

OTRAS CONCENTRACIONES

- **JIGS**
- **Conos**
- **Espirales**
- **Mesas de Concentración**

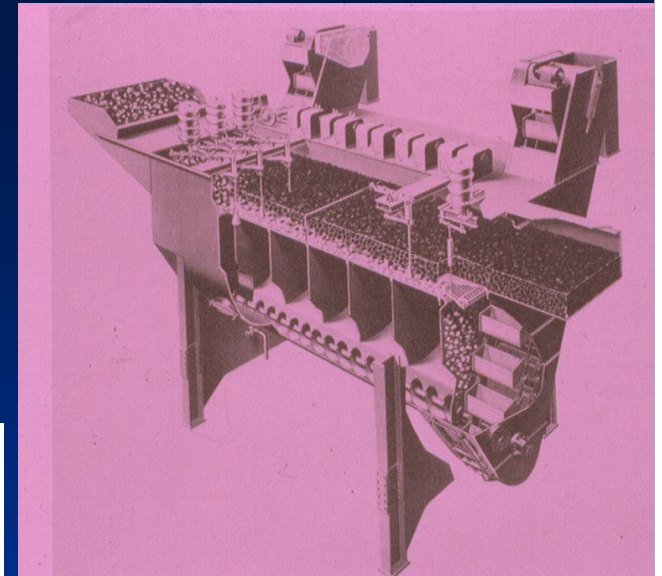
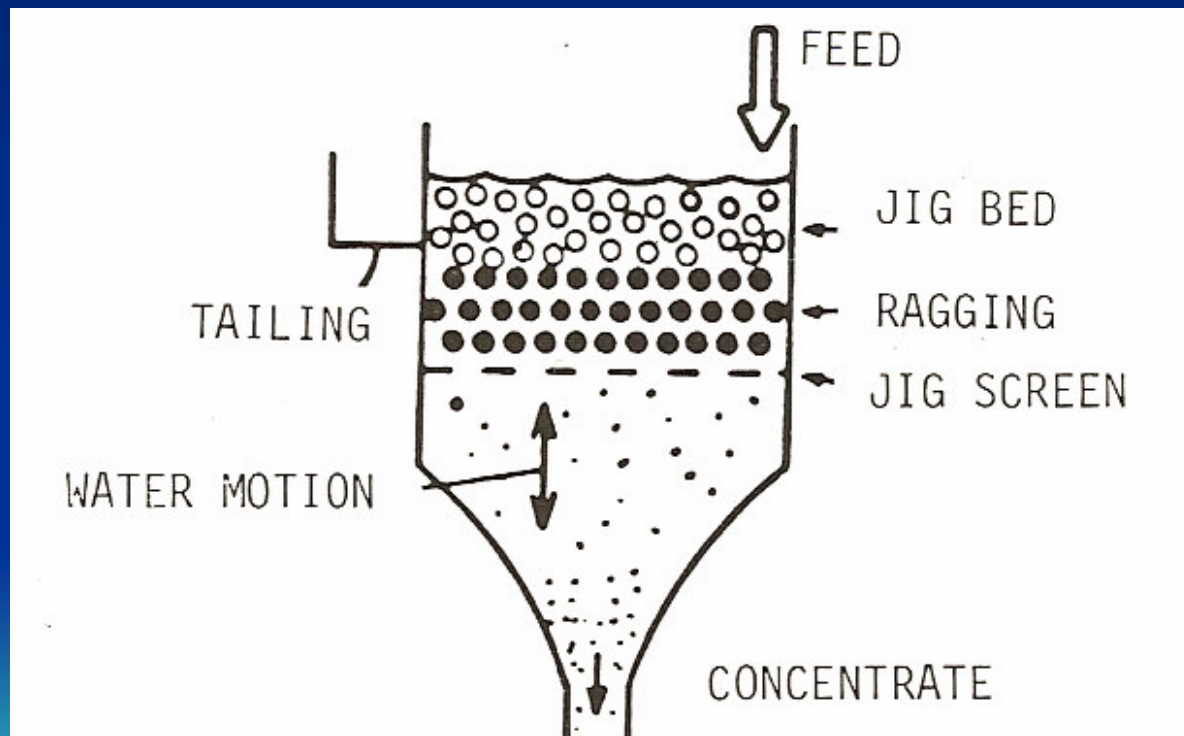


Otras Concentraciones: Jigs

- La concentración en un Jigs está basada en la diferencia de las gravedades específicas de partículas relativamente gruesas de minerales.
- La separación se produce mediante pulsaciones del líquido y es posible gracias a:
 - Aceleración diferencial y a la diferencia en velocidad de sedimentación de sólidos de distintas densidades en agua.
 - Diferencia de altura a que son impulsados los sólidos de diferentes densidades por efecto de movimientos verticales del fluido.



Otras Concentraciones: Jigs



Otras Concentraciones: Jigs

Principios de Operación

➤ **Aceleración diferencial de una partícula :**

Corresponde a la aceleración al inicio del movimiento de la partícula. Esta aceleración sólo depende de la densidad relativa del mineral y del fluido. El tamaño de la partícula no es un factor.

- Teóricamente puede demostrarse que las partículas más pesadas tienen una aceleración y velocidad mayor al principio que las partículas livianas.
- Si la repetición de caída es bastante frecuente, y la duración de las caídas lo suficientemente corta, la distancia recorrida por las distintas partículas, tendrán una relación más estrecha respecto a sus aceleraciones iniciales en lugar que sus velocidades terminales o máximas.
- Bajo estas condiciones la estratificación sólo tiene lugar sobre la base de la densidad.



Otras Concentraciones: Jigs

Principios de Operación

➤ **Sedimentación Obstruida:**

- Después de tiempos ligeramente largos las partículas alcanzan su velocidad terminal.
- La velocidad terminal de una partícula que sedimenta en un fluido, puede ser calculada como partículas de sedimentación libre, la que obedece a la ley de Stokes (partículas finas $< 0,05\text{mm}$) o a la ley de Newton (partículas gruesas tan grandes como $0,5\text{ cm}$), o algunas entre estas (tamaño medio de partículas).
- Cuando aumenta la cantidad de partículas en un fluido, el efecto producido por este aumento de partículas se hace notorio y la velocidad de sedimentación disminuye. El sistema se comportará como un líquido pesado con una densidad que corresponderá a la de la pulpa, no a la del fluido, esto se conoce como sedimentación (asentamiento) obstruido.



Otras Concentraciones: Jigs

Principios de Operación

➤ **Desplazamiento Intersticial:**

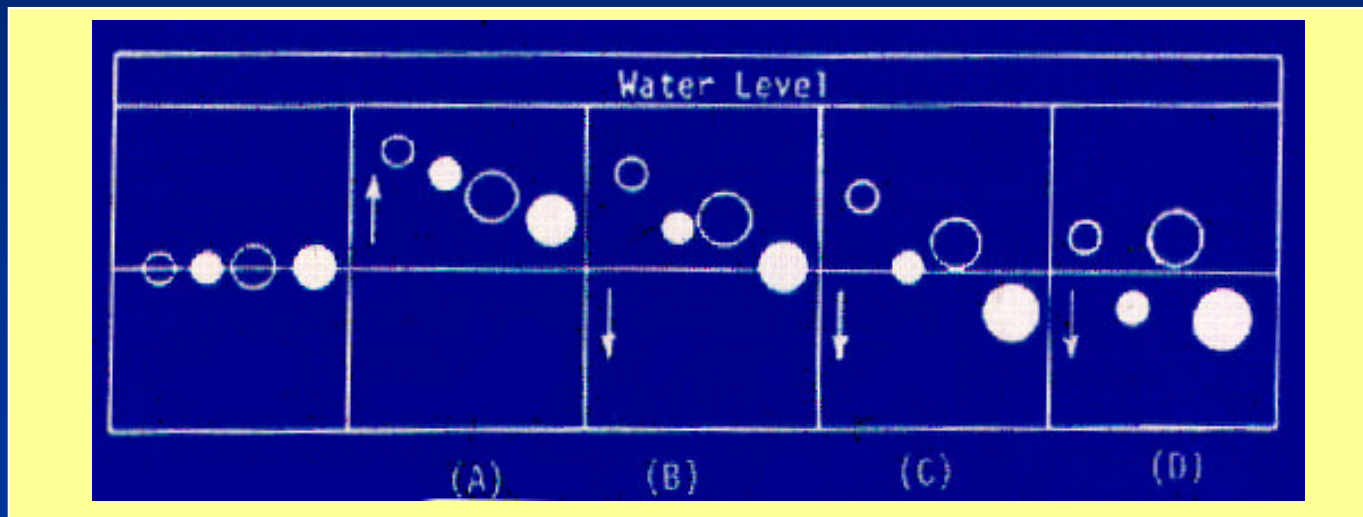
- Durante el cambio desde la dilatación hasta la compactación, las partículas a ser retenidas son las más grandes y las últimas las más pequeñas.
- Esto explica una aparente anomalía en la operación del jig, es decir, las pesadas y pequeñas se mueven hacia abajo con mayor rapidez que las partículas grandes de una alimentación no clasificada.
- Las partículas pequeñas rellenan en seguida los huecos entre las más grandes y por ende aumenta la resistencia del lecho a la penetración. Este efecto de empaquetamiento debe ser considerado en la determinación del rango granulométrico a usarse.



Otras Concentraciones: Jigs

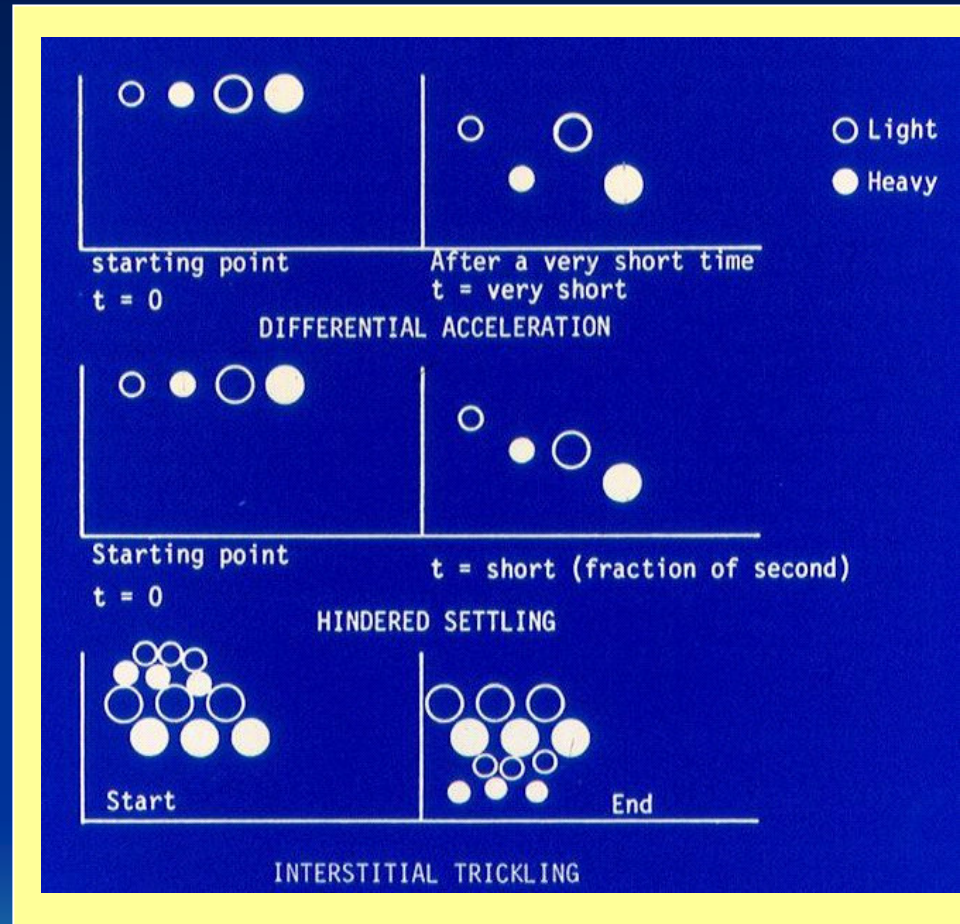
Principios de Operación

Desplazamiento Intersticial:



Ciclos de Jigs: (A) impulsión; (B) aceleración diferencial; (C) sedimentación obstruida; (D) desplazamiento intersticial

Otras Concentraciones: Jigs



Mecanismos de Jiggins: (a) aceleración diferencial, (b) sedimentación obstruida y (c) desplazamiento intersticial

Otras Concentraciones: Jigs

Principios de Operación

➤ **Energía potencial:**

- El postulado de Mayer dice que el agua de pulsación sirve sólo para abrir el lecho, y así permitir que las partículas pesadas se muevan hacia abajo a través de el.
- Existe otra explicación es que el lecho se abre para permitir la liberación de la energía potencial de la mezcla del lecho para la estratificación del lecho bajando el aparente centro de gravedad del lecho particulado.



Otras Concentraciones: Jigs

➤ Ciclos de un Jig:

Los ciclos del movimiento en el jig, pueden consistir tanto en pulsación como succión.

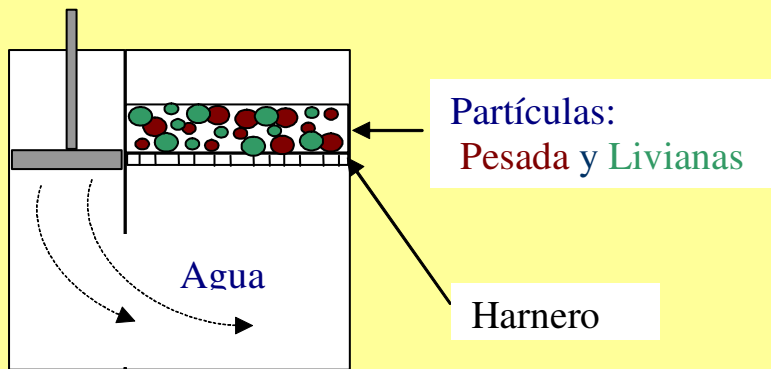
- Pulsación corresponde al movimiento del fluido hacia arriba referido a un punto estacionario.
- Succión corresponde al movimiento del fluido hacia abajo referido a un punto estacionario.

Todos los jigs usan pulsación además la mayoría usa succión.
La tendencia actual es eliminar la succión.

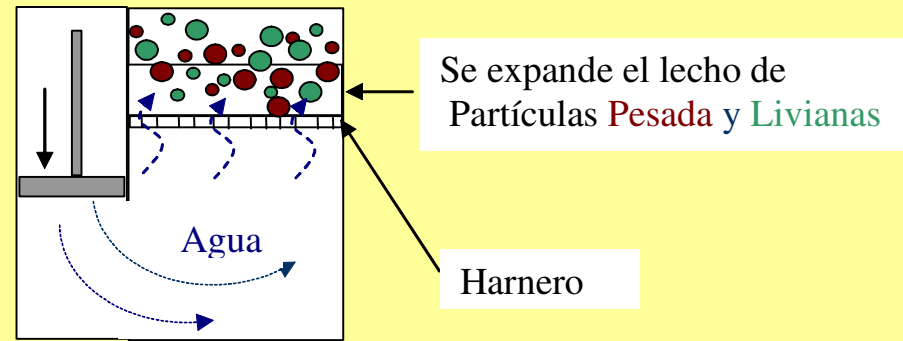


Otras Concentraciones: Jigs

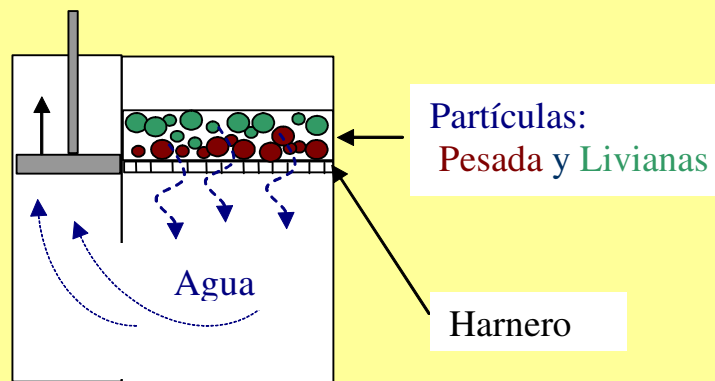
Estado Inicial



Impulsión



Succión



Otras Concentraciones: Operación en un Jigs

➤ *ALIMENTACIÓN:*

- Harneo previo, clasificación previa
- Clasificación estrecha
- Tamaños de 2" a 20# (850 μ m) aproximadamente dependiendo de la diferencia de densidades. en el caso del carbón 5" a 1/8".

➤ *VELOCIDAD:*

- Alimentación gruesa: 100 rpm y amplitud de la carrera 2".
- Alimentación fina: 300 rpm y amplitud de la carrera 1/8".

➤ *CAPACIDAD:*

- Material a tratar (efecto transportados de la corriente horizontal).
- Área del harnero del fondo.
- Del orden de 5 – 10 t/pie²/d.



Otras Concentraciones: Operación en un Jigs

➤ *POTENCIA:*

- Del orden de 0,1 HP/ pie² de área.

➤ *CONSUMO DE AGUA:*

- 5 – 10 t de agua/t mineral alimentado.

➤ *PORCENTAJE DE SÓLIDOS EN LA ALIMENTACIÓN:*

- 40 – 50%

➤ *USOS*

- **Carbón, Minerales de tungsteno, estaño, oro, uranio**, etc



Otras Concentraciones: Jigs

Controles en un Jig:

- Variación en la cantidad de agua agregada a los compartimientos.
- Longitud y velocidad de la carrera (embolada).
- Profundidad de la Cama.
- Harnero: Determina el tamaño de las partículas a tratar.
- Tamaño de la Alimentación: Una pequeña partícula de alta gravedad específica puede tener una velocidad terminal similar a una partícula grande de baja gravedad específica. Es importante entonces, una etapa de clasificación previa a la concentración.



Otras Concentraciones: Jigs

➤ *Control de la Granulometría:*

- Evitar tamaños $< 20 \text{ \#}$ (850 \mu m). Producen un aumento en la viscosidad del lecho lo que impide una eficiente separación por densidad y no permite ver el punto de corte en el lecho estratificado.

Como se controla:

Clasificación previa de la alimentación por:

- Hidro clasificadores (clasificadores hidráulicos de espiral).
- Hidrociclones (la fuerza centrífuga produce ruptura de las partículas frágiles).
- Harneros.

“Es aconsejable clasificar la alimentación por fracciones de tamaños adecuados y alimentar a distintos Jigs cada fracción”.



