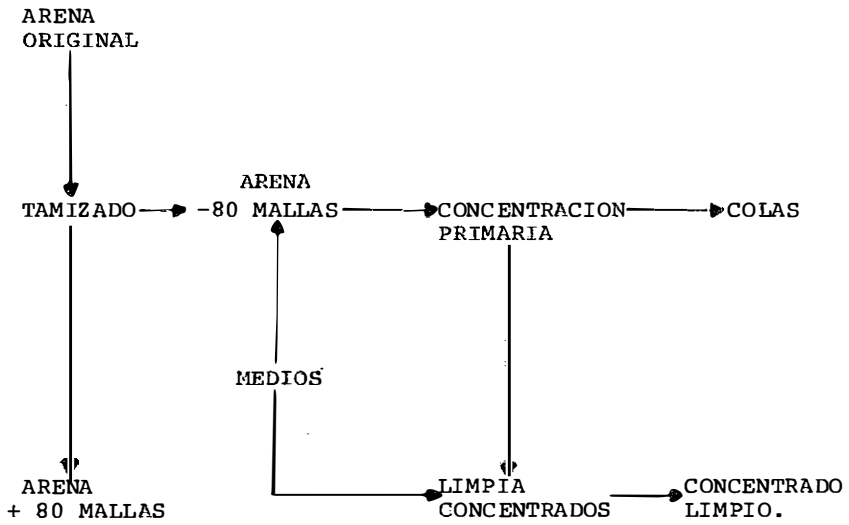
PRODUCTO	PESO %	Fe	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂	Fe	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂
LEY CABEZAS		11.54	3.26	5.55	3.16	84.67			
CONCENTRADOS	31.54	30.97	9.11	15.63	8.94	84.67	88.29	88.61	89.24
MEDIOS	1.38	17.32	5.29	10.94	0.14	2.07	2.24	2.71	4.56
COLAS	<u>67.08</u>	2.28	0.46	0.72	0.19	<u>13.26</u>	<u>9.47</u>	<u>8.68</u>	<u>6.20</u>
	100.00					100.00	100.00	100.00	100.00
LEY CALCULADA		11.53	3.25	5.56	2.95				

Con objeto de mejorar las recuperaciones se cerró el intervalo de tamaños de la arena eliminando la fracción mayor de 80 mallas, ya que como se observó en el análisis granulométrico en esta fracción no hay minerales de interés.

La arena mayor de 80 mallas se pasó por la mesa para verificar si tenía minerales pesados, no obteniéndose concentrados.

El mineral menor de 80 mallas se trató en la mesa obteniendo primero un concentrado sucio y colas. El concentrado se sometió a limpia, tomándose las colas como medios de la prueba. Las pruebas con arena tamizada no mostraron mejora con respecto a las pruebas con arena sin tamizar. El balance metalúrgico representativo de estas pruebas es como sigue:

DIAGRAMA DE FLUJO



PRUEBA: MESA WILFLEY #2

MUESTRA: FRACCION - 80 MALLAS COMPOSITO ARENAS DETRITICAS.

OBJETO DE LA PRUEBA: CONCENTRACION "BULK" MAGNETITA, ILMENITA, CROMITA Y ZIRCON

PRODUCTO	PESO	Fe	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Zr ⁰ ₂	Fe	Cr ₂ O ₃	Ti ⁰ ₂	Zr ⁰ ₂
CONCENTRADOS	40.20	18.98	9.65	16.57	9.33	94.94	88.91	89.20	89.24
MEDIOS	2.08	9.61	7.21	12.44	10.09	2.20	3.20	3.51	5.11
COLAS	<u>57.82</u>	0.43	0.59	0.93	0.36	<u>2.74</u>	<u>7.89</u>	<u>7.29</u>	<u>5.02</u>
	100.00					100.00	100.00	100.00	100.00
LEY CALCULADA		9.088	4.37	7.46	4.17				

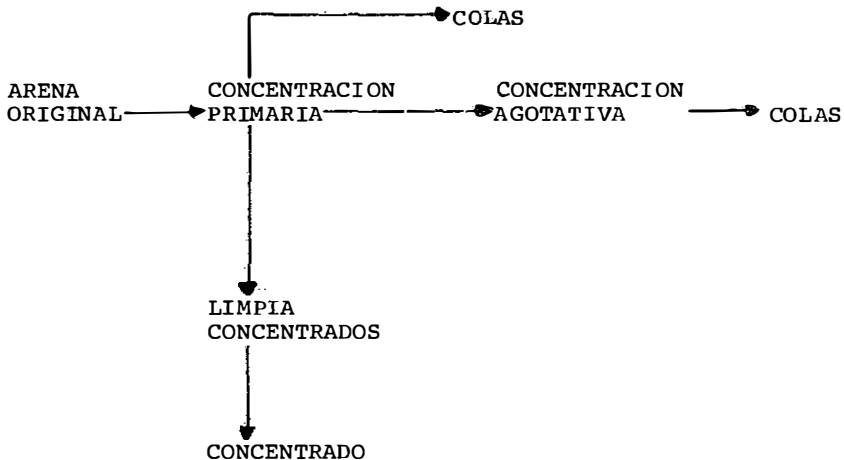
Ya que los resultados de las pruebas con arena tamizada y sin tamizar no mostraron una diferencia significativa, pero sí en ambas se tenían pérdidas de hasta 10%. En las colas, se efectuó un cambio en el flujo de los productos como sigue:

Se pasó un kilo de arena original por la mesa obteniendo 3 productos: Concentrados sucios, Medios y Colas.

Con los medios se ~~efectuó~~ ^{efectuó} un paso agotativo obteniendo un concentrado sucio y colas.

Los dos concentrados sucios se juntaron para efectuar una limpia obteniendo concentrados limpios y colas de la limpia considerados como medios.

DIAGRAMA DE FLUJO



PRUEBA: MESA WILFLEY # 3

MUESTRA: COMPOSITO ARENAS DETRITICOS.

OBJETO DE LA PRUEBA: CONCENTRACION "BULK" MAGNETITA, ILMELITA, CROMITA Y ZIRCON.

PRODUCTO	PESO	Fe	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Zr ⁰ 2	Fe	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂
	%								
LEY CABEZAS		11.54	3.26	5.55	3.16	68.27			
CONCENTRADOS	29.94	26.20	9.95	16.60	9.95	68.27	91.10	91.53	94.31
MEDIOS	15.06	3.30	1.17	2.03	0.88	4.33	5.38	5.64	4.22
COLAS	<u>62.00</u>	5.08	<u>0.18</u>	0.24	-	<u>27.40</u>	<u>3.52</u>	<u>2.83</u>	<u>1.47</u>
	100.00		100.00			100.00	100.00	100.00	100.00
LEY CALCULAS		11.49	3.27	5.43	<u>3.16</u>				

En el balance anterior se observa que los medios-
contienen aún valores que son recuperables y las colas son
satisfactorias. El aumento en recuperación obtenido en es-
tas pruebas justifica el aumento de 13% en la carga circu-
lante de la concentración primaria.

