

T
553.46
V845



BIBLIOTECA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



“AMALGAMACION DE ORO EN TAMBOR DE LOS
CONCENTRADOS DEL RIO PAUTE (SECTOR MENDEZ)”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERA EN GEOLOGIA

Presentado por:

Marcia Víctoria Vítores Matamoros

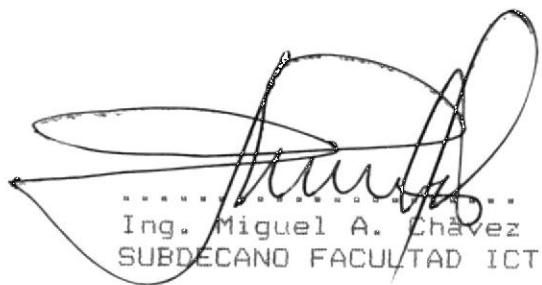
Guayaquil - Ecuador
1990

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de exámenes y Titulos Profesionales de la ESPOL).

Marcia V. Torres
.....
MARCIA VICTORIA VITORES MATAMOROS

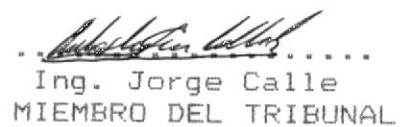


.....
Ing. Miguel A. Chávez
SUBDECANO FACULTAD ICT



.....
Ing. Hugo Eguez A.
DIRECTOR DE TESIS

.....
Ing. Sergio Aguayo E.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....
Ing. Jorge Calle
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A MI HIJA

A MIS PADRES

A MIS ABUELAS

A MIS HERMANOS

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento al CYCYT, por la ayuda económica sin la cual no se hubiera podido realizar este trabajo; al grupo humano que conforman la Facultad de Ciencias de la Tierra; en especial al Ing. Hugo Equez Alava, Director de esta Tesis, por su valiosa guía; a mis profesores; a mis compañeros y amigos, por todos los años compartidos.

Un especial agradecimiento a mi tío, el Ing. Carlos Matamoros, por su invalorable ayuda .

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el estudio de la amalgamación del oro de los concentrados del río Paute (Sector Méndez), utilizando un amalgamador de tambor.

Las variables que entran en juego en la amalgamación son:

Velocidad del tambor, porcentaje de relleno del tambor, porcentaje de sólidos por peso, tamaño de las partículas de oro, tiempo de amalgamación, porcentaje de mercurio, etc.

En este trabajo las dos primeras variables se tomaron como constantes, las restantes fueron tomando diferentes valores de acuerdo a la variable de interés para las diferentes pruebas.

En total se realizaron 36 pruebas con muestras sintéticas analizando las diferentes variables y determinando las recuperaciones correspondientes.

De todos estos ensayos se concluyó que la recuperación de

oro aumenta con el incremento de la cantidad de mercurio, del tiempo de amalgamación, del tamaño de las partículas de oro y disminuye con el porcentaje de sólidos por peso.

Se pudo observar también que con el aumento indefinido del tiempo de tratamiento no se pueden alcanzar recuperaciones superiores al 70% para tamaños inferiores a la malla 200 (ASTM), observándose una tendencia a un decremento en la recuperación debido a factores que deben ser analizados en trabajos posteriores.

Las recuperaciones de oro, empleando este proceso, varían en el siguiente rango:

RECUPERACION	MALLA (en ASTM)
$\geq 80\%$	+ 70
75% - 80%	-70+100
70% - 80%	-100+200
$\leq 70\%$	-200



BIBLIOTECA

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS.....	XV
INTRODUCCION.....	17
Ojetivo.....	17
Importancia del trabajo.....	17
Ubicacion del àrea y vias de acceso.....	18
Hidrografia.....	20
Topografia.....	20
Vegetacion.....	21
Actividad econòmica.....	22
I.CAPITULO.....	23
GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO.....	23
1.1 Geologia local.....	23
1.2 Toma de muestra.....	25
II.CAPITULO.....	27
INTRODUCCION A LA AMALGAMACION.....	27

2.1 Generalidades.....	27
2.2 Tipos de amalgamaci3n.....	32
2.3 Etapas en la amalgamaci3n.....	37
III.CAPITULO.....	44
AMALGAMACION EN TAMBORES.....	44
3.1 Factores que influyen en la amalgamaci3n en tambores.....	44
3.1.1 Sustancias disueltas.....	44
3.1.2 Sustancias en suspensi3n.....	45
3.1.3 Sustancias mec3nicamente forzadas...	46
3.2 Variables que entran en juego en la amalgamaci3n en tambores.....	46
3.2.1 Cantidad de mercurio.....	46
3.2.2 Revoluci3n del tambor.....	47
3.2.3 Forma y tama1o de las part3culas...	48
3.2.4 Tiempo de amalgamaci3n.....	49
3.2.5 Porcentaje de s3lidos por peso.....	49
3.2.6 Volumen de relleno del tambor.....	49
IV.CAPITULO.....	51
ANALISIS MINERALOGICO DE LOS CONCENTRADOS.....	51
4.1 Minerales asociados.....	51
4.2 Caracter3sticas del oro en los concentrados	52
4.3 Frecuencia del oro en funci3n de su tama1o.	53
4.4 C3lculo del tenor.....	56
V.CAPITULO.....	56
EXPERIMENTACION.....	56
5.1 Variable: Porcentaje de s3lidos por peso....	62
5.2 Variable: Tiempo de amalgamaci3n/tama1o de	

particula.....	63
5.3 Variable: Porcentaje de mercurio/tamaño de particula.....	72
5.4 Discusión de los resultados.....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
ANEXOS.....	87
BIBLIOGRAFIA.....	135



INDICE DE ABREVIATURAS

ASTM	American Standard For Testing Materials
°C	grados centigrados
cm	centímetros
d	diámetro de las bolas
D	diámetro del tambor
Fig	figura
g	gramos
H	horas
J	fracción de relleno de bolas
Km	kilómetros
m	metros
N	norte
O	oeste
pulg	pulgadas
r.p.m.	revoluciones por minuto
S	porcentaje de sólidos por peso
T	tiempo
w	velocidad rotacional
w _c	velocidad crítica
W	peso del mercurio

W_l	peso del liquido
W_m	peso del mineral
W_p	peso de la pulpa
f	densidad

INDICE DE FIGURAS

N°		Pag.
1	Ubicación del área de estudio.	19
2	Formación de una amalgama.	30
3	Diagrama de una trampa de mercurio.	35
4	Diagrama de una retorta.	41
5	Histograma de la distribución del porcentaje de oro.	54
6	Porcentaje de sólidos por peso.	61
7	Variable: Tiempo de amalgamación.	65
8	Variable: Tiempo de amalgamación.	66
9	Variable: Tiempo de amalgamación.	67
10	Variable: Tiempo de amalgamación.	68
11	Variable: Tiempo de amalgamación.	69
12	Variable: Tiempo de amalgamación Tamaño de partícula.	70
13	Variable: Porcentaje de mercurio.	74
14	Variable: Porcentaje de mercurio.	75
15	Variable: Porcentaje de mercurio.	75
16	Variable: Porcentaje de mercurio.	77
17	Variable: Porcentaje de mercurio.	78

18	Variable: Porcentaje de mercurio	82
	Tamaño de partícula.	
19	Curva de distribución del tamaño de granos.	91

INDICE DE TABLAS

N°		Pag.
I	Determinación de la velocidad de rotación.	98
II	Determinación de la velocidad de rotación	99
III	Determinación de la velocidad de rotación	100
IV	Variable: Ley del concentrado.	101
V	Variable: Ley del concentrado.	102
VI	Variable: Ley del concentrado.	103
VII	Variable: Porcentaje de sólidos por peso.	104
VIII	Variable; Porcentaje de sólidos por peso.	105
XIX	Variable: Porcentaje de sólidos por peso.	106
X	Variable: Tiempo de amalgamación.	108
XI	Variable: Tiempo de amalgamación.	109
XII	Variable: Tiempo de amalgamación.	110
XIII	Variable: Tiempo de amalgamación.	111
XIV	Variable: Tiempo de amalgamación.	112
XV	Variable: Tiempo de amalgamación.	113
XVI	Variable: Tiempo de amalgamación.	114
XVII	Variable: Tiempo de amalgamación.	115

XVIII	Variable: Tiempo de amalgamaci3n.	116
XIX	Variable: Tiempo de amalgamaci3n.	117
XX	Variable: Tiempo de amalgamaci3n.	118
XXI	Variable: Tiempo de amalgamaci3n.	119
XXIII	Variable: Tiempo de amalgamaci3n.	121
XXIV	Variable: Tiempo de amalgamaci3n.	122
XXV	Variable: Tiempo de amalgamaci3n.	123
XXVI	Variable: Tiempo de amalgamaci3n.	124
XXVII	Variable: Porcentaje de mercurio.	125
XXVIIIV	Variable: Porcentaje de mercurio.	126
XXIX	Variable: Porcentaje de mercurio.	127
XXX	Variable: Porcentaje de mercurio.	128
XXXI	Variable: Porcentaje de mercurio.	129
XXXII	Variable: Porcentaje de mercurio.	130
XXXIIIV	Variable: Porcentaje de mercurio.	131
XXXIV	Variable: Porcentaje de mercurio.	132
XXXV	Variable: Porcentaje de mercurio.	133
XXXVI	Variable: Porcentaje de mercurio.	134



BIBLIOTECA

INTRODUCCION

OBJETIVO.-

El objetivo de este trabajo consiste en el estudio de la técnica de amalgamación en tambor para la recuperación del oro aluvial presente en las arenas del río Paute, cerca del Cantón Méndez en la provincia de Morona Santiago, y de esta forma conocer las mejores condiciones para la recuperación de este metal.

IMPORTANCIA DEL TRABAJO.-

Este trabajo tiene la finalidad de dar a conocer la influencia de las distintas variables que intervienen en el proceso de la amalgamación en tambor tales como: el porcentaje de sólidos, la velocidad de rotación del tambor, tamaño del oro, cantidad de mercurio, etc.

Conociendo el efecto de estas variables, se escogen las mejores condiciones para optimizar el proceso de amalgamación.

De lo que se conoce no existe en nuestro país información

sobre el estudio sistemático de la amalgamación de oro aluvial en tambores; también se sabe de la existencia de una gran cantidad de pequeños y medianos mineros que se dedican a la explotación aurífera de depósitos aluviales utilizando una técnica de amalgamación rudimentaria y que en la mayoría de los casos produce pérdidas en la recuperación así como también contaminación ambiental.

Todos estos factores motivaron a buscar una alternativa más eficiente en la recuperación de oro con un mayor control de la contaminación como es la amalgamación en tambor objeto del presente estudio.

UBICACION Y VIAS DE ACCESO.-

Los concentrados utilizados para el proceso de amalgamación provienen de las terrazas jóvenes y antiguas de la zona de Chingananza (sector Méndez) de la provincia de Morona Santiago.

Esta zona políticamente pertenece al Cantón Méndez de la provincia de Morona Santiago; Méndez se ubica a 6 Km. al NO de Chingananza Fig. 1, (3).

La vía de acceso principal a Méndez es un camino de tercer orden que parte desde Gualaceo con dirección hacia el este pasa por los poblados de Plan de Milagro, Limón,

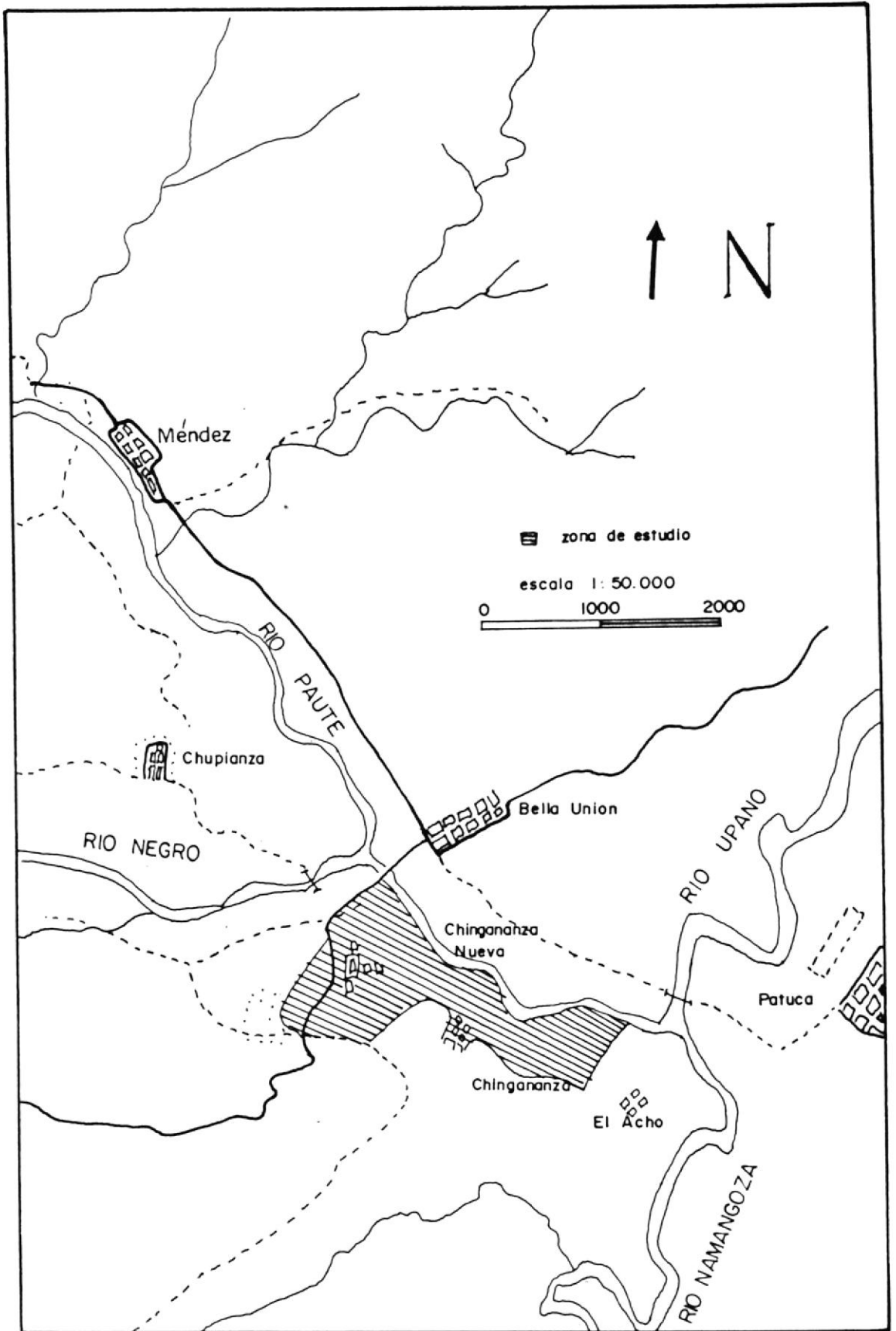


Fig.1 MAPA DE UBICACION

Yunganza y Méndez.

El acceso al área de Chingananza se lo hace por un camino que se desvía de la vía principal antes mencionada a la altura de Chingananza Nueva y termina en el poblado denominado El Acho situado al sur del área de estudio (3).

Geográficamente el área se encuentra limitada por las siguientes coordenadas:

2°43'55" S, 78°17'14" O	2°44'34" S, 78°16'09" O
2°44'38" S, 78°17'39" O	2°44'50" S, 78°16'22" O

HIDROGRAFIA.-

El drenaje principal está constituido por los ríos Paute y Negro que se unen a la altura de la población de Bella Unión para luego unirse aguas abajo con el río Upano que sigue con el nombre de Río Namangoza hacia el sur.

TOPOGRAFIA.-

No existen datos topográficos sobre el sector, sólo se dispone de la hoja planimétrica Méndez de la Provincia de Morona Santiago escala 1:50.000. Sin embargo se corroboró con un altímetro de precisión que las terrazas alineadas

con el eje del río, tienen cotas que van de 500 m.s.n.m. hasta los 700 m.s.n.m. (3).

CLIMA.-

Las lluvias son abundantes durante todo el año siendo los meses de menor precipitación Octubre, Noviembre y Diciembre.

El área pertenece al clima megatérmico húmedo. Las precipitaciones anuales son muchas veces superiores a los 2000 mm. y pueden llegar a los 5 m., la mayor parte recogidas en una sola estación lluviosa. El promedio de las temperaturas varía según la altura entre 15° y 24° C. La humedad relativa se establece alrededor del 90 % (5).

VEGETACION.-

La vegetación es exuberante de tipo tropical con extensas áreas de selva virgen ricas en maderas finas como la caoba, cedro, etc.

Los sitios de cultivo están limitados a las áreas planas como sembríos, y a las terrazas del río Paute, cultivándose predominantemente cacao, achiote, naranjillas, plátanos y pastos para ganadería (5).

El área pertenece al tipo de bosque muy húmedo Premontano y Montano Bajo. La vegetación del bosque muy húmedo Montano Bajo, tiene mucha afinidad con la que se encuentra en el bosque húmedo Montano Bajo, siendo su característica más común la presencia de muchas epifitas con las copas y troncos de los árboles de los géneros Peperonia, Asplendia y Clusia (5).

ACTIVIDAD ECONOMICA.-

La actividad económica del sector consiste en la agricultura, la ganadería y en la minería artesanal del oro aluvial.

Las labores mineras de los pobladores se limitan a la explotación de oro aluvial de los ríos y quebradas del sector obteniendo una producción difícil de estimar (3).