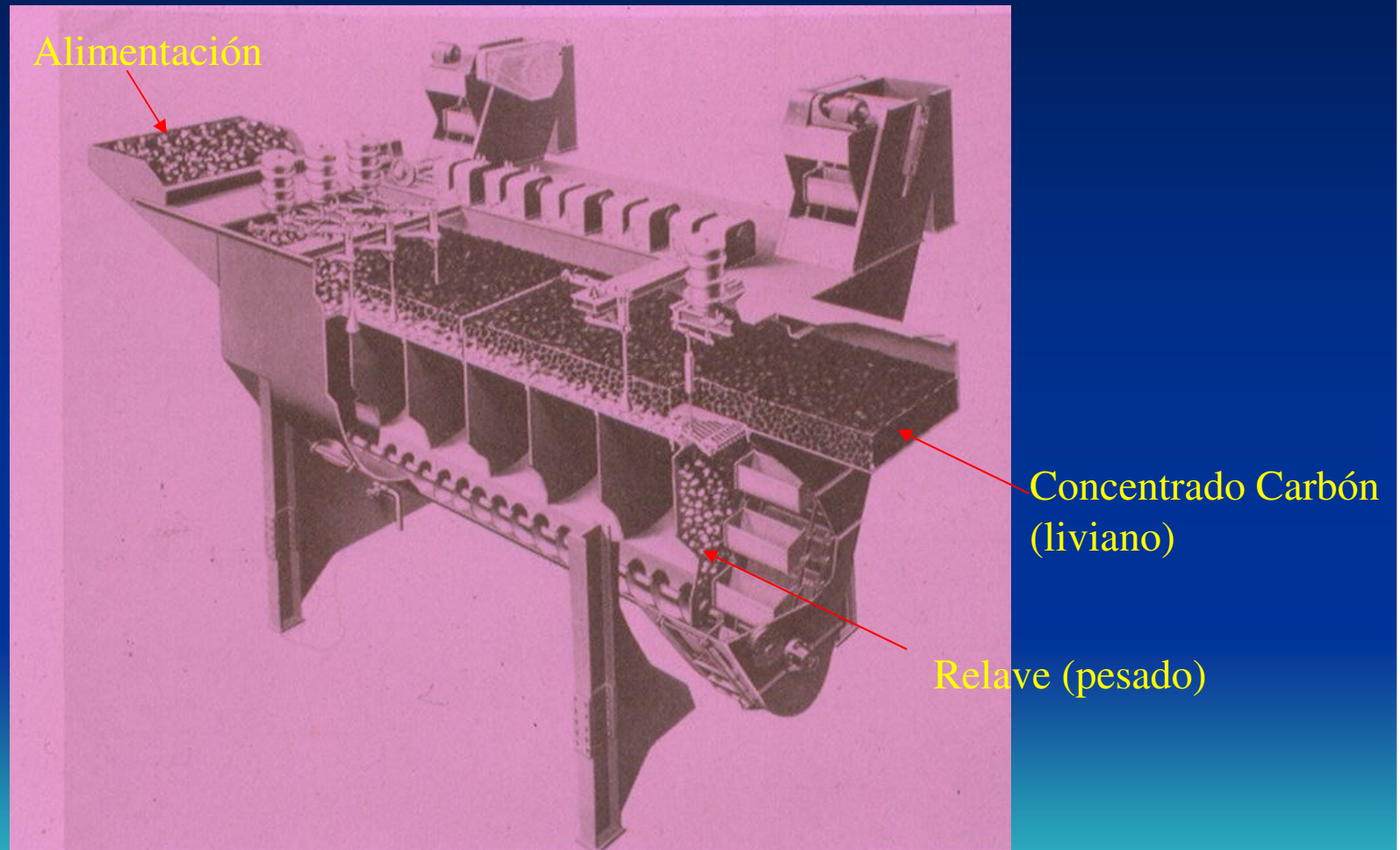
Otras Concentraciones: Jigs

➤ *Control de la Densidad de la Pulpa da Alimentación:*

- Cambios en ella significa menor eficiencia en el proceso, es muy sensible a esta variable.
- se puede requerir de etapas de separación sólido – líquido, vía conos de sedimentación, para llegar a la densidad adecuada si la alimentación es diluida.

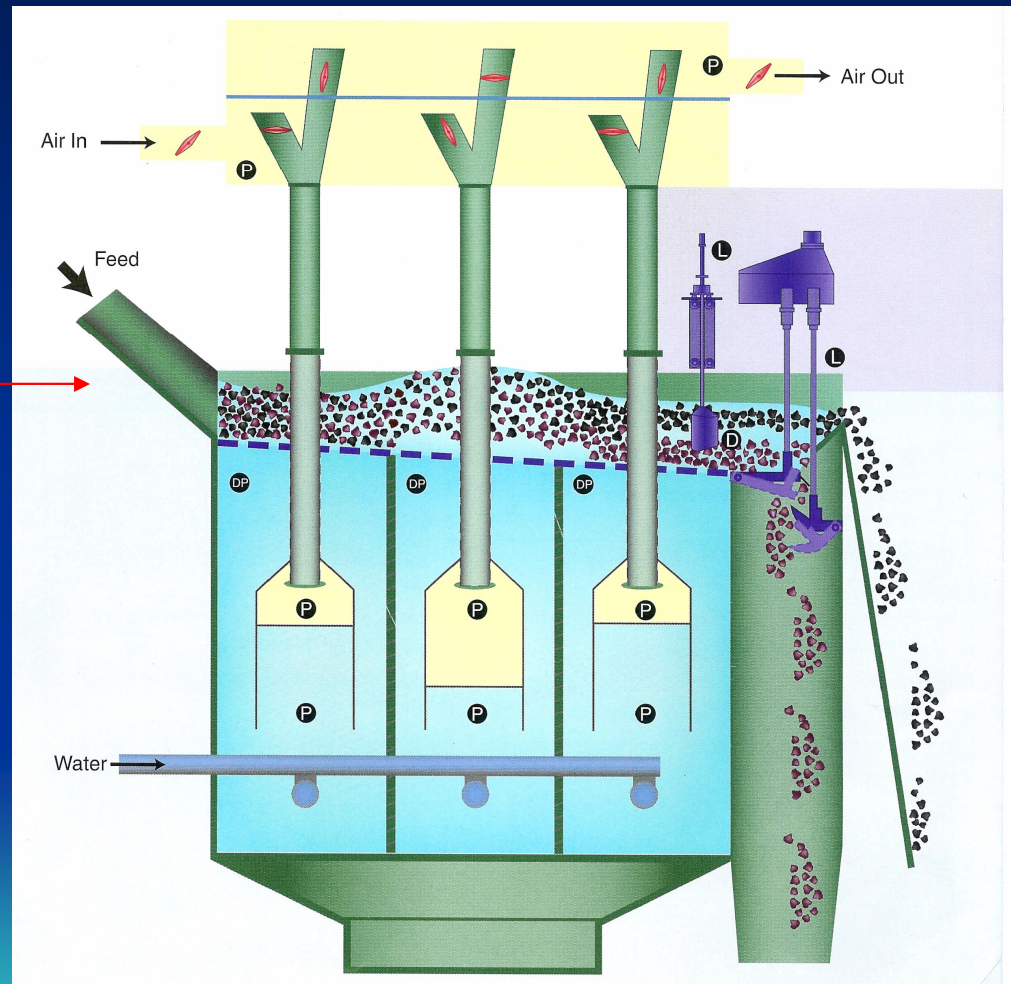


Otras Concentraciones: Jigs Baum

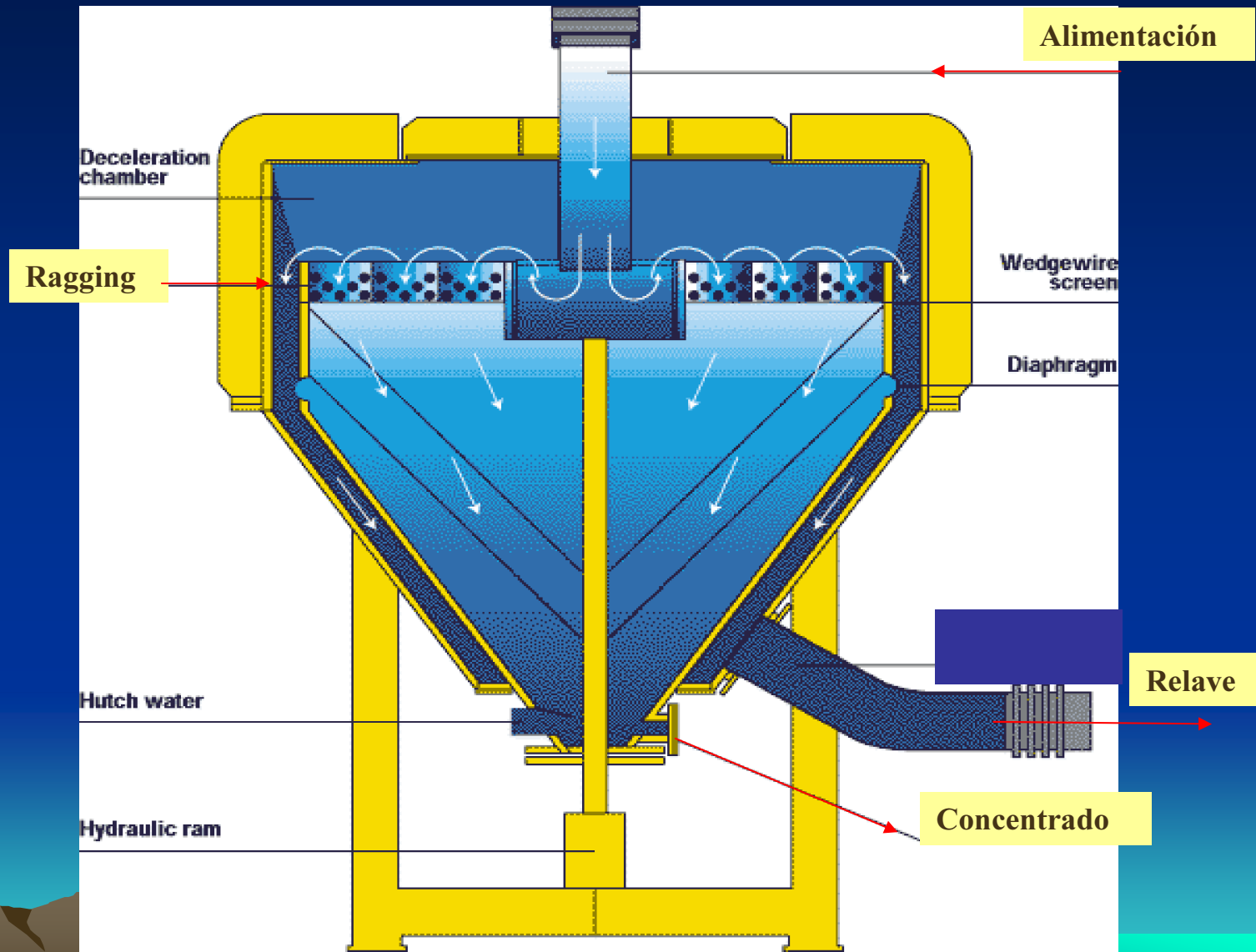


Otras Concentraciones: Jigs

Jigs pulsado con aire



Otras Concentraciones: Jigs

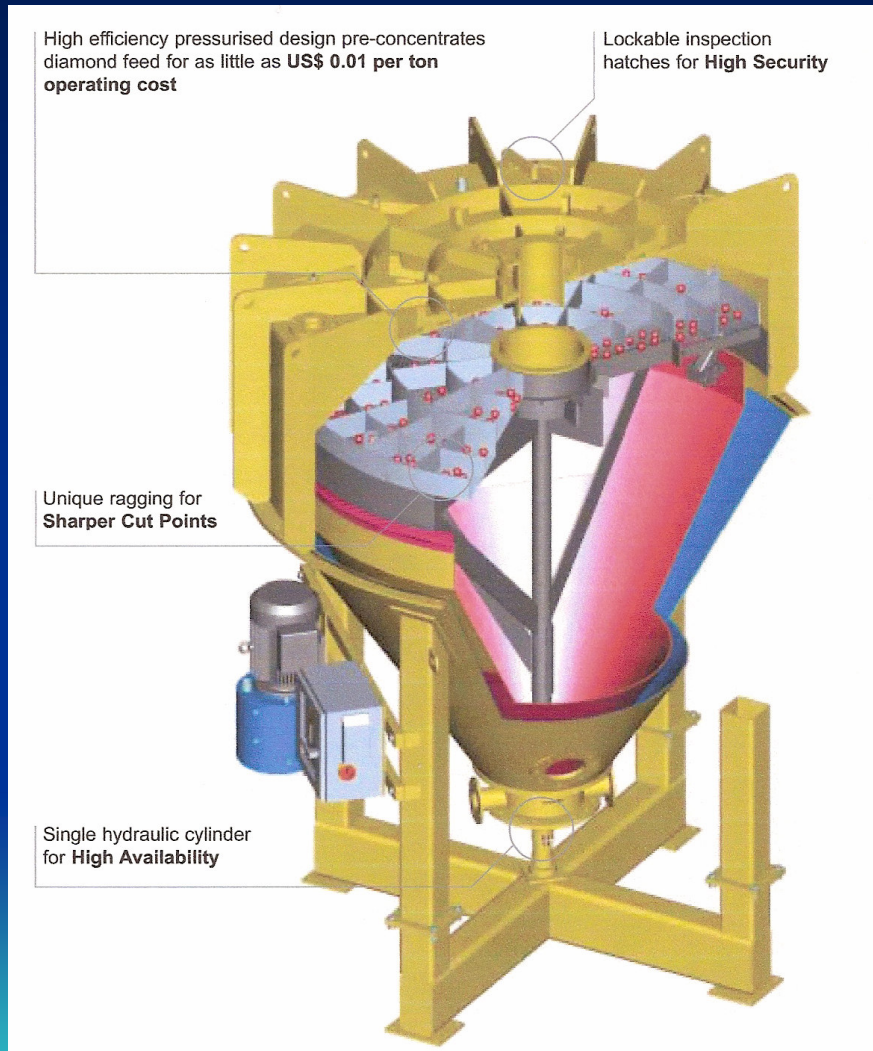


Otras Concentraciones: Jigs

Jigs pulsado para tratamiento de oro aluvial



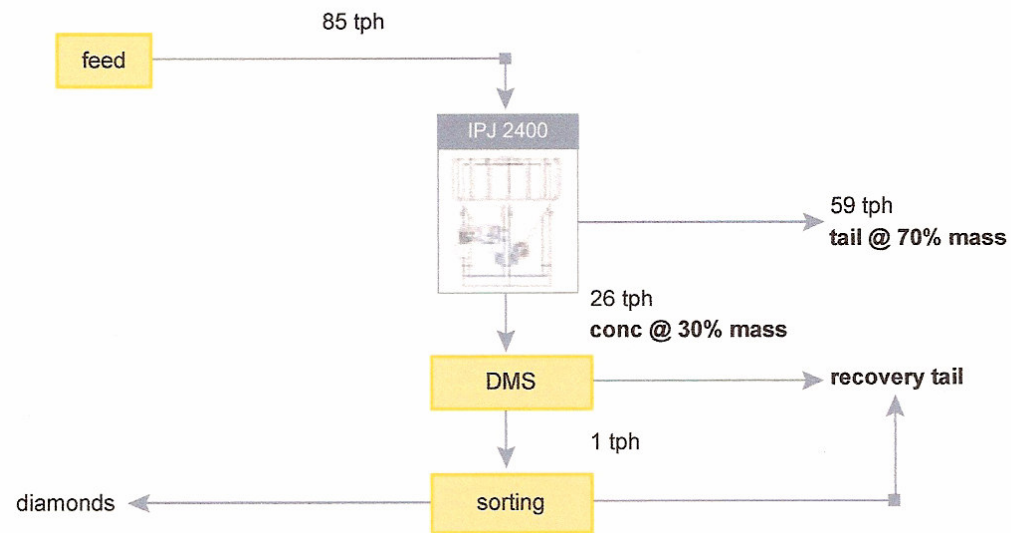
Otras Concentraciones: Jigs



**Jigs a presión para pre-
concentración de diamantes**

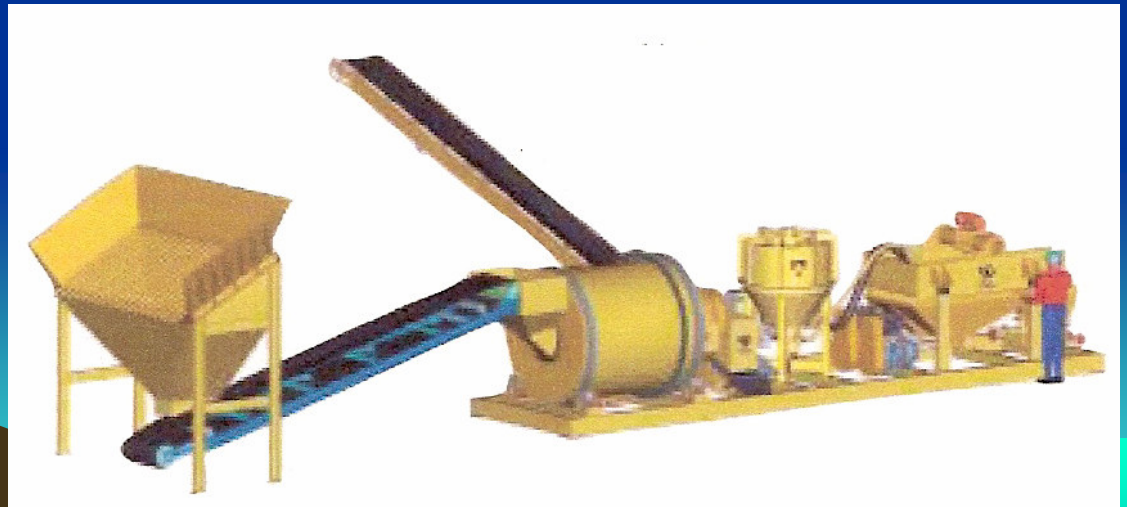
Otras Concentraciones: Jigs

TYPICAL FLOW SHEET



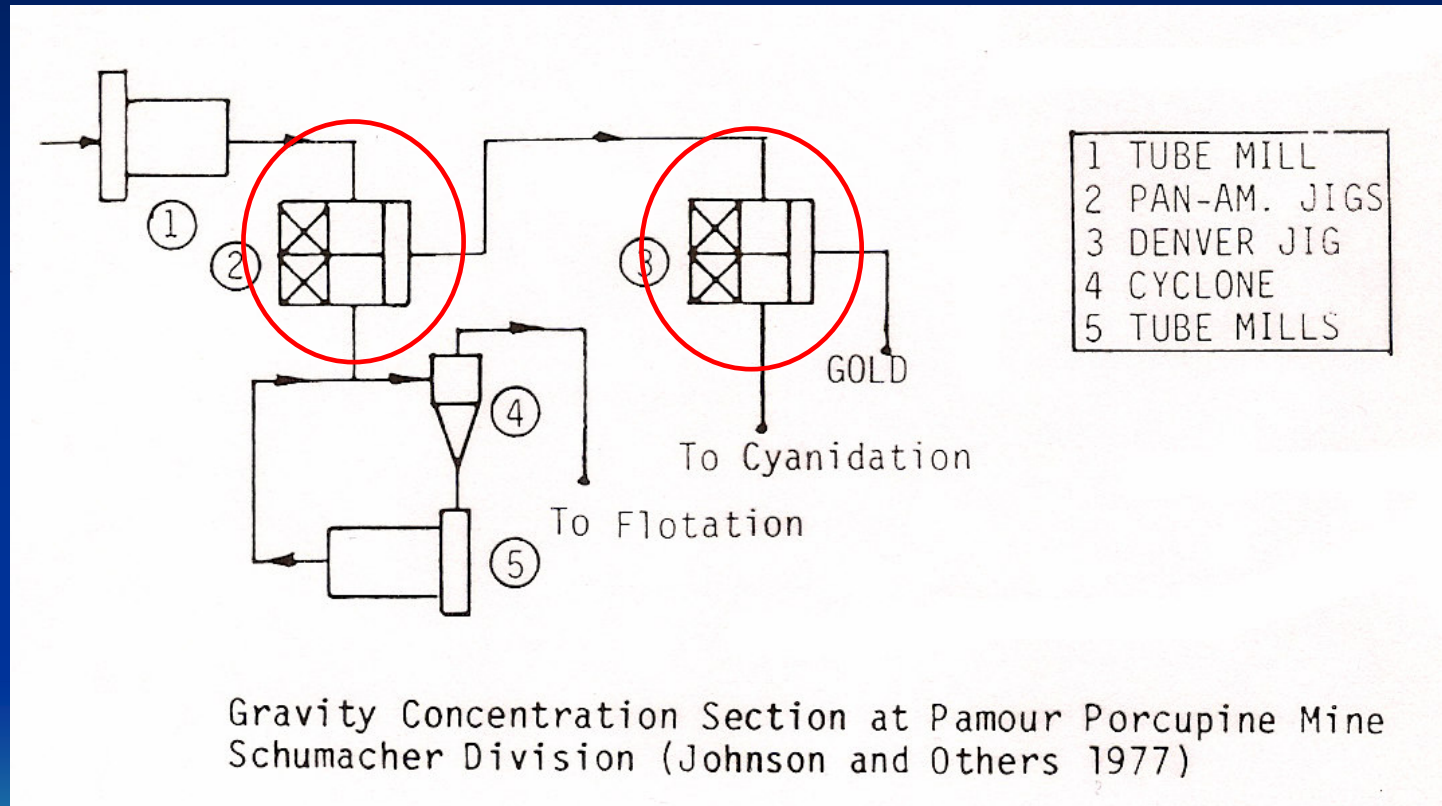
Jigs a presión para pre-concentración de diamantes