2.4.4.2 Concentración por flotación.

Las pruebas de flotación se fundamentaron en dos-
objetivos:

- A) Obtener un concentrado conteniendo los minerales de in-
terés Cromita, Ilmenita, Zircon y Magnetita, en forma-
comparativa a la mésa.
- B) Obtener concentrados de cada uno de los minerales me-
diante flotación selectiva.

Ya que los objetivos se basan en el hecho de la -
posible instalación de una planta Industrial, se recopiló-
la información de reactivos comerciales elaborándose como-
base para las pruebas la tabla siguiente:

<u>MINERAL</u>	<u>COLECTORES</u>	<u>ESPUMANTES</u>	<u>MODIFICADORES</u>	<u>PH</u>
MAGNETITA	SULFONATO DE SODIO ACIDO OLEICO	AC. CRESILICO	R. ACIDO SULFURICO A. FLUORURO SODIO A. ACIDO FLUORHIDRICO D. ACIDO TITANICO D. FOSFATOS	2.4
CROMITA	ACIDO OLEICO SULFONATOS SODIO TRIETONOL	ACEITE PINO ALCOHOL ALIFATICO	METAFOSFATO R. SODIO. R. SILICATO SODIO A. ACIDO FOSFOMO-LIBDICO A. ACIDO FOSFATUNGSTENICO.	3-4 6-7
ILMENITA	ACIDO OLEICO SULFONATO SODIO LAURIL AMINA	ALCOHOL ALIFATICO ACEITE PINO	R. ACIDO SULFURICO R. SILICATO SODIO R. CARONATO SODIO A. FLUORURO SODIO	3-4 5
ZIRCON	ACIDO ALEICO c'	ALCOHOL ALIFATICO	R. ACIDO SULFURICO R. CARBONATO SODIO A. PETROLEO A. SALES COBRE R. PIROGALOL R. SILICATO SODIO	7-9

R= REGULADOR

A= ACTIVADOR

D= DEPRESOR.

FLOTACION "BULK"

Para la obtención de un concentrado de minerales pesados se planearon 12 pruebas. En las cuales se utilizaron Colectores aniónicos, ácidos grasos y sulfonatos, los cuales presentan un buen ángulo de contacto con minerales oxidados. Se eligió un pH ácido de trabajo en lugar del básico por la depresión que este pH imparte a los silicatos minerales que forman la ganga de las arenas y finalmente se eligió el fluoruro de sodio como activador.

La primer serie de pruebas se planeó como sigue:

<u>PRUEBA</u> <u>No.</u>	<u>COLECTOR</u>	<u>MODIFICADOR</u>	<u>ESPUMANTE</u>	<u>pH</u>
FD- 1	ACIDO OLEICO	ACIDO SULFURICO	ALCOHOL ALIFATICO	3
FD- 2	ALEATO SODIO	ACIDO SULFURICO	ALCOHOL ALIFATICO	3
FD- 3	ACIDO OLEICO	ACIDO SULFURICO FLUORURO DE SODIO	ALCOHOL ALIFACICO	3
FD- 4	OLEATO SODIO	ACIDO SULFURICO FLUORURO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	3
FD- 5	ACIDO OLEICO	FLUORURO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	7
FD- 6	OLEATO SODIO	FLUORURO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	7
FD- 7	ACIDO SULFONICO	AC. SULFURICO	ALCOHOL ALIFATICO	3
FD- 8	SULFONADO SODIO	AC. SULFURICO	ALCOHOL ALIFATICO	3
FD- 9	AC. SULFONICO	AC. SULFURICO FLUORURO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO ALCOHOL ALIFATICO	3
FD-10	SULFONATO S.	AC. SULFURICO FLUORURO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO ALCOHOL ALIFATICO	3
FD-11	AC. SULFONICO	FLUORURO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	
FD-12	SULF. SODIO.	FLUORURO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO.	

Las pruebas se corrieron con 10 minutos de acondicionamiento a 40% de solidos. Todos los reactivos se adicionaron durante el acondicionamiento.

Para efectuar las pruebas se hizo necesario primero atricionar la arena a un 5% de solidos y deslamar debido a que no se tenía ningún efecto de los reactivos sobre los minerales de la arena.

Enseguida se muestra el comportamiento de los - - reactivos observado durante las pruebas.

1. Con acido oleico y oleato de sodio no se logró obtener espuma suficiente en medio ácido, además se agregaron varios espumantes sin buenos resultados.

A pH neutro el comportamiento fué negativo, arrastrando demasiada ganga con baja recuperación de valores.

2. Con ácido sulfónico a pH acido se obtuvo también poca espuma, probándose con varios espumantes sin obtener resultados positivos.

A pH neutro el comportamiento fué negativo por la baja recuperación sobre todo de Cromita Ilmenita aunque su selectividad fué mejor que con acido oleico y que con oleato.

3. Con sulfonato de sodio se obtuvo A pH acido, un concentrado limpio con ^{alta} recuperaci^on.

A pH neutro mostr^o selectividad pero con baja recupera^oci^on.

4. El fluoruro de sodio mostr^o ser un potente activador - de los oxidos de fierro.

En el cuadro siguiente se muestra el balance metal^urgico y condiciones de la prueba FD-10 en la cual se obtuvieron resultados aceptables, observ^ondose que en las colas: qued^o material magn^etico pero la recuperaci^on en - - concentrados es buena.

PRUEBA DE FLOTACION No. FD-10

MUESTRA. COMPOSITO ARENAS DETRITICAS.

OBJETO DE LA PRUEBA FLOTACION BULK MAGNETITA CROMITA ILMENITA ZIRCON.

PRODUCTO	PESO %	Fe	Cr	Ti	Zr	Fe	Cr	Ti	Zr
LEY CABEZAS		11.54	3.26	5.55	3.16				
CONCENTRADOS	25.89	33.23	11.95	20.43	11.51	75.68	95.23	95.10	95.84
MEDIOS	3.70	3.24	1.89	3.78	1.89	1.05	2.14	2.50	2.36
COLAS.	70.41	3.76	0.12	0.18	0.07	<u>23.27</u>	<u>2.63</u>	<u>2.40</u>	<u>1.80</u>
LEY CALCULAS		11.384	3.24	5.55	3.09	100.00	100.00	100.00	100.00

SECCION	KILOGRAMOS DE REACTIVOS POR Kg. DE MINERAL					ANALISIS DE CRIBAS	
	H ₂ SO ₄	Sulfonato sodio R-824	Fluoruro sodio	Alcohol Alifatico AF.70	% Sólidos	Tiempo Minuto	pH
ATRACIONAMIENTO					50	10	7.0
ACONDICIONAMIENTO	3gr/Kg	2gr/Kg	0.6gr/Kg	0.2gr/Kg	40	10	3.0
FLOTACION PRIM.	1gr/Kg				20	5	3.5
FLOTACION AGOT.	0.5gr/Kg	1gr/Kg				2	3.5

OBSERVACIONES: Como Medios se considera el producto
de la Flotación Agotativa.

FLOTACION SELECTIVA.

