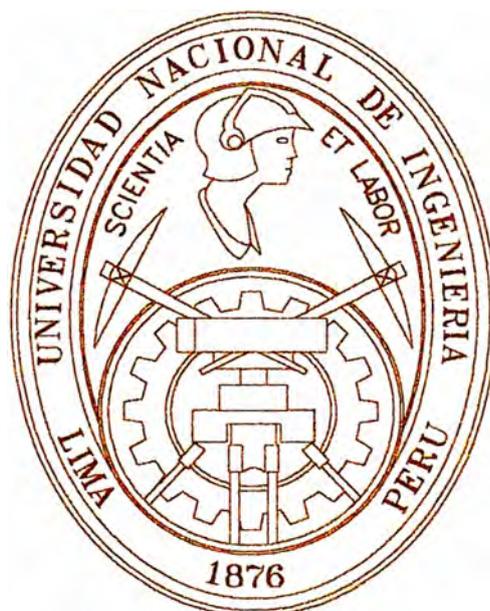


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA
Y METALURGICA**



DISEÑO DE PRESAS DE RELAVES

INFORME DE INGENIERIA

Para optar el título profesional de:

INGENIERO METALURGISTA

Presentado por:

OLGA MARTINEZ MELO

**LIMA - PERU
2000**

A mis Padres con mucho cariño:

Fulgencio y Julia

Con infinita gratitud por su apoyo y padres ejemplares.

A mis hermanos con inmenso amor y cariño:

**Javier, Willy, Norma, Manuel, Maria,
Yacquelyn, Karina y Armando**

Dedico:

Con honestidad y corrección en todos los actos cotidianos con ansia de saber y nutrirse del libro de la vida,

A Augusto, mi esposo modelo y ejemplo de virtudes.

AGRADECIMIENTOS

Mi mas sincero y especial agradecimiento al Ing° Julio Uza Terruya, Ing° Rigoberto Sandoval Salinas, Ing° Alberto Landauro Abanto y a todos mis profesores por sus enseñanzas.

A todas las personas que de alguna u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo, muchas gracias.

SUMARIO

La realización del presente trabajo describe el diseño, operación y mantenimiento de las presas de relaves.

Los relaves son obtenidos por diferentes procesamientos de concentración de minerales, son producidas, transportadas y depositados en forma de lodo. Para los depósitos de relaves es preciso obtener autorización del estado (aspectos legales) para iniciar el diseño y construcción de la presa de relaves y para su posterior cierre y realizar una rehabilitación del mismo.

Las presas de relaves, a menudo retienen grandes cantidades de sólidos potencialmente tóxicos. Una presa de relaves se construye generalmente, para un plazo muy largo de periodo operativo y debe funcionar, como esta diseñado hasta después del cierre.

Para el diseño de presas de relaves se tiene que tener en cuenta muchos aspectos como: ubicación, topografía, factores climáticos, sismicidad, método de minado , geología del cuerpo mineralizado , método de procesamiento, características físicas de los relaves, característica química de los relaves, potencial generador de ARD y que sea económicamente factible.

La tesis trata de una información teórica, el cual tiene por objetivo que en el diseño de presas de relaves , tenga una estabilidad física, minimización de migración de contaminantes y es muy importante para que no afecte al medio ambiente , cumpliendo con los dispositivos y reglamentos legales establecidos por el Ministerio de Energía y Minas, para contribuir a la protección ambiental y la salud humana.

INDICE

DISEÑO DE PRESAS DE RELAVES

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

SUMARIO

INDICE

I.	ANTECEDENTES	1
	1.1 Marco Legal	1
	1.2 Legislación Ambiental en el Perú	2
	1.3 Legislación Internacional	5
II	GENERALIDADES	7
	2.1 Exploración	7
	2.2 Minería	8
	2.3 Procesamiento de Minerales	9
	2.3.1 Chancado o trituración	9
	2.3.2 Molienda	13
	2.3.3 Concentración	14
	2.3.3.1 Concentración Gravimétrica	15
	2.3.3.2 Concentración Magnética	16
	2.3.3.3 Flotación	16

2.3.4	Sedimentación	19
2.4	Relaves	20
2.5	Manipuleo de Relaves y Reciclaje de Agua de Proceso	21
2.5.1	Transporte de Relaves y Descarga	21
2.5.2	Decantación y Evaluación del Agua del Estanque	27
2.6	Característica de los Relaves	29
2.6.1	Tipos de Residuos Mineros	29
2.6.2	Propiedades Físicas y Estructurales	31
2.6.3	Características Químicas	36
III	ALMACENAMIENTO DE RELAVES – DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	40
3.1	Almacenamiento – Economía de Relaves y Principios de la Mecánica de Suelos	40
3.1.1	Almacenamiento de Relaves	40
3.1.2	Economía del Almacenamiento	43
3.1.3	Principios de la Mecánica de Suelos	45
3.2	Planteamiento Nuevo de Disposición de Canchas Viejas de Relaves	48
3.2.1	La topografía Determina la Disposición	48
3.2.2	Hidrología Influencia el Diseño	50
3.2.3	Dificultades y Peligros de las Ampliaciones	50
3.3	Análisis de la Estabilidad	51
3.3.1	Estudio Geológicos y Sísmicos	51
3.3.2	Análisis de la Cuña Deslizable – El Arco Circular	53
3.3.3	Método de Elementos Finitos	53
3.3.4	Fenómeno de Licuefacción	56
3.3.5	Susceptibilidad a la Licuefacción	57
3.3.6	Rotura por Rebalse de los Diques	59
3.4	Construcción	60
3.4.1	Comparación con Presas para Agua	60

3.4.2	Procedimientos de Disposición	61
3.4.3	Requerimientos de Control de la Construcción	61
3.4.4	Programa de Observación	62
3.5	Deposición de Relaves	63
3.5.1	Registro de las Presas para Relaves	63
3.5.2	Técnicas de Estabilización	64
IV	CRITERIOS SOBRE DISEÑOS, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PRESAS DE RELAVES	71
4.1	Ubicación	72
4.2	Construcción	73
4.2.1	Métodos de Construcción	73
4.2.2	Evacuación de Aguas	80
4.2.3	Mantenimiento	81
4.2.4	Equipo e Instrumentación	83
4.2.5	Estudios Previos	84
4.3	Diseño	85
4.3.1	Generalidades	85
4.3.2	Control de Filtraciones	87
4.3.3	Control de Aguas Superficiales	88
4.3.4	Deposito	88
4.3.5	Estabilidad	90
4.3.6	Asentamiento	93
4.4	Diseño Contra Deslizamiento	94
4.5	Diseño Contra Desbordamiento	97
4.6	Diseño Contra Flujo Incontrolado	97
4.7	Evaluación de la Susceptibilidad de Licuefacción	99
4.8	Usos de Geomembranas	100
4.8.1	Preparación e Instalación de la Geomembrana	106

V	CIERRE Y REHABILITACIÓN DE DEPOSITOS DE RELAVES	111
5.1	Procedimiento de Rehabilitación	113
5.1.1	Procesos y Efectos de la Erosión	113
5.1.2	Medidas para la Estabilización de la Superficie	117
5.1.2.1	Tratamiento Químico	117
5.1.2.2	Estabilización Vegetativa	119
5.1.2.3	Cobertura con Roca	121
5.2	Consideraciones de seguridad	121
5.3	Control de la Contaminación Ambiental	122
VI	CONCLUSIONES	124
VII	ANEXOS	127
	ANEXO 1	128
	ANEXO 2	131
	ANEXO 3	163

I. ANTECEDENTES

1.1 Marco Legal

El estudio de factibilidad para presas de relaves no es todo lo que se requiere. También es preciso obtener las autorizaciones del estado para iniciar el diseño y construcción de presas para relaves, empleando los altos estándares de tecnología que demanda la construcción de presas de almacenamiento de relaves. De acuerdo a las normas legales vigentes, las presas de relaves deben ser diseñadas tanto para la etapa operacional como para la etapa de abandono, pues es preciso que éstas no perjudiquen el medio ambiente.

Este estudio demuestra que las operaciones no alteran el entorno y que los efluentes que se producen no contienen elementos nocivos más allá de ciertos límites establecidos por la Dirección General de Asuntos Ambientales. Si después de concedida la autorización el peticionario deberá controlar los vertimientos producto de sus actividades cumpliendo los Límites Máximos Permisibles de los efluentes líquidos y emisiones gaseosas^(*), en caso de no cumplirse con estos límites se hará acreedor a una sanción.

1.2 Legislación Ambiental en el Perú

La legislación ambiental peruana es muy reciente. Si bien existe como antecedentes una serie de normas que abordan el problema, el núcleo de legislación ambiental empieza con este gobierno. El Código de Medio Ambiente, D.L. 613, se da el 7 de setiembre de 1990^(**).

La evolución de la legislación minera, se puede apreciar que el Ministerio de Energía y Minas está adecuando, modificando y cambiando reglamentos y plazos. Así por ejemplo, el Código de Medio Ambiente señalaba que en un plazo de 180 días (en setiembre de 1990) deberían de solucionarse todos los problemas ambientales, y se asignaban grandes multas y penas; en cambio el Texto Unico Ordenado de la Ley de Minería (elaborado posteriormente) se encuentra una serie de leyes que han salido subsecuentemente y han ido modificando el Código de Medio Ambiente.

(*) VER ANEXO 1
(**) VER ANEXO 2

El siguiente hito legal en legislación ambiental es la Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, en el que encontramos todo un capítulo sobre temas ambientales, y donde se ponen en evidencia dos tendencias: una muy restrictiva en materia ambiental, y otra preocupada por las privatizaciones y el fomento de la inversión privada. La Ley Marco (noviembre de 1991) modifica y baja el tono del Código de Ambiente. Reduce, por ejemplo, los estándares del Código y le da campo de acción al Ministerio de Energía y Minas, para mostrar flexibilidad y promover la inversión.

El Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, D.S. N° 014-92-EM, de junio de 1992^(**), introduce más cambios en la legislación ambiental, que van a modificar directamente el Código de Medio Ambiente. En el Título Decimoquinto, se plantean plazos más razonables para el tratamiento de relaves y otros, se norma y precisa cómo serían los plazos y el procedimiento para el estudio del impacto ambiental, se introduce el programa de adecuación de medio ambiente, y también se introduce el concepto de auditoría ambiental.

Legislación Minera Para Relaves

- **CÓDIGO DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES.**
Decreto Legislativo N° 613^(**)
Capítulo XII
De los Recursos Mineros (Arts. 62, 63 y 64).
- **APRUEBAN TEXTO UNICO ORDENADO DE LA LEY GENERAL DE MINERIA**
Decreto Supremo N° 014-92-EM^(**)
Título Décimo Quinto

(**) VER ANEXO 2

Medio Ambiente (Art. 222)

- APRUEBAN REGLAMENTO DE PROCEDIMIENTOS MINEROS
Decreto Supremo N° 018-92-EM (**)
Capitulo V
Procedimiento para concesiones de Beneficio (Art. 35).
- APRUEBAN EL REGLAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA
Decreto Supremo N° 023-92-EM(**)
Sección Tercera
Plantas de Beneficio (Art. 405)
- APRUEBAN REGLAMENTO DEL TITULO DECIMO QUINTO DEL TEXTO UNICO ORDENADO DE LA LEY GENERAL DE MINERIA SOBRE MEDIO AMBIENTE
Decreto Supremo N° 016-93-EM (28/04/93)
Titulo Segundo
Calidad del Medio Ambiente (Arts. 36, 37, 38, 39, 40)(*)
- MODIFICAN EL REGLAMENTO DEL TITULO DECIMO QUINTO DEL TEXTO UNICO ORDENADO DE LA LEY GENERAL DE MINERIA
Decreto Supremo N° 059-93-EM (13/12/93) (**)
Articulo 1
- DICTAN NORMAS A FIN DE GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES(**)
Resolución Directoral N° 440-96-EM-DGM (6/12/96)

(**) VER ANEXO 2

- DICTAN DISPOSICIONES DESTINADAS A UNIFORMIZAR LA PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL^(**)

Resolución Directoral N° 224-97-EM-DGM (17/06/97)

- APRUEBAN E INCLUYEN EN LA GUIA AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE RELAVES MINEROS, LA ESTRUCTURA DE REPORTE DE ESTABILIDAD FISICA DE DEPOSITOS DE RELAVES

Resolución Directoral N° 19-97-EM/DGAA^(**)

1.3 Legislación Internacional

Como Información referencial se presenta normas correspondientes a otros países en los puntos relacionados al tema en estudio.

- **Código de Minería – Chile**

Del dominio del estado y de los derechos mineros
Normas Generales

Art. 6°

Los desmontes son cosas accesorias de la pertenencia de que proceden, y los relaves, escorias lo son del establecimiento de beneficio de que provienen. Extinguida la pertenencia o abandonado el establecimiento, podrá constituirse concesión sobre las sustancias minerales concesibles que los desmontes,

(**) VER ANEX● 2

relaves y escorias contengan, conjuntamente con las demás sustancias minerales denunciadas que pudieren existir dentro de los límites de la concesión solicitada.

Con todo, no se podrá hacer uso de este derecho sino cuando los desmontes, relaves o escorias se encuentren en terrenos abiertos y francos.

Cuando los desmontes o los relaves, o escorias, pasen a estar en la situación prevista, y se encuentren dentro de los límites de una pertenencia, accederán a esta.

- **Aplicación de las Normas – reglamentos (Japón)**

Las relaveras en operación, están sujetas a inspecciones, con una frecuencia mayor a una vez por año, las cuales serán realizadas por los organismos nacionales para verificar si se ajustan a las normas. Las inspecciones son realizadas por los inspectores de la Dirección de Supervisión de Seguridad Minera. En el caso de detectarse una infracción a las leyes se emitirá inmediatamente las instrucciones para el mejoramiento.

En el caso de no respetarse las ordenes de mejoramiento, se aplicará penalidades.

II. GENERALIDADES

2.1 Exploración

La exploración de un área previamente seleccionada por consideraciones geológicas, supone la ejecución de una serie de operaciones que se resumen en:

Reconocimiento geológico detallado del Área.

Pruebas Geoquímica.

Pruebas Geofísicas

Preparación de Labores exploratorias superficiales.

Perforación diamantina y/o labores exploratorias subterráneas.

De los datos obtenidos de la exploración se confecciona lo que se llama un PERFIL del yacimiento. Nuevamente si éste es prometedor, se lleva adelante una mayor exploración, que mencione, cuantifique y limite las anomalías determinadas.

2.2 Minería

Dependiendo de la Ubicación y Descripción y tamaño del Yacimiento, el minado puede ser superficial ó subterráneo, se toma un estimado de las reservas de mineral, los minerales primarios y secundarios serán extraídos. En primer caso, la operación podrá consistir en un tajo abierto convencional con sus respectivas etapas de perforación, voladura, carguío y acarreo del material, como es el caso en los placeres de oro, estas se reducen al carguío y acarreo, debido a la escasa consolidación del material que contiene el elemento valioso.

En lo que se refiere a los métodos de minado subterráneo, se emplean relativamente pocos. Según el tipo de soporte que se utilice en las labores subterráneas, los métodos se pueden clasificar en:

- soporte natural,
- soporte artificial y

- por hundimiento.

Como ejemplo las minas a tajo Abierto (Figura 2.1 y Figura 2.2) y Mina Subterránea (Figura 2.3).

2.3. Procesamiento de minerales

En la mayoría de los casos, las minas de los metales no famosos son sometidas a diversos procesos con el fin de eliminar la mayor parte posible del mineral no Valiosos ó ganga. Estos procesos se llevan a cabo en plantas concentradoras que es una unidad de producción situada cerca de la mina, los minerales de Pb, Zn, Cu, etc. se lleva a un proceso de concentración hasta que su contenido metálico alcance valores comerciales. Las Etapas de este proceso son: Chancado y Molienda (reducción progresiva de partículas hasta tamaño menores a un centímetro), seguida por el proceso de flotación donde se separa la parte valiosa del Mineral (Concentrado) de la Ganga (Parte no valiosa).

2.3.1 Chancado o trituración

El chancado o trituración es una operación unitaria ó grupo de operaciones unitarias, cuya función es la reducción de grandes producto de esta operación, son del orden de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{8}$ de pulgada. Las chancadoras se diseñan de modo que se reduzcan las rocas, a un grado tal, que todos los fragmentos sean menores que el

FIGURA 2.1 MINA A TAJO ABIERTO



El impresionante tajo abierto de Cuajone: el tamaño de los bancos se resuelve por diseño matemático.

SOUTHERN PERU LIMITED

Unidad de Producción
Cuajone

Ubicación
Distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, a msnm.

Tipo de Operación
Tajo abierto

Producción anual
316 millones de libras de cobre.
Reservas probadas y Probables 1400 millones de toneladas.

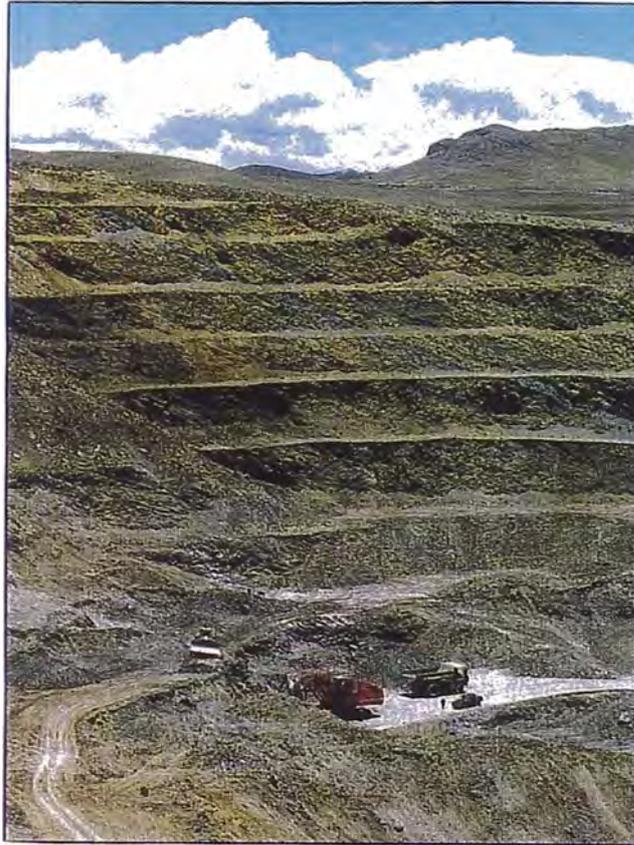
Inversiones-1999
US\$ 158 millones en modernización de la planta y 85 millones en maquinaria minera.

Protección ambiental
566 mil dólares



El impresionante tajo abierto de Cuajone, que ha incrementado sus reservas hacia la quebrada del río Torata, cuyas aguas serán canalizadas.

FIGURA 2.2 MINA A TAJO ABIERTO



Uno de los tajos abiertos de El Brocal: se intenta unir en el futuro el "Principal" con el "Mercedes Chocayoc"

SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.	
Unidades de Producción	Principal y Mercedes Chacayoc
Ubicación	Distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco
Tipo de Operación	Tajo abierto (polimetálico)
Reservas probados y probables	11.8 millones de TM con 6.15% de Zn, 2.25% de Pb, y 2.81 oz de Ag.
Producción anual (concentrados)	<ul style="list-style-type: none">• 90 mil TM de zinc: 50% de Zn, 2% de Pb y 8 oz. De Ag.• 20 mil TM de plomo: 60% de Pb, 40 onzas de Ag y 5.80% de Zn.
Inversiones-1999	US\$ 1.54 millones
Protección ambiental	Inversión US\$ 1.85 millones
Seguridad – Indices al 31/07/99	
Frecuencia:	1.02
Severidad:	229.4



Las operaciones subterráneas son de singular preocupación en las estrategias ambientales diseñadas por ABB

FIGURA 2.3 MINA SUBTERRANEA

CORPORACION MINERA NOR PERU

Unidad de Producción
Quiruvilca

Ubicación
Distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, Departamento de la Libertad, entre 3500 y 4000 msnm.

Tipo de Operación
Subterránea (polimetálica)

Producción anual (concentrados)
618,684 TMS: 209 gr/Ag, 0.4% Cu, 1.2% Pb, y 4.6% Zn.

Inversiones-1999
US\$ 8.8 millones

Protección ambiental (1997 – 1999)
US\$ 8.0 millones en trabajos de remediación



La mina subterránea y polimetálica de Quiruvilca permite producir 618 mil toneladas de concentrados de zinc, plomo, cobre y

tamaño establecido. El chancado, optimizando esta etapa con el correspondiente ahorro de energía.

2.3.2 Molienda

La molienda es la segunda etapa y el paso más importante en la preparación mecánica de minerales. En esta etapa se trata de liberar completamente la parte Valiosa del mineral antes de proceder a la concentración.

La operación de molienda consiste en la reducción del trozo de mineral a partículas más requeridos aplicando fuerzas de cizallamiento, presión, atracción (frotamiento), impacto y abrasión.

La molienda se produce en tambores rotativos, el propio mineral (molienda Autógena), medio no metálico y medios metálicos (barras ó bolas de acero).

El objetivo de la reducción del tamaño es la obtención de un producto que posee un determinado tamaño granular comprendido entre límites preestablecidos, con la finalidad de lograr una buena liberación de la parte Valiosa del mineral y lograr su recuperación ó separación, de la ganga por alguno de los métodos de concentración. La reducción de tamaño del mineral persigue los siguientes fines:

La producción de cuerpos sólidos con una determinada amplitud granular ó superficie específica preestablecida.

La desintegración de minerales o cristales de compuestos químicos que se hallan íntimamente asociados en el estado sólido.

2.3.3 Concentración

La concentración de minerales es el conjunto de operaciones y procesos que permiten separar a partir de una mezcla de minerales dos tipos de productos.

- a) Concentrados que contienen los materiales valiosos.
- b) Residuos que contienen los materiales estériles.

En esencia la concentración de minerales es la operación de separación sólido – sólido (figura 2.4).

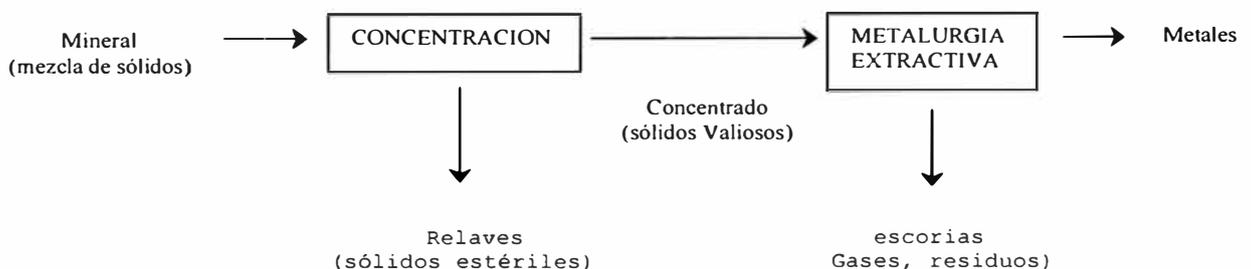


Figura 2.4 Etapas de la Obtención de un Metal

Las operaciones de concentración se aplican en función de las propiedades de los minerales, los más importantes son:

2.3.3.1 Concentración gravimétrica

Por su paso específico, aplica la diferencia entre pesos específicos de las Partículas en los minerales para la realización de separación sólido – sólido.

Se aplica en la concentración de minerales de Pb, tungsteno, estaño, oro, tierras raras y en general de elementos con alta densidad.

Ejm : plantas de concentración gravimétrica

MnWO₃	Pasto Bueno	(Ancash)
FeWO₄	Palca	(Puno)
SnO₂	San Rafael	(Puno)
Au	Maldonado	(Madre de Dios)
Au	San Antonio	(Puno)

La gravimetría pierde eficiencia en la separación de partículas, muy finas (menores

a malla 200) por ello su uso no es muy difundido.

2.3.3.2 Concentración Magnética

Utiliza la propiedad de susceptibilidad magnética de las partículas minerales para realizar las operaciones entre sólidos.

(Magnetita) Fe_3O_4

Susceptibilidad magnética muy alta

Se aplica a un número relativamente reducido de minerales principalmente de Fe, Ni, Co, Sr, etc.

La puesta en funcionamiento de separadores de magnético de alta densidad ha permitido ampliar el rango de la concentración magnética a muchos elementos.

En la actualidad se aplica en la concentración de minerales de Fe y Ni principalmente.

2.3.3.3 Flotación

El proceso de flotación es el método más usado para la separación de sólidos en la industria minera y química.

La incorporación del proceso de flotación en la industria minero – metalúrgica ha beneficiado enormemente a la economía de la minería mundial ya que se ha estimado que anualmente la cantidad de mineral procesado mediante flotación supera los dos millones de toneladas de 100 diferentes tipos minerales.

Una vez que las especies minerales contenidas en la mena mineral están liberadas, son suspendidas en una solución acuosa y mantenidas en suspensión mediante una agitación apropiada.

El objetivo del proceso consiste en separar selectivamente uno de los componentes, el mineral valioso, de las otras colas. Para este fin se inyectan burbujas de gas dispersas a través de la pulpa para que el componente valioso se adhiera selectivamente a las burbujas de gas formando agregados de baja densidad los cuales tienden a flotar hacia la superficie de la pulpa para dar lugar a una capa de espuma que puede ser retirada de la superficie por medios mecánicos.

Los reactivos se usan para cada tipo de mineral en el proceso de flotación, se tiene la siguiente tabla N° 1.

TABLA N° 1

	USOS	REACTIVOS
COLECTORES	Los colectores son reactivo que actúan sobre los sulfuros que, siendo adsorbidos sobre la superficie de la partícula proporcionan una película repelente al agua Hidrofóbica.	Xantato Z-3 Xantato Z-5 Xantato Z-11 AeroFloat 25 AeroFloat 31 Reactivo 203 Reactivo 301 Reactivo 404 Thiocarbonilida
MODIFICADORES		
a) pH Regulador	Es el grupo que controla la alcalinidad o acidez y contrarresta el efecto interfaces detrimetal en las lamas, los coloides y sales solubles.	Na OH CaO Na ₂ Co ₃ H ₂ SO ₄ H ₂ SO ₃ Iones Metálicos
b) Activadores y Depresores	Es la separación de un mineral de otro cuando la flotabilidad de los dos minerales a ser separados es similar entre sí con respecto a cualquier promotor o combinación de promotores	Cianuro NaCN ZnSO ₄
ESPUMANTES	La formación de espuma consiste en la introducción de pequeñas burbujas de aire en la pulpa que va a flotarse. El espumante tiene la propiedad de trasladarse fácilmente a la interfaces agua – aire.	Aceite de Pino Aceite de Eucalipto Espumante: Aerofroth 65 Aerofroth 70 Aerofroth 73 Acido Cresilico

2.3.4 Sedimentación

La sedimentación es la extracción de partículas suspendidas de un líquido mediante asentamiento gravitacional ó fuerza centrífuga. En otras palabras, es la separación de una sucesión de partículas sólidas en dos productos; un líquido sobre nadante bastante claro, y una pulpa regularmente densa que contiene una concentración de sólido más alta que la suspensión original. Esta técnica de eliminación de agua, es la que se usa comúnmente en las plantas de procesamiento de minerales, además de ser eficiente es relativamente barata y permite alta capacidad de almacenamiento.

La operación de espesamiento se caracteriza por presentar marcadamente una interfase líquido-sedimento, y la capacidad del equipo está restringida por las condiciones que se deseen en el underflow. Por otro lado; la operación de clarificación se caracteriza por ser una sedimentación sin una interfase clara ó definida entre líquido claro y sedimento. Como consecuencia de esto, la capacidad del equipo está limitada por la cantidad de sólidos que pueden ser aceptadas en el overflow. La industria minera emplea la sedimentación para cualquier de los siguientes objetivos.

Espesar concentrados para la etapa de filtración

Recuperar agua del proceso, que puede ser reciclada para producir los requerimientos de agua fresca en plantas de procesamiento.

Espesar colas de las plantas previas a la disposición y almacenamiento de los Relaves.

Espesar productos intermedios de planta previa a la remolienda.

Maximizar la recuperación de valores sólidos desde una pulpa.

Producir un líquido del proceso claro, tal como en electrólisis, precipitación, intercambio iónico, extracción por solvente y absorción.

2.4 Relaves

La planta concentradora genera un volumen de relaves que es, aproximadamente, dos tercios mas grande que el volumen original del mineral extraído de la mina, por lo que generalmente se dispone de un área lo suficientemente grande para su embolsamiento (listado de plantas de beneficio a nivel nacional que generan relaves - 1999, ver anexo 3).

Los relaves no son otra cosa que los sólidos finos con escaso contenido de mineral valioso, que se desecha mezclados con agua. El problema de los relaves en su almacenamiento, se debe tener en cuenta que casi todas las operaciones mineras se llevan a cabo en zonas con geografía escarpada, de difícil acceso, y que por lo tanto no es fácil encontrar áreas apropiadas para almacenar grandes volúmenes de materiales desechables. Los relaves son

líquidos ó semilíquidos (pulpa), se deben construir canchas ó presas de relaves que puedan retenerlos por tiempo indeterminado. De no ser esto posible, la práctica más común es la de utilizar depresiones naturales como depósitos producto de Relaves por concentración gravimétrica, flotación, lixiviación, sinterización y otros (Figura 2.5).

Los principales problemas como depósitos con el drenaje de los embalses incluyen:

Sólidos en suspensión y metales disueltos comúnmente asociados con el agua del proceso (durante la operación).

Reactivo de procedimiento como el cianuro

Generación de ácidos y lixiviación de metales a más largo plazo.

2.5 Manipuleo de Relaves y Reciclajes de Agua de Proceso

2.5.1 Transporte de Relaves y Descarga

Los relaves colectados del espesador o descargados directamente del circuito de flotación o cianuración son casi universalmente transportados en la forma de pulpa hasta el lugar de confinamiento; otras formas de conducción de relaves menos convencionales que tienden a popularizarse en el futuro son: transporte de relaves filtrados (en camiones o fajas) y transporte de relave en

PRODUCCION DE RELAVES

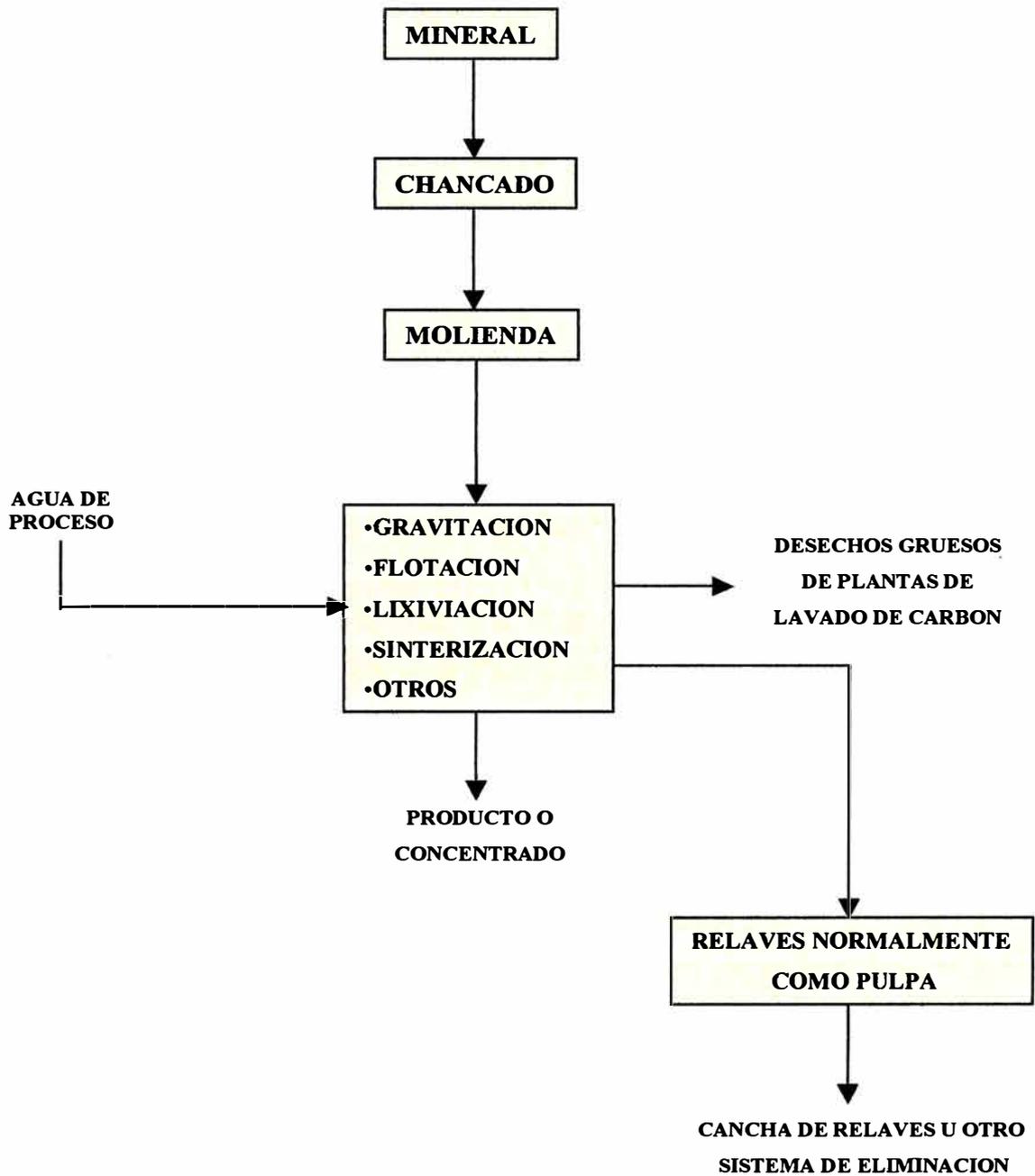


FIGURA 2.5

pasta, mientras que algunos relaves como los de oro pueden tener un tamaño mayor que el original (peletizados) y transportarse en seco.

El transporte como pulpa es el resultado de la conveniencia más que el diseño, debido a que en la Planta los relaves ya están mezclados con agua y el desaguado o filtración adicional, requerido para su manipuleo en seco, sería demasiado costoso.

El transporte de la pulpa de relaves es algunas veces por gravedad a lo largo de canales, pero más a menudo se realiza por medio de tubería ya sea con/sin bombeo dependiendo ello de la elevación relativa de la Planta y Presa así como de la longitud de la tubería y pérdidas por fricción. La tendencia antigua de preferir el transporte por gravedad se opone en muchos casos a la elección del mejor lugar para la Presa desde el punto de vista de estabilidad física y Química.

Los sistemas de tubería y bombeo para la pulpa de relaves son difícil de diseñar y su operación es complicada, constituyendo todo un arte que se discute en libros especializados. No obstante, es importante conocer las consideraciones básicas del transporte de relaves puesto que la ubicación del lugar de almacenamiento está gobernado, en gran medida, por las distancias "factibles" para el transporte de los relaves.