**Gravedad específica
diamantes 3,5**



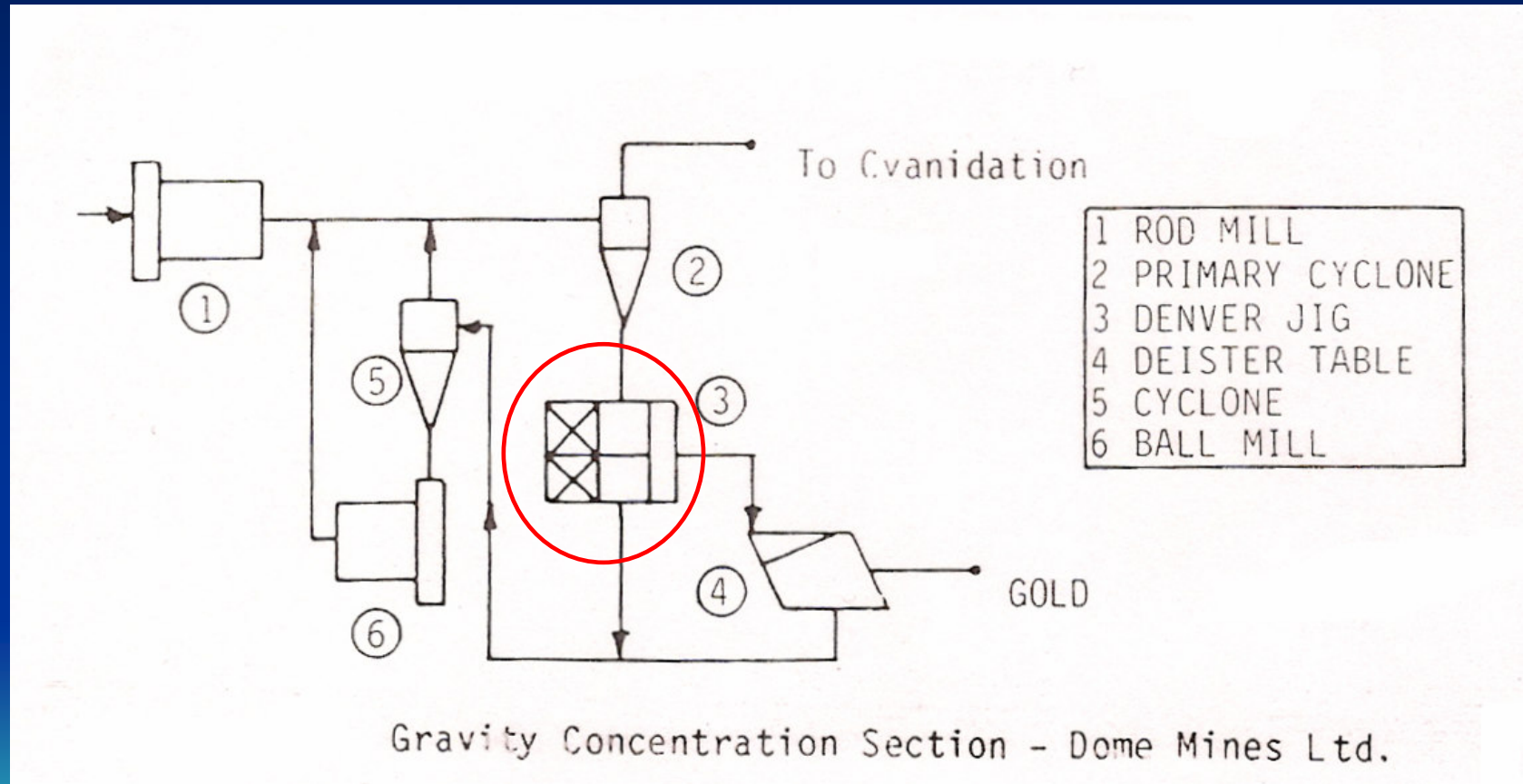
Otras Concentraciones: Jigs

Jigs pulsado para tratamiento de oro



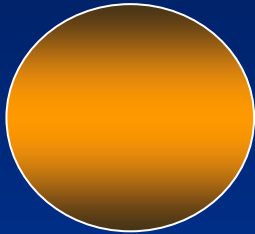
Otras Concentraciones: Jigs

Jigs para tratamiento de oro

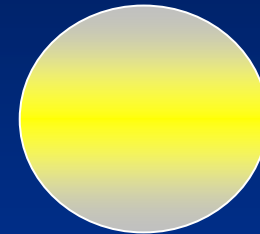


Otras concentraciones: *Partículas en un film líquido en movimiento*

Partículas pesadas y gruesas



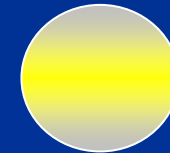
Partículas gruesas y livianas.



¿En que posición llegarían estas partículas si todas parten juntas y se mueven en un plano inclinado con un film fluido?



Partículas pesadas y finas



Partículas finas y livianas



Otras concentraciones: *Partículas en un film líquido en movimiento*

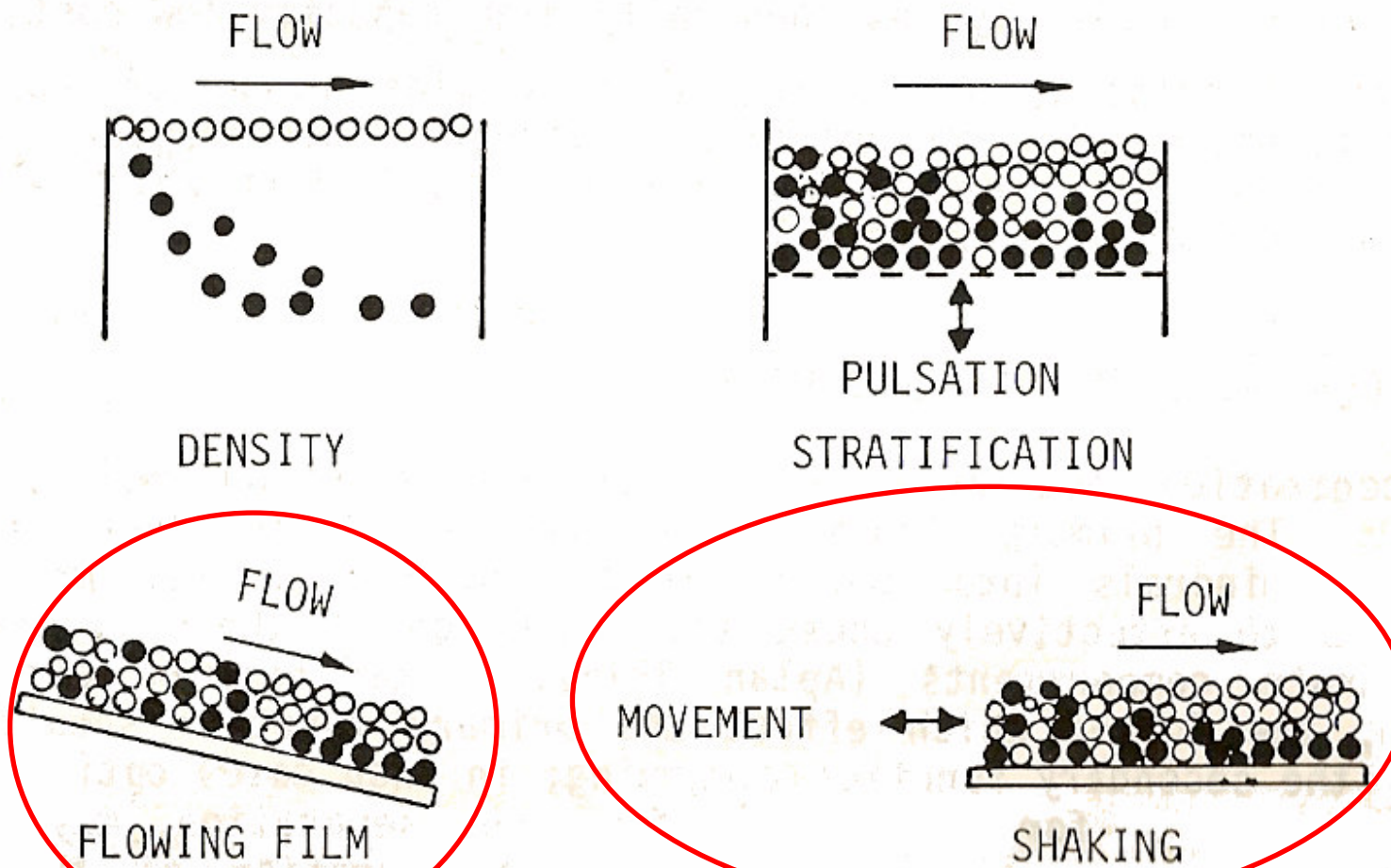
➤ *Factores que Afectan el Comportamiento de las Partículas en un Film Líquido en Movimiento*

Las partículas que viajan en forma descendente en un plano inclinado, inmersas en una corriente de fluido, se ordenan de arriba hacia abajo de la siguiente manera:

- Partículas pesadas y finas
- Partículas finas y livianas
- Partículas pesadas y gruesas
- Partículas gruesas y livianas.



Otras concentraciones: *Partículas en un film líquido en movimiento*



The various classifications of Gravity Concentration

Otras concentraciones: *Partículas en un film líquido en movimiento*

El comportamiento de las partículas sobre el fondo de un film de líquido en movimiento es afectado por los siguientes factores:

- **Pendiente o inclinación del plano:**

Ángulo crítico aumentará si la densidad aumenta.

- **Espesor del film de líquido:**

La velocidad de las partículas es directamente proporcional al cuadrado del espesor del film.



Otras concentraciones: *Partículas en un film líquido en movimiento*

- **Viscosidad del líquido:**

La velocidad de las partículas es inversamente proporcional a la viscosidad del líquido.

- **Coeficiente de fricción entre partículas y fondo:**

Depende de la velocidad de éstas.

- **Gravedad específica:**

Partículas pesadas se mueven más lentamente que las livianas.



Otras concentraciones: *Partículas en un film líquido en movimiento*

- **Forma de las partículas:**

Depende de la forma el movimiento.

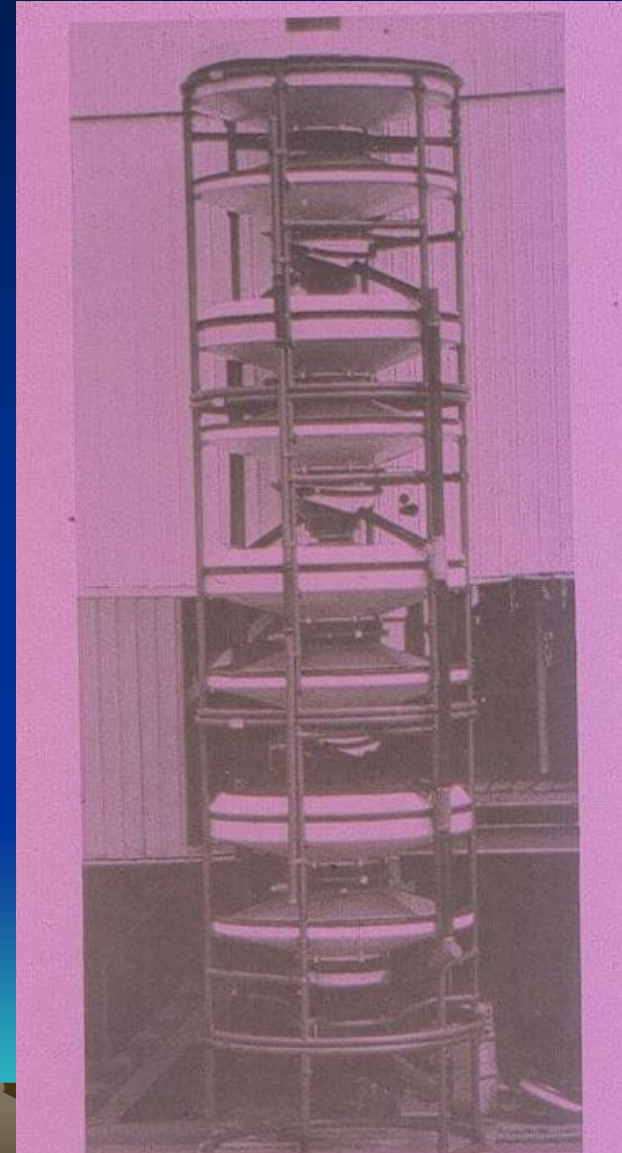
- **Rugosidad del piso:**

Las partículas más finas se pegan a los pisos más rugosos.



Otras Concentraciones: Conos Reichert

- Se basan en el principio de la **separación en lecho fluido sobre un plano inclinado**.
- El mecanismo de separación está basado en la sedimentación originada en el lecho, en el transcurso de su descenso a lo largo del plano.
- El equipo consiste de varias secciones de cono puestas verticalmente, para permitir varias etapas de enriquecimiento. Los conos están hechos de fibra de vidrio y están montados en bastidores (**más de 6 m de alto y 2 m de diámetro**), sin partes móviles.



Otras Concentraciones: Conos Reichert



Otras Concentraciones: Conos Reichert

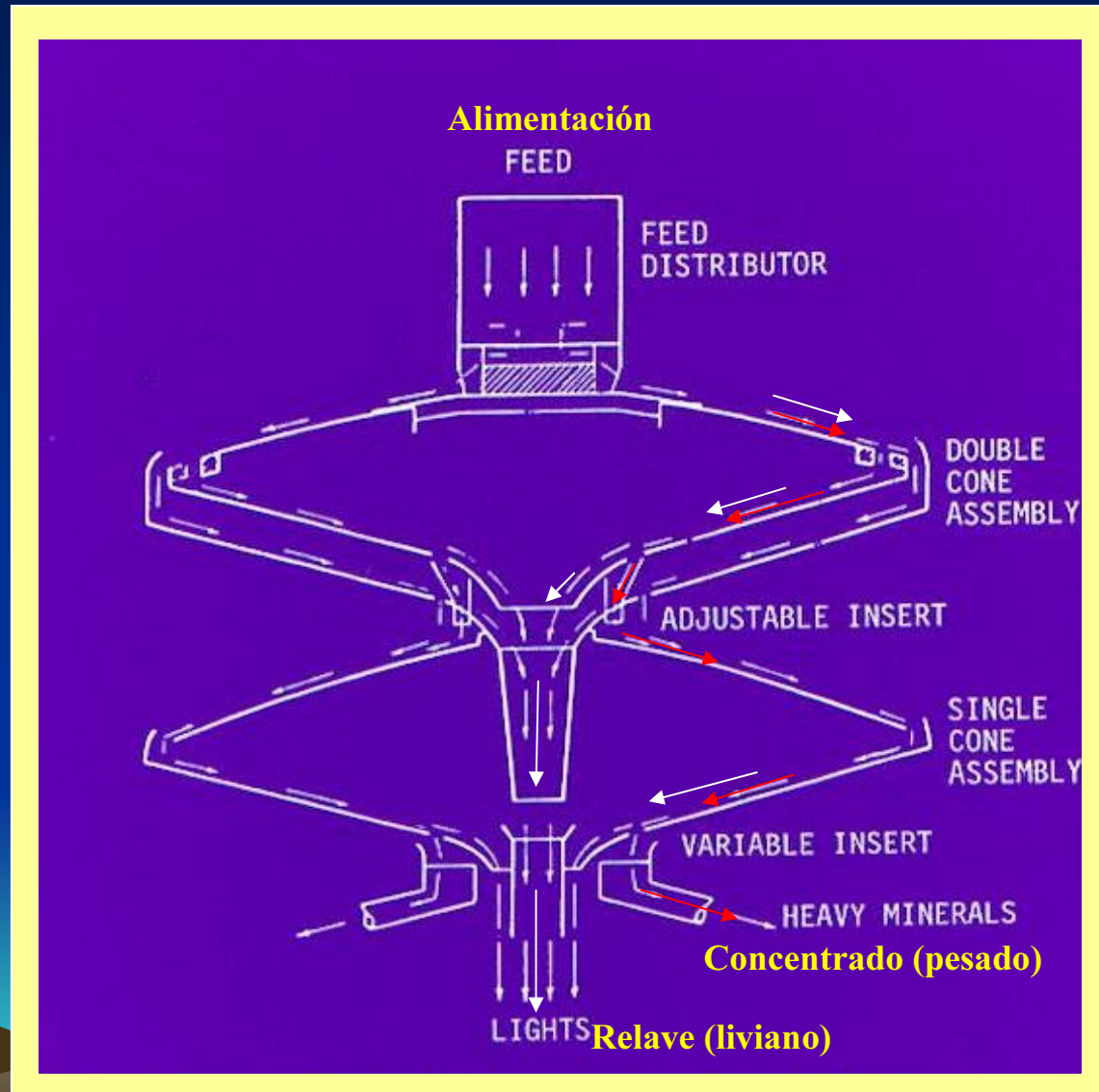
➤ Funcionamiento:

La pulpa de alimentación se distribuye uniformemente alrededor de la periferia del cono y a medida que fluye, las partículas densas que se encuentran en gran parte en contacto con la superficie del cono, se extraen por aberturas anulares. Las partículas livianas, que están más alejadas de la superficie del cono, fluyen sobre estas aberturas y pasan al ducto central constituyendo las colas.

