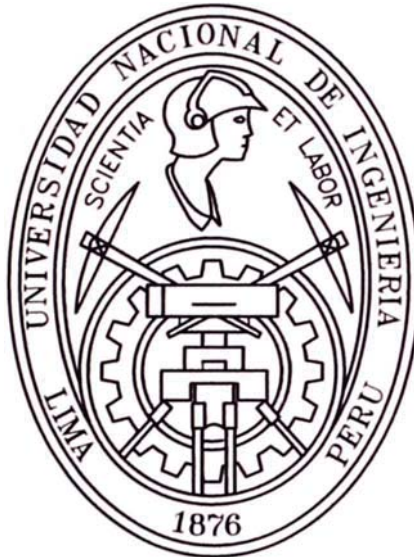


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“DISEÑO DE PRESA DE RELAVES ALPAMARCA Y EL USO
DE MATERIALES DE MINA COMO CUERPO DE PRESA”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

AQUILES MARTIN VILLANUEVA JIMÉNEZ

Lima – Perú

2006

INDICE

	Pág.
RESUMEN -----	5
INTRODUCCIÓN-----	7
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES	
1.1 Generalidades-----	11
1.2 Objetivos del Proyecto-----	14
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO	
2.1 Características Físicas de los Depósitos de Relaves en General-----	15
2.1.1 Características de la Deposición-----	15
2.1.2 Características Estructurales-----	19
2.1.3 Fallas en Depósitos de Relaves-----	23
2.2 Criterios de Concepto y Diseño del Depósito de Relave-----	24
2.2.1 Concepto del Diseño -----	24
2.2.2 Criterios de Diseño-----	26
CAPÍTULO III INFORMACIÓN BÁSICA	
3.1 Estudio Geológico y Geomorfológico -----	29
3.1.1 Generalidades-----	29
3.1.2 Geomorfología-----	29
3.1.3 Geología -----	30
3.1.3.1 Estratigrafía-----	30
3.1.3.2 Rocas Intrusitas-----	31
3.1.3.3 Depósitos Cuaternarios-----	31
3.1.3.4 Depósitos Aluviales-----	32
3.1.3.5 Depósitos Proluviales-----	32
3.1.3.6 Depósitos Diluviales-----	32
3.1.3.7 Depósitos Tecnógenos -----	33
3.1.4 Estructuras Geológicas – Tectónicas-----	33
3.2 Estudio Hidrológico -----	34
3.2.1 Generalidades-----	34
3.2.2 Clima-----	34

	Pág.
3.2.2.1 Temperatura Media-----	37
3.2.2.2 Precipitación Media-----	38
3.2.3 Hidrología-----	39
3.2.4 Alteraciones de los Trabajos a Realizar por Eventos Hidrológicos-----	41
3.3 Estudio Geotécnico-----	42
3.3.1 Generalidades-----	42
3.3.2 Excavación de las Calicatas y Estimación de las Fuentes de Préstamo-----	43
3.3.3 Perforación con Recuperación de Testigos y Ensayos Hidráulicos-----	44
3.3.4 Ensayos de las Muestras de Suelo-----	44
3.4 Sismicidad-----	45
3.4.1 Generalidades-----	45
3.4.2 Criterios de Análisis-----	49
3.4.3 Distribución de los Epicentros Sismicos-----	49
3.4.4 Evaluación de las Fuentes Sismogénicas-----	52
3.4.5 Evaluación de Peligro Sísmico-----	52

CAPÍTULO IV DISEÑO DE LA PRESA DE RELAVES

4.1 Generalidades-----	58
4.2 Preparación de la Cimentación-----	60
4.3 Materiales de Construcción-----	61
4.3.1 Características Generales-----	61
4.3.2 Características de Resistencia del Relleno de la Presa-----	63
4.4 Análisis de Estabilidad-----	64
4.4.1 Métodos de Análisis-----	64
4.4.2 Factores de Seguridad-----	67
4.5 Resultados Obtenidos-----	67
4.6 Proceso Constructivo-----	69
4.6.1 Generalidades-----	69
4.6.2 Alternativa 1-----	70
4.6.3 Alternativa 2-----	72

4.6.4 Análisis de las alternativas-----	73
---	----

CAPÍTULO V ANÁLISIS CON OTRO MATERIAL DE PRÉSTAMO EN EL CUERPO DE PRESA

5.1 Generalidades-----	74
5.2 Análisis Utilizando Relaves-----	75
5.2.1 Consideraciones en el Diseño -----	76
5.2.2 Análisis de Estabilidad -----	76
5.2.3 Resultados Obtenidos-----	78
5.2.4 Evaluación de la Disponibilidad de Relaves -----	80
5.2.5 Importancia en la Utilización de Relave -----	80
5.3 Análisis Utilizando Desmonte de Mina -----	81
5.3.1 Consideraciones en el Diseño -----	81
5.3.2 Análisis de Estabilidad -----	82
5.3.3 Resultados Obtenidos-----	83
5.3.4 Evaluación de la Disponibilidad de Desmonte de Mina-----	85
5.3.5 Importancia en la Utilización de Desmonte-----	85

CAPÍTULO VI COMPARATIVO ECONÓMICO ENTRE EL DISEÑO ORIGINAL Y LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

6.1 Metrados de Alternativas-----	87
6.1.1 Alternativa 1: Diseño Original -----	87
6.1.2 Alternativa 2: Diseño Utilizando Relaves -----	88
6.1.3 Alternativa 3: Diseño Utilizando Desmonte de Mina-----	90
6.2 Análisis de Costos -----	91
6.3 Comparación Económica entre Alternativas-----	94
6.3.1 Comparación Económica entre Diseño Original y Relaves-----	94
6.3.2 Comparación Económica entre Diseño Original y Desmonte de Mina-----	96
6.3.3 Conclusiones Generales-----	97

CAPÍTULO VII ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

7.1 Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto de la Presa de Relaves en Alpamarca-----	99
7.1.1 Introducción-----	99
7.1.2 Procedimiento de Caracterización y Evaluación de Impactos Ambientales-----	101
7.1.3 Efectos Previsibles de la Actividad-----	105
7.1.3.1 Ambiente Físico-----	105
7.1.3.2 Ambiente Biológico-----	109
7.1.3.3 Ambiente Socio – Económico-----	111
7.1.3.4 Ambiente de Interés Humano-----	115
7.1.3.5 Impactos Ambientales Ocasionados por la Actividad----	116
7.2 Control y Mitigación de los Impactos Ambientales del Proyecto-----	119
7.2.1 Ambiente Físico-----	119
7.2.1.1 Topografía-----	119
7.2.1.2 Calidad del Aire-----	119
7.2.1.3 Ruidos y Vibraciones-----	119
7.2.1.4 Calidad del Suelo-----	120
7.2.1.5 Aguas Superficiales-----	120
7.2.1.6 Aguas Subterráneas-----	121
7.2.2 Ambiente Biológico-----	121
7.2.2.1 Ecosistema Terrestre-----	121
7.2.2.2 Ecosistema Acuático-----	122
7.2.3 Ambiente Socioeconómico-----	122
CONCLUSIONES-----	123
RECOMENDACIONES-----	128
ANEXOS:	
1.0 Modelos analizados-----	131
2.0 Especificaciones Técnicas-----	165
3.0 Planos-----	203
4.0 Fotografías-----	235
BIBLIOGRAFÍA-----	253

RESUMEN

A continuación se presenta un resumen de cada uno de los capítulos de este trabajo.

En la Introducción se presenta las condiciones que motivo a llevar a cabo esta investigación.

En el Capítulo I se da a conocer los aspectos generales y los objetivos de la tesis, como parte de las generalidades se menciona los antecedentes y justificación del trabajo realizado, así como la ubicación y clima de la presa de relaves Alpamarca.

En el Capítulo II se presenta el fundamento teórico, que explica sobre las características de las presas de relaves y la importancia que significa el realizar una obra de esta magnitud, las características físicas que deben presentar, asimismo se presenta criterios de diseño generales para la presa en estudio.

En el Capítulo III se presenta los estudios básicos que fueron realizados para la ejecución del proyecto de la presa de relaves. Estos estudios básicos consisten en: geomorfología, geología, geotecnia, hidrología y sismicidad. Toda esta información fue tomada de los estudios presentados por los consultores encargados del diseño original de la presa de Relaves.

En el Capítulo IV, se presenta el diseño de la presa de relaves utilizando material de préstamo, de acuerdo a la configuración correspondiente al diseño original. La información de preparación de la cimentación, materiales de préstamo y métodos de construcción fueron adoptados de los estudios originales para la construcción de la presa. Los análisis de estabilidad de la sección típica fueron desarrollados en el presente trabajo, tomando como base la sección típica del diseño original. Los resultados obtenidos son similares a los del estudio original.

En el Capítulo V se presentan el análisis y diseño de la presa de relaves considerando la utilización de diferentes materiales al utilizado en el diseño

original para el cuerpo de la presa, el cual es uno de los objetivos principales de esta tesis. Los materiales considerados fueron relave y desmonte de mina. Se presentan las secciones típicas para cada uno de estas alternativas, las cuales fueron analizadas hasta obtener una configuración estable de acuerdo a los criterios de diseño asumidos para la configuración original, para lo cual hubo la necesidad de efectuar cambios en la sección y los tipos de materiales a utilizar en el dique de arranque.

En el Capítulo VI se presenta el comparativo económico de las alternativas analizadas con respecto a la alternativa del diseño original. En este capítulo se presentan también los metrados para cada alternativa analizada, el presupuesto de obra y los precios unitarios de cada alternativa. Los costos fueron obtenidos del expediente técnico de construcción y los costos de las partidas que no figuraban en el expediente técnico fueron estimadas a partir de la información de costos de la operación de la mina.

En el Capítulo VII se presenta el Estudio de Impacto Ambiental, el cual fue aprobado por el Ministerio de Energía y Minas, para la construcción del Depósito de Relaves de Alpamarca. En el desarrollo de este capítulo se presenta la evaluación de impacto ambiental del proyecto, así como el control y mitigación de los impactos ambientales que generará el proyecto.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones derivadas a partir del desarrollo del presente estudio, que puedan servir de base a futuros estudios sobre esta materia.

Como parte del estudio se presentan los anexos que ilustran lo siguiente: modelos analizados para cada alternativa, especificaciones técnicas de construcción, planos del diseño original y los análisis de estabilidad de los diseños realizados y fotografías de la construcción de la presa de relaves Alpamarca.