CAPITULO I

GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

1.1 GEOLOGIA LOCAL.-

La geología del área muestreada consiste principalmente en dos unidades sedimentarias:

Formación Mesa.-

La Fm. Mesa comprende potentes depósitos de pie de monte volcanofluviátiles, extendidos desde las cadenas orientales de los Andes sobre la parte oeste del oriente, estos depósitos ocultan a las formaciones más antiguas en amplias áreas. Se han detectado por lo menos 5 niveles de terrazas, escalonadas entre 1460 m. y 450 m. de altitud (1).

El miembro "Mesa de Mera" corresponde a las terrazas inferiores de la Fm. Mesa que baja suavemente desde unos 1150 m. de altitud cerca de los Andes hasta unos 900 m., 30 Km. al este, éste se compone de arcillas y

areniscas tobáceas, con varios horizontes de conglomerados gruesos con estratificación cruzada de tipo torrencial, en los conglomerados se encuentran comúnmente bloques de granito y gneiss de varios metros de diámetro; esta Formación constituye en la mayoría de los lugares estudiados la base sobre la que se desarrollan los depósitos aluviales recientes (1).

Terrazas recientes.-

Sobre la Fm. Mesa se desarrollan depósitos sedimentarios recientes dejados por el Río Paute.

La forma de las terrazas en la zona de muestreo se asemeja a una figura geométrica rectangular de bordes irregulares, de aproximadamente 600 m. de ancho por 2 Km. de largo, con una orientación de su eje, NO-SE, paralelo al eje del río Paute, estas terrazas se desarrollan entre 500 a 600 m.s.n.m. (3).

Las terrazas presentan las siguientes características litológicas; se presenta en casi todos los lugares mestrados un nivel superior de suelo de poca profundidad (\pm 0.50m.) luego la litología cambia a gravas y bloques de gneiss, esquistos, cuarzo de veta y otros clastos de rocas ígneas básicas y ácidas con bloques de hasta 30 cm. de espesor, estos niveles se

intercalan con estratos de arena gruesa y los bloques aumentan en número y tamaño hacia la base de la terraza llegando a superar el metro (1.0 m.) de diámetro (3).

1.2 TOMA DE MUESTRA.-

La toma de muestra fue realizada por un grupo de campo bajo la dirección del Ing. Hugo Eguez, en frentes o taludes naturales estables que permitirían realizar una buena excavación de las trincheras (3).

Una vez que escogieron el lugar de la excavación, abrieron en la parte superior del frente del talud una trinchera de aproximadamente 2 m. por cada lado y de profundidad variable, dependiendo de los cambios litológicos del frente de excavación; los lados de la trinchera se cerraban escalonadamente a medida que se profundizaba el pozo. El material excavado, aproximadamente $2 \frac{m^3}{\text{día}}$, lo arrojaban a la base del talud de donde era acarreado en baldes o bateas a una criba ubicada en la parte superior de un canalón, aquí el material fue cuidadosamente lavado utilizando para esto abundante agua que la obtenían de una fuente (río, quebrada) por medio de bombas o realizando un sifón con las mangueras (3).

Los canalones que utilizaron eran de aproximadamente 3.5 m. de largo por 40 cm. de ancho en su interior utilizaron sacos de cabuya colocando el más fino en la parte inferior y el más grueso (5 mm. de abertura) en la parte superior, la recuperación de oro en el canalón fue optimizada con la colocación de riffles de 2.5 cm. de alto dispuestos perpendicularmente al flujo y separados aproximadamente cada 30 cm., la pendiente del canalón la graduaron a no más de 8°. El material fue posteriormente concentrado y liquidado usando bateas de madera, normalmente se realizaron 2 liquidadas al día, el oro obtenido lo colocaron en doble funda plástica y lo etiquetaron (3).

CAPITULO II



BIBLIOTECA

INTRODUCCION A LA AMALGAMACION

2.1 GENERALIDADES.-

El procedimiento de la amalgamación fue descubierto en 1558 por Bartolomé de Medina, siendo puesto en práctica por primera vez en la Europa Central y luego perfeccionado en México (2).

Se conoce del uso del mercurio en molinos para recuperar oro desde 1829 utilizado en explotación de oro en Georgia, USA (8).

En nuestro país el proceso de amalgamación para recuperación de oro se lo comenzó a utilizar en los últimos años del siglo XVIII (7).

El mercurio como se sabe, es un metal líquido, inoxidable a la temperatura ambiente; es el más denso de los metales comunes, su gravedad específica es de 13.6 aproximadamente y hierve a la temperatura de

357°C.

El sulfuro de mercurio o cinabrio es el compuesto más común del mercurio y del cual se extrae prácticamente todo el metal para el comercio.

Este metal tiene la particularidad de ligarse con la mayor parte de los metales con los cuales forma aleaciones que llevan el nombre genérico de amalgama.

La amalgamación no es sino el proceso de concentración en el cual los metales nativos son separados de la ganga de acuerdo a la "mojabilidad selectiva" de su superficie por mercurio en un medio acuoso, mientras que el agua moja selectivamente a la ganga (6).

Este proceso es aplicable en las minas llamadas "free milling ores", donde el metal es grueso y nativo, se aplica en preconcentrados gravimétricos y/o de flotación, que contienen oro en estado libre (6).

La amalgamación se la utiliza principalmente para recuperar oro o plata. La amalgamación de oro involucra la disolución parcial de éste en mercurio, con la formación de la amalgama, o aleación (6).

En la Fig. 2, se muestra esquemáticamente el mecanis-

mo de formación de una amalgama (6).

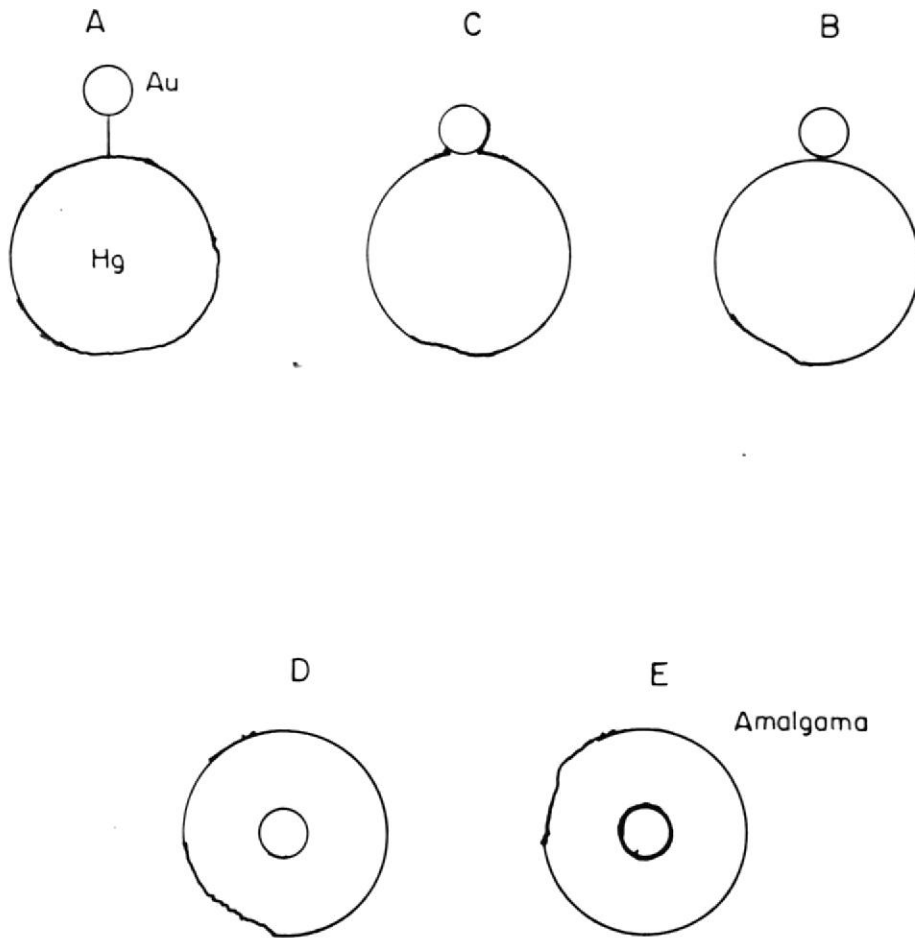
Para que la amalgamación sea efectiva tanto el mercurio como el oro deben cumplir las siguientes condiciones :

Ambos metales deben estar lo más puros posibles y sus superficies lo más limpias posibles. El primero de los dos metales anotados se distingue cuando está puro por su brillo metálico y por su fluidez ya que las gotas de mercurio no hacen "cola" al rodar por una superficie lisa e inclinada.

Si no cumple con las condiciones anteriores, es necesario aplicarle ciertos "remedios" con el fin de activarlo para la amalgamación. Lo más sencillo es filtrarlo a través de una tela de tejido muy apretado o destilarlo. Si no se consigue obtener así un mercurio en buenas condiciones, se le puede añadir ciertos reactivos tales como hidróxido de sodio, cianuros alcalinos, el uso de amalgama de zinc o de sodio en lugar de mercurio.

En el presente trabajo no se utilizó ningún tipo de activadores.

En cuanto al oro, los minerales auríferos son amalga-



- A,B Acercamiento entre partículas
 C Adhesión entre partículas
 D Hundimiento del oro en el mercurio
 E Formación de la amalgama

Fig.2 FORMACION DE LA AMALGAMA

mables siempre y cuando el oro esté en forma libre en cantidades apreciables o que se lo pueda liberar fácilmente. El oro puede tener cubierta su superficie por óxidos de hierro, sulfuros, grasas y/o sílice, etc. que pueden entorpecer el contacto entre estos dos metales y de esta manera no se podrá obtener una buena recuperación.

Es por eso que al oro se lo somete a la fricción junto con el mercurio para que su superficie quede limpia a pesar de que el mercurio puede sufrir atomización es decir subdividirse indefinidamente de tal manera de que no puede unirse de nuevo para formar la gota de mercurio.

La amalgamación en tambor tiene esta ventaja ya que a la vez que amalgama, limpia la superficie del oro.

Además hay que anotar, que si el material tiene del 1% al 5% de pirita, la amalgamación no se ve afectada, pero si hay un 20% de pirita y un porcentaje mucho menor de marcasita, de galena, de blenda, o de compuestos de arsénico y antimonio, la amalgamación se retarda y hasta puede impedirse totalmente (2).

2.2 TIPOS DE AMALGAMACION.-

Los diferentes tipos de amalgamación son los siguientes:

1.- Amalgamación en planchas.-

En este tipo de amalgamación la pulpa pasa encima de una película viscosa de mercurio fijada sobre placas de cobre de $3/16$ a $1/4$ pulgada de espesor. La inclinación de la mesa varía entre $1/2$ y 2.5 pulgada por pie, de acuerdo al material que se trate.

Debido a que el cobre se disuelve en el mercurio y forma hidratos de cobre que manchan e imposibilitan el contacto íntimo entre el mercurio y el oro, se comienza a utilizar láminas de cobre electroplateadas. Estas placas tienen la ventaja sobre las placas de cobre, porque adhieren al oro desde el principio de la operación y se limpian más fácilmente.

La plata se la adhiere a la placa de cobre por vía electrolítica; es por esta razón de que este método resulta oneroso. La placa de cobre tiene

un grosor de $7/64$ pulg. y la placa de plata varía entre $1/2$ y 4 onzas de plata por pie cuadrado de superficie (4).

Mientras más gruesa sea ésta, tendrá mayor duración pero en cambio resulta mucho más cara.

Para este proceso se utiliza más o menos 1.5 g. de mercurio /g. de oro. Existen pérdidas de 0.5 g. de mercurio/g. de oro recuperado (6).

Actualmente se utiliza en vez de las placas de cobre electroplateadas, placas de metal Muntz (60% de cobre y 40% de zinc). Estas placas también adhieren el oro desde el principio de la operación y se limpian fácilmente por frotamiento (4).

Luego de la plancha amalgamadora se utiliza generalmente una trampa de mercurio, debido a que puede escaparse mercurio con amalgama.

Esta trampa consiste generalmente de una vasija en la cual la pulpa se mueve en un torbellino, de tal manera que las partículas livianas y las moderadamente pesadas escapen con el agua y las pesadas y voluminosas como el oro grueso y el

mercurio se depositen en el fondo de donde se las retira periódicamente Fig.3, (4).

2.- Amalgamación por agitación.-

En este tipo de amalgamación la pulpa se agita dentro de un depósito de mercurio; este procedimiento nunca ha tenido mucha preferencia debido a que el rendimiento de fijación entre el mercurio y el oro es mínimo. Este procedimiento se lo denomina también amalgamación por inmersión (6).

3.- Amalgamación por molienda (en barriles o tambores).-

El barril de amalgamación es una especie de molino de bolas, de porcelana preferiblemente para evitar la contaminación de la pulpa. Las bolas son del mismo material que el tambor y de diferente diámetro o pueden ser varillas o piedras duras.

La capacidad de estos tambores es muy variable y depende de la cantidad del material que se disponga. Por regla general es preferible disponer de varias unidades de tamaño moderado más bien

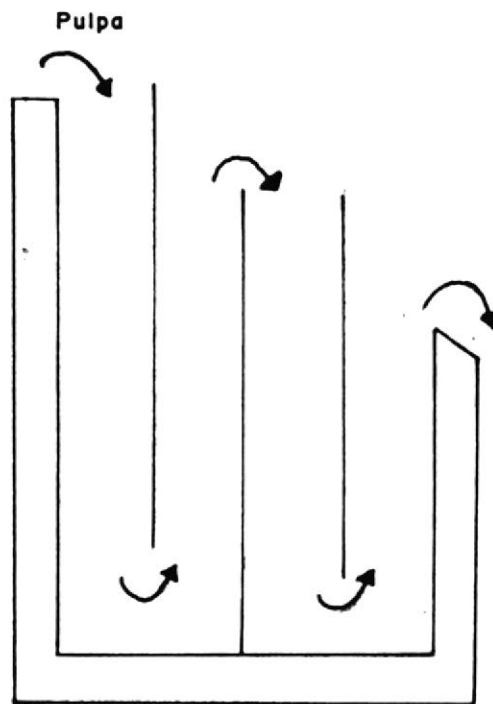


Fig.3 DIAGRAMA DE UNA TRAMPA DE MERCURIO

que tener un barril demasiado pesado y difícil de transportar y manejar.

El barril se lo coloca entre 2 rodillos giratorios que son los que le van a imprimir el movimiento de rotación.

La velocidad de rotación depende de varios factores, y del uso que se le va a dar, es decir si es para moler y/o amalgamar. Generalmente velocidades de 20 a 30 revoluciones por minuto sirven para amalgamar solamente, además depende del tamaño del tambor (4).

El tambor se llenará de carga (bolas+pulpa+mercurio) cuando más hasta la mitad.

La duración del tratamiento se determina empíricamente y al cabo de una serie de operaciones se llega a adquirir práctica suficiente (4).

Posteriormente la pulpa será bateada y filtrada con el objeto de separar la ganga de la amalgama.

Las ventajas que presenta este método son las siguientes:

La superficie del oro se limpia durante el proceso, de tal manera de que mejora el contacto entre éste y el mercurio.

Las fugas de mercurio son casi imposibles y la seguridad del tratamiento se encuentra acrecentado (riesgos de envenenamiento reducidos).

2.3 ETAPAS EN LA AMALGAMACION.-

Las etapas en la amalgamación son las siguientes:

1.- Amalgamación propiamente dicha

En esta etapa el oro pasa a formar amalgama con el mercurio.

El oro y el mercurio forman 2 compuestos: Au_2Hg y Au_2Hg_2 , además de formar una solución de oro con mercurio (6).

El término de la reacción entre los 2 metales está controlada por la mojabilidad del oro por el mercurio. En esta etapa la gravedad es la fuerza más importante en este proceso además de la tensión superficial.

2.- Elutriación

Se debe a la diferencia de pesos específicos entre el mercurio y la amalgama y las colas; en esta etapa se aprovecha de un flujo de agua en contracorriente, el mismo que produce la separación de la amalgama y el agua de las colas.

3.- Filtración

La mezcla (amalgama+mercurio) es filtrada empleando como medio filtrante, piel de camello, gamuza, badana, etc. cualquier tela de tejido muy apretado sirve (6).

En esta tela se envuelve el mercurio (amalgama y mercurio) y se la exprime y retuerce vigorosamente de tal manera que salga el mercurio líquido y quede la amalgama solamente.

4.- Destilación o Lixiviación con ácido nítrico

La separación del mercurio de la amalgama se la hace generalmente por destilación en una retorta, o lixiviando el mercurio con ácido nítrico en medio acuoso.

La retorta consiste en una especie de olla de hierro fundido. Este material es más fusible que el hierro maleable, frágil y quebradizo (4).

La olla se la cubre con una tapa que se la asegura con una brida provista de un tornillo central a manera de palanca. Para subsanar cualquier desgaste de la retorta se emplea pastas blandas de barro y ceniza para aplicar en las caras que se ajustan. Esta pasta se aplica antes de atornillar, nunca después ni por el exterior (4).

En un extremo de la retorta hay un orificio por donde se acondiciona un tubo de vidrio o de cualquier otro material resistente. Por ese tubo es por donde el mercurio gaseoso se convertirá en líquido y se recogerá en una vasija llena de agua.

El tubo deberá estar sumergido en el agua unos pocos milímetros, pues de lo contrario sería muy peligroso (4).