La pulpa de relaves es usualmente abrasiva y altamente viscosa. La medida común de la densidad de la pulpa es la

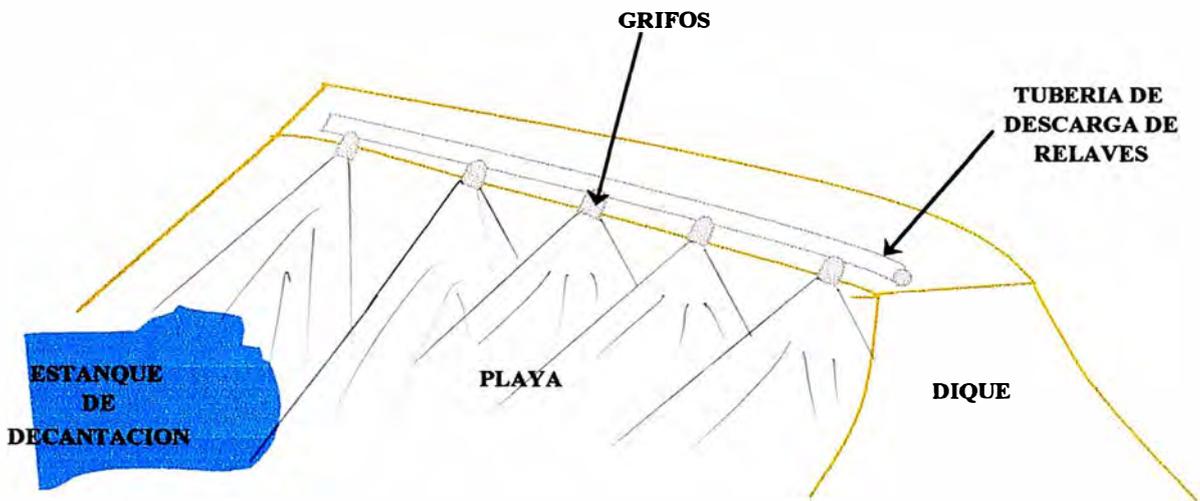
densidad de pulpa (definida como el peso de sólidos por unidad de peso de pulpa, también es común definir con este término al peso de pulpa que ocupa un litro de volumen), el cual oscila entre 15 y 55%, y se encuentra con mayor frecuencia en el rango de 40 a 50% cuando se trata de descarga de espesadores.

Se han delineado procedimientos de diseño para los sistemas de distribución de relaves. El diseño de las tuberías de relaves se complica debido a la interacción de varias restricciones. A diferencia del agua, la pulpa del relave está sujeta a una velocidad mínima de flujo por debajo de la cual los sólidos sedimentan y obstruyen la tubería con efectos desastrosos. La velocidad mínima para evitar el asentamiento, denominada también velocidad crítica, V_L , es característica única de cada situación en particular, y depende de la densidad de pulpa, tanto como la granulometría y gravedad específica de las partículas sólidas. Las velocidades excesivamente altas, ocasionan por otro lado un desgaste muy rápido de la tubería así como altas pérdidas de energía por fricción que deben ser compensadas con bombas de mayor dimensión y costo mayores de bombeo. Es común que algunos segmentos de la tubería aguas abajo deban estar provistos con cajas disipadoras de energía para evitar las presiones excesivas y las velocidades altas.

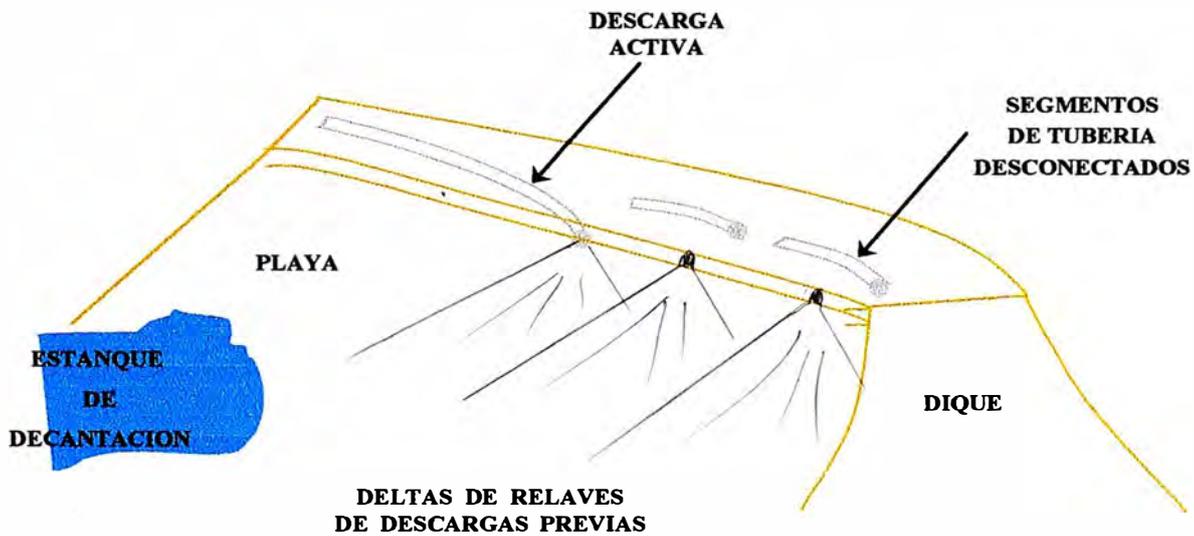
Puede considerarse como una cuestión práctica, que la mayoría de líneas de relave operan con un rango de velocidad entre 5 y 10 pies/seg, dependiendo del grosor y distribución granulométrica del relave, la densidad de

pulpa, y otros factores. El desgaste de la tubería, el cual es a menudo suficientemente severo para destruir la tubería de acero ordinario en pocos años, puede ser cambiado usando tubería de acero forrada interiormente con caucho. Recientemente, el uso de tuberías de HDPE (Polietileno de alta densidad) a encontrado gran uso para el transporte de relaves en rangos bajos/moderados de presiones. En el diseño de tuberías de relaves deben tomarse precauciones para permitir el drenaje de la tubería en el caso de paradas de la planta, porque de otro modo el relave se asentará cuando la pulpa deje de circular, y bloqueará la tubería.

La deposición de una playa de relaves adyacente a la cara posterior del dique de contención es generalmente aconsejable y en ciertas circunstancias obligadas para propósitos estructurales. La deposición de la playa puede ser realizada mediante una descarga en un solo punto (descarga simple) o mediante grifos múltiples (descarga múltiple), como se muestra en la figura 2.6. La descarga simple requiere que el extremo abierto de la línea de relaves sea reubicado periódicamente para formar una serie de deltas adyacentes y superpuestos. La descarga múltiple obtiene los mismos resultados mediante la descarga de relaves a través grifos estrechamente espaciados en la tubería (usualmente esparcidos alrededor de 50 a 150 pies), sin la necesidad de la reubicación frecuente de la tubería o desconexión de los segmentos de tubería. Los grifos tienen válvulas independientes para controlar y distribuir la descarga.



(A)



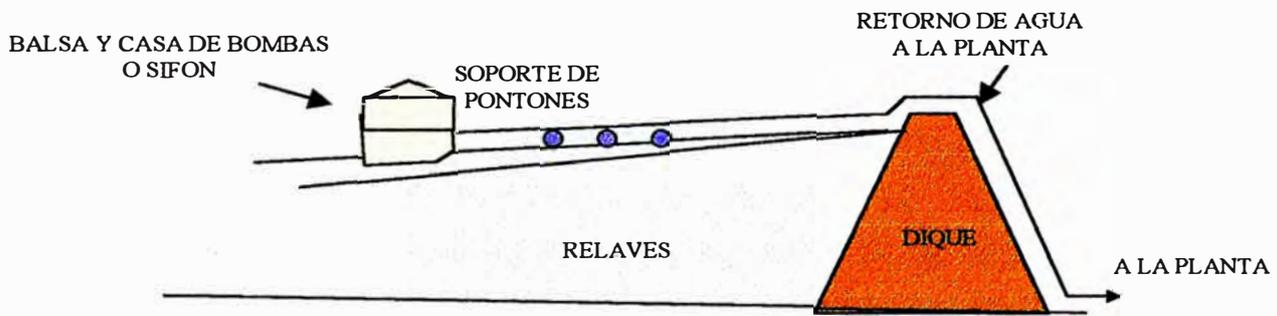
(B)

FIGURA 2.6 SISTEMAS DE DESCARGA PERIFERICAS DE RELAVES
A) GRIFOS MULTIPLES
B) DESCARGA SIMPLE

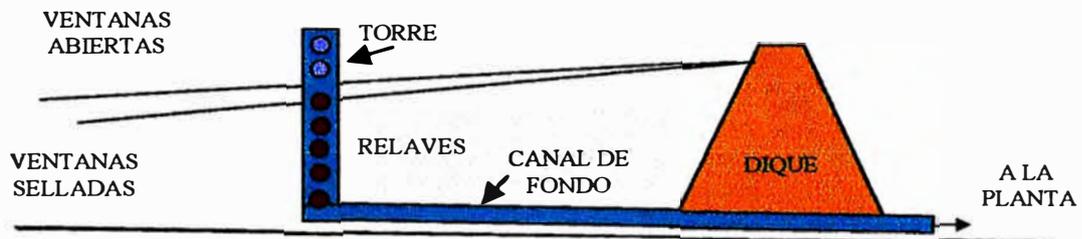
2.5.2 Decantación y Evaluación del Agua del Estanque

Cuando se descarga los relaves en el área de la Presa, gran parte de las partículas gruesas de relave tienden a sedimentarse relativamente cerca del punto de descarga. El resto de las partículas gruesas, las partículas más finas y las partículas coloidales son transportadas, mas lejos, hasta la zona del agua empozada, o estanque de decantación, donde los mismos eventualmente sedimentan dentro de aguas quietas. Siempre que sea posible, el agua se decanta y se retorna a la planta para su usarse nuevamente. Las bombas o sifones instalados sobre balsa flotantes se emplean a menudo para este propósito. También se emplean las Torres de decantación, que son estructuras verticales de concreto con ventanas de entrada de agua que se proyectan desde el fondo de la Presa hasta arriba y a través del depósito de relaves. Ambos métodos se ilustran en la figura 2.7

El uso de las torres de decantación requiere un conducto que se extiende por debajo del depósito de relaves y a través del Dique de contención hasta aflorar en el extremo frontal del mismo. Las torres de decantación no son más el método preferido para recuperar el agua de proceso debido a la posibilidad de la ruptura de este conducto (denominado también canal de fondo) causado por los grandes esfuerzos superpuestos o debido a la subsidencia del suelo, y el potencial resultante de erosión interna y colapso eventual del Dique. Otras objeciones reportadas para este tipo de conducción del agua de proceso giran alrededor de la susceptibilidad del concreto a los ácidos y



(A)



(B)

FIGURA 2.7 MÉTODOS DE DECANTACIÓN Y EVACUACIÓN.
A) FLOTANTE
B) TORRE DE DECANTACIÓN

sulfatos que pueden estar presentes en el efluente de Planta como también alrededor del hecho de que los collares de desaguado inapropiadamente construidos en el pasado han causado fallas de tubificación en el Dique.

La decantación flotante en cambio no tiene esas desventajas. Además ofrecen la facilidad de la reubicación en diversas áreas del estanque de decantación. Esta flexibilidad implica ventajas importantes para el control del nivel y ubicación del estanque dentro de la Presa de Relaves. Este factor puede ser muy significativo cuando se requiere un ancho mínimo de playa para contribuir con la estabilidad del dique. También, algunas Presas se dividen en segmentos adyacentes para permitir la descarga y operación secuencial. En tales casos, un solo sistema flotante de decantación puede ser cambiado entre segmentos, a diferencia de las torres de decantación que requerirían de un sistema separado para cada segmento (Figura 2.8).

2.6 Características de los Relaves

2.6.1 Tipos de Residuos Mineros

Los relaves derivados de la extracción de metales preciosos (oro, plata) y metales básicos (cobre y plomo/zinc o Cu y Pb/Zn), ya que estos minerales son los que predominan en la industria minera peruana, situación que continuara en el futuro previsible. Los minerales poli metálico son aquellos a partir de los cuales se extrae una

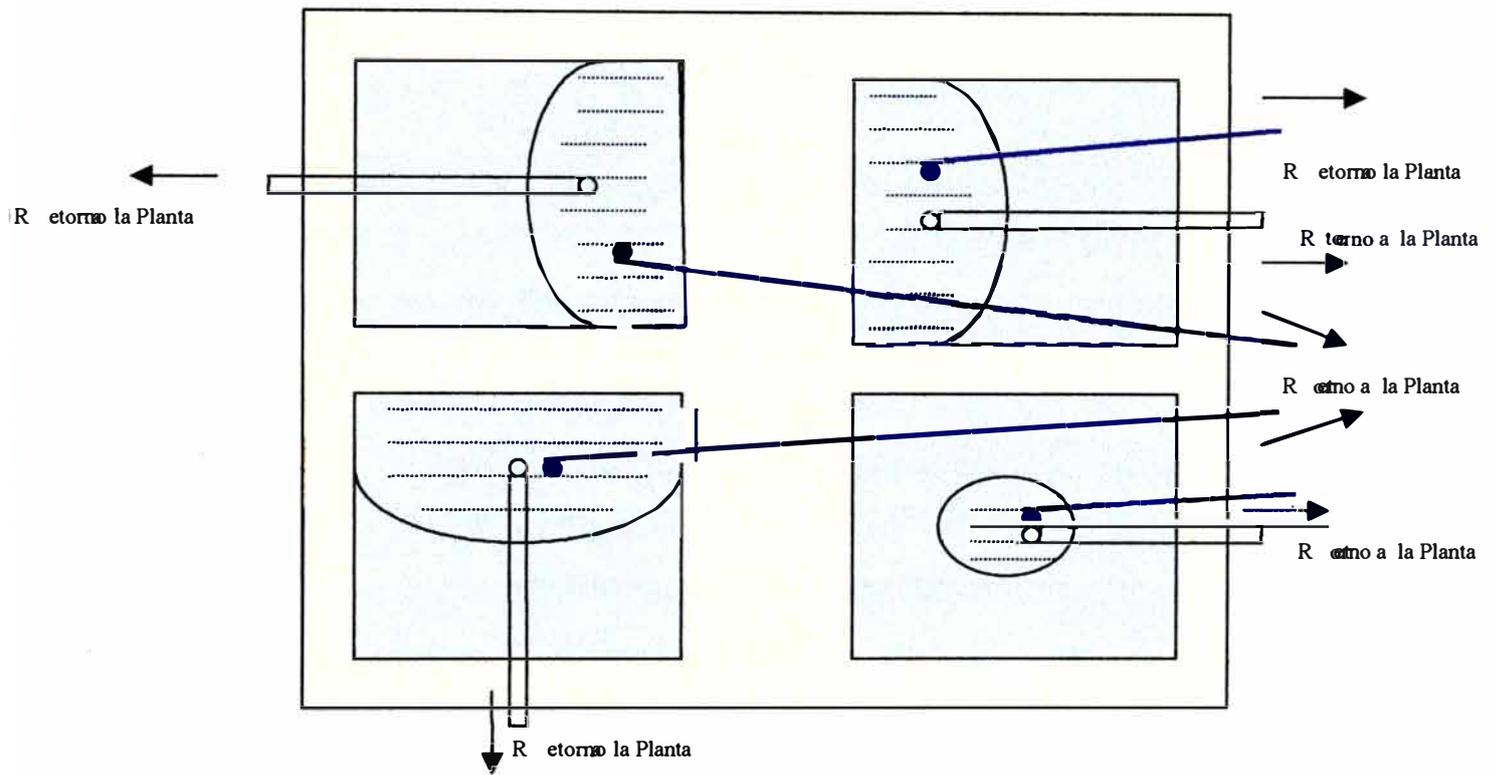


FIGURA 2.8 FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA FLOTANTE CONTRA EL DE LA TORRE DE DECANTACIÓN PARA LA COLECCIÓN DE AGUA DE PROCESO. PRESA CON EL SISTEMA DE CELDAS.

amplia variedad de metales, su contenido de minerales sulfurados, tal como la pirita es usualmente alto. Otros relaves tales como aquellos derivados del procesamiento de minerales ferrosos y del lavado del carbón.

a) Origen y Producción de Relaves de Concentradoras

- Flotación
- Cianuración
- Carbón en Pulpa

b) Otros Residuos Sólidos

- Desmante de Mina
- Residuos o Desmante de Pilas de Lixiviación
- Escorias
- Relaves de Placeres o Lavaderos
- Relaves de Jig
- Relaves de Cianuración con Aglomeración y Peletización.

2.6.2 Propiedades Físicas y Estructurales

a) **Características de la Deposición**

En los depósitos superficiales la pulpa es descargada desde la cresta del dique, sea través de grifos en la línea de relaves espaciados mas o menos de 10 a 50 mts. (Figura 2.6 A) o por una reubicación periódica del extremo de la tubería de descarga (figura 2.6 B).

Conforme los sólidos se asientan a partir de la pulpa descargada, se forma una playa de leve inclinación que se extiende desde el punto de descarga hasta la poza de decantación donde el agua remanente de la pulpa se acumula para ser recirculada a la concentradora.

En teoría, el material más grueso se asienta inicialmente a partir de la pulpa, las partículas más finas se asientan en la poza de decantación dando lugar al modelo altamente idealizado de segregación por tamaño y depósito que están segregadas por el tamaño del grano y que son conocidas por la siguiente terminología:

Arenas, arenas de relaves, o relaves arenosos, son materiales predominantemente más grandes que 0.074 mm lo que significa que menos del 50% son más finos que ese tamaño.

Lamas, son predominantemente materiales del tamaño de limo, más del 50% menor de 0.074 mm.

Aunque el modelo conceptual de la Figura 2.9 se aplica usualmente en el sentido más general, la realidad presenta a menudo una figura mucho más compleja. El grado actual de segregación por tamaño de partícula varía notablemente tanto dentro de un depósito dado como de un depósito a otro, de acuerdo a factores tales como la fineza de molienda, el contenido de sólidos, el caudal y pH de la pulpa

arena de los relaves de la concentradora, ya sea para su uso en la construcción de la presa o como relleno en las minas subterráneas. En la Figura 2.10 este dispositivo, opera según los principios centrífugos y separa la pulpa de relave alimentada una descarga por debajo («underflow»)(arenas que contienen entre 5 y 30% de material más fino de 0.074mm) y otra por arriba («overflow» o rebose) que se descarga al depósito de relaves. Si el cicloneo se realiza en forma continua y no es interrumpido por descargas de relaves sin ciclonear, entonces los relaves depositados a partir del rebose (overflow) estarán conformados por lamas uniformes en su mayoría.

La granulometría del relave global queda determinada por el proceso de molienda en la concentradora, el cual generalmente, se optimiza para maximizar la recuperación del metal. Desde una perspectiva más amplia esto puede ser contraproducente, pues da lugar a relaves que tienen características menos favorables para la deposición. Por ejemplo, la fineza de molienda requerida para incrementar la recuperación en sólo 2 a 3% puede incrementar los finos en los relaves de 10 a 15 puntos en porcentaje. No solamente el incremento en el valor metálico puede verse largamente superado por los mayores costos de equipo, mantenimiento, suministros, y energía requerida para moler a tamaños más finos sino que los relaves más finos reducen la disponibilidad y recuperación de la arena

descargada. Estos mismos factores influyen en el talud y la densidad in-situ de los relaves y han sido materia de estudio por varios investigadores (Coinlin, 1989; Kupper y Asociados en 1992; Abadjiev, 1985; Bolt, 1988; Fourie, 1988). En la mayoría de los depósitos en operación el tamaño y ubicación de las pozas de decantación varía, y el método de descarga por grifos y la ubicación de la descarga cambia, de tal manera que la arena y las zonas intermedias que se muestran en la Figura 2.9 pueden resultar escasamente diferenciadas con depósitos notablemente heterogéneos conformados por estratos horizontales de arena y lamas.

Hay tres excepciones principales donde pueden ocurrir condiciones más uniformes. La primera es, si el contenido de sólido de la pulpa se incrementa, mediante espesadores, a más del 50%. Esto reduce la segregación por tamaño de partícula y tiende a reducir tanto la estratificación como la reducción sistemática del tamaño de partícula, en función de la distancia desde punto de descarga. La segunda, es para relaves molidos a tamaños muy finos y que tienen un mínimo contenido de arena para empezar, los relaves de cianuración de oro y plata corresponden a este tipo según lo describe Lefebvre y Dastous (1991). En tales casos, cualquier playa de arena puede ser tan angosta como 30 a 50 metros, con el remanente del depósito constituido por lamas más o menos uniformes. El último caso es cuando los ciclones son utilizados para separar y eliminar

arena de los relaves de la concentradora, ya sea para su uso en la construcción de la presa o como relleno en las minas subterráneas. En la Figura 2.10 este dispositivo, opera según los principios centrífugos y separa la pulpa de relave alimentada una descarga por debajo («underflow»)(arenas que contienen entre 5 y 30% de material más fino de 0.074mm) y otra por arriba («overflow» o rebose) que se descarga al depósito de relaves. Si el cicloneo se realiza en forma continua y no es interrumpido por descargas de relaves sin ciclonear, entonces los relaves depositados a partir del rebose (overflow) estarán conformados por lamas uniformes en su mayoría.

La granulometría del relave global queda determinada por el proceso de molienda en la concentradora, el cual generalmente, se optimiza para maximizar la recuperación del metal. Desde una perspectiva más amplia esto puede ser contraproducente, pues da lugar a relaves que tienen características menos favorables para la deposición. Por ejemplo, la fineza de molienda requerida para incrementar la recuperación en sólo 2 a 3% puede incrementar los finos en los relaves de 10 a 15 puntos en porcentaje. No solamente el incremento en el valor metálico puede verse largamente superado por los mayores costos de equipo, mantenimiento, suministros, y energía requerida para moler a tamaños más finos sino que los relaves más finos reducen la disponibilidad y recuperación de la arena



FIGURA 2.9 SEGREGACION IDEALIZADA DE TAMAÑO GRAMO

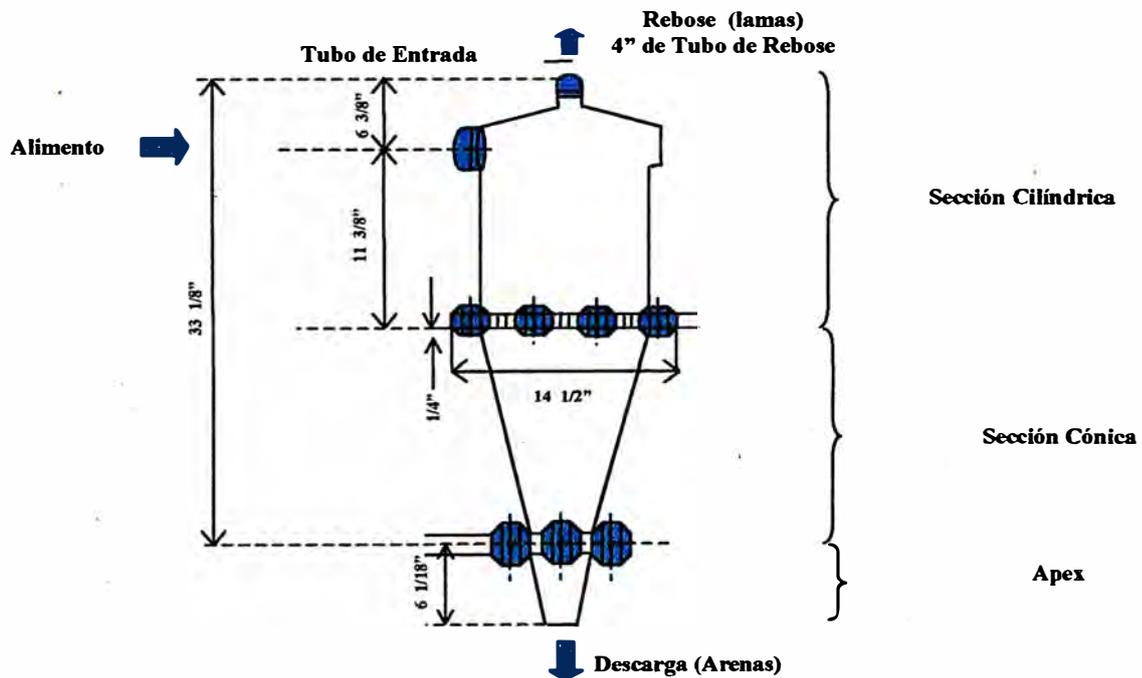


FIGURA 2.10 PRINCIPIO DE CICLONEO TERMINOLOGIA DE CICLON

cicloneada que puede ser útil como relleno en las labores subterráneas o como un material de bajo costo para la construcción de la presa de relaves. Especialmente para las minas subterráneas del Perú, la molienda debe basarse no solamente en una óptima recuperación del metal sino en la óptima combinación de la deposición no solamente en una óptima recuperación del metal sino en la óptima combinación de la deposición de relaves, el método de minado y los factores de recuperación, tomados todos en conjunto.

b) Propiedades Estructurales

Las propiedades estructurales son aquellas características geotécnicas de los depósitos de relave que gobiernan su comportamiento frente a la estabilidad, infiltración y deformación. Las propiedades estructurales básicas, incluyen resistencia, permeabilidad y compresibilidad en el caso de los depósitos de relaves estas propiedades dependen notablemente de si predominan las arenas o las lamas , y del grado ínter estratificación.

2.6.3 Características Químicas

a) Relaves Sólidos

Para muchos depósitos minerales polimetálicos altamente sulfurados en el Perú, las diferencias en la

gravedad específica de las partículas de minerales individuales pueden afectar la distribución de varios metales, incluyendo la de pirita, de acuerdo a las diferentes fracciones de tamaño de los relaves.

b) Efluentes Líquidos de Flotación

Los efluentes líquidos y su calidad, es el contenido de sólidos muy finos en suspensión el cual es usualmente medido como sólidos totales en suspensión (TSS) o menos frecuentemente como unidades de turbidez. Estos contenidos son más fáciles de reducir si se incrementa el tiempo de retención en los depósitos mencionados para este propósito y se recircula el agua de proceso hacia la concentradora, eliminando del todo la descarga de agua de este depósito. Los flocculantes (polímeros sintéticos), coagulantes (Fe, Al y sales) y reactivo químicos para ajustar el pH (cal) pueden ayudar a la reducción de las partículas suspendidas. Los residuos de reactivo utilizados en flotación acompañan tanto a los relaves sólidos como a los líquidos descargados con los relaves. Los reactivos de flotación pueden ser cal, ditiofosfatos, xantatos, cromatos, sulfitos, sulfato de cobre, sulfato de Zinc, ácidos grasos, alcoholes, aceites y cianuro entre otros, dependiendo del requerimiento metalúrgico específico de cada operación. Con la excepción del cianuro, la mayoría de los demás reactivos de flotación existen en formas no tóxicas para los humanos y la vida acuática. Generalmente se aplican en pequeñas concentraciones

en las operaciones más eficientes; los reactivos orgánicos de flotación se descomponen rápidamente y son raras vez responsable de algún impacto ambiental serio.

c) Efluentes Cianurados

El cianuro de sodio es usado como lixiviante en la mayoría de las operaciones para beneficiar oro y plata, en otras ocasiones se le emplea como reactivo en los procesos de flotación. El cianuro en los efluentes de los relaves incluye cianuro libre (CN y HCN), así como formas complejas en asociación con varios metales que tienen variada solubilidad y toxicidad. El cianuro libre es químicamente inestable. Por lo tanto, a diferencia de muchos otros contaminantes, no persiste en el ambiente ni tampoco es bio-acumulable a través de la cadena alimenticia.

d) Drenaje Acido (ARD) de Relaves

El ARD se refiere a procesos por los cuales el pH del agua en contacto con los relaves puede disminuir severamente, dando como resultado la disolución y transporte de metales tóxicos disueltos tales como arsénico, plomo, cadmio y un conjunto de otros, además un drástico incremento del contenido de sulfatos.

Si existe potencial para ARD, hay varias medidas de mitigación que pueden ser consideradas. Los siguientes principios se resumen en forma muy simplificada.

- La oxidación de sulfatos puede ser iniciada únicamente si existe oxígeno en los intersticios del depósito de relaves y pueden por lo tanto ser prevenido si este oxígeno es eliminado. Una manera efectiva de hacerlo es manteniendo los espacios vacíos llenos con agua y el depósito totalmente saturado.
- La oxidación de los sulfatos también puede ser la retardada si el ingreso del oxígeno al depósito es restringido.
- Aun si el ARD se ha iniciado dentro del depósito, la dispersión de sus efectos puede ser reducida si hay insuficiente infiltración para transportar los constituyentes disueltos más allá de los límites del depósito mismo. La infiltración puede también ser reducida por coberturas, en combinación con la derivación del agua superficial y un apropiado tratamiento de la superficie del depósito.

Estos principios son importantes para comprender los aspectos de ARD relacionados con los métodos alternativos de disposición de relaves que serán discutidos a continuación. Otro factor significativo que influencia estos métodos es la ubicación geográfica.

III. ALMACENAMIENTO DE RELAVES – DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1 Almacenamiento – Economía de Relaves y principio de la mecanica de Suelos

3.1.1 Almacenamiento de Relaves

Los métodos de Almacenamiento de relaves que hoy en día utilizan casi todas las compañías mineras combinan principios teóricos fundamentales con todas las compañías aprendidas con la experiencia. Puesto que las muchas variaciones en las condiciones del lugar, los depósitos de

minerales y los procesos de extracción dictan los procedimientos generales de almacenamiento, y como los ingenieros de minas incorporaran instalaciones especiales para emplear el método de almacenamiento más económico, es natural que existan diferentes técnicas.

En años recientes, relativamente se han utilizado los principios de diseño de las presas de tierra para planificar diques de retención para el almacenamiento de relaves. Muchos de los primeros depósitos se formaron descargando el efluente por el borde de una ladera y permitiendo que fluya la parte inferior del estanque, donde generalmente se coloca una torre desaguadora, justo detrás del dique de retención. Este procedimiento era el más económico hasta que se produjeron las fallas o roturas de los diques. Sin embargo, se habían aprendido las lecciones - las arenas gruesas constituyen un relleno mucho más adecuado detrás de un dique de retención que las finas, y las lamas se tiene que mantener lo más lejos del dique que sea económicamente factible.

La descarga perimétrica, con la chimenea desaguadora ubicada en la parte posterior del dique de retención, se convirtió en la práctica general para otras circunstancias que las especiales (Figura 3.1). El flujo del efluente total por gravedad dada por resultado la segregación de las lamas de las arenas, de esa forma asegurando que solamente las arenas gruesas fueran depositadas detrás del dique. Una de las innovaciones más recientes fue el uso de ciclones para clasificar los relaves.

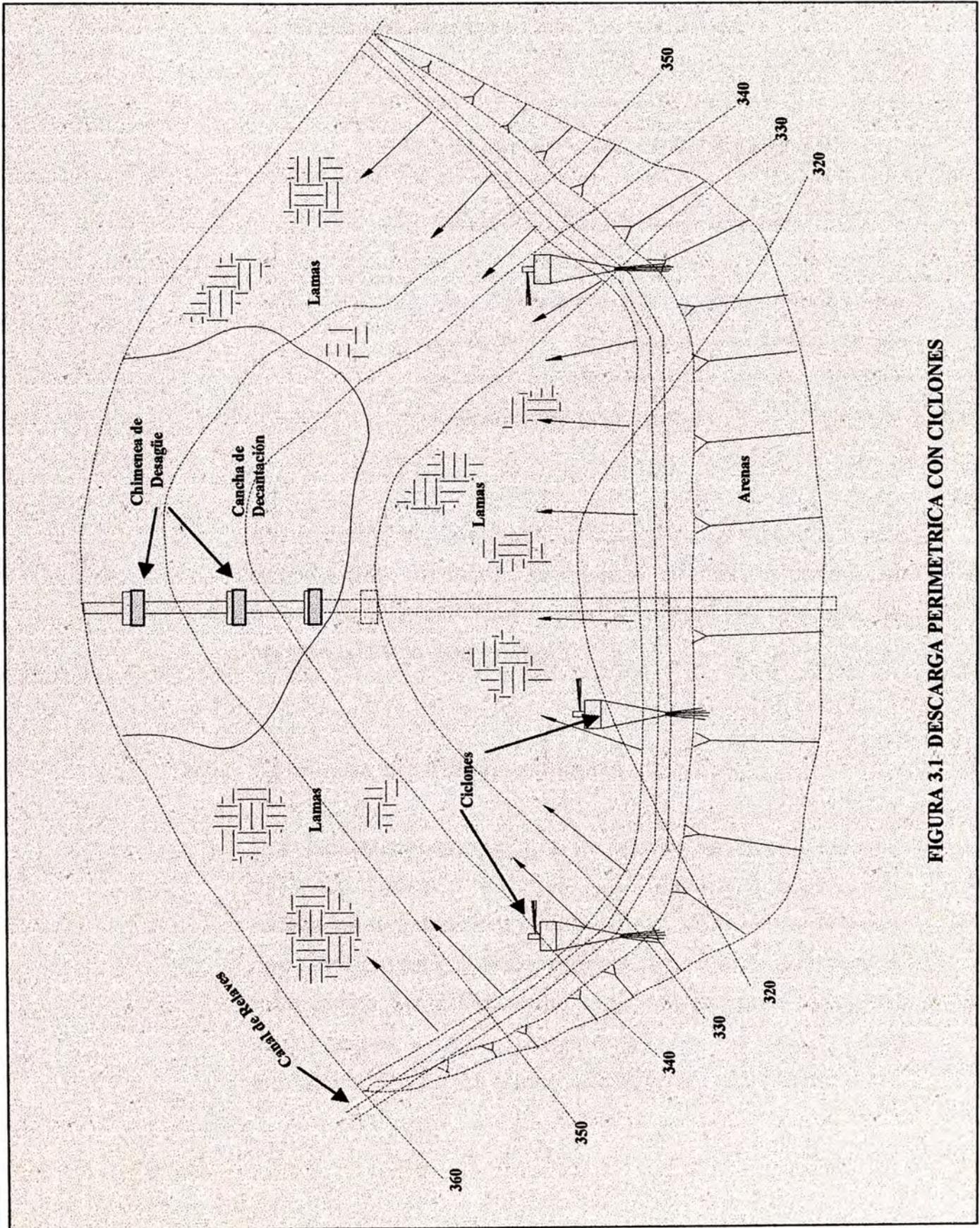


FIGURA 3.1 DESCARGA PERIMETRICA CON CICLONES

Entre los sistemas de construcción de diques para relaves generalmente aceptados, son los siguientes:

- 1) Método de Aguas Arriba (Figura 3.2)
- 2) Método de Aguas Abajo (Figura 3.3), y
- 3) Un compuesto de ambos elevamiento vertical de la tubería de descarga sin ajustar el alineamiento de las crestas lateralmente (Figura 3.4).

Sin embargo la experiencia del autor indica que muy pocas operaciones mineras producen arenas gruesas en suficiente cantidad para poder utilizar el método de construcción de aguas abajo.

3.1.2 Economía del Almacenamiento

El costo del almacenamiento de relaves ejerce considerable influencia sobre la ley mínima del mineral que se puede extraer económicamente de una mina. Varía en sumo grado con cada proyecto y depende de muchos factores diversos, tales como las condiciones topográficas, meteorológicas sismológicas locales, juntamente con las leyes sobre contaminación de las aguas que rigen en la localidad.