INTRODUCCION

Las modalidades de construcción de presas de relaves son las siguientes: aguas abajo, aguas arriba y línea central. Dependiendo de la característica física del material a ser usado como cuerpo de presa, de la topografía del lugar y de la sismicidad de la zona se puede optar por el método que sea más conveniente, no siendo recomendable, sin embargo, la utilización del método aguas arriba, debido a los problemas de estabilidad geotécnica que estos presentan.

Para los métodos de construcción aguas abajo y línea central es posible la utilización de materiales de préstamo proveniente de canteras. Sin embargo, en la medida que se disponga de suficiente cantidad de relave grueso proveniente del cicloneo de la pulpa de relaves, o desmonte proveniente de la explotación de la mina, es preferible la utilización de estos materiales, debido a los importantes ahorros económicos que esto implica,

La presente tesis “Diseño de Presa de Relaves Alpamarca y el Uso de Materiales de Mina como Cuerpo de Presa”, presenta el diseño de una presa construida con el método aguas abajo y con materiales de grava obtenidos de una fuente de préstamo. Asimismo, se presenta las alternativas de utilización de materiales de relaves y desmonte de mina en la construcción y crecimiento de la presa y del depósito de relaves, cumpliendo con los estándares internacionales de estabilidad en condiciones estáticas y con sismo (pseudo-estáticaas).

El concepto del diseño para el depósito de relaves consiste en su ubicación dentro del Valle de Alpamarca, este nuevo depósito se formará para la construcción de una presa de material gravoso y enrocado cerca de la boca del valle. El tamaño del depósito está optimizado a fin de permitir un máximo almacenamiento de los relaves mientras se ajusta dentro de las dimensiones de la geometría de la cuenca. La capacidad del depósito de relaves final es de aproximadamente 2.1 millones de toneladas (nominal) de relaves molidos y secos más un espacio libre para una poza de agua.

Para realizar el diseño de la presa, se utilizó información procedente de los estudios realizados en la zona, tales como los referentes a la geología, geomorfología, geotecnia, hidrología y sismicidad, los cuales determinan los parámetros de diseño no solo del cuerpo de presa, pero también de las obras afines que se necesita para el funcionamiento normal de la Presa.

Con las consideraciones de los estudios realizados, el diseño original fue reanalizado, a partir de las características físicas de los materiales provenientes de la cantera de Pías y Yuracyaco, habiéndose realizado los análisis de estabilidad correspondientes y verificado los resultados obtenidos en el diseño original de la presa.

Los análisis de estabilidad para cada alternativa, fueron realizados usando el método de Bishop Modificado, implementado en el programa de cómputo PCSTABL. Para los análisis realizados, estático y pseudo-estático, se consideró la presencia del nivel del agua, las características físicas de los materiales que conforman el cuerpo de presa, las características del suelo de cimentación y un coeficiente sísmico de 0.15g, este último para el caso del análisis en la condición psuedo-estática, considerando una aceleración máxima de 0.30g, obtenida de la revisión del estudio de peligro sísmico de la zona.

En los casos en el los que se utilizó material de cantera y desmonte de mina, se verificó la estabilidad de los taludes aguas abajo y aguas arriba. Solo en el diseño realizado con relaves se verificó únicamente la estabilidad del talud aguas abajo, considerando que la presa "crecerá" y no será "construida".

Los factores de seguridad mínimos para los análisis de estabilidad realizados, fueron aquellos recomendados por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US ARMY CORP).

Las secciones considerando la utilización de relave y desmonte de mina fueron optimizados para conseguir una configuración estable, con factores de seguridad apropiados, tanto en la condición estática como pseudo-estática.

Los estimados de costos presentados para cada alternativa analizada fueron elaborados considerando los costos del diseño original, solo las nuevas partidas fueron estimadas a partir de los datos de costos de la operación minera, como es el caso por ejemplo de la deposición del relave. Los metrados de la alternativa del diseño original fueron calculados en función a los planos de construcción del estudio original, para las alternativas que consideran relave y desmonte de mina, los metrados fueron calculados considerando la sección de diseño que presenta una configuración estable.

El comparativo económico realizado indica que se presenta un ahorro significativo en la construcción de la presa cuando se utiliza desmonte de mina en lugar de material de cantera. Este ahorro es aún mucho mayor cuando se utiliza relave grueso para el crecimiento del dique. En este último caso, después de una inversión de capital para las obras iniciales de la construcción de la presa de arranque, el crecimiento del dique y las obras asociadas a este crecimiento se transforman en costos operativos, implicando un ahorro aún mayor, debido a que la inversión es realizada a largo plazo.

El Estudio de Impacto Ambiental presentado es un resumen del aquel desarrollado para la construcción del depósito de Relaves Alpamarca. En este estudio se presenta la identificación y evaluación de los impactos ambientales que se generaran por la construcción, operación y abandono del Depósito de Relaves de Alpamarca, de acuerdo al diseño establecido. Para la evaluación de impactos se ha empleado la matriz de Leopold que asigna un valor relativo al impacto de acuerdo a su carácter, probabilidad de ocurrencia, magnitud e importancia, se cuantifica luego, el impacto de cada actividad del proyecto (denominada fuente de impacto) sobre los componentes ambientales. Se presenta también el control y mitigación de los impactos ambientales del proyecto, clasificados por los impactos generados en: ambiente físico, ambiente biológico y ambiente socioeconómico.

Se debe tener en cuenta que la acumulación del desmonte de mina así como del relave se dan en lugares establecidos con sus respectivos Estudios de Impacto Ambiental. Si es que se da utilización a estos materiales se optimiza las

operaciones minera y se disminuyen los costos asociados al cierre de estas instalaciones

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Generalidades

Antecedentes

El Perú es un país que tiene como una de sus principales actividades económicas a la minería, dentro de este marco las empresas mineras necesitan depósitos en donde se pueda colocar los desechos producto de la actividad.

Consorcio Minero Horizonte S.A., para continuar operando decidió realizar la construcción de la presa de relaves Alpamarca. Este depósito permitirá la disposición de los relaves provenientes del proceso de flotación, los cuales son transportados desde la planta de beneficio hasta la presa de relaves mediante un sistema de tuberías, aprovechando la topografía del lugar. La impermeabilización del depósito es parcial, debido a que está diseñado para almacenar relaves que no impliquen contaminación ambiental, ya que de acuerdo al Estudio de Impacto Ambiental, no posee elementos contaminantes característicos de otras operaciones.

La presa de relaves Alpamarca ha sido construida utilizando materiales de préstamo de la manera convencional y similar a una presa para retención de agua. Este hecho implica una complejidad en el diseño y en la construcción debido a las difíciles características del terreno y a la altura final de la presa. Asimismo, dado los grandes volúmenes de movimiento de tierras involucrados en la construcción, el costo de la presa ha sido bastante elevado, debido a lo cual se ha hecho un comparativo económico considerando la opción de la utilización de materiales de mina en el cuerpo de la presa y su impacto en los costos.

Para la construcción de la presa de relaves esta se dividió en dos etapas, la primera etapa con un volumen de cuerpo de 345,000 m³ hasta la cota de corona

2292.10 y capacidad de vaso de 466,650 m³. La segunda etapa con un volumen de cuerpo de 738,533 m³ y un volumen de almacenamiento de 1'380,194.00 m³, hasta la cota de corona 2320.00. Siendo la capacidad total de almacenamiento a la cota final de diseño, de 1'727,000.00 m³

Justificación

El desarrollo del presente trabajo es importante en la medida que pretende mostrar las diferentes opciones en la utilización de materiales de mina en la construcción de una presa y su impacto tanto económico como ambiental en el desarrollo del proyecto.

Ubicación

La presa de relaves se ubica en la zona de Alpamarca, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, a una altura de 2,300 msnm. Para llegar a la obra por vía terrestre, hay que desplazarse hasta la ciudad de Trujillo y de allí por la carretera a Huamachuco se llega a la zona de la obra, luego de 20 horas de viaje (360 Km.). Por vía aérea en vuelo directo de Lima al aeropuerto de Pías (1 hora de viaje) y de allí 30 minutos por tierra. En la Fig. 1.1 se visualiza la zona del proyecto. En el plano de Ubicación del Anexo 3, se puede observar a más detalle la ubicación de la presa de relaves Alpamarca.



Fig. 1.1. Ubicación de la presa de relaves Alpamarca.

Clima

Los datos climatológicos de la zona se consideran referidos a la estación de Buldibuyo, sobre esta referencia se establece la similitud a otras zonas, donde la época de lluvia se extiende de Noviembre a **Marzo**, seguida de un poco de sequía entre los meses de Abril a Octubre.

Considerando los datos referidos a la estación meteorológica de Buldibuyo, se determina una temperatura media de 12°C. La temperatura media determinada en la estación existente en la unidad minera es de 10,18°C.

1.2 Objetivos del Proyecto

El presente estudio tiene como objetivo presentar el uso de los materiales provenientes de la explotación minera como material de préstamo para la construcción de una presa para almacenamiento de relaves, tales como desmonte de mina y relaves. Se ha tomado como referencia los estudios básicos y diseños realizados para la construcción de la Presa de Relaves de Alpamarca en los cuales se utilizaron materiales provenientes de canteras.

Se realizarán estudios de estabilidad con los materiales de mina, y se plantearán comparativos económicos para observar la viabilidad de ejecutar estas obras con la utilización de materiales de desmonte de mina.

Se incluye también un capítulo que resume el Estudio de Impacto Ambiental realizado para el proyecto de la presa.