Al tubo se lo cubre con una tela que se mantiene húmeda con agua fría para refrigerarlo; también se utiliza un tubo que se pone en contacto con el tubo de vidrio por donde circula agua fría.

La retorta se la coloca en el fuego a una temperatura superior a los 357°C , que es la temperatura de ebullición del mercurio.

La pasta de la amalgama no debe ocupar dentro de la retorta más de las $2/3$ partes del espacio utilizable.

Para proteger el interior de la retorta se utiliza plumbagina (capa delgada de arcilla, cal, yeso, talco, etc.) con el fin de evitar que el oro se pegue al hierro Fig. 4, (4).

De esta manera se obtiene por un lado el mercurio y por el otro lado el oro denominado "oro esponja".

El método empleado en este trabajo consistió en lixiviar el mercurio de la amalgama obtenida con ácido nítrico diluido siguiendo los siguientes pasos:

a.- La amalgama recuperada luego de la elutriación era filtrada utilizando para ello una tela de tejido apretado, para quitar el exceso de mercurio.

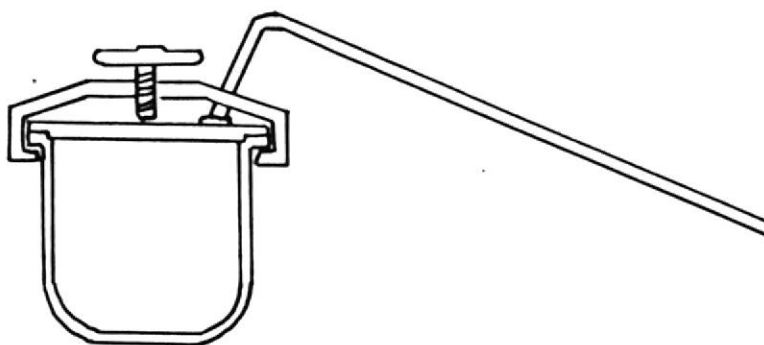


Fig. 4 DIAGRAMA DE UNA RETORTA

- b.- Subsecuentemente se tratò la amalgama utilizando àcido nítrico y agua destilada en proporciòn de 1 a 2 .
- c.- A la reacciòn de lixiviaciòn se la somete a una temperatura de 90°C aproximadamente para acelerar la reacciòn y se espera hasta que todo el mercurio se disuelva.
- d.- Una vez culminada la reacciòn se separa la soluciòn de mercurio del oro insoluble el cual es lavado varias veces con agua destilada.
- e.- Para àsegurar que la superficie del oro estè limpia de cualquier sal de mercurio, èste es sometido a tostaciòn a una temperatura de aproximadamente 600°C por espacio de 4 a 5 minutos despuès de los cuales el oro toma su aspecto brillante característico.
- f.- Para recuperar mercurio se utiliza polvo de zinc el que se aña a la soluciòn lixiviada en frío.

5.- Fusión o copelación

La fusión sirve para obtener oro en lingotes a partir del oro esponja y se la realiza a temperaturas superiores a 1100°C en una mufla.

CAPITULO III

AMALGAMACION EN TAMBORES

3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA AMALGAMACION EN TAMBORES

En la amalgamación al igual que en cualquier otro proceso de recuperación de minerales, existen ciertas sustancias que van a tener un efecto negativo en la eficiencia del proceso, así como en la flotación existen "agentes depresores", así en la amalgamación existen inhibidores de la amalgamación.

Entre estas sustancias tenemos:

Sustancias disueltas

Sustancias en suspensión

Sustancias mecánicamente forzadas

3.1.1 Sustancias disueltas.-

Son por lo general sulfuros alcalinos y algunas reactivos que pueden haber quedado del

proceso anterior que puede ser la flotación.

Su efecto está posiblemente relacionado con la formación de superficies protectoras adsorbidas o químicamente enlazadas sobre el mercurio o el oro, o en ambas.

3.1.2 Sustancias en suspensión.-

Algunos minerales sulfurosos principalmente aquellos que contienen arsénico, bismuto, y antimonio así como, aceites y otros contaminantes orgánicos tienden a dispersar el mercurio en pequeños glóbulos y algunas veces provocan el deslustre del oro.

3.1.3 Sustancias mecánicamente forzadas.-

Debido a los procesos de molienda previos, o por agentes de descomposición atmosférica, el oro puede tener adherido a su superficie óxidos de hierro, que impiden que el oro se amalgame.

Debido también a la molienda puede ser que el mercurio se subdivida excesivamente, de tal manera de que no se pueda unir nuevamente al

conjunto que forman las demás gotas de mercurio. Este mercurio toma un color más blanquecino opaco y no tiene las mismas características que el mercurio limpio, esto es lo que se llama "Fluoring" del mercurio.

Debido también a efectos químicos como un flotación previa, el mercurio puede subdividirse indefinidamente, esto es lo que se llama "Sickening".

3.2 VARIABLES QUE ENTRAN EN JUEGO EN LA AMALGAMACION EN TAMBORES.-

Las variables que desempeñan un papel importante en el proceso de la amalgamación en tambores son:

Cantidad de mercurio, revoluciones del tambor, forma y tamaño de las partículas, tiempo de amalgamación, porcentaje de sólidos por peso, y volumen de relleno del tambor.

3.2.1 Cantidad de mercurio.-

La cantidad de mercurio que se utiliza para obtener una buena recuperación en la amalgamación va a depender de las otras variables aquí

anotadas, en especial del tamaño de la partícula de oro. Sin embargo varios autores aconsejan tomar una determinada cantidad de mercurio de manera que al girar el tambor se mantenga siempre un charco de mercurio en el fondo (6).

Para otros autores, la cantidad de mercurio que se utiliza va del 5% al 25% del peso del mineral. Esta variable incide principalmente en la recuperación debido a que si no hay un buen contacto entre el oro y el mercurio, el primero no se amalgamará(2).

3.2.2 Revoluciones del tambor.-

Las revoluciones del tambor se las da en r.p.m. y variarán de acuerdo a la utilidad del tambor.

Generalmente cuando se utiliza el tambor para amalgamar se aconseja una velocidad de alrededor de 20 a 30 r.p.m. según el diámetro del tambor, ya que a mayor diámetro corresponderá menor número de revoluciones (4).

Si el barril tiene un doble servicio, es decir triturar y amalgamar a la vez, se aumenta la



BIBLIOTECA

velocidad (4).

La velocidad de rotación del tambor entonces debe ser tal de que siempre mantenga un charco de mercurio en el fondo del tambor.

3.2.3 Forma y tamaño de las partículas.-

La forma y tamaño de las partículas de oro juegan un papel importante en el proceso de la amalgamación, es por esto que se hace necesario hacer un estudio microscópico de las partículas de oro.

La forma de las partículas tiene importancia ya que si son planas o discos van a disminuir la "densidad efectiva de éstas" y por consiguiente hay mayor superficie de ataque para el mercurio. Mientras la partícula sea más próxima a una esfera será menor la capacidad de ataque del mercurio y de esta manera, la recuperación disminuirá notablemente.

En cuanto al tamaño de la partícula se sabe que para partículas menores a 70 micrones el proceso de amalgamación es ineficiente debido a que para este tamaño entran a regir leyes diferen-

tes que para las otras partículas mayores como son las leyes de atracción y repulsión que actúan sobre la partícula disminuyendo el efecto de las fuerzas gravitacionales sobre ésta (6).

3.2.4 Tiempo de amalgamación.-

El tiempo de amalgamación dependerá de las variables anteriores y como se dijo en el capítulo II de lo que se quiere obtener es decir si se quiere moler y/o amalgamar el material.

Si el oro está libre generalmente se utiliza dependiendo del tamaño de la partícula un tiempo de media hora a 3 horas.

Si el oro no está libre el tiempo de amalgamación es mayor a las 3 horas, dependiendo del tamaño de la partícula (4).

3.2.5 Porcentaje de sólidos por peso.-

El porcentaje de sólidos por peso se lo calcula como sigue:

$$S = \frac{W_s \times 100}{W_s + W_l} = \% \text{ sólidos por peso donde:}$$

W_s = peso del sólido (mineral) en gramos.

W_l = peso del líquido en gramos.

Para el proceso de amalgamación en tambor se utiliza un valor menor o igual al 50%, ya que a medida que el porcentaje de sólidos aumenta, la recuperación de oro disminuye a pesar de tener una misma cantidad de mercurio. Esto se debe a que las partículas, en su recorrido hacia el fondo del tambor encuentran mayor cantidad de obstáculos para ponerse en contacto con el mercurio.

3.2.6 Volumen de relleno.-

El relleno del tambor debe ser tal que la recuperación de oro sea la mayor posible.

En operaciones industriales se utiliza menos del 50% (46%) de relleno del tambor por motivos de costos y eficiencia del molino (8).

CAPITULO IV

ANALISIS MINERALOGICOS DE LOS CONCENTRADOS

4.1 MINERALES ASOCIADOS.-

Para identificar a los minerales asociados al oro en los concentrados provenientes del río Paute (sector Mèndez) se utilizò el estereomicroscopio binocular y un imàn permanente.

Del concentrado se identificò los siguientes minerales:

Minerales magnéticos (70%)

Minerales no magnéticos (30%)

Dentro de los minerales magnéticos tenemos:

Ilmenita.....	25%
Magnetita.....	40%
Oxidos de hierro.....	5%
<hr/>	
Magnéticos.....	70%

Dentro de los minerales no magnéticos tenemos:

Cuarzo.....	15%
Granate.....	9%
Zircón.....	3%
Piroxenos.....	1%
Fragmentos de rocas.....	1%
Rutilos.....	1%
<hr/>	
No magnéticos.....	30%

Todos estos minerales son característicos de las arenas de río.

4.2 CARACTERISTICAS DEL ORO EN LOS CONCENTRADOS.-

Se estudió las características del oro de los concentrados mediante el estereomicroscopio de acuerdo a los diferentes tamaño de partículas de oro que se encontró.

Fracción: -30+40 mesh (ASTM)

El oro presenta una forma irregular, generalmente alargada. Su superficie está oxidada y presenta pequeñas perforaciones producto de la oxidación de las pirritas presentes en el mineral primario.

Se tiene un 60% de partículas de oro aplanadas. Cerca del 10% de las partículas presentan óxidos de hierro a manera de manchas café rojizas.

Fracción: -40+70 mesh (ASTM)

El oro se presenta en forma de partículas aplanadas generalmente ovaladas de los cuales un 11% de los granos presentan su superficie cubierta por manchas de óxidos de hierro.

Fracción: -70+100 mesh (ASTM)

El oro se presenta con incrustaciones de pequeños minerales magnéticos. Tiene formas ovaladas a alargadas con superficies irregulares. Hay una mayor cantidad de granos con manchas de óxidos de hierro (alrededor del 60%).

Fracción: -100 mesh (ASTM)

El oro se presenta como plaquitas alargadas con un porcentaje de óxidos de hierro en la superficie del 30% al 40% de los granos.

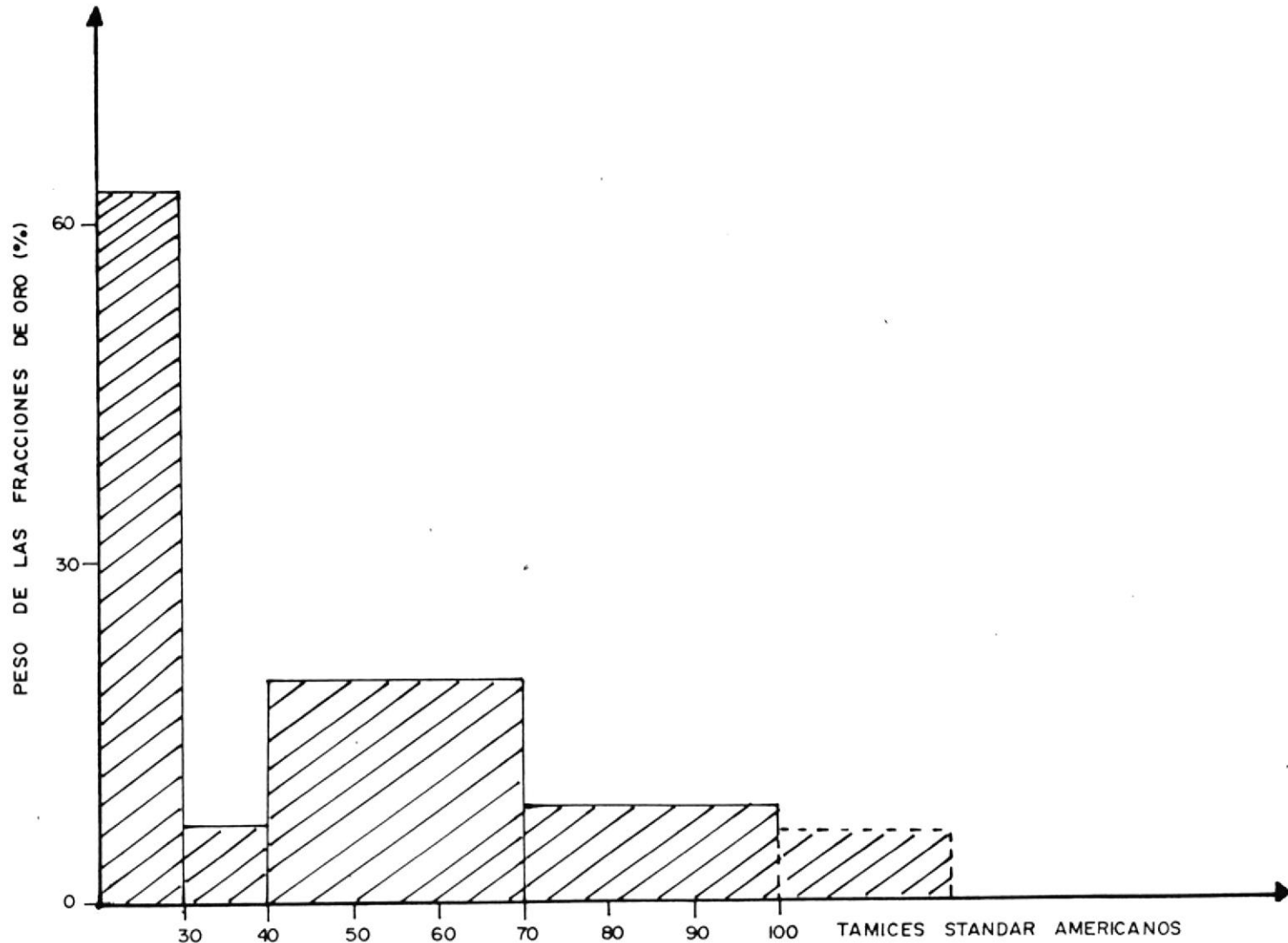


Fig.5 HISTOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DEL PORCENTAJE DE ORO

4.3 FRACCION DEL ORO EN FUNCION DE SU TAMANO.-

Las distintas fracciones de oro obtenidas se pesaron mediante una balanza SARTORIUS, obteniéndose de esta manera los porcentajes en peso versus la fracción de oro.

Estos valores fueron los siguientes:

FRACCION	PESO DE LA FRACCION	% EN PESO
+30	2.8365 g.	60.17
-30+40	0.3169 g.	6.72
-40+70	0.9125 g.	19.35
-70+100	0.3945 g.	8.37
-100	0.2540 g.	5.39
<hr/>		
Total	4.7144 g.	100.00

A partir de estos datos se grafica el histograma correspondiente, Fig. 5.

Del gráfico se observa que hay un predominio de partículas de oro grueso (pasante del tamiz #70 ASTM).

4.4 CALCULO DEL TENOR. -

Los concentrados obtenidos de la depositación en los canalones fueron concentrados nuevamente utilizando una batea de 4 litros de capacidad, el concentrado de batea fue tratado utilizando la técnica de micro-bateado con la finalidad de separar el oro de la ganga y de esta manera poder pesar el oro y así calcular el tenor del concentrado. Aunque los tenores de los concentrados de canalón eran variables, se puede decir que el promedio de éstos tenía un valor cercano a los 210 g./m^3 , este valor fue utilizado y se mantuvo constante durante todas las pruebas de este estudio.

CAPITULO V

EXPERIMENTACION

Para determinar las mejores condiciones para amalgamar en un tambor, se procedió a preparar una muestra sintética mezclando la arena estéril con el oro que había sido separado manualmente.

Se utilizó entonces el material estéril previamente concentrado en canalón y en batea al que se le adiciona la cantidad de oro necesaria para obtener una ley constante de 210 g./m^3 , que es la ley promedio encontrado en los concentrados.

La fracción de oro con diámetro menor a las 100 mallas (ASTM) se la incuartó con plata, fundió en crisoles de arcilla a una temperatura de 1100°C ; el botón de plomo que se recuperó se copeló para obtener un doré, el cual se trató con ácido nítrico para obtener una fracción de oro menor a las 200 mallas (ASTM) con la que se trabaja (Ver Anexo D).

La operación de amalgamación se la realizó mediante un molino de bolas con recubrimiento de porcelana de diámetro D igual al largo L cuyas dimensiones son las siguientes:

$$D=L=18.4 \text{ cm.}$$

Este molino se llenó con un carga constante de bolas, de tal manera de que el relleno del tambor fue como máximo la mitad del volumen del tambor. Dentro de este tambor se colocó la pulpa, la fracción de oro y el porcentaje de mercurio a tratar, de acuerdo a la variable que controlaba el proceso. El tambor se colocó encima de unos rodillos provistos de 4 diferentes velocidades a escoger. El tiempo de la amalgamación varió de acuerdo a los requerimientos de las pruebas.