Como se ve en la tabla de reactivos, no hay aparentemente un colector que sea aplicable a un solo mineral, - sino que los colectores mencionados son comunes a todos -- los minerales. Por esa razón se enfocó la experimentación hacia el uso de agentes modificadores que produjeron selec tividad en el proceso.

Los modificadores posibles fueron:

ACIDO SULFURICO
CARBONATO DE SODIO
NITRATO DE PLOMO
ACIDO FOSFOMOLIBDICO
ACIDO FOSFOTONGSTENICO
ACIDO TANICO
SILICATO SODIO
ALMIDON CAUSTICO
PIROGANOL
SULFATO DE COBRE

De resultados experimentales encontrados en la li teratura se determinó que las pruebas deberían ser encaminadas hacia la obtención primeramente de concentrados de - zircón ya que presenta flotabilidad en medio básico no - -

siendo así para los óxidos de fierro. Esto se observó también en las pruebas de flotación "Bulk" que se llevaron a cabo a pH de 7. La separación de cromita, ilmenita y magnetita se planeó también bajo la base de cambios de pH en el rango ácido utilizando los activadores y depresores específicos para cada mineral. Los colectores utilizados -- fueron ácido oleico en medio básico y sulfonato de sodio -- en medio ácido por haber probado tener características espumantes en este medio.

Las pruebas planeadas fueron:

<u>PRUEBA</u>	<u>COLECTOR</u>	<u>MODIFICADOR</u>	<u>ESPUMANTE</u>	<u>pH</u>
FS- 1	ACIDO OLEICO	AC. SULFURICO CARBONATO SODIO SULFATO COBRE ACIDO TANICO	ALCOHOL ALIFATICO	7
FS- 2	ACIDO OLEICO	CARBONATO SODIO SULFATO COBRE	ALCOHOL ALIFATICO	7
FS- 3	ACIDO OLEICO	CARBONATO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	7
FS- 4	ACIDO OLEICO	AC. SULFURICO CARBONATO SODIO SULFATO COBRE ACIDO TANICO		8
FS- 5	ACIDO OLEICO	CARBONATO SODIO SULFATO COBRE	ALCOHOL ALIFATICO	8
FS- 6	ACIDO OLEICO	CARBONATO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	8
FS- 7	ACIDO OLEICO	CARBONATO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	9
FS- 8	ACIDO OLEICO	CARBONATO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	9
FS- 9	SULFONATO SODIO	ACIDO SULFURICO ACIDO TANICO	ALCOHOL ALIFATICO	5
FS-10	SULFONATO SODIO	ACIDO SULFURICO ACIDO FOSFOTUNG- TENICO.		

FS-11	SULFANATO SODIO	ACIDO SULFURICO SILICATO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	5
FS-H 12	SULFONATO SODIO	ACIDO SULFURICO ACIDO FOSFOTUNGSTENICO.		
FS-13	SULFONATO SODIO	ACIDO SULFURICO ACIDO TANICO	ALCOHOL ALIFATICO	5
FS-14	SULFONATO SODIO	ACIDO SULFURICO PIROGALOL SILICATO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	5
FS-15	SULFONATO SODIO	ACIDO SULFURICO ALMIDON CAUSTICO NITRATO PLOMO	ALCOHOL ALIFATICO	5

Los resultados obtenidos en las pruebas anteriores mostraron pocas posibilidades de alcanzar un concentrado individual. En general se observó lo siguiente:

- 1) El ácido tánico deprime no solo Magnetita sino también Cromita, Ilmenita y Zircón.
- 2) El carbonato de sodio estabiliza la espuma y activa la flotación de silicatos en medio básico.
- 3) El ácido fosfotungstenico utilizado como activador de cromita no mostró efectos positivos en presencia de -- ácido tánico. Sin ácido tánico se observó mayor actividad de la Cromita pero con flotación parcial de Magnetita, Ilmenita y Zircón.
- 4) En pruebas sin ácido tánico se observó que el Zircón - que el de más activo quedando la mayor parte en concentrados.

Por lo anterior se determinó que la flotación selectiva de Magnetita, Ilmenita y Cromita no era factible - de desarrollarse utilizando depresores de óxido de fierro- quedando la posibilidad de probar con colectores de características diferentes a los utilizados en este trabajo, -- que no son actualmente comerciales. Por esa razón se consideró como terminado el trabajo para flotar selectivamente la Magnetita, Cromita e Ilmenita.

Como el Zircón fué el más activo se planeó desarrollar otras pruebas centrando estas en un pH mayor de 7, en el cual la Magnetita, Ilmenita y Cromita no flotan, -- efectuando un deslame con ácido sulfúrico buscando la menor cantidad de silicatos en los concentrados.

<u>PRUEBA</u>	<u>COLECTOR</u>	<u>MODIFICADOR</u>	<u>ESPUMANTE</u>	<u>pH</u>
FZ- 1	ACIDO OLEICO	ACIDO SULFURICO CARBONATO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	7.5
FZ- 2	ACIDO OLEICO	ACIDO SULFURICO CARBONATO SODIO SULFATO COBRE	ALCOHOL ALIFATICO	7.5
FZ- 3	ACIDO OLEICO	ACIDO SULFURICO CARBONATO SODIO	ALCOHOL ALIFATICO	8.5
FZ- 4	ACIDO OLEICO	ACIDO SULFURICO CARBONATO SODIO SULFATO COBRE	ALCOHOL ALIFATICO	
FZ- 5	ACIDO OLEICO	ACIDO SULFURICO	ALCOHOL ALIFATICO	9
FZ- 6	ACIDO OLEICO	ACIDO SULFURICO CARBONATO SODIO SULFATO DE COBRE	ALCOHOL ALIFATICO	9

De estas pruebas se encontró que el Zircón flotó mejor a un pH de 7.5 Con Impurezas de Silicatos, por lo mismo se repitió la prueba FZ-2 sometiendo a limpia el concentrado obtenido. En la limpia se obtuvo un buen concentrado utilizando sulfonato de sodio a un pH de 5.5. En las colas se quedó parte del Zircón.

Enseguida se presenta el Balance de la prueba.

PRUEBA DE FLOTACION No. FZ-2

MUESTRA COMPOSITO ARENAS DETRITICAS

OBJETO DE LA PRUEBA FLOTACION ZIRCON

PRODUCTO	PESO		E N S A Y E S						
	LEY CABEZAS	11.53		3.25	5.55	3.16			
CONC.	4.5	2.47	0.13	0.24	59.24	0.97	0.18	0.20	84.36
MEDIOS	7.9	12.64	—	—	4.67	8.73	—	2.88	11.68
COLAS.	87.6	11.80	3.75	6.15	—	90.30	98.30	96.92	3.96
LEY CALC.	11.45		3.30	<u>5.56</u>	<u>3.16</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

KILOGRAMOS DE REACTIVOS POR Kg. DE MINERAL

SECCION	H ₂ SO ₄	CaCO ₃	Ac ₁ OcEico	CuSO ₄	Alcohol	Acifatico AF-70	% Sólido	Tiempo Minuto	pH
Atricionamiento	2 gr/Kg						50	5	4.0
Acondicionamiento		1 gr/Kg	1 gr/Kg	0.5 gr/Kgr.			50	10	7.5
1a. Flotación						0.2gr/kg	20	3	7.5
AGOT.			0.2gr/Kg			0.2gr/Kg	20	2	7.5
Limpia	1 gr/Kg						10	3	7.5
TOTAL	3 gr/Kg	1 gr/Kg	1.2gr/Kg	0.5 gr/Kg		0.4gr/Kg			

OBSERVACIONES:

Como se observa en el balance anterior, en la lim
piz del concentrado se tienen pérdidas considerables de --
Zircón y ya que el principal contaminante es material lige
ro la limpia se puede realizar en Mesa Wilfley ó efectuar-
la flotación en concentrados de Mesa Wilfley.