CAPITULO II

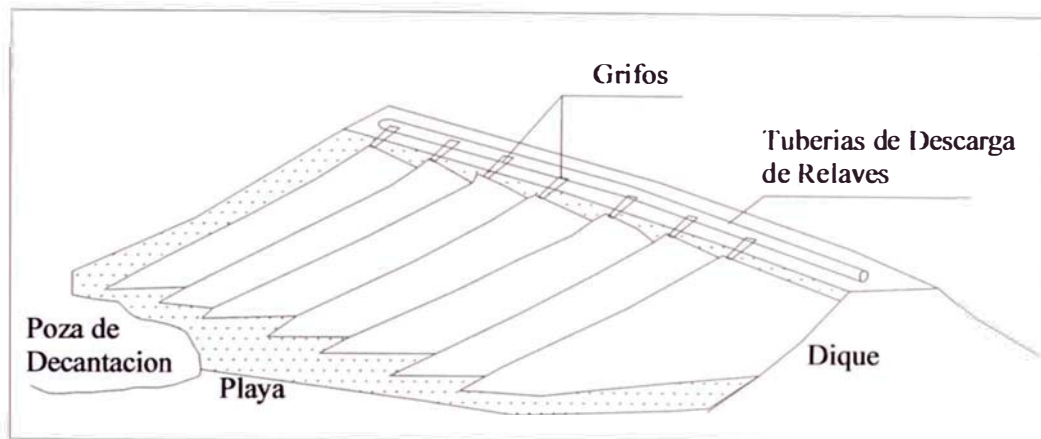
FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Características Físicas de los Depósitos de Relaves en General

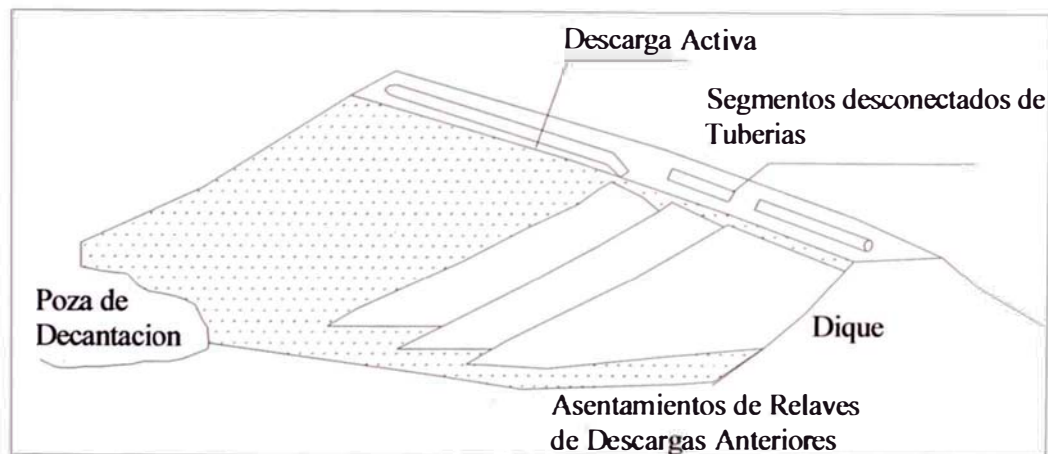
Las características físicas de los depósitos de relaves dependen fundamentalmente de la forma de su deposición. Estas propiedades son importantes para comprender como responderá el depósito a las condiciones de carga, a la infiltración y a los movimientos sísmicos.

2.1.1. Características de la Deposición

Los relaves son normalmente transportados desde la planta concentradora hasta el depósito a través de tuberías en forma de pulpa (mezcla de agua y sólidos), en concentraciones que van de 20 a 50% de sólidos en peso. En los depósitos superficiales la pulpa es descargada desde la cresta del dique, sea a través de grifos en la línea de construcción de los terraplenes de relaves espaciados más o menos de 10 a 50 m (Fig. N° 2.1 – A) o por una reubicación periódica del extremo de la tubería de descarga (Fig. N° 2.1 – 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 inicial hasta la poza de decantación en la zona interna del depósito donde el agua remanente de la pulpa se acumula para ser recirculada a la planta concentradora.



A). Descarga en puntos múltiples.



B). Descarga puntual.

Fig. N° 2.1. Método de descarga de relaves.

En teoría, el material más grueso se asienta inicialmente a partir de la pulpa, las partículas más finas se asientan más alejadas de la playa, y las mucho más finas, del tamaño de la arcilla y limos, se asientan en la poza de decantación dando lugar al modelo altamente idealizado de segregación por tamaño y permeabilidad relativa mostrada en la Fig. N° 2.2. Esto crea zonas de relaves dentro del 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 mayores que 0.074 mm, lo que significa que menos del 50% presentan partículas más finas que ese tamaño.

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

Aunque el modelo conceptual de la Fig. N° 2.2 se aplica usualmente en un sentido general, la realidad presenta a menudo una figura mucho más compleja. El grado actual de segregación de tamaño de partículas varía notablemente, dentro de un depósito a otro, de acuerdo a factores tales como la fineza de la molienda, el contenido de sólidos, el caudal y el pH de la pulpa descargada. Estos mismos factores influyen en la configuración final del talud del depósito, en la pendiente de la playa de decantación y la densidad *in situ* de los relaves y han sido materia de estudio por varios investigadores (Coinlin, 1989; Kupper y Asociados, 1982; Abadjiev, 1985; Bolt, 1988; y Fourie, 1988). En la mayoría de los depósitos de relaves en operación el tamaño y ubicación de la descarga cambia, de tal manera que la arena y las zonas intermedias que se muestran en la Fig. N° 2.2 pueden resultar escasamente diferenciadas con depósitos notablemente heterogéneos conformados por estratos horizontales de arenas y lamas.

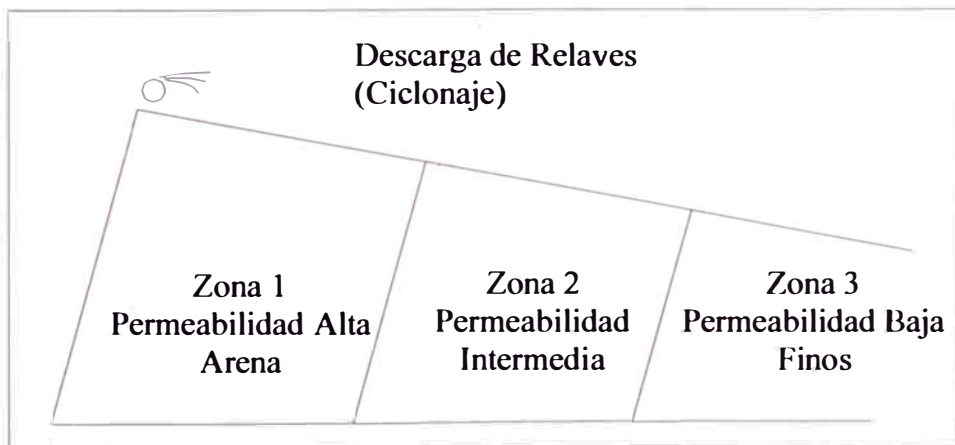


Fig. N° 2.2. Modelo idealizado de segregación por tamaño y permeabilidad en la deposición de Relaves. (Keaby y Busch, 1971).

Hay tres excepciones principales donde pueden ocurrir condiciones más uniformes. La primera es, si el contenido de sólidos 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 la partícula en función de la distancia desde el punto de descarga. La segunda es para relaves molidos a tamaños muy finos y que tienen un mínimo contenido de arena; los relaves de cianuración de oro y plata corresponden a este tipo según lo describe Lefebvre y Dasous (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 se utilizan hidrociclones 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. Este dispositivo, mostrado en la Fig. N° 2.3 opera según los principios centrífugos y separa la pulpa de relave alimentada en una descarga por la parte inferior del hidrociclón ("underflow") arenas que contienen entre 5 y 30% de material mas fino de 0.074 mm y otra por la parte superior ("overflow" o rebose) que se descarga al deposito 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.

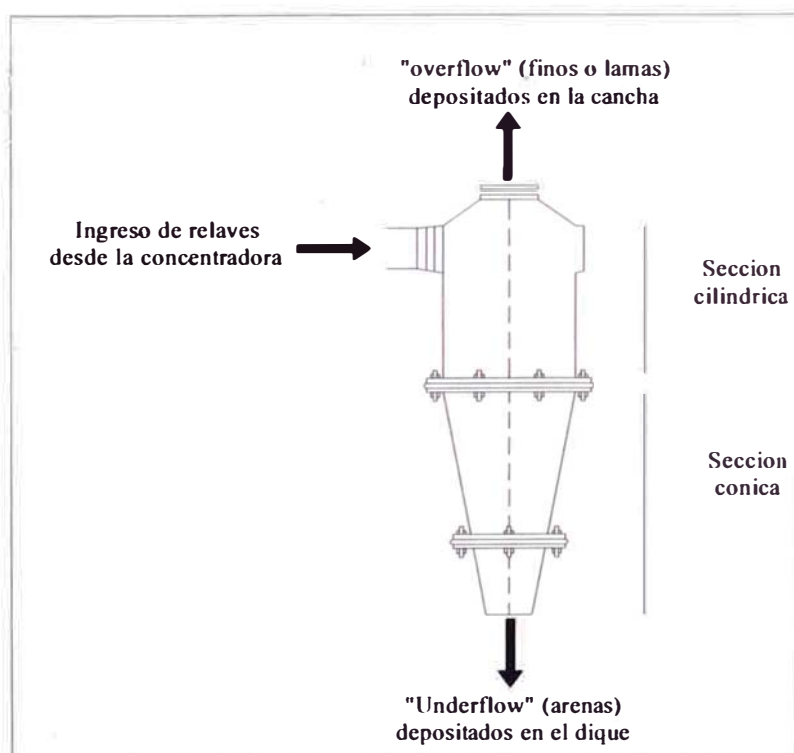


Fig. N° 2.3. Configuración típica de un hidrociclón.

La granulometría de los relaves arenosos en la zona de playa posee generalmente un contenido más alto de finos a comparación de la que se ubica en el dique.

La granulometría del relave global queda determinada por el proceso de molienda en la concentradora, el cual por lo general, 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 la molienda requerida para incrementar los finos de los relaves en solo 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, manteniendo suministros y energía requerida para moler a tamaños mas finos sino que los relaves más finos reducen la disponibilidad y recuperación de la arena cicloneada que puede ser útil como relleno en las labores subterráneas o como material de bajo costo para la construcción de la presa de relaves. Especialmente en 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 de relaves, el método de minado y los factores de recuperación, tomados todos en conjunto.

2.1.2. Características 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, y en el caso de los depósitos de relaves estas propiedades dependen notablemente de la predominancia de las arenas y las lamas y del grado de inter-estratificación. La resistencia de los relaves arenosos esta mejor representada por el ángulo de fricción interna el cual es mayor que el de la mayoría de suelos naturales, debido a la angularidad de las partículas de relave que la molienda produce. Las lamas, sin embargo, son compresibles y por lo general presentan baja resistencia a los procesos de corte no drenado. (Ladd, 1991 y Vick, 1992).

El coeficiente de permeabilidad de los relaves arenosos varía aproximadamente de 10^{-3} a 10^{-6} cm/s, dependiendo del esfuerzo total efectivo a que este sometido, una relación muy útil usada es la propuesta por Hazen:

$$K = 100 (d_{10})^2$$

Donde k es el coeficiente de permeabilidad en centímetros por segundo y d_{10} es el tamaño de la abertura en milímetros por el que pasa el 10% del material. Esta relación ha probado ser muy exacta para relaves de metales básicos y metales preciosos de todos los tipos. Proporciona la permeabilidad de los estratos individuales mas no necesariamente del relave como un todo pues este depende de la ínter-estratificación. La permeabilidad de los depósitos ínter-estratificados de arenas y lamas es gobernada por las arenas, debido a la interconexión de lo estratos mas permeables que proporcionan un adecuado control a los procesos de infiltración.