La fracción de relleno del tambor se la calculó mediante la siguiente fórmula:

$$J = \frac{\frac{W}{B}}{\frac{2}{4} \pi D \times L \times \frac{1}{B}} \times \frac{1}{0.6} \leq 0.5$$

donde:

W = peso total de las bolas en gramos.
B

D = diámetro del tambor en centímetros.

L = longitud del tambor en centímetros.

ρ_B = densidad de las bolas en g./cm³.

La densidad promedio de las bolas de porcelana es igual a 3.62 g./cm³, para su cálculo ver Anexo C.

J es la fracción de relleno de bolas. Convencionalmente se toma una porosidad del 40 %.

Experimentalmente se obtuvo que la porosidad de la carga de bolas fue de aproximadamente 47.8 %, por lo tanto el valor de J fue igual a 0.46.

Luego de transcurrido el tiempo necesario para la amalgamación, se sacó el material del interior del tambor y se usó una cubeta de plástico para lavar las bolas. El exceso de agua se la drenó mediante una manguera a manera de sifón.

El material recuperado (arena + mercurio) fue concentrado mecánicamente a fin de separar el mercurio y el oro de la arena, para tal efecto se utilizó una batea y posteriormente un elutriador.

La separación del mercurio en exceso de la amalgama propiamente se la hizo mediante el uso de un pedazo de tela de tejido muy apretado, la amalgama quedó dentro de la misma por ser ésta sólida, y el mercurio estéril se recogió en un recipiente aparte.

Se trató la amalgama (mercurio+oro) con ácido nítrico diluido aproximadamente al 50 %, en caliente (aprox.90°C) para acelerar la reacción por un tiempo cercano a los 30 minutos, luego se aplicó ácido nítrico concentrado a la amalgama anterior, la cual ya ha reaccionado parcialmente con el ácido nítrico diluido, de manera que el oro quedara lo más puro posible.

Una vez obtenido el oro libre y el mercurio en solución con el ácido, se procedió a vaciar la solución de mercurio en otro envase (vaso de precipitación) y se le añadió polvo de zinc para recuperarlo.

El oro obtenido se lo lavó con agua destilada para disolver cualquier clase de sal que pudiera quedar junto con el oro.

Si hubiera un exceso de sales se tendría que tostar la muestra en la mufla a una temperatura de 600°C por un tiempo de 5 minutos, lapso suficiente para disolver y oxidar cualquier exceso de sales.

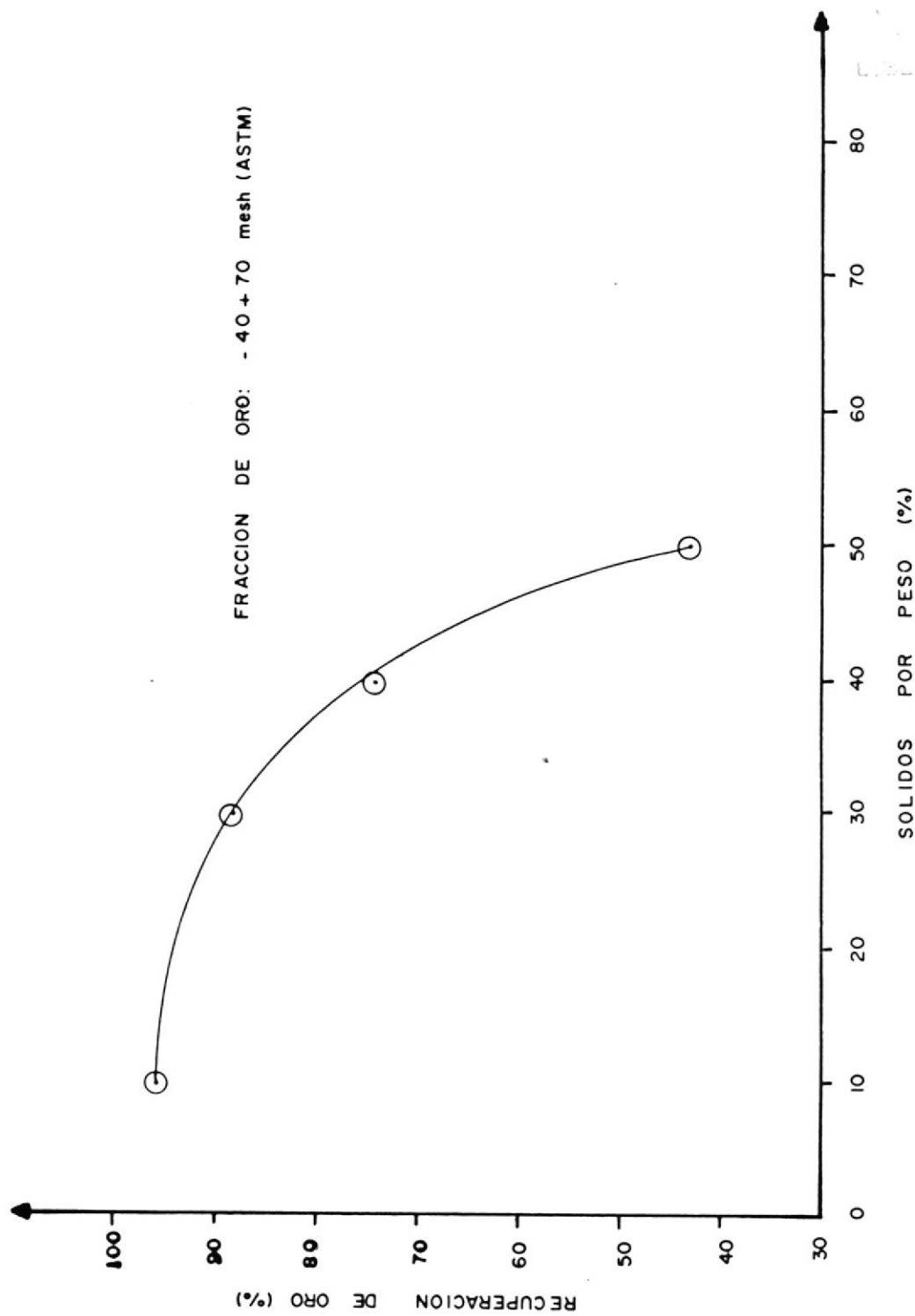


Fig. 6 VARIABLE: Porcentaje de Solidos por Peso

Por último se pesó el oro recuperado de cada prueba y se obtuvo los porcentajes de recuperación correspondientes.

5.1 VARIABLE: PORCENTAJE DE SÓLIDOS POR PESO

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

w= 46 r.p.m.	ley= $210 \frac{\text{g.}}{\text{m}^3}$
J= 0.46	% W = $10\% \frac{W_m}{H_g}$
T= 1 h.	Fracción: -40+70 mesh (ASTM)

El porcentaje de sólidos por peso S fue variado según los siguientes valores:

S= 10%, 30%, 40% y 50%; Tablas VI, VII, VIII y XIX.

Los resultados se presentan en el gráfico 6.

La recuperación de oro para porcentajes mayores al 50% de sólidos baja notablemente dando recuperaciones menores al 43% en una hora de molienda amalgamadora; para porcentajes de sólidos inferiores al 50% la recuperación se incrementa notablemente llegando ésta a equilibrarse cuando se utilizan pulpas diluidas del orden del 10% de sólidos obteniéndose recuperaciones cercanas al 100%. Cabe mencionar que no se realizaron

pruebas con porcentajes de sólidos mayores al 50% debido a que operaciones industriales nunca sobrepasan este valor y la eficiencia en la molienda y por ende en la amalgamación decrece notablemente.

El porcentaje de sólidos escogido para las demás pruebas fue del 30%.

5.2 VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION TAMANO DE PARTICULA

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

w= 46 r.p.m.	ley= 210g./m ³ .
J= 0.46	%W = 10% W Hg m

Las fracciones utilizadas fueron las siguientes:

+30 mesh, -30+40 mesh, -40+70 mesh, -70+100 mesh y -200 mesh en ASTM, Tablas X - XXVI.

Los resultados se obtienen en los gráficos 7,8,9,10, 11 y 12.

Fracción: +30 mesh (ASTM).-

Esta fracción de oro contiene partículas de oro

mayores a 0.6 mm. y pueden ser consideradas como oro muy grueso.

La amalgamación del oro en esta fracción es rápida, como muestra la curva en la Fig. 7 donde se observa una recuperación cercana al 100% en los primeros 15 minutos de molienda amalgamadora; esta recuperación se mantiene constante hasta los 30 minutos de molienda decreciendo levemente después de este tiempo hasta disminuir a un valor de 96% después de 1.5 horas de molienda.

Fracción: -30+40 mesh en ASTM

Esta fracción de oro se la puede considerar como oro de tamaño grueso.

La amalgamación del oro en esta fracción ocurre rápidamente de manera semejante al comportamiento de amalgamación del oro muy grueso; a los 15 minutos de molienda amalgamadora se obtuvo una recuperación cercana al 90% Fig. 8, en tiempos mayores de amalgamación, la recuperación fue incrementándose hasta alcanzar una recuperación del 98% en una hora de amalgamación, es decir el incremento en la recuperación 45 minutos después del 90% de recuperación fue apenas del 8%.