METODOS DE CONSTRUCCION DE PRESAS DE RELAVES

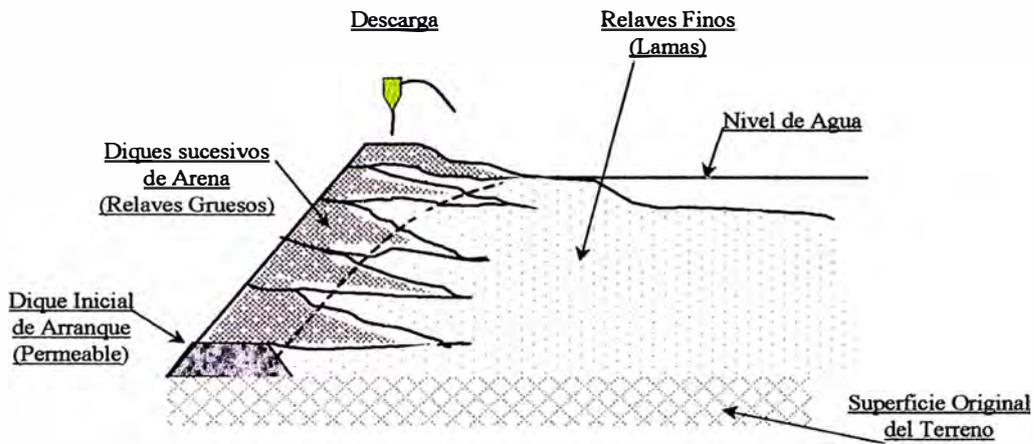


FIGURA 3.2 METODO AGUAS ARRIBA

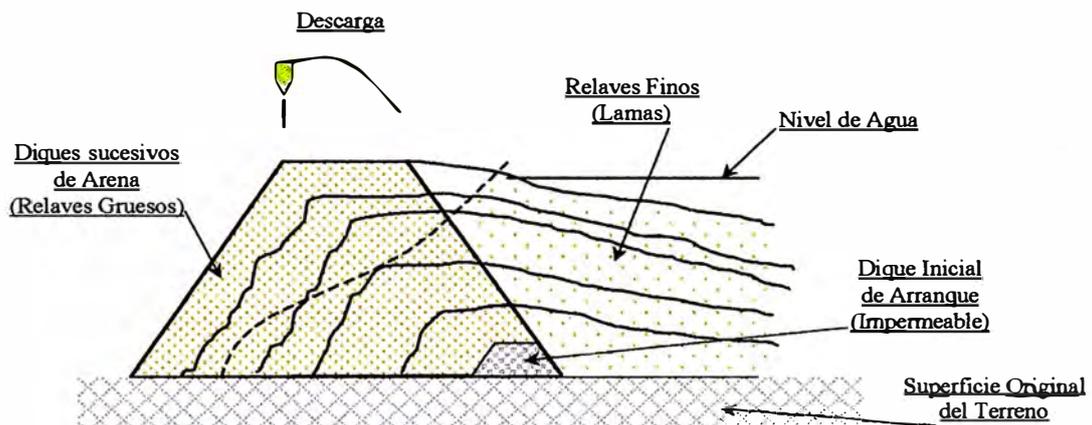


FIGURA 3.3 METODO AGUAS ABAJO

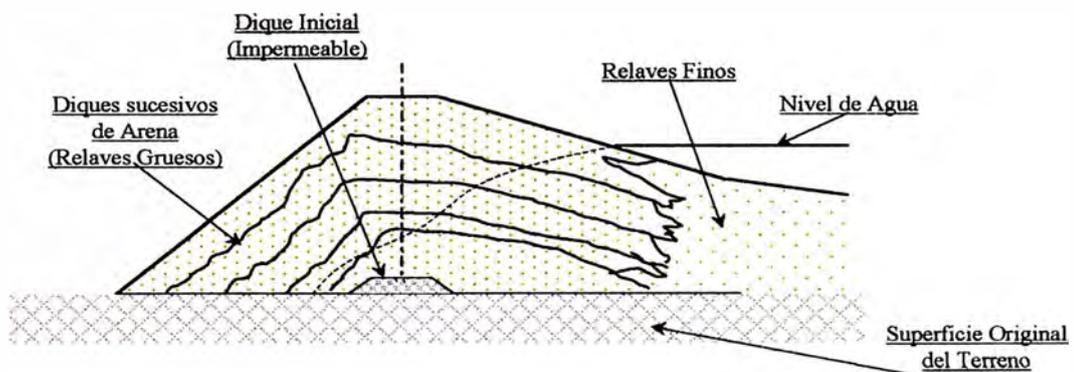


FIGURA 3.4 METODO DE LINEA CENTRAL

El proceso utilizado para extraer mineral de una mina determina las características físicas de los relaves y, por lo tanto, es uno de los factores más importantes que se deben considerar cuando se están planeando instalaciones de almacenamiento. Las tendencias modernas en las operaciones de procesamiento de minerales complican los problemas de la disposición de los desechos: los métodos de extracción desarrollados recientemente producen relaves más finos, el minado de minerales de más baja ley produce mayores cantidades de relaves y las revalorizaciones de los terrenos en los alrededores de las plantas industriales excluyen la práctica, anterior de extender los desperdicios lateralmente y obligan a la expansión de los depósitos de desechos hacia arriba, a alturas más elevadas.

Sin embargo, aunque los superintendentes de los molinos son responsables de disponer de los relaves económicamente, es esencial que consideren los costos de las reparaciones y obligaciones que causan las roturas, cuando estén comparando la economía de las prácticas marginales en la construcción de diques, con la economía de técnicas de almacenamiento más conservadoras.

3.1.3 Principios de la Mecánica de Suelos

Como los suelos no se fabrican de acuerdo a una serie de normas, como el acero o el concreto, generalmente son

heterogéneos y anisotrópicos, dando lugar a un número infinito de tipos y combinaciones.

A pesar de esto, la experiencia y la investigación en el laboratorio han conducido al desarrollo de teorías razonables para predecir el comportamiento de una masa de tierra. Las características físicas básicas de los suelos, que determinan su comportamiento bajo varias condiciones de carga, son la relación de vacíos, el grado de saturación, la historia de la consolidación, o apisonamiento, y las propiedades de resistencia al corte.

El tipo de derrumbamiento del suelo que más preocupa a los ingenieros de suelos es la falla transversal o de corte. La resistencia al corte o al deslizamiento de un suelo se puede determinar dentro del laboratorio, aplicando una carga axial a una muestra cilíndrica, en forma similar a la usada para determinar la resistencia del concreto. Si se llevan a cabo una serie de pruebas a diferentes presiones limitantes, se puede trazar el esfuerzo normal contra el esfuerzo de corte, como se demuestra en la Figura 3.5.

La ecuación $S = C + O_n \tan \phi$ describe la resistencia al corte de los suelos. Los parámetros C y ϕ representan la cohesión y el ángulo de fricción respectivamente, y generalmente son casi constante para un determinado suelo bajo determinadas condiciones de carga. La diferencia más importante en los tipos de pruebas de resistencia es el grado de drenaje o desagüe permitiendo dentro de la muestra del suelo. El drenaje, o la reducción de la presión del agua dentro de los poros, afecta a las

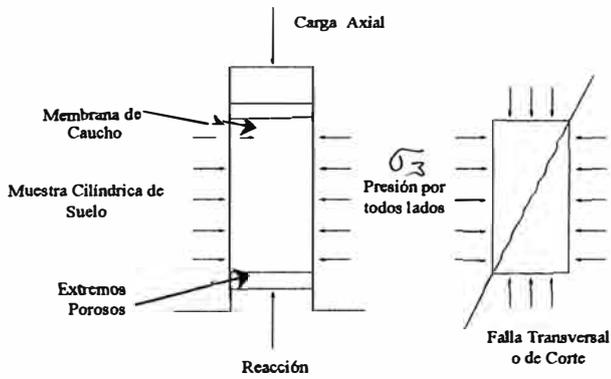
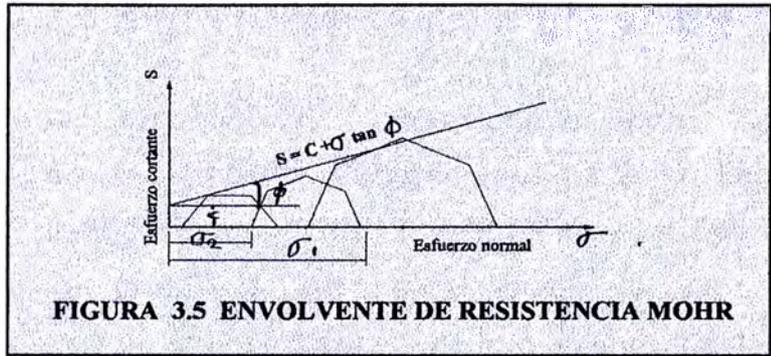
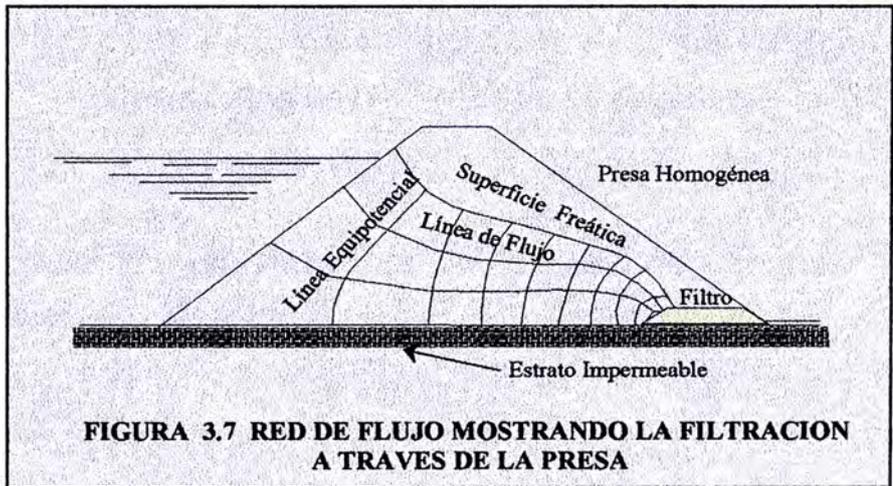


FIGURA 3.6 PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL



proporciones de carga soportada por el esqueleto del suelo, y el agua dentro de los poros, respectivamente.

La prueba arriba mencionada, para determinar las propiedades de resistencia al corte, se llama la prueba triaxial (Figura 3.6). La ventaja de este tipo de prueba es que permite aplicar la condición de esfuerzos tridimensional que se encuentra en el campo a una muestra de suelo no disturbada, y de ese modo hace posible estudiar el comportamiento de esfuerzo-tensión y la resistencia final o a la rotura, bajo las condiciones de la consolidación que existen en el terreno. Se están generalizando las pruebas dinámicas triaxiales para estudiar la susceptibilidad a la licuefacción y la pérdida o ganancia de resistencia bajo cargas pulsantes. Es importante que las condiciones de drenaje durante las pruebas sean conformes con las condiciones dentro de la estructura de suelos existentes. Para evaluar la resistencia al corte que actuará en un determinado tipo de falla, se pueden usar parámetros de esfuerzo efectivo obtenidos de las pruebas coaxiales, junto con las presiones hidrostática en el suelo, determinadas de un diagrama de red de flujo o de escurrimiento. (Figura 3.7).

3.2 Planteamiento Nuevo de Disposición de Canchas Viejas de Relaves.

3.2.1 La Topografía Determina la Disposición

La ubicación de las áreas depende de la topografía de los alrededores ejerce mayor influencia sobre el arreglo de las

instalaciones de almacenamiento de relaves, la mayoría de las canchas de relaves se pueden clasificar como depósitos en la ladera, depósito a valle traviesa o depósitos apilados.

La disposición en una ladera probablemente es la más favorable debido a la natural ventaja, sin la desventaja de la desviación del río que generalmente se necesita para los estanques de decantación que se forman detrás de los diques de depósito a valle traviesa. Los depósitos apilados que se ubican en terrenos relativamente planos, requieren cuatro diques de retención y el efluente generalmente se tiene que bombear hasta el área de almacenamiento.

Las cambiantes técnicas o desarrollos de producción adyacentes a las áreas de disposición han producido variaciones o combinaciones parciales de estos tres tipos de disposiciones. Numerosos artículos en la literatura técnica describen los muchos problemas que se presentan en el almacenamiento de relaves y algunas de las innovaciones utilizadas para superarlos. Muy a menudo se aprende cual es la debilidad en el diseño, y en la disposición, en la forma más difícil, o sea por la experiencia costosa. Sin embargo, la exitosa solución de numerosas dificultades en las operaciones de almacenamiento de relaves, incluyendo los problemas estabilidad de los diques, ha proporcionado invalorable reglas empíricas para el diseño, y construcción de las instalaciones subsiguientes.

3.2.2 La Hidrología Influencia el Diseño

Donde el suministro de arenas gruesas es limitado debido al uso de técnicas de molienda, un depósito a valle traviesa tiene la ventaja de requerir un dique de retención mucho más corto. Sin embargo debido a la desviación del río, la hidrología de la zona es de considerable importancia para economía de la deposición. Donde la máxima inundación probable puede ser desviada por el conducto desaguador, no se requiere un túnel de desviación. Sin embargo donde no se dispone de registros hidrológicos adecuados, ni confiables, se debe adoptar un diseño conservador para la desviación del río, para tener la seguridad de que el dique de retención nunca será sobrepasado.

En los lugares cae mucha lluvia, se deben tomar precauciones especiales para controlar la erosión de los diques de retención. Las técnicas se incluyen el uso de enrocado, césped suelo-cemento, y banqueo o escalonado con alcantarillas.

3.2.3 Dificultades y Peligros de las Ampliaciones

Las primeras prácticas de almacenamiento de relaves no siempre dieron por resultado la construcción de un depósito que proporcionaría una buena cimentación para subsiguientes aumentos en la altura del dique de retención. Probablemente uno de los principales problemas que deben enfrentar el ingeniero de minas de hoy en día, el diseño de

un dique para relaves edificado sobre un viejo depósito fuera de uso, compuesto de lamas blandas, sensitivas y semi-líquidas, que están sobrepuestas por una corteza o capa dura, relativamente delgada.

Antes de tratar de ampliar un depósito relaves viejos y desusado, se deben efectuar exploraciones de los relaves y la cimentación de los diques viejos y los propuestos. Los resultados de estas investigaciones determinarán el diseño de la estructura de retención para los revales. Si se encuentra que la ampliación del depósito es económica factible.

3.3 Análisis de la Estabilidad

3.3.1 Estudio Geológicos y Sísmicos

Las investigaciones geológicas siempre constituyen una parte esencial de un análisis de estabilidad de cualquier dique de retención, existente o propuesto. Estas investigaciones pueden dividirse en dos componentes:

- **La geología local**, que concierne a las condiciones de cimentación del área inmediata del proyecto.
- **La geología regional**, que incluye la muy importante consideración de la actividad sísmica.

Se debe determinar la historia de los temblores en la región y correlacionarla con la estructura geológica regional. Se deben localizar las zonas de fallas activas y relacionadas con la geología del sitio y finalmente se debe estimar la probabilidad de que ocurra un temblor destructor cerca de la zona del proyecto.

En las áreas que se determinan como sísmicamente activas, es esencial una especial y cuidadosa atención a las condiciones geológicas y de cimentación local, porque se ha demostrado que los daños producidos por temblores están más estrechamente relacionados con la condición de las cimentaciones que a la distancia del epicentro. La profundidad de la tierra debajo de una estructura y el nivel de la mesa de agua subterránea influyen la amplificación de las ondas sísmicas, como lo hace el grado de consolidación del material de cimentación. Las variaciones significativas en las condiciones geológicas que están debajo de una estructura podrían conducir al asentamiento diferencial y a grandes esfuerzos cortantes. El movimiento a lo largo de las fallas dentro de la zona del proyecto también podría dispararse por un movimiento en otras fallas distantes, y derrumbes incipientes podrían ser activados por un nivel muy bajo de actividad sísmica.

A no ser que las presas para colas sea cuidadosamente construidas y conservadas, son especialmente susceptibles a los daños debido a las fuerzas sísmicas, debido a su alto contenido de humedad y a la naturaleza no consolidada del material de terraplén. Por esta razón no se debe escatimar ningún esfuerzo en analizar

cuidadosamente los peligros sísmicos a la seguridad de cualquier dique de retención propuesto o existente.

3.3.2 Análisis de la Cuña Deslizable - El Arco Circular

Durante muchos años se han hecho análisis de la estabilidad de los terraplenes de tierra o escollones o enrocados, utilizando métodos standard de superficies deslizantes. Cuando se aplican estos métodos, se compara la resistencia cortante calculada que se espera que se desarrolle a lo largo de una superficie de falla potencial asumida, con las tensiones de corte calculadas en la estructura de la tierra. Esta proporción entre la resistencia al corte disponible (fuerza resistente) y las tensiones de corte que tienden a producir fallas (fuerzas impulsoras) representa el factor de seguridad contra el movimiento a lo largo de la superficie de falla asumida. Los dos tipos más comunes de superficies deslizables asumidas son el arco circular y la cuña deslizable. Las técnicas usadas para estudiar una ladera típica aparecen en forma simplificada en las Figura 3.8 y Figura 3.9.

3.3.3 Método de Elementos Finitos

Durante los últimos años se ha desarrollado un procedimiento analítico que, con la ayuda de una computadora digital, permite a los ingenieros calcular los esfuerzos o tensiones y desplazamientos en la estructura de la tierra. Brevemente, el método de análisis de elemento

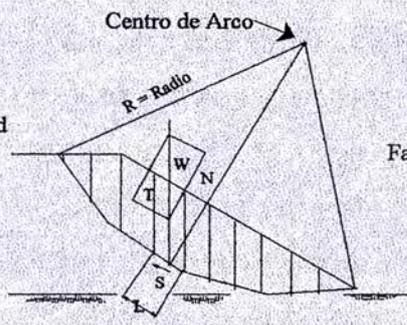


$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Fuerza Resistente}}{\text{Fuerza Impulsora}}$$

FIGURA 3.8 ANALISIS DE LA CUÑA DESLIZABLE

T = Fuerza Impulsora
Componente tangencial
de la Fuerza de Gravedad

S = Fuerza Resistente
Resistencia al Corte
x Longitud del Arco
de la Falla



$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Fuerza Resistente}}{\text{Fuerza Impulsora}}$$

FIGURA 3.9 ANALISIS DEL ARCO CIRCULAR

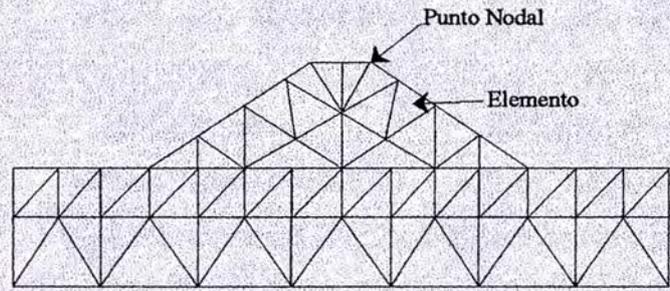


FIGURA 3.10 RED IDEALIZADA DE ELEMENTO FINITO

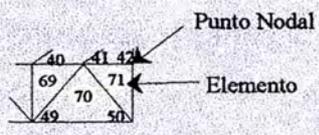


FIGURA 3.11 DETALLE DE RED DE ELEMENTO FINITO

finito requiere que una sección transversal de la estructura y del bloque de cimentación o base, sea dividido en un patrón de bloques finitos a los cuales se refiere como elementos (Figura 3.10). Se supone que los elementos están conectados por juntas articuladas en las esquinas, que se llaman puntos nodales (Figura 3.11). A cada elemento se le asignan propiedades materiales, incluyendo el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson y el peso unitario. Las variaciones en la estructura, tales como un muro nuclear de concreto en una presa de tierra, o las inconsistencias en la cimentación tales como una falla o más de un tipo de roca, se pueden compensar variando las propiedades físicas asignadas a cada elemento.

Como con todos los trabajos en computadoras. La exactitud del resultado depende de la validez de los datos de ese modo, es imperativa la elección de valores realistas para las características de estructura cimentación y sismos.

La simultánea solución de las ecuaciones que predicen el comportamiento de cada elemento da los desplazamientos y aceleraciones del punto nodal, los esfuerzos o tensiones de los elementos y los valores máximos de los principales esfuerzos mayores y menores de cada elemento individual para cada instante, de tiempo bajo consideración. Utilizando estos datos es posible sobreponer una superficie de roturas sobre las tensiones de los elementos y estimar un factor de seguridad contra los colapsos.

La mayor capacidad de las computadoras digitales y la difusión y sofisticación de métodos más dinámicos con

elementos finitos, han ayudado a analizar los efectos de los temblores sobre las estructuras para un material sin cohesión que ha sido depositado por métodos hidráulicos, como es el caso con casi todos los depósitos relaves, el efecto de prolongadas vibraciones sísmicas muy importantes.

3.3.4 Fenómeno de Licuefacción

Se entiende por licuefacción de un suelo la pérdida de su resistencia al esfuerzo cortante temporal o definitiva. Los materiales en que ha ocurrido el fenómeno son las arcillas saturadas muy sensibles, las arenas secas sueltas y las arenas saturadas, sobre todo las de baja compacidad.

Los suelos susceptibles de licuarse son aquellos en los que los contactos entre los granos son comparativamente escasos, lo que propicia que se pierdan casi totalmente durante el flujo propiamente dicho. Consecuentemente el fenómeno de la licuefacción afecta a los suelos sedimentarios naturales o a los depósitos artificiales, que son los que presentan aquel tipo de estructura; en efecto, el tamaño de los granos, su uniformidad y la baja velocidad de sedimentación en aguas tranquilas, son todos factores que se conjugan para formar estructuras muy sueltas.

Las causas que pueden producir el fenómeno de licuefacción son de dos tipos:

- Licuefacción por incremento de los esfuerzos cortantes que obran en el suelo o por disminución de la resistencia a los mismos.
- Licuefacción producida por una sollicitación brusca sobre el suelo, tal como un sismo, un impacto, etc.

El segundo tipo de licuefacción, cuando ocurre en arenas saturadas suele denominarse licuefacción espontánea, por la rapidez con que tiene lugar y es el más importante desde el punto de vista ingeniería.

3.3.5 Susceptibilidad a la Licuefacción

Entre los tipos de fallas más espectaculares de los diques de retención, y a menudo más desastrosa, es la que resulta de la licuefacción de las partículas finas combinado con una rotura en el dique de retención principal.

La frecuente naturaleza catastrófica de las fallas por la licuefacción es el resultado de la velocidad con que ocurren y la ausencia de grietas o filtraciones de alarma. El material en una estructura de tierra puede permanecer en estado meta estable ya sea continua o periódicamente durante varios años hasta que, eventualmente, un suceso casual dispara la licuefacción espontánea. Entre las numerosas causas de la licuefacción que han sido encontradas investigando fallas anteriores, se tiene las siguientes:

- 1) Vibraciones causadas por un temblor o por voladuras en los alrededores;
- 2) grandes esfuerzos en los materiales depositados en forma suelta, causados porque la base se ha extendido:
- 3) Presiones excesivas del agua dentro de los poros causadas por fuertes lluvias, y
- 4) Colapso local de un dique de retención, causando grandes esfuerzos en los materiales sensitivos detrás de dicho dique.

Todas estas posibilidades, son aplicables a los depósitos de relaves y deben de ser consideradas con el diseño y la disposición de un área de este tipo.

La susceptibilidad a la licuefacción de los depósitos de relaves se reduce con mas facilidad;

- 1) Aumentando las densidades en el mismo sitio,
- 2) Eliminando las presiones excesivas del agua dentro de los poros.

Los Ingenieros de Minas son responsables por que se cumplan los requerimientos mínimos de cualquiera de estas, o ambas propiedades materiales en el mismo sitio, mediante el método más económico. El planteamiento sólido, combinado con la adopción de modificaciones relativamente baratas de las técnicas de deposición en las primeras etapas, pueden evitar que surjan problemas durante las operaciones posteriores. Si se dejan desarrollar estos problemas, generalmente son costosos de eliminar.

3.3.6 Roturas por Rebalse de los Diques

Debido a la gran susceptibilidad a la erosión de los materiales sin cohesión, nunca deben rebalsar los diques de retención construidos de arenas gruesas. Siempre se debe dejar suficiente tirante de agua para dejar lugar para el asentamiento causado por las vibraciones producidas por temblores, o por el asentamiento debido a la saturación total producida por la lluvia fuerte y prolongada.

La facilidad y rapidez con las cuales un líquido puede abrir una brecha en una presa de tipo relleno. El tiempo que se empleó para virtualmente completar la erosión del enrocado de esta presa de 15 pies, fue de 20 minutos. La longitud de la base del modelo tapón fusible, medida a lo largo del travesaño de concreto, fue de alrededor de 50 pies y la longitud de la cresta fue de 75 pies.

3.4 Construcción

3.4.1 Comparación con Presas para Agua

Los ingenieros civiles a menudo utilizan materiales de roca y tierra para construir presas para embalsar agua. Sin embargo se utilizan probados procedimientos y especificaciones de diseño para la colocación y consolidación del material de relleno, junto con los planos del diseño de la presa, para asegurar la construcción de un dique estable. Durante la construcción de una presa de tipo relleno, el ingeniero mantiene inspectores en el lugar de la obra para controlar los métodos de colocación y consolidación. El costo por metro cúbico en el mismo sitio generalmente es mayor que el costo de deshacerse de una cantidad similar de relaves.

Durante los últimos 30 años, la profesión de ingeniería civil ha diseñado muy pocas, o tal vez ninguna presa de relleno hidráulico. Generalmente, debido al continuo mejoramiento del equipo pesado de construcción, el costo unitario, de las presas de relleno hidráulico no es competitivo a no ser que grandes cantidades estén comprendidas y que se consigan los tipos correctos de material. También dificulta en controlar la construcción si el relleno hidráulico se debe colocar en un área pequeña.

Generalmente, la disposición hidráulica de los relaves no tiene que preocuparse de restricciones, con respecto al tiempo o al área de deposición. Por lo tanto, en teoría, las

inherentes desventajas de la construcción de relleno hidráulico no existen para la colocación de relaves para formar presas de retención.

3.4.2 Procedimientos de Deposición

Básicamente las dos propiedades más importantes del material que se deben controlar en la construcción de un dique son la densidad insitu y el drenaje interno. Cuando el material de retención del dique drenan libremente, se pueden relajar los requerimientos de densidad en algunos casos. Sin embargo, en las zonas áreas al asentimiento inducido por los temblores, se deben consolidar hasta las arenas gruesas, bien drenadas, a no ser que el tirante de agua del dique es mas que adecuado para evitar el rebalse. Se encuentra normalmente sin embargo, que se requiere la instalación de desagües (mantas o conductos) antes de la deposición de los relaves, y la continua consolidación durante las operaciones de deposición, para asegurar condiciones seguras de densidad y drenaje en el dique retenedor.

3.4.3 Requerimientos de Control de la Construcción

El Ingeniero de Minas responsable por la deposición de los relaves, debe especificar las técnicas de control para estar enterado del tipo de estructura que se está construyendo. Estos registros, especialmente para las etapas iniciales de la deposición, pueden ahorrar el gasto de hacer

exploraciones comprensivas en una fecha posterior, si se requiere ampliar el depósito original. Sin las técnicas de control durante la deposición, es posible que se incorporen características ultraconservativas en la estructura de retención. Como por ejemplo, se pueden aprovechar los aumentos en la densidad que resultan de la desecación.

3.4.4 Programa de Observación

Además de llevar a cabo una operación de control de la construcción, el ingeniero de minas debe observar el depósito continuamente para determinar, la reacción de los materiales en el sitio a medida que se añaden más relaves.

El método más importante para determinar las características internas de los materiales del dique y utilizar piezómetros estratégicamente ubicados para medir la presión hidrostática en los poros del dique. Otro método excelente de estimar el grado de susceptibilidad a la licuefacción, es examinar la superficie freática del dique mediante pozos de observación.

Las observaciones del asentamiento de estacas o marcadores colocados a lo largo de la cresta de un dique, indican si esta produciéndose la consolidación a medida que se cargan los relaves de la sub-superficie cualquier indicación de consolidación representa un aumento en la densidad y la resistencia al corte. Estos datos combinados con determinaciones regulares de la densidad en el mismo sitio, permiten que el operador refuerce, en las zonas, a

medida que progresa la deposición normal, y de esta forma evite las costosas modificaciones en una fecha posterior, cuando se evidencia el peligro.

3.5 Deposición de Relaves

3.5.1 Registro de las Presas para Relaves

Considerando los volúmenes de desperdicios mineros que han sido amontonados durante el último siglo, la única crítica que se puede hacer del registro de seguridad, es que no es perfecto. Algunas de los colapsos han sido serios, con pérdidas de vidas, y grandes daños a propiedades. Sin embargo, los numerosos derrumbes o desprendimientos pequeños que causan inconvenientes menores, se pueden aceptar como una evidente prueba de que no se están adoptando universalmente, procedimientos de deposición ultra conservadores. Numerosos depósitos de relaves, diseñados para recibir un volumen conocido de materiales de desecho, han sido modificados debido a una ampliación de la operación minera. A menudo estas modificaciones, son costosas o de seguridad marginal.

Como se están construyendo diques más altos con materiales mas finos, no es sorprendente de que parezcan aumentar los colapsos. Los derrumbes en un dique de retención, a no ser que estén combinados con la licuefacción de las lamas, generalmente constituyen un problema de mantenimiento. Los resultados de los

derrumbes por la licuefacción o el flujo, invariablemente son más catastróficos.

La investigación de los colapsos a menudos revela una falta de planeamiento adelantado. Los supervisores de las operaciones de deposición de relaves deben dar perfecta cuenta de los peligros comprendidos, y deben de mantenerse constantemente alertos a las señales de peligro que podrían anunciar inminentes dificultades mayores. La adecuada evaluación de estas señales es a menudo difícil, pero en vista de las posibles consecuencias de un colapso importante, cualquier indicación de peligro debe ser investigada en forma inmediata y completa.

3.5.2 Técnicas de Estabilización

La desecación constituye el método más económico de reducir las presiones del agua dentro de los poros, y de aumentar la densidad de los relaves finos, pero no se conoce exactamente el grado preciso de consolidación que se requiere para evitar la licuefacción. Lamentablemente, la desecación generalmente es factible sólo en lugares cálidos y áridos, y a veces, hasta en estas zonas. La velocidad con que se producen las lamas y las zonas donde depositarlas son tales, que no hay suficiente tiempo para que tenga lugar una cantidad significativa de desecación antes de que se deposite la siguiente capa de lamas. Este inconveniente puede superarse, sin embargo, utilizando un sistema de rotación de áreas subdividiendo en estanques de decantación, que aumenta la velocidad de

deseccación de las partículas mas finas. La Figura 3.12 muestra un posible arreglo de estos estanques para una zona de deposición en ladera. Los pequeños diques de este arreglo están contruidos con relaves gruesos para que los diques actúen como conductos de drenaje, donde el programa de la deposición no permite que las lamas se sequen completamente.

A veces se usan técnicas especiales de deposición para depositar capas de relaves gruesas (mantas) entre depósitos de lamas. Si estos procedimientos se llevan a cabo con cuidado y regularmente, se puede acelerar significativamente la consolidación de las lamas, que es directamente proporcional a la disipación de las presiones de agua dentro de los poros. Estas capas horizontales de drenaje deben de estar conectadas ya sea a diques de retención anteriores, o a estribos. Una sección transversal a través de un típico depósito de lamas (Figura 3.13) muestra la estratificación deseada para aumentar la velocidad de consolidación.

Se pueden colocar conductos especiales de drenaje ya sea mediante métodos de deposición hidráulica o mediante equipo standard de movimiento de tierras, para promover la eliminación de agua de las lamas. La separación, longitud, y área de sección transversal de estos conductos depende de las características de gradación tanto de las lamas como del material usado en los desagües. Las gradaciones de estos dos materiales pueden ser tal que sea necesario una zona de transición. Una sección transversal típica de un conducto de drenaje dividido en zonas, aparece en la

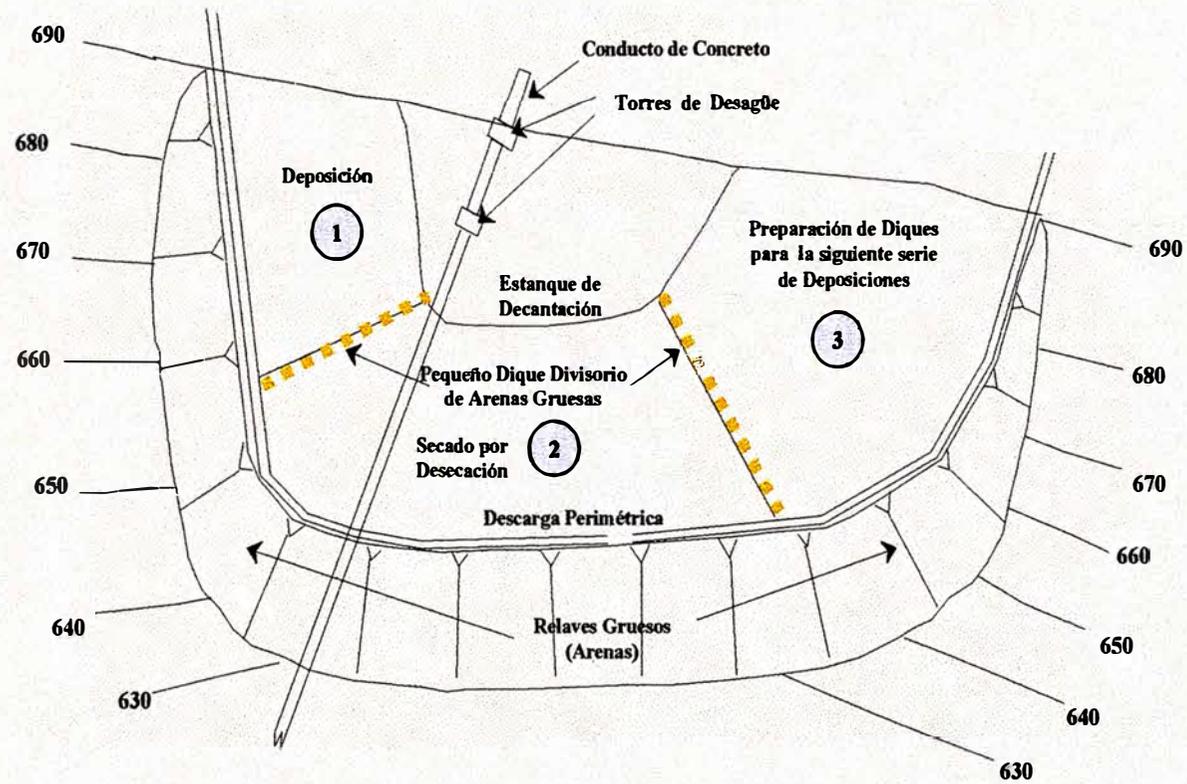


FIGURA 3.12 CANCHA DE DEPOSITO DE RELAVES CON SUBDIVISIONES

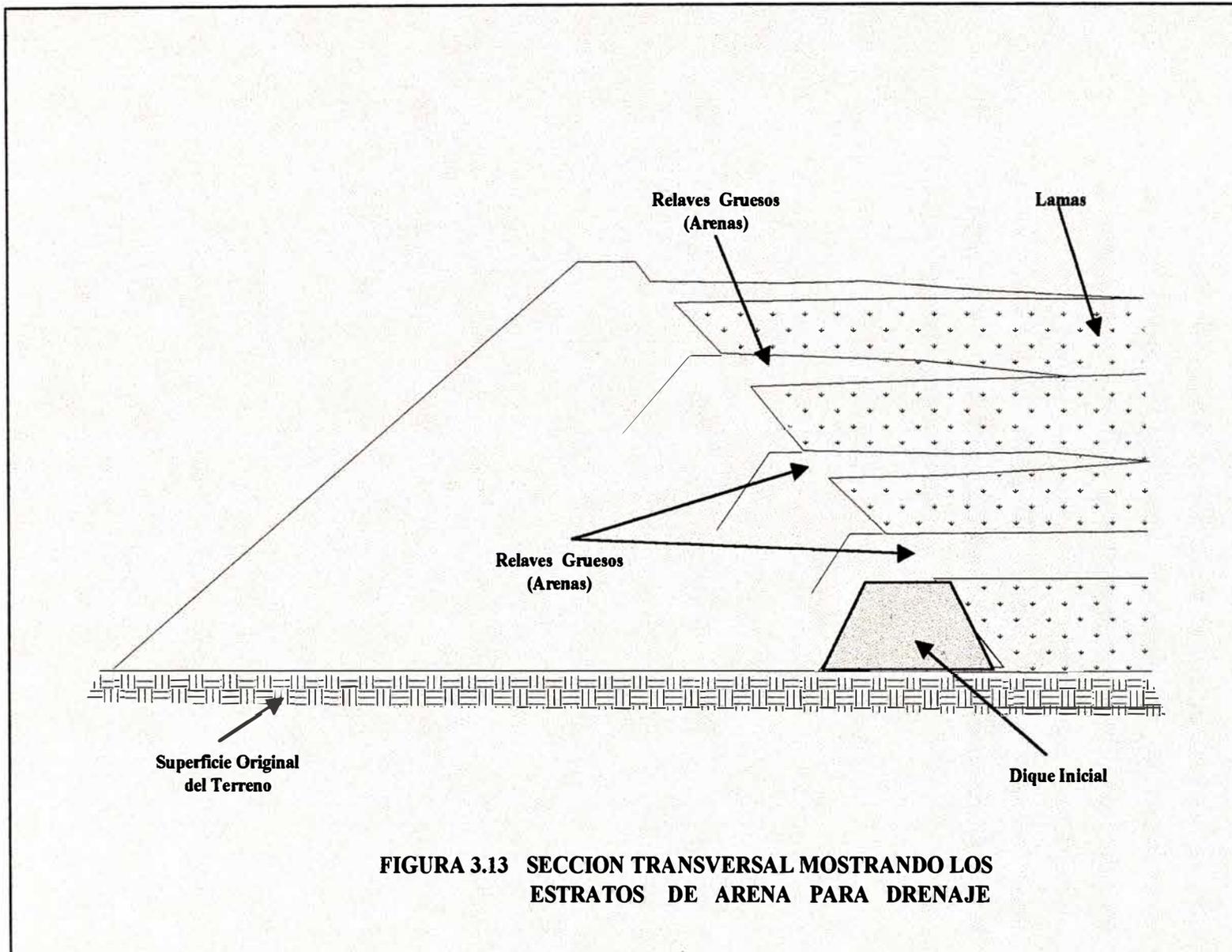


FIGURA 3.13 SECCION TRANSVERSAL MOSTRANDO LOS ESTRATOS DE ARENA PARA DRENAJE

Figura 3.14 y un probable plano de espiguilla, en la Figura 3.15.