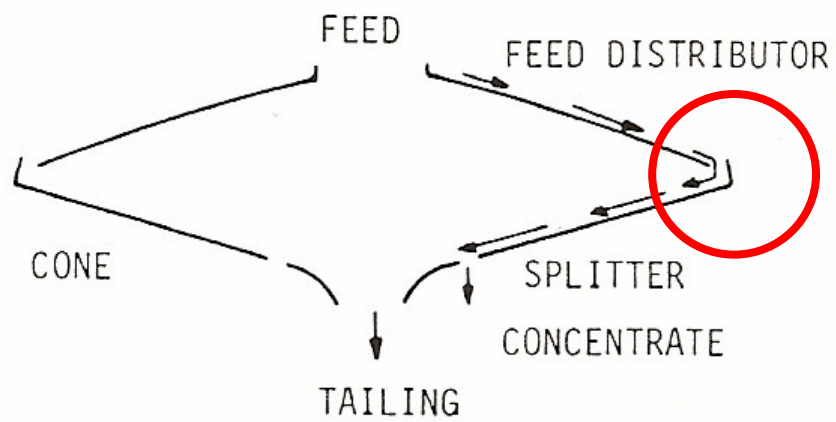
- Los conos se utilizan con minerales en tamaños entre los **80 μm y 1 mm**.
- La concentración de sólidos en las pulpas de alimentación está en el rango del **60 al 65% de sólidos en peso**.
- Alta eficiencia en la recuperación de finos más que en la de gruesos. Pueden ser utilizados como scavenger en circuitos existentes.
- Capacidad de 65 a 90 t/h



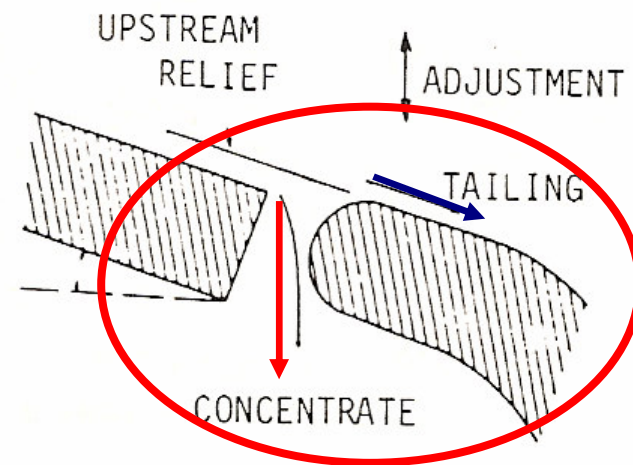
Otras Concentraciones: Conos



Otras Concentraciones: Conos

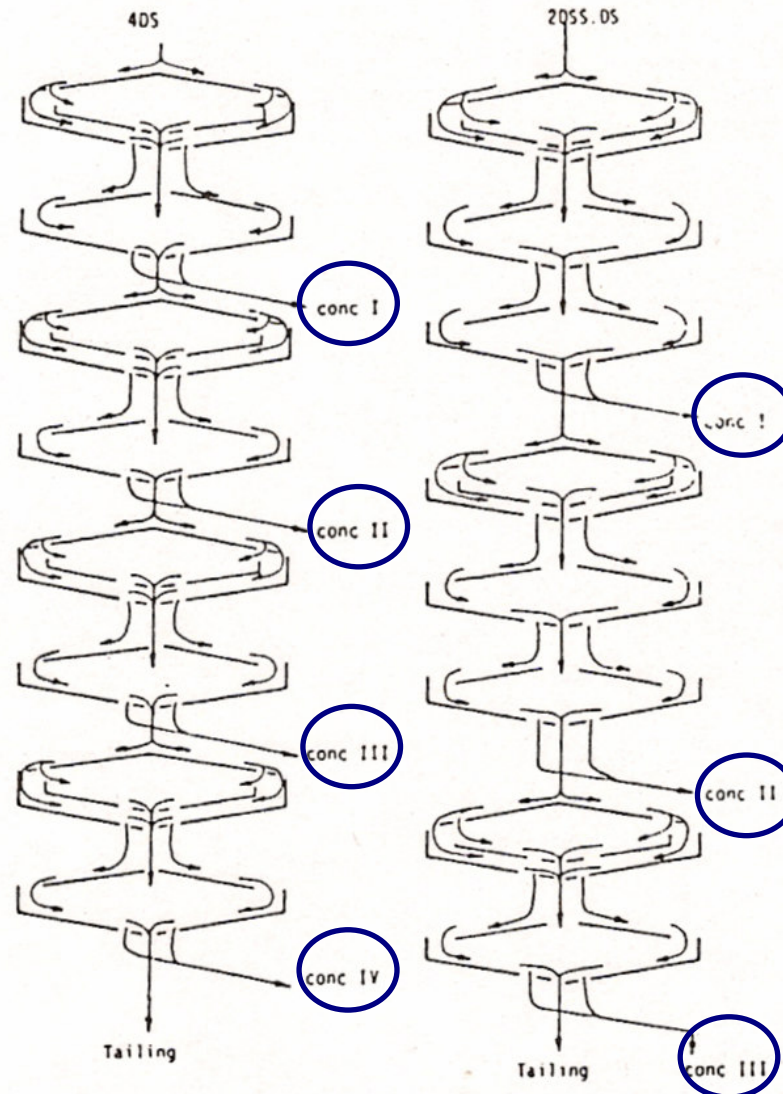


The Basic Element
of the Reichert Cone



Slot Mechanism
on Reichert Cone

Otras Concentraciones: Conos Reichert



Two Common Reichert Cone Configurations

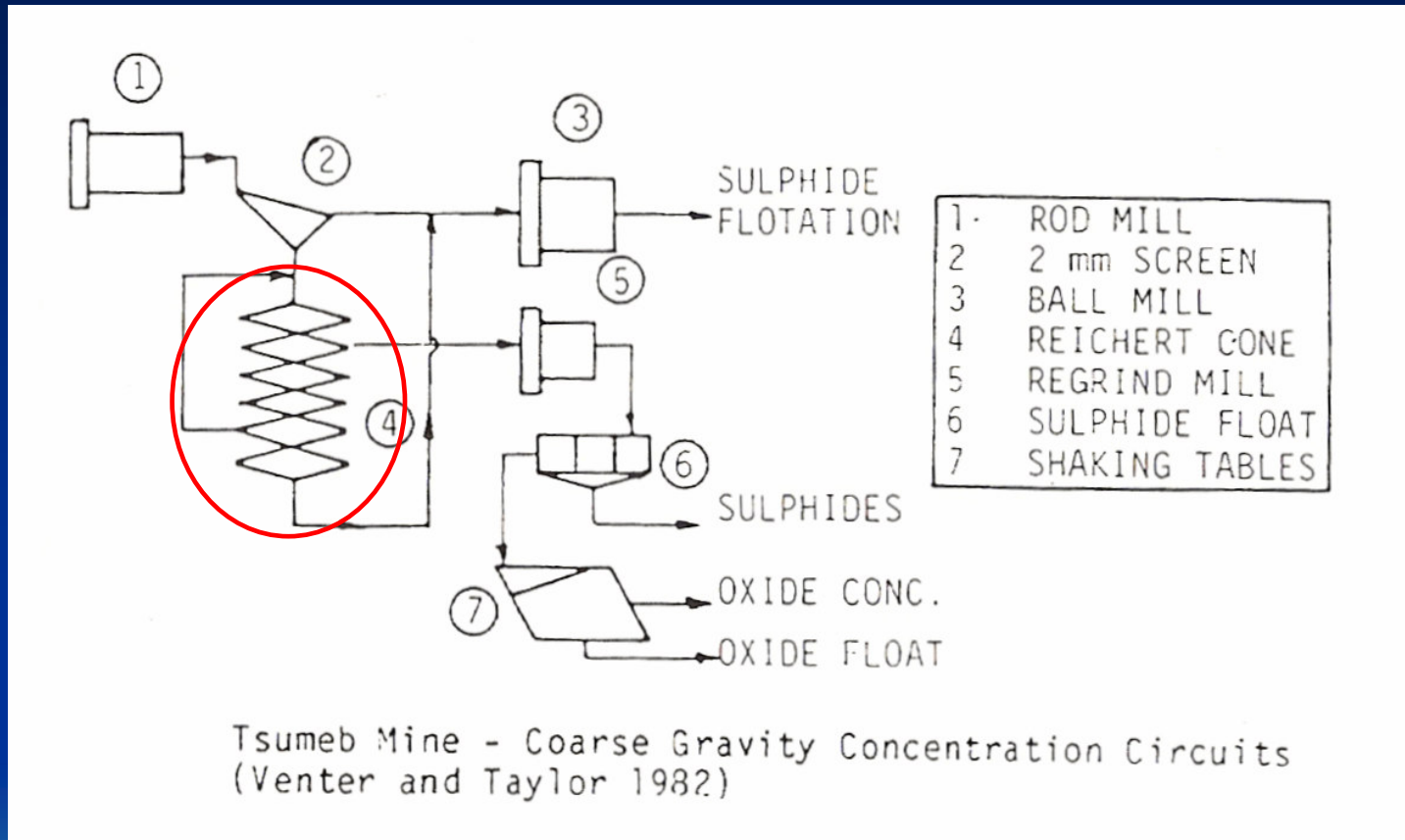
Otras Concentraciones: Conos Reichert

➤ Usos:

Tratamiento de **arenas con minerales pesados**, en la **pre-concentración de minerales de estaño y oro**, en la recuperación de minerales de **tungsteno** y en la **concentración de magnetita**. En muchas de estas aplicaciones, los conos han reemplazado a las espirales y a las mesas de sacudidas.



Otras Concentraciones: Conos Reichert



Mina de Manibia Sudáfrica que trata polimetálicos (Cu, Pb y Zn y óxidos de interés)

Otras Concentraciones: Espirales

La Espiral es un concentrador gravitacional basado en el **principio de un film fluido**. Una partícula que se desliza en un canal circular, en una corriente de film líquido, está sujeta a cuatro fuerzas:

- Fuerza de gravedad
- Fuerza centrífuga
- Empuje del líquido
- Roce contra el fondo del canal.

La velocidad de la corriente en espiral decrece con la profundidad desde un máximo en la superficie del líquido, hasta cerca de cero en la superficie de contacto con el canal.



Otras Concentraciones: Espirales

➤ **Funcionamiento:**

- a) La pulpa se alimenta en la parte superior y fluye hacia abajo.
- b) Las partículas pesadas se concentran en una banda hacia el interior de la corriente de pulpa.
- c) El ancho de la banda de concentrado es controlado por cortadores ajustables.
- d) Los concentrados reciben agua suplementaria para ayudar a su evacuación.

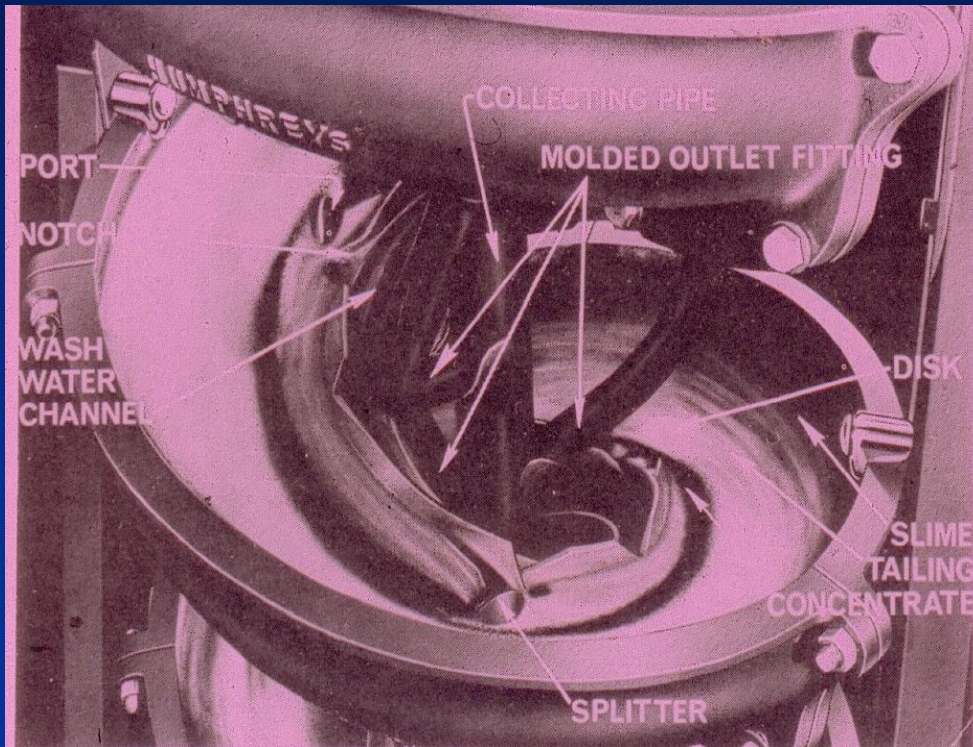


Otras Concentraciones: Espirales

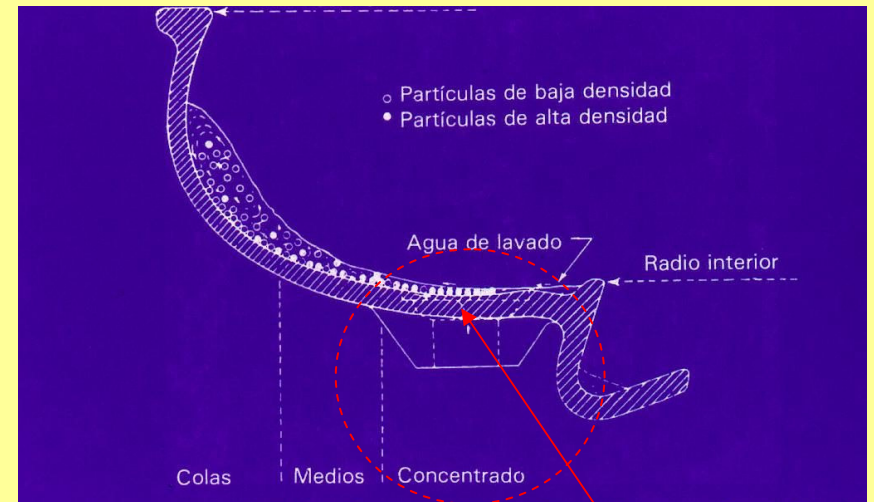
- e) Tanto concentrado como relaves se reciben en la parte inferior de la espiral.
- f) El extremo inferior de descarga puede dividirse por un cortador ajustable en dos productos.
- g) En el tratamiento de minerales en que hay varias "especies pesadas", la espiral es usada para hacer un **concentrado colectivo más que para hacer una separación individual**. Ej.: Galena, gravedad específica 7,5 y esfalerita, gravedad específica 4,0; a pesar de su diferencia de 3,5 es improbable que la espiral pueda separarlas.



Otras Concentraciones: Espirales



Diámetro 60 cm



Concentrado

Otras Concentraciones: Espirales

La **forma de las partículas** es un factor importante que puede afectar notoriamente la separación, como ocurre en el caso de la mica que, por su forma plana, tiende a irse con el agua que fluye hacia el exterior del canal.

Condiciones de Operación

➤ *Alimentación:*

Pulpa con porcentaje de sólidos en peso, $C_p = 15 - 45\%$

➤ *Capacidad tratamiento:*

1 - 3 t/h para espirales de baja pendiente.

2 - 3 t/h para espirales de alta pendiente.

➤ *Granulometría:*

Se utilizan para partículas en el rango de **tamaño de $75 \mu\text{m}$ a 2 mm .**



Otras Concentraciones: Espirales

➤ *Inclinación:*

Las espirales están hechas con pendiente de inclinación variable.

- **Ángulos poco profundos**, se utilizan para operaciones más difíciles, que implican pequeña diferencia en la gravedad específica. En estos casos la capacidad de tratamiento disminuye (1 - 3 t/h).
- **Ángulos más inclinados**, producen concentrados relativamente de baja ley pero con alta recuperación. En estos casos la capacidad de tratamiento aumenta.

Usos:

Principalmente en el tratamiento de arenas de playa tales como aquellas portadoras de: **ilmenita, rutilo, circón y monacita**. También se utilizan en la concentración de **minerales de hierro (hematita) y estaño** y en la limpieza de **carbones**.



Otras Concentraciones: Espirales

Datos de Construcción:

- **Longitud:**

5 vueltas o más para rougher o 3 vueltas en algunas unidades de limpieza.

- **Material:**

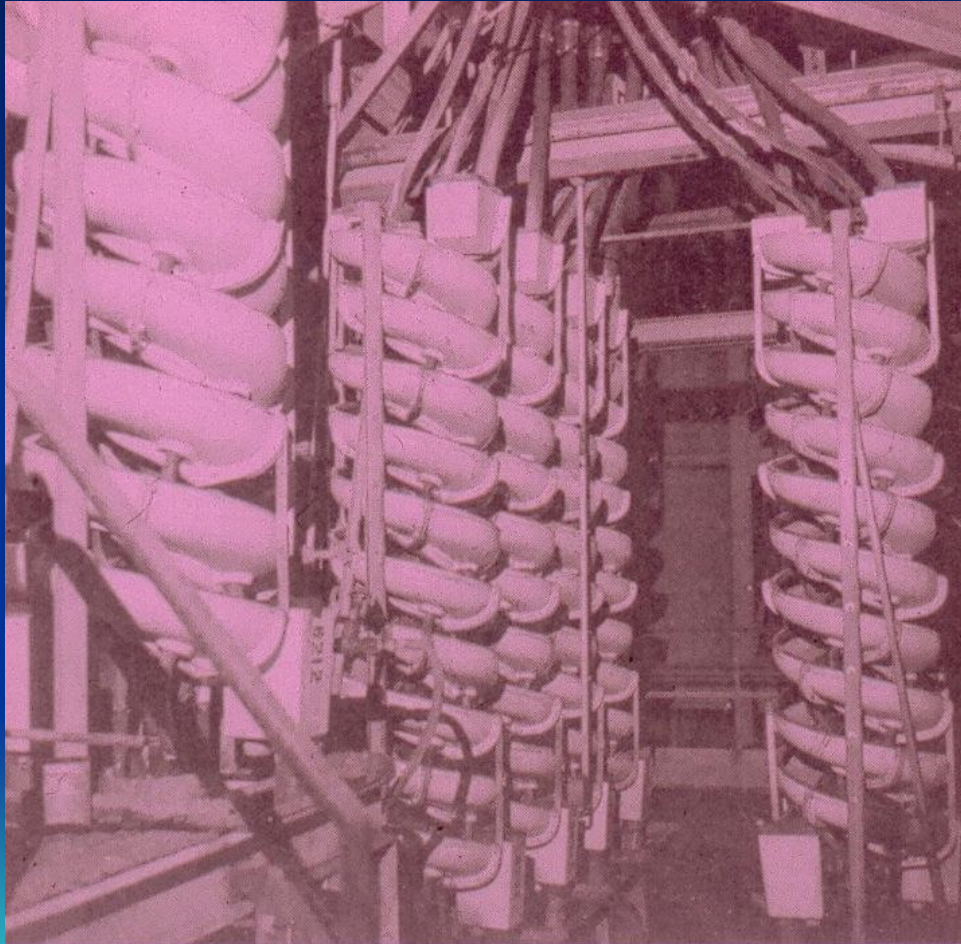
Fibra de vidrio, plástico revestido en hule o acero protegido con goma.

- **Disposición:**

Dentro de un bastidor ligero de tubo. Se pueden incorporar catorce espirales gemelas y se instalan como un módulo capaz de tratar hasta 40 t/h. Los módulos integrados se obtienen completos con sistemas de distribución de alimentación, de agua y mangueras de los productos.