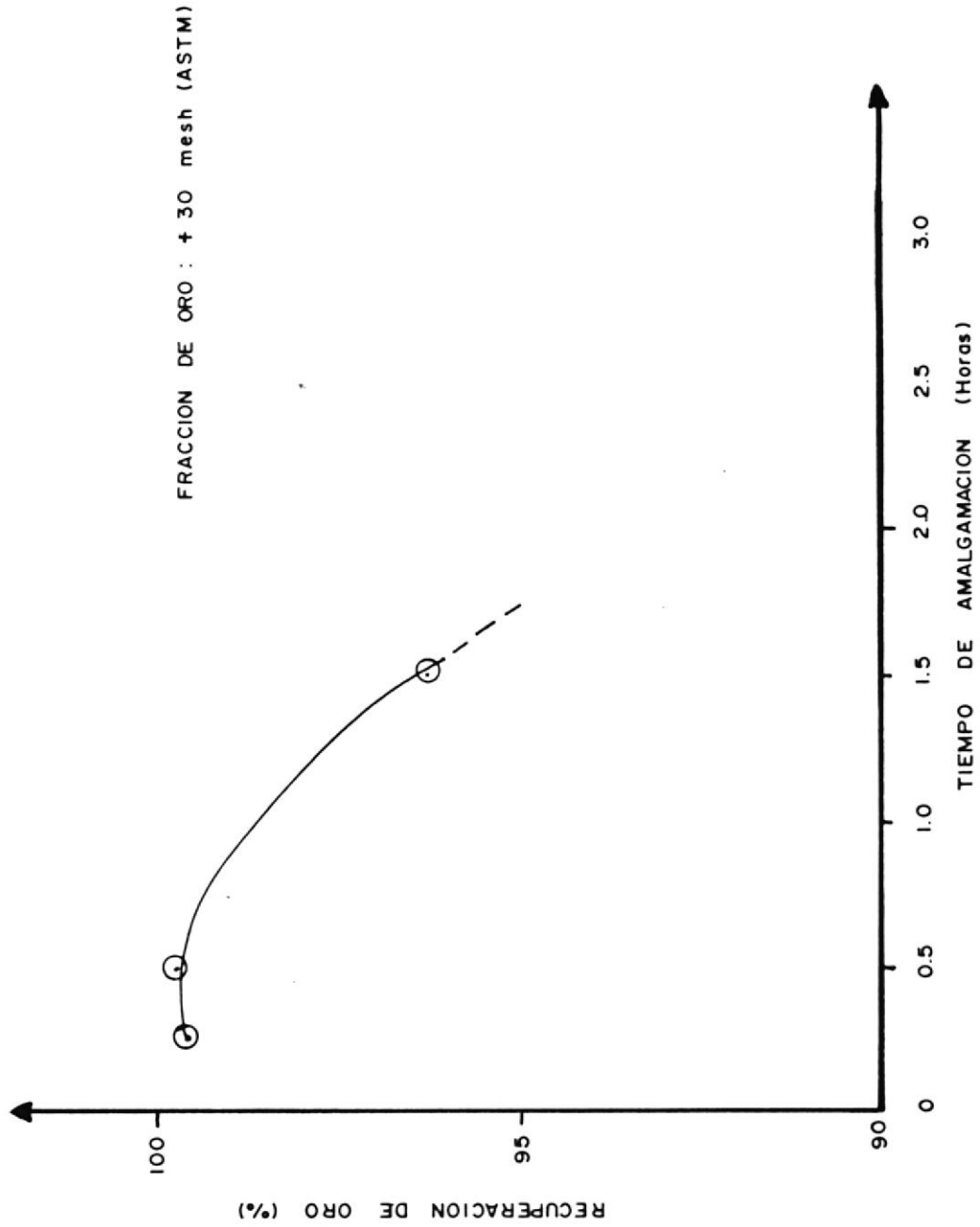


Fig. 7 VARIABLE: Tiempo de Amalgamacion

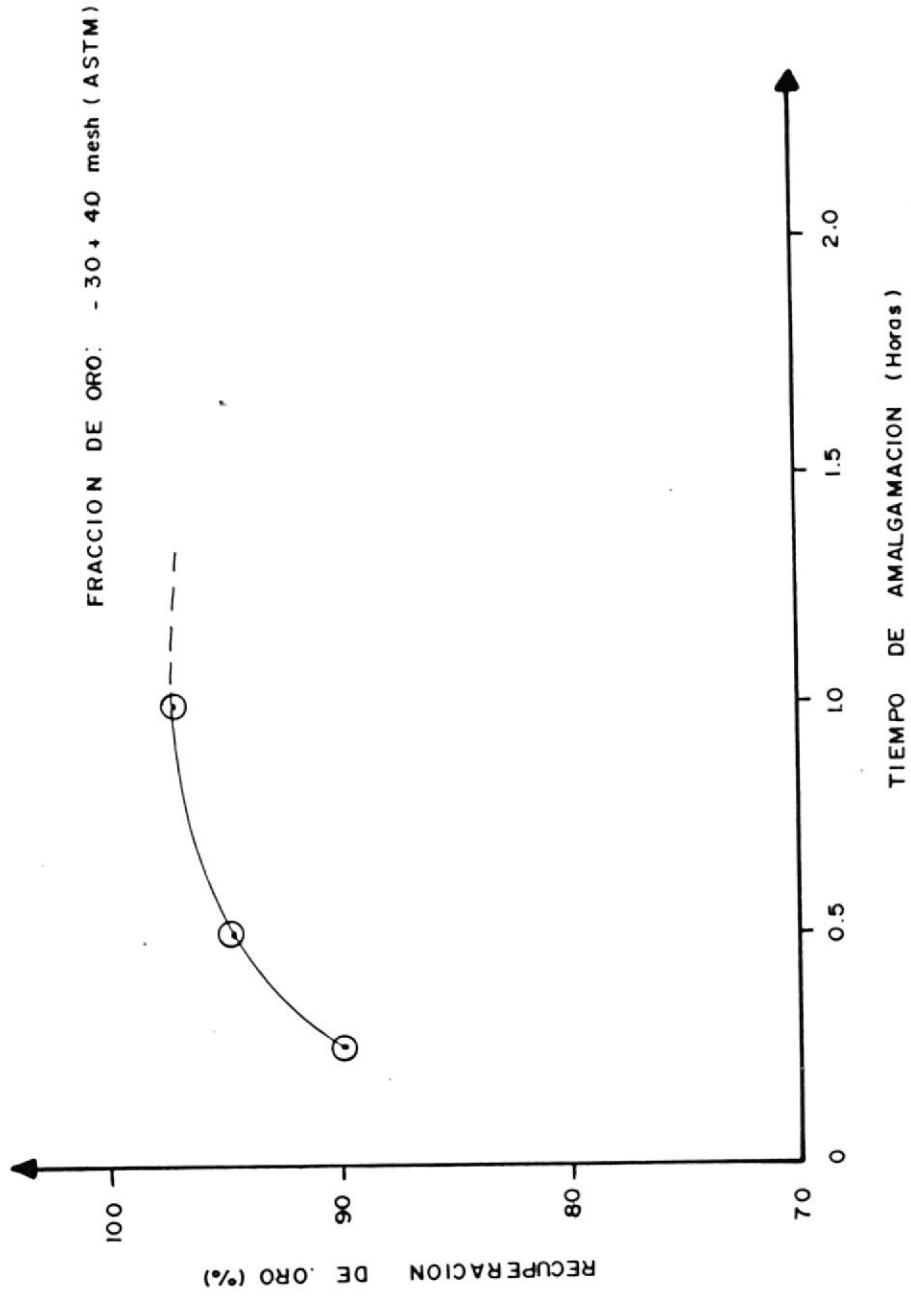


Fig. 8 VARIABLE: Tiempo de Amalgamacion

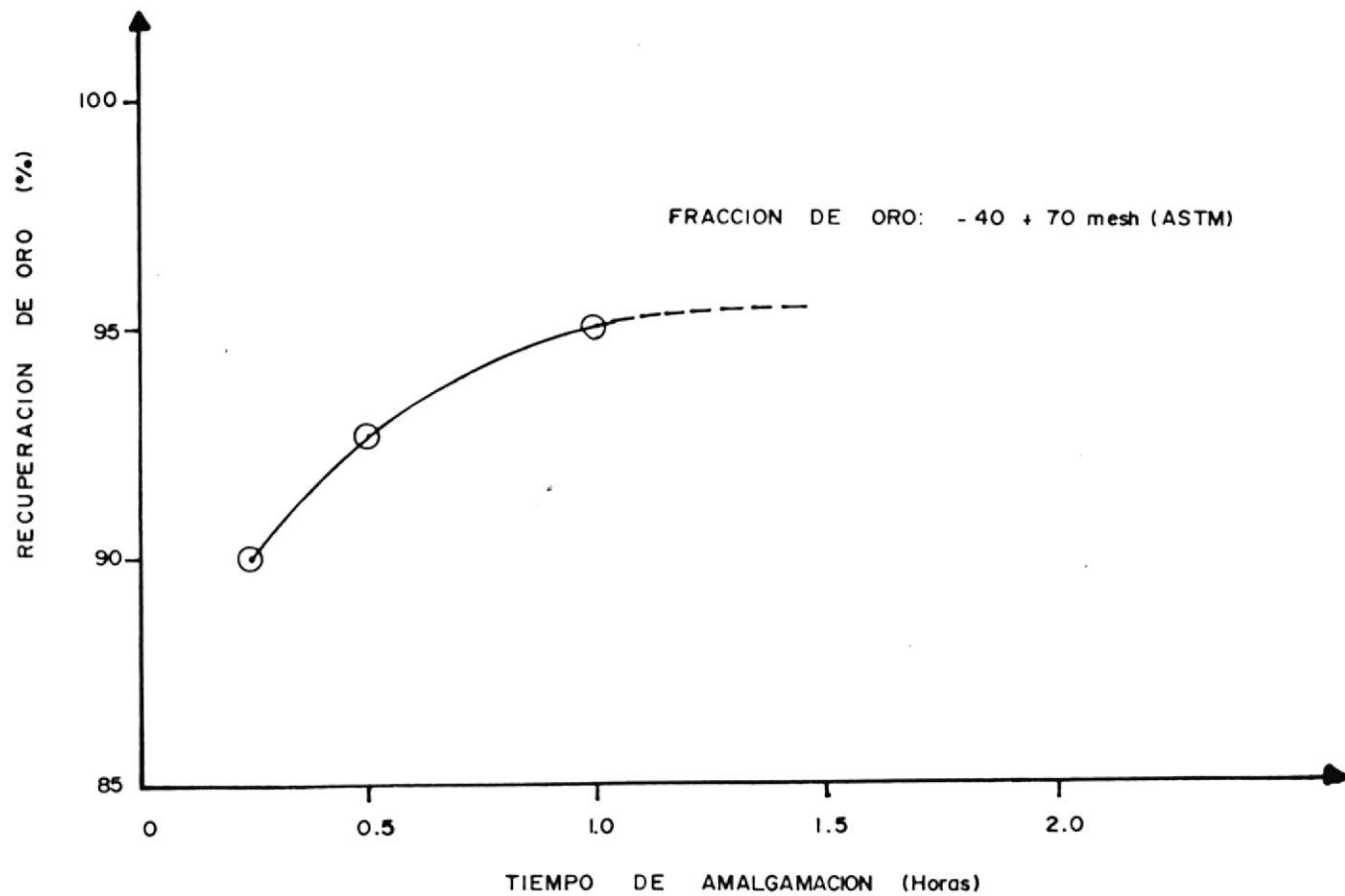


Fig. 9 VARIABLE: Tiempo de Amalgamacion

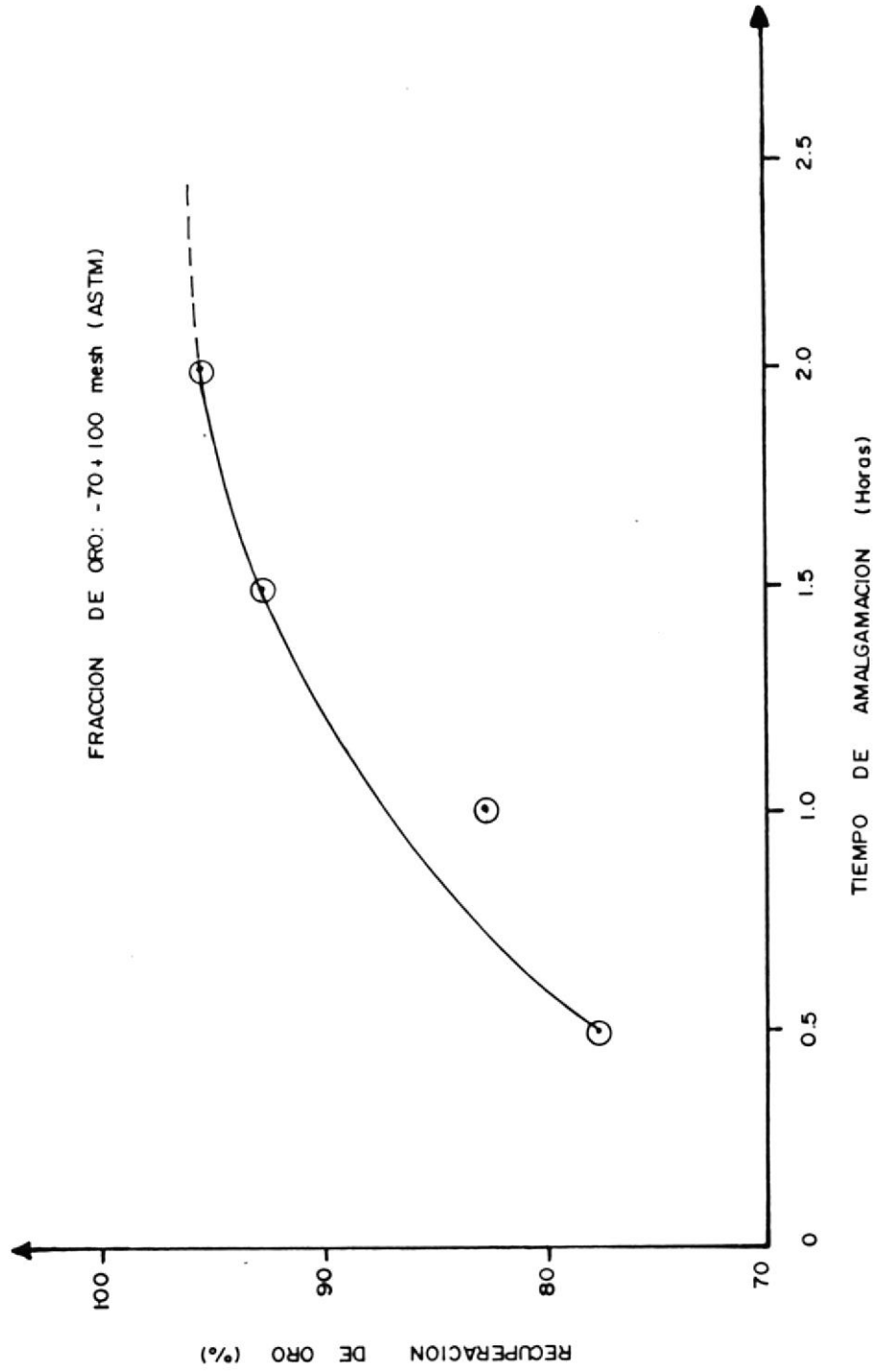


Fig.10 VARIABLE: Tiempo de Amalgamacion

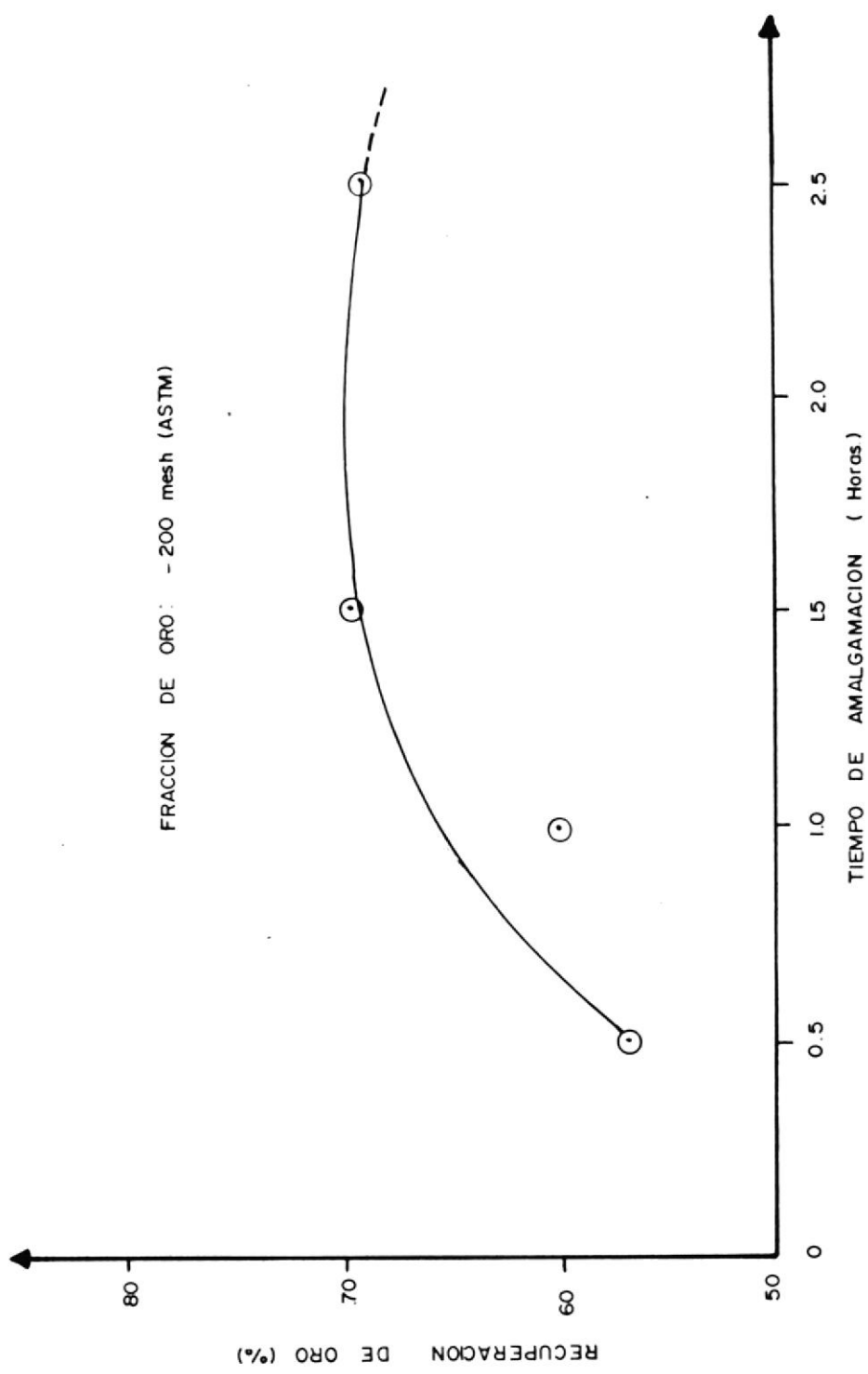


Fig. II VARIABLE: Tiempo de Amalgamacion

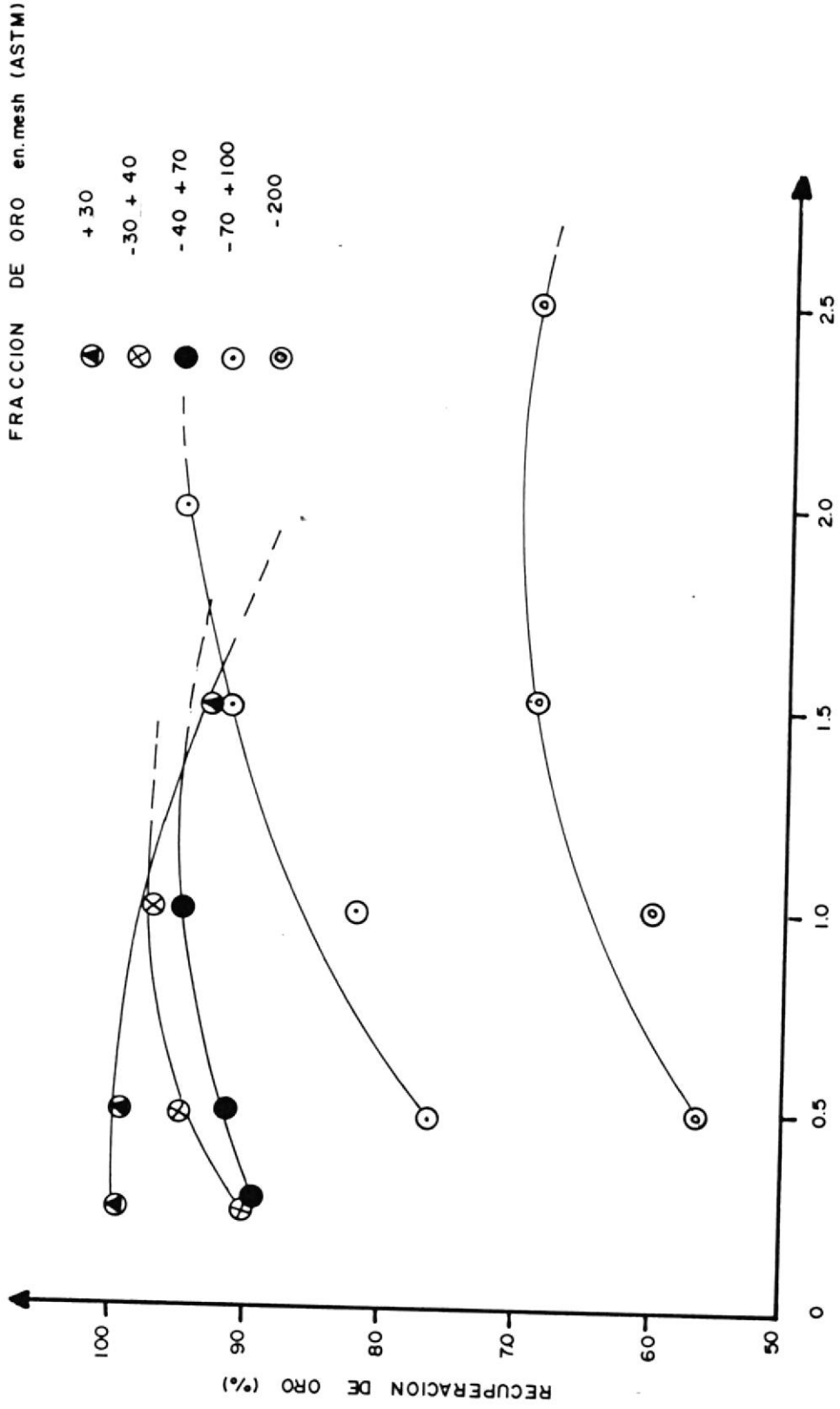


Fig. 12 VARIABLE: Tiempo de Amalgamacion
Tamaño de Partículas

Fracción: -40+70 mesh en ASTM

A esta fracción de oro se la considera como "oro medio", el comportamiento en la recuperación de amalgamación de este oro es ligeramente inferior al obtenido en la fracción anterior, así, la recuperación de oro es relativamente rápida llegando al 95% en una hora de molienda Fig. 9.

Fracción: -70+100 mesh en ASTM

Esta fracción de oro se considera de tamaño fino, la recuperación de este oro es más lenta y requiere de mayor tiempo, la Fig. 10 muestra una curva de recuperación creciente, aunque en los primeros 30 minutos ya se ha recuperado el 78% de el oro se requiere un total de 2 horas para llegar a recuperaciones del 95%, es decir el doble del tiempo del requerido para obtener la misma recuperación en la fracción de oro medio.

Fracción: -200 mesh en ASTM

Este oro se ubica en la clasificación de oro ultrafino y es difícil de amalgamar, la Fig. 11 muestra una curva de recuperación lenta, se requiere de más de 1.5 horas para alcanzar recuperaciones cercanas al

las menores esta malla.

Se realizaron varias pruebas con la finalidad de conocer el porcentaje de mercurio óptimo que debía de ser utilizado en todas las pruebas de amalgamación, este porcentaje fue considerado en relación al peso de mineral en el tambor amalgamador.

Fracción: +30 mesh (ASTM).

La Fig. 13 muestra la curva de recuperación de oro en función del porcentaje de mercurio, para el oro mayor a los 30 mesh (ASTM) se nota un incremento considerable cuando el porcentaje de mercurio es aumentado a más del 2.5%, la recuperación llega a un máximo del 98% para porcentajes de mercurio igual al 10%.

Fracción: -30+40 mesh (ASTM).