Debido a los resultados negativos obtenidos en la
flotación selectiva para Magnetita, Ilmenita y Cromita, se
llevaron a cabo pruebas de separación Magnetita y electros
tática fundamentados en la conducta de esos minerales fren
te a campos Magnéticos y Electrotásticos.

Los hechos sobre salientes encontrados en estas -
pruebas fueron:

- 1) Que existe un amarre entre Magnetita y Cromita siendo-
necesario una molienda para la liberación de estos. Es
to se concluyó debido a que al separar magneticamente-
a diferentes intensidades, la porción magnética incre-
mentó su contenido en cromo al aumentar la intensidad-
del campo y la porción no magnética incrementó su ley-
en cromo y bajó su contenido.
2. Al someter concentrados de mesa a separación electros-
tática, el zircón se separa con alta eficiencia y poco
arrastre quedando como método alternativa a la flota-
ción.

- 3) La concentración de zircón electrostáticamente en la arena original no es eficiente debido a la presencia de Granate y Epidota en los concentrados.

ESTUDIO PREFACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICO

"ARENAS DETRICTICAS"

Para el análisis técnico económico del beneficio de las Arenas Detríticas, se dividió el estudio en cuatro partes:

- 1.- Estudio de mercado
- 2.- Estudio técnico
- 3.- Aspectos económicos
- 4.- Evaluación

3.1. ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado se efectuó considerando como productos del proceso, concentrados individuales de cromita, ilmenita y zircón.

3.1.1. Oferta

En la actualidad no se ha desarrollado la explotación de yacimiento de los minerales en estudio; por lo que su consumo es en su totalidad de importación.

3.1.2. DEMANDA

Ya no se tiene producción de cromita, ilmenita y zircón, la demanda está fijada únicamente por las importaciones (ver tabla 3.1). El consumo nacional aparente es igual a las importaciones por no existir exportaciones.

Tabla 1. IMPORTACIONES DE CROMITA Y CONSUMO NACIONAL APARENTE

<u>Año</u>	<u>Volumen de Importaciones T.M.</u>	<u>Valor de Importaciones Miles de Pesos</u>	<u>Consumo Nacional Aparente T.M.</u>
1969	34,002.09	19,504.05	34,002.09
1970	24,999.8	15,998.4	24,999.8
1971	38,168.6	26,165.4	38,168.6
1972	26,143.9	11,938.2	26,143.9
1973	36,793.3	15,106.4	36,793.3
1974	53,081.8	26,435.5	53,081.8
1975	49,299.6	34,294.6	49,299.6
1976	51,260.9	46,528.3	51,260.9
1977	49,167.0	100,122.0	49,167.0
1978	50,786.0	124,300.0	50,786.0

Tabal 2. IMPORTACIONES Y CONSUMO NACIONAL APARENTE DE LIMONITA.

<u>Año</u>	<u>Volumen de Importaciones T.M.</u>	<u>Valor de Importaciones Miles de pesos</u>	<u>Consumo Nacional Aparente T.M.</u>
1969	21,037.7	13,003.3	21,037.7
1970	25,783.1	15,472.7	25,783.1
1971	29,041.3	20,456.2	29,041.3
1972	24,594.4	18,502.6	24,594.4
1973	30,102.8	22,358.9	30,102.8
1974	40,992.3	29,831.4	40,9-2.3
1975	7,688.3	12,549.9	7,668.0
1976	47,768.9	48,148.0	47,768.9
1977	42,038.0	38,955.0	42,038.0
1978	65,524.0	49,812.0	65,524.0

Tabal 3. IMPORTACION Y CONSUMO NACIONAL APARENTE DE ZIRCON

<u>Año</u>	<u>Volumen de Importaciones T.M.</u>	<u>Valor de Importaciones Miles de Pesos</u>	<u>Consumo Nacional Aparente T.M.</u>
1977	4,203	18,638	4,203
1978	4,720	21,749	4,720