En la Fig. 2.4 se presenta la disposición del relave grueso (arena) en los tipos de presas de relaves comúnmente utilizadas. El relave grueso es utilizado como drenaje interno por gravedad de la presa o depósito.

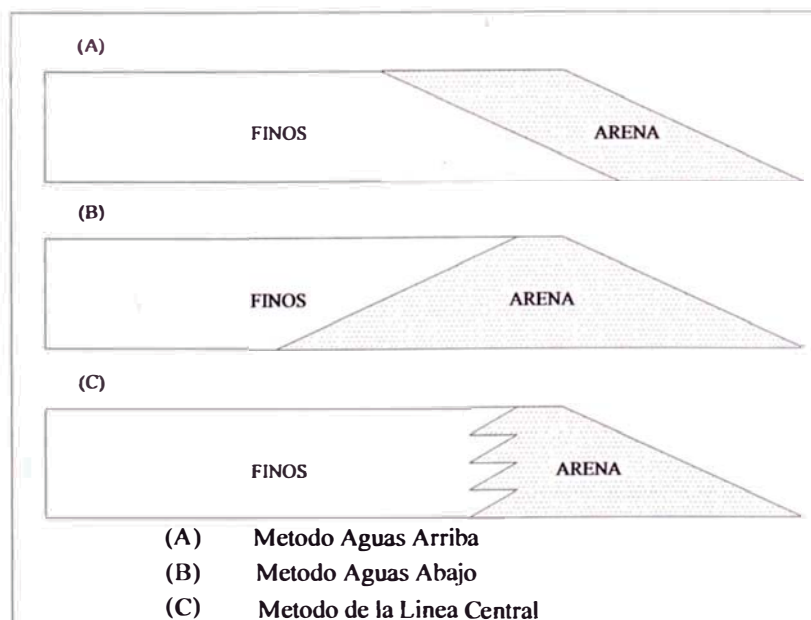


Fig. N° 2.4. Uso de relaves para drenaje interno.

Los relaves arenosos drenan por gravedad disminuyendo aproximadamente entre 5 y 15% de su humedad inicial al principio de la deposición. Las lamas sin embargo, no responden al drenaje por gravedad debido a las altas fuerzas de capilaridad asociadas con el pequeño tamaño de las partículas. Las evidencias de campo muestran que por debajo de la zona de desecación superficial, las lamas originalmente depositadas bajo agua, retienen su contenido original de humedad (25 – 35%) y permanecen virtualmente saturadas en su totalidad por periodos de hasta 90 años, aun en climas secos. Esta conducta de la saturación ha sido confirmada en los desiertos peruanos como los observados en Arequipa, donde estratos de lamas saturadas permanecen a solamente 1.6 m por debajo de la superficie de un depósito de relaves inactivo por mas de 35 años (Villachica y Sinche 1984).

La disposición hidráulica ordinaria de arenas y lamas produce bajas densidades *in situ* y en condiciones sueltas y blandas, tal como lo indican los resultados de la Prueba de Penetración Estándar (Seed et al, 1985) con promedios típicos de valores de “N” de resistencia a la penetración entre 5 a 10 golpes/30cm para playas de arenas recientemente depositadas y entre 1 y 3 golpes/30cm para lamas. Bajo condiciones de total saturación, lo anterior indica que ambos tipos de relaves son susceptibles de perder resistencia como consecuencia de la licuación sísmica; este factor tiene la máxima importancia con relación a casi todos los aspectos del manejo de relaves en el Perú, debido a que la mayoría de los depósitos de relaves se encuentran en zonas de alta o mediana actividad sísmica.

En las figuras 2.5, 2.6 y 2.7 se presentan los diferentes sistemas de construcción de depósitos de relaves. En los métodos de línea central y aguas abajo, el método de construcción puede ser complementado con la implementación de un sistema de drenaje tal como se ilustra en las figuras 2.6 y 2.7.

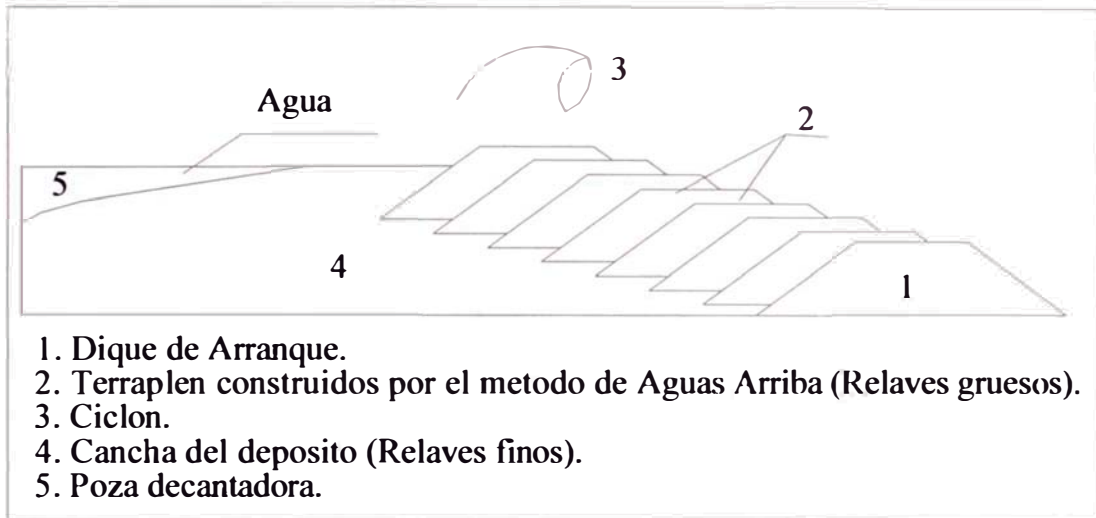


Fig. Nº 2.5. Sistema de construcción con el método Aguas Arriba.

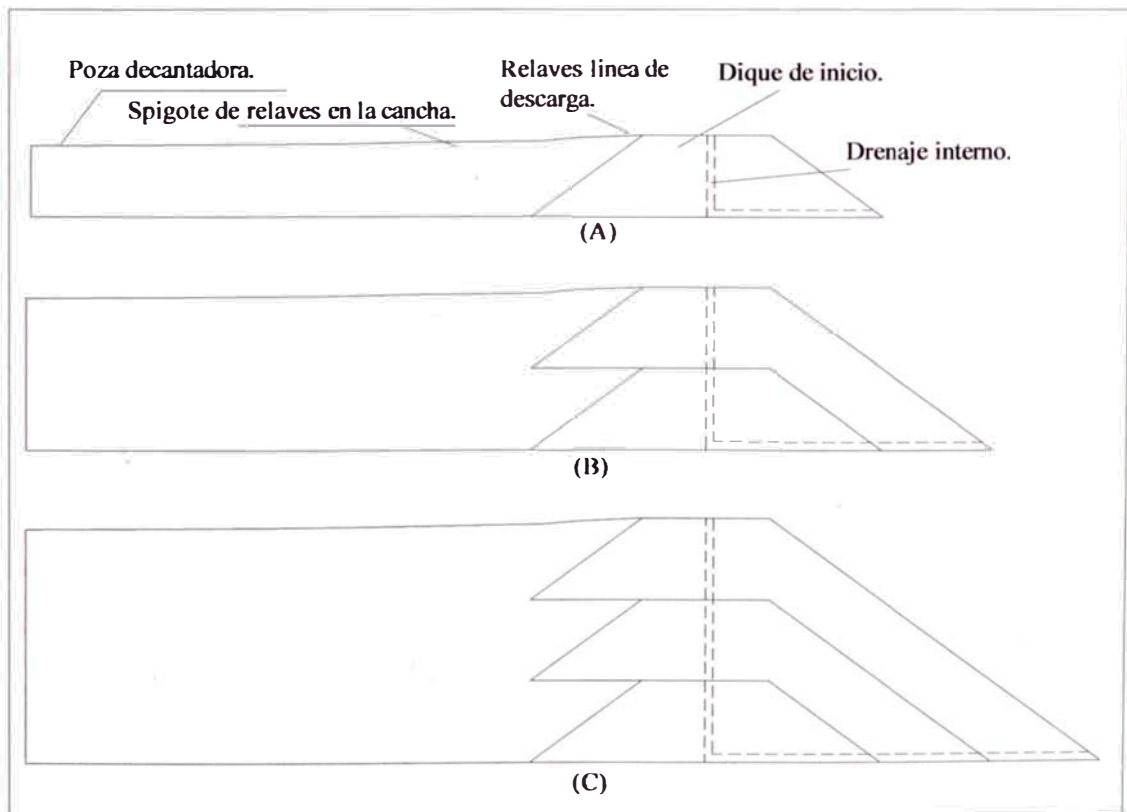


Fig. Nº 2.6. Secuencia de sobre elevación. Presa construida con el método "Línea Central" y dren de chimenea.