Se puede obtener mayores densidades de los relaves más grueso en un corto plazo después de la deposición, utilizando apisonadoras vibratorias, pero para las lamas, es necesario primero lograr una considerable desecación. Desde luego, el material debajo de la corteza debe proporcionar una adecuada capacidad resistencia para el equipo de apisonamiento.

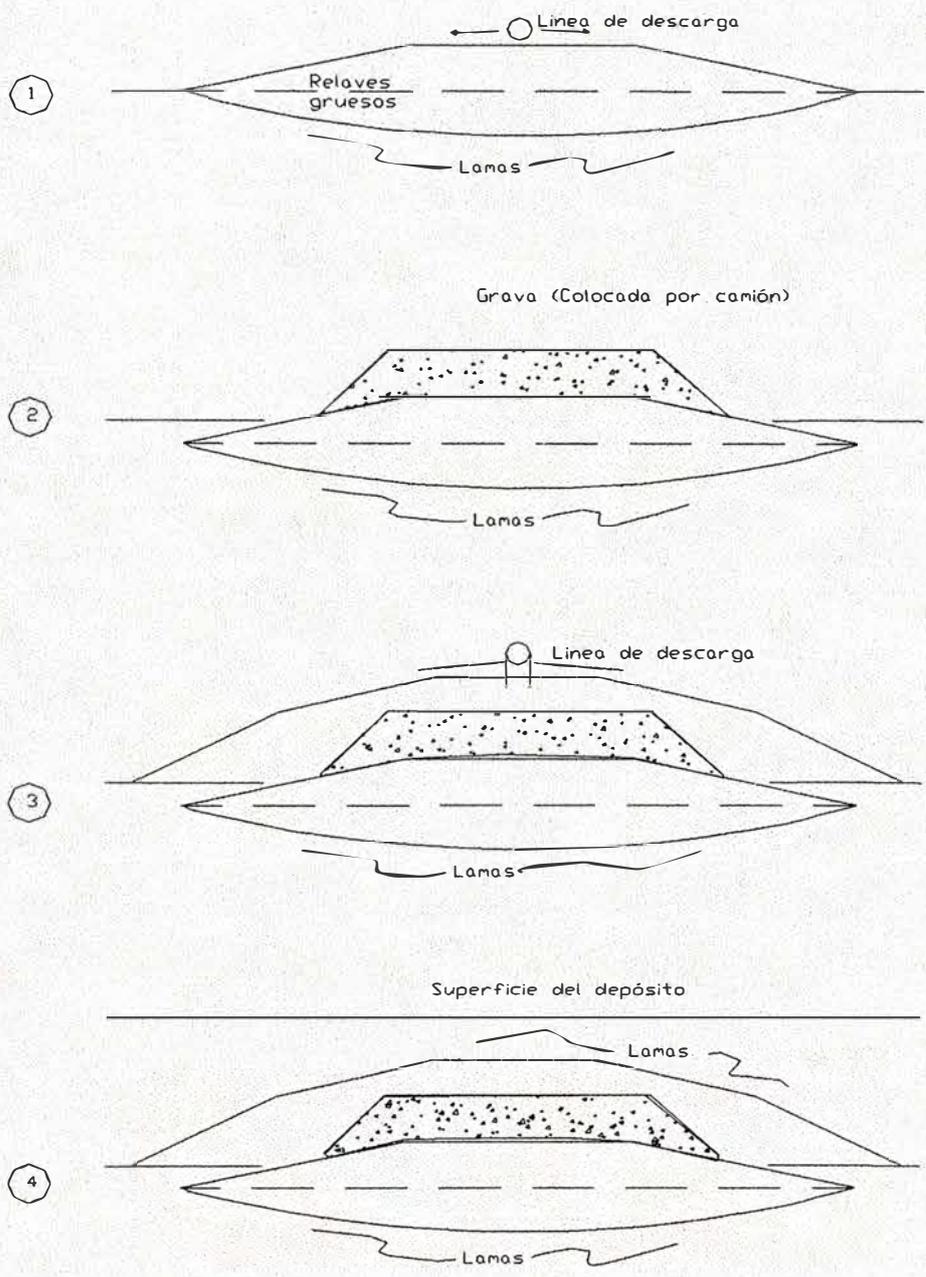
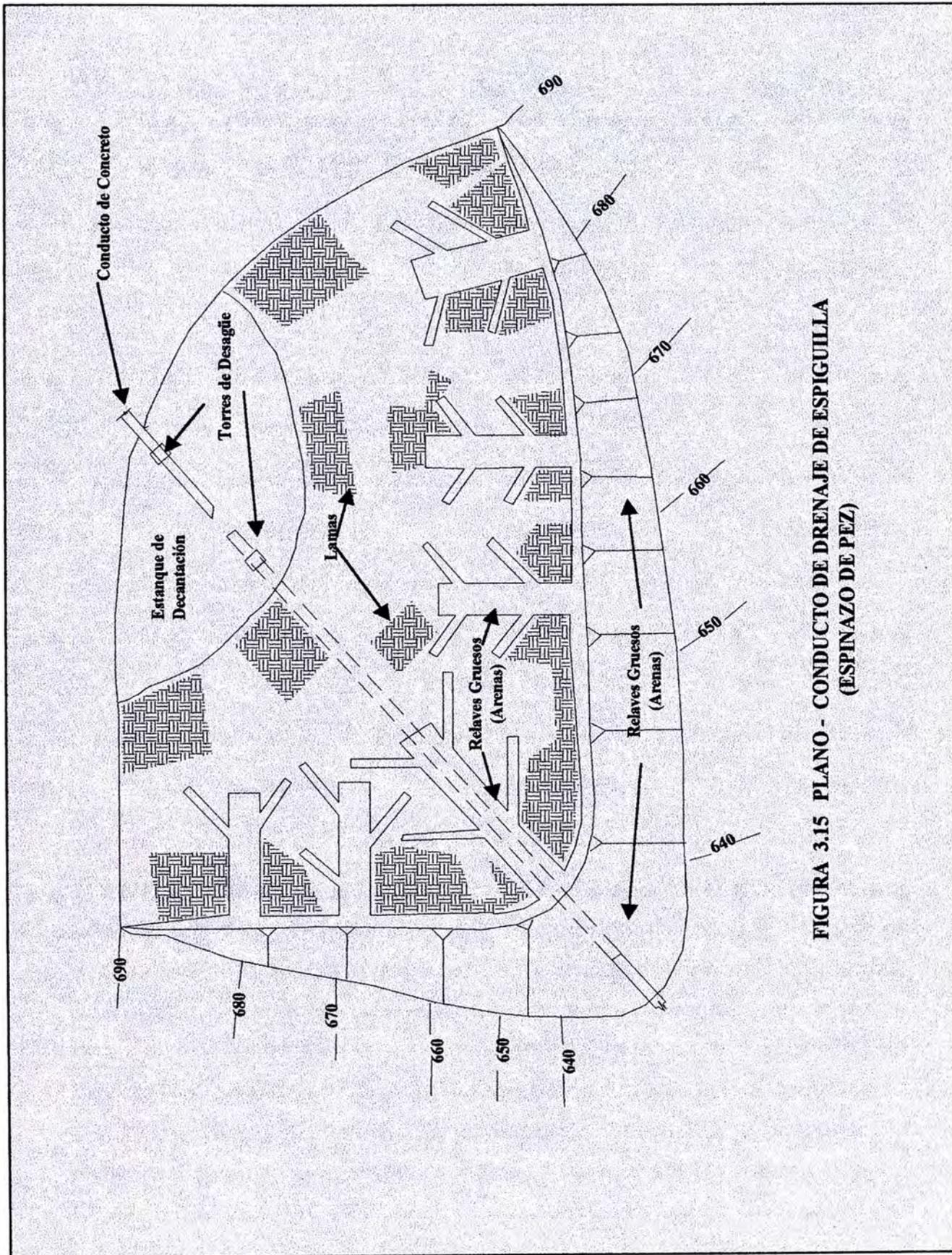


FIGURA 3.14 TRANSVERSAL DEL CONDUCTO DE DRENAJE DIVIDIDO EN ZONAS



**FIGURA 3.15 PLANO - CONDUCTO DE DRENAJE DE ESPIGUILLA
(ESPINAZO DE PEZ)**

IV. CRITERIOS SOBRE DISEÑOS, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PRESAS DE RELAVES

El acelerado desarrollo alcanzado por la tecnología minera en los últimos años ha significado un considerable crecimiento de los equipos mineros y, por consiguiente, de la cantidad de mineral procesado en las plantas. Lo anterior ha producido un extraordinario aumento en los volúmenes de relaves que deben ser convenientemente almacenados. Las presas de relaves han crecido en tamaño incrementándose a la vez la complejidad y número de los problemas de seguridad y operación que deben ser resueltos. Por otro lado, la preocupación mundial por la preservación del medio ambiente ha introducido un nuevo concepto que debe ser

considerado en el diseño de estas estructuras. En el presente trabajo se indican los principales problemas que surgen en el diseño, construcción de presa de relaves y se plantean, en forma general, las soluciones a todos ellos.

Hasta hace pocos años no se daba gran importancia a la estabilidad de las presas de relaves, olvidándose también del problema de contaminación ambiental que pudieran significar. Sin embargo, numerosos desastres provocados por la ruptura de estas estructuras y el vaciamiento de su contenido, con resultados de grandes pérdidas de vida y daños materiales, ha motivado la preocupación de emplear los métodos y técnicas más avanzados que la Ingeniería dispone en su diseño y construcción.

En el contexto se tiene los siguientes factores más importantes que se debe considerar para la construcción de una presa de relaves.

4.1 Ubicación

La eficiencia del sistema estimarse mediante la razón volumen almacenado/volumen del muro, la cual dependerá directamente de las características topográficas del lugar. Por razones económicas deberán preferirse aquellos sitios en que se pueda maximizar el valor de este parámetro. Sin embargo, deberán analizarse además, otros factores que, conjuntamente con el señalado, permitirán definir la ubicación óptima del depósito.

La necesidad de obras de desvío de las aguas superficiales y/o protección de los taludes contra la erosión dependerá de las características climáticas del lugar, del régimen de precipitaciones

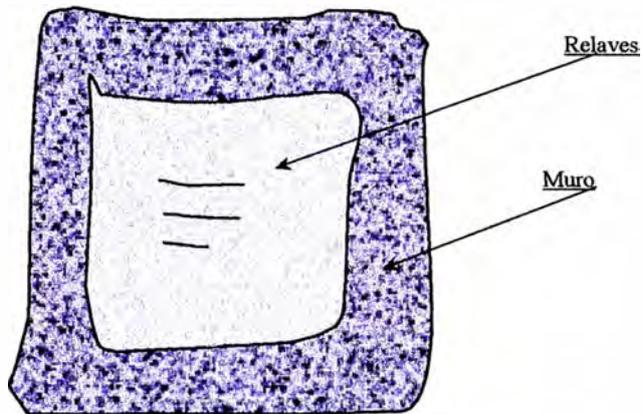
y de la ubicación del muro respecto a las pendientes naturales del terreno (Figura 4.1). La distancia a la planta y topografía del recorrido definirá el sistema de transporte de relaves hasta su punto de vaciamiento. Las propiedades de resistencia, compresibilidad y permeabilidad del suelo de fundación determinarán la necesidad de efectuar obras previas de mejoramiento del apoyo o medidas correctivas durante la operación. Si fuera necesario utilizar material de empréstito en la construcción del muro, será determinante la distancia en que este se pueda encontrar en cantidades suficientes. Finalmente, en virtud a la especial sensibilidad que las presas de relaves presentan frente a choques y vibraciones, la actividad sísmica del lugar es un factor que deberá tenerse siempre presente.

4.2 Construcción

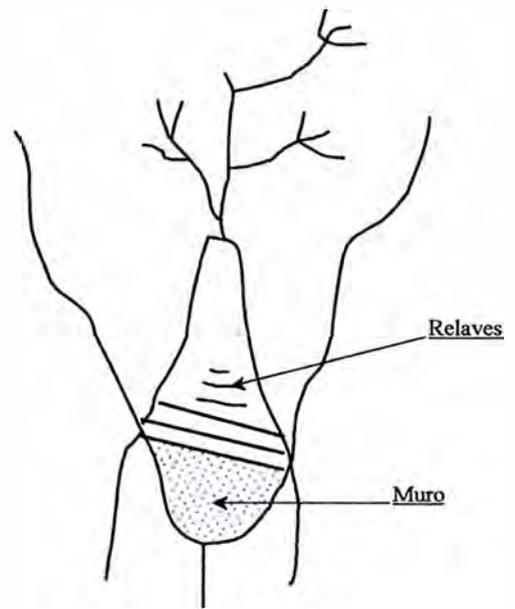
4.2.1 Métodos de Construcción

La construcción de presas de relaves se realiza por deposición hidráulica, proceso mediante el cual se hace crecer el muro a medida que se requiere capacidad de almacenamiento. Por lo tanto, la etapa constructiva coincide exactamente con su vida útil.

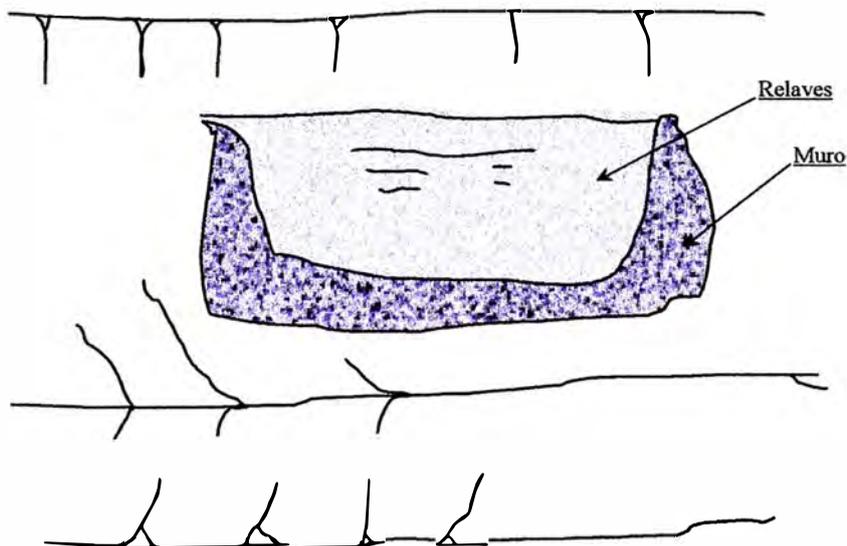
Generalmente la fracción más gruesa (arenas) de la parte sólida constituye, debidamente colocada y compacta, un excelente material de construcción; razón por la cual es utilizada en la formación del muro. Para ello, previamente debe ser separada de las partículas



**A) TERRENO PLANO
MAXIMO VOLUMEN MURO
INFLUENCIA NULA DE
PRECIPITACIONES**



**B) CERRANDO UN VALLE
MINIMO VOLUMEN MURO
MAXIMA INFLUENCIA
PRECIPITACIONES**



**C) EN LADERA VALLE
VOLUMEN MURO E INFLUENCIA
PRECIPITACIONES INTERMEDIA**

**FIGURA 4.1 FORMAS DE PRESAS E INFLUENCIA DEL AGUA
SEGÚN TOPOGRAFIA DEL TERRENO**

finas (limo y arcillas), lo que puede hacerse por centrifugación, en ciclones hidráulicos o simple segregación gravitacional. En caso que la distribución granulométrica de los revales no permita disponer de la cantidad suficiente de arena será necesario recurrir a material de empréstito (Figura 4.2).

Básicamente tres métodos de construcción de presas de relaves que se diferencia en la forma de colocación del material grueso. Ellos son:

- El método de aguas arriba (upstream),
- El método de aguas abajo (downstream), y
- El método de la línea central (centerline).

En todos ellos se comienza con un dique de material de empréstito que sirve para retener los primeros relaves y proveer, más tarde, confinamiento al muro resistente. Esta presa inicial se ubica, según el método constructivo, aguas arriba, aguas abajo o en ambas posiciones.

Existen 03 métodos construcción

A. En el método aguas arriba, el muro se eleva en etapas por la formación de pequeños diques sucesivos que apoyan su base simultáneamente en el dique precedente y en la zona de relaves finos. Así, el

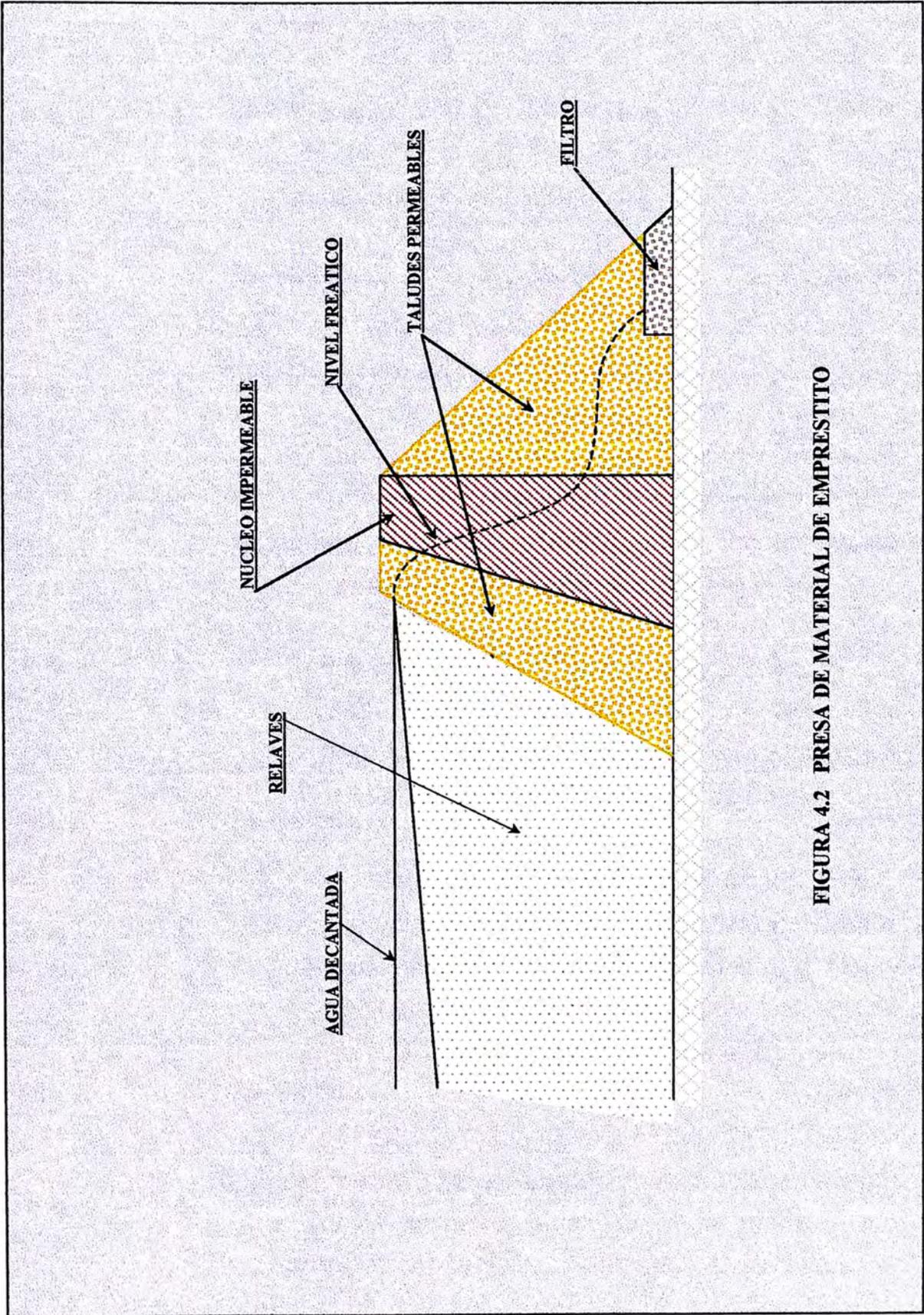


FIGURA 4.2 PRESA DE MATERIAL DE EMPRESTITO

coronamiento se desplaza constantemente hacia arriba (Figura 3.2).

- **Ventajas :**

- a) Emplean volúmenes
- b) Ofrecen un costo bajo en su construcción.

- **Desventajas :**

- a) La falta de control del agua de infiltración produce niveles freáticos altos en la cercanía del talud aguas abajo, y consecuentemente origina condiciones de estabilidad crítica.
- b) La baja densidad relativa y la alta saturación del depósito originan con frecuencia la licuefacción de los relaves, y el colapso del depósito durante la ocurrencia de un sismo.
- c) El crecimiento rápido del depósito puede provocar un incremento de la presión de poros que afectará la resistencia. Lital y Hardy mencionan que rangos de crecimiento de 54 m/año pueden originar la falla de la presa.

B) En el método aguas abajo, el eje del coronamiento se desvía siempre hacia fuera a medida que progresa la construcción de la presa. Cada etapa del

relleno es sostenida por el talud aguas debajo de la etapa anterior (figura 3.3).

- **Ventajas:**

- a) Buena resistencia ante eventos sísmicos, considerando que tiene control del flujo de agua subterránea y ha construida mediante capas compactas.
- b) Puede almacenar volúmenes importantes de agua, directamente sobre la cara aguas arriba de la presa.

- **Desventajas:**

- a) Requiere de un gran volumen de relaves grueso para formar el cuerpo de la presa, que aproximadamente equivale a 3 veces el volumen del método aguas arriba, lo cual se refleja en su costo.

C) El método de la línea central, consiste en levantar el muro depositando el material, simultáneamente, sobre los taludes aguas arriba y aguas abajo del dique precedente. De este modo, el coronamiento se mantiene siempre sobre la misma vertical (Figura 3.4).

- **Ventajas :**

- a) La disposición de drenes en el cuerpo de la presa permite controlar el nivel freático, dado lo cual la ubicación del pondaje en el depósito no afectará la estabilidad de la presa.
- b) Considerando que el cuerpo principal de la presa puede ser compactado y que disponen de drenes para el control del flujo de agua; este tipo de presa ofrece buena estabilidad ante eventos sísmicos.

- **Desventajas:**

- a) No puede ser empleado como depósito permanente de grandes alturas de agua.
- b) El volumen de relleno que requiere la presa es aproximadamente el doble del método aguas arriba, el cual se refleja en el costo.
- c) Durante eventos sísmicos puede ocurrir licuefacción en la zona de la playa de relaves que puede comprometer sectores del talud aguas arriba del relleno colocado sobre la playa; sin embargo la presa no colapsará si la presa es construida con un adecuado sistema de drenaje y si el agua del pondaje no está acumulada sobre el talud aguas arriba.

Comparando los diferentes métodos constructivos, en forma general, podría decirse que el método de aguas arriba es el que necesita una menor cantidad de material pero, a la vez, ofrece la seguridad más baja desde el punto de vista de estabilidad.

Una situación completamente opuesta se presenta con el método de aguas abajo, que dando el método de la línea central en una condición intermedia. Al diseñar una presa de relaves, ambos factores deben tenerse presente de tal modo de obtener un equilibrio óptimo entre seguridad y economía. Un hecho que debería tomarse en cuenta, sobre todo en un país sísmico como el nuestro, es el que en casi todo el mundo el método aguas arriba ya no se utiliza.

Una forma de aumentar la seguridad de las estructuras construidas mediante los métodos descritos consiste en compactar el material depositado sobre el muro y/o redistribuirlo para suavizar la pendiente de los taludes.

4.2.2. Evacuación de Aguas

El relave fino, descargado hidráulicamente tras el muro, permanece en suspensión durante cierto tiempo. Por efecto de su propio peso, las partículas sólidas decantan, dejando un espejo de agua clara en la superficie. Esta agua debe extraerse para ser rehusada y controlar su nivel en el depósito, de tal modo de no elevar innecesariamente el coronamiento del muro.

El método más eficiente de evacuación de las aguas superficiales consiste en el uso de torres de decantación dentro del depósito, comunicadas con un sistema de tuberías de desagüe bajo la presa. Para el mismo propósito pueden utilizarse, también, bombas flotantes, sifones sobre el coronamiento o algún tipo de vertedero (figura 4.3).

No debe permitirse que el agua superficial proveniente de precipitaciones, ingrese al depósito pues ello obligaría a aumentar exageradamente las obras de evacuación y la altura del muro. Esta situación es crítica cuando la presa de relave se dispone cerrando un valle (cross-Valley) (fig 4.1 B). Este problema debe ser evitado mediante la construcción de obras de desviación de las corrientes naturales, generalmente consistentes en canales, túneles o tuberías que las captan aguas arriba de la presa.

Para evitar la erosión de los taludes, producida por el agua de precipitaciones, éstos deberán protegerse, especialmente en zonas lluviosas, cubriéndolos con material no erosionable o disminuyendo la pendiente para limitar la velocidad.

4.2.3. Mantenimiento

Durante la operación debe desarrollarse un plan de mantenimiento para comprobar las hipótesis de diseño o

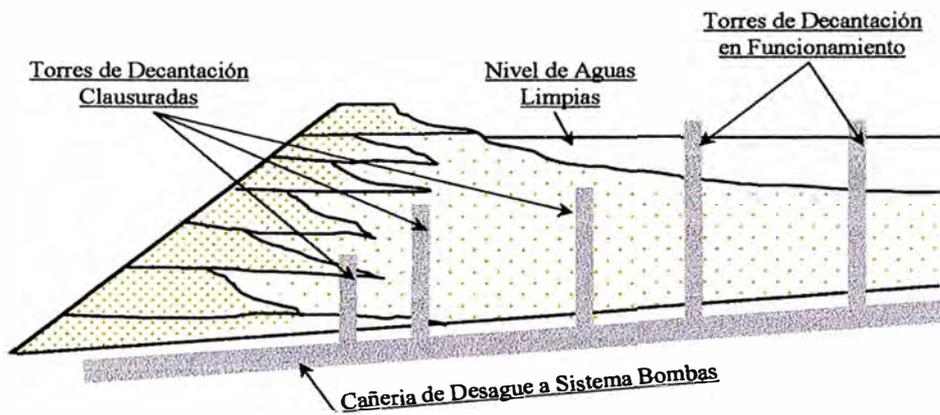
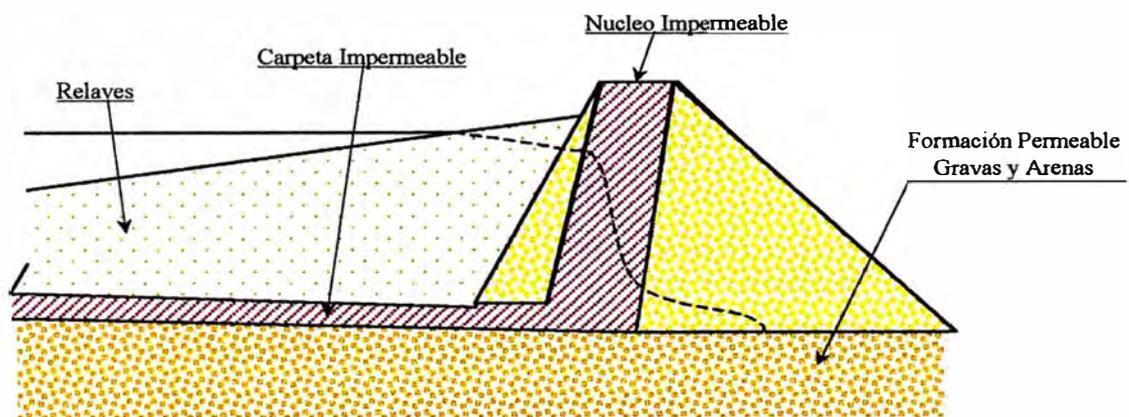
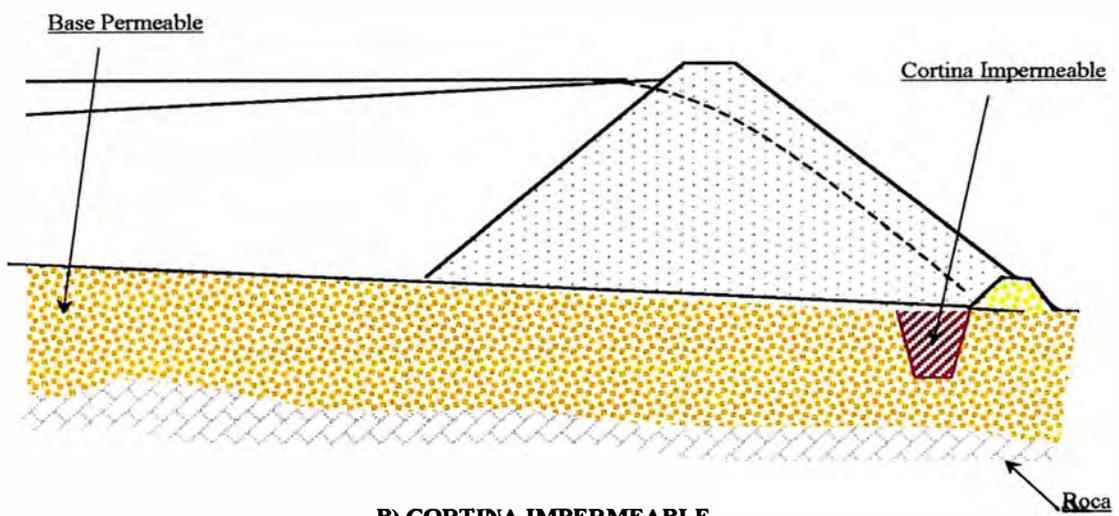


FIGURA 4.3 TORRES DE DECANTACION



A) CARPETA Y NUCLEO IMPERMEABLE



B) CORTINA IMPERMEABLE

FIGURA 4.4 METODOS PARA DISMINUIR EL FLUJO

en caso contrario, introducir las medidas correctivas que fueran necesarias.

Entre las variables cuyo comportamiento es preciso controlar, debe prestarse especial atención a la granulometría y calidad de los materiales, a la colocación compactación de los rellenos, a la deformación o fallas en las fundaciones y el muro, a la producción de relaves y al nivel de éstos dentro del depósito y al funcionamiento de los sistemas de decantación y drenaje. Respecto a este último punto debería señalarse que el nivel de la superficie libre de escurrimiento a través del cuerpo de la presa es el parámetro más significativo.

4.2.4. Equipo e Instrumentación

Un correcto mantenimiento debe necesariamente considerarse un adecuado instrumentación que permita medir periódicamente el parámetro de control previamente seleccionados.

Piezómetros instalados en varios puntos de la estructura servirán para conocer la presión de poros y la posición de la superficie libre de escurrimiento dentro del muro. Las presiones internas y sus variaciones a lo largo del tiempo, pueden ser medidas con celdas de carga ubicadas en las zonas críticas de la presa. Los desplazamientos relativos y la velocidad con que se producen deben ser registrados mediante inclinómetros o

la nivelación periódica de puntos predefinido. El gasto del agua que escurre a través del muro y fundación podrá controlarse por medición directa del volumen que emerge aguas abajo. Variaciones en este parámetro podrían indicar anomalías en el funcionamiento de los drenes o aparición de grietas en la estructura o su fundación.

4.2.5. Estudios Previos

Las etapas de diseño y construcción deben ser precedidas por una labor de recolección y medición de la información necesaria para decidir la ubicación, método constructivo y sistema de operación del futuro de la presa. Los antecedentes previamente reunidos, deberían ser los siguientes: las características climáticas e hidrológicas de la zona, para conocer el régimen de precipitaciones y el sistema de drenaje natural; las características geotécnicas del lugar, que permitan determinar las propiedades mecánicas del suelo de apoyo, la localización del nivel freático y la profundidad de la roca; la actividad sísmica de la región, que constituye un factor determinante de la estabilidad de la presa; las propiedades físicas y químicas de la roca procesada y fracción sólida de los relaves, que definirán la calidad del material compactado; la topografía del lugar; la ubicación de posibles empréstitos; la facilidad de acceso a la zona, etc.

La información anterior deberá ser obtenida del estudio de fotografías aéreas y mapas topográficos de la región,

de los registros de estaciones meteorológicas y sismográficas cercanas, de levantamientos topográficos especialmente ejecutados para la obra, del análisis físico y químico del material sólido de los relaves y de los resultados de un plan de exploraciones geotécnicas, que incluyan ensayos en terreno y laboratorio, de los estratos de suelo subyacentes a la estructura. Este último punto deberá considerar la determinación de la permeabilidad del terreno, propiedades resistentes, de los diferentes estratos (ángulos de fricción interna, cohesión) y características de compresibilidad del suelo de fundación. Las técnicas de la mecánica de suelos y rocas constituyen una herramienta indispensable para poder predecir el comportamiento futuro del sistema de la presa fundación.

4.3 Diseño

4.3.1 Generalidades

La rotura de una presa de relaves y el vaciamiento de su contenido puede resultar en pérdidas cuantiosas de vida y daños materiales y ecológicos, como ha quedado demostrado cada vez que ocurre una catástrofe de este tipo. Los variados problemas que pueden afectar la estabilidad de la estructura durante su vida útil pueden ser previstos y evitados con un adecuado diseño.

Los principales pasos que deben considerarse en la etapa de diseño son los siguientes:

Determinación del volumen de almacenamiento necesario en función del tiempo y del total requerido, de acuerdo a los planes de producción de la mina.

Elección del lugar de emplazamiento, dentro de varias alternativas, en consideración a las características topográficas del lugar y a la disponibilidad de material de construcción.

Definición del método constructivo más conveniente a partir del estudio económico de diferentes soluciones.

Elección de una sección transversal típica sobre la base del material disponible.