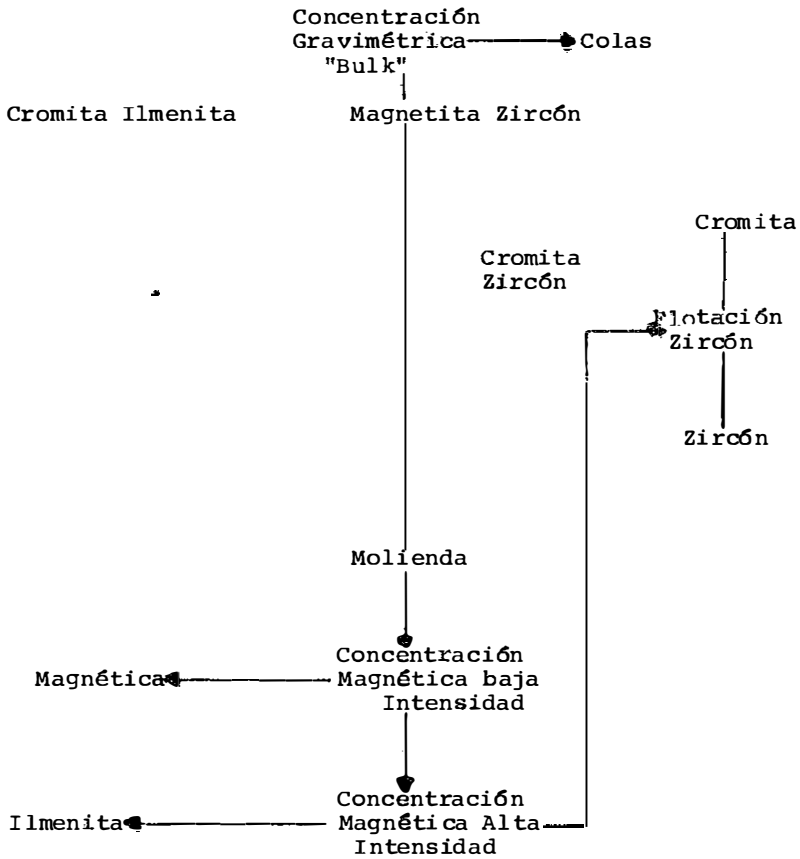
3.1.3. Posibilidades de Mercado

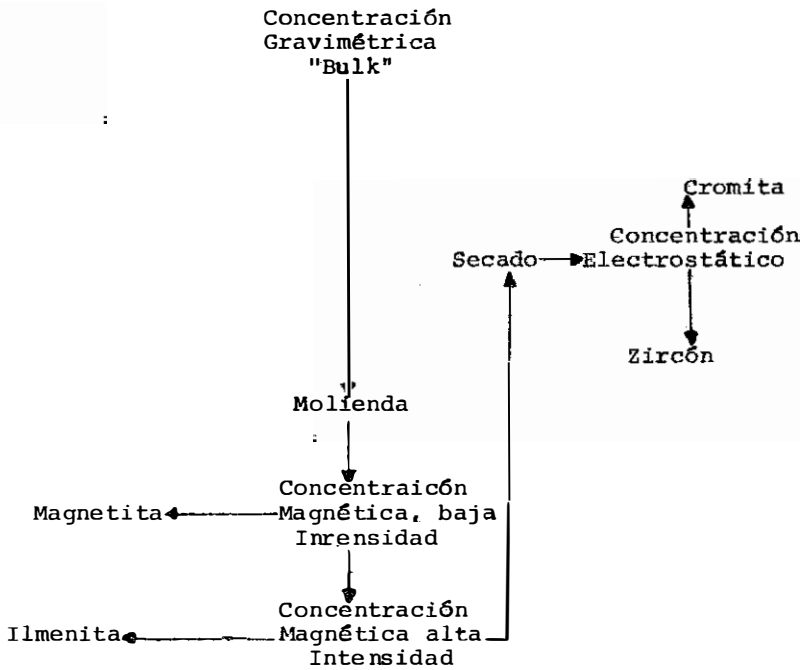
Debido a la falta de producción de cormita, ilmenita y zircón en el país, la instalación de una industria productora de estos minerales atenuaría la dependencia externa influenciada por efectos políticos y económicos internacionales.

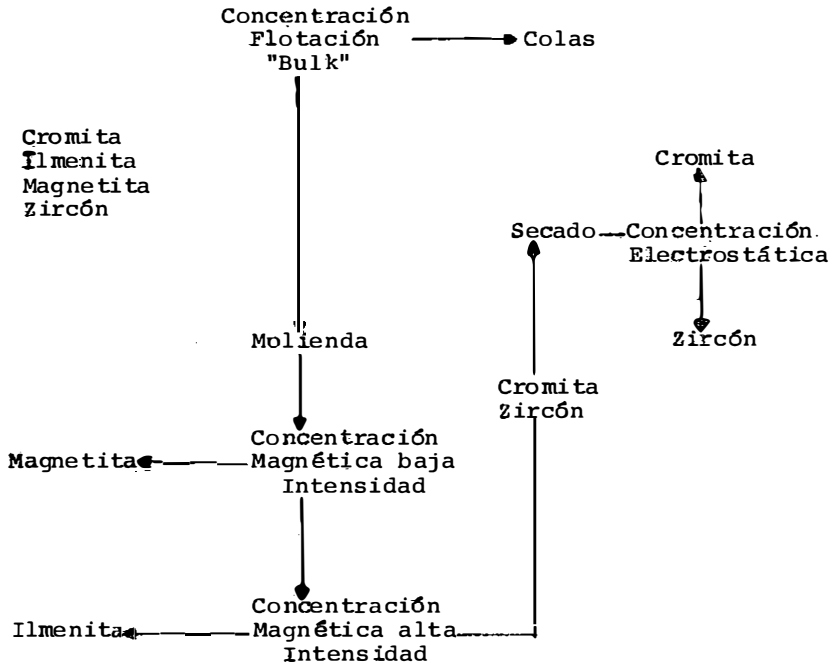
3.2. Estudio técnico.

3.2.1. PROCESO DE BENEFICIO.

Del trabajo experimental se determinaron tres alternativas de beneficio, las cuales presentan esquemáticamente.

ALTERNATIVA I

ALTERNATIVA II

ALTERNATIVA III

Las diferencias existentes entre las alternativas son:

- a) La concentración primaria "Bulk", que se puede realizar por flotación o por mesa Wilfley.
- b) La separación de cromita y zircón, que se puede realizar por flotación o electrostáticamente.

Ya que el utilizar un método electrostático implica el secado del mineral, operación de alto costo; el método electrostático no fue considerado para el estudio, quedando la alternativa I como base.

3.2.2. Tamaño de la Planta

Se determinó en base a 10 años de actividad para agotar el yacimiento, quedando un tamaño de 288 mil toneladas métricas por año, representando esto una sustitución de importaciones como sigue:

	<u>Cromita</u>	<u>Ilmenita</u>	<u>Zircón</u>
Sustitución de Importación	36,39%	53.25%	100%
Volumen de Importación	51,815 T.M.	63,572 T.M.	4,719 T.M.

3.2.3. Diagrama de Flujo. Anexo3.2.4. Descripción del proces de Flujo.

La arena es transportada en camión de la playa a la planta donde se lamacena en dos tolvas subterráneas, - el equipo necesario es:

<u>Equipo</u>	<u>Capacidad</u>
1 Grua de almeja	2 m ³
1 Cargador frontal	5 m ³
3 Camión volteo	50 Ton. c/u
2 Tolva concreto	288 m ³ c/u

El material almacenado es transportado hasta el - banco de mesas primarias mediante una banda pesadora. La - dosificación se hace mediante alimentadores vibratorios -- dispuestos debajo de las tolvas.

<u>Equipo</u>	<u>Capacidad</u>
2 Alminetador vibratorio	0-40 Ton/hora
1 Banda pesadora	0-40 Ton/hora

La arena en las mesas primarias es separada en - tres productos; colas que se envían a la playa espesando - las primeramente en un ciclón, medios que se envían al banco de mesas agotativas y concentrados que se envían al -- banco de mesas limpiadoras.