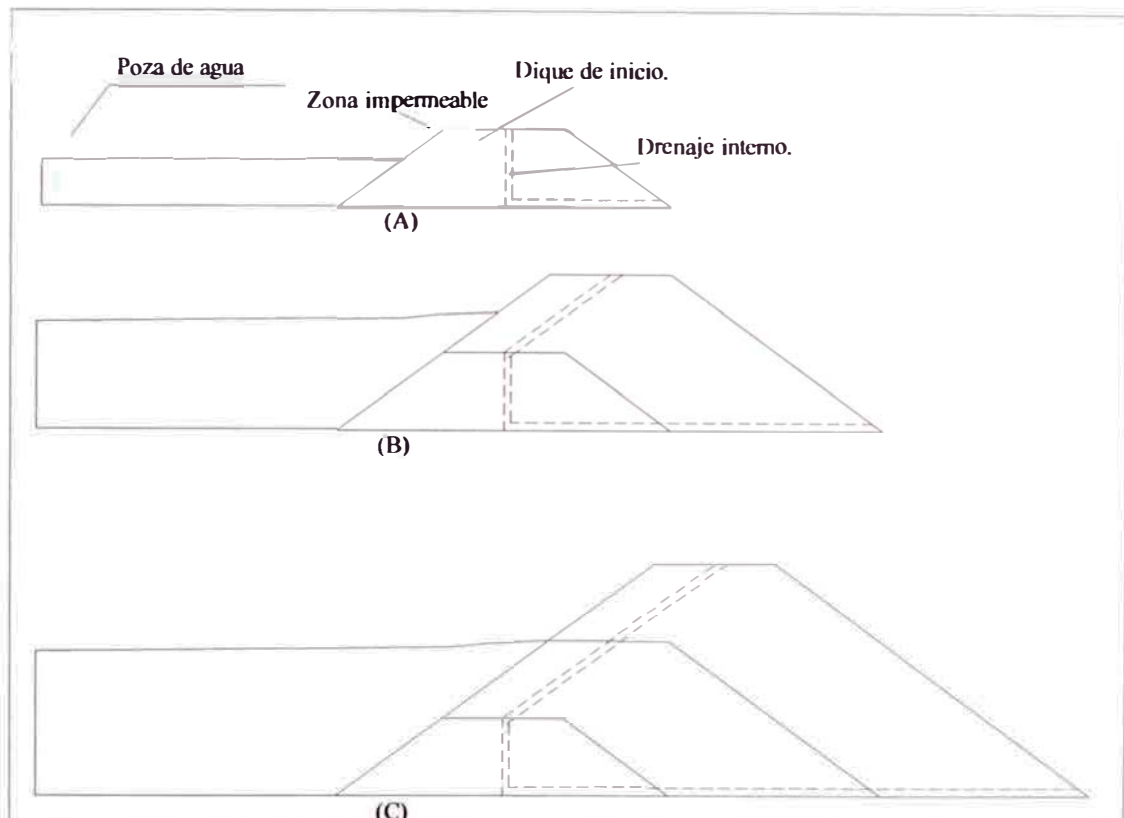


Fig. N° 2.7. Secuencia de sobre elevación. Presa construida con el método “Aguas Abajo” y dren de chimenea.

2.1.3. Fallas en Depósitos de Relaves

Muchas fallas en presas de relaves han sido reportadas a nivel mundial, estas fallas por lo general se han producido por la inestabilidad de los terrenos de cimentación, desordenes por flujo de agua o filtraciones no controladas, diques de arranque inadecuados, etc. Estas fallas o accidentes que ocurren en las presas de relaves, pueden darse cuando se encuentra operativa o en abandono.

Se considera que una presa ha sido afectada por una falla cuando sufre colapsos en su estructura y accidente cuando han ocurrido deformaciones o erosiones que no comprometen su estabilidad.

Una de las causas de falla más importante que se presenta durante la operación del depósito, es el alto nivel freático, lo cual puede ocasionar la ocurrencia de licuación, erosión interna y colapso de talud.

Se puede observar que el número de presas falladas durante la fase de operación es mucho mayor que las presas falladas en la etapa de abandono.

La inestabilidad de los taludes se produce debido a altas presiones de poros y taludes con fuertes pendientes. La ocurrencia de un evento sísmico puede generar licuación en zonas de limos, limos arenosos y arenas finas sumergidas y de densidades bajas. También es importante considerar el flujo de agua subterránea que puede ocasionar erosión interna en el cuerpo del dique finalmente para producir la falla de cimentación.

Es muy importante tener en cuenta el control de la descarga de la pulpa de relaves en la corona de los diques y el drenaje de agua, dado que en el Perú la mayoría de los depósitos fueron construidos en el pasado con el método aguas arriba en el cual los diques se construyen con arenas de baja resistencia y con un nivel freático alto, haciendo que la estructura se encuentre en estabilidad crítica, con gran riesgo de colapso.

Cuando ocurre un deslizamiento de los relaves a través de una brecha en la presa debido a la inestabilidad de talud, rebose, terremotos o cualquier otra causa, se libera aproximadamente el 25% del contenido del embalse moviéndose como una masa de lodo a una velocidad de 15 – 50 km/hr.

2.2. Criterios de Concepto y Diseño del Depósito de Relave

2.2.1. Concepto del Diseño

El concepto del diseño para la instalación de los relaves consiste en ubicar el nuevo depósito dentro del Valle de Alpamarca. El nuevo depósito se formará para la construcción de una presa de material gravoso y enrocado cerca de la boca del valle tal como se muestra en el (Plano 2 del Anexo 3), el tamaño del depósito está optimizado a fin de permitir un máximo almacenamiento de los

relaves mientras se ajusta dentro de las dimensiones de la geometría de la cuenca. La capacidad del depósito de relaves para el término de la fase 2 es de aproximadamente 2.1 millones de toneladas (nominal) de relaves molidos y secos más un espacio libre para una poza de agua. Considerando una velocidad de producción promedio de planta de 720 toneladas secas por día, esto representa aproximadamente 8 años de almacenamiento de relaves.

El depósito fue diseñado para ser construido en cualquier época del año. Los relaves serán depositados dentro del depósito en forma de pulpa usando un solo punto de descarga similar a la instalación actual. Tanto los relaves como el agua procesada quedarán almacenados dentro del depósito. Se usará una bomba montada en una balsa para decantar el agua hacia las pozas de sedimentación y de allí al río Parcoy.

Dado lo accidentado del terreno dentro del valle, no es técnicamente factible utilizar un sistema de geomembranas para la impermeabilización del vaso de relaves, además del alto costo que esto implica, este tipo de sistema no es necesario en la medida que los relaves no generarán drenaje ácido. Por lo tanto, alguna filtración desde el depósito de relaves es esperada que ocurra a través del lecho rocoso subyacente fracturado. Para reducir la filtración debajo de la presa, el diseño incluye una cortina de inyecciones a una profundidad de 10 m. la carga hidráulica en la base del depósito también puede ser minimizada limitando la profundidad de la poza de agua por el incremento del bombeo y/o descarga de agua usada.

De acuerdo con la disponibilidad de gravas de buena calidad existentes en el río Parcoy, se ha estimado que el cuerpo de la presa puede estar constituido por este material, con lo cual no sería necesario explotar canteras rocosas, los filtros de la presa pueden obtenerse seleccionando por tamizado el material aluvial. No obstante, si durante la explotación de los materiales se presentan cambios apreciables en su composición granulométrica encontrándose sectores con mayor contenido de finos la sección de la presa podría adaptarse a esta circunstancia permitiendo que los materiales menos competentes se ubiquen en

el espaldón de aguas abajo, de tal forma que no se afecten las características de drenaje del relleno de la presa ni la estabilidad del talud aguas abajo.

La sección de la presa puede tener una zona de filtro en su talud aguas arriba, la cual quedara confinada por los relaves en la medida que estos se depositan. La zona de filtro tendrá un espesor mínimo de 5.0 m, medido en sentido horizontal y los relaves constituirán el material de baja permeabilidad que restringirá significativamente el caudal filtrado.

El ancho de la cresta esta fijada en 7 m para acomodar una sola vía de mantenimiento/camino de acceso con bermas de seguridad apropiados o rieles de resguardo.

El diseño también incluye una poza de retención/sedimentación localizada aguas abajo del depósito de relaves. La poza de retención esta diseñada para almacenar temporalmente el agua de proceso del depósito de relaves, antes de que sea descargada. La poza de retención tiene una capacidad de aproximadamente 1340 m³, con un borde libre de 1.5 m. La poza tiene un tiempo de retención de aproximadamente 1 día a partir de la velocidad promedio de descarga de agua de los relaves de 1340 m³ por día.

El diseño también incluye presas de retención localizadas aguas arriba del depósito de relaves. Las presas de retención están diseñadas para detener temporalmente la escorrentía hacia el depósito de relaves y reducir las máximas avenidas como el caso de posibles huaycos.

2.2.2. Criterios de Diseño

La siguiente sección presenta los criterios de diseño adoptados para la construcción de las instalaciones de disposición de relaves:

Deposito de Relaves

- Se deberá considerar un solo punto de descarga de relaves.

- Almacenamiento de la pulpa de relaves dentro del depósito.
- Densidad promedio seca de relaves de 1.5 T/m^3 .
- Tasas de producción promedio de los relaves molidos de 720 ton / día.
- Almacenamiento total de relaves secos de 2.1 millones de toneladas mas una poza de agua.
- Porcentaje promedio de sólidos dentro de la pulpa de relaves de 35%.
- Gravedad especifica de los relaves de 2.70.
- Sistema de barcazas en el depósito para bombear agua a la poza de retención.
- Ninguna restricción de descarga para el agua de proceso desde el depósito.

Presa de Relaves

- Borde libre seco mínimo operacional de 2.5 m (1 m por debajo para las condiciones de un evento de tormenta).
- Presa construida de gravas compactadas y enrocados, los cuales son obtenidos de los ríos Parcoy y Yuracyacu.
- Ancho de la cresta de 7 m para caminos de acceso y bermas de seguridad.
- Factor de seguridad para la estabilidad sísmica de la presa de 1.3 (corto plazo), factor de seguridad estático a largo plazo de 1.4, factor de seguridad pseudo-estático de 1.0 usando un coeficiente sísmico de 0.15 a 0.30g correspondiente a la ocurrencia de un sismo para un periodo de recurrencia de 500 años.
- Trinchera de contención de la infiltración y cortina de inyección para controlar la filtración a lo largo de la base del depósito de relaves.
- Diseño seguro para el paso de la escorrentía de una tormenta para un periodo de 100 años.

Pozas de Retención/ Sedimentación

- Poza para proveer un tiempo de retención de 1 día basado en la velocidad promedio de descarga del agua de los relaves de 1340 m³/día.
- Descarga por gravedad desde la poza hasta el río Parcoy.
- Diseño seguro para el paso de la escorrentía de una tormenta para un periodo de 100 años.

Presas de Retención

- Proveer la retención de una avenida y almacenar sedimentos en el evento de huaycos.
- Diseño seguro para el paso de la escorrentía de una tormenta para un periodo de 100 años.

CAPITULO III

INFORMACIÓN BÁSICA

3.1. Estudio Geológico y Geomorfológico

3.1.1. Generalidades

El Valle de Alpamarca es una quebrada confinada y tributario del río Parcoy. La Mina Horizonte esta ubicada en el Valle del río de Parcoy aproximadamente a 8 km aguas arriba del lugar del depósito de relaves de Alpamarca. La geomorfología del valle varía desde despeñaderos de rocas escarpadas hasta banquetas de tierras locales que están siendo usadas como pequeñas áreas de cultivo. La cobertura vegetal dentro del valle es moderada y consiste de hierbas nativas, arbustos y árboles.

3.1.2. Geomorfología

La sub-cuenca del río Parcoy se ubica en la Cordillera Oriental de los Andes. El río Parcoy pertenece a una cuenca de segundo orden, sus aguas drenan hacia la laguna de Pías, dando origen al río San Miguel, cuyas aguas fluyen hacia el río Marañón.