Estudio de estabilidad de la sección para determinar el factor de seguridad en la situación más crítica. Ello debe incluir un análisis de la resistencia al corte del material del muro y fundación, las presiones de poros esperadas y las características sísmicas de la zona. Si la comprobación demuestra que la sección no es segura debería repetirse el proceso para otras configuraciones hasta obtener resultados satisfactorios.

4.3.2 Control de Filtraciones

Por razones de seguridad, economía de agua y contaminación ambiental debe reducirse al mínimo la filtración a través del muro y fundación. Esto puede lograrse aumentando la longitud de las trayectorias de filtración o reduciendo la permeabilidad del medio. Las soluciones pueden tomar forma de cortinas o carpetas de material impermeable (hormigón, asfalto) o núcleos de suelo de baja permeabilidad (arcillas) formando parte del muro o fundación. (Figura 4.4). Como alternativa se puede utilizar un sistema de recuperación del agua que emerge agua abajo para retornarla al depósito o enviarla a plantas de tratamiento para posteriormente ser rehusada.

Por otra parte, si la superficie del escurrimiento se mantiene alta puede producirse la saturación del talud de aguas abajo con la consiguiente disminución de la resistencia de este elemento. Además, la emergencia de agua sobre la pendiente exterior provocará el arrastre del material del talud por erosión, produciendo el deterioro progresivo del muro y finalmente el colapso de toda la estructura. (Figura 4.5). Los efectos anteriores se evitan con la construcción de drenes verticales, horizontales o tuberías de drenaje, que produzcan el descenso del nivel freático, en combinación con un sistema de filtros que eviten la pérdida de material fino.

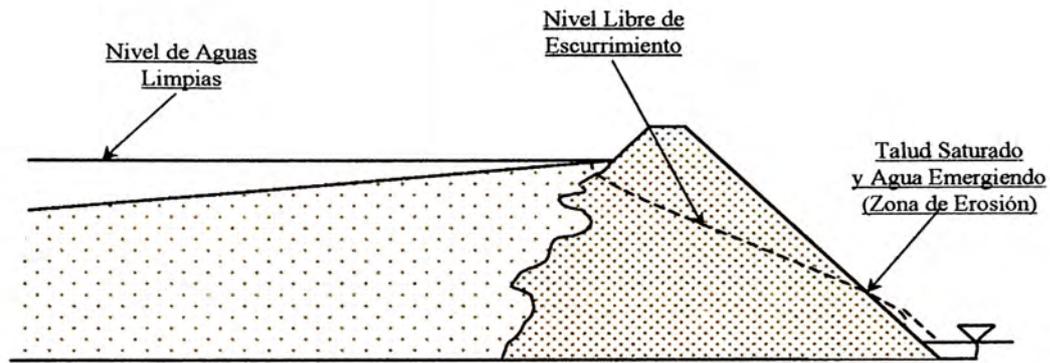
Para comparar varias soluciones de disposición de los diferentes elementos debe resolverse el problema de escurrimiento a través de un medio permeable, determinando presiones y gastos. Para ello, cualquier método tradicional puede servir. Entre los más utilizados se cuentan los métodos gráficos (redes de flujo), los métodos numéricos (diferencias finitas, elementos finitos) y los modelos analógicos o físicos.

4.3.3 Control de Aguas Superficiales

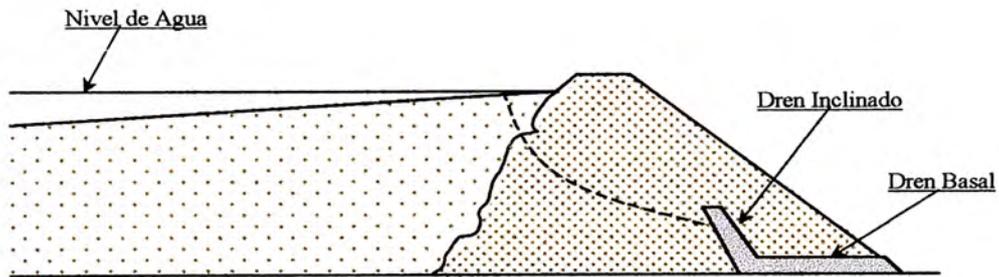
La mayor influencia del agua de escurrimientos superficiales ocurre cuando la presa se ubica interceptando un valle. Los problemas que se producen si se permite el ingreso de este flujo al área del depósito son: rebalse del muro, erosión superficial, disminución de la capacidad de decantación y pérdida de estabilidad por aumento de presión de poros. Para evitar estos efectos deben usarse sistemas de canales, tuberías, o túneles para desviar lateralmente las aguas del cauce. Una solución alternativa de emergencia, consiste en construir vertederos sobre el coronamiento.

4.3.4 Depósito

El área del depósito de relaves deberá ser tal que permita un tiempo suficiente de retención para obtener la decantación de todas las partículas sólidas antes del punto de descarga del agua limpia. Este dependerá,

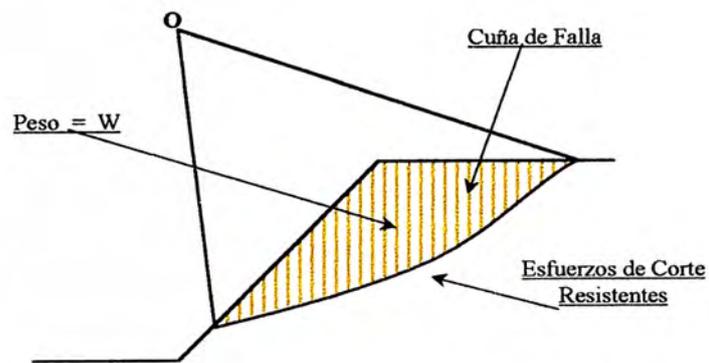


A) SITUACION NO DESEABLE

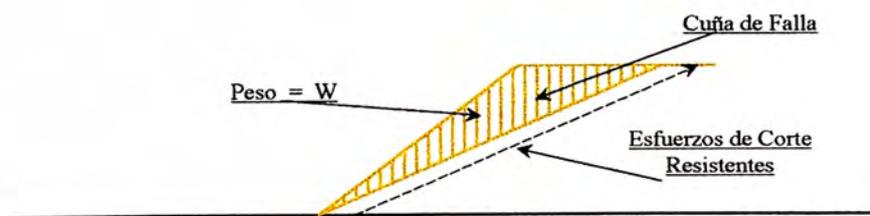


B) SOLUCION

FIGURA 4.5 DESCENSO DE LA SUPERFICIE DE ESGUERRIMIENTO



A) SUPERFICIE DE FALLA CIRCULAR



B) SUPERFICIE DE FALLA PLANA

FIGURA 4.6 POSIBLES FORMAS DE FALLA DE UN TALUD

principalmente, del tamaño y peso de las partículas, pH del agua, acción de las olas, profundidad del espejo de agua y distancia hasta el punto de recolección. El principal problema lo representan las partículas de diámetro inferior a 2μ que puede no decantar. En este caso debería recurrirse al empleo de elementos floculadores.

4.3.5 Estabilidad

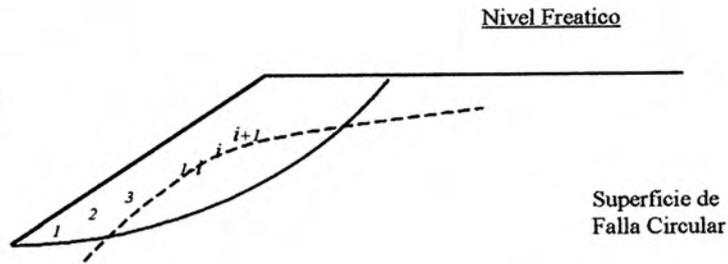
La zona crítica de una presa de relaves la constituye el talud de aguas abajo. El deslizamiento parcial o total de éste puede representar el colapso de toda la estructura. Sin embargo, es necesario verificar también el talud de aguas arriba, especialmente ante una eventual posibilidad de vaciado rápido si la profundidad del agua en el depósito es importante.

Actualmente se dispone de varios métodos para el análisis de estabilidad de taludes que pueden ser aplicados para el caso de presas de relaves. Todos ellos suponen que la falla del talud se producirá por el deslizamiento de una masa de suelo a lo largo de una superficie que generalmente se asume circular o plana. (Figura 4.6). El factor de seguridad de esta cuña se define como la razón entre la resistencia al corte, a lo largo de la posible superficie de deslizamiento, y la tensión de corte actuando sobre la misma (Figura 4.6). Los métodos más conocidos y aplicados son los propuestos por Fellenius, Bishop o Morgenstern (figura

Propiedades del Material

ϕ = Angulo de Fricción Interna

c = Cohesión



A) DIVISION DE LA CUÑA EN "n" REBANADAS VERTICALES

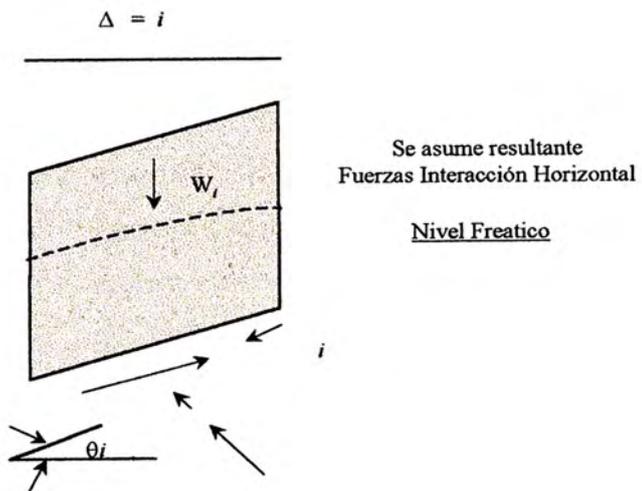
N_i = Fuerza Normal en la Base Rebanada i

T_i = Esfuerzo de Corte Máximo

F = Factor de Seguridad de la Cuña

V_i = Presión Neutra en la Base

W_i = Peso de la Rebanada " i "



B) EQUILIBRIO DE LA REBANADA DE "i"

$$F = \frac{\sum [i \cdot x_i + (W_i - V_i \cdot x_i) \text{Tg } \phi]}{\sum W_i \text{ sen } \theta_i} \left[\frac{1}{M_i(\phi)} \right]$$

$$M_i(\phi) = \text{Cos } \theta_i \left[1 + \frac{\text{Tg } \phi \cdot \text{Tg } \theta_i}{1} \right]$$

C) FACTOR DE SEGURIDAD DE LA CUÑA

FIGURA 4.7 ESQUEMA DE CALCULO DE ESTABILIDAD POR EL METODO DE BISCHOP

4.7). El análisis de elementos finitos combinado con una hipótesis de equilibrio límite se ha usado últimamente con gran ventaja sobre los anteriores.

Un estado crítico que es necesario analizar es el producido por efecto de aceleraciones telúricas. Deben considerarse en el diseño sobre todo en zonas de gran actividad sísmica, la acción de fuerzas de inercia sobre la estructura, producto de un posible terremoto. Los métodos de análisis dinámicos más usados hasta la fecha, han sido los pseudoestáticos.

En el último tiempo se han desarrollado otras técnicas que definen la estabilidad en función de las deformaciones que tienen lugar durante el sismo y se basan en la aplicación de resultados de ensayos triaxiales cíclicos en combinación con registros de terremotos reales o artificiales. El método de elementos finitos, a través de la utilización de computación, puede usarse ventajosamente en conjunto con los anteriores para encontrar la respuesta dinámica de una presa.

El material de relaves por su distribución granulométrica, elevado índice de huecos y alto grado de saturación presenta características típicas de susceptibilidad de licuefacción. Es decir, bajo el efecto de choques o cargas cíclicas puede perder totalmente su resistencia al corte y comportarse como un líquido viscoso de alta densidad.

La falla por licuefacción del material del muro debe ser evitada mediante la adopción de algunas medidas preventivas. Entre las más efectivas pueden señalarse las siguientes:

Compactación de las arenas depositadas sobre el muro. Se estima una adecuada densidad relativa de 60%, para evitar el peligro de licuefacción.

Depresión de la superficie libre del agua que escurre a través del cuerpo del muro, para evitar la saturación del talud de aguas abajo. Esto se consigue mediante un adecuado sistema de drenaje.

Considerar en el diseño del muro la certeza de que gran parte de los relaves contenidos en el depósito, adyacentes al muro, se licuarán en las primeras etapas de un terremoto. Esto producirá un aumento del empuje lateral estático y pérdida de resistencia de la zona licuada.

4.3.6 Asentamientos

Las tensiones inducidas en el suelo de fundación por el peso de la presa provocarán deformaciones verticales que pueden propagarse hacia arriba produciendo grietas, fisuras, o distorsión del muro efectos que a su vez pueden traducirse en problemas de estabilidad

(Figura 4.8). La estimación de la magnitud y la velocidad de las deformaciones pueden obtenerse de la interpretación de ensayos de compresión unidimensional y la aplicación de la teoría de consolidación.

Si fuera necesario, deberán introducirse medidas correctivas tales como reemplazo total o parcial de los estratos deformables o precarga, para producir las deformaciones antes de la construcción de la presa. En todo caso, deberán mantenerse siempre un control de las deformaciones a lo largo de la vida de la estructura pues ellas representan un buen índice de su estabilidad.

4.4 Diseño Contra Deslizamientos

En presas de relaves, el deslizamiento del tipo rotacional es el mecanismo que ocasiona la mayor parte de las fallas de los taludes.

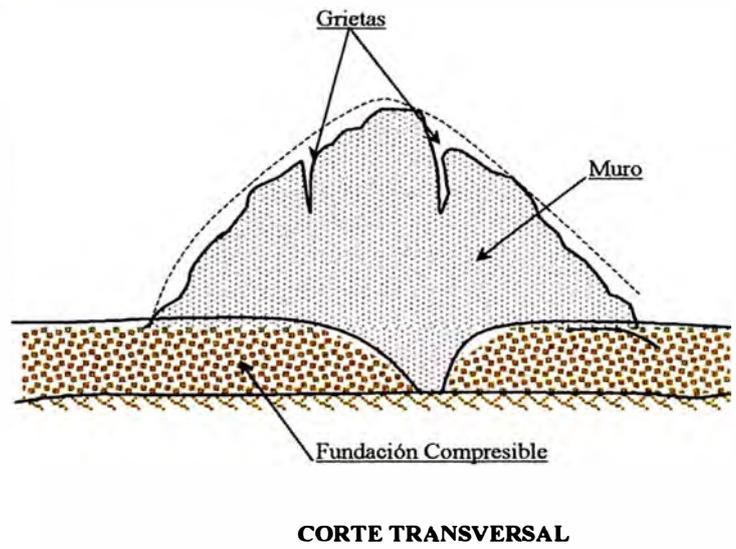
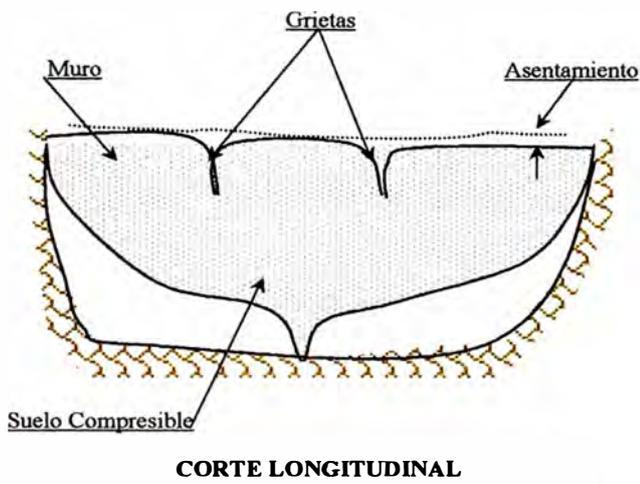
Los análisis de estabilidad será efectuados para las siguientes condiciones:

Al final de la construcción

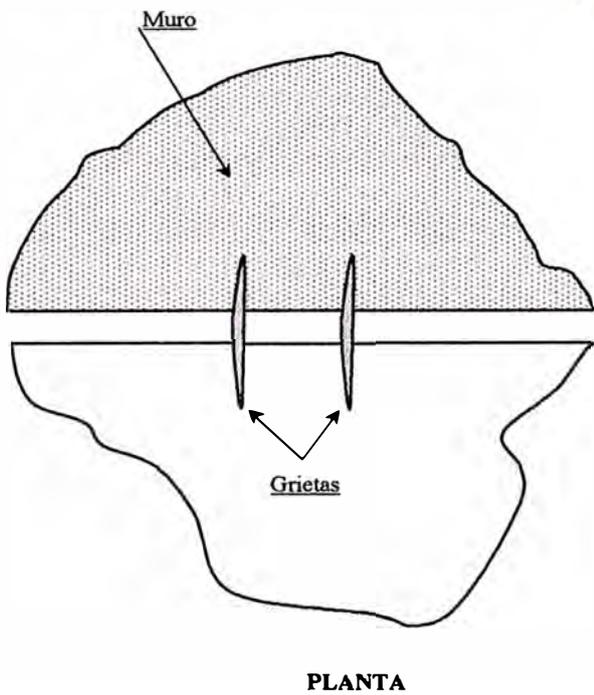
Construcción por etapas

A largo plazo

Bajo excitación sísmica



B) GRIETAS LONGITUDINALES



A) GRIETAS TRANSVERSALES

FIGURA 4.8 GRIETAS TÍPICAS POR EFECTO DE ASENTAMIENTO DEL SUELO DE FUNDACION

El análisis al final de la construcción es efectuada para la presa de arranque. Se considera que las sucesivas capas de construcción durante el levantamiento del relleno han originado el incremento gradual de la presión de poros. La resistencia es obtenida mediante ensayos triaxiales rápidos (no consolidados y no drenados).

El análisis de la construcción por etapas de efectúa para presas de relaves cimentadas sobre suelos blandos.

El análisis de la construcción a largo plazo se efectúa asumiendo que se ha establecido el flujo de agua en la masa del depósito y de la presa. La resistencia será calculada mediante ensayos triaxiales drenados.

En el análisis bajo excitación sísmica se tendrán en cuenta los siguientes conceptos:

Durante la ocurrencia de un sismo se originan variaciones en la presión de poros y resistencia de los relaves.

En el método pseudo estático la acción del sismo es representada por una fuerza actuando en dirección horizontal, con una intensidad equivalente al producto de la aceleración equivalente por unidad de peso del relave.

Kramer (1996) considera que da la respuesta elástica de los taludes, la aceleración seuda estática en la práctica debería ser mucho menor que la máxima aceleración. Marcuson (1981) sugiere el empleo de coeficientes sísmicos entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{2}$ de la aceleración máxima para el diseño.

La experiencia que existe sobre el comportamiento de la presa ante eventos sísmicos, recomienda emplear en el análisis seudo estático un coeficiente sísmico de hasta 0.20g. Para valores mayores, el análisis de estabilidad sísmica se recomienda evaluarla mediante el concepto de acumulaciones de deformaciones permanentes en el relleno de la presa; para lo cual se aplicará por ejemplo los métodos de análisis de Newmark y de Seed y Martín.

4.5 Diseño Contra Desbordamiento

El deficiente control del flujo de agua superficial puede originar el desbordamiento de la corona de la presa y consecuentemente su colapso.

La altura de la presa debe considerar un borde libre mínimo, para contener la descarga del flujo de relaves así como el agua de precipitación pluvial que cae en el depósito y en las superficies adyacentes consideradas tributarias. El balance hídrico determinará el volumen de agua resultante que se acumulará en el depósito; lo cual permitirá determinar las estructuras hidráulicas para captar y evacuar los volúmenes de agua fuera del depósito de relaves.

4.6 Diseño Contra Flujo Incontrolado

El flujo no controlado puede causar tres problemas básicos:

Erosión interna o tubificación

Inestabilidad del talud aguas abajo

Grandes pérdidas de flujo.

Para controlar dichos problemas se emplean las siguientes medidas:

a) Filtros

b) Reducción del flujo mediante

Trincheras impermeables

Pantallas de inyecciones

Blanket impermeable aguas arriba

c) Drenaje

Drenes internos

Drenes faja

Drenes de pie

Pozos de alivio

4.7 Evaluación De La Susceptibilidad De Licuefacción

La licuefacción es un fenómeno que se origina por la generación de altas presiones de poro bajo condiciones de carga no drenada, durante la ocurrencia de un sismo. Los esfuerzos cíclicos hacen disminuir la resistencia del suelo, hasta el punto de producir una falla de flujo.

Existen algunas reglas para definir preliminarmente si un suelo tiene posibilidad de licuefactar:

Ishihara (1985), menciona que las arenas limpias y los suelos conteniendo más de 40% de finos (<0.074 mm.) y limos no plásticos son potencialmente licuefactables.

Seed e Idriss (1982), indican que las arcillas generalmente no tienen problemas, a menos que el contenido de agua natural sea mayor que 0.9 veces el límite líquido; y que el límite líquido sea menor de 35%

Sin embargo, aún cuando un suelo reúna todos los criterios precedentes, puede o no ser susceptibles a la licuefacción

La susceptibilidad de un suelo depende fuertemente de la densidad y de las condiciones de esfuerzos iniciales en suelos saturados; cuando el nivel del agua subterránea está a pocos metros de la superficie.

La evaluación de la resistencia del suelo mediante correlaciones empíricas obtenidas con los ensayos SPT y CPT permite definir un

método confiable para determinar la susceptibilidad de licuefacción de un suelo.

El método se fundamenta en los criterios e investigaciones de los siguientes autores:

Seed (1987) indica que la resistencia residual no drenada puede ser usada en un análisis de estabilidad no drenada post-sísmica, para verificar si puede ocurrir licuefacción.

Seed (1987) y Poulos (1988), sugirieron el uso de la resistencia residual no drenada, en el análisis estático de estabilidad de taludes.

Seed y Harder (1990) han desarrollado correlaciones entre el valor $(N1)_{60}$ obtenido del ensayo SPT y la resistencia residual del campo a partir de “back-análisis” efectuados con casos históricos de licuefacción (deslizamientos de flujos).

4.8 Usos de Geomembranas

Las geomembranas son usualmente fabricadas como laminas continuas de polímeros sintéticos y se caracterizan por una muy baja permeabilidad (hasta 10^{-13} cm/s), económica, eficiente y gran flexibilidad, con tiempos de vida útil superior a los 20 años. La función de estos materiales es siempre servir de barrera a líquidos o vapores. Los espesores varían comúnmente entre 1 y 5 mm. Las densidades son en muchos casos ligeramente menores a 1 gr/cc. El comportamiento de las geomembranas a la tensión produce típicamente grandes deformaciones (hasta del 100%), antes de

que la falla realmente ocurra; el punto de fluencia, sin embargo, se produce a relativamente bajas deformaciones. El máximo esfuerzo antes de la fluencia está alrededor de los 20 Mpa para geomembranas del tipo HDPE (polietileno de alta densidad) en ensayos a la tensión. El comportamiento de las geomembranas en tensión también puede ser ensayado aplicando esfuerzos fuera de su plano, lo cual simula la deformación localizada debajo de una geomembrana, caso que puede ocurrir si existe subsidencia del material sobre el que se apoya la geomembrana.

Los polímeros más usados como geomembranas son:

Termoplásticos

- **Cloruro de Polivino (PVC)**

Geomembrana PVC Envirotex 0.5 mm. Es un laminado flexible cuya enlongación de 200% le permite adaptarse con facilidad a las formas del terreno sin sufrir daños por cambios de este. Tienen un buen comportamiento frente a hongos, álcalis, bacteria y una gran variedad de compuestos químicos (a diferentes concentraciones). Su densidad superficial esta en función a su espesor. Esta resina (PVC) permite realizar dos tipos de unión de los rollos:

- **En Planta:** Sellado por Alta Frecuencia sobre un traslape de 1 pulgada (2.54 cm.) Originando de esta manera un calor interno y por consecuencia la fusión de polímeros constituyentes de dicha resina. Dicho sistema permite la confección de piezas de gran tamaño.

□ **En Obra:** Sellado Químico en Frío que consiste en la aplicación de un solvente THF (Tetrahidrofurano) sobre las caras en contacto (traslape de 0.20 m.). Mediante este sistema se unen las piezas confeccionadas de gran tamaño.

- **Aleac. Interpolimero Etileno (EIA)**
- **Poliamida o nylon (PA)**

Termoplásticos Cristalinos

- **Polietileno de Baja Densidad (LLDPE)**

Son Geomembrana de Baja Densidad proveen una excelente solución a proyectos de obtención de difícil diseño y que requieren el uso de una geomembrana con significativa flexibilidad y además de durabilidad y resistencia a las tensiones. Estas Geomembranas tiene la capacidad de estirarse cuando están sometidas a esfuerzos de tensiones conservando así la integridad de la geomembrana. Estas Geomembranas no se deforman aun bajo la influencia del peso de sedimentos o basura. Ellas logran conservar sus formas sin romperse, sin agrietarse o ser agujereadas por objetos cortantes. Combinando sus resistencias a bajas temperaturas y radiaciones solares, el uso de estas geomembranas es la solución ideal para muchas aplicaciones, construcción y clausura de rellenos sanitarios, lagunas, canales, aplicaciones en la minería y otros. Estas Geomembranas son fabricadas en espesores de 0.5 a 2.0 mm (20-80Mil).

- **Polietileno de Alta Densidad (HDPE)**

Geomembrana HDPE 1.00 mm. Geosintético fabricado mediante resina “virgen” de polietileno de Alta Densidad (HDPE), mantiene una característica única de rigidez debido al porcentaje de aditivos protectores a los rayos UV, pigmento, etc. Este laminado es inerte a cualquier solución por lo cual solo se puede unir mediante dos formas:

- Mediante equipo de Fusión: (HOT WEDGE WELDING), el cual consta de un equipo móvil con presión y temperatura controladas. Se le utiliza para sellar los rollos en áreas planas.
- Mediante equipo de Extrusión: (EXTRUSSION WELD), el cual se extruye on “rod” de polietileno de 5 mm. Es utilizado para los detalles y todo lugar donde se pueda movilizarse el equipo de fusión.

- **Polipropileno (PP)**

- **Polioléfina Elastizada (ELPO)**

- **Poliéster Terftalato (PET)**

Elastómeros Termoplásticos

- **Polietileno Clorado (CPE)**

- **Polietileno Clorosulfonado (CSPE)**
- **Monómero Dieno Propileno Etileno (EPDM)**
- **Policloropeno o neopreno (CR)**

**PROPIEDADES DE LAS GEOMEMBRANAS MAS USADAS
(En Orden de Calidades Técnicas)**

PROPIEDAD	PP	PVC	HDPE	CSPE	VLPE
Densidad	0.90-0.91	1.20-1.25	0.94-0.96	1.17-1.50	0.92-0.94
Res. A Tensión (lb/pulg2)	4,000-32,000	3,500-10,000	2,400-4,800	1,000-1,200	1,300-2,500
Elongación Fluencia	N. C.	N.C.	13	N.C.	120
Elongación Rotura (%)	400	350	700	125	1,000
Temp. De Oper. (°F)	-60 a 220	-60 a 200	-70 a 240	-45 a 250	-70 a 180
Resistencia a Acidos	B - E	B - E	B	B	P - B
Resistencia a Bases	B - E	B - E	B - E	B - E	B - E
Res. A Solv. Oxigenados		B	P - B	B	P - B
Res. A Solventes Aromat. Y Halogenados	B	B	R	B	R
Res. A Solv. Alifáticos	B	B	R - B	B	P - R
Permeabilidad al Vapor de Agua (mils)	0.25-1	3-18	1.80-2.20	2.00	3 - 14
Resistencia al Imtemperismo	P	B	P	E	P
Tiempo de Agrietamiento (hr)	100	S.G.	300	S.G.	900
Tiempo de Decoloración (hr)	900	100	300	S.D.	300

P = Pobre
 S.D. = Sin Decoloración
 S.G. = Sin Grietas
 B = Buena
 R = Regular
 N.C. = No Contiene
 E = Excelente

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS GEOMEMBRANAS FACTORES A EVALUAR

REQUERIMIENTO DEL PROYECTO	CARACTERISTICA DE LA GEOMEMBRANA INVOLUCRADA
CONDICIONES DEL LIQUIDO:	
<input type="checkbox"/> Resistencia de confinamiento. <input type="checkbox"/> Resistencia química del liquido confinado. <input type="checkbox"/> Resistencia a productos químicos que pueden llegar. <input type="checkbox"/> Flotabilidad en él liquido a confinar.	<input type="checkbox"/> Impermeabilidad <input type="checkbox"/> Tipo de polímero. <input type="checkbox"/> Estabilización. <input type="checkbox"/> Tipo de polímero. <input type="checkbox"/> Densidad.
CONDICIONES AMBIENTALES:	
<input type="checkbox"/> Resistencia al frío o al calor. <input type="checkbox"/> Resistencia a la combustión. <input type="checkbox"/> Resistencia a variaciones amplias de temperatura en 24 horas. <input type="checkbox"/> Resistencia a rayos UV de sol. <input type="checkbox"/> Resistencia al intemperismo severos lluvia, nieve, insolación. <input type="checkbox"/> Inmunidad al ataque de bacteria, hongos, roedores.	<input type="checkbox"/> Formulación. <input type="checkbox"/> Aditivo piro-retardante. <input type="checkbox"/> Formulación <input type="checkbox"/> Rango de dilatación <input type="checkbox"/> Filtros anti UV color. <input type="checkbox"/> Impermeabilidad. <input type="checkbox"/> Estabilización. <input type="checkbox"/> Tipo de polímero. <input type="checkbox"/> Formulación.
CONDICIONES MECANICAS:	
<input type="checkbox"/> Resistencia a la abrasión y el punzonamiento. <input type="checkbox"/> Facilidad de flujo de líquidos. <input type="checkbox"/> Remoción de sedimentos. <input type="checkbox"/> Adaptabilidad al terreno y sus posibles deformaciones por acción sísmica, de nivel freático, de curso de agua.	<input type="checkbox"/> Tipo de polímero. <input type="checkbox"/> Espesor. <input type="checkbox"/> Dureza. <input type="checkbox"/> Rugosidad de superficies. <input type="checkbox"/> Rugosidad de superficies. <input type="checkbox"/> Elasticidad. <input type="checkbox"/> Espesor.
INSTALACION:	
<input type="checkbox"/> Facilidad de lograr uniones impermeables. <input type="checkbox"/> Temperaturas ambientales altas o bajas. <input type="checkbox"/> Areas irregulares y onduladas que requieran muchas uniones de campo. <input type="checkbox"/> Facilidad de instalación: Transporte, ayudas mecánicas locales, mano de obra. <input type="checkbox"/> Reparabilidad. <input type="checkbox"/> Asistencia técnica en Proyecto, Ejecución y Mantenimiento.	<input type="checkbox"/> Tipo de polímero <input type="checkbox"/> Uniformidad de espesor <input type="checkbox"/> Uniformidad de densidad. <input type="checkbox"/> Tipo de polímero. <input type="checkbox"/> Elasticidad. <input type="checkbox"/> Rango de dilatación. <input type="checkbox"/> Peso. <input type="checkbox"/> Tamaño de paños. <input type="checkbox"/> Forma de bultos. <input type="checkbox"/> Planta de confección local, disponible en 24 horas. <input type="checkbox"/> Equipo técnico local.

4.8.1 Preparación e Instalación de la Geomembrana

- **Preparación del terreno**

La geomembrana debe colocarse sobre una superficie tersa.

Eliminar rocas angulosas o cualquier objeto punzante o cortante, rellenar hendiduras y huecos.

No es imprescindible, pero si conveniente una compactación mecánica.

Asegurar que no haya vía o cursos de agua hacia el área de trabajo.

Construir zanjas perimetrales para el anclaje de los contornos de la geomembrana.

Verificar el nivel freático y las zonas de emanación de gases. Si el revestimiento se instala sobre materiales en descomposición (residuos orgánicos) o en zonas con niveles de agua con fluctuaciones que bombean aire, se puede producir emanaciones de gases que lleguen hasta la superficie y que no pueden escapar debido a la impermeabilidad del revestimiento. Cuando existen estas condiciones deben tomarse precauciones en el diseño para permitir el escape de gas hacia respiraderos en los taludes arriba del nivel del líquido.

- **Protección bajo la Geomembrana**

La geomembrana puede instalarse sobre cualquier terreno y cualquier entorno geográfico. Se requiere protegerlo de agresiones mecánicas.

En algunos usos o casos, es suficiente el terreno natural con un acondicionamiento básico.

Es preferible proveer una base homogénea, mediante la extensión de una capa de arena de 10 a 20 cm. De espesor, según casos.

Alternativamente a la capa de arena, se puede colocar un geotextil del tipo no tejido.

También puede requerirse capa de arena mas geotextil; para algunos propósitos son necesarias múltiples capas con varios materiales acompañando a la geomembrana.

- **Colocación de la Geomembrana**

La geomembrana se instala por simple deposición sobre el terreno, y este acompaña a la diversidad de formas debido a su elongación.

Hay que realizar una planificación adecuada para la mejor ubicación de las piezas confeccionadas , ya que tienen un área grande.

Desenrollar las piezas recién ubicadas a fin de cubrir el área sobre el terreno y de posicionarlas para presentarlas mediante el uso de la pistola de aire caliente, luego colocar lastres en forma perimetral, a fin de que no cambien su posición hasta realizar el sellado en obra.

La orientación que debe tener el extendido de las mantas es a favor de los vientos.

Los pliegues o arrugas serán necesarios o dependen de la temperatura que se realice el trabajo de impermeabilización.

Se enterraran los extremos de las mantas (en forma perimetral) en las zanjas de anclaje que luego serán rellenas y compactadas.

Para la instalación se requiere:

Tensores o Mordazas.

Pistolas de aire caliente (lister).

Cánula de aire.

Transformador.

Rodillos manuales.

Solventes.

Compresora de 2 HP.

Obreros no calificados (6 obreros mínimo).

Guantes de tela y botas de goma.

Bolsas de arena para lastres.

Además de estas herramientas se necesitan los siguientes equipos:

1. Geomembrana de PVC (Cloruro de Polivinilo)

THF (Tetrahidrofurano)

2. Geomembrana de HDPE (Polietileno de Alta Densidad).

Zapato Caliente (Hot Wedge Welding).

Extructora (extrusion Weld).

- **Control de Calidad**

Geomembrana de PVC (Cloruro de Polivinilo)

Prueba de aire a presión (cánula).

Cámara de vacío.

Geomembrana de HDPE (Polietileno de Alta Densidad).

Prueba de aire a presión (manómetro).

Prueba de chispa (voltímetro).

V. CIERRE Y REHABILITACION DE DEPOSITOS DE RELAVES.

Al iniciar el cierre de una mina, cesa la descarga de las colas de la concentradora al embalse y es entonces cuando se inicia la rehabilitación. Durante un periodo de 5 a 10 años se asegura su estabilización física y química post clausura , mediante lavados con agua dulce y neutralizadores y el sembrío de planta forrajeras, árboles, etc. Una vez obtenida la estabilidad y no se requiere ya mantenimiento y monitoreo, el deposito de relaves entra en estado de abandono, y se puede dedicar a la agricultura, ganadería, etc.

El factor final a tener presente durante el periodo de cierre es la recuperación de la superficie o la protección de los depósitos de relaves contra los efectos erosionantes del viento y del agua. La figura 5.1, figura



FIGURA 5.1 LA SIEMBRA MASIVA DE ESPECIES NATURALES EN LOS TALUDES DE LAS RELAVERAS ESTAN DEVOLVIENDO A ATACOCHA SU ASPECTO ORIGINAL



FIGURA 5.2 RELAVES DE LA EMPRESA HORIZONTE EN CANCHA FUERA DE USO ESTAN SIENDO SEMBRADOS DE ARBOLITOS PARA ASEGURAR SU ESTABILIDAD.

5.2 y figura 5.3, se muestra la siembra de especies en algunas presas de relaves.