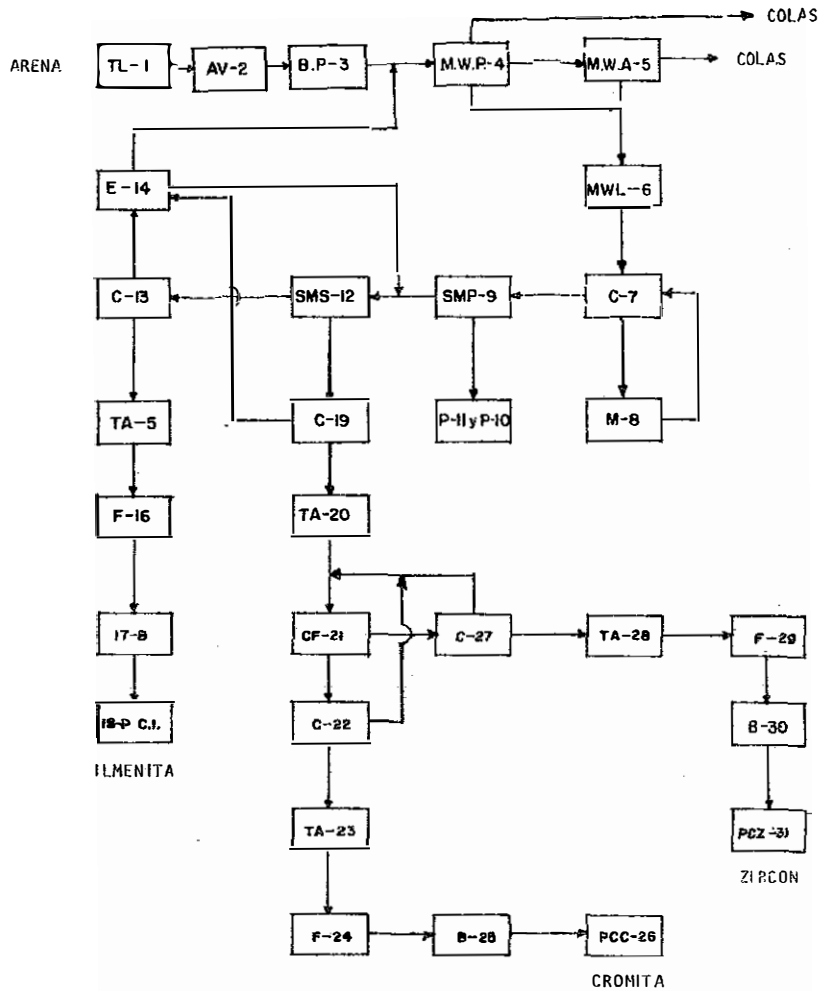


DIAGRAMA DE FLUJO "ARENAS DETRITICAS"

DIAGRAMA DE FLUJO

TL-1	Tolva de recepción
AV-2	Alimentador vibratorio
BD-3	Banda pesadora
MWP-4	Banco mesas Wilfley primarias
MWP-5	Banco mesas Wilfley agotativas
MWP-6	Banco mesas Wilfley limpiadoras
C-7	Ciclón
C-8	Molino bolas
SMP-9	Separador magnético primario
P-10 y P-11	Piletas de almacenamiento de magnetita
SMS-12	Separador magnético secundario
C-13	Ciclón
E-14	Espesador
TA-15	Tanque agitador
F-16	Filtro
B-17	Banda pesadora
PCI-18	Patio concentrados de ilmenita
C-19	Ciclón
TA-20	Tanque agitador
CF-21	Banco de celdas de flotación
C-22	Ciclón
TA-23	Tanque agitador
F-24	Filtro
B-25	Banda pesadora
PCC-26	Patio concentrados de cromita
C-27	Ciclón
TA-28	Tanque agitador
F-29	Filtro
B-30	Banda pesadora
PCZ-31	Patio concentrados de zircón

En las mesas agotativas se obtiene dos productos: Concentrados que se envían al banco de limpiadoras y colas que se juntan con las colas de las mesas primarias.

En las mesas limpiadoras se obtienen dos productos: Concentrados que se envían a un molino de bolas y colas que se recirculan a la cabeza de las mesas primarias.

<u>Equipo</u>	<u>Capacidad</u>
Banco de 11 meses Wilfley Prim.	4 Ton/hora c/u
Banco de 2 meses Wilfley Agot.	4 Ton/hora c/u
Banco de 4 meses Wilfley Limp.	4 Ton/hora c/u

Los minerales presentes en el concentrado (magnetita, ilmenita, cromita y zircón) son reducidos de tamaño en un molino de bolas hasta alcanzar una granulometría menor a 200 mallas en un circuito cerrado ciclones molino.

<u>Equipo</u>	<u>Capacidad</u>
Molino bolas	15 Ton/hora
2 Ciclones	200 G.P.M.

El concentrado menor de 200 mallas se envió a un separador magnético de baja intensidad donde se separa en dos fracciones: concentrado magnético conteniendo principalmente magnetita, y un concentrado no magnético conteniendo cromita, ilmenita y zircón.

El concentrado magnético se almacena en una serie de pilas donde se decanta el agua. El concentrado no magnético se envía a un separador magnético de alta intensidad - donde se separa la ilmenita como un concentrado magnético, quedando cromita y zircón en el concentrado no magnético.

El concentrado magnético se espesa en un ciclón y se envía a un tanque agitador de almacenamiento de donde se dosifica la alimentación a un filtro de discos, en el cual se elimina la mayor parte de agua quedando una torta de ilmenita con 10% de humedad, transportándose mediante una banda hasta un patio de concentrados.

<u>Equipo</u>	<u>Capacidad</u>
Separador magnético baja intensidad	15 Ton/hora
Separador magnético alta intensidad	15 Ton/hora
2 pilas de concreto.	900 m ³ c/u
2 Tanque agitador	15 m ³ c/u
1 Filtro discos	15 m ²
1 Ciclón	30 G.P.M.
1 Banda pesadora	0 - 15 Ton/hora
1 Tanque asentador	

El concentrado no magnético es enviado a un ciclón donde se espesa y se pasa a un tanque acondicionador, adicionándoles los reactivos necesarios para la flotación,

de zircón, del acondicionador se envía a un banco de celdas de flotación para separar en concentrados el zircón y en colas de cromita.

El concentrado de zircón se espesa en un ciclón y se almacena en un tanque agitador de donde se dosifica a un filtro de discos, obteniéndose una torta con 10% de humedad, la cual se lleva a un patio de concentrados de zircón mediante una banda pesadora.

La cromita que se obtuvo en las colas de flotación se espesa en un ciclón y se almacena en un tanque agitador para de ahí enviarse a un filtro de discos, obteniéndose una torta con 10% de humedad, la cual se lleva a un patio de concentrados de cromita mediante una banda pesadora.

<u>Equipo</u>	<u>Capacidad</u>
2 Tanque acondicionador	1 m ³ c/u
1 Banco celdas flotación	3 m ³
1 Tanque agitador	45 m ³
1 Tanque agitador	30 m ³
1 Filtro de discos	8 m ²
1 Filtro de discos	6 m ²
1 Ciclón	40 G.P.M.
1 Ciclón	15 G.P.M.
1 Ciclón	20 G.P.M.
1 Banda pesadora	0 - 2 Ton/hora
1 Banda pesadora	0 - 6 Ton/hora

3.3. ESTUDIO ECONOMICO

3.3.1. Inversión fija.

Como componentes de la inversión fija se considera lo siguiente: costo de las investigaciones y estudios previos, costo de los terrenos, costo de equipos, costo de instalación de equipos, costo de edificaciones industriales, costo de ingeniería y administración durante la instalación e imprevistos.

La base para el cálculo de la inversión fija fue el costo de equipo, en relación a datos anteriores, no cotizaciones.