El proceso geomorfológico, de esta cuenca se debe principalmente a la orogenia, acción erosiva de las corrientes de agua y por la topografía agreste. El valle del río Parcoy es juvenil, tiene la forma de "V" y taludes que se levantan en las márgenes del río en forma abrupta.

El relieve de esta zona son de moderadas a fuertes pendientes, cauces estrechos, taludes de moderada a fuerte pendiente que caen directamente al lecho del río, en épocas lluviosas el río Parcoy tiene gran capacidad erosiva que socava el pie de los taludes generando deslizamientos en las márgenes del río, como es el caso del deslizamiento de Chilcapampa que se ubica aguas arriba a unos 1.8 Km. en la margen derecha del río Parcoy.

La topografía natural dentro del valle de Alpamarca es bastante abrupta con laderas con pendientes que tienen en promedio de 75° en el estribo derecho de la presa hasta 38° en el estribo izquierdo; la pendiente del lecho del río en el sitio de la presa es de 12%. Las elevaciones dentro del valle varían desde aproximadamente 2,000 msnm, cerca de la boca del valle hasta 2,360 msnm aproximadamente, a lo largo de los cerros superiores del valle.

3.1.3. Geología

El centro minero se encuentra situado en la Cordillera Oriental de los Andes del norte del Perú; dentro de una franja de sedimentos Mesozoicos plegados por las unidades estratigráficas de las formaciones de Crisnejas y Chota, limitada y deformada por el Batolito de Pataz. En la zona de Alpamarca se tiene afloramientos calcáreos del Cretaceo Inferior compuestos en bancos gruesos conformados por calizas masivas y que es deformado por el intrusivo de composición granodiorita del Paleozoico Superior (Ps-gd). La formación Chota se encuentra en la parte superior consiste de una serie de intercalaciones de lutitas, limolitas y areniscas (Ks-Ti) y que debido a la intemperización y procesos de alteraciones físico químico se encuentra como depósito de material de suelo de coloración marrón rojiza.

Una falla geológica se ubica en la boca del valle que corta a través de la Formación Crisnejas aguas abajo de la base de la presa de relaves propuesta

3.1.3.1. Estratigrafía

La secuencia estratigráfica en el área de estudio esta constituida por una serie de intercalaciones de calizas margosas de coloración grisácea de bancos delgados y gruesos, lutitas, areniscas, arcillitas de coloración rojiza. La estratigrafía en esta zona ha sufrido discordancia entre ellos, producto de la intemperización y levantamiento orogénico de la corteza. La formación Goyllarisquizga no tiene presencia en esta zona de estudio, la formación Crisnejas está compuesta por afloramientos rocosos conformados por calizas margosas en bancos gruesos y delgados de coloración grisáceo de textura fina,

este tipo de afloramiento se encuentra en el lado NW de Alpamarca cuyo afloramiento es abrupto y de pendientes casi verticales debido al levantamiento del intrusivo granodiorítico, la formación Crisnejas pertenece al Cretácico Inferior (Ki-cr), en el techo de esta formación se encuentra la formación Chota del Cretácico Superior (Ks-ch) y compuesta por areniscas, arcillitas, conglomerados de coloración rojiza, denominados “capas rojas”, gran parte de esta formación se encuentra en proceso de intemperización y degradación físico-química y que forma grandes extensiones de depósitos de suelos de coloración marrón rojiza.

3.1.3.2. Rocas Intrusivas

Este cuerpo tiene una dimensión alargada y ligeramente paralela al río Parcoy, en algunas zonas afloran en la margen izquierda, en la zona de Tunaspampa en la margen derecha y aguas abajo se presenta afloramientos de granodiorita con dimensiones muy locales, ya que gran parte está cubierto por material cuaternario. Este cuerpo intrusivo tiene grandes dimensiones, más de 8 km de largo y de 2 a 3 Km de ancho, presenta una textura hipidiomórfica con fenocristales de plagioclasa, biotita, hornblenda y muy débil presencia de cristales de cuarzo. El intrusivo se presenta moderadamente alterada a muy alterada formando suelos granulares y residuales.

3.1.3.3. Depósitos Cuaternarios

Los depósitos cuaternarios en este tramo del valle se propagan ampliamente; en la base de los taludes ocurren depósitos de origen deluvial (Q-dl) los cuales alcanzan algunos metros de espesor (15 a 20 m), en consecuencia sus volúmenes también son bastante significativos.

En el fondo del valle existen terrazas aluviales (Q-al) presentando gran propagación y granulometría gruesa (bolos y cantos) los cuales constituyen la mejor alternativa como áreas de préstamo para enrocado y para sistemas de contención tipo gaviones.

3.1.3.4. Depósitos Aluviales

Los depósitos cuaternarios de mayor propagación en el área del proyecto, especialmente en la parte basal del valle, resultan ser los depósitos aluviales (Q-Al) correspondientes al cauce actual del río Parcoy, constituidas generalmente por bolonería y bloques hasta de 1.5 a 2.0 m de diámetro y con relleno de grava arenosa. El espesor de estos depósitos en el cauce del río se estima entre 10 a 12m.

Hacia los flancos del valle ocurren algunas terrazas aluviales. Dichas terrazas pueden dividirse en terrazas inundables, cuando tienen alturas menores a 1 a 2 m con respecto al cauce del río; y cuando se encuentran a más de 3 m sobre el fondo del valle se denominan terrazas no inundables. Están constituidas por cantos rodados y gravas con relleno areno-limoso.

3.1.3.5. Depósitos Proluviales

Bajo este origen se identifican a los depósitos de los cauces y conos de deyección de las quebradas. Están constituidos predominantemente por material de bolonería gruesa, angulosa, que alcanzan tamaños de hasta 1 a 2 m de diámetro. Ejemplos típicos lo constituyen los materiales depositados en los cursos de las quebradas de Chilcapampa, Trapiche, Curaubamba, Culebrillas, entre otros, y en los respectivos conos de deyección.

La zona de Alpamarca carece de este tipo de depósitos, esta constituido por sedimentos de suelos arcillosos de color marrón rojizo.

3.1.3.6. Depósitos Deluviales

Bajo esta denominación se demarca al material suelto acumulado en las laderas del valle y que están constituidos por suelo generalmente fino, y con algunas inclusiones de bloques menudos.

Ejemplo típico de este material se ubica en la ladera de Alpamarca y sus alrededores, donde generalmente se tiene como tierras de cultivo y presentan presencia de plantaciones de árboles, además estos depósitos tienen gran propagación en la margen derecha del río Parcoy. Este tipo de depósitos presentan materiales arcillo-limosos con algunas inclusiones de fragmentos, gravas y con escasas inclusiones de bolonería, donde sus espesores podrían alcanzar unos 20-25 m. Precisamente en la localidad de Chilcapampa se observa un gran deslizamiento activo de este material que afecta la ladera y estrangula el cauce del río Parcoy, el deslizamiento presenta unos 300 m de largo en dirección de la pendiente y unos 50 a 70 m de ancho

3.1.3.7. Depósitos Tecnógenos

Corresponden a depósitos generados por el hombre, generalmente este tipo de material se acumula y se presentan en los taludes que se orientan hacia el río Parcoy, y que es necesario removerlo y hacer el relleno con material tratado para tener un talud con mayor seguridad a la estabilidad.

3.1.4. Estructuras Geológicas – Tectónicas

En el área de estudio los macizos rocosos afloran deformadas por plegamientos cuyo eje tiene la dirección NE-SW. La estructura mayor es el sinclinal. Los estratos y planos de plegamientos generalmente muestran de moderados a fuertes ángulos de buzamiento, y cuyas direcciones de azimut de buzamiento y buzamiento en el lado derecho de $310^{\circ}/70^{\circ}$ y en el lado izquierdo con orientación $100^{\circ}/25^{\circ}$, situación que se considera ligeramente favorable para la estabilidad del macizo rocoso.

El afloramiento rocoso constituido por calizas margosas y brechotas de color grisáceo del Cretácico Inferior de la formación Crisnejas (Ci-Cr), también está afectado por fallas de extensión local, que siguen lineamientos transversales al valle.

El plano de falla se caracteriza por la presencia de rocas muy fracturadas de 3 a 5 m de ancho, generalmente con fuerte ángulo de buzamiento. En la práctica de la excavación es necesario tener presente este tipo de estructura, ya que al realizar cualquier excavación se puede presentar la desestabilización de todo el talud, por lo que es mejor realizar plataformas compactadas y alcanzar la altura definida según los diseños. En ningún caso fueron observadas fallas activas.

Otro de los elementos estructurales de mayor importancia resultan ser las fracturas, debido a que son las que controlan la formación de cuñas, bloques inestables y por consiguiente de su posición y características depende la estabilidad del macizo rocoso, por lo que es recomendable realizar desquinces o desatado mediante agua a presión y la necesidad de la aplicación de los elementos de sostenimiento para reforzar la estabilidad del talud mediante shotcrete y/o mallas metálicas.

3.2. Estudio Hidrológico

3.2.1. Generalidades

El Área del proyecto Alpamarca corresponde a una de las nuevas zonas de operación de Consorcio Minero Horizonte, por ello la importancia que representa contar con la data referencial del área. A la fecha la información meteorológica de la zona *in situ* no existe, tan solo se establece ciertos parámetros que nos representan las condiciones meteorológicas e hidrológicas considerando como referencia las estaciones climatológicas e hidrológicas próximas a este proyecto, esta información del tiempo se encontraba disponible en Earthinfo, Inc, (1994). Solamente informaciones de precipitación estuvieron disponibles.

3.2.2. Clima

Los datos climatológicos referenciales de la zona se considera referidos a la estación de Buldibuyo, sobre esta referencia se establece la similitud a otras zonas donde la época de lluvia se extiende de noviembre a marzo, seguida de una época de sequía entre los meses de abril a octubre.

La estación meteorológica que estuvo ubicada cerca de las instalaciones de Consorcio Minero Horizonte a la altura de Planta Metalúrgica, reportó los resultados del año 2000 mostrados en la Tabla N° 3.1, también se presenta datos históricos en la Tabla N° 3.2 referente a la precipitación en Cajamarca ya que también se usa esta data para determinar la precipitación media anual.

Considerando los datos referidos a la estación meteorológica de Buldibuyo se determina una temperatura media de 12°C. La temperatura media determinada en la estación existente en la Unidad es 10,18°C.

Tabla N° 3.1: Precipitaciones medias mensuales tomadas de la estación de Buldibuyo.