A esta fracción se la puede considerar como oro de tamaño grueso. La amalgamación del oro en esta fracción ocurre similarmente a la fracción de oro de tamaño muy grueso. De la Fig. 14 se observa que para un porcentaje del 2.5% de mercurio se obtuvo una recuperación cercana al 76% para mayores porcentajes de mercurio la recuperación fue incrementándose hasta alcanzar una recuperación igual al de la fracción

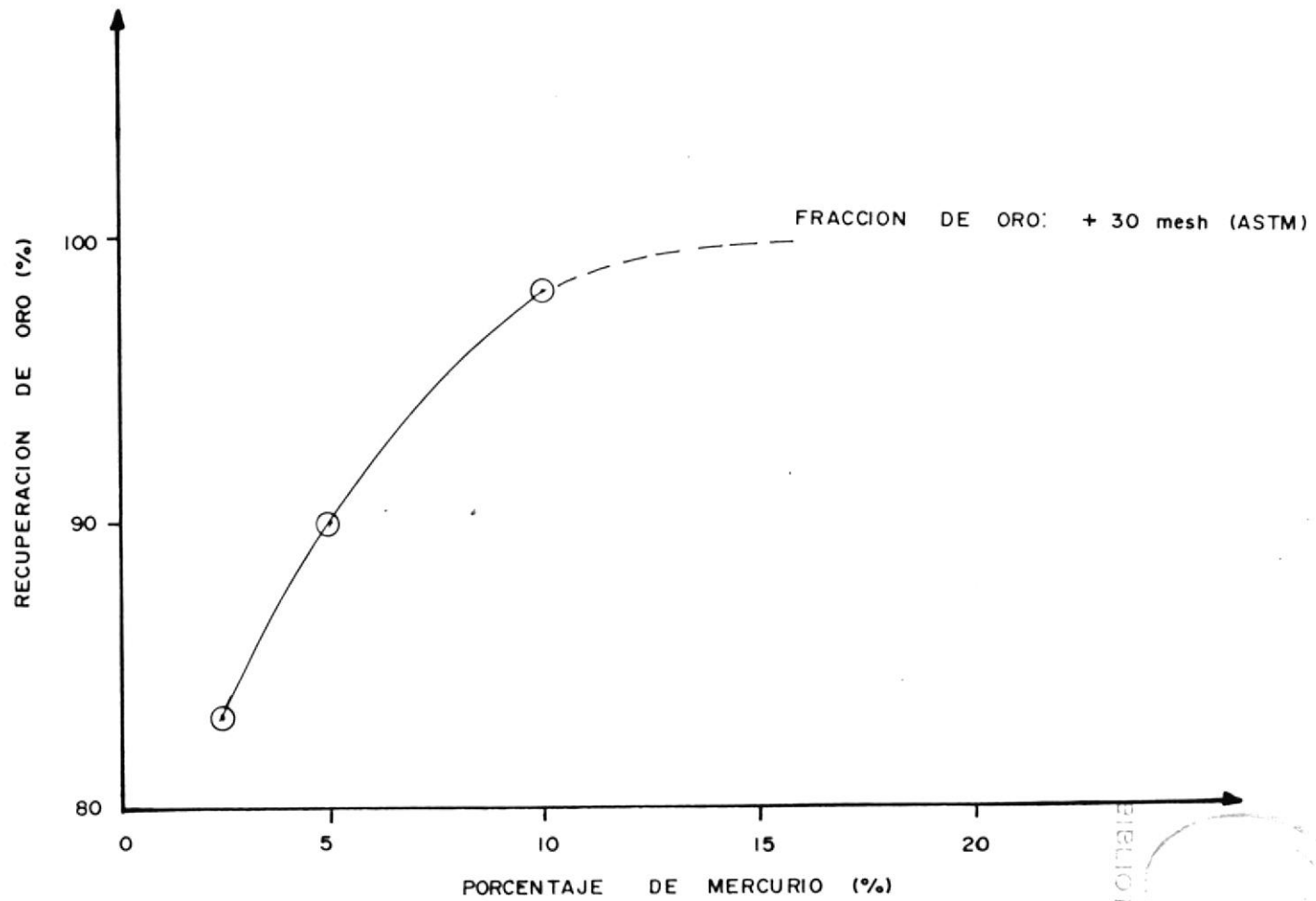


Fig.13 VARIABLE: Porcentaje de Mercurio

BIBLIOTECA

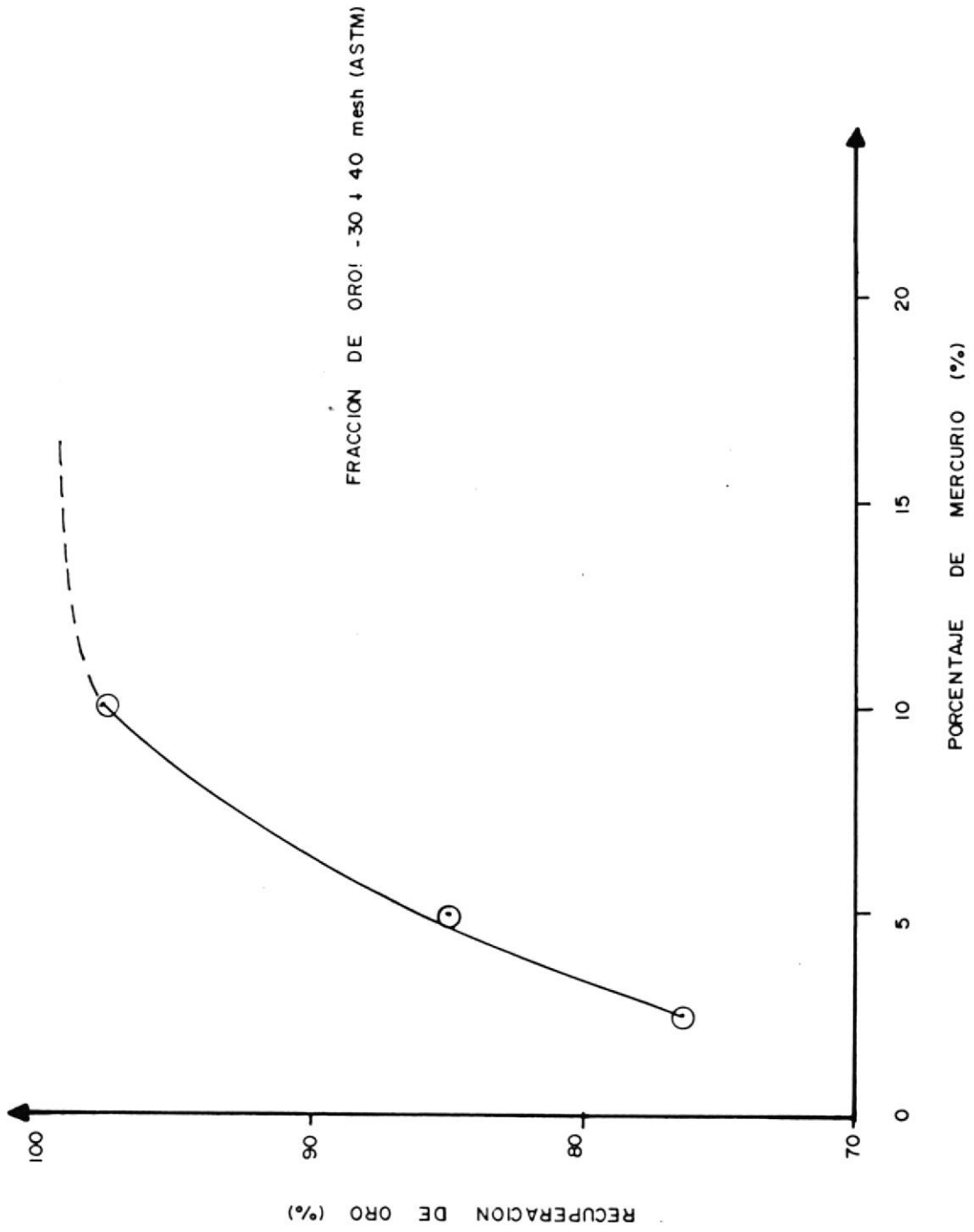


Fig. 14 VARIABLE: Porcentaje de Mercurio

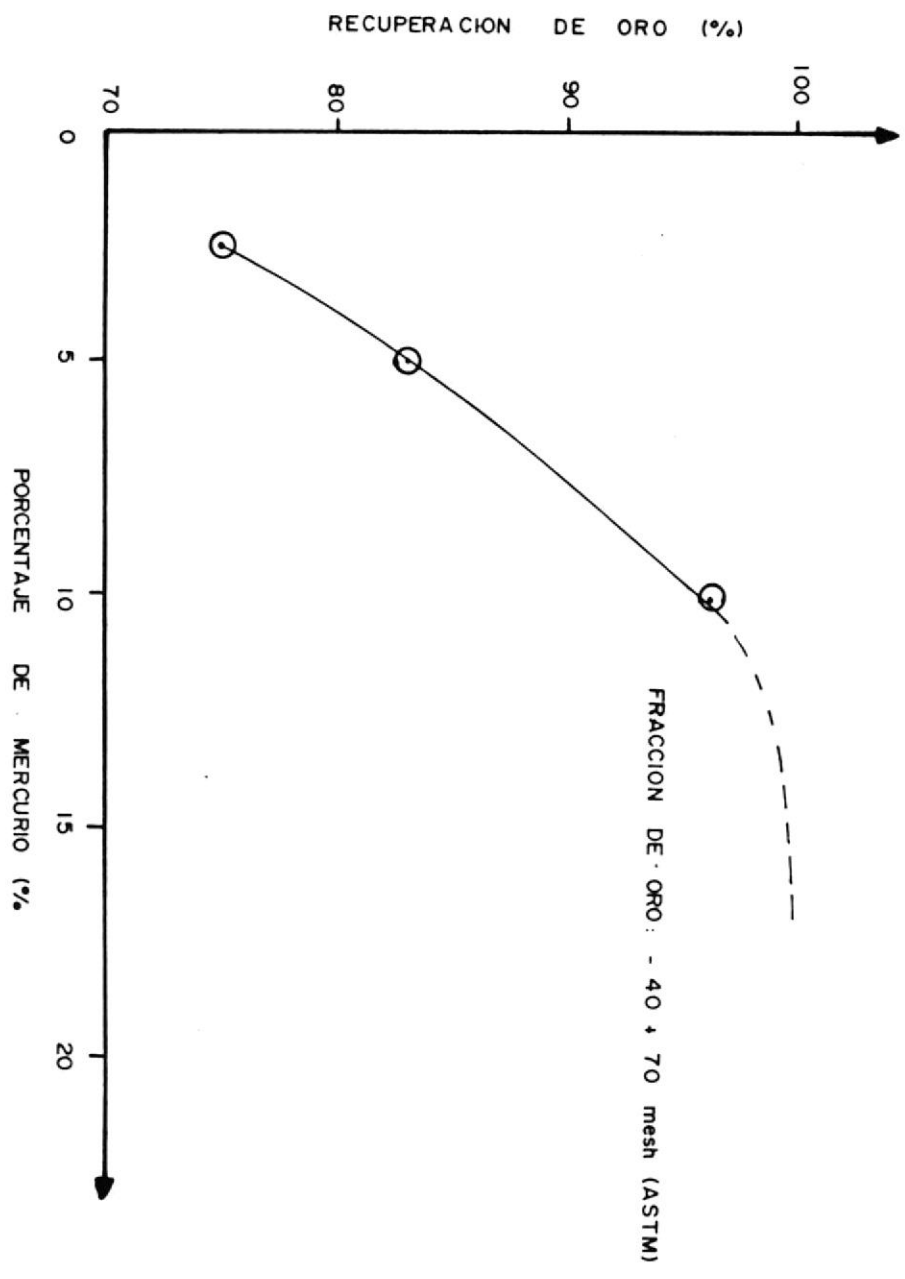


Fig.15 VARIABLE: Porcentaje de Mercurio

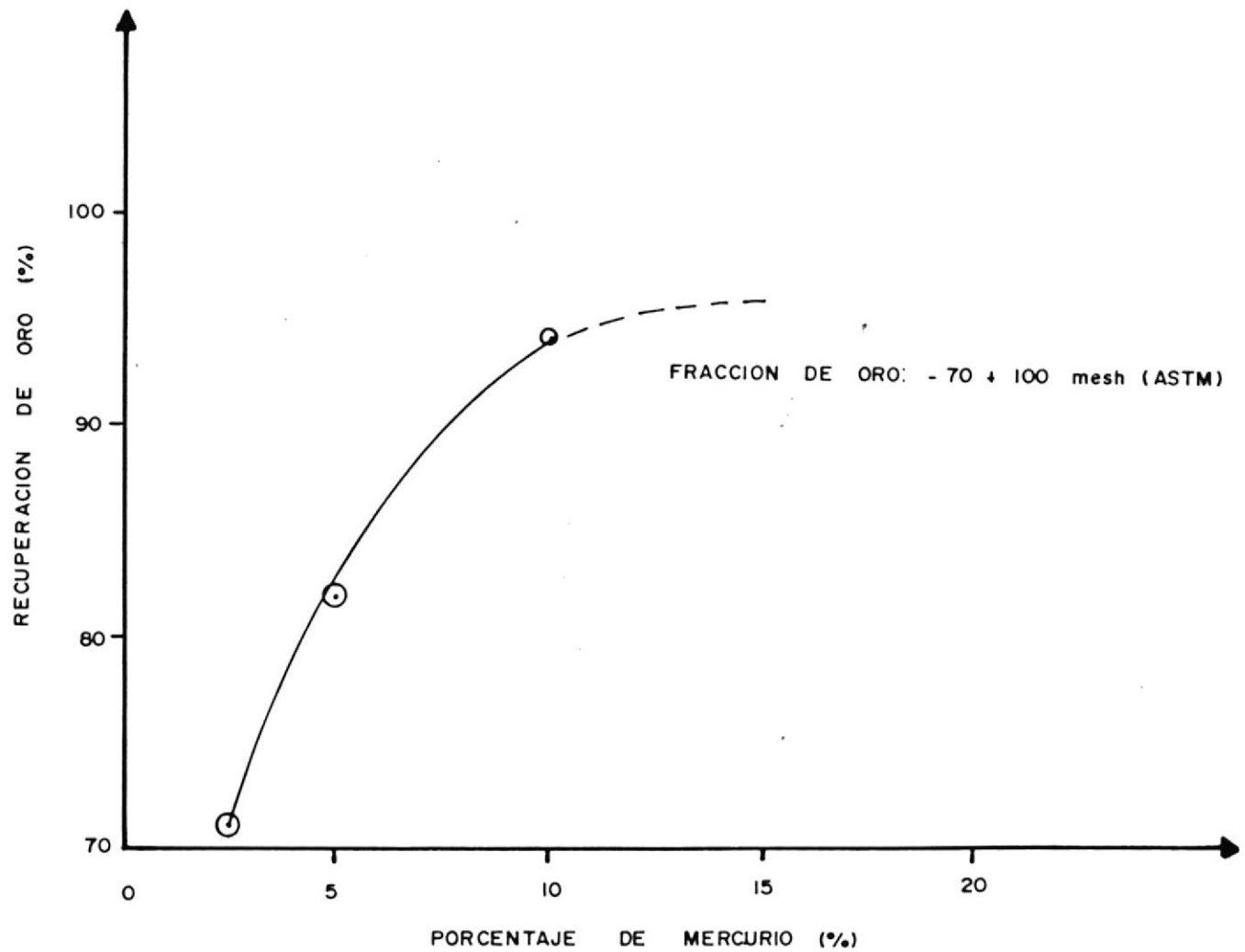


Fig.16 VARIABLE: Porcentaje de Mercurio

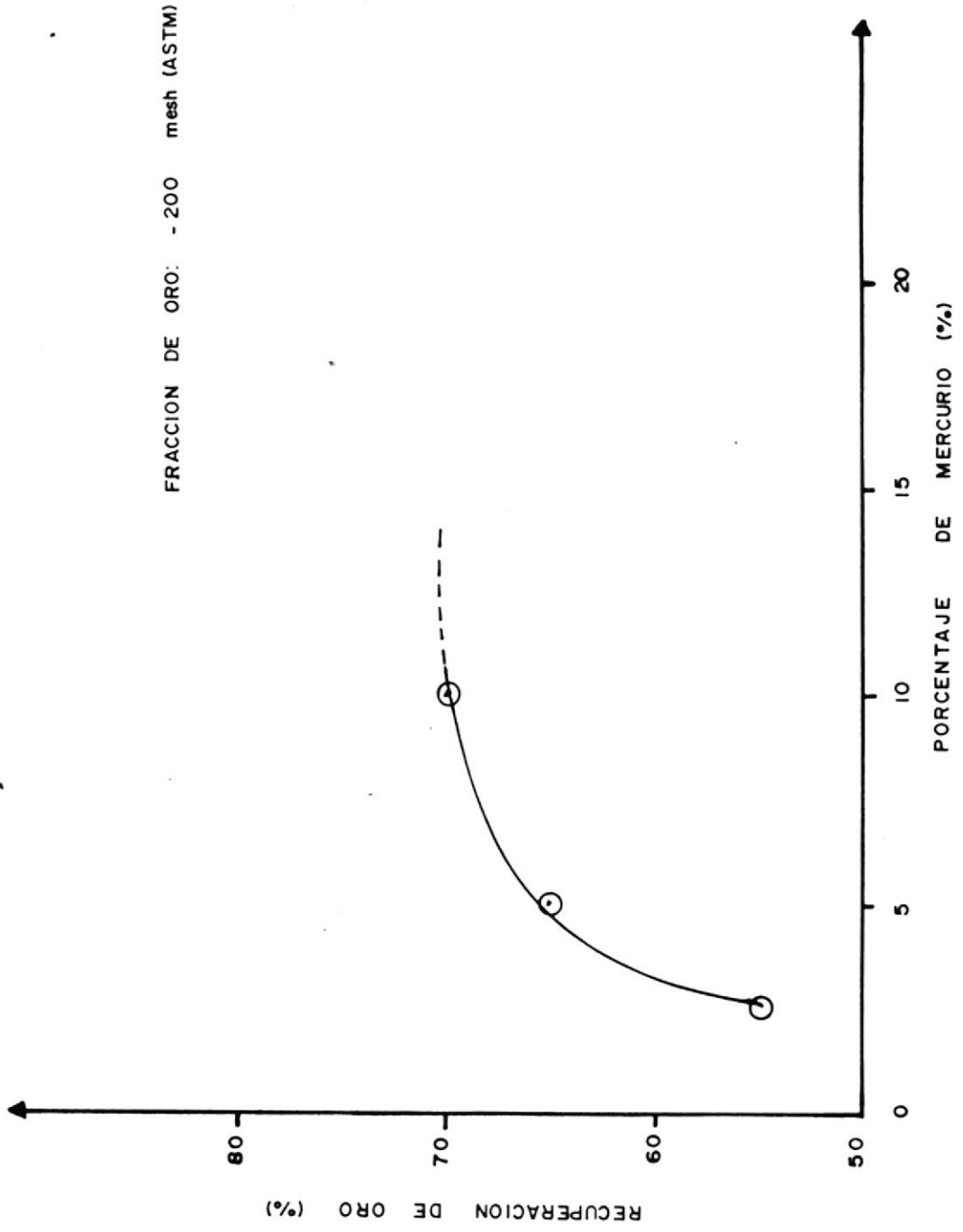


Fig. 17 VARIABLE: Porcentaje de Mercurio

anterior, esto es del 98% cuando el porcentaje de mercurio fue del 10%.