Otras Concentraciones: Espirales

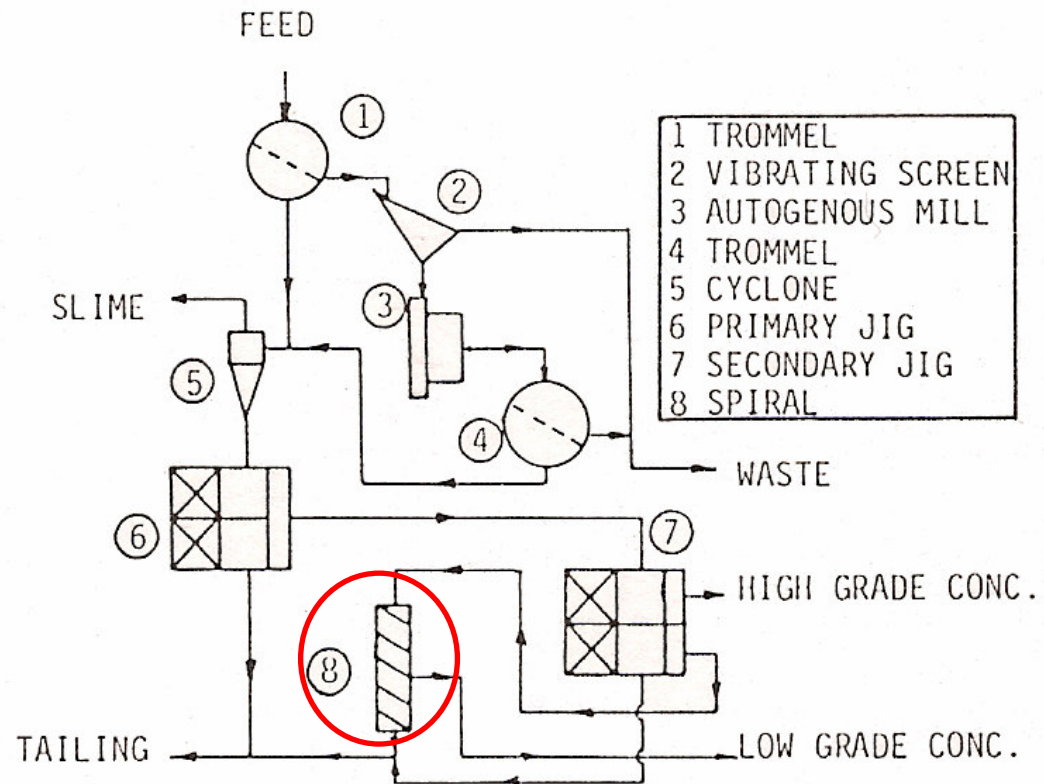


Otras Concentraciones: Espirales



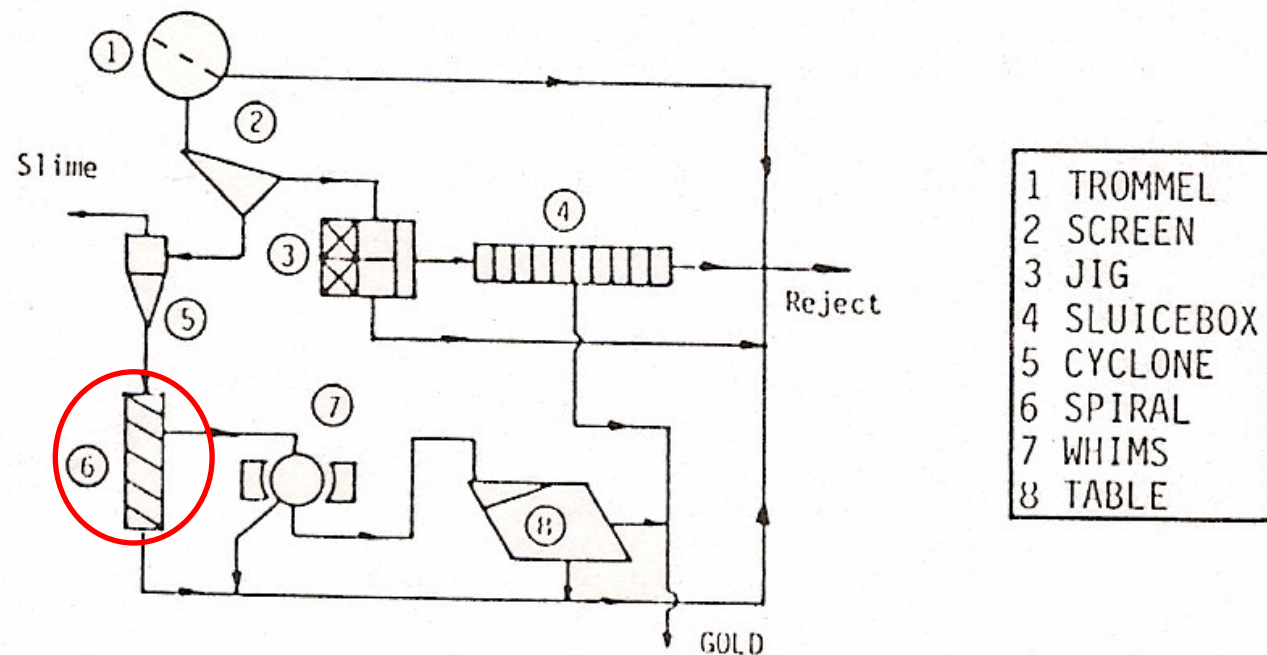
Otras Concentraciones: Espirales

Mineral de Estaño Planta Greenbusher (Australia)

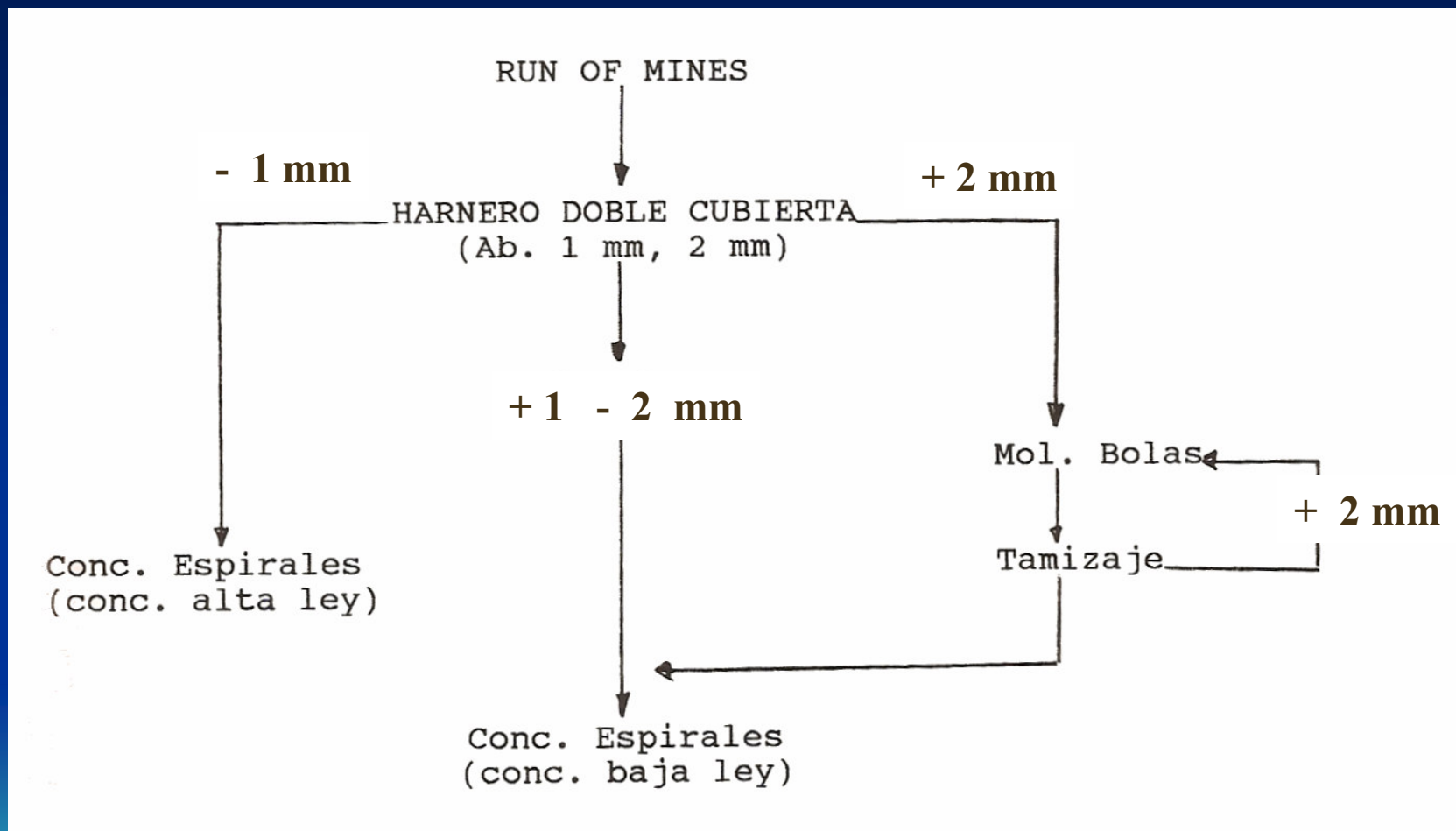


Otras Concentraciones: Espirales

Planta de Recuperación de Oro Fino



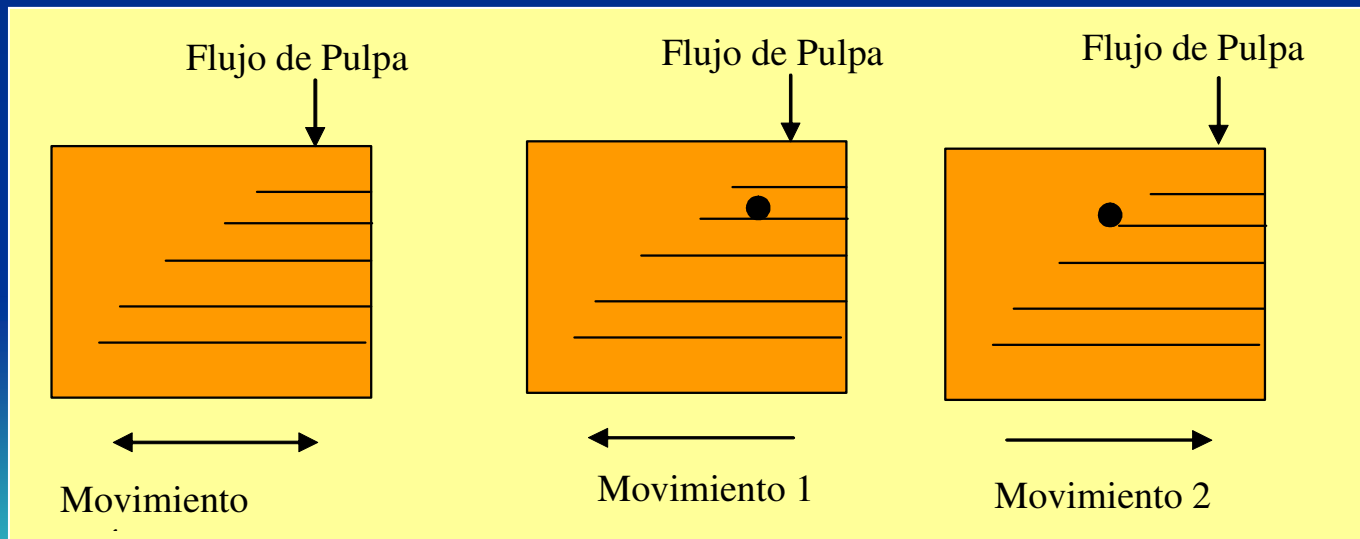
Otras Concentraciones: Espirales



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

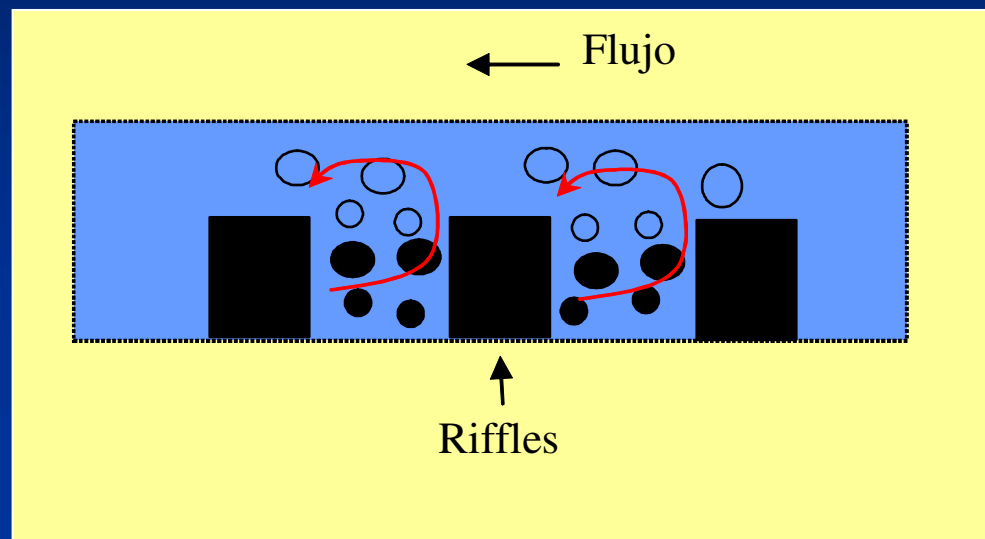
Esta utiliza los principios que describen el comportamiento de las partículas sobre el fondo de un film de líquido en movimiento. Aparte de estos principios generales, en la mesa intervienen también los siguientes efectos:

- El efecto de un movimiento recíproco en ángulo recto con respecto al film fluido y dirigido horizontalmente. Este movimiento recíproco del piso de la mesa tiene una aceleración asimétrica, cuyo efecto neto es el de causar un transporte intermitente de las partículas sobre la mesa.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

- Otro efecto auxiliar deriva del uso de rifles que disturban el flujo viscoso del fluido a lo largo del piso y lo substituyen por un flujo compuesto por una capa fluida más o menos viscosa en la parte superior y una de remolinos en el fondo del film.



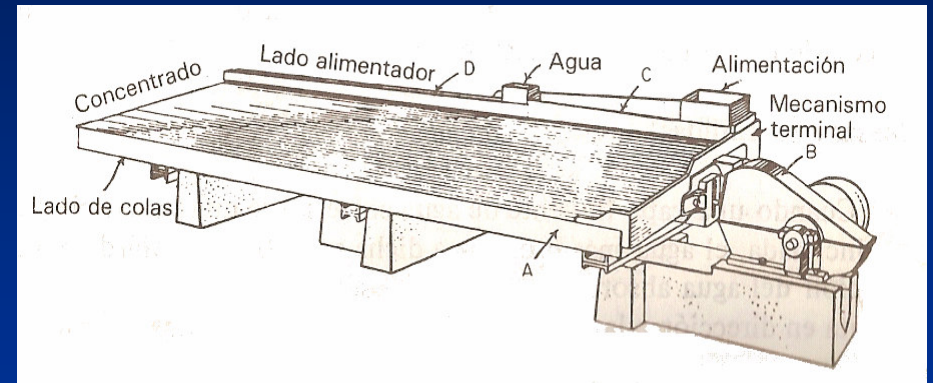
Como consecuencia de lo anterior, el mineral esta sujeto a dos fuerzas:

una debida al movimiento de la mesa y otra perpendicular a la anterior debida a la capa de agua.

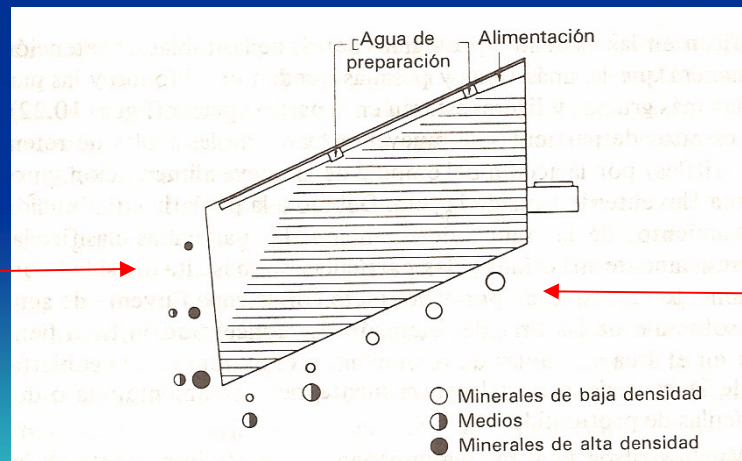
Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

Las partículas se mueven diagonalmente a través de la cubierta desde el extremo de la alimentación.

Se forma un abanico sobre la mesa. Las partículas más pequeñas y pesadas viajan más alto hacia la salida del concentrado en el extremo distante. Las partículas más ligeras y grandes se van hacia la canaleta de las colas.,



Zona de concentrados



Zona de relaves

Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

- Las mesas se utilizan con minerales en tamaños entre los **80 μm y los 6 mm** (en el caso del carbón se puede llegar a los **15 mm**). Un rango de tamaños muy amplio no es recomendable.
- La concentración de sólidos en las pulpas de alimentación está en el rango del **25 al 30%** de sólidos en peso.
- Usos: En la concentración de minerales de **Estaño, Hierro (hematita), Tungsteno, Tantalio, Mica, Bario, Titanio, Circonio** y en una extensión menor **Oro, Plata, Torio, Uranio** y otros. Sin embargo, su uso principal se encuentra en el **lavado de carbones**. Se estima que aproximadamente 45 millones de toneladas de carbón metalúrgico son lavados anualmente sobre mesas en USA.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

Variables de Diseño y Operación de Mesas Vibratorias:

Parámetros de la Máquina:

- **Vibración:** Amplitud y Frecuencia.

La amplitud y frecuencia de vibración tienen mucha importancia para el mecanismo de dilatación y estratificación del lecho, como también para el transporte de las partículas.

- **Alimentación Gruesa:**

Pulsos largos y velocidad relativamente baja.

- **Alimentación fina:**

Pulsos cortos y velocidad relativamente alta. Las partículas finas tienen tendencia una vez en contacto con la cubierta, de adherirse más fuertemente que las gruesas.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

Datos Operacionales de Longitud y Frecuencia

Mineral	Longitud (mm)	Frecuencia r.p.m
Mineral Grueso	12 - 25	260 - 300
Mineral Fino	8 - 20	280 - 320
Carbón	20 - 35	260 - 285

Un pulso largo empujará el concentrado más lejos que uno corto, lo que favorece la operación rougher.

Un pulso corto: ideal para la operación cleaner.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

➤ *Inclinación:* Lateral y Longitudinal

Estos parámetros afectan principalmente el transporte de partículas a lo largo y a lo ancho de la cubierta.

- **Inclinación Longitudinal:** Es la pendiente de la cubierta medida a lo largo de la línea de movimiento desde el mecanismo al extremo del concentrado. La inclinación apropiada se determina experimentalmente. Una vez determinada no hay que cambiarla a menos que haya un cambio considerable en las propiedades del mineral a tratar.
- **Inclinación Lateral:** Es la inclinación de la mesa desde el sector de alimentación hasta el lado de descarga de colas. Idealmente, la inclinación lateral es situada en el mínimo al cual es posible obtener una buena distribución en la cubierta. Al aumentar la pendiente, aumenta la capacidad de la mesa y se ahorra agua.

El rango de ambas inclinaciones dependerá del rango de tamaño de la alimentación. Ambas son determinadas experimentalmente.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

➤ *Inclinación:* Lateral y Longitudinal

Grandes Inclinaciones (laterales o transversales) =====>

Mayor descarga en el sector de las colas. Si el relave descarga con concentrado, se debe disminuir la inclinación transversal.

Grandes Inclinaciones (longitudinales) =====>

Mayor descarga en el sector de los concentrado. Si el concentrado lleva colas, se debe disminuir la inclinación longitudinal. Estos parámetros afectan principalmente el transporte de partículas a lo largo y a lo ancho de la cubierta.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

Datos Típicos de Operación

Tamaño de Alimentación	Inclinación Longitudinal mm/m	Inclinación Lateral mm/m
Arenas Gruesas	11 - 25	20 - 25
Arenas Medias	9 - 15	15 - 30
Arenas Finas	2 - 9	8 - 20
Limos	1 - 7	4 - 12

Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

➤ *Disposición de los Riffles:*

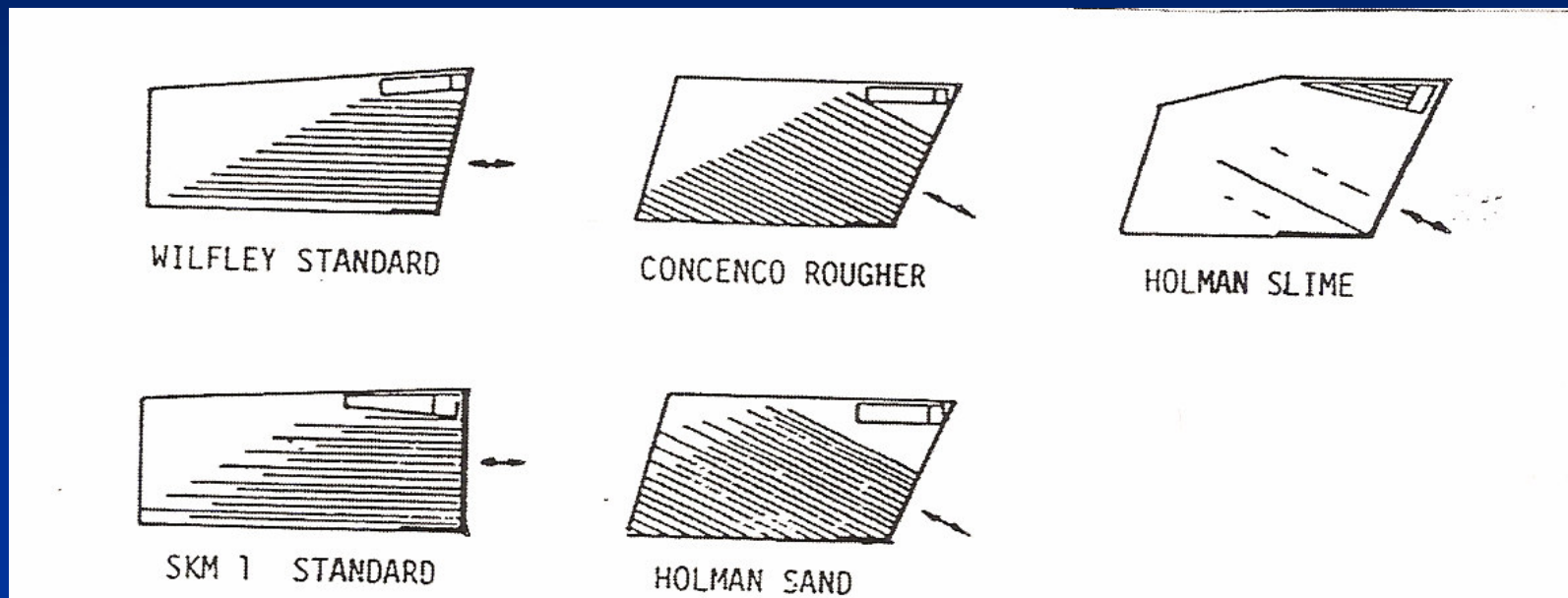
La disposición de los riffles sobre la superficie de la cubierta tiene 3 funciones generales:

- a) Retener las partículas pesadas sobre la cubierta.
- b) Transmitir la acción de la estratificación de la cubierta la pulpa más efectivamente.
- c) Crear un flujo de corriente cruzada suficientemente turbulento para clasificar en los espacios inter- riffles y arrastrar tanto como sea posible las partículas finas livianas que tienden a irse con las grandes pesadas



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

La disposición de los riffles varía con el fabricante, encontrándose las siguientes:



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

Disposición de los Riffles:

- Las cubiertas con riffles parciales son más apropiadas para el tratamiento de alimentación naturales o clasificadas y para limpieza.
- Las cubiertas llenas con riffles con apropiadas para el tratamiento rougher.