Mes	Precipitación Media Mensual (mm)
Enero	96.1
Febrero	102.7
Marzo	125.2
Abril	53.1
Mayo	17.3
Junio	4.1
Julio	6.2
Agosto	8.0
Setiembre	23.2
Octubre	63.2
Noviembre	93.2
Diciembre	97.2
Promedio Anual	698.9 mm

Tabla N° 3.2: Precipitaciones Medias Mensuales tomadas de la data historica de Cajamarca de 1934 - 1990.

Mes	Precipitación Media Mensual (mm)
Enero	95.1
Febrero	103.4
Marzo	121.3

Mes	Precipitación Media Mensual (mm)
Abril	91.9
Mayo	39.4
Junio	12.1
Julio	5.3
Agosto	8.8
Septiembre	31.8
Octubre	79.3
Noviembre	61.2
Diciembre	77.2
Promedio Anual	677.8 mm

La diferencia es considerable pero es necesario acotar que las condiciones de operación de la estación existente en la Unidad carecía de un mantenimiento continuo así como las condiciones climatológicas presentadas en el año 2000, eran completamente diferentes a las referenciadas por la estación de Buldibuyo, la cual se encuentra a 17 km al sureste del lugar de estudio.

Tomando como referencia el informe realizado por Geoservice Ingeniería SRL en 1999, el cual presenta un análisis partir de datos de máxima precipitación de 24 horas según los registros de la estación de Buldibuyo, se realizó un estudio de diseño de eventos de tormentas con periodos de retorno, un resumen de eso se presenta en la Tabla N° 3.3, la cual se muestra con un periodo de 100 años y para el evento de tormenta de 24 horas se encontró que la precipitación es de 63 mm. Este evento de tormenta fue usado para el diseño del depósito de relaves.

Tabla N° 3.3: Precipitación Durante 24 Horas.

Tiempo de Retorno (años)	Precipitación (mm)
20	49
50	57
100	63
500	75

La zona de estudio corresponde de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdrige, al Bosque Seco – Montano Bajo Tropical (bs-MBT), según esta clasificación la zona se caracteriza porque la temperatura media anual máxima es de 16,5°C y la media anual mínima es 10,9°C. La precipitación total anual es de 972,9 mm y el promedio mínimo de 449,3 mm.

3.2.2.1. Temperatura Media

Para determinar la temperatura media en el área de la cuenca implicada en el proyecto se toma como referencia las siguientes estaciones climatológicas que se presentan en la Tabla N° 3.4:

Tabla N° 3.4: Temperatura Media.

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temp. Media Anual (°C)
Bagua Chica	5°36'	78°36'	522	25,2
San Ignacio	5°08'	78°59'	1324	21,6
San Marcos	7°20'	78°10'	2254	18,0
Webwebaver	7°10'	78°31'	2536	13,9
Cajamarca	7°08'	78°29'	2620	15,2
Hda. Jocos	7°31'	78°00'	2630	14,8
Cajabamba	7°37'	78°03'	2783	14,9
Huamanchuco	7°49'	78°03'	3220	12,0

La relación entre la altitud y la temperatura media anual varía de acuerdo a la relación matemática:

$$T^{\circ} = 27,982 - 0,0049H$$

$$R^2 = 0,9683$$

Donde:

T° = Temperatura media anual en °C

H = Altitud en msnm

R = Coeficiente de Correlación

Para la altitud de la cuenca de trabajo, se puede obtener la temperatura media, la cual se puede observar en la Tabla N° 3.5:

Tabla N° 3.5: Temperatura Media de la cuenca.

Cuenca	Altitud (msnm)	T° Media °c
Alpamarca	2 900	13,8

3.2.2.2. Precipitación Media

Las estaciones pluviométricas próximas a las cuencas son pocas y se detallan en la Tabla N° 3.6 sus características:

Tabla N° 3.6: Estaciones Pluviométricas.

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Prec.Media Anual (mm).
Tayabamba	8°17'	77°17'	2533	647
Buldibuyo	8°07'	77°22'	3243	603
Piscobamba	8°50'	77°22'	3281	800
Sihuas	8°33'	77°38'	3716	773
Cascas	7°29'	79°49'	1330	217

La relación entre la altitud y la precipitación es la siguiente:

$$P = 0,2304H - 41,855$$

Siendo: P= Precipitación media anual en mm

H= Altitud en msnm

Para la cuenca de Alpamarca, se puede obtener entonces la característica pluviométrica correspondiente, la cual se puede visualizar en la Tabla N° 3.7:

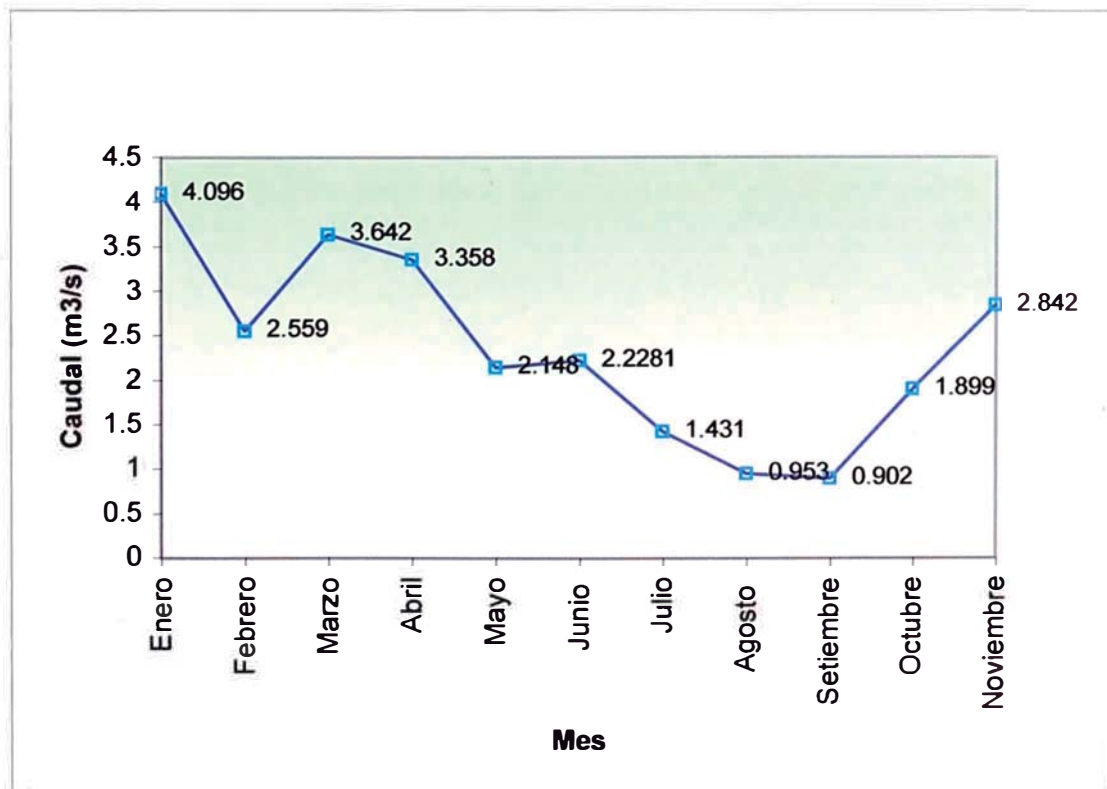
Tabla N° 3.7: Precipitación Media.

Cuenca	Altitud (msnm)	Prec Media (mm)
Alpamarca	2 900	626

3.2.3. Hidrología

Los cuerpos de agua principales de este sistema hídrico lo conforman los ríos Parcoy y Llacubamba. Ambos cauces confluyen en la cota 2800, a partir de este punto el río continúa su recorrido bajo la denominación de río Parcoy. En este cuerpo de agua confluyen a la vez diversas Quebradas que elevan el caudal del río y brindan aportes de sedimentos en épocas de lluvias. El caudal de estos dos ríos principales se muestra en la Fig. N° 3.1, son datos referidos al año 2001 y el aforo se realizó en el río Llacubamba antes de la confluencia con el río Parcoy y posteriormente el río Parcoy antes de su unión con el río Yuracyacu.

RIO LLACUABAMBA



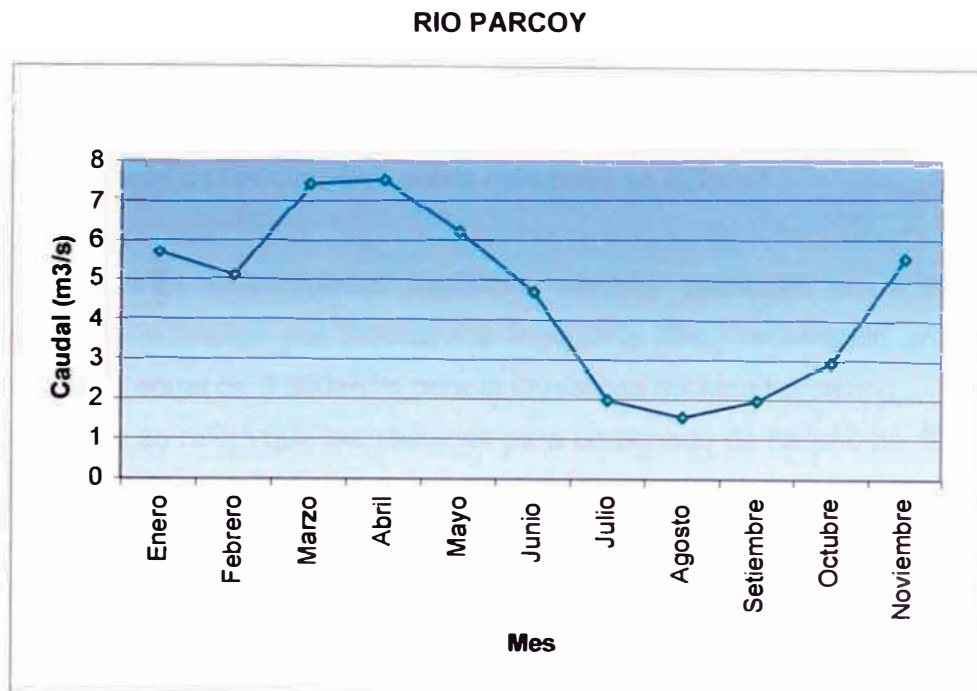


Fig. N° 3.1. Caudales promedio de los ríos Llacuabamba y Parcoy Año 2001.

El río Parcoy desemboca en la denominada Laguna de Pías ubicada a una cota de 1850 msnm, el único río que conforma la descarga de esta laguna es San Miguel y posteriormente aguas abajo descarga en el río Marañón.

Los ríos arriba mencionados presentan una fuerte pendiente, acarreado gran cantidad de material grueso y sedimentos durante las épocas de lluvia.