Costo equipo

	<u>Equipo</u>	<u>Costo</u>	<u>Instalación</u>
2	Cargador frontal	6'500,000	
3	Camión volteo 35/Ton	7'500,000	
2	Tolva concreto	1,000,000	
2	Alimentador vibratorio	600,000	
1	Banda pesadora	500,000	
17	Mesa Wilfley	3'400,000	
1	Molino bolas	2'500,000	
2	Separadora magnético	5'000,000	
2	Pilas concreto	2'000,000	
4	Tanque agitador	2'000,000	
3	Filtro de discos	2'400,000	
3	Banda pesadora	2'100,000	
2	Tanque asentador	2'000,000	
1	Banco celdas flotación	1'000,000	
2	Tanque acondicionador	500,000	
6	Ciclones	600,000	
17	Bombas lodo	2'000,000	
		<u>41'600,000</u>	

Inversión para la planta de beneficio de Arenas Detríticas

Equipo	41'600,000	
Montaje	5'408,000	
Tuberías	832,000	
Instalación eléctrica	1'664,000	
Terrenos	4'000,000	
Investigación	4,000,000	
Costo físico de la planta		\$ 57'504,000
Ingeniería y construcción	8,320,000	
Costo directo de la planta		62'824,000
Imprevistos	416,000	
Costo fijo de la planta		63'240,000
Capital de trabajo	7'101,433	
Inversión fija		70'341,433

3.3.2. Ingresos

Para determinar los ingresos se tomó como base el volumen y valor de la producción de cromita, ilmenita y zircón.

<u>Programa de Producción</u>	(Ton/año)
<u>Producto</u>	<u>Año</u> <u>1 a 10</u>
Cromita	20,359
Ilmenita	36,556
Zircón (*)	12,240

(*) Sólo se consume en la actualidad 4,720 Ton/año, siendo este valor la base para el cálculo.

Precio de Venta de los Productos. (Pesos/Ton)

<u>Producto</u>	<u>Precio de Venta</u>
Cromita	2,447.52
Ilmenita	760.21
Zircón	4,607.83

Ingresos Totales Anuales por Ventas (Pesos/Año)

<u>Producto</u>	<u>Año</u>
	<u>1 a 10</u>
Cromita	49'829.059
Ilmenita	27'790,236
Zircón	21'749,000
Total	99'368,295

3.3.3 Presupuesto de Costos y Gastos.a) Costo Anual mano de obra

<u>Concepto</u>	<u>No.</u>	<u>Sueldo</u>	
		<u>Unitario</u> <u>Pesos/Mes</u>	<u>Anual</u> <u>Pesos/Año</u>
<u>Supervisión</u>			
Jefe Planta	1	30,000.00	360,000
Jefe Turno	5	18,000.00	1'080,000
Oficinista	1	10,000.00	120,000
Total	7		1'560,000
<u>Manor Obra Directa</u>			
		<u>Pesos/Día</u>	<u>Pesos/Año</u>
Operador Proceso	14	220.00	1'124,200
Ayudantes 1a.	14	185.00	945,350
Mecánico	3	220.00	240,900
Ayud. Mecánico	4	185.00	270,000
Operador Grud.	2	220.00	160,600
Operador Camión	4	220.00	321,200
Operador Traxcavo	2	220.00	160,000
Analista	4	280.00	408,800
Despachador	1	185.00	67,525
Ayudantes 2a.	7	160.00	408,800
	55		4'108,475

Resumen:

Supervisión	1'560,000
Mano de obra Directa	4'108.475
Prestaciones (35%)	<u>1'983,966</u>
Total	<u>7'652,441</u>

b) Costo Reactivos / Año.

Acido Oléico	6'679,584
Acido Sulfúrico	279,752
Sulfato Cobre	1'704,250
Carbonato Sodio	<u>386,260</u>
Total	<u>9'049,846</u>

c) Costo Servicios / Año

Combustibles	300,000
Electricidad	2'000,000
Agua	<u>50,000</u>
Total	<u>2'350,000</u>

d) Costos de Ventas.- Se consideran un 2% del total de las ventas \$ 2'981,049.

e) Mantenimiento.- Se considera un 4% sobre el valor de la maquinaria, representado \$ 1'664,000 anual.

f) Seguros.- Se considera un 1% sobre el capital fijo - % 632,400.

g) Depreciación.- La depreciación se hará al 10% anual sobre el capital fijo, dando \$ 7'034,143.

h) Gastos Administrativos.- Se consideran un 2% del capital fijo, dando \$ 1'266,480.00.

Clasificación de Costos y Gastos en Fijos y Variables.

	Año <u>1 a 10</u>
<u>Costos Fijos:</u>	
Mano de Obra Directa	4'108,475
Supervisión	1'560,000
Prestaciones	1'983,966
Mantenimiento	1'664,000
-Gastos Admnsitrativos	1'266,480
-Depreciación	7'034,143
-Seguros	632,400
Sub-Total	<u>18'249,464</u>
<u>Costos Variables:</u>	
Reactivos	9'049,846
Servicios	2'350,000
-Ventas	2'981,049
Impuestos sobre Producción 1.15%	1'142,735
Sub-Total	<u>15'523,630</u>
TOTAL	<u>33'773,094</u>