➤ *Superficie de la cubierta:*

Se utiliza una variedad grande de materiales impermeables. Las más utilizados son: goma natural o sintética, uretano, zircón impregnado de uretano y fibra de vidrio.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

➤ *Características del Sólido:*

- Rango de Tamaño:

El rango de tamaños varía entre 6 mm y 80 μm , pero este tamaño dependerá del mineral y del criterio de concentración. Un tamaño muy amplio no es recomendable. La tabla siguiente resume algunas situaciones:

<u>Tipo Operación</u>	<u>Rango de Tamaño</u>
Mesa de Arena	3 mm - 100 μm
Arenas	1,5 mm
Arenas finas	<1,5 mm
Finos	100 - 150 μm
Carbón	15 mm - 5 mm

Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

- La mayoría de las plantas en operación hoy no intentan separar partículas de más de 2 mm.
- El beneficio de carbón (tan grueso como 15 mm) es llevado a cabo en mesas de gran capacidad, para este rango de tamaños.
- Los tamaños finos que pueden ser efectivamente tratados en mesas son función del volumen de agua, que atraviesa la cubierta y del movimiento de la mesa.
- Estudios reflejan que tamaños inferiores a 40 μm , son más difíciles de tratar en mesa. No obstante, dependiendo del mineral, también son tratados. Ejm.: Casiterita, Wolframita o minerales de hierro.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

➤ *Preparación de la Alimentación:*

La alimentación a la mesa puede ser:

- Natural
- De un cierto tamaño.
- Proveniente de clasificación Hidráulica.
- Producto de una operación de concentración previa.

➤ *Capacidad:*

La capacidad depende del tamaño de las partículas y de la razón de concentración. Para minerales con razón de concentración de 2,5 o más, se tiene (dependiendo del tamaño) capacidades de 0,2 a 15 t/h.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

➤ *Puntos de Corte:*

El punto de corte entre concentrado y middling es invariablemente ajustado por cortadores en la descarga.

En una operación rougher es suficiente colocar el cortador tal que una pequeña variación en la velocidad de alimentación, densidad o ley que cause una variación de la banda, pueda ser aceptada sin alteración de algún parámetro.

El corte entre middling y colas es más difícil de determinar ya que la ley del material en ambos lados es comparativamente similar.



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

➤ *Características del Fluido:*

El flujo debe ser relativamente uniforme, tanto el de pulpa como el de agua de lavado. El **agua de lavado** (agua limpia) debe ser suministrada en cantidad suficiente para formar una película móvil libre, que cubra las partículas más grandes. En **cleaner necesita más agua**. Cuando hay lamas se requiere mucha más agua.

➤ *Densidad de la Alimentación:*

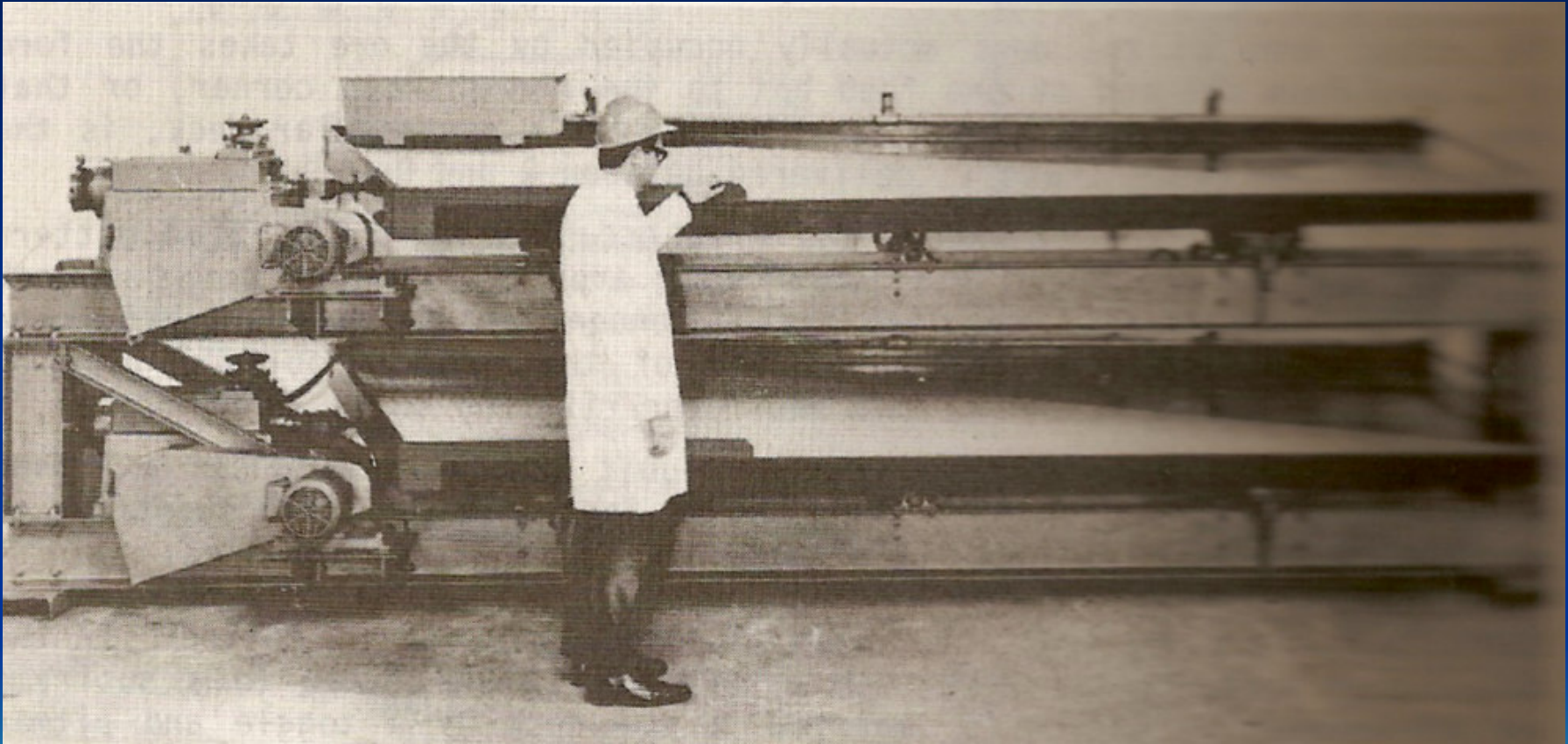
La capacidad de la mesa, bajo condiciones de flujo estacionario de pulpa, es función de la densidad de la pulpa alimentada. Debe ser suficientemente fluida para permitir una estratificación eficiente. Generalmente se usa **$C_p = 25 - 30\%$** .

•



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración

Mesa de doble cubierta



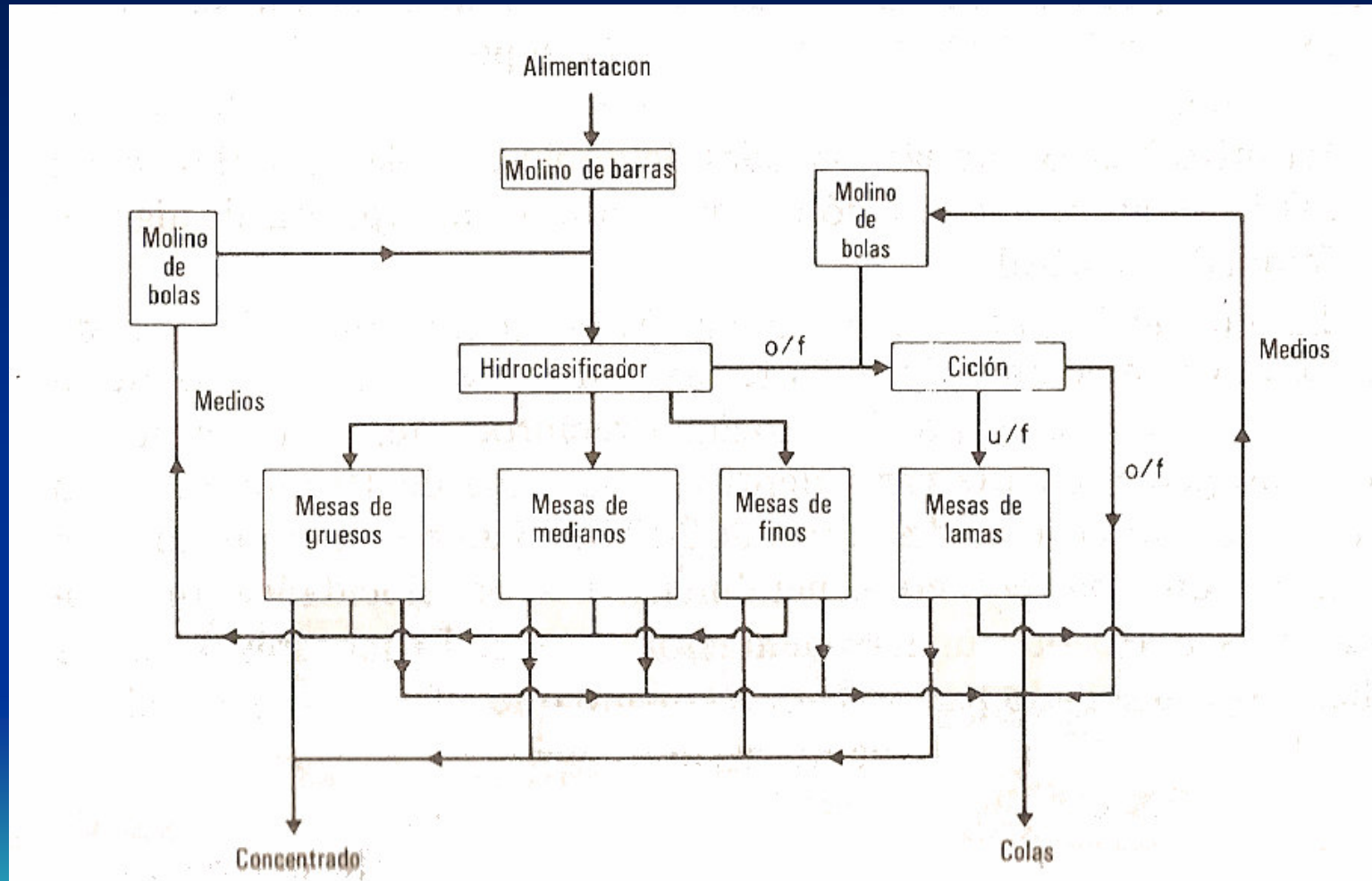
Otras Concentraciones: Mesas de Concentración



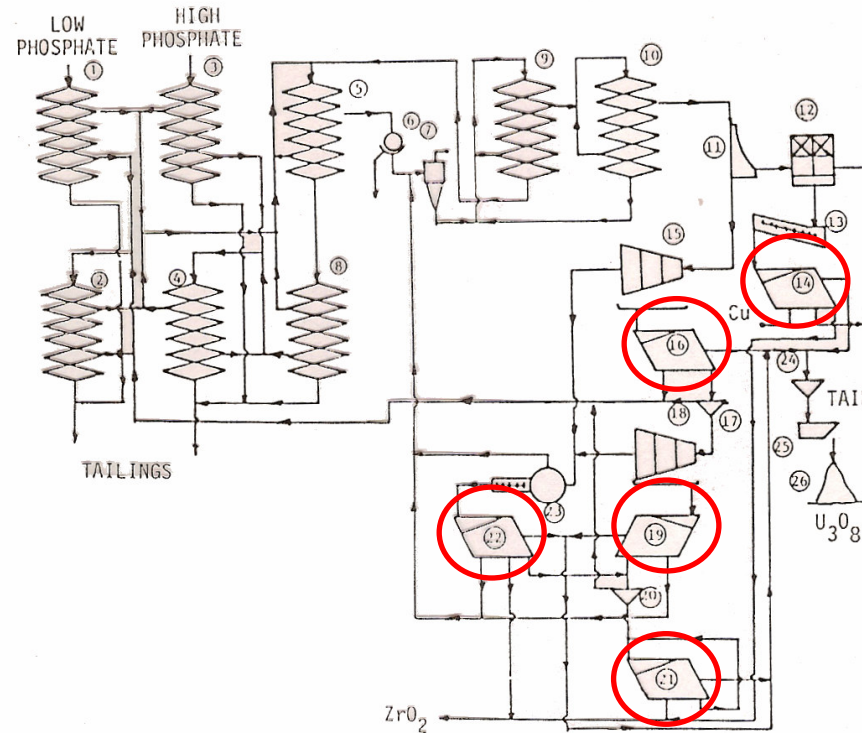
Otras Concentraciones: Mesas de Concentración



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración



Otras Concentraciones: Mesas de Concentración



1 6 ROUGHER REICHERT CONES	2 2 SCAVENGER REICHERT CONES
3 18 ROUGHER REICHERT CONES	4 8 SCAVENGER REICHERT CONES
5 12 CLEANER REICHERT CONES	6 MAGNETIC SEPARATOR
8 8 SCAVENGER REICHERT CONES	7 CYCLONES
10 QUATERNARY REICHERT CONE	9 5 RECLENER REICHERT CONES
11 DSM SCREEN	12 JIG
13 DEWATERING SCREW	14 TABLE FLOTATION
15 HYDROSIZER	16 6 ROUGHER TABLES
17 SETTLING CONE	18 HYDROSIZER
19 2 SCAVENGER TABLES	20 SETTLING CONE
21 CLEANER TABLE	22 FINES TABLE
23 HYDROCLASSIFIER	24 SETTLING CONE
25 PAN FILTER	26 URANOTHORIANITE TO LEACH PLANT

The Gravity Concentration Section at Palabora Mining

OTRAS CONCENTRACIONES

- Separación por Medios Densos
- Concentración Centrífuga



Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

Con una adecuada densidad de un líquido o medio se puede separar minerales de distinta densidad obteniendo un producto denominado **SINK (mineral pesado)** en el fondo y uno que flota llamado **FLOAT (mineral liviano)**. La densidad del líquido o medio denso debe estar entre las densidades del mineral pesado y del mineral liviano.

Equipos de separación:

Según si separan sólo bajo acción de fuerzas gravitacionales o fuerzas centrífugas, los equipos de concentración por medios densos se clasifican en:

- **Estáticos** (fuerza gravitacional)
- **Dinámicos** (fuerza centrífuga).

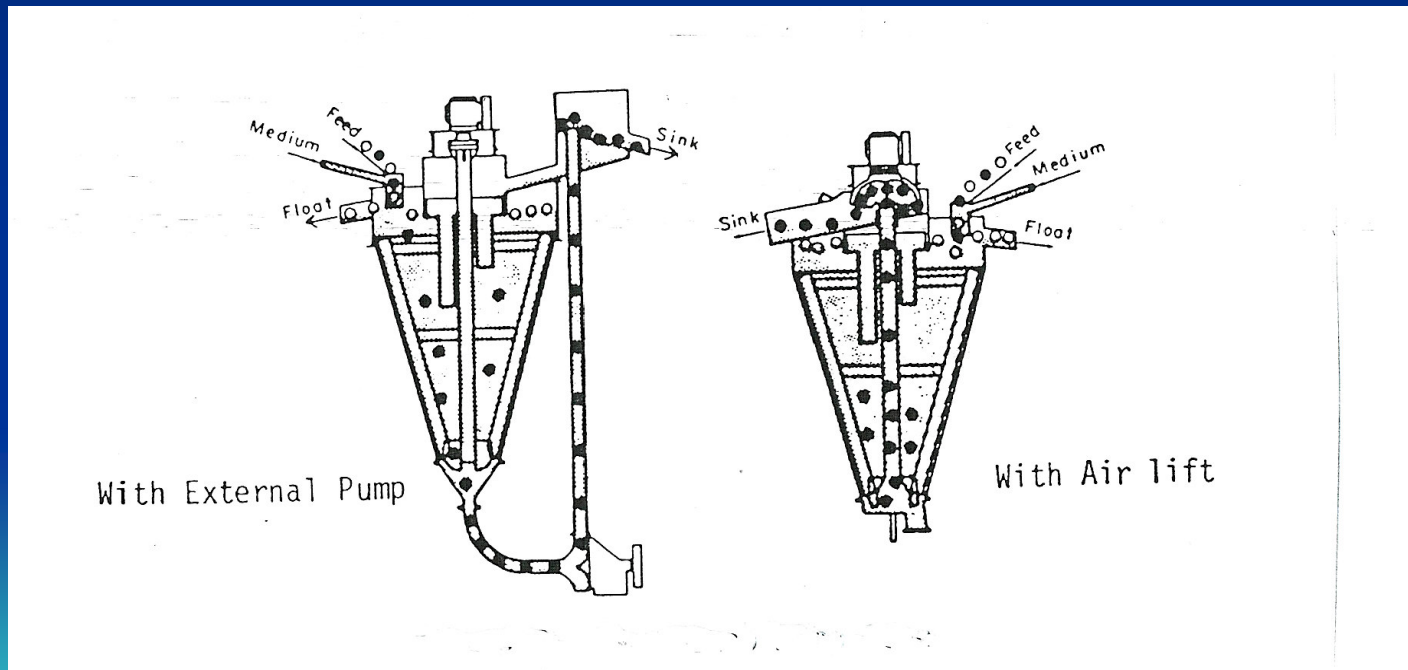


Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Separadores Estáticos:

- **Conos:**

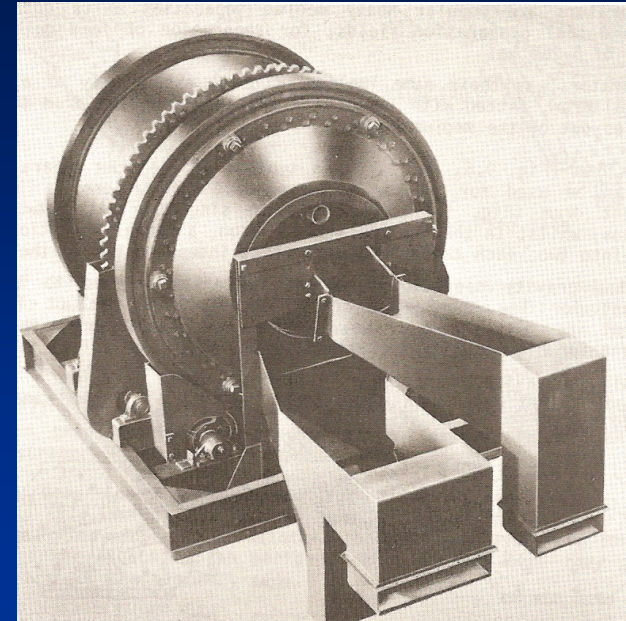
Estanque cónico sobre 6 m de diámetro. Rango de separación 8 mm a 10 cm. Capacidad hasta 500 t/h. Diferencias de densidad de $\pm 0,1$.