El área del proyecto esta constituido por la Quebrada Alpamarca en su totalidad Las características de esta cuenca se muestran en la Tabla N° 3.8.

Tabla N° 3.8: Características de la Cuenca

Quebrada	Area cuenca (km ²)	Longitud del rio (km)	Altitud (msnm)	Desnivel maximo* (m)	Pendiente %
Alpamarca	14,00	5,80	2 900	1 659	28,6

* Se ha considerado los puntos más alto y bajo de la cuenca.

Para determinar los datos respecto al caudal de la cuenca y otros datos hidrológicos se tomo como referencia las estaciones hidrometeorológicas que presentaban cierta similitud hidrológica y fueron usadas para determinar una relación regional de las cuencas, sobre esta base se determinó lo siguiente:

Los caudales determinados mediante métodos indirectos en la zona de estudio, efectuados por Geoservice Ingeniería SRL, recomendó un caudal promedio anual de $0,600 \text{ m}^3/\text{s}$ para la Quebrada de Alpamarca.

Asimismo se refirió que las avenidas para un periodo de retorno de 500 años es de $53 \text{ m}^3/\text{s}$ para esta cuenca, por ello las obras hidráulicas que se lleven a cabo en esta área requerirán cumplir parámetros de diseño muy exigentes para evitar riesgos.

3.2.4. Alteraciones de los Trabajos a Realizar por Eventos Hidrológicos

Durante el periodo de lluvias, meses de noviembre a marzo, es importante resaltar que debido a las condiciones de filtraciones subterráneas y considerando las características del terreno de la zona, se puede producir deslizamiento que dificulten el tránsito libre de vehículos en la carretera y por ello la pérdida del factor tiempo esta perenne en esta estación.

Considerando el traslado continuo de maquinaria pesada y la realización de movimiento de tierras en la obra, si estos trabajos se realizan en el periodo de tiempo en el cual la precipitación es nula o escasa, se pueden generar impactos concernientes al aumento de polvo (PTS) debido a la erosión generada en las carreteras. Este impacto puede ser mitigado si se desarrollan sistemas de riego en las áreas donde se desarrolla la población para minimizar la generación de polvo. Asimismo, el riego ayuda a disminuir la generación de polvo respirable, la dispersión generadas por los vientos y las barreras vivas que se desarrollan a lo largo de la carreteras (vegetación silvestre), que amortiguan una dispersión mayor, por ello, es muy importante proteger la vegetación y no destruirla al abrir nuevos accesos, al trabajar o pasar las maquinarias sin tomar cuidados, aún habiendo muchas veces, otros pases que no comprometen la vegetación.

Asimismo, dentro del periodo de lluvias el aumento del caudal de la Quebrada Alpamarca es considerable. Esta cuenca presenta como características la generación de deslizamientos desde la cuenca alta hasta la cuenca media, lo que genera el aumento de sedimentos en su cauce y por tanto, se requiere mantener siempre la limpieza de esta cuenca, el mantenimiento de los canales de derivación Chamana y Cruz Pata, así como de los canales del área de La Paccha, denominados El Colegio y Purpuro, previendo cualquier acción geodinámica mayor en las épocas posteriores de lluvias, es decir, para los años posteriores.

3.3. Estudio Geotécnico

3.3.1. Generalidades

Las condiciones subterráneas dentro del área de almacenamiento de relaves propuesta fueron investigadas por Golder en Julio de 1999. El programa de investigación de campo consistió en la excavación de un total de cuatro (04) calicatas dentro del área del depósito, y la perforación de tres (03) sondajes en el lugar de la presa de relaves propuesta. Las ubicaciones de las perforaciones y calicatas se presentan en el Plano 2 del Anexo 3.

También se realizaron estudios para los materiales de préstamo que serán utilizados en la construcción de la presa. Los materiales de préstamo deberán cumplir con las exigencias granulométricas de acuerdo con las especificaciones técnicas del diseño preparado por Golder, así como también, se requiere disponer de la suficiente cantidad de estos materiales para la construcción de la presa.

La principal área para obtener materiales de préstamo a ser utilizados en la construcción de la presa Alpamarca se encuentra ubicada en la cantera de Piaz, en el mismo distrito en que se ubica la presa y hacia aguas arriba del río Parcoy en su confluencia con la Laguna Piaz.

3.3.2. Excavación de las Calicatas y Estimación de las Fuentes de Préstamo

Las calicatas fueron excavadas manualmente con palas y picos. Cada calicata fue excavada hasta una profundidad máxima o de rechazo de 3.5 m. el rango de las profundidades de las calicatas van desde los 2.1 m hasta los 3.5 m. las trincheras fueron excavadas a profundidades de 1.0 m y 1.5 m. Cada calicata fue registrada por un Ingeniero de Campo. Los registros de las calicatas indican las condiciones del suelo subterráneo dentro del valle de Alpamarca, consistentes generalmente de arcillas de baja plasticidad, clasificadas como CL según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). El agua subterránea no fue encontrada en ninguna de las calicatas. El volumen total de suelo disponible dentro del valle de Alpamarca para ser usado como material de préstamo para la construcción de la presa fue estimado en 70,000 m³.

Una calicata y una trinchera fueron también excavadas en áreas adyacentes a la presa de Trapiche para determinar la conveniencia de los suelos de esta área, como fuente de préstamo para el material de relleno de terraplén. Una calicata fue excavada en esta área hasta una profundidad de 3.5 m y también una trinchera de 10 m de largo por 1.0 m de ancho y una profundidad de 1.0 m los suelos encontrados en el área de Trapiche se clasifican como gravas arcillosas, GC bajo el sistema SUCS. El agua subterránea no fue encontrada ni en la calicata ni en la trinchera. El volumen total de la fuente de préstamo disponible en esta área de trapiche fue estimado en aproximado 2 millones de metros cúbicos.

Dos calicatas fueron excavadas cerca del drenaje de Tunaspampa para determinar la calidad y cantidad de suelos de préstamos dentro de esta área. Estas calicatas fueron excavadas hasta profundidades entre 2.1 a 2.7 m. Los suelos encontrados en Tunaspampa se clasifican como arcillas de baja compresibilidad y plasticidad CL y gravas arcillosas GC según el sistema SUCS. El volumen total de la fuente de préstamo disponible fue estimado en aproximadamente 250,000 metros cúbicos.

3.3.3. Perforación con Recuperación de Testigos y Ensayos Hidráulicos

Ensayos de permeabilidad de carga constante y carga variable fueron ejecutados en cada uno de los sondajes a fin de evaluar el valor de la permeabilidad del basamento rocoso fracturado a lo largo del alineamiento de la presa de relaves. Los resultados de los ensayos mostraron intervalos de alta permeabilidad, 1×10^{-3} cm/s o mayores dentro de la cobertura de 20 a 25 m al basamento, la permeabilidad del lecho rocoso generalmente tiene un rango de 10^{-4} o menor a 10^{-6} cm/s. los valores relativamente altos de permeabilidad dentro del basamento rocoso fracturado indican que la filtración desde el deposito de relaves y debajo de la presa será un punto importante en el diseño.

3.3.4. Ensayos de las Muestras de Suelo

Las muestras de suelos fueron obtenidas en cada una de las calicatas y enviadas al laboratorio del CISMID-UNI en Lima para ser ensayados. La Tabla 3.9. Resume la lista de los ensayos geotécnicos realizados para este estudio.

Tabla N° 3.9: Programa de ensayos geotécnicos de laboratorio

Prueba	Designación ASTM
Distribución Granulométrica	D421
Análisis Hidrométrico	D422
Ensayo de compresión Triaxial Consolidado-No Drenado	D4767
Limites de Atterberg	D4318
Contenido de Humedad	D2216
Densidad <i>in situ</i>	D2937

3.4. Sismicidad

3.4.1. Generalidades

La zona de Alpamarca y alrededores se encuentra en un área de actividad sísmica moderada. La sismicidad en esta parte del Perú se debe principalmente a la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa de América del Sur. El índice de convergencia entre las dos placas es de aproximadamente 10 cm por año, el cual es considerado relativamente alto (ICOLD, 1996).

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones, Normas Técnicas de Edificación E – 030; Diseño Sismorresistente – MVC y S – (2003-04-02), la zona de estudio se encuentra dentro de la “Zona 3, de Sismicidad Alta”, tal como se muestra en el Mapa de Zonificación Sísmica de la Fig. N° 3.2. De acuerdo a Deza y Carbonell se espera la ocurrencia de sismos con intensidades entre VII y IX de Mercalli Modificada (MM). Sin embargo, los principales sismos ocurridos en el Perú y que han tenido incidencia en el área de estudio, no han superado la intensidad de VII MM con focos a profundidades mayores a 33 Km.

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estas con la distancia epicentral, así como en información neotectónica.



Fig. N° 3.2. Mapa de zonificación sísmica.

A continuación se describe la actividad tectónica.

a) Zona de la Costa

La tectónica del Perú es compleja. La mejor manera de explicarla es desde el punto de vista de tectónica de placas. El principal factor responsable de la alta sismicidad de la costa del Perú es la interacción de la Placa Oceánica o placa de Nazca con la Placa Continental Sudamericana, cuyo modelo de ocurrencia se representa esquemáticamente en la Fig. N° 3.3.

La zona de subducción tiene la mayor actividad sísmica en la región de la costa, pero tiene solamente una influencia moderada en las regiones de la sierra y de la selva, debido al amortiguamiento de las ondas sísmicas por la distancia. El impacto determinante se traduce en la generación de fallas activas o las fallas neotectónicas en la región de la costa.

b) Zona Intercordillerana o de Altiplanicie

La parte de las altiplanicies en el transcurso del cuaternario han presentado inestabilidad, traducidos mediante sismicidad superficial, que incluye fenómenos compresivos (deformaciones de terrazas antiguas y movimientos de distensión). La zona de altiplanicie tiene focos sísmicos ubicados en la litosfera continental entre 0 y 50 Km de profundidad

Las magnitudes medias son relativamente bajas ($M_s=5$); sin embargo se pueden esperar hasta valores cercanos a $M_s=7$.

c) Zona de la Cordillera Oriental

Se trata de una zona con sismicidad superficial bastante notable, pues en el territorio central del Perú, es en la cordillera oriental donde se han registrado los mayores sismos superficiales. Se admite entonces la posibilidad de sismos en esta región, con magnitudes $M_s=7.5$

d) Zona de la Faja Subandina o de Selva

La zona de la selva se caracteriza por presentar calma o ausencia de actividad sísmica superficial, los sismos registrados corresponden a aquellos de focos muy profundos, y por tanto son de baja intensidad.