5.1 Procedimiento de Rehabilitación

5.1.1 Procesos y Efectos de la Erosión

El transporte erosivo de los relaves, mas allá de los límites del depósito puede afectar la calidad del agua superficial o sobre el "hábitat" acuático por sedimentación en los arroyos o por la posible disolución ácida, a largo plazo, de metales. En algunos casos, la ingestión directa por los niños, de relaves desplazados conteniendo metales, como plomo, puede ser causa potencial de toxicidad crónica.

La erosión del agua afecta severamente los taludes del dique de relaves, en particular de aquellos construidos con arenas de relaves cicloneados. el mecanismo de erosión del agua ocurre por canalización y la manera mas efectiva y económica para prevenirlo es cubriendo los taludes de relaves expuestos con una capa de suelo natural grueso, o desmonte de mina se este esta disponible y es químicamente inerte.

Teniendo en cuenta que se han llevado a cabo pocos estudios sobre el transporte por aire de los relaves como tales, se pueden utilizar los principios de una cantidad considerable de investigaciones sobre la erosión del viento en tierras agrícolas. Los primeros mecanismos de transporte de partículas son la variación brusca (arrastre)



FIGURA 5.3

ANTIGUA PRESA DE RELAVES QUE HA SIDO TOTALMENTE SEMBRADA DE EUCALIPTOS, EN CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE ESTABILIZACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL PAISAJE.

y la suspensión. Las partículas de arena de un tamaño medianamente fino de 1.0 a 0.1 mm. De diámetro, son objeto de "arrastre" (variación brusca) ya que ellos se desprenden y son arrastrados dentro de la corriente de aire, allí adquieren la velocidad dentro del viento y descienden para impactar contra la superficie causando otros movimientos de partículas. Las partículas sumamente finas (limos) menores de 0.1 mm de diámetro se mueven principalmente por "suspensión" y siguen la turbulencia del viento. Aunque los mas grandes flujos de masa ocurren por "saltación", es la suspensión la que produce las características "polvaderas" ("dust blows") sobre la superficie de los embalses de los relaves. Una importante interacción entre estos mecanismos ocurre cuando el proceso de arrastre en cascada causa que las partículas finas de arena alcancen y produzca salpicaduras de polvo sobre la superficie del limo, proyectando estas partículas al estado de suspensión.

Los sulfuros de plomo, arsénico, fierro, etc. Y, en general, los minerales mas pesados, tienden a concentrarse en las partículas mas finas del relave y son por ello mas susceptibles de arrastre eólico.

Diversos factores que a menudo reducen el transporte de partículas en los suelos naturales parecen tener pequeño efecto sobre los relaves. Entre los mas importantes esta la formación de agregados estables de suelos, o terrones. Estos agregados son producidos por el cultivo y juntan partículas de varios tamaños, mayormente a través de las propiedades de cohesión y retención de humedad de las

partículas de arcilla (menos de 0.002 mm) cuando al menos 15-20% de arcilla esta presente . La típica segregación por tamaños de partículas que ocurre en las playas de relaves y el bajo contenido de arcilla de la mayoría de los relaves de flotación, usualmente evitan la formación de agregados estables o costras en la superficie. En cambio, la mayoría de las superficies de los embalses, con algunas áreas que contienen predominantemente arenas y otras, principalmente lamas, tienen una alta susceptibilidad inherente al "arrastre" de las partículas de arena que entonces producen la suspensión de las lamas.

La humedad tiene efectos obvios sobre el transporte de partículas, pero únicamente dentro de pocos centímetros sobre la superficie de los relaves. El secado de la superficie no puede ser prevenido por la saturación debajo de la superficie, y las polvaderas han ocurrido en relaves finos saturados tan poco como a un metro por debajo de la superficie . El clima tiene efectos relacionados con la frecuencia y severidad de las polvaderas, pero los problemas de polvo de los relaves han sido reportados en climas tan diversos como el cálido. Los problemas de polvos de los relaves pueden ser reducidos por la cobertura con nieve y la unión interparticular con hielo en ambientes fríos, y en lugares elevados. Los problemas de polvos en la superficie de relaves finos, en climas mas templados relacionados con la formación de agregados superficiales , frágiles, abiertos y altamente erosionables, como resultado del ablandamiento del hielo seguido por un secado por sublimación.

El principal objetivo de la recuperación de la superficie de los embalses es por lo tanto, prevenir la erosión de la superficie de los relaves por el viento, lo que puede ser logrado mediante varios procedimientos.

5.1.2 Medidas Para la Estabilización de la Superficie

Estabilizar la superficie del embalse requiere, primero, que el agua superficial del embalse sea drenada o se le permita evaporarse o que la superficie de los relaves se deje secar. La desecación de la superficie y la ganancia en resistencia, suficiente para soportar equipos, puede tomar de dos a tres estaciones secas, especialmente para las zonas de lamas. Aunque se han desarrollado métodos empíricos para predecir este tiempo de secado, se deben llevar a cabo pruebas de campo para la mayoría de los depósitos de relaves individuales.

Durante o después del periodo de secado se puede obtener una estabilización temporal usando aditivos químicos, seguido por medidas permanentes que usan ya sea vegetación o cobertura con rocas.

5.1.2.1 Tratamiento Químico

Una variedad de técnicas han sido intentadas para el control de polvo de los relaves con efectividad y éxito variables.

El tratamiento químico de las superficies de los relaves ha sido realizado con varios materiales diferentes, incluyendo emulsiones de petróleo, lignosulfonatos, polímeros, resinas, látex y cloruro de magnesio.

Los mejores resultados, con dosis de aplicación más baja parecen haberse obtenido con relaves limpios relativamente gruesos, tales como arenas cicloneadas. Sin embargo, los efectos son temporales y la reaplicación es requerida usualmente a intervalos que van de varias semanas a varios meses, a costos que en Estados Unidos varían de pocos cientos a pocos miles de dólares por acre, por estación. Este costo y las limitaciones de su efectividad, usualmente limitan la estabilización química de grandes áreas de relaves, excepto bajo circunstancias especiales tales como el cierre temporal de la concentradora. El tratamiento químico ha resultado muy útil en la estabilización temporal de las superficies sembradas durante la rehabilitación, y para estimular la germinación y supervivencia de las plantaciones, pero no puede servir como una medida permanente posterior a la clausura.

5.1.2.2 Estabilización Vegetativa

Una cobertura que se perpetúe a sí misma es el método preferido para la protección contra la erosión por largo tiempo de las superficies de los relaves. La revegetación de los relaves es un área altamente especializada de la agronomía que requiere bastante experiencia, tanto con los relaves como con las condiciones locales de cada asiento minero.

Pueden haber requerimientos conflictivos para el establecimiento de la vegetación. Por un lado, la necesidad de establecer inmediatamente una cobertura reclama el uso de especies importadas, no nativas (mayormente grass) con cobertura gruesa en la raíz, lo cual requiere una fuerte fertilización y a menudo irrigación. Sin embargo, la experiencia muestra que tales especies a menudo declinan en vigor cuando estas prácticas son descontinuadas. De otro lado, las especies nativas, especialmente aquellas que han desarrollado tolerancia a los metales, se adaptan mejor a la supervivencia de largo plazo bajo condiciones locales, pero son difíciles de establecer en las superficies de relaves pobres en nutrientes que no cuentan micro-organismos que fijan el nitrógeno. Especialmente en áreas de grandes altitudes,

los largos inviernos y las cortas estaciones de crecimiento limitan la descomposición de la materia orgánica por debajo del ciclo microbiano del nitrógeno.

La exitosa revegetación de los relaves es todavía una propuesta que debe ser analizada caso por caso, y en cada ejemplo se deben establecer áreas de vegetación y las pruebas, ser monitoreadas por lo menos 5 años antes del periodo de clausura. En el Perú, la rehabilitación de relaves es una experiencia que no está aun difundida, la revegetación exitosa requerirá el desarrollo de técnicas y conocimientos agronómicos localmente convenientes. La limitada recuperación de playas de relaves usando tierras de cultivo en la Mina Casapalca, muestra que la revegetación a grandes altitudes es posible en el Perú. Establecida en 1984 con especies nativas transplantadas, la cobertura no se ha propagado mucho más allá del límite de la tierra de cultivo. La calidad del suelo del depósito de relaves con relación al contenido de metales y a la granulometría aceptables para el cultivo, puede ser mejorada mediante técnicas metalúrgicas específicas.

5.1.2.3 Cobertura con Roca

La recuperación vegetativa puede ser virtualmente imposible en algunas altas elevaciones o desiertos donde aun las plantas nativas no crecen. Bajo estas condiciones, el único recurso de estabilización puede ser cubrir las superficies de los relaves con fragmentos de rocas, desmonte minero o grava. Aun capas delgadas del tamaño de grava parecen reducir efectivamente la erosión sobre superficies relativamente planas reproduciendo eventualmente los llamados "desiertos pavimentados" que se encuentran en la naturaleza.

5.2 Consideraciones de Seguridad

La industria minera conoce bien los problemas asociados al funcionamiento de los sistemas convencionales de almacenamiento de relaves, siendo algunos de los mas obvios los siguientes:

Peligro de fallas, ya sea en la base o en los taludes de las presas construidas con relaves.

Formación de veneros interiores en la presa bajo presiones hidrostática elevadas, inducidas por la filtración del

estanque de lamas ubicado en la parte central del depósito de relaves.

Peligro de licuefacción en los taludes de las presas, iniciado por sismos, vibraciones causadas por los disparos, o el movimientos de equipo pesado.

Peligro de colapso de las torres y/o ductos de decantación, sin que exista la posibilidad de examinar los daños y reparar las estructuras.

Erosión de las superficies ubicadas aguas abajo, sobre todo en los taludes muy inclinados de las presas, causada por las aguas de escorrentía.

5.3 Control de la Contaminación Ambiental

La contaminación ambiental causada por el almacenamiento de relaves se presenta en dos formas:

Escape incontrolado, tanto de líquidos como de sólidos por filtraciones y rebose; y

Erosión eólica del material fino en la superficie de las presas.

La formación de polvo ocurre cuando se permite que la superficie del depósito de relaves se seque. En los métodos convencionales de almacenamiento de relaves, es frecuente que se deje zonas extensas sin mojar, mientras se está descargando los relaves en

punto aislados del depósito. Esto permite que la superficie se seque completamente, dando lugar a la formación de polvo. Más aún, la construcción de presas de relaves con taludes muy empinados exige mantener el nivel de agua bastante deprimido con el fin de aumentar la estabilidad de la presa. La depresión del nivel del agua, sin embargo, permite que las paredes de la presa se sequen rápidamente.

VI CONCLUSIONES

Los métodos de construcción de Presas de relaves recomendables son los de Aguas Abajo de Línea Central y taludes moderados como exige la legislación actual, este tipo de diseño demanda mayor proporción de volumen de relave grueso, que es el 70% del total del relave.

El método más económico de construcción resulta cuando se emplea relaves como material de construcción del dique de contención.

La sismicidad del país demanda tecnología y márgenes de seguridad sumamente altos para garantizar la estabilidad física en la mayoría de los emplazamientos.

El método de Aguas Arriba presenta la desventaja de apoyarse sobre una fundación constituida por materiales casi siempre no consolidados, por ello la mayor parte de presas construidas por este método no son muy estables.

Los problemas más importantes que deben tomarse en cuenta en nuestro país es la influencia que tienen los terremotos en determinadas regiones donde es posible se produzcan fallas por efecto de la onda sísmica o el desarrollo del fenómeno de licuefacción.

Las presas de relaves son estructuras importantes con tres aspectos que afectan al medio ambiente:

1. Estabilidad Estructural de las presas

El colapso de los depósitos pueden ocasionar:

- Contaminación aguas abajo
- Perdidas de vidas

2. Posibilidad de contaminación bajo operación normal

- Agua superficial
- Agua subterránea
- Aire

3. Posibilidad de contaminación a largo plazo después que la mina es abandonada

Casi todas las fallas pueden ser prevenidas con un buen diseño, una construcción controlada y un mantenimiento controlada y un mantenimiento constante, que son pasos requeridos en todos los trabajos exitosos de la ingeniería.

VII ANEXOS

ANEXO 1

**VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION
PARA UNIDADES MINERO - METALURGICA**

PARAMETRO	VALOR EN CUALQUIER MOMENTO	VALOR PROMEDIO ANUAL
pH	Mayor que 6 menor que 9	Mayor que 6 menor que 9
Solidos suspendidos (mg/l)	50.0	25.0
Plomo (mg/l)	0.4	0.2
Cobre (mg/l)	1.0	0.3
Zinc (mg/l)	3.0	1.0
Hierro (mg/l)	2.0	1.0
Arsenico (mg/l)	1.0	0.5
Cianuro total (mg/l)	1.0	1.0

* CIANURO TOTAL, equivalente a 0.1 mg/l de cianuro libre y 0.2 de cianuro facilmente disociable en acido.

RESOLUCION MINISTERIAL N° 011-96-EM/VMM

APRUEBAN LOS NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES LIQUIDOS MINERO - METALURGICOS

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE ANHIDRIDO SULFUROSO

PARA LAS UNIDADES MINERO - METALURGICAS

AZUFRE QUE INGRESA AL PROCESO (t/d)	EMISION MAXIMA PERMITIDA ANHIDRIDO SULFUROSO (t/d)
<10	20
11-15	25
16-20	30
21-30	40
31-40	50
41-50	60
51-70	66
71-90	72
91-120	81
121-150	90
151-180	99
181-210	108
211-240	117
241-270	126
271-300	135
301-400	155
401-500	175
501-600	195
601-900	201
901-1200	207
1201-1500	213
>1500	0.142 (S).

* (S) = Total de Azufre que ingresa proceso

RESOLUCION MINISTERIAL N° 315-96-EM/MM

APRUEBAN NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE ELEMENTOS Y COMPUESTOS PRESENTES EN EMISIONES GASEOSAS PROVENIENTES DE LAS UNIDADES MINERO-METALURGICAS

ANEXO 2

CODIGO DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES

DECRETO LEGISLATIVO N° 613

(08-09-90)

INDICE

TITULO PRELIMINAR

Artículos I a XII.

CAPITULO I

Política Ambiental, Art. 1° y 2°

CAPITULO II

De la Planificación Ambiental, Art. 3° a 5°

CAPITULO III

De la Protección del Ambiente, Art. 8° a 13°

CAPITULO IV

De las Medidas de Seguridad, Art. 14° a 19°

CAPITULO V

De la Evaluación, Vigilancia y Control, Art. 20° a 24°

CAPITULO VI

De la Ciencia y Tecnología, Art. 25° a 29°

CAPITULO VII

De la Acción Educativa, Los Medios de Comunicación y la Participación Ciudadana, Art. 30° a 35°

CAPITULO VIII

Del Patrimonio Natural, Art. 36° y 37°

CAPITULO IX

De la Diversidad Genética y los Ecosistemas. Art. 38° a 49°

CAPITULO X

De las Areas Naturales Protegidas, Art. 50° a 58°

CAPITULO XI

Del Patrimonio Natural Cultural, Art. 59° a 61°

CAPITULO XII

De los Recursos Mineros, Art 62° a 70°

CAPITULO XIII

De los Recursos Energéticos, Art. 71° a 77°

CAPITULO XIV

De la Población y el Ambiente, Art. 78° a 90°

CAPITULO XV

De la Prevención de los Desastres Naturales, Art. 91 a 95

CAPITULO XVI

De la Infraestructura Económica y de Servicios, Art. 96 a 99

CAPITULO XVII

De la Salubridad Pública, Art. 100°

CAPITULO XVIII

De la Limpieza Pública, Art. 101° a 106°.

CAPITULO XIX

Del Agua y Alcantarillado, Art. 107° a 112°

CAPITULO XX

De las Sanciones Administrativas, Art. 113° a 118°

CAPITULO XXI

De los Delitos y las Penas, Art. 119° a 127°

CAPITULO XXII

Del Sistema Nacional del Ambiente, Art. 128° a 131°

DISPOSICIONES ESPECIALES

Art. 132° a 136°

DISPOSICIONES FINALES

Art. 137° a 145°

DISPOSICIONES TRANSITORIAS.

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA:

POR CUANTO:

Que, la Ley Nº 25238 creó la Comisión Revisora del Proyecto de Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales y facultó al Poder Ejecutivo para que, mediante Decreto Legislativo, promulgue dicho Código;

Que, la mencionada Comisión Revisora ha presentado para su promulgación, el Proyecto de Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales;

De conformidad con los artículos 188° y 211° inc.10, de la Constitución Política del Perú;

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros y,

Con cargo de dar cuenta al Congreso,

Ha dado el Decreto Legislativo siguiente:

Artículo 1º.- Promúlgase el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales aprobado por la Comisión Revisora creada por la Ley N° 25328, según el texto adjunto, que constan de 145 artículos y 3 disposiciones transitorias.

POR TANTO:

Mando se publique y cumpla y se dé cuenta al Congreso.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los siete días del mes de setiembre de 1990.

ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI
Presidente Constitucional de la República.

JUAN CARLOS HURTADO MILLER
Presidente del Consejo de Ministros.

CAPITULO XII
DE LOS RECURSOS MINEROS

APROBACION DE PROYECTOS ANTES DE CONSTRUIR AREAS O DEPOSITOS DE DESECHOS.

(SUSTITUIDO).

Artículo 62°.- *Las personas naturales o jurídicas dedicadas a actividades mineras, requieren de la aprobación de los proyectos de ubicación, diseño y funcionamiento de la autoridad competente para iniciar la construcción de las áreas o depósitos de desechos minero-metalúrgicos. Dicha aprobación está supeditada a especificaciones expresas de pautas y obligaciones inherentes a la defensa del medio ambiente y de los recursos naturales.*

Está prohibido el otorgamiento de licencias provisionales cualquiera sea su denominación. ()*

(*) Sustituído expresamente por el artículo 49 del Decreto Legislativo 708 (14- 11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, cuyo texto es el siguiente:

"Las personas naturales o jurídicas que realicen o deseen realizar actividades de beneficio y explotación requieren de la aprobación de los proyectos de ubicación, diseño y funcionamiento de su actividad, por la autoridad competente.

Dicha aprobación está supeditada a especificaciones expresas de pautas y obligaciones inherentes a la defensa del medio ambiente y de los recursos naturales de acuerdo a las normas que establezca la autoridad competente. Las nuevas solicitudes de concesión de beneficio, incluirán un estudio de impacto ambiental".

CONCORDANCIAS:

Decreto Legislativo 757 (13-11-91), Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, art. 51.

Decreto Legislativo 708 (14-11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, art. 22 y Quinta Disposición Final.

Decreto Supremo 014-92-EM (04-06-92), TUO del Decreto Legislativo 109, Ley General de Minería, arts. 48 y 221.

Decreto Ley 25962 (18-12-92), Ley Orgánica del Sector de Energía y Minas.

Decreto Supremo 018-92-EM (08-09-92), Reglamento de Procedimientos Mineros, art. 35 inc. j.

Decreto Supremo 023-92-EM (13-10-92), Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, arts. 401 al 404.

Decreto Supremo 016-93-EM (01-05-93), Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero-metalúrgica, art. 4.

Decreto Supremo 019-93-EM (14-05-93), Texto Unico de Procedimientos Administrativos del Registro Público de Minería.

Decreto Supremo 038-98-EM (30-11-98), Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera

RESTRICCIONES AL DEPOSITO DE DESECHOS.

Artículo 63°.- *Los desechos minero-metalúrgicos no podrán ser depositados en terrenos en los que exista riesgo de precipitación por fenómenos naturales. En ningún caso podrán ser ubicados a menos de 500 metros de los cuerpos de agua cuyas riberas sean estables. En los casos de riberas fluctuantes, se requiere de estudios específicos previos.*

Los desechos que fuesen arrojados al mar deberán encontrarse en condiciones técnicamente aceptables para no alterar la salud humana y las cualidades del ecosistema.

Considerase como condiciones técnicamente aceptables para estos efectos los estándares internacionales establecidos por las Naciones Unidas.()*

(*) Sustituído por el artículo 50 del Decreto Legislativo 708 (14-11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, cuyo texto es el siguiente:

"Para solicitar licencia de la autoridad competente el proyecto de construcción de las áreas o depósitos de desechos minero-metalúrgicos deberá incluir los siguientes aspectos, para evitar la contaminación de las aguas en particular y del medio ambiente en general:

- a) Que, las condiciones técnicas garanticen la estabilidad del sistema.
- b) Que, se especifique técnicamente la operación de sistemas.
- c) Que, se precisen las medidas técnicas de abandono del depósito.

Los desechos que fuesen arrojados al mar deberán encontrarse en condiciones técnicamente aceptables para no alterar la salud humana y las cualidades del ecosistema.

Para estos efectos, los estándares serán establecidos por la autoridad competente.

El estudio de impacto ambiental en labores de explotación, estará destinado al control de los efluentes sólidos y líquidos".

CONCORDANCIAS:

Decreto Legislativo 708 (14-11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, Quinta Disposición Final.

Decreto Supremo 014-92-EM (04-06-92), TUO del Decreto Legislativo 109, Ley General de Minería, art. 222.

ADOPCION DE MEDIDAS APROPIADAS EN DISEÑOS DE DEPOSITOS DE RELAVES.

Artículo 64°.- En el diseño y construcción de las áreas o depósitos de relaves u otros desechos mineros, serán necesariamente consideradas las medidas apropiadas cuando tales instalaciones se las deje de utilizar, a fin de prevenir mayores daños al ambiente y permitir, dentro de lo posible, la recuperación de los recursos afectados.

OBLIGACION DE INCLUIR EQUIPOS DE CONTROL DE CONTAMINANTES.

Artículo 65°.- Las personas dedicadas a actividades minero-metalúrgicas están obligadas a incluir en sus instalaciones equipos de control de contaminantes adecuadamente mantenidos, así como llevar un registro del funcionamiento de los mismos y de su grado de eficiencia.

CONCORDANCIAS:

Decreto Legislativo 757 (13-11-91), Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada, Novena Disposición Complementaria.

Decreto Supremo 023-92-EM (13-10-92), Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, arts. 401 al 404.

Decreto Supremo 016-93-EM (01-05-93), Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero-metalúrgica, modificado por Decreto Supremo 059-93-EM (13-12-93).

Decreto Supremo 038-98-EM (30-11-98), Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera

MEDIDAS DE CONTROL PARA LA EXPLORACION Y EXPLOTACION. (SUSTITUIDO).

Artículo 66°.- *La exploración y explotación de recursos minerales deberá ajustarse a las siguientes disposiciones:*

- a) *Las aguas que sean utilizadas en el procesamiento y descarga de minerales, deben ser materia de un adecuado tratamiento, cuando ello resulte necesario de manera que se posibilite su utilización.*
- b) *En las explotaciones mineras a cielo abierto, deberá adoptarse medidas que garanticen la estabilización del terreno y de ser el caso, la restauración del paisaje.*
- c) *Toda explotación minera con uso de explosivos en las proximidades de centros poblados, deberá disminuir el impacto del ruido, del polvo y de las vibraciones a niveles tolerables para el medio ambiente, la salud humana y la propiedad. (*)*

(*) Sustituído expresamente por el artículo 51 del Decreto Legislativo 708 (14- 11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, cuyo texto es el siguiente:

"La exploración y explotación de recursos minerales deberá ajustarse a las siguientes disposiciones:

1. Las aguas utilizadas en el procedimiento y descarga de minerales deben ser, en lo posible, reutilizadas, total o parcialmente, cuando ello sea técnica y económicamente factible.
2. En las explotaciones a cielo abierto deberá adoptarse medidas que garanticen la estabilización del terreno.
3. Toda explotación minera con uso de explosivos en las proximidades de centros poblados deberá mantener, dentro de los niveles establecidos por la autoridad competente, el impacto del ruido, del polvo y de las vibraciones".

CONCORDANCIAS:

Decreto Legislativo 708 (14-11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, Quinta Disposición Final.

Decreto Supremo 014-92-EM (04-06-92), TUO del Decreto Legislativo 109, Ley General de Minería, arts. 8 y 223.

CONTROL DE RESIDUOS RADIOACTIVOS.

(SUSTITUIDO).

Artículo 67°.- *Los residuos radioactivos evacuados de las instalaciones minero-metalúrgicas, no deberán superar los límites tolerables establecidos por los estándares internacionales que determine la autoridad ambiental. Los responsables de las instalaciones efectuarán periódicamente mediciones de descargas e informarán a la autoridad ambiental de cualquier alteración detectada sin perjuicio de adoptar las medidas que resulten necesarias para prevenir o evitar daños al ambiente, a la salud humana o la propiedad. (*)*

(*) Sustituido expresamente por el artículo 52 del Decreto Legislativo 708 (14- 11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, cuyo texto es el siguiente:

"Los residuos radioactivos evacuados de las instalaciones minero- metalúrgicas no deberán superar los límites tolerables establecidos por los estándares que determine la autoridad competente. Los responsables de las instalaciones efectuarán periódicamente mediciones de descargas e informarán a la autoridad competente de cualquier otra alteración detectada, sin perjuicio de adoptar las medidas que resulten necesarias para prevenir o evitar daños al ambiente, a la salud humana o a la propiedad".

CONCORDANCIAS:

Decreto Supremo 018-89-EM/VME (27-10-89), Reglamento de Protección Radiológica, arts. 40, 41, 42 y 43.

Decreto Supremo 014-92-EM (04-06-92), TUO del Decreto Legislativo 109, Ley General de Minería, arts. 48 a 50 y 224.

Decreto Supremo 016-93-EM (01-05-93), Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero-metalúrgica, art. 3 inc. b, art. 5 y Disposición Complementaria, modificada por Decreto Supremo 059-93-EM (13-12-93).

Resolución de Presidencia 088-92-IPEN/AN (06-10-92), régimen de sanciones por incumplimiento al Reglamento de Protección Radiológica y Normatividad Técnica.

Decreto Supremo 038-98-EM (30-11-98), Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera

NORMAS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES MINERAS.

Artículo 68°.- Las instalaciones donde se concentre, refine y enriquezcan minerales, dispondrán de normas de seguridad, tratamiento de desechos y sistemas de control de las descargas al ambiente.

CONCORDANCIAS:

Decreto Supremo 014-92-EM (04-06-92), TUO del Decreto Legislativo 109, Ley General de Minería, arts. 209 a 213 y 223.

Decreto Supremo 023-92-EM (13-10-92), Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.

MUESTREOS PARA EVALUAR LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACION.

(SUSTITUIDO).

Artículo 69°.- *La autoridad competente efectuará permanentemente muestreos de los suelos, aguas y aires a fin de evaluar los efectos de la contaminación provocada por la actividad minero-metalúrgica y su evolución por períodos establecidos a fin de adoptar las medidas preventivas o correctivas que correspondan. (*)*

(*) Sustituido expresamente por el artículo 53 del Decreto Legislativo 708 (14- 11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, cuyo texto es el siguiente:

"La autoridad competente efectuará periódicamente muestreos de los suelos, aguas y aires, a fin de evaluar los efectos de la contaminación provocada por la actividad minero-metalúrgica y su evolución por períodos establecidos, a fin de adoptar las medidas preventivas o correctivas que correspondan".

CONCORDANCIAS:

Decreto Legislativo 708 (14-11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, Quinta Disposición Final.

Decreto Ley 25962 (18-12-92), Ley Orgánica del Sector de Energía y Minas, art. 6 inc. e.

Decreto Supremo 014-92-EM (04-06-92), TUO del Decreto Legislativo 109, Ley General de Minería, arts. 49, 50 y 225.

EXPROPIACION Y REVERSION DE CONCESIONES.

(DEROGADO).

Artículo 70°.- *Las concesiones mineras podrán ser expropiadas por causa de necesidad y utilidad pública o de interés social, previo pago de indemnización justipreciada. Sin embargo, revertirán al Estado sin derecho a pago alguno aquellas que se conduzcan en contravención con las normas de seguridad y prevención establecidas en el presente Código, en las leyes sobre la materia y en normas reglamentarias. (*)*

(*) Artículo derogado por la Décimo Séptima Disposición Final del Decreto Legislativo 708

(14-11-91), Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero.

Jueves, 04 de Junio de 1992

ENERGIA Y MINAS

Aprueban el Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería

DECRETO SUPREMO N° 014-92-EM

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que, por Decreto Legislativo No. 109, se promulgó la Ley General de Minería y mediante Decreto Legislativo No. 708, se promulgó la Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero, norma esta última que modificó parcialmente la Ley General de Minería;

Que, la Novena Disposición Transitoria del Decreto Legislativo No. 708 establece que por Decreto Supremo, refrendado por el Ministerio de Energía y Minas, se aprobará el Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería incorporando las disposiciones del citado Decreto Legislativo;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 26) del Artículo 211 de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1.-

Apruébase el Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, que consta de quince Títulos, cincuenta y cuatro Capítulos, doscientos veintiséis Artículos, dieciséis Disposiciones Transitorias y ocho Disposiciones Finales el mismo que forma parte del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.-

Las modificaciones introducidas por el Decreto Legislativo No. 708 al Decreto Legislativo No. 109, contenidas en el Texto Unico Ordenado que se aprueba mediante el presente Decreto Supremo, regirán a partir de la fecha de entrada en vigencia del Decreto Legislativo No. 708, salvo aquellas que en su propio texto señalen una fecha distinta.(1)

(1) El Decreto Legislativo N° 708, cuyo texto íntegro ha sido incorporado al presente Texto Unico Ordenado, fue promulgado el 06/11/91 y publicado en el Diario Oficial "El Peruano" el 14/11/91.

Artículo 3.-

En tanto se elabore el esquema racional de descentralización y/o desconcentración de acuerdo con las necesidades de las regiones, a que se refiere el Artículo 2, numeral 9), del Decreto Ley No. 25418, Ley de Bases del Gobierno de Emergencia y Reconstrucción Nacional, las funciones atribuidas a los Organos Jurisdiccionales Administrativos Mineros por la Ley General de Minería, se regirán por lo dispuesto en el Decreto Supremo No. 002-92-EM/VMM.

TEXTO UNICO ORDENADO DE LA LEY GENERAL DE MINERIA

TITULO PRELIMINAR

I. La presente Ley comprende todo lo relativo al aprovechamiento de las sustancias minerales del suelo y del subsuelo del territorio nacional, así como del dominio marítimo. Se exceptúan del ámbito de aplicación de esta Ley, el petróleo e hidrocarburos análogos, los depósitos de guano, los recursos geotérmicos y las aguas minero-medicinales.

(Tit. Prel. I, Dec. Leg. No. 109)

II. Todos los recursos minerales pertenecen al Estado, cuya propiedad es inalienable e imprescriptible.

El Estado evalúa y preserva los recursos naturales, debiendo para ello desarrollar un sistema de información básica para el fomento de la inversión; norma la actividad minera a nivel nacional y la fiscaliza de acuerdo con el principio básico de simplificación administrativa.

El aprovechamiento de los recursos minerales se realiza a través de la actividad empresarial del Estado y de los particulares, mediante el régimen de concesiones.

(Art. 17º, Dec. Leg. No. 708o.)

III. El Estado protege la pequeña y mediana minería y promueve la gran minería.

(Tit. Prel. IV, Dec. Leg. No. 109)

IV. La concesión minera obliga a su trabajo, obligación que consiste en la inversión para la producción de sustancias minerales.

(Art. 28º, Dec. Leg. No. 708)

V. La promoción de inversiones en la actividad minera es de interés nacional.

(Art. 1º, Dec. Leg. No. 708).

VI. Son actividades de la industria minera, las siguientes: cateo, prospección, exploración, explotación, labor general, beneficio, comercialización y transporte minero.

La calificación de las actividades mineras corresponde al Estado.

El Estado o los particulares para ejercer las actividades antes señaladas deberán dar cumplimiento a las disposiciones establecidas en la presente Ley.

(Tit. Prel. VII, Dec. Leg. No. 109 y Art. 20º, inciso b) Dec. Leg. No. 708)

VII. El ejercicio de las actividades mineras, excepto el cateo, la prospección y la comercialización, se realiza exclusivamente bajo el sistema de concesiones, al que se accede bajo procedimientos que son de orden público. Las concesiones se otorgan tanto para la acción empresarial del Estado, cuanto de los particulares, sin distinción ni privilegio alguno.

(Art. 18º y 19º, Dec. Leg. No. 708).

TITULO DECIMO QUINTO

MEDIO AMBIENTE

Artículo 219o.-

Para garantizar un entorno adecuado de estabilidad a la inversión minera, precísase lo señalado en el artículo 53o. del Decreto Legislativo No. 613, en el sentido que el establecimiento de áreas naturales protegidas no afectará el ejercicio de derechos otorgados con anterioridad a las mismas. En este caso cabe exigir la adecuación de tales actividades a las disposiciones del Código del Medio Ambiente.

(Artículo 47o., Decreto Legislativo No. 708).

Artículo 220o.-

(Derogado por el artículo 9o. del D. Ley No. 25998, publicado el 26/12/92)

Artículo 221o.-

Sustitúyase el artículo 62o. del Decreto Legislativo No. 613 por el siguiente texto:

“La personas naturales o jurídicas que realicen o deseen realizar actividades de beneficio y explotación requieren de la aprobación de los proyectos de ubicación, diseño y funcionamiento de su actividad, por la autoridad competente.

Dicha aprobación está supeditada a especificaciones expresas de pautas y obligaciones inherentes a la defensa del medio ambiente y de los recursos naturales de acuerdo a las normas que establezca la autoridad competente. Las nuevas solicitudes de concesión de beneficio, incluirán un estudio de impacto ambiental”.

(Artículo 49o., Decreto Legislativo No. 708).

Artículo 222o.-

Sustitúyase el artículo 63o. del Decreto Legislativo No. 613, por el siguiente:

“Para solicitar licencia de la autoridad competente el proyecto de construcción de las áreas o depósitos de desechos minero-metalúrgicos deberá incluir los siguientes aspectos, para evitar la contaminación de las aguas en particular y del medio ambiente en general:

- a) Que las condiciones técnicas garanticen la estabilidad del sistema.
- b) Que, se especifique técnicamente la operación de sistemas.
- c) Que se precisen las medidas técnicas de abandono del depósito.

Los desechos que fuesen arrojados al mar deberán encontrarse en condiciones técnicamente aceptables para no alterar la salud humana y las cualidades del ecosistema.

Para estos efectos, los estándares serán establecidos por la autoridad competente.

El estudio de impacto ambiental en labores de explotación, estará destinado al control de los efluentes sólidos y líquidos”.

(Artículo 50o., Decreto Legislativo No. 708).

Artículo 223o.-

Sustitúyase el artículo 66o. del Decreto legislativo No. 613, por el siguiente texto:

“La exploración y explotación de recursos minerales deberá ajustarse a las siguientes disposiciones:

- a) Las aguas utilizadas en el procedimiento y descarga de minerales deben ser, en lo posible reutilizadas total o parcialmente, cuando ello sea técnica y económicamente factible.
- b) En las explotaciones a cielo abierto deberá adoptarse medidas que garanticen la estabilización del terreno.
- c) Toda explotación minera con uso de explosivos en las proximidades de centros poblados deberá mantener, dentro de los niveles establecidos por la autoridad competente, el impacto del ruido, del polvo y de las vibraciones”.

(Artículo 51o., Decreto Legislativo No. 708).

Artículo 224o.-

Sustitúyase el artículo 67o. del Decreto Legislativo No. 613, por el siguiente texto:

“Los residuos radioactivos evacuados de las instalaciones minero-metalúrgicas no deberán superar los límites tolerables establecidos por los estándares que determine la autoridad competente. Los responsables de las instalaciones efectuarán periódicamente mediciones de descargas e informarán a la autoridad competente de cualquier otra alteración detectada, sin perjuicio de adoptar las medidas que resulten necesarias para prevenir o evitar daños al ambiente, a la salud humana o a la propiedad”.

(Artículo 52o., Decreto Legislativo No. 708).