Fracción: -40+70 mesh (ASTM).

A esta fracción se la considera como "oro medio", el comportamiento en la recuperación del oro en la amalgamación es similar a la obtenida en la fracción de oro anteriormente analizada recuperándose un porcentaje ligeramente inferior y que no llega a diferir en más del 5% para los mismos porcentajes de mercurio.

Fracción: -70+100 mesh (ASTM).

Esta fracción se considera de tamaño fino, la recuperación de oro es similar al de la fracción anterior para los mismos porcentajes de mercurio.

Fracción: -200 mesh (ASTM).

Este oro se ubica en la clasificación de oro ultrafino difícil de amalgamar; La Fig. 17 muestra una curva de recuperación lenta ya que se requiere más de 2 horas para alcanzar recuperaciones cercanas al 70% para porcentajes de mercurio del 10%.

5.4 DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Uno de los primeros parámetros analizados fue la variación en la recuperación en función del porcentaje de sólidos en el tambor amalgamador, como puede observarse en la Fig. 6, la recuperación de oro disminuye notablemente cuando se incrementa el porcentaje de sólidos; este comportamiento tiene una explicación lógica y se debe a que las partículas de oro en la pulpa (sólidos + agua) enfrentan mayores obstáculos en su camino hacia el fondo del molino, lugar donde se encuentra el charco de mercurio y donde se realiza la amalgamación, por lo tanto la recuperación de oro en pulpas más densas se ve notablemente disminuida.

Para el análisis de las otras variables se escogió como variable fija el 30% como porcentaje de sólidos, debido a que se obtienen recuperaciones del orden del 90% en tiempos relativamente cortos (1 hora de amalgamación), bajo este criterio es más conveniente realizar por ejemplo dos amalgamaciones con porcentajes del 30% que una amalgamación con porcentajes del 40% o 50%.

El siguiente parámetro analizado fue la recuperación

de oro en función del tiempo de amalgamación y del tamaño de partícula de oro, la Fig. 12 muestra las curvas de recuperación para oro que va desde el muy grueso al ultrafino.

Según esta figura se requiere de aproximadamente 1 hora de amalgamación para obtener más del 90% de recuperación para partículas mayores a los 70 mesh (ASTM), es decir, partículas de oro medio para arriba, las partículas de oro fino requieren hasta 2 horas para recuperar sobre el 90% de oro y las partículas de oro ultrafino ni en 2.5 horas sobrepasan el 70% de recuperación siendo éstas muy difíciles de amalgamar.

Cabe mencionar que las partículas de oro muy grueso (+30 mesh en ASTM) experimentan un descenso en la recuperación pasadas la hora de molienda, la única explicación a la baja en la recuperación es que este oro está siendo abrasionado por la molienda y finamente dividido en partículas no amalgamables.

Con respecto al parámetro porcentaje de mercurio, se puede observar en la Fig. 18 que para oro de tamaño fino para arriba, es decir mayor a la malla 100 (ASTM), los porcentajes de recuperación sobrepasan el 90% cuando se utiliza una cantidad de mercurio igual

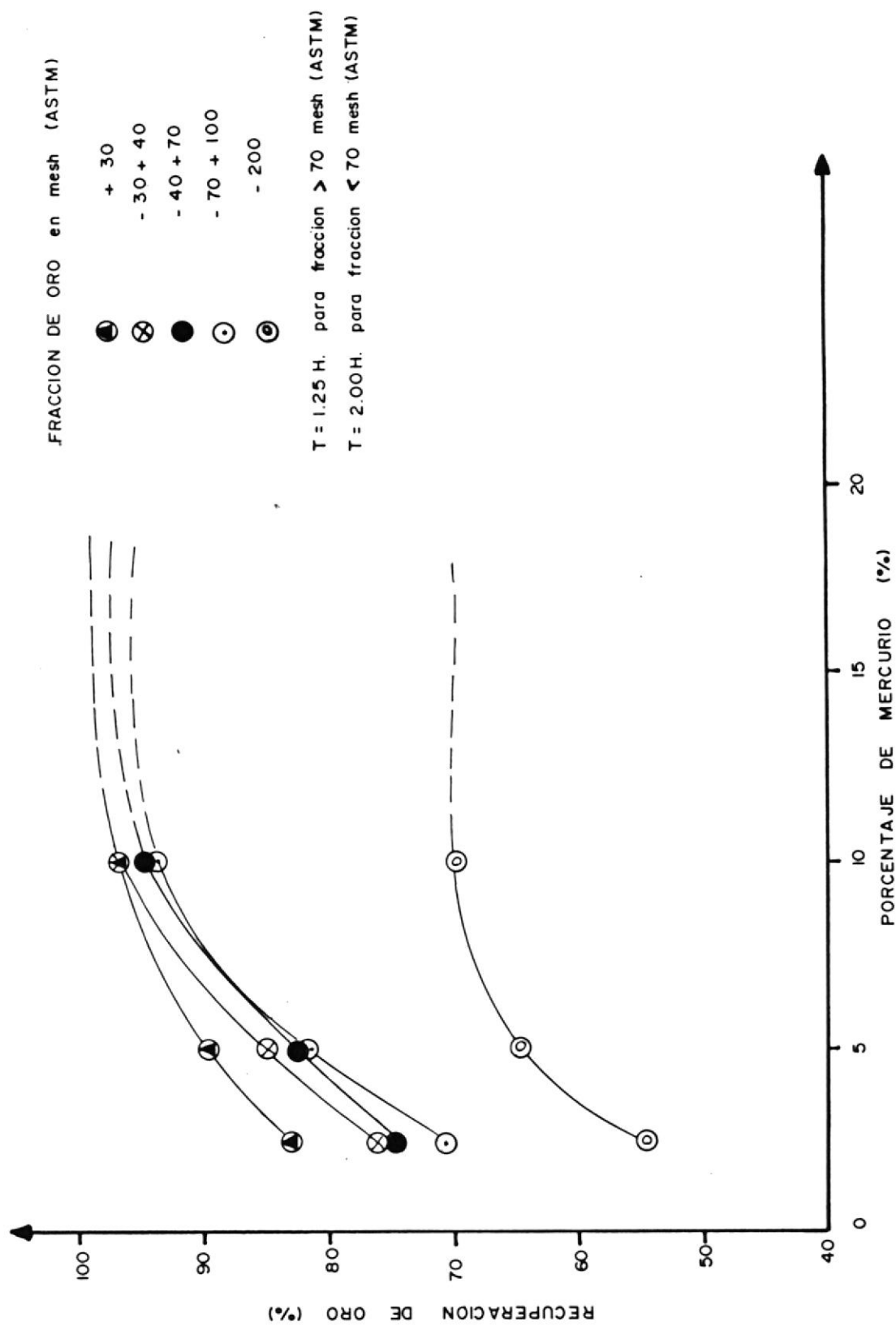


Fig. 18 VARIABLE: Porcentaje de Mercurio
Tamaño de Partícula

al 10%. Para oro de tamaño ultrafino, la recuperación no se incrementa a más del 70% y trabajos anteriormente realizados (6), hacen presumir que esta recuperación tampoco se incrementará con porcentajes de mercurio mayores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Para las fracciones mayores o iguales a la malla 100 en ASTM, las recuperaciones aumentan progresivamente y pueden llegar a porcentajes mayores al 90% de recuperación de oro a medida que se va a incrementar el tiempo de amalgamación con un porcentaje de mercurio igual al 10% del peso del mineral.
- 2.- Para las fracciones menores a la malla 100 en ASTM, a pesar de incrementarse el tiempo de amalgamación, las recuperaciones no alcanzan valores superiores al 70% con un porcentaje de mercurio equivalente al 10% del peso del mineral.
- 3.- Respecto a la variable porcentaje de mercurio, se puede decir que, para mayores porcentajes de mercurio, las recuperaciones de oro, dependiendo de la fracción que se tenga, aumentará progresivamente hasta un valor fijo del cual no pasará a pesar de un incremento en el porcentaje de mercurio, este valor es del 10%.

4.- Para trabajar eficientemente en un amalgamador de tambor con oro de naturaleza aluvial, se comprueba que con pulpas de un 30% de sólidos son óptimas para recuperar el oro, ya que con ellas se alcanzan recuperaciones de hasta un 90% en tiempos relativamente cortos (1 hora).

No es conveniente trabajar con pulpas más diluidas a pesar de tener mayores recuperaciones, ya que se necesitaría hacer varias amalgamaciones para obtener la misma cantidad de material tratado que con un porcentaje del 30% de sólidos; de esta manera se disminuyen los costos de operación y mano de obra.

5.- Se puede dar un cuadro más o menos preciso en cuanto a las recuperaciones de oro de acuerdo a las diferentes fracciones de las partículas de oro tomando en cuenta las distintas variables empleadas.

RECUPERACION	MALLA EN ASTM
≥80%	+70
75% - 80%	-70+100
70% - 80%	-100+200
≤70%	-200

Los resultados positivos en este trabajo mueve a

formular normas generales que deben considerarse para seleccionar, dimensionar o diseñar un tambor de amalgamación.

- 6.- Se recomienda hacer pruebas adicionales utilizando activadores en el mercurio para optimizar la recuperación.
- 7.- Se recomienda utilizar mayores tiempos de amalgamación sobre todo para las fracciones de oro más finas (-200 mesh en ASTM), para obtener la prolongación de las curvas o tendencia del comportamiento de las partículas de oro para tiempos mayores a las 2 horas de amalgamación.

ANEXOS

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE ROTACION ADECUADA PARA LAS PRUEBAS DE AMALGAMACION.

Los rodillos de la mesa de rotación que se utilizó para las pruebas de amalgamación imprimen el movimiento a un tambor utilizando un sistema de poleas, de tal manera de que se pudo obtener 4 diferentes velocidades rotacionales; estas velocidades fueron medidas y son las siguientes:

$$w_1 = 30 \text{ r.p.m.}, \quad w_2 = 46 \text{ r.p.m.}, \quad w_3 = 64 \text{ r.p.m.} \text{ y } w_4 = 86 \text{ r.p.m.}$$

Para elegir la velocidad óptima para una buena amalgamación, era necesario calcular la velocidad crítica que es la velocidad mínima después de la cual el efecto centrifugador del molino actúa sobre las bolas impidiendo la molienda en el tambor, tal velocidad se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$w_c = \frac{42.2}{\sqrt{D-d}}, \text{ donde}$$

w_c = velocidad crítica

D = diámetro del tambor

como $d \ll D$, entonces $d = 0$ $d =$ diámetro de las
bolas

$$w_c = \frac{42.2}{\sqrt{D}}, \text{ donde } D \text{ es en metros.}$$

como $D = 18.4 \text{ cm.}$

$$w_c = 98.38 \text{ r.p.m.}$$

Como la velocidad rotacional utilizada industrialmente no debe pasar el 75 % de la velocidad crítica, esto es,

$$w_{\text{máx}} = 0.75 w_c = 73.78 \text{ r.p.m.}$$

De las cuatro velocidades anotadas anteriormente las tres primeras poseen un valor menor o igual que el 75% de la velocidad crítica para el tambor de experimentación utilizado, sin embargo se escogió la velocidad de 46 r.p.m. debido a que ésta presentó las mejores condiciones para que el charco de mercurio presente en el fondo del tambor se mantenga homogéneo y no suceda la atomización del mismo, es decir la división del mismo en pequeñas gotitas que no vuelven a formar una gota.

**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL CONCENTRADO DEL RIO PAUTE
(SECTOR MENDEZ).**

Se hace pasar el material por los tamices # 40, 70, 100, 140 y 200 mesh (ASTM), obteniéndose los siguientes resultados:

N°	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g.)	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
40	14	14	2.85	97.15
70	200	214	43.58	56.42
100	165	379	77.19	22.81
140	83	462	94.10	5.90
200	24	486	98.98	1.02
Fondo	5	491	100.00	-----

	491			

Se hace la curva granulométrica mediante el porcentaje del pasante acumulado vérsus el tamaño de partícula, Fig. 19.

Del gráfico se observa que el material corresponde a una arena fina, bien clasificada.

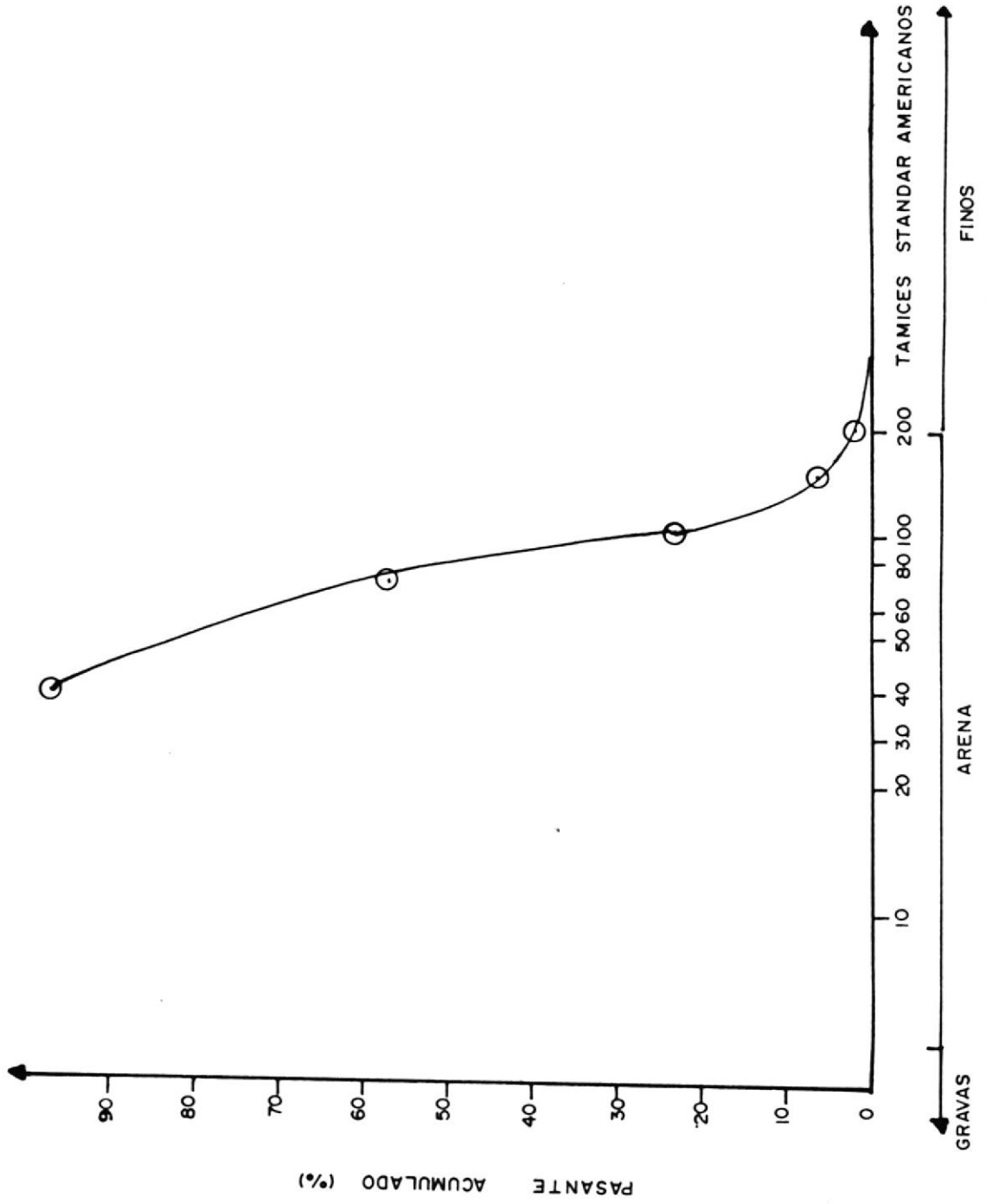


Fig 19 CURVA DE DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE GRANOS

DETERMINACION DE LA DENSIDAD DEL CONCENTRADO Y DE LAS BOLAS DE PORCELANA.