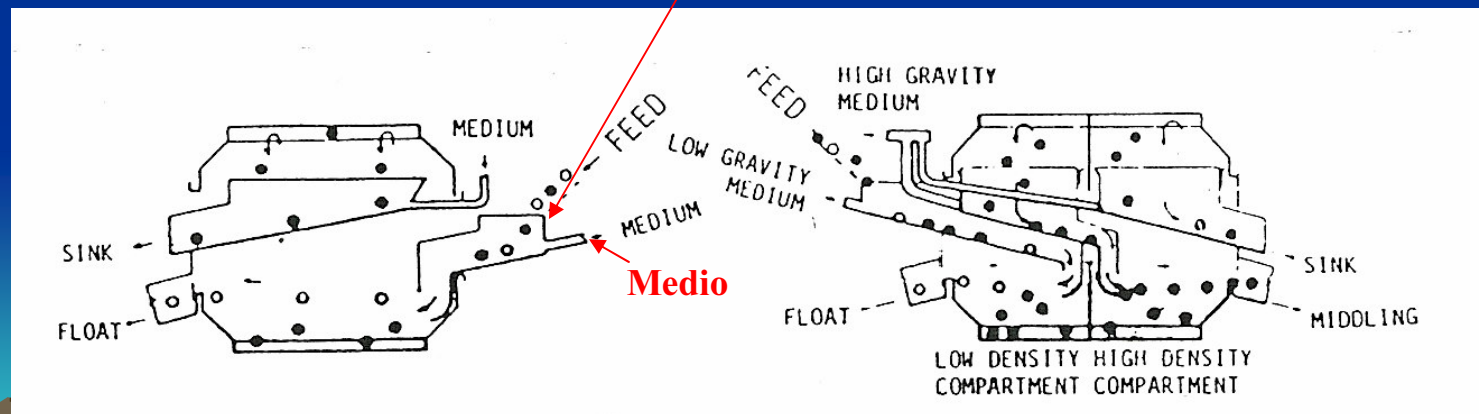
Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

- **Tambor:**

Estanque de aproximadamente 4,3 m de diámetro y 6 m de longitud. Rango de separación 5 a 300 mm. Capacidad hasta 450 t/h. Diferencias de densidad de $\pm 0,1$.



Alimentación

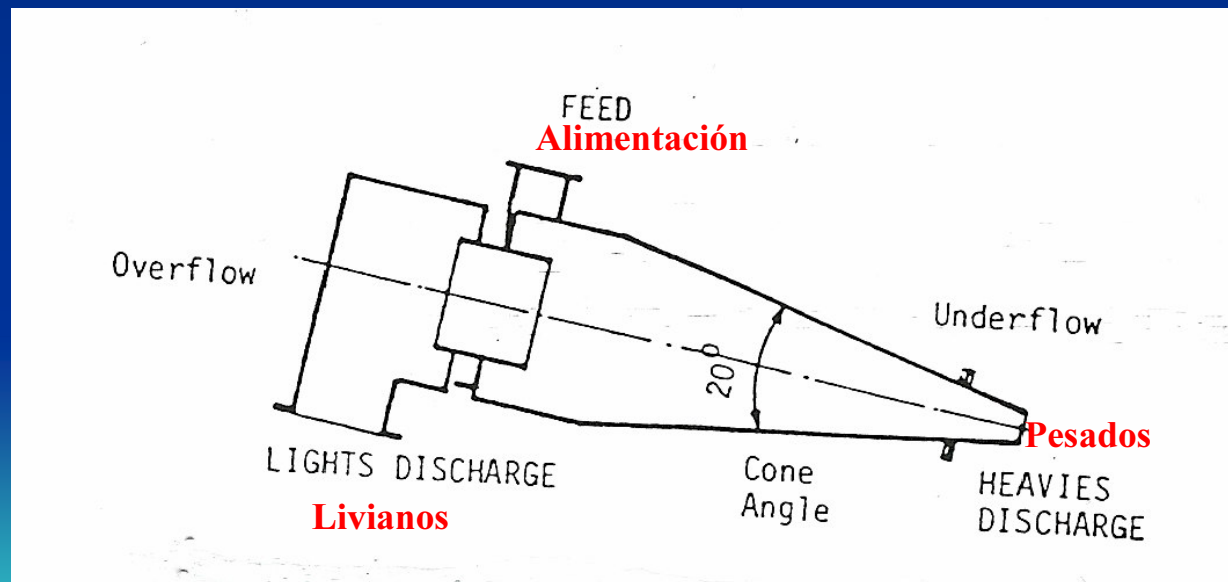


Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Separadores Dinámicos:

- **Ciclones SMD:**

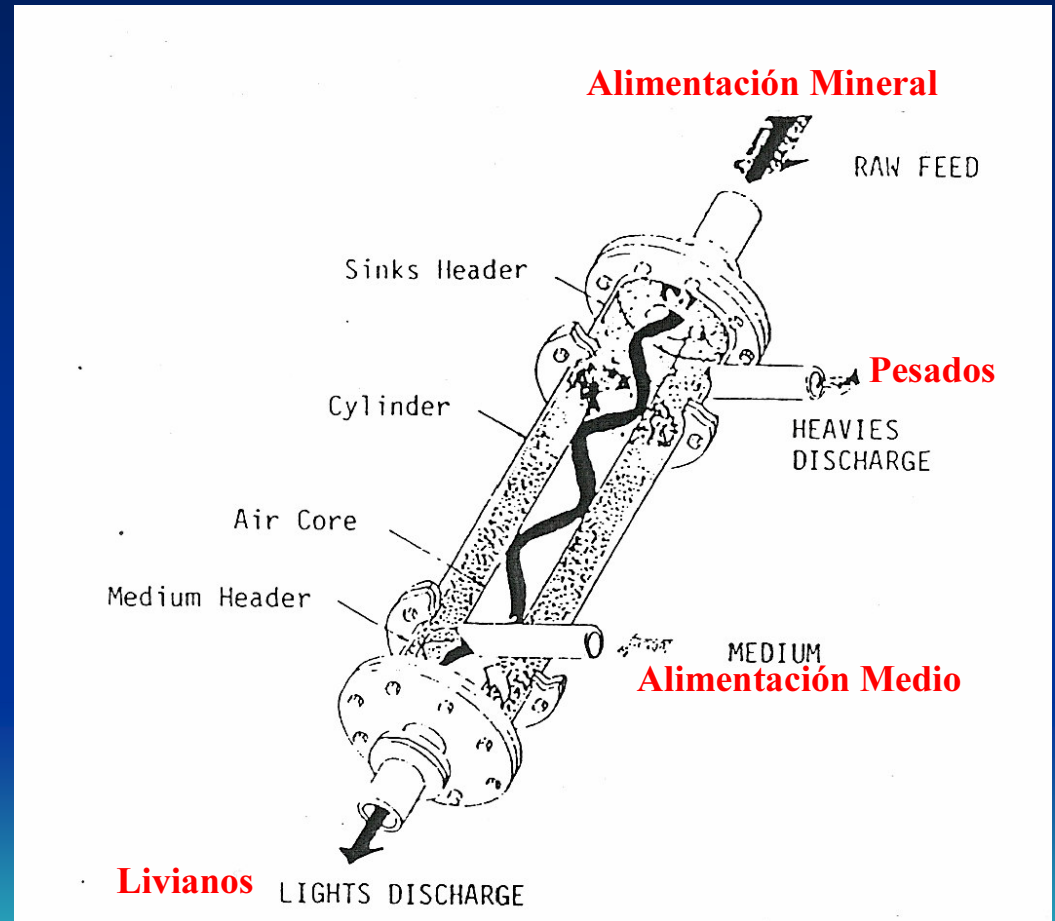
Con diámetros de 35 a 60 cm. Rango de partículas de 40 a 0,5 mm.
Capacidades de 25 a 100 t/h.



Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

- **Dyna-Whirlpool:**

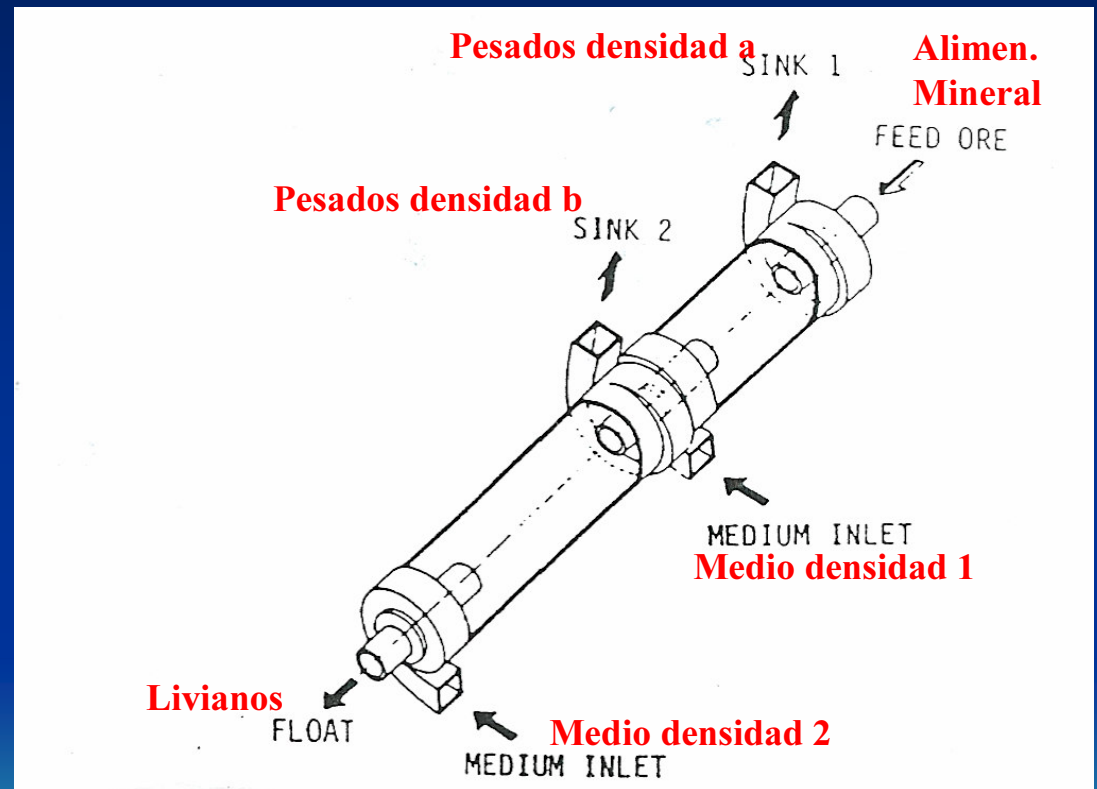
Tamaño nominal del equipo de 9 a 18 pulgadas.
Tamaño máximo de partículas 18 a 40 mm,
tamaño mínimo 0,2 mm.
Capacidad hasta 100 t/h.



Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

- **Tri-Flo:**

Similar al anterior, sólo que posee dos entradas en involuta para el medio denso, lo que lo hace capaz de entregar dos productos pesados de diferentes densidades.

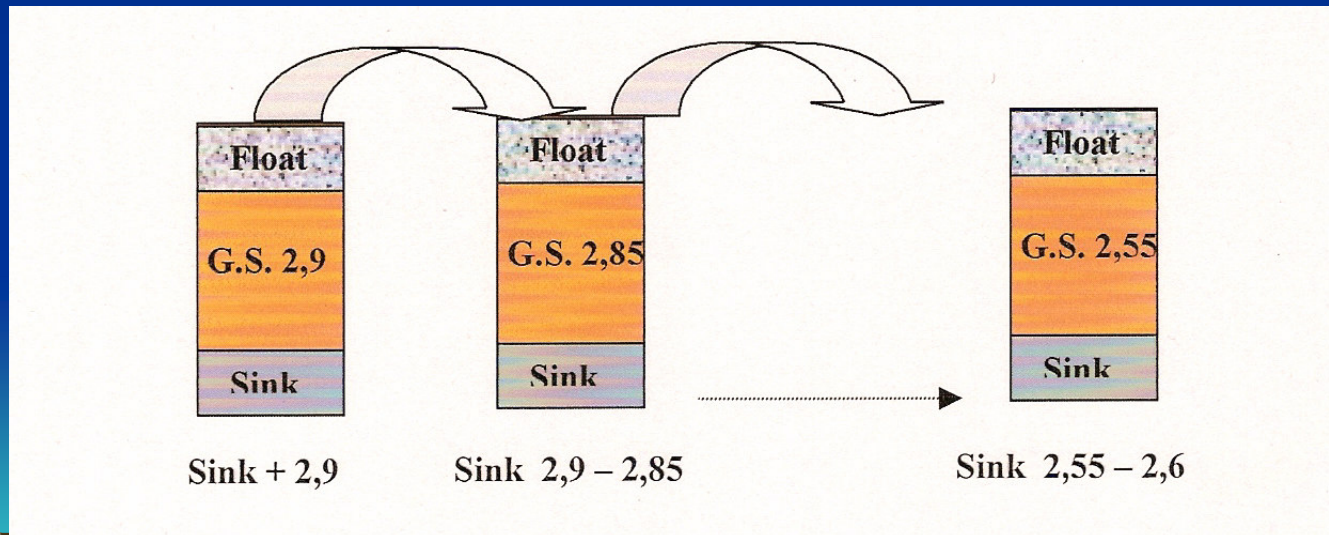


Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Ensayos de Laboratorio:

Se realiza pruebas con líquidos densos según el mineral a tratar. Los líquidos densos más usados son: **Tetracloruro de carbono** ($d = 1,6 \text{ g/cm}^3$), **Cloruro de cinc** ($d = 1,8 \text{ g/cm}^3$), **Bromoformo** ($d = 2,89 \text{ g/cm}^3$), **Ioduro de metileno** ($d = 3,31 \text{ g/cm}^3$).

En cada prueba se utilizan diversas densidades que van cada $0,1$ o $0,05 \text{ g/cm}^3$, por ejemplo: $2,6 - 2,7 - 2,75 - 2,8 - 2,85 - 2,9$ y $3,0 \text{ g/cm}^3$.

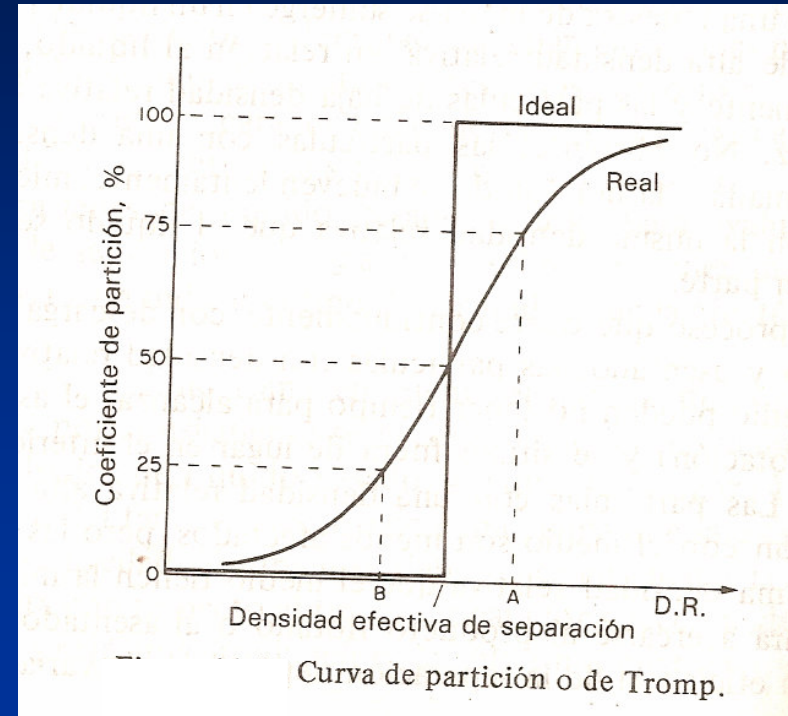


Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Ensayos de Laboratorio:

Se pesan y analizan las fracciones de hundido de cada etapa y el flotado final.

Con estos datos se construye las curvas **densimétricas** (% en peso acumulado de hundido o flotado vs densidad) y las **curvas de partición** (coeficiente de partición vs densidad).



Error Probable de Separación:

$$Ep = \frac{d_{75} - d_{25}}{2}$$

$$\text{Coeficiente de Partición} = \frac{\% \text{ de Hundido de Densidad } i}{\% \text{ de Densidad } i \text{ en la Alimentación}}$$

Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Medio Denso:

Corresponde a un fluido complejo constituido por uno o más sólidos fundamentales (galena, magnetita, ferrosilicio, etc.) finamente molidos y dispersos en un fluido (agua), constituyendo una pulpa de una cierta densidad escogida para el proceso. Sus características principales son las siguientes:

- **Densidad del medio:** es variable modificando el % de sólidos y el o los sólidos fundamentales utilizados. La máxima densidad del medio, posible de emplear es de **3,4 g/cm³**, la que se obtiene con ferrosilicio en una pulpa con **Cv = 40%**, aproximadamente.
- **Sólido fundamental:** debe ser distinguible y por ende separable del mineral a tratar.
- **Viscosidad del medio:** depende del Cv (en cualquier caso, $Cv < 40\%$), granulometría (ideal rango más estrecho de tamaños), forma de las partículas y sólidos contaminantes.



Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Medio Denso:

- **Estabilidad:** depende de la velocidad de sedimentación de las partículas, C_v , diferencia entre la densidad del sólido y la del agua, granulometría del sólido (fina), forma de las partículas (angulares) y propiedades fisicoquímicas de superficie.

El medio puede deteriorarse, tanto por efecto de su **contaminación** con otros minerales como por su **degradación**.

- **La contaminación** puede producirse por efecto de partículas muy finas (limos), lo que aumenta mucho la viscosidad y puede inutilizar el medio denso.
- **La degradación** puede ser mecánica (minerales frágiles, esquistos, baritina, etc.) o química (se produce oxidación, como en el caso del ferrosilicio).



Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Aplicaciones:

- Lavado de carbones
- Concentración de minerales de Estaño, Hierro, Cinc, Tungsteno.
- Separación de Barita y Fluorita.
- Preconcentración después de un chancado secundario, terciario o una molienda gruesa.
- Obtención de ripio y gravilla para la construcción.