Artículo 225o.-

Sustitúyase el artículo 69o. del Decreto Legislativo No. 613, por el siguiente texto:

“La autoridad competente efectuará periódicamente muestreos de los suelos, aguas y aires, a fin de evaluar los efectos de la contaminación provocada por la actividad minero metalúrgica y su evolución por períodos establecidos, a fin de adoptar las medidas preventivas o correctivas que correspondan”.

(Artículo 53o., Decreto Legislativo No. 708).

Artículo 226o.-

Para la aplicación de las disposiciones contenidas en el Decreto Legislativo No. 613, Código de Medio Ambiente y referidas a la actividad minera y energética, la autoridad competente es el Sector Energía y Minas.

(Quinta disposición final, Decreto Legislativo No. 708).

ENERGIA Y MINAS

Aprueban el Reglamento de Procedimientos Mineros.

DECRETO SUPREMO Nº 018-92-EM

(*)Rectificado por **FE DE ERRATAS(1)**

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que por Decreto Legislativo No. 109 se aprobó la Ley General de Minería;

Que el Decreto Legislativo No. 708 - Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero modifica parcialmente la mencionada Ley General de Minería, entre otros aspectos, en lo que a procedimientos se refiere;

Que por Decreto Supremo No. 014-92-EM de fecha 02 de junio de 1992 se aprobó el "Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería" cuyo título décimo segundo establece los procedimientos que deben seguir los interesados ante los órganos jurisdiccionales administrativos mineros para poder ejercer la actividad minera;

Que en consecuencia, resulta necesario aprobar el Reglamento de Procedimientos Mineros a fin de que los interesados cuenten con una sola norma que regule los procedimientos;

De conformidad con lo dispuesto en el Decreto Legislativo No. 560 -Ley del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Apruébase el Reglamento de Procedimientos Mineros, que consta de XVI capítulos, 74 artículos, una (01) disposición complementaria y cuatro (04) disposiciones transitorias, el mismo que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Energía y Minas.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los siete días del mes de setiembre de mil novecientos noventidós.

ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI
Presidente Constitucional de la República

JAIME YOSHIYAMA TANAKA.
Ministro de Energía y Minas

NOTAS FIN

1 (Emergente)

(*)FE DE ERRATAS

Fecha de Publicación:09.09.92

DICE:

DECRETO SUPREMO N° 050-92-EM

DEBE DECIR:

DECRETO SUPREMO N° 018-92-EM

CAPITULO V

PROCEDIMIENTO PARA CONCESIONES DE BENEFICIO

Artículo 35.- El solicitante de una concesión de beneficio, deberá presentar una solicitud a la Dirección General de Minería con los mismos requisitos exigidos por el artículo 17o., numeral 1 del presente Reglamento para el procedimiento ordinario, acompañada de los comprobantes de pago por el derecho de vigencia correspondiente al primer año y el derecho de tramitación.

Asimismo, deberá acompañar la siguiente información técnica:

a) Plano de ubicación a escala 1/25,000, indicando coordenadas UTM del área superficial y señalando vías de acceso, orografía y áreas naturales protegidas, si las hubiera. Se indicará además, los terrenos agrícolas cultivados en las áreas en las inmediaciones del lugar seleccionado para realizar las instalaciones;

b) Una memoria descriptiva de la planta y de sus instalaciones principales, auxiliares y complementarias, indicando la clase de mineral que será tratado, capacidad en toneladas métricas por día, procedimiento de beneficio, reactivos, naturaleza de los productos finales de desecho y forma como se acumularán los relaves y la devolución de las aguas de decantación, capacidad del depósito de relaves, su distancia a poblaciones o zonas agrícolas más próximas, especificaciones técnicas de los equipos, naturaleza y clase de energía, equipos y sistemas correspondientes a su transmisión o conducción, sistema de alimentación, transporte y descarga del mineral tratado y de sus productos, instalaciones para almacenamiento y distribución del agua necesaria a los fines industriales y domésticos, el diagrama de flujo de planta y el balance de materiales;

c) Plano topográfico a escala 1/500 ó 1/1,000, con indicación del o de los perímetros escogidos para realizar las instalaciones, señalando las áreas agrícolas, cultivadas o de vocación agrícola, trazado esquemático de redes de agua, desagüe y eléctrica, proyección de edificaciones, vías de acceso, campamentos, canchas de desmontes y relaveras canales, de conducción de relaves y, en general, toda aquella obra que modifique el paisaje original. Adicionalmente se indicará los linderos de los propietarios del terreno superficial;

d) Cortes longitudinales y secciones topográficas del terreno, indicando muros de contención, obras de represamiento, tuberías de decantación, acequias de desviación. Además, se indicará la distribución vertical de las instalaciones de la planta, desde la tolva de recepción del mineral hasta la evacuación de los productos finales;

e) La sección vertical del muro de contención, tubería de decantación, indicando la forma como se depositarán los relaves;

f) Plano a escala 1/500 en que aparezca el área y las instalaciones de agua y desagüe necesarios para el fin industrial de la concesión con sus cortes verticales, indicando las facilidades del tratamiento de aguas;

g) Plazo de construcción de la planta;

h) Informes sobre las medidas de seguridad e higiene en las instalaciones principales, auxiliares y complementarias;

i) Esquema de tratamiento, control y muestreo de los afluentes que pudieran afectar el medio ambiente;

j) Estudio de impacto ambiental realizado por cualquiera de las entidades inscritas en el Registro de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas, de acuerdo a las normas contenidas en la Resolución Ministerial No. 143-92-EM/VMM;

k) Autorización de uso de aguas expedida por el Ministerio de Agricultura; y,

l) El documento que acredite que el solicitante está autorizado a utilizar el terreno en el que se construirá la planta, en el caso que dicho terreno sea de propiedad privada.

Artículo 36.- Si la solicitud cumple con los requisitos indicados en el artículo anterior, la Dirección General de Minería notificará al interesado para que se acerque a recoger los avisos para su publicación por una sola vez, en el diario oficial "El Peruano" y en el diario encargado de la publicación de los avisos judiciales de la capital de la provincia en donde se encuentre ubicada el área de la concesión. En este último caso, de no existir diario, se fijarán avisos durante siete (07) días hábiles en la Oficina respectiva del Registro Público de Minería. Los avisos deberán ser recogidos por el interesado dentro de los quince (15) días hábiles siguientes a la fecha de notificación.

Las publicaciones deberán contener un resumen de la información exigida por el artículo 35o. del presente Reglamento.

La publicación deberá realizarse dentro de los treinta (30) días siguientes a la fecha de recepción de los avisos.

Dentro de los treinta (30) días hábiles siguientes a la fecha de publicación, el interesado deberá entregar las páginas enteras en las que conste la publicación de los avisos a la Dirección General de Minería.

Artículo 37.- Entregados los avisos conforme a lo dispuesto en el artículo anterior y, de no mediar oposición, la Dirección General de Minería deberá evaluar si la solicitud se adecúa a las normas de seguridad, vivienda, salud, bienestar minero e impacto ambiental y expedir resolución, en un plazo que no excederá de treinta (30) días hábiles.

La resolución expedida por la Dirección General de Minería que autoriza la construcción de la planta, permitirá al interesado solicitar las servidumbres y expropiaciones que pudieran ser necesarias.

En el caso que se formule oposición, ésta se tramitará con arreglo a las normas sobre oposición contenidas en la Ley y el presente Reglamento.

Artículo 38.- Concluidas la construcción e instalación de la planta, el interesado dará aviso a la Dirección General de Minería para que proceda a ordenar una inspección a fin de comprobar que las mismas se han efectuado de conformidad con el proyecto original, en lo que se refiere a seguridad e higiene minera e impacto ambiental. Asimismo, acompañará la autorización de vertimientos de residuos industriales correspondiente.

La diligencia de inspección deberá realizarse dentro de los sesenta (60) días naturales siguientes a la fecha en que fue solicitada.

Si la inspección fuere favorable, la Dirección General de Minería otorgará el título de la concesión. Dicha resolución autorizará el funcionamiento de la planta, así como el uso de las aguas solicitadas y el sistema de vertimientos de los líquidos industriales y domésticos.

La resolución deberá transcribirse al Registro Público de Minería para su inscripción en la partida correspondiente a la concesión.

La concesión de beneficio otorga a su titular un derecho real.

Artículo 39.- Las plantas metalúrgicas móviles o portátiles solo requerirán autorización de funcionamiento expedida por la Dirección General de Minería, de acuerdo a las normas que dicha Dirección establezca por resolución directoral.

13 de Octubre de 1992

ENERGIA Y MINAS

Aprueban el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera

DECRETO SUPREMO N°023-92-EM

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que por Decreto Legislativo N° 109, de 12 de junio de 1981, se promulgó la Ley General de Minería;

Que por Decreto Legislativo N° 708 de 06 de noviembre de 1991, se aprobó la Ley de Promoción de Inversión en el Sector Minero, que modifica parcialmente la Ley General de Minería, en lo que se refiere a seguridad y bienestar e higiene;

Que resulta necesario aprobar el nuevo Reglamento referido a la Seguridad e Higiene Minera, acorde con las modificaciones contenidas en el Decreto Legislativo N° 709;

Que el proyecto de dicho Reglamento ha sido prepublicado en el Diario Oficial "El Peruano" con fecha 15 de agosto de 1992 y se han recibido importantes aportes que lo complementan;

DECRETA:

Artículo 1°.-Apruébase el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera el mismo que consta de diez (10) Títulos, veintidós (22) Capítulos, cuatrocientos setenta y nueve (479) Artículos y forma parte integrantes del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.-Derógase el Reglamento de Bienestar y Seguridad aprobado por Decreto Supremo N° 034-73-EM-DGM, de fecha 16 de agosto de 1978.

ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI
Presidente Constitucional de la República

DANIEL HOKAMA TOKASHIKI,
Ministro de Energía y Minas.

SECCION SEGUNDA CONTAMINACION ATMOSFERICA Y DESECHOS INDUSTRIALES

Artículo 401º.-

El titular es responsable por la emisión a la atmósfera de efluentes o disposición de desechos industriales que provoquen degradación de los ecosistemas o alteren la calidad del ambiente sin adoptarse las precauciones por la depuración.

Artículo 402º.-

El titular que opera plantas minero-metalúrgicas está obligado a incluir en sus instalaciones equipo de control de contaminantes, dependiendo de la naturaleza de las mismas y de sus posibles efectos en la zona.

Artículo 403º.-

Los equipos para el control de contaminantes deberán ser mantenidos y renovados a fin de que operen satisfactoriamente, siendo obligatorio llevar un registro del funcionamiento, servicio y eficiencia de estos equipos.

Artículo 404º.-

En cualquier caso, las descargas de contaminantes a la atmósfera, estarán en función de los límites que para el efecto establezca la Dirección General de Salud Ambiental o la Autoridad de Salud competente.

SECCION TERCERA PLANTAS DE BENEFICIO

Artículo 405º.-

Los pozos, canales, zanjas, depósitos de relaves, etc., estarán protegidos para evitar caídas de personal. En los casos en que sea imposible cercarlos, estarán provistos de una iluminación adecuada en toda su longitud.

Artículo 406º.-

Cuando se necesario que un operario trabaje en una tolva para desatorarla, además de estar provisto de un cinturón y cable de seguridad, deberá estar vigilado por otro operario en el tope de la tolva.

ENERGIA Y MINAS

Aprueba el Reglamento del Título Décimo Quinto del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, sobre el medio ambiente

DECRETO SUPREMO N° 016-93-EM

CONCORDANCIAS: D.S.N° 038-98-EM

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo No. 014-92-EM, contiene en su Título Décimo Quinto las disposiciones sobre protección del medio ambiente para la actividad minero metalúrgica;

Que es necesario emitir las normas reglamentarias correspondientes;

De conformidad con lo dispuesto por el inciso 11) del Artículo 211o. de la Constitución Política del Perú.

DECRETA:

Artículo 1.- Apruébase el Reglamento del Título Décimo Quinto del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, sobre el medio ambiente, el mismo que consta de un Título Preliminar, cuatro Títulos, cuatro Capítulos, 50 Artículos, una Disposición Complementaria, tres Disposiciones Transitorias y dos Anexos.

Artículo 2.- Déjase en suspenso las disposiciones reglamentarias que se opongan al presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Energía y Minas.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintiocho días del mes de abril de mil novecientos noventitrés

ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI.
Presidente Constitucional de la República

DANIEL HOKAMA TOKASHIKI
Ministro de Energía y Minas

TITULO SEGUNDO CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE

Artículo 31.- Toda concesión de beneficio deberá contar con instalaciones apropiadas para el tratamiento de sus residuos líquidos. Se procurará que las aguas residuales resultantes de este tratamiento, así como el agua contenida en soluciones, pulpas y emulsiones la reutilizada, de ser técnica y económicamente factible.

Artículo 32.- Toda operación de beneficio deberá tener un sistema de colección y drenaje de residuos y derrames, el mismo que contará con sistemas de almacenamiento que considere casos de contingencias, en el caso de contener concentraciones de elementos contaminantes por encima de los niveles máximos permisibles.

Artículo 33.- Cuando el agua a ser utilizada por la planta de beneficio provenga de cuerpos de agua que contengan sustancias contaminantes que se encuentren por encima de los niveles máximos permisibles establecidos, se llevará un registro de los muestreos periódicos realizados y sus respectivos análisis, antes y después del uso.

Artículo 34.- En los casos en que el agua utilizada provenga de pozos, se deberá propiciar la recarga natural del sistema y el control del acuífero.

Artículo 35.- Las aguas servidas proveniente de campamentos y de los servicios sanitarios de las instalaciones mineras, deberán ser tratadas antes de su vertimiento en el volumen que le competa al titular de la actividad minera.

Deberán realizarse muestreos y análisis bacteriológicos y químicos periódicos para constatar que los conteos y/o concentraciones se encuentren por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos. La periodicidad de los muestreos así como los puntos de muestreo serán fijados en los EIA y PAMA.

Artículo 36.- En caso de disposición de relaves y/o escorias, en tierra, éstos deberán ser depositados en canchas ubicadas preferentemente cerca a las plantas de beneficio, para permitir el reciclaje del agua y así minimizar o evitar la descarga de efluentes fuera de la zona de almacenamiento. Las áreas deberán ser seleccionadas en base a las siguientes prioridades:

a) No ocupar cauces de flujo de agua permanente como arroyos, riachuelos o ríos.

b) No deberán estar ubicadas en cuencas sujetas a aluviones, huaycos o torrenteras.

c) Ubicarse preferentemente sobre terrenos de mínima permeabilidad y alta estabilidad.

d) Evitar ocupar áreas situadas aguas arriba de poblaciones o campamentos.

e) Evitar estar ubicadas en las orillas de cuerpos lacustres o marinos.

f) Los previstos en el artículo 22o. de la Ley.

Artículo 37.- Los estudios y la implementación de proyectos, para depósitos de relaves y/o escorias, deben garantizar la estabilidad estructural del depósito así como de las obras complementarias a construirse, como en las laderas adyacentes al depósito y la presa o presas de sostén, asegurando la estabilidad física de los elementos naturales integrantes y circundantes, para prevenir la ocurrencia de cualquier falla o interacción desestabilizadora, como consecuencia de fenómenos naturales tales como: actividad volcánica, sísmica, inundaciones e incendios.

Los estudios y proyectos antes mencionados deberán ser realizados por profesionales especializados, quienes deberán suscribir los documentos y planos respectivos.

Para la construcción de los depósitos de relaves y/o escorias, se podrá utilizar las quebradas o cuencas naturales siempre que, mediante los estudios, de ingeniería pertinentes, se demuestre que se han tomado las previsiones necesarias para evitar la contaminación de los cursos de agua que fluyen permanente o eventualmente y para garantizar la estabilidad de todos los elementos que constituyen el depósito.

Dichos estudios incluirán la operación del sistema de disposición de relaves y las medidas necesarias para su abandono al término de su vida útil.

Artículo 38.- En los casos de plantas de beneficio que, por razones topográficas, geológicas, edafológicas o hídricas no sea factible ubicar los depósitos de relaves y/o escorias en zonas cercanas, éstos podrán ser conducidos y depositados en el fondo de cuerpos lacustres o del mar, mediante la tecnología adecuada que garantice la estabilidad física y química de los relaves y/o escorias, de tal manera que no constituya riesgo para la flora, fauna marina y/o lacustre.

Cuando el volumen de relaves y/o de escorias imposibilite su acumulación en quebradas, o al hacerlo en tierras planas susceptibles del futuro aprovechamiento agrícola, las deterioren, o en las que se pudieran presentar casos de percolación, o se trate de zonas sísmicas, o que pudieran

generar otros impactos ambientales, se autorizará su vertimiento en el fondo de cuerpos acuáticos, sean estos lacustres o en el mar, debiendo en estos casos cumplir con lo previsto en el artículo 222o. de la Ley.

Artículo 39.- Para el abandono definitivo de los depósitos de relaves y/o escorias, necesariamente se elaborarán y ejecutarán las obras o instalaciones requeridas para garantizar su estabilidad, especialmente en lo que respecta a la permanencia y operatividad de los elementos de derivación de los cursos de agua, si los hubiere, y el tratamiento superficial del depósito y de la presa, para evitar su erosión. El material depositado deberá ser estabilizado de tal forma que inhiba la percolación de aguas meteóricas y el transportes de contaminantes que puedan degradar los cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

Artículo 40.- Para el diseño de las dimensiones y capacidades de canchas de lixiviación en pilas y capas deberá considerarse la topografía del terreno, el nivel freático, la precipitación pluvial, duración del programa de minado y las características del tipo de suelos.

Las paredes y el fondo de las pozas serán compactadas e impermeabilizadas. El exterior de éstas deberá tener drenajes apropiados para evitar el ingreso de agua proveniente del escurrimiento superficial. Se adoptarán medidas para evitar el ingreso de animales pedestres a estas áreas.

Artículo 41.- El mineral tratado en procesos hidrometalúrgicos, debe ser controlado adecuadamente a fin de que los contaminantes de efluentes procedentes del mineral procesado, que resulten de aguas meteóricas, no degraden los cuerpos de agua naturales, en niveles perjudiciales para la salud.

Artículo 42.- En todo proyecto de operación de beneficio que incluya procesos de emisiones gaseosas, debe realizarse un estudio meteorológico de la zona de ubicación y adyacentes, como parte del estudio de Impacto Ambiental.

Artículo 43.- Las instalaciones en que hubiere desprendimiento de polvos, vapores o gases, contarán con sistemas de ventilación, recuperación, neutralización y otros medios que eviten la descarga de contaminantes que afecten negativamente a la calidad de la atmósfera.

13 de diciembre de 1993

ENERGIA Y MINAS

Modifican el Reglamento del título décimo quinto del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería.

DECRETO SUPREMO N° 059-93-EM

Fecha de Promulgación: 10 de diciembre de 1993

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que, por Decreto Supremo No. 016-93-EM, se aprobó el Reglamento del Título Décimo Quinto del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, sobre medio ambiente;

Que, es conveniente incorporar definiciones adicionales a las establecidas en el referido Reglamento para una mayor precisión en cuanto al cumplimiento de las disposiciones por parte de los titulares de la actividad minero - metalúrgica;

Que, es necesario aclarar la metodología de elaboración y presentación del PAMA en las actividades minero - metalúrgicas y precisar el procedimiento para el caso de los Pequeños Productores Mineros;

En uso de las facultades conferidas por el inciso 11) del artículo 211o. de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1.- Incluir en el artículo 2o. del Título Preliminar del Reglamento aprobado por Decreto Supremo No. 016-93-EM, las siguientes definiciones:

Programa de Monitoreo.- Es el muestreo sistemático con métodos y tecnología adecuada al medio en que se realiza el estudio, basados en normas de guías definidas por el Ministerio de Energía y Minas, para evaluar la presencia de contaminantes vertidos en el medio ambiente.

Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP).- Es el estudio que se realiza antes de la elaboración del PAMA con el objeto de identificar los problemas en el medio ambiente que se está generando por la actividad minero - metalúrgica.

Auditor Ambiental.- Es toda persona natural o jurídica, inscrita en la Dirección General de Minería, de acuerdo al Decreto Supremo No. 012-93-EM dedicada a la fiscalización y verificación del cumplimiento de las normas de conservación del medio ambiente.

Cuando el Reglamento se refiere a "Suscrito por un Auditor Ambiental", entiéndase que constituye un análisis especial realizado por el Auditor Ambiental que consiste en verificar lo expresado en el informe sobre Generación de Emisiones y/o Vertimientos de Residuos de la Industria Minero - Metalúrgica (Anexo 1), Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP), Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), que realice el titular y otros a que se refiere el Reglamento o cuando la Autoridad lo requiera.

Guías de Manejo Ambiental Minero.- Documentos expedidos por la Autoridad Competente sobre lineamientos aceptables a nivel nacional en la actividad minero - metalúrgica para llegar a un desarrollo sostenible. Estas Guías consistirán entre otros de: Protocolo de Monitoreo de Agua, Protocolo de Monitoreo de Aire, Procedimiento de Elaboración del EIA. Guías para Relaves, Aguas

Acidas, Plan de Cierre, Lixiviación, Exploración, Manejo de Cianuro, Uso y Almacenamiento de Reactivos, Manejo de Aguas, Vegetación, Calidad de Aire, entre otros".

Artículo 2.- Incorpórase como numeral 4 del artículo 7o. del Reglamento aprobado por Decreto Supremo No. 016-93-EM lo siguiente:

"4. En el caso de Pequeños Productores Mineros que no cuenten con planta de beneficio, presentarán a la Dirección General de Minería, adjunta a la Declaración Anual Consolidada, una Declaración Jurada según modelo que aprobará la Dirección General de Asuntos Ambientales.

La presentación de la referida declaración jurada sustituye la obligación de presentar el PAMA a que se refiere el capítulo II del presente Título y la Segunda Disposición Transitoria del presente Reglamento".

Artículo 3.- Sustitúyase el texto del artículo 17o. del Reglamento aprobado por Decreto Supremo No. 016-93 EM, por el siguiente:

"Artículo 17. - La Dirección de Minería, en un plazo que no excederá de cuatro (4) meses, con la opinión favorable o desfavorable, según sea el caso, de la Dirección General de Asuntos Ambientales, aprobará u objetará respectivamente el PAMA. De existir objeciones, éstas deberán absolverse en un plazo máximo de dos (2) meses, bajo apercibimiento de sanción.

La Dirección General de Minería podrá modificar el PAMA mediante Resolución Directoral, de oficio o a solicitud del interesado, sustentándose los fundamentos técnicos, económicos, sociales, ecológicos y ambientales.

La modificación de oficio podrá efectuarse dentro del plazo de doce (12) meses de aprobado el PAMA y no afectará la ejecución de actividades de adecuación ambiental que hayan significado inversiones o adquisiciones en bienes de capital u obras de infraestructura, siempre que las mismas permitan el cumplimiento de los niveles permisibles de contaminación correspondientes.

La denegatoria y/o modificación del PAMA , podrá ser objeto de impugnación ante el Consejo de Minería como última instancia administrativa".

Artículo 4.- Sustitúyase la DISPOSICION COMPLEMENTARIA del Reglamento aprobado por Decreto Supremo No. 016-93-EM, por las siguientes:

"PRIMERA.- El Ministerio de Energía y Minas queda facultado para aprobar los niveles máximos permisibles".

"SEGUNDA.- El cumplimiento del PAMA, expresado en los artículos 10o., 11o., 12o., 13o., 14o. y 15o. del presente Reglamento, se desarrollará de acuerdo a las Guías de Manejo Ambiental Minero que publicará la Dirección General de Asuntos Ambientales ".

Artículo 5.- Sustitúyase el texto de la Segunda Disposición Transitoria del Reglamento aprobado por Decreto Supremo No. 016-93-EM, por el siguiente:

"SEGUNDA.- Los titulares de la actividad minero - metalúrgica presentarán ante el Ministerio de Energía y Minas, por duplicado, lo siguiente:

a) Una Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP) que deberá ser suscrita por un Auditor Ambiental registrado en el Ministerio de Energía y Minas, en la cual se incluirá:

- Los resultados del Programa de Monitoreo apropiado para cada actividad minera.

- La identificación de los problemas y efectos de deterioro ambiental y sus probables alternativas de solución.

El plazo de presentación de la EVAP será dentro del mes siguiente de cumplido los doce (12) meses de monitoreo, luego de publicada las Guías de Monitoreo de Agua y Aire por parte de la Dirección General de Asuntos Ambientales.

La referida Dirección General evaluará la EVAP en un plazo que no exceda tres (3) meses y, en concordancia con la Dirección General de Minería, determinará las observaciones que pudieran presentarse y fijará el período de presentación del PAMA respectivo.

Trimestralmente y en el término del mes siguiente del trimestre vencido, se entregarán los resultados parciales del programa de monitoreo que comprende la EVAP. Esto rige para los tres (3) primeros trimestres.

b) En un plazo máximo de doce (12) meses después de la aprobación de la EVAP se presentará el PAMA detallado con su respectivo cronograma de aplicación suscrito por un Auditor Ambiental debidamente registrado en el Ministerio de Energía y Minas.

El PAMA deberá ser compatible con el EVAP.

El PAMA deberá establecer los plazos y procedimientos que se observarán para el logro de los objetivos fijados, debiendo incluir toda la documentación técnica, económica y demás información que el interesado considere pertinente para justificar su PAMA y cronograma respectivo.

Para la evaluación de la EVAP y el PAMA, se tendrá en consideración los impactos más severos de cada unidad minero - metalúrgica, la trascendencia de los efectos contaminantes, la magnitud de la operación, la complejidad tecnológica del proyecto y la situación económica del titular.

Los plazos fijados para la adecuación, se computarán a partir de la fecha de notificación de las Resoluciones que expida la Autoridad Sectorial Competente en primera o segunda instancia, según corresponda.

La Dirección General de Asuntos Ambientales, bajo la responsabilidad de su titular, dispondrá la publicación de las Guías de Monitoreo de Aguas y Aire a más tardar el 28 de febrero de 1994".

Artículo 6.- Sustitúyase el texto del artículo 47o. del Reglamento aprobado por Decreto Supremo No. 016-93-EM por el siguiente:

"Artículo 47.- Los titulares de la actividad minera en caso de incumplimiento del presente Reglamento serán sancionados por la Dirección General de Minería, de acuerdo a lo siguiente:

a) Por incumplimiento de las normas establecidas por este Reglamento De 0.5 a 500 UIT.

b) Para quienes presenten Declaración Jurada consignando información falsa o fraudulenta, se procederá de conformidad con el artículo 6o. de la Ley No. 25035 - Ley de Simplificación Administrativa.

c) Por incumplimiento de las obligaciones formales se aplicará, teniendo en cuenta el tamaño y complejidad de la operación, la extensión de la falta y la reincidencia, entre otros factores, la siguiente escala:

1) Por no presentar
Declaración Jurada De 1 a 50 UIT

2) Por no llevar registro de monitoreo De 10 a 20 UIT

d) Para quienes incumplan en forma parcial la escala será la siguiente:

1) Por presentar
Declaración Jurada incompleta: De 0.5 a 25 UIT

2) Por llevar registro de
monitoreo incompleto: De 5 a 10 UIT

Las multas se aplicarán indistinta y acumulativamente de ser el caso".

Artículo 7.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Energía y Minas.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diez días del mes de diciembre de mil novecientos noventitrés.

ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI.
Presidente Constitucional de la República

DANIEL HOKAMA TOKASHIKI.
Ministro de Energía y Minas

ENERGIA Y MINAS

Dictan normas a fin de garantizar la estabilidad de los depósitos de relaves

RESOLUCION DIRECTORAL N° 440-96-EM-DGM

Lima, 6 de diciembre de 1996

CONSIDERANDO:

Que, la acción del último sismo acontecido en la zona sur del país trajo como consecuencia la falla de los taludes de los depósitos de relaves de algunas empresas mineras que operan en la zona;

Que, por la ubicación del territorio nacional frente a la Placa de Nasca, éste se encuentra sujeto a la acción de movimientos sísmicos que comprometen la seguridad de las poblaciones ubicadas en valles y quebradas estrechas, las cuales podrían verse severamente afectadas;

Que, siendo necesario poner en práctica acciones que permitan estabilizar los depósitos de relaves, a fin de minimizar los efectos destructores de los desastres naturales; y,

De conformidad con lo dispuesto en el inciso w) del Artículo 101 del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería aprobado por Decreto Supremo N° 014-92;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Los titulares mineros que cuenten con depósitos de relaves operativos o inactivos, deberán efectuar una evaluación especial de dichos depósitos y ejecutar las labores que fueran necesarias a fin de garantizar su estabilidad bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas.

Artículo 2.- Lo dispuesto en el primer artículo deberá hacerse de conocimiento a la Dirección General de Minería a más tardar el 31 de diciembre de 1997 bajo responsabilidad en caso de incumplimiento.

Artículo 3.- Quedan exceptuados de esta obligación aquellos titulares mineros que hayan presentado a la autoridad competente los estudios geotécnicos e implementación correspondiente antes de la vigencia de la presente norma.

Regístrese y comuníquese.

JORGE DIAZ ARTIEDA
Director General de Minería

Dictan disposiciones destinadas a uniformizar la presentación de estudios de impacto ambiental

RESOLUCION DIRECTORAL N° 224-97-EM-DGM

Lima, 17 de junio de 1997

CONSIDERANDO:

Que, por Resolución Directoral N° 440-96-EM/DGM de 6 de diciembre de 1996, publicada en el Diario Oficial El Peruano, se dictaron disposiciones sobre estudios y acciones que permitieran estabilizar los depósitos de relaves, a fin de reducir los efectos destructores de los desastres naturales;

Que, es necesario dictar disposiciones que permitan presentar uniformemente los Estudios de Impacto Ambiental y establecer las condiciones en que debe efectuarse la deposición de relaves en caso de reutilización de depósitos antiguos de relaves previamente paralizados;

De conformidad con lo dispuesto por el inciso w) del Artículo 101 del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-12-EM;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Los titulares mineros que cuenten con depósitos de relaves operativos o inactivos, deberán efectuar una evaluación especial de dichos depósitos y efectuar las labores que fueran necesarias a fin de garantizar su estabilidad. Estos trabajos deben incluir la evaluación de estabilidad estática y seudoestática; así como también la estabilidad durante eventos sísmicos de largo plazo que posibiliten la ocurrencia de falla por licuefacción. En el caso de las canchas de relaves que estén implementadas cruzando una quebrada, se debe evaluar la posibilidad de falla por desbordamiento de la cancha durante la ocurrencia de una avenida de 500 años.

Artículo 2.- Para efecto de lo dispuesto en la Resolución Directoral N° 440-96-EM/DGM y para los Estudios de Impacto Ambiental, se aplicarán los criterios de estabilidad de la GUIA AMBIENTAL VIGENTE PARA EL MANEJO DE RELAVES MINEROS, aprobada por Resolución Directoral N° 035-95-EM/DGAA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JORGE DIAZ ARTIEDA
Director General de Minería

Lunes, 23 de junio de 1997

ENERGIA Y MINAS

Aprueban e incluyen en la Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros, la estructura de reporte de estabilidad física de depósitos de relaves

RESOLUCION DIRECTORAL N° 19-97-EM/DGAA

Lima, 20 de junio de 1997

CONSIDERANDO:

Que, es necesario uniformizar la elaboración de Estudios de Estabilidad de Depósitos de Relaves Mineros;

Que, para tal fin se ha elaborado una estructura para la presentación de la información requerida para realizar estudios de estabilidad física de depósitos de relaves;

Que, la Dirección General de Asuntos Ambientales ha aprobado mediante Resolución Directoral N° 035-95-EM/DGAA, del 11 de setiembre de 1995, la Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros;

Que, es necesario incluir en la Guía a que se refiere el considerando precedente, la Estructura de Reporte de Estabilidad Física de Depósitos de Relaves;

De conformidad con lo dispuesto en el Reglamento del Título Décimo Quinto del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, Decreto Supremo N° 016-93-EM, modificado por Decreto Supremo N° 059-93-EM;

SE RESUELVE:

Artículo Unico.- Aprobar e incluir como parte de la Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros, aprobada por Resolución Directoral N° 035-95-EM/DGAA la Estructura de Reporte de Estabilidad Física de Depósitos de Relaves, la cual es parte integrante de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JOSE MOGROVEJO CASTILLO
Director General Asuntos Ambientales

ESTRUCTURA DE REPORTE DE ESTABILIDAD FISICA DE DEPOSITOS DE RELAVES

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Nombre de la empresa.

1.2. Nombre del depósito.

1.3. Ubicación geográfica (mapa a escala adecuada).

1.4. Ubicación de la cuenca hidrográfica (mapa a escala adecuada).

1.5. Relieve topográfico (mapa a escala adecuada).

2. PLANOS CONTENIENDO LA SIGUIENTE INFORMACION

- 2.1. Sección transversal del depósito.
- 2.2. Vista de elevación de la cresta de la presa y canal de derivación.
- 2.3. Capacidad máxima de almacenamiento.
- 2.4. Tamaño máximo del espejo del agua.
- 2.5. Angulos de talud.
- 2.6. Forma de protección contra la erosión hídrica, eólica, etc.
- 2.7. Dimensiones y ubicación de los materiales permeables, semipermeables e impermeables utilizados en el depósito.
- 2.8. Sistemas de drenaje, incluyendo filtros.
- 2.9. Curva de capacidad del depósito (altura versus volumen almacenado).

3. ASPECTOS SISMICOS E HIDROLOGICOS DE DISEÑO

- 3.1. Descripción de la cuenca de drenaje.
- 3.2. Período de recurrencia de eventos máximos.
- 3.3. Cálculo de la escorrentía.
- 3.4. Balance de aguas.
- 3.5. Estructuras de derivación.
- 3.6. Borde libre de diseño (en metros).
- 3.7. Magnitud y probabilidad de excedencia del sismo de diseño.
- 3.8. Relación del instrumental meteorológico con que cuenta la empresa.
- 3.9. Nombre y ubicación de la estación meteorológica más cercana.

4. PRUEBAS DE LABORATORIO

- 4.1. Determinación de la densidad y resistencia al corte (del relave y los materiales que conforman la presa).
- 4.2. Ensayo de densidades máximas y mínimas/proctor del relave y los materiales que conforman la presa.
- 4.3. Ensayo triaxial (no drenado, no consolidado) del relave y/o del material de préstamo.

5. ANALISIS

- 5.1. Cuadro resumen de las propiedades y factores a ser empleados en el análisis de estabilidad.
- 5.2. Análisis granulométrico del relave.

5.3. Análisis del potencial de licuefacción. .

5.4. Análisis de estabilidad en condiciones estáticas.

5.5. Análisis de estabilidad en condiciones pseudoestáticas (Período de retorno 150 años para presas operativas, 500 años para presas inactivas).

6. PRUEBAS DE CAMPO

6.1. Resultados de ensayos de penetración y calicatas.

6.2. Determinación de la profundidad de la napa freática.

6.3. Densidad in situ del relave depositado.

7. INSPECCION VISUAL

7.1. Descripción de la ubicación del depósito (valle, ladera, celda, etc.), adjuntando foto a color.

7.2. Método de disposición (filtrado, seco, pulpa, pasta).

7.3. Método de recrecimiento de la presa (aguas arriba, aguas abajo, línea central).

7.4. Sistema de decantación.

7.5. Condición de la pared de la presa (erosión, adjuntar fotos a color).

7.6. Condición de los filtros (de ser aplicable).

7.7. Condición de los decantadores.

7.8. Borde libre operativo (en metros).

7.9. Condición de los instrumentos de monitoreo.

7.10. Afloramientos de agua en las paredes de la presa u otros lugares.

7.11. Forma de distribución (cicloneo, descarga puntual o múltiple).

8. RECOMENDACIONES

8.1. Trabajos a realizar.

8.2. Cronograma de actividades.

8.3. Costo estimado.

Nota:

- Para depósitos nuevos, se consideran los acápite 1 al 5, además del estudio geotécnico del área en la que se ubicará el depósito.