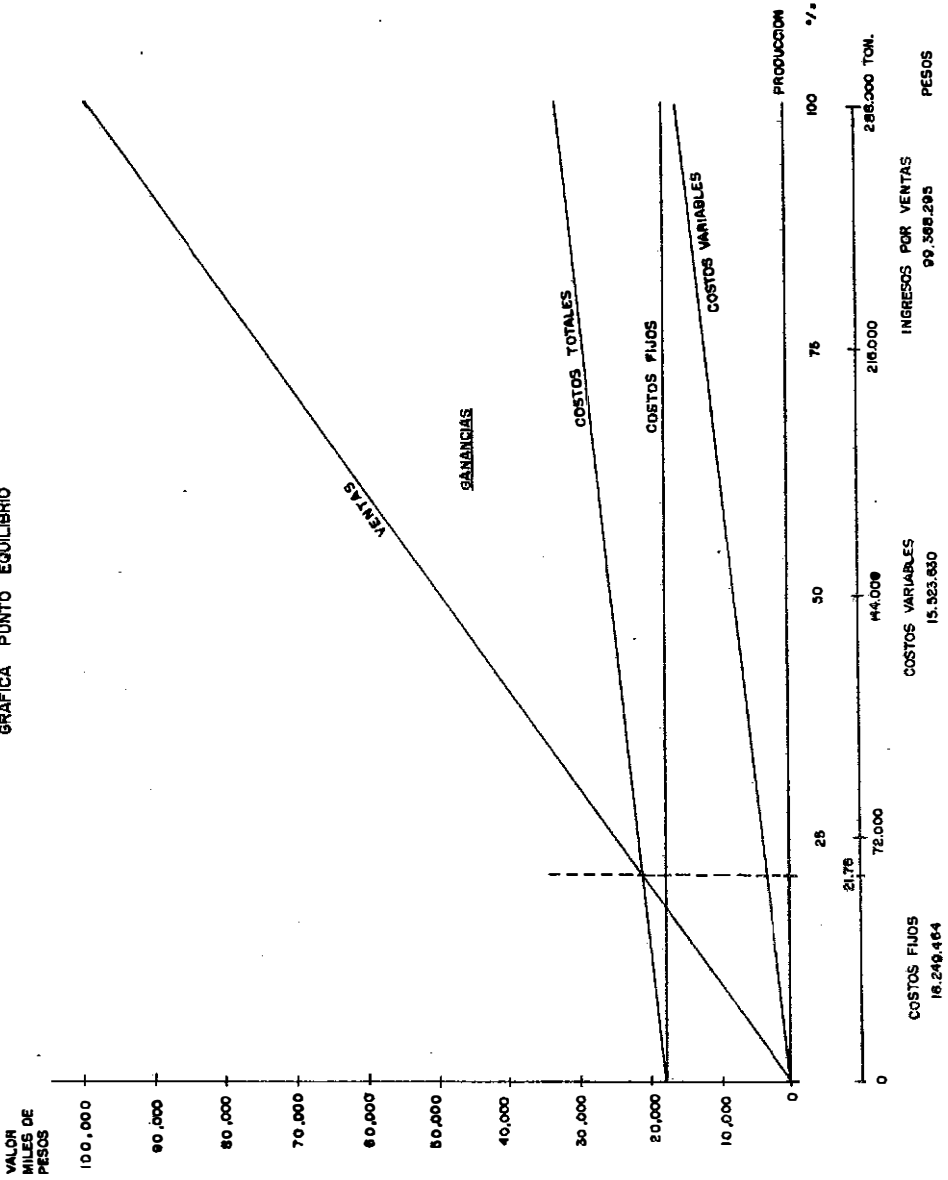
4.3.4. Gráfica Punto Equilibrio.- Anexo

3.4. EVALUACION ECONOMICA.

Proforma del Estado de Pérdidas y Ganancias a 10 años.

	Año <u>1 - 10</u>
<u>Ingresos:</u>	
Ventas	99'368,294
Total Ingresos	99'368,295

GRAFICA PUNTO EQUILIBRIO



	Año
	<u>1 - 10</u>
<u>Ingresos:</u>	
Costo de Operación	21'859,022
<u>Utilidad Bruta</u>	77'509,273
Gastos Administración	1'266,480
Gastos Ventas	2'981,049
Gastos de Seguros	632,400
Depreciación	7'034,143
<u>Utilidad Gravable</u>	65'595'201
Impuesto sobre la Renta	32'797,600
+ Reparto de Utilidades a los trabajadores	
<u>Utilidad Neta</u>	32'797,600

Proforma del Flujo de Caja y Rentabilidad, Proyectado a 10 años.

Utilidad Neta	32'797,600
Depreciación y Amort.	7'034,143
Flujo de Efectivo	39'831,743
Excedente Neto de Efectivo Acumulado a 10 años	398'831,743
<u>Rentabilidad = 56.62%</u>	

.16.
 ESTUDIO PREFACTIBILIDAD TÉCNICO ECONOMICO "ARENAS DETRITICAS".
 Febrero 29, 1980.

CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO

<u>Año</u>	<u>Flujo Efectivo Anual</u>	<u>Factor Actualización 50%</u>	<u>Valor Actual</u>	<u>Factor Actualización 60%</u>	<u>Valor Presente</u>
0	70'341,433				
1	39'831,743	0.6667	26'555,823	0.6250	24'894,839
2	39'831,743	0.4444	17'701,226	0.3906	15'558,278
3	39'831,743	0.2963	11'802,145	0.2441	9'722,928
4	39'831,743	0.1975	7'866,769	0.1526	6'078,324
5	39'831,743	0.1317	5'245,841	0.0754	3'003,313
6	39'831,743	0.0878	3'497,227	0.0596	2'373,972
7	39'831,743	0.0585	2'330,157	0.0373	1'485,724
8	39'831,743	0.0390	1'553,438	0.0233	928,079
9	39'831,743	0.0260	1'035,625	0.0146	581,544
10	39'831,743	0.0173	689,089	0.0091	362,469
			- 7'935,907		+ 5'351,963
			V_1		V_2

$$TIR = \frac{R_2 V_1 - R_1 V_2}{V_1 - V_2} \times 100$$

$$TIR = \frac{.60(-7'935,907) - .50(5'351,963) \times 100}{-7'935,907 - 5'351,963} = 55.97$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De este estudio se desprende que es factible técnicamente la utilización de las arenas detríticas de las playas de Tabasco y Campeche, para la obtención de concentrados de cromita, ilmenita y zircón, materia prima que es importada en su totalidad por la industria en México.

En el estudio económico de prefactibilidad no se consideró el renglón de costos financieros ya que no se conoce la fuente de capital de inversión que si proviene de empréstitos, se debe afectar el flujo de efectivo neto; por lo cual se deja a las partes interesadas en el proyecto una evaluación más exhaustiva que se apegue más a sus intereses.

Cabe hacer notar que la producción de concentrados de zircón rebasa el consumo nacional, no considerándose el valor de los concentrados residuales en el estudio económico, requiriéndose un estudio de mercado internacional para esos concentrados y/o la creación de nuevas fuentes de aplicación para su uso.

Resulta interesante hacer notar que, puesto que -

los minerales no tienen valor real sino hasta son extraf--
dos, el país que sigue la política de dejar que permanez--
can en el subsuelo, preservándolos para el futuro, se pro-
hibe así mismo el aprovechamiento actual de un valor; así-
como sus beneficios indirectos, que posiblemente con el pa
so del tiempo, al modificarse las condiciones del medio y
la tecnología, o por descubrimiento de nuevas funetes de -
abastecimiento, puede convertirse en algo sin valor, sobre
todo si se desarrollo un sustituto más barato.

BIBLIOGRAFIA

1. MINERAL FACTS AND PROBLEMAS
U.S. Bureau of Mines.
1970.
2. INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS
The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers.
1960.
3. A.M. GAUDIN
Principles of Mineral Dressing
Mc: Graw-Hill Book Company.
1939.
4. I.N. PLAKSIN
Flotation Properties of Rare Metal Minerals
Primary Sources-New York.
1967.
5. A.F. TAGGART
Hand Book of Mineral Dressing.
John Wiley And Sons Inc.
1945.
6. ROBERT H. PERRY.
Mc Graw-Hill Book Company.
1973.

7. NICOLAS IRIS ROVIROSA
Valuación de Proyectos Industriales.
C.R.N.N.R. Publicacion 18-F
1971.

8. ARMANDO GARCIA DE LEON LOZA
Determinación de Titanio Arenas de Mar de las Costas-
Mexicanas.
Tesis-Fac. Química.
1978.

9. ENRIQUE APIQUIAN NAVA.
Aprovechamiento de Arenas Tironíferas de la Costa - -
Occidental de México.
Tesis-Fac. Química.
1968.

10. MINERAL PROCESSING FLOWSHEETS
Denver Equipmen Company
1965.

11. COMPARATIVE STUDIES ON BLACK SAND CONCENTRATES OF --
SOUTH INDIA.
Journal: Proc. Indian Acad. Sci. Pag. 231-245.

12. STUDY OF THE BENEFICIATING CAPACITY OF SEA SANDS.
Jorunal: Tsentr. Nauchno-Issled. Pag. 109-113.

13. METHOD AND APARATUS FOR SEPARATING GOLD AND OTHER HEA
VY MATERIALS FROM ORE.
Jorunal: U.S. Publ: 7604200.