La densidad del concentrado fue determinada mediante la balanza de JOLLY. Se pesa la arena en el aire y en el agua y se obtiene así la densidad del concentrado mediante la fórmula:

$$\rho_{\text{arena}} = \frac{W_{\text{aire}}}{W_{\text{aire}} - W_{\text{agua}}}$$

Reemplazando con los resultados:

$$\rho_{\text{arena}} = \frac{19.215}{19.215 - 15.173} = 4.754 \text{ g./cm}^3$$

Se puede observar que la densidad del concentrado está relacionada con las densidades de la ilmenita y la magnetita presentes en la arena, $\rho_{\text{ilmenita}} = 4.70 \text{ g./cm}^3$,

$$\rho_{\text{magnetita}} = 5.17 \text{ g./cm}^3$$

La densidad de las bolas de porcelana se la determina pesando las mismas y determinando el volumen de acuerdo al diámetro de la bola.

Esta densidad no se la pudo determinar con la balanza de JOLLY ya que las bolas presentan en su núcleo un material diferente, que parece ser acero, que da una densidad diferente a la densidad de la porcelana.

Se escogió 3 diferentes tamaños de bolas, se pesaron y se determinó sus diámetros para obtener los volúmenes correspondientes.

$$\rho_{\text{bolas}} = \frac{\rho_1 \times W_1}{W_t} + \frac{\rho_2 \times W_2}{W_t} + \frac{\rho_3 \times W_3}{W_t}$$

donde:

ρ_1 = densidad de las bolas de 3.29 cm.

ρ_2 = densidad de las bolas de 2.64 cm.

ρ_3 = densidad de las bolas de 1.96 cm.

W_1 = peso promedio de las bolas de 3.29 cm.

W_2 = peso promedio de las bolas de 2.64 cm.

W_3 = peso promedio de las bolas de 1.96 cm.

W_t = peso total de las bolas.

Reemplazando los valores en la fórmula anterior tenemos:

$$\rho_{\text{bolas}} = \frac{3.37 \times 20.39}{49.79} + \frac{3.51 \times 13.78}{49.79} + \frac{3.39 \times 15.62}{49.79}$$

$$\rho_{\text{bolas}} = 3.41 \text{ g./cm.}^3$$

Este valor va a ser el que se tome para obtener el peso total de carga de bolas y su distribución en los 3 diferentes tamaños.

N° de bolas	Tamaño de bolas	Peso en gramos
35	3.29 cm.	2039
45	2.64 cm.	1378
40	1.96 cm.	1562
<hr/> 120		<hr/> 4979

**OBTENCION DE LA FRACCION - 200 MESH (ASTM) DE ORO MEDIANTE
ENSAYOS PIROMETALURGICOS.**

La fracción - 100 mesh (ASTM) se la trató mediante ensayos pirometalúrgicos con el fin de obtener una fracción mucho más fina (- 200 mesh) para estudiar el proceso de amalgamación para partículas de oro de esta naturaleza.

La carga fundente que se utilizó es la siguiente:

12 g. de SiO_2

10 g. de Borax

20 g. de CO_3Na_2

25 g. de PbO

2.7 g. de harina

Se mezcla el oro con la carga fundente y se lo incuarta

en una proporción de 5 a 1 con el objeto de poder obtener un botón de Au y Ag.

Se coloca la mezcla en un crisol y se lo mete en la mufla a una temperatura de 1100°C aproximadamente por espacio de 45 minutos.

Una vez obtenido el botón de Pb, Au y Ag, se lo copela a una temperatura de 900°C por espacio de media hora.

El dorè de Au y Ag se lo aplasta con un mazo de hierro para obtener una pastilla; de esta manera se brinda una mayor superficie de ataque.

La pastilla se la somete al ataque con ácido nítrico concentrado. La Ag va a reaccionar con el ácido nítrico concentrado disolviéndola. La plata al disolverse va a dejar espacios porosos que van a ayudar a que el oro se desintegre formándose un polvo fino de oro color café rojizo.

Este polvo se lo somete a tostación con el fin de obtener el color amarillo metálico natural.

La solución de plata recuperada se la trata con sal común con el fin de obtener cloruro de plata, que es un precipitado blanco.

El precipitado de cloruro de plata puede ser fundido nuevamente con la carga anterior sin el óxido de plomo para obtener directamente un botón de plata, que servirá para las siguientes pruebas.

El polvo de oro obtenido es tamizado en una malla 200 mesh (ASTM), recuperándose la fracción que interesa que es el pasante de esta malla.

TABLA I

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE ROTACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
966.60	966.60	_____	_____	_____

Datos:

$w = 30$ r.p.m.

$V = 5$ ml.
Hg

$T = 1$ h.

Observaciones:

La arena a tratar se molio finamente y el mercurio no se "fluorò".

TABLA II

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE ROTACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
966.60	966.60	_____	_____	_____

Datos:

$w = 64$ r.p.m.

$V = 5$ ml.
Hg

$T = 1$ h.

Observaciones:

El material se moliò y el mercurio si se "fluorò".

TABLA III

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE ROTACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
966.60	966.60	_____	_____	_____

Datos:

$w = 46$ r.p.m.

$V = 5$ ml.
Hg

$T = 1$ h.

Observaciones:

El mercurio no se "fluorò", pero el material si se moliò.

TABLA IV

VARIABLE: LEY DEL CONCENTRADO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
684.00	1026.0	0.0967	0.0400	41.40

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $\frac{-40+70}{3}$ mesh (ASTM)

J = 0.46

Ley de oro: 141 g./m.

S = 0.40

 $W_{Hg} = 10\% W_m = 68.40 \text{ g.}$

T = 1 h.

Observaciones:

No se escucha el ruido típico de un movimiento de cascada.

TABLA V

VARIABLE: LEY DEL CONCENTRADO



BIBLIOTECA

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
460.00	1073.3	0.1431	0.1277	89.23

Datos:

w = 46 r.p.m.

J = 0.46

S = 0.30

T = 1 h.

Fracción de oro: $-40+70$ mesh (ASTM)Ley de oro: $312 \frac{\text{g.}}{\text{m.}}$ W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

Observaciones:

La arena se molió poco.

TABLA VI

VARIABLE: LEY DEL CONCENTRADO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
684.00	1026.0	0.1429	0.1065	74.50

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-40+70$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.40

 $W_{Hg} = 10\%$ $W_m = 68.0$ g.

T = 1 h.

Observaciones:

Se formaron cristales aciculares poco desarrollados de oro encima de la superficie de los granos de oro.

TABLA VII

VARIABLE: PORCENTAJE DE SOLIDOS POR PESO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
460.00	1073.3	0.0963	0.0851	88.37

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: -40+70 mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

T = 1 h.

Observaciones:

El oro presenta una superficie opaca. Al microscopio se observa que el oro está dentro de la amalgama y ha sufrido una molienda, los pedacitos más finos se han pegado a los granos más grandes.

TABLA VIII

VARIABLE: PORCENTAJE DE SOLIDOS POR PESO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
966.60	966.6	0.2028	0.0880	43.39

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-40+70$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.50

 $W_{Hg} = 10\%$ $W_m = 96.6$ g.

T = 1 h.

Observaciones:

No se escucha el ruido típico del movimiento de cascada.

TABLA IX

VARIABLE: PORCENTAJE DE SÓLIDOS POR PESO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
27.03	1143.3	0.0267	0.0257	96.25

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-40+70$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.10

 $W = 10\% W = 2.7$ g.
Hg m

T = 1 h.

Observaciones:

Al observar el oro recuperado y los porcentajes de los granos de oro molido y no molido, se concluye que hay una mayor recuperación de oro para un menor porcentaje de sólidos por peso, a mayor porcentaje de sólidos por peso los

granos de oro están más apretados unos contra otros y de esta manera va a haber una automolienda entre las partículas.

TABLA X

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
460.0	1073.2	0.0966	0.0799	82.71

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-70+100$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

T = 1 h.

Observaciones:

Se observa que mientras menor sea la fracción de oro, va a disminuir el porcentaje de recuperación.

TABLA XI

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
460.00	1073.2	0.0964	0.0748	77.59

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-70+100$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

T = 0.5 h.

Observaciones:

Se observò al microscopio que el oro presentaba impurezas de minerales magnéticos y no magnéticos, es por esta razón de que se le puso ácido nítrico concentrado y se lo dejó reaccionar toda la noche.

TABLA XII

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.90	1073.2	0.0966	0.0897	92.84

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-70+100$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

T = 1.5 h.

Observaciones:

Se escucha el ruido típico del movimiento de cascada.

TABLA XIII

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.90	1073.2	0.0966	0.0923	95.55

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-70+100$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.6 g.
Hg m

T = 2 h.

Observaciones:

Se escucha el ruido del movimiento de cascada.

TABLA XIV

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
458.80	1073.3	0.0966	0.0914	94.62

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-70+100$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.6 g.
Hg m

T = 2 h.

Observaciones:

La arena no ha sufrido mucha molienda ni el oro tampoco.

El oro recuperado se abrigantò al ponerlo a tostar en una mufla a 500°C durante 10 minutos.

TABLA XV

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
458.80	1073.2	0.0963	0.0937	97.30

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $\frac{-30+40}{3}$ mesh (ASTM)

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W_{Hg} = 10 % W_m = 46.0 g.

T = 1 h.

Observaciones:

El oro está cubierto por una película de impurezas; es por eso que se lo va a tostar.

TABLA XVI

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
458.80	1073.2	0.0967	0.0868	89.76

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-30+40$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 45.8 g.
Hg m

T = 0.25 h.

Observaciones:

Se forman los cristales de oro menos desarrollados que en las muestras anteriores.

Estos cristales parece ser que se forman cuando se los deja mucho tiempo reaccionar en ácido nítrico diluido a una temperatura baja y dejarlo por un tiempo muy largo.

TABLA XVII

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
458.90	1073.2	0.0964	0.0960	99.58

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: +30 mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 45.8 g.
Hg m

T = 0.25 h.

Observaciones:

Se escucha el sonido del movimiento de cascada de las bolas pero no en forma continua sino lenta. Se forman los cristales aciculares con respecto al oro nativo, este oro es más puro ya que al dejarlos durante un largo tiempo en ácido nítrico diluido, hace que se limpien de todas las impurezas que puedan contener. Es de anotar que luego el oro se lo puso en ácido nítrico concentrado y no reaccionó.

TABLA XVIII

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.2	0.0964	0.0962	99.79

Datos:

w = 46 r.p.m.

J = 0.46

S = 0.30

T = 0.5 h.

Fracción de oro: +30 mesh (ASTM)

Ley de oro: 210 g./m.³W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

Observaciones:

Se formaron los cristales aciculares de oro y hay presencia de impurezas.

Se tosta el oro para que adquiera su color amarillo natural.

TABLA XIX

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.2	0.0964	0.0928	96.26

Datos:

 $w = 46$ r.p.m. $J = 0.46$ $S = 0.30$ $T = 1.5$ h.Fracción de oro: +30 mesh (ASTM)
3

Ley de oro: 210 g./m.

 $W_{Hg} = 10\%$ $W_m = 46.6$ g.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XX

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.2	0.0964	0.0983	92.63

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-40+70$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

T = 0.5 h.

Observaciones:

Se formaron algunos cristales de oro y se tostó para obtener al oro en su color natural.

TABLA XXI

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.2	0.0963	0.0915	95.00

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-40+70$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

T = 1 h.



Observaciones:

Se formaron pocos cristales de oro con respecto a la prueba anterior.

TABLA XXII

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	459.00	1073.2	0.0965	0.0868	90.01
Volúmen de agua (ml.)					
Peso inicial del oro (g.)					
Peso de oro recuperado (g.)					
% de recuperación					

Datos:

$w = 46 \text{ r.p.m.}$
 $J = 0.46$
 $S = 0.30$
 $T = 0.25 \text{ h.}$
 w
 Hg
 $M = 10 \% \text{ } w = 46.0 \text{ g.}$
 \bar{z}
 \bar{z}
 Ley de oro: 210 g./m.
 Fracción de oro: -40+70 mesh (ASTM)

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXIII

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.2	0.0964	0.0580	60.16

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-200 \frac{\text{mesh}}{3}$ (ASTM)

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

T = 1 h.

Observaciones:

Se formaron los cristales aciculares de oro debido a que se dejó la muestra un tiempo mayor en ácido nítrico concentrado. Estos cristales son de mayor pureza que el resto de los granos de oro.

TABLA XXIV

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.2	0.0963	0.0675	69.73

Datos:

 $w = 46$ r.p.m.Fracción de oro: -200 mesh (ASTM)
3 $J = 0.46$

Ley de oro: 210 g./m.

 $S = 0.30$ $W = 10\%$ $W = 46.0$ g.
Hg m $T = 1.5$ h.

Observaciones:

El oro no tiene impurezas debido a que hay que tener precaución en lavar al mercurio antes de filtrarlo mediante la tela blue jean.

Se tostó el oro para que adquiriera su color natural.

TABLA XXV

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.2	0.0964	0.0548	56.84

Datos:

 $w = 46$ r.p.m. $J = 0.46$ $S = 0.30$ $T = 0.5$ h.Fracción de oro: -200 mesh (ASTM)
3

Ley de oro: 210 g./m.

 $W_{Hg} = 10\%$ $W_m = 46.0$ g.

Observaciones:

Se formaron los cristales aciculares de oro. La razón para que suceda este fenómeno parece ser debido a que la amalgama se la dejó luego de sacarla del tambor un buen tiempo sin tratarla, de esta manera el oro tuvo tiempo de crecer en forma de cristales prismáticos.

TABLA XXVI

VARIABLE: TIEMPO DE AMALGAMACION

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0963	0.0667	69.26

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: -200 mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m .

S = 0.30

W = 10 % W = 46.0 g.
Hg m

T = 2.50 h.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXVII

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0964	0.0820	85.10

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-30+40$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 5 % W = 22.9 g.
Hg m

T = 1.25 h.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXVIII

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0964	0.0737	76.50

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: -30+40 mesh (ASTM)

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m³.

S = 0.30

W = 2.5 % W = 11.47 g.
Hg m

T = 1.25 h.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXIX

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0964	0.0867	90.03

Datos:

 $w = 46$ r.p.m. $J = 0.46$ $S = 0.30$ $T = 1.25$ h.

Fracción de oro: +30 mesh (ASTM)

Ley de oro: $210 \frac{g.}{m.}$ $W_{Hg} = 5\% W_m = 22.9$ g.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXX

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0965	0.0803	83.25

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: +30 mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m.

S = 0.30

W = 2.5 % W = 11.476 g.
Hg m

T = 1.25 h.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXXI

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0964	0.0800	82.99

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-40+70$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m .

S = 0.30

W = 5 % W = 22.90 g.
Hg m

T = 1.25 h.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXXII

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0964	0.0724	75.15

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: $-40+70$ mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m .

S = 0.30

W = 2.5 % W = 11.47 g.
Hg m

T = 1.25 h.

Observaciones:

Se formaron los cristales y se tostó el oro para quitarle las impurezas.

TABLA XXXIII

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0964	0.0790	82.05

Datos:

w = 46 r.p.m.

J = 0.46

S = 0.30

T = 2 h.

Fracción de oro: $-70+100$ mesh (ASTM)
3

Ley de oro: 210 g./m .

W = 5 % W = 22.90 g.
Hg m

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXXIV

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0965	0.0688	71.22

Datos:

 $w = 46$ r.p.m. $J = 0.46$ $S = 0.30$ $T = 2$ h.Fracción de oro: $-70+100$ mesh (ASTM)
3

Ley de oro: 210 g./m .

 $W_{Hg} = 2.5\%$ $W_m = 11.70$ g.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXXV

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0964	0.0626	65.03

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: -200 mesh (ASTM)

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m³.

S = 0.30

W_{Hg} = 5 % W_m = 22.90 g.

T = 2 h.

Observaciones:

Ninguna.

TABLA XXXVI

VARIABLE: PORCENTAJE DE MERCURIO

Peso del Mineral (g.)	Volumen de agua (ml.)	Peso inicial del oro (g.)	Peso de oro recuperado (g.)	% de recuperacion
459.00	1073.3	0.0964	0.0530	55.08

Datos:

w = 46 r.p.m.

Fracción de oro: -200 mesh (ASTM)
3

J = 0.46

Ley de oro: 210 g./m .

S = 0.30

W_{Hg} = 2.5 % W_m = 11.70 g.

T = 2 h.

Observaciones:

Ninguna.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BRISTOW C., HOFFSTETTER R. L xique Stratigrafique International, vol V, Amérique Latine, Fasc. 5 a 2, Ecuador; CNRS, Paris 1977, pp. 200-201.
- 2.- DURAN A. ANTONIO. Extracción del oro de sus minerales, Cap. II, Medellín, 1989, pp. 1-3.
- 3.- EGUEZ ALAVA HUGO. Evaluación de terrazas auríferas sector Chingananza- Cantón M ndez, Provincia de Morona-Santiago, Informe Técnico, Guayaquil, 1989, pp. 1-12.
- 4.- ESCOBAR ALVAREZ JESUS, ECHEVERRIA ALBERTO. Notas sobre minería de veta y cianuración, Asociación colombiana de mineros, Medellín 1942, pp. 77-89.
- 5.- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (IGM). Atlas del Ecuador, Banco Central del Ecuador, 1982, pp. 18-19.

- 6.- LAGRAVA P, FERNANDEZ J. Variables de la amalgamación de oro en tambores (1era Parte), Reporte Metalúrgico #2, Bolivia 1987, pp. 3-12.
- 7.- RENGEL ESPINOZA JORGE O. Desarrollo Nacional de la minería ecuatoriana, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1985, pp. 18.
- 8.- WEISS N.L., SME Mineral Processing Handbook, Historical Developments in milling of gold ores, Weiss Ed., N.Y. 1985, pp. 18-4