En general, se puede decir que un mineral puede ser tratado por medios densos si:

- Hay diferencia suficiente entre las densidades de las especies útiles y de la ganga
- Hay liberación gruesa (después de chancado o molienda gruesa)
- No hay presencia de finos, en particular de minerales arcillosos. Medio Denso:



Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Plantas de Separación por Medios Densos:

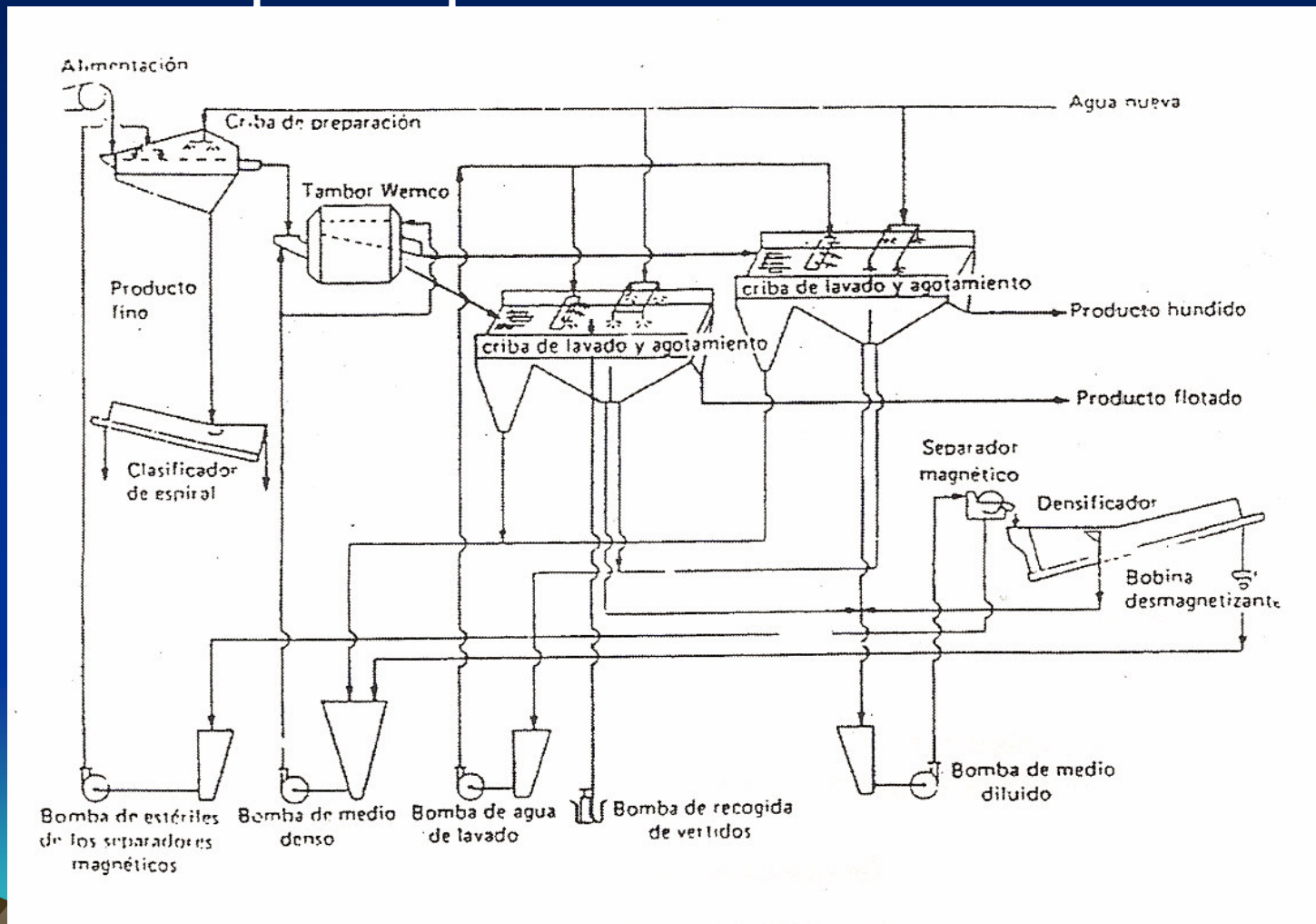
En general, además de las etapas de separación propiamente tales, una operación requiere contar con etapas complementarias de:

- Preparación de la alimentación (chancado, harneo previo, eliminación de agua)
- Recuperación del medio denso (harneros horizontales, separadores magnéticos, etc.)
- Regeneración del medio denso (reajuste de la densidad del medio denso y eliminación de los contaminantes para llegar a la densidad de trabajo requerida).



Otras Concentraciones: Separación por Medios Densos

➤ Plantas de Separación por Medios Densos:



Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

➤ **Concentradores Centrífugos:**

Utilizan la fuerza centrífuga para incrementar la velocidad de sedimentación de las partículas, permitiendo una mejor concentración de partículas finas.

Dentro de estos equipos destaca el **concentrador Knelson**. Las partículas son sometidas a 60 veces la fuerza de la gravedad para la recuperación de partículas muy finas que se pensaba no eran recuperables por medios gravimétricos.

Este equipo ha sido usado con éxito en la recuperación de metales nobles, tales como **oro, platino y plata** y de metales básicos como el **cobre**. Metales nocivos para el medio ambiente tales como **plomo y mercurio** también pueden ser extraídos de tierras contaminadas limpiando el medio ambiente.



Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

➤ Operación:

- Se introduce agua a través de una serie de aberturas de fluidización al cono de concentración que está girando.
- La pulpa es introducida a través de un tubo estacionario de alimentación.
- Cuando la pulpa llega al fondo del cono, la fuerza centrífuga la impulsa hacia arriba por la pared interior del cono.
- La pulpa llena cada anillo a su total capacidad, creando una cama de concentrado.



Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

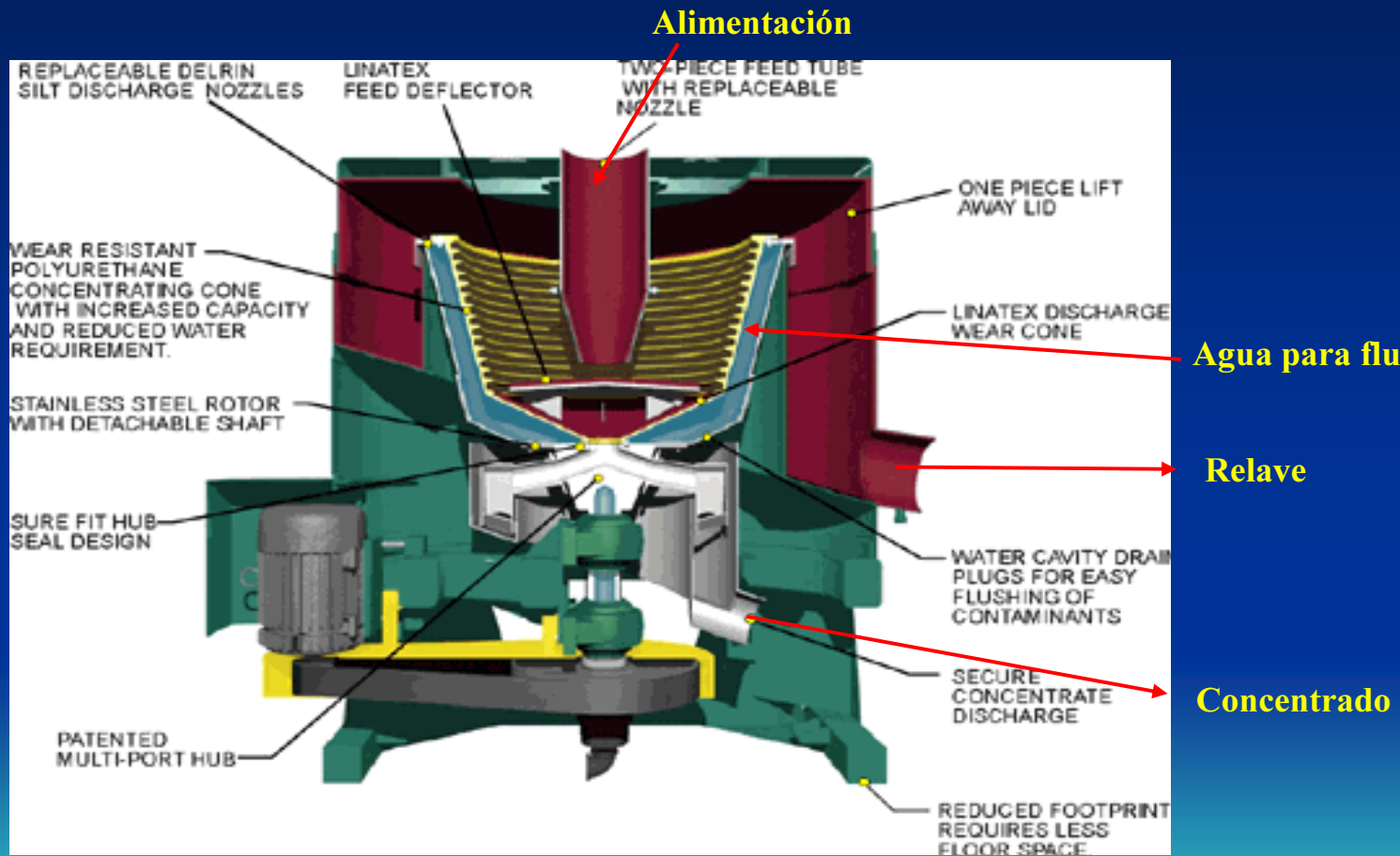
➤ Operación:

- La compactación del lecho se evita por medio de la fluidización. A medida que el agua es inyectada a los anillos, se controla el flujo para alcanzar una fluidización óptima. Las partículas de alto peso específico son retenidas en el cono.
- Cuando el ciclo de concentración se completa, se lavan los concentrados del cono y se descargan. Este proceso puede ser terminado en 2 minutos sin riesgos de seguridad. El ciclo completo de concentración varía dependiendo de la aplicación. Una concentración aluvial tarda entre 8 y 24 h y una de roca dura entre 1 y 6 h.



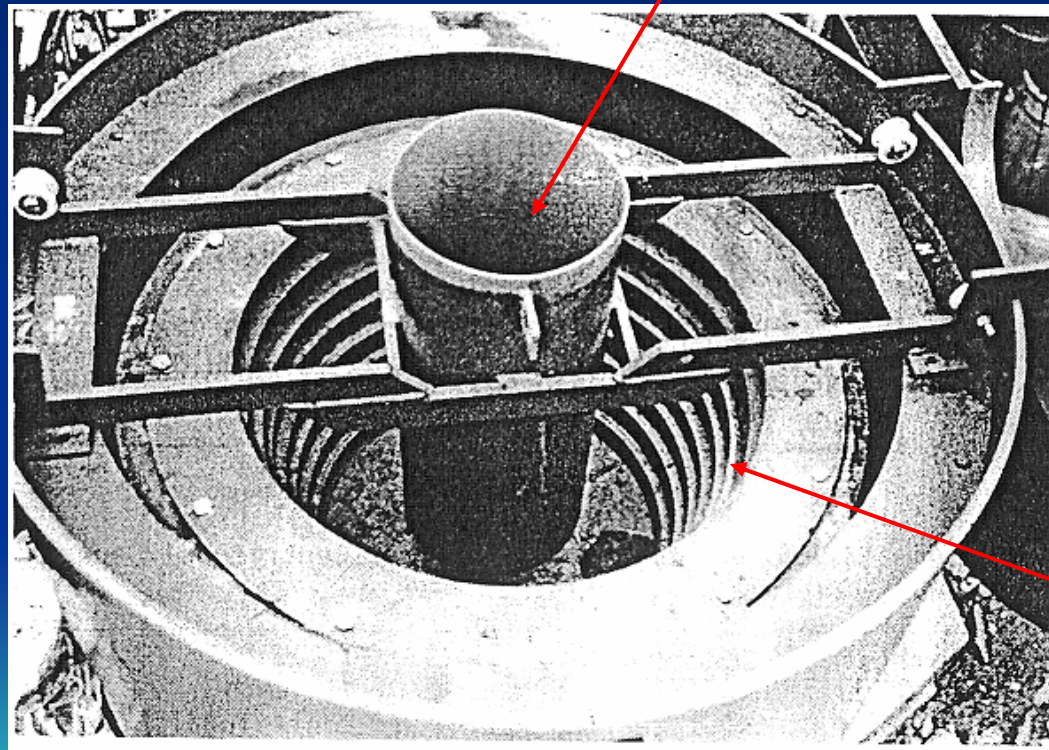
Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

➤ Concentrador Centrífugo Knelson:



Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

➤ Concentrador Centrífugo Knelson:



Alimentación

Anillos

Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

Concentradores Knelson:

Modelos XD: (Muy resistente para tratar roca dura)	XD20	XD30	XD48	
Capacidades:				
• Sólido (t/h)	28	66	165	
• Pulpa (m ³ /h)	36	91	204	
• Agua (m ³ /h)	8 - 14	17 - 25	41 - 61	
Tamaño máximo mineral:				
• Roca dura (mm)	1,7 (10#)	1,7 (10#)	1,7 (10#)	
• Placeres (mm)	6	6	6	
Modelos CD: (Descarga central)	CD10	CD12	CD20	CD30
Capacidades:				
• Sólido (t/h)	3	7	28	66
• Pulpa (m ³ /h)	8	11	36	91
• Agua (m ³ /h)	3 - 5	4 - 6	8 - 14	17 - 25



Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

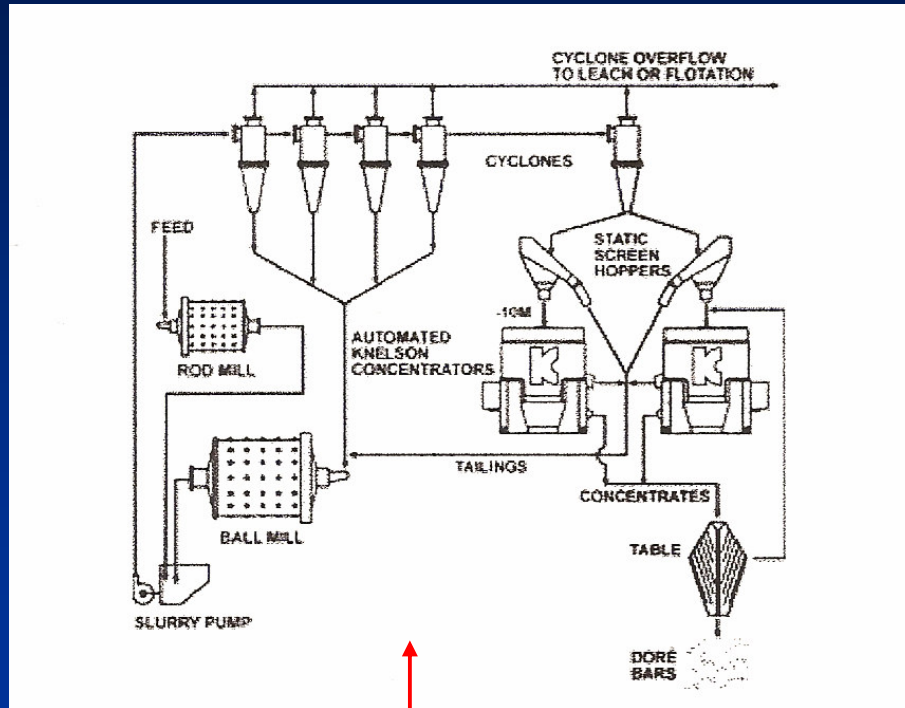
➤ Usos:

Oro, minerales preciosos, metales base que están liberados a tamaños pequeños (212 - 70 μm). Los circuitos típicos en los que se usa son:

- En la descarga (underflow) de hidrociclones en circuitos de molienda de bolas. La alimentación al Knelson es clasificada previamente con harneros (10#). El -10# alimenta al concentrador. El concentrado alimenta a mesas vibratorias para producir el concentrado final.
- Para tratar mineral primario se clasifica en harneros (6 mm). El - 6 mm alimenta a los clasificadores Knelson. El concentrado primario es enviado a una etapa de limpieza también con Knelson. El concentrado de esta última etapa va a mesas vibratorias (re-limpieza) para obtener el concentrado final.

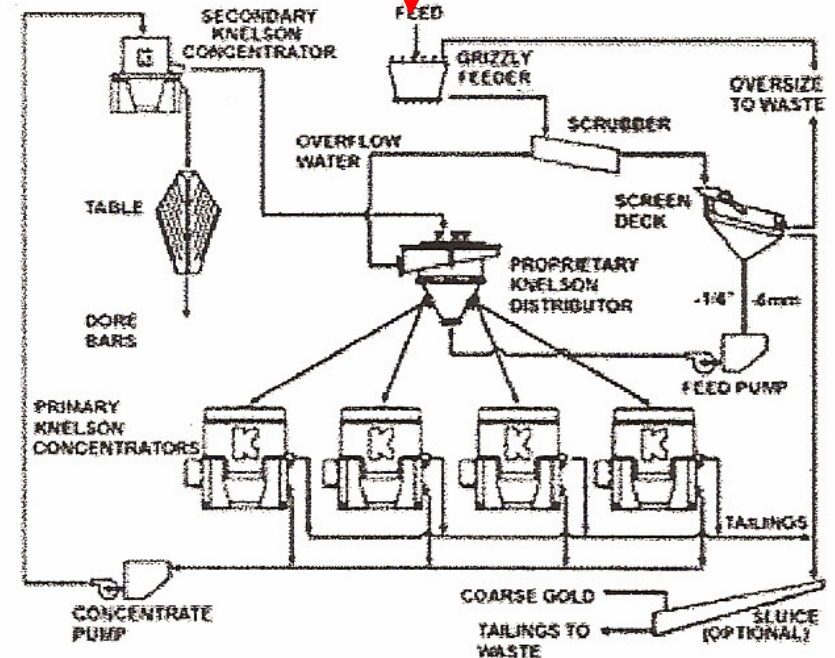


Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga



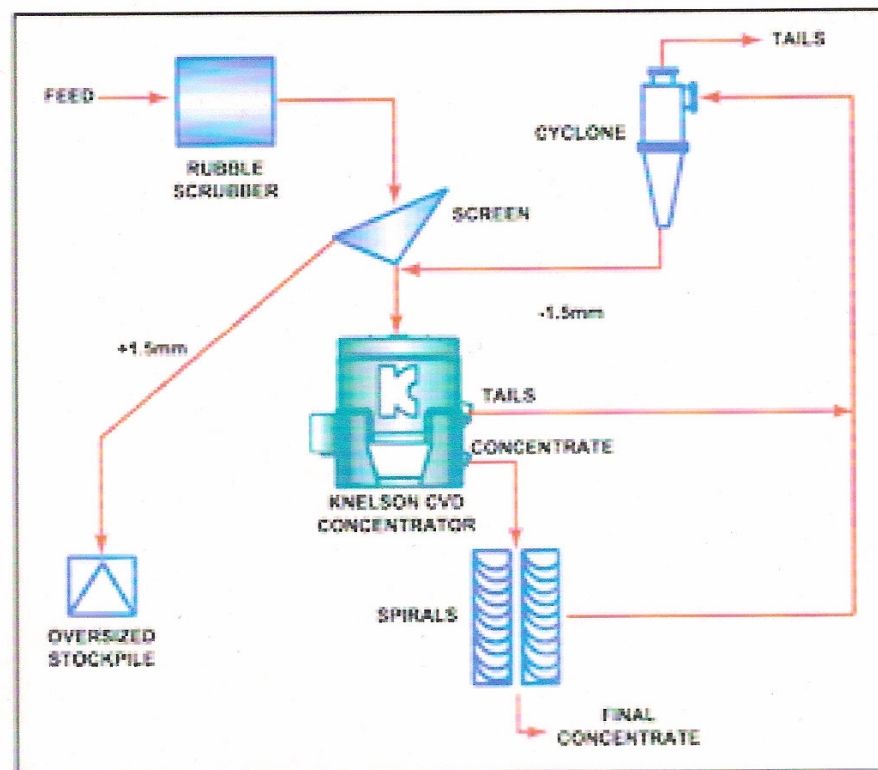
Instalaciones en Roca Dura

Instalaciones para recuperación primaria



Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

CONCENTRACIÓN DE CROMITA (FeCr_2O_4 , Grav. específica 4,6)



Otras Concentraciones: Concentración Centrífuga

➤ Comparación con otros Equipos de Concentración Gravitacional:

Frente a Jigs:

- Reducción de costos de mantención.
- Reducción de costos de operación.
- Aumento de la recuperación (aprox. 16% en oro)

Frente a Espirales:

- Aumento de recuperación (aprox. 5% en oro)
- Aumento de razón de enriquecimiento (de 15 a 21 en oro)