- En el caso de depósitos operativos o inactivos, se seguirán los numerales 1 al 8, el numeral 4 es opcional.

ANEXO 3

PLANTAS DE BENEFICIO - 1999

	CODIGO PLANTA	NOMBRE PLANTA	CODIGO TITULAR	TITULAR	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	PROCESO	PRODUCTO	TM/Dia	HAS.
1	P0100004	SACRACANCHA	EMM00004	CIA.MRA.SANTA RITA S.A.	MOROCOCHA	YAULI	JUNIN	FLOTACION	CONCENTRADOS	1000,00	12,00
2	P0100009	PLANTA DE BENEFICIO	EMM00009	CIA.MRA.COLQUIRRUMI S.A	HUALGAYOC	HUALGAYOC	CAJAMARCA	FLOTACION	CONCENTRADOS	300,00	30,00
3	P0100014	CONC.DE ISCAYCRUZ	EMM00014	EMP.MRA.ISCAYCRUZ S.A.	PACHANGARA	OYON	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1700,00	600,00
4	P0100015	CERRO CHUNGAR	EMM00015	CIA.MRA.CERRO S.A.	PACARAOS	HUARAL	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	16,00
5	P0100017	PLANTA CONC. RANRA	EMM00017	SOC.MRA.SAN GREGORIO S.A.	SANTA ANA DE TUSI	DANIEL CARRION	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	12,00
6	P0100018	PACOCOCHA	EMM00018	SIND.MRO.PACOCOCHA S.A.	SAN MATEO	HUAROCHIRI	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	300,00	6,00
7	P0100021	SAN MIGUEL 1	EMM00021	ESPINOZA BAUER,BLAS RUBEN	YANACANCHA	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	48,00
8	P0100025	PLANTA COBRE INCA	EMM00025	MALDONADO GALLARDO,ARTURO FAUSTO	MARANGANI	CANCHIS	CUSCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	20,00
9	P0100052	SAN VICENTE	EMM00052	CIA.MRA.SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.	VITOC	CHANCHAMAYO	JUNIN	FLOTACION	CONCENTRADOS	3000,00	25,00
10	P0100053	CONC.TAMBORAQUE	EMM00053	MINERA LIZANDRO PROAÑO S.A	SAN MATEO	HUAROCHIRI	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	600,00	21,00
11	P0100062	MICOCHA N. 1	EMM00062	MINAS DE COBRE DE CHAPI S.A.	POLOBAYA	AREQUIPA	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1000,00	27,00
12	P0100084	CONC.ALIANZA	EMM00084	CIA.MRA.ALIANZA S.A.	TICAPAMPA	RECUAY	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	1000,00	6,00
13	P0100085	FRANCOIS	EMM00085	CIA.MRA.HUARON S.A.	HUAYLLAY	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	2000,00	48,00
14	P0100087	LA VICTORIA	EMM00087	VOLCAN CIA.MINERA S.A.A.	YAULI	YAULI	JUNIN	FLOTACION	CONCENTRADOS	1800,00	140,00
15	P0100097	PLANTA CONC.DE POMASI	EMM00097	MINAS DE POMASI S.A.	PALCA	LAMPA	PUNO	FLOTACION	CONCENTRADOS	200,00	4,00
16	P0100116	CECILIA DE MUÑANI	EMM00116	CIA.MRA.EL ALTIPLANO S.A.	AZANGARO	AZANGARO	PUNO	FLOTACION	CONCENTRADOS	200,00	10,00
17	P0100118	PACHAPAQUI	EMM00118	MRA.PACHAPAQUI S.A.	AQUIA	BOLOGNESI	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	450,00	65,00
18	P0100127	GRACIELA	EMM00127	PERUBAR S.A.	SANTA CRUZ DE COCACHACRA	HUAROCHIRI	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1400,00	4,00
19	P0100146	ANIMON	EMM00146	EMP.ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.	HUAYLLAY	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	450,00	20,00
20	P0100148	CONCENTRADORA RAURA	EMM00148	CIA.MRA.RAURA S.A.	SAN MIGUEL DE CAURI	LAURICOCHA	HUANUCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	2000,00	30,00
21	P0100152	ROCIO N° 2	EMM00152	S.A.MRA.REGINA	INCHUPALLA	HUANCANE	PUNO	FLOTACION	CONCENTRADOS	350,00	12,00
22	P0100161	ADRIANA	EMM00161	SOC.MRA.ADRIANA V DE HUARAZ	PIRA	HUARAZ	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	300,00	5,00
23	P0100162	JOSE BALTA	EMM00162	CIA.MRA.SAYAPULLO S.A.	SAYAPULLO	GRAN CHIMU	LA LIBERTAD	FLOTACION	CONCENTRADOS	470,00	300,00
24	P0100170	CONC. BELLA UNION	EMM00170	SOC.MRA.CAROLINA S.A.	HUALGAYOC	HUALGAYOC	CAJAMARCA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1000,00	70,00
25	P0100209	CONCENTRADORA RAUL	EMM00209	CIA.MRA.PATMILCA S.A.	MALA	CAÑETE	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	2000,00	20,00
26	P0100211	HUAYLLACHO	EMM00211	CIA.MRA.DE CAYLLOMA S.A.	CAYLLOMA	CAYLLOMA	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	700,00	9,00
27	P0100224	SAN JERONIMO	EMM00224	CIA.MRA.UYUCCASA S.A.	CANARIA	VICTOR FAJARDO	AYACUCHO	FLOTACION	CONCENTRADOS	300,00	6,00
28	P0100256	CONDESTABLE I	EMM00256	CIA.MRA.CONDESTABLE S.A.	MALA	CAÑETE	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1500,00	24,00
29	P0100281	PLANTA DE CONC.SAN RAFAEL	EMM00281	MINSUR S.A.	ANTAUTA	MELGAR	PUNO	FLOTACION	CONCENTRADOS	2700,00	6,00
30	P0100286	CONCENTRADORA MARTA	EMM00286	EMP.MRA.RAMIRO LOPEZ S.A."RALSA"	HUANDO	TAYACAJA	HUANCAVELICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	150,00	8,00
31	P0100302	SHOREY	EMM00302	CORP.MRA.NOR PERU S.A.	QUIRUVILCA	SANTIAGO DE CHUCO	LA LIBERTAD	FLOTACION	CONCENTRADOS	1750,00	189,00
32	P0100307	COLQUISIRI	EMM00307	MRA.COLQUISIRI S.A.	HUARAL	HUARAL	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	580,00	30,00
33	P0100315	CONCENTRADORA HUANZALA	EMM00315	CIA.MRA.SANTA LUISA S.A.	HUALLANCA	BOLOGNESI	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	1300,00	12,00
34	P0100332	TINTAYA	EMM00332	BHP TINTAYA S.A.	ESPINAR	ESPINAR	CUSCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	15000,00	350,00
35	P0100403	HUARAUCACA	EMM00403	SOC.MRA.EL BROCAL S.A.	TINYAHUARCO	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	2000,00	204,00
36	P0100414	TOQUEPALA	EMM00414	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	ILABAYA	JORGE BASADRE	TACNA	FLOTACION	CONCENTRADOS	43000,00	240,00
37	P0100432	ARCATA	EMM00432	MINAS DE ARCATA S.A.	CAYARANI	CONDESUYOS	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1000,00	10,00
38	P0100465	CONC. PUQUIOCOCHA	EMM00465	SOC.MRA.AUSTRIA DUVAZ S.A.	MOROCOCHA	YAULI	JUNIN	FLOTACION	CONCENTRADOS	650,00	28,00
39	P0100471	CHICRIN N° 2	EMM00471	CIA.MRA.ATACOCCHA S.A.	YANACANCHA	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	2000,00	63,00
40	P0100485	CONCENTRADORA CONOCOCHA	EMM00485	CORP.MRA.SACRACANCHA S.A.C.	CHIQUIAN	BOLOGNESI	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	300,00	35,00
41	P0100529	PLANTA CONC.DORITA	EMM00529	CORP.MRA.CASTROVIRREYNA S.A.	ARMA	CASTROVIRREYNA	HUANCAVELICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	2,00
42	P0100533	CONC.SAN GENARO	EMM00533	CASTROVIRREYNA CIA.MRA. S.A.	SANTA ANA	CASTROVIRREYNA	HUANCAVELICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	600,00	30,00
43	P0100585	CHINGA	EMM00585	CONCENTRADORA CHINGA SMRL.	CACERES DEL PERU	SANTA	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	60,00	2,00
44	P0100599	AQUILES-101	EMM00599	CIA.MRA.MILPO S.A.	YANACANCHA	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	2850,00	24,00
45	P0100615	AMULAYA	EMM00615	CIA.MRA.TRINIDAD S.A.	SAYAPULLO	GRAN CHIMU	LA LIBERTAD	FLOTACION	CONCENTRADOS	108,00	48,00
46	P0100639	EL PILAR	EMM00639	CIA.MRA.EL PILAR S.A.	YANACANCHA	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	150,00	12,00
47	P0100740	SHILA	EMM00740	MRA.SHILA S.A.	CHACHAS	CASTILLA	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	250,00	48,00
48	P0100744	SAN ANDRES AMPLIADO	EMM00744	MRA.AURIF.RETAMAS S.A.	PARCOY	PATAZ	LA LIBERTAD	FLOTACION	CONCENTRADOS	1200,00	75,00
49	P0100754	PLANTA - CONC.HUACHOCOLPA	EMM00754	CIA.MRA.CAUDALOSA S.A.	HUACHOCOLPA	HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	450,00	20,00
50	P0100758	SAN PEDRO	EMM00758	CIA.MRA.SAN VALENTIN S.A.	LARAOS	YAUYS	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	750,00	17,50

PLANTAS DE BENEFICIO - 1999

	CODIGO PLANTA	NOMBRE PLANTA	CODIGO TITULAR	TITULAR	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	PROCESO	PRODUCTO	TM/Día	HAS.
51	P0100974	SANTANDER	EMM00974	CIA.MRA.SANTANDER INC.SUC.DEL PERU	PACARAOS	HUARAL	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1000,00	2,00
52	P0101075	BERNA 2	EMM01075	CIA.MRA.CASAPALCA S.A.C.	CHICLA	HUARACHIRI	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	750,00	6,00
53	P0101283	CONSUZO I	EMM01283	MINERA MALAGA SANTOLALLA S.A	PAMPAS	HUARAZ	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	250,00	6,00
54	P0101606	MONTY N° 1	EMM01606	FUNDICION Y CONCENTRADOS S.A.	SAYAN	HUAURA	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	300,00
55	P0101761	AMABLE MARIA	EMM01761	NEG.MRA.CUT-OFF S.A.	SAN LUIS	CAÑETE	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	10,00	6,00
56	P0102001	PLANTA PILOTO SELENE	EMM02001	CIA.MRA.ARGENTO SRL.	COTARUSE	AYMARAES	APURIMAC	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	350,00
57	P0102423	SAN JUAN DE CHORUNGA	EMM02423	CIA.MRA.ERIKI S.A.	RIO GRANDE	CONDESUYOS	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	750,00	45,00
58	P0102552	CONC.CONDOR	EMM02552	CIA.MRA.HUAYTARA S.A.	HUANCANO	PISCO	ICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	200,00	9,00
59	P0102991	SAN JUAN	EMM02991	EMP.MRA.SAN JUAN DE LUCANAS S.A.	SAN JUAN	LUCANAS	AYACUCHO	FLOTACION	CONCENTRADOS	350,00	50,00
60	P0103051	HUARACHIRI	EMM03051	SMRL.PLANTA CONCENTRADORA HUARACHIRI	SAN MATEO	HUARACHIRI	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	36,00
61	P0103063	CONCENTRADORA MADRIGAL	EMM03063	CIA.MRA.DEL MADRIGAL	MADRIGAL	CAYLLOMA	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1000,00	10,00
62	P0103065	PLANTA PILOTO ARES	EMM03065	CIA.MRA.ARES S.A.C.	ORCOPAMPA	CASTILLA	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	500,00	350,00
63	P0103212	CONC.MESAPATA	EMM03212	UNIV.NAC.DE ANCASH SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	CATAC	RECUAY	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	200,00	35,00
64	P0103488	PLANTA CONC.UNI-MALLAY	EMM03488	MINERA MALLAY S.A.	OYON	OYON	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	25,00
65	P0103518	EL PALMAR	EMM03518	CIA.MRA.ANITA DE TIBILLOS S.A.	RIO GRANDE	PALPA	ICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	200,00	32,64
66	P0103988	HUINCUSH	EMM03988	CIA.MRA.ANTAMINA S.A.	SAN MARCOS	HUARI	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	70000,00	862,23
67	P0103991	CASAPALCA	EMM03991	EMPRESA MINERA YAULIYACU S.A.	CHICLA	HUARACHIRI	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	2700,00	28,00
68	P0104105	DON FROYLAN	EMM04105	CONCENTRADORA METALURGICA SAN RAFAEL S.A.	HUALLANCA	BOLOGNESI	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	150,00	27,28
69	P0105131	ANANEA	EMM05131	CORP.MINERA ANANEA S.A.	ANANEA	SAN ANTONIO DE PUTINA	PUNO	FLOTACION	CONCENTRADOS	25,00	
70	P0105674	SANTA FE	EMM05674	CC Y S CORPORATION S.A.	HUALLANCA	BOLOGNESI	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	50,00	2,50
71	P0105675	DON MARIO	EMM05675	SOC.MINERA LAS CUMBRES S.R.L.	GORGOR	CAJATAMBO	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	150,00	19,91
72	P0200084	HUANCAPETI	EMM00084	CIA.MRA.ALIANZA S.A.	TICAPAMPA	RECUAY	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	500,00	96,00
73	P0200087	ANDAYCHAGUA	EMM00087	VOLCAN CIA.MINERA S.A.A.	YAULI	YAULI	JUNIN	FLOTACION	CONCENTRADOS	907,00	96,00
74	P0200122	PETROCOLQUI	EMM00122	CIA.MRA.HUAMPAR S.A.	HUANZA	HUARACHIRI	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	350,00	108,00
75	P0200151	GLORIA DE PALMA	EMM00151	UNION MINERA S.A.	ANTIOQUIA	HUARACHIRI	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	100,00	18,00
76	P0200186	QUILLCAY N° 1	EMM00186	VIZCARRA SMITH, RAUL ERNESTO	INDEPENDENCIA	HUARAZ	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	40,00	2,00
77	P0200368	SUSANA I	EMM00368	CENTRAMINAS S.A.	MOROCCOCHA	YAULI	JUNIN	FLOTACION	CONCENTRADOS	350,00	6,00
78	P0200383	SAN EXPEDITO	EMM00383	EMP.MRA.DEL CENTRO DEL PERU S.A.	CHAUPIMARCA	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	300,00	2,03
79	P0200415	PLANTA CONC.Y RELAVES	EMM00415	CIA.DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	ANCHONGA	ANGARAES	HUANCVELICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	600,00	525,00
80	P0200529	JOSE PICASSO PERATA	EMM00529	CORP.MRA.CASTROVIRREYNA S.A.	SANTA ANA	CASTROVIRREYNA	HUANCVELICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	500,00	8,00
81	P0201015	YARETA	EMM01015	MINAS ARIRAHUA S.A.	YANAQUIHUA	CONDESUYOS	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	150,00	17,00
82	P0201075	PLANTA CONC.LOS ROSALES	EMM01075	CIA.MRA.CASAPALCA S.A.C.	VILQUE CHICO	HUANCANE	PUNO	FLOTACION	CONCENTRADOS	120,00	15,00
83	P0201283	HUAURA	EMM01283	MINERA MALAGA SANTOLALLA S.A	PAMPAS	HUARAZ	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	250,00	25,00
84	P0203212	SANTA ROSA DE JANGAS	EMM03212	UNIV.NAC.DE ANCASH SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	JANGAS	HUARAZ	ANCASH	FLOTACION	CONCENTRADOS	50,00	3,93
85	P0300087	MAHR TUNEL	EMM00087	VOLCAN CIA.MINERA S.A.A.	YAULI	YAULI	JUNIN	FLOTACION	CONCENTRADOS	1850,00	101,00
86	P0300414	CONC. DE BOTIFLACA	EMM00414	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	TORATA	MARISCAL NIETO	MOQUEGUA	FLOTACION	CONCENTRADOS	87000,00	56,00
87	P0300415	CONC.UCHUCCHACUA	EMM00415	CIA.DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	OYON	OYON	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	2000,00	36,00
88	P0400281	CONC. SANTA BARBARA	EMM00281	MINSUR S.A.	SANTA LUCIA	LAMPA	PUNO	FLOTACION	CONCENTRADOS	180,00	2,00
89	P0600383	EXPANSION COBRIZA	EMM00383	EMP.MRA.DEL CENTRO DEL PERU S.A.	SAN PEDRO DE CORIS	CHURCAMP	HUANCVELICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	9100,00	57,00
90	P0600415	CORRALPAMPA	EMM00415	CIA.DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	HUACHOLPA	HUANCVELICA	HUANCVELICA	FLOTACION	CONCENTRADOS	600,00	72,00
91	P0700415	CONC. ORCOPAMPA	EMM00415	CIA.DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	ORCOPAMPA	CASTILLA	AREQUIPA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1200,00	45,00
92	P0800383	AMISTAD	EMM00383	EMP.MRA.DEL CENTRO DEL PERU S.A.	MOROCCOCHA	YAULI	JUNIN	FLOTACION	CONCENTRADOS	1450,00	10,47
93	P1100383	YURICOCHA-CHUMPE	EMM00383	EMP.MRA.DEL CENTRO DEL PERU S.A.	ALIS	YAUYES	LIMA	FLOTACION	CONCENTRADOS	1350,00	148,50
94	P1300383	PARAGSHA-OCROYOC	EMM00383	EMP.MRA.DEL CENTRO DEL PERU S.A.	CHAUPIMARCA	PASCO	PASCO	FLOTACION	CONCENTRADOS	6000,00	768,50
95	P0100335	EL LUCUMO	EMM00335	PASCO S.A.	PATAZ	PATAZ	LA LIBERTAD	CIANURACION	CIANURADOS	15,00	200,00
96	P0100534	TURPAY	EMM00534	MRA.SUCAHUAYLLA S.A.	VIRUNDO	GRAU	APURIMAC	CIANURACION	CIANURADOS	50,00	9,00
97	P0100737	MARAÑON	EMM00737	CIA.MRA.PODEROSA S.A.	PATAZ	PATAZ	LA LIBERTAD	CIANURACION	CIANURADOS	550,00	6,00
98	P0100738	ISHIHUINCA	EMM00738	INVERSIONES MRAS.DEL SUR S.A.	CARAVELI	CARAVELI	AREQUIPA	CIANURACION	CIANURADOS	200,00	300,00
99	P0100742	LA CIENAGA	EMM00742	CIA.AURIF.MARAÑON S.A.	PATAZ	PATAZ	LA LIBERTAD	CIANURACION	CIANURADOS	50,00	9,00
100	P0100743	CALPA I	EMM00743	MRA.AURIF.CALPA S.A.	ATICO	CARAVELI	AREQUIPA	CIANURACION	CIANURADOS	500,00	144,92

PLANTAS DE BENEFICIO - 1999

	CODIGO PLANTA	NOMBRE PLANTA	CODIGO TITULAR	TITULAR	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	PROCESO	PRODUCTO	TM/Día	HAS.
101	P0100791	LAYTARUMA	EMM00791	MRA.LAYTARUMA S.A.	JAQUI	CARAVELI	AREQUIPA	CIANURACION	CIANURADOS	80,00	12,00
102	P0100807	KORJIAQUI	EMM00807	AURIF.KORJIAQUI S.A.	SANCOS	LUCANAS	AYACUCHO	CIANURACION	CIANURADOS	30,00	8,10
103	P0100828	NUEVA CALIFORNIA	EMM00828	CIA.MRA.NUEVA CALIFORNIA S.A.	MANCOS	YUNGAY	ANCASH	CIANURACION	CIANURADOS	100,00	6,00
104	P0100878	LA PACCHA I	EMM00878	CIA.MRA.BULDIBUYO S.A.	BULDIBUYO	PATAZ	LA LIBERTAD	CIANURACION	CIANURADOS	30,00	13,48
105	P0100961	CULEBRILLAS	EMM00961	CIA.AURIF.REAL AVENTURA S.A.	PARCOY	PATAZ	LA LIBERTAD	CIANURACION	CIANURADOS	30,00	15,21
106	P0102368	ANDES	EMM02368	CIA.MRA.AURIF.AUREX S.A.	SIMON BOLIVAR	PASCO	PASCO	CIANURACION	CIANURADOS	250,00	36,00
107	P0102566	BELEN	EMM02566	MRA.BELEN S.A.	CHALA	CARAVELI	AREQUIPA	CIANURACION	CIANURADOS	100,00	2,00
108	P0103043	EL INKA	EMM03043	COMPLEJO MINERO INDUSTRIAL S.R.L.(COMINDUS S.R.L.)	VISTA ALEGRE	NAZCA	ICA	CIANURACION	CIANURADOS	20,00	16,00
109	P0103070	LA CAPITANA	EMM03070	ALVAREZ SANEZ,CLAUDIO	HUANUHUANU	CARAVELI	AREQUIPA	CIANURACION	CIANURADOS	150,00	45,00
110	P0103513	DOBLE D	EMM03513	INVER.MRAS.KRIETE S.A.	CHAPARRA	CARAVELI	AREQUIPA	CIANURACION	CIANURADOS	75,00	36,00
111	P0103947	PLANTA MOLLEHUACA	EMM03947	COMUNID.MRA.MOLLEHUACA S.A.	HUANUHUANU	CARAVELI	AREQUIPA	CIANURACION	CIANURADOS	20,00	4,00
112	P0103952	HDA.DE BENEFICIO METALEX	EMM03952	METALURGIA EXTRACTIVA S.A. "METALEX S.A."	SAISA	LUCANAS	AYACUCHO	CIANURACION	CIANURADOS	120,00	100,00
113	P0200731	PLANTA PARCOY	EMM00731	CONS.MRO.HORIZONTE S.A.	PARCOY	PATAZ	LA LIBERTAD	CIANURACION	CIANURADOS	800,00	24,00
114	P0200929	MARIA	EMM00929	SOC.MRA.ORDUZ S.A.	CHALA	CARAVELI	AREQUIPA	CIANURACION	CIANURADOS	17,00	200,00
115	P0300737	SANTA MARIA I	EMM00737	CIA.MRA.PODEROSA S.A.	PATAZ	PATAZ	LA LIBERTAD	CIANURACION	CIANURADOS	200,00	9,74
116	P0100133	CHACCHUILLE	EMM00133	CIA.MRA.CARAVELI S.A.	HUANUHUANU	CARAVELI	AREQUIPA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	100,00	24,00
117	P0100345	LLIPATA	EMM00345	CIA.MRA.ZORRO PLATEADO S.A.	LLIPATA	PALPA	ICA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	20,00	8,00
118	P0100732	YANACOCCHA	EMM00732	MRA.YANACOCCHA S.A.	ENCAÑADA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	50000,00	600,00
119	P0101002	LA ESPERANZA DEL INCA P.I	EMM01002	CIA.MRA.AURIF.BONANZA S.A.	CARAVELI	CARAVELI	AREQUIPA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	50,00	28,00
120	P0101063	SAN JOSE	EMM01063	PANTAC ROBLES,JOSE	NAZCA	NAZCA	ICA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	50,00	25,00
121	P0102273	UNION NAZCA	EMM02273	LARREA GALARZA,JULIO ERNESTO	VISTA ALEGRE	NAZCA	ICA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	100,00	32,00
122	P0102601	SANTA ROSA	EMM02601	CIA.MRA.AURIF.SANTA ROSA S.A.	ANGASMARCA	SANTIAGO DE CHUCO	LA LIBERTAD	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	12000,00	400,00
123	P0103173	PLANTA DE BENEFICIO SIPAN	EMM03173	CIA.MINERA SIPAN S.A.C.	LLAPA	SAN MIGUEL	CAJAMARCA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	16000,00	188,00
124	P0105171	VIRGEN DE PEÑA BLANCA	EMM05171	MINERA VIRGEN DE PEÑA BLANCA S.A.C.	PULLO	PARINACOCCHAS	AYACUCHO	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	1000,00	200,00
125	P0105367	VIRGEN DEL CARMEN	EMM05367	MINERA VIRGEN DEL CARMEN S.A.C.	LLIPATA	PALPA	ICA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	20,00	37,50
126	P0200256	PLANTA TRATMTO DE OXIDOS	EMM00256	CIA.MRA.CONDESTABLE S.A.	MALA	CAÑETE	LIMA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	400,00	18,57
127	P0200732	P.LIXIV.CERRO YANACOCCHA	EMM00732	MRA.YANACOCCHA S.A.	ENCAÑADA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	100000,00	988,00
128	P0300153	CONCENTRADORA COSINSA	EMM00153	CIA.MRA.SAN NICOLAS S.A.	HUALGAYOC	HUALGAYOC	CAJAMARCA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	1200,00	24,00
129	P0300732	AMPLIACION YANACOCCHA	EMM00732	MRA.YANACOCCHA S.A.	ENCAÑADA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	0,00	220,00
130	P0400153	VICTOR VELASQUEZ VIZCARRA	EMM00153	CIA.MRA.SAN NICOLAS S.A.	OTOCA	LUCANAS	AYACUCHO	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	50,00	4,00
131	P1000414	SX.CUAJONE	EMM00414	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	TORATA	MARISCAL NIETO	MOQUEGUA	LIXIVIACION	LIXIVIADOS	2100,00	400,00
132	P0200072	SAN NICOLAS N° 1	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION		36500,00	80,00
133	P0300072	SAN NICOLAS N° 2	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			75,00
134	P0400072	SAN NICOLAS N° 3	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			100,00
135	P0500072	SAN NICOLAS N° 4	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			100,00
136	P0600072	SAN NICOLAS N° 5	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			100,00
137	P0700072	SAN NICOLAS N° 6	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			18,00
138	P0800072	SAN NICOLAS N° 7	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			60,00
139	P0900072	SAN NICOLAS N° 8	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			75,00
140	P1000072	SAN NICOLAS N° 9	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			24,00
141	P1100072	SAN NICOLAS N° 10	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			60,00
142	P1200072	SAN NICOLAS N° 11	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			45,00
143	P1300072	SAN NICOLAS N° 12	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			90,00
144	P1400072	SAN NICOLAS N° 13	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			100,00
145	P1500072	SAN NICOLAS N° 14	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			85,00
146	P1600072	SAN NICOLAS N° 15	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			55,00
147	P1700072	SAN NICOLAS N° 16	EMM00072	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	MARCONA	NAZCA	ICA	SINTERIZACION			65,00
148	P0021378	RIO SECO	EMM01378	CIA.MRA.UBINAS S.A.	CERRO COLORADO	AREQUIPA	AREQUIPA	REFINACION	REFINADOS	230,00	45,81
149	P0100731	PARCOY UNO	EMM00731	CONS.MRO.HORIZONTE S.A.	PARCOY	PATAZ	LA LIBERTAD	REFINACION	REFINADOS	1,00	9,00
150	P0103001	REF.CAJAMARQUILLA	EMM03001	SOC.MRA.REFINERIA DE ZINC DE CAJAMARQUILLA S.A.	LURIGANCHO	LIMA	LIMA	REFINACION	REFINADOS	1260,00	384,00

PLANTAS DE BENEFICIO - 1999

	CODIGO PLANTA	NOMBRE PLANTA	CODIGO TITULAR	TITULAR	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	PROCESO	PRODUCTO	TM/Día	HAS.
151	P0104794	C.M.LA OROYA-REFINACION 1	EMM04794	DOE RUN PERU S.R.LTDA.	LA OROYA	YAULI	JUNIN	REFINACION	REFINADOS	2500,00	36,00
152	P0105073	PLANTA DE REF.ORO Y PLATA	EMM05073	J.B.PROCESADORA DE METALES SRL	CHORRILLOS	LIMA	LIMA	REFINACION	REFINADOS	1,00	0,11
153	P0300281	FUNSUR	EMM00281	MINSUR S.A.	PISCO	PISCO	ICA	REFINACION	REFINADOS	128,00	24,50
154	P0800414	REF.DE COBRE DE ILO	EMM00414	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	PACCOCHA	ILO	MOQUEGUA	REFINACION	REFINADOS	658,00	180,00
155	P0204794	C.M.LA OROYA-REFINACION 2	EMM04794	DOE RUN PERU S.R.LTDA.	LA OROYA	YAULI	JUNIN	REFINACION	REFINADOS	0,00	6,00
156	P0101277	CIMALSA	EMM01277	CIA.INV.MRAS.AGRICS.LURIN S.A.	SAN MATEO	HUARACHIRI	LIMA	CALCINACION	CALCINACION CAL	60,00	49,00
157	P0101344	EL PORVENIR-PLTA	EMM01344	MRA.CENTRO S.A.	QUICHUAY	HUANCAYO	JUNIN	CALCINACION	CALCINACION CAL	33,00	4,00
158	P0101487	PLANTA DE CALMINSA	EMM01487	CAL MINERA S.A.	BELLA UNION	CARAVELI	AREQUIPA	CALCINACION	CALCINACION CAL	120,00	98,08
159	P0101760	CALERA CUT-OFF	EMM01760	CALERA CUT-OFF S.A.	YAULI	YAULI	JUNIN	CALCINACION	CALCINACION CAL	160,00	42,00
160	P0102964	CALIFORNIA 2	EMM02964	CALIZAS ASCOPE S.A.	SAN BENITO	CONTUMAZA	CAJAMARCA	CALCINACION	CALCINACION CAL	10,00	100,00
161	P0103032	SIMBAL	EMM03032	ROBLES BRICENO,OSCAR AMERICO	SIMBAL	TRUJILLO	LA LIBERTAD	CALCINACION	CALCINACION CAL	30,00	4,00
162	P0201378	UBINAS	EMM01378	CIA.MRA.UBINAS S.A.	SAN JUAN DE TARUCANI	AREQUIPA	AREQUIPA	CALCINACION	CALCINACION CAL	84,00	140,00
163	P0400415	CALERA CHINA LINDA	EMM00415	CIA.DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	ENCAÑADA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	CALCINACION	CALCINACION CAL	1000,00	5,63
164	P0101263	REHABILITACION N° 13	EMM01263	YURA S.A.	YURA	AREQUIPA	AREQUIPA	CLINKERIZACION	CLINKERIZADO DE CEMENTO	800,00	25,00
165	P0101266	NORTE CUATRO	EMM01266	CEMENTOS NORTE PACASMAYO S.A.	PACASMAYO	PACASMAYO	LA LIBERTAD	CLINKERIZACION	CLINKERIZADO DE CEMENTO	3000,00	60,00
166	P0101271	HDA.BENEF.CEMENTOS LIMA	EMM01271	CEMENTOS LIMA S.A.	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	LIMA	LIMA	CLINKERIZACION	CLINKERIZADO DE CEMENTO	11500,00	240,00
167	P0201271	PLANTA DE CEMENTO CHILCA	EMM01271	CEMENTOS LIMA S.A.	CHILCA	CAÑETE	LIMA	CLINKERIZACION	CLINKERIZADO DE CEMENTO	900,00	
168	P0201280	CEMENTO ANDINO	EMM01280	CEMENTO ANDINO S.A.	LA UNION	TARMA	JUNIN	CLINKERIZACION	CLINKERIZADO DE CEMENTO	1600,00	
169	P0101272	LAGUNA SECA	EMM01272	MINERALES ANDINOS S.A.	PARIÑAS	TALARA	PIURA	MOLIENDA FINA	MOLIDOS FINOS	24,00	1,00
170	P0101658	TRIPSA-3	EMM01658	CIA.MRA.TRIPSA S.A.	PACHACAMAC	LIMA	LIMA	MOLIENDA FINA	MOLIDOS FINOS	250,00	30,00
171	P0101763	ACSA DOS	EMM01763	CIA.MRA.AGREGADOS CALCAREOS S.A	SAN MARTIN DE PORRES	LIMA	LIMA	MOLIENDA FINA	MOLIDOS FINOS	130,00	6,00
172	P0101865	LAR LIMA	EMM01865	LAR CARBON S.A.	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	LIMA	LIMA	MOLIENDA FINA	MOLIDOS FINOS	2400,00	3,40
173	P0401763	ACSA	EMM01763	CIA.MRA.AGREGADOS CALCAREOS S.A	LIMA	LIMA	LIMA	MOLIENDA FINA	MOLIDOS FINOS	300,00	3,20
174	P0302563	CERRO VERDE	EMM02563	SOC.MRA.CERRO VERDE S.A.	YARABAMBA	AREQUIPA	AREQUIPA	EXT.SOLV+ELECT.DEP.		31000,00	
175	P1100414	SX/EW-TOQUEPALA	EMM00414	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	ILABAYA	JORGE BASADRE	TACNA	EXT.SOLV+ELECT.DEP.		18737,00	
176	P3900383	QUIULACOCCHA-YANAMATE	EMM00383	EMP.MRA.DEL CENTRO DEL PERU S.A.	SIMON BOLIVAR	PASCO	PASCO	EXT.SOLV+ELECT.DEP.		18315,00	
177	P0200014	PLANTA DE FILTRADO	EMM00014	EMP.MRA.ISCAYCRUZ S.A.	CHECRAS	HUAURA	LIMA	SECADO	SECADOS	0,00	1,20
178	P0203988	PLANTA DE FILTRADO	EMM03988	CIA.MRA.ANTAMINA S.A.	HUARMEY	HUARMEY	ANCASH	SECADO	SECADOS		
179	P0101267	LADRILLOS CALCAREOS UNO	EMM01267	CIA.MRA.LUREN S.A.	VILLA EL SALVADOR	LIMA	LIMA	MEZCLADO Y COCIDO	LADRILLOS COCIDOS	600,00	21,00
180	P0101665	CEPERSA	EMM01665	CERAMICOS PERUANOS S.A.(CEPERSA)	CARABAYLLO	LIMA	LIMA	MEZCLADO Y COCIDO	LADRILLOS COCIDOS	400,00	30,00
181	P0105673	P.P.DE MINER.NO METALICOS	EMM05673	SULFATOS NATURALES OCUCAJE S.A.	OCUCAJE	ICA	ICA	LAVADO Y CONCENTRACION	TRATAMIENTO DE CONCHUELAS	30,00	1,44
182	P0400414	P. LAV. Y CONC. DE CONCH.	EMM00414	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	ILO	ILO	MOQUEGUA	LAVADO Y CONCENTRACION	TRATAMIENTO DE CONCHUELAS	2068,00	
183	P0101270	BAYOVAR	EMM01270	EMP.MRA.REG.GRAU BAYOVAR S.A	SECHURA	SECHURA	PIURA	CLASIFICACION	CLASIFICADOS	800,00	72,00
184	P0101279	PIEDRA LIMPIA N° 1	EMM01279	MRA.LA GLORIA S.A.	SANTA ANITA	LIMA	LIMA	CHANCADO	CHANCADOS	1300,00	65,98
185	P0102602	RGT	EMM02602	RGT MINERALES S.A.	CALLAO	CALLAO	CALLAO	SEGREGACION	SEGREGADOS	22,00	3,01
186	P0103986	MISQUICHILCA	EMM03986	MRA. BARRICK MISQUICHILCA S.A.	JANGAS	HUARAZ	ANCASH	LIXIVIACION PILAS		22000,00	1350,00
187	P0302344	BALCONES	EMM02344	MINERA BARIBENT S.A.	LA BREA	TALARA	PIURA	MOLIENDA INTERMEDIA	MOLIDOS	60,00	
188	P0700414	LA FUNDICION	EMM00414	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	PACCOCHA	ILO	MOQUEGUA	FUNDICION	FUNDIDOS	904,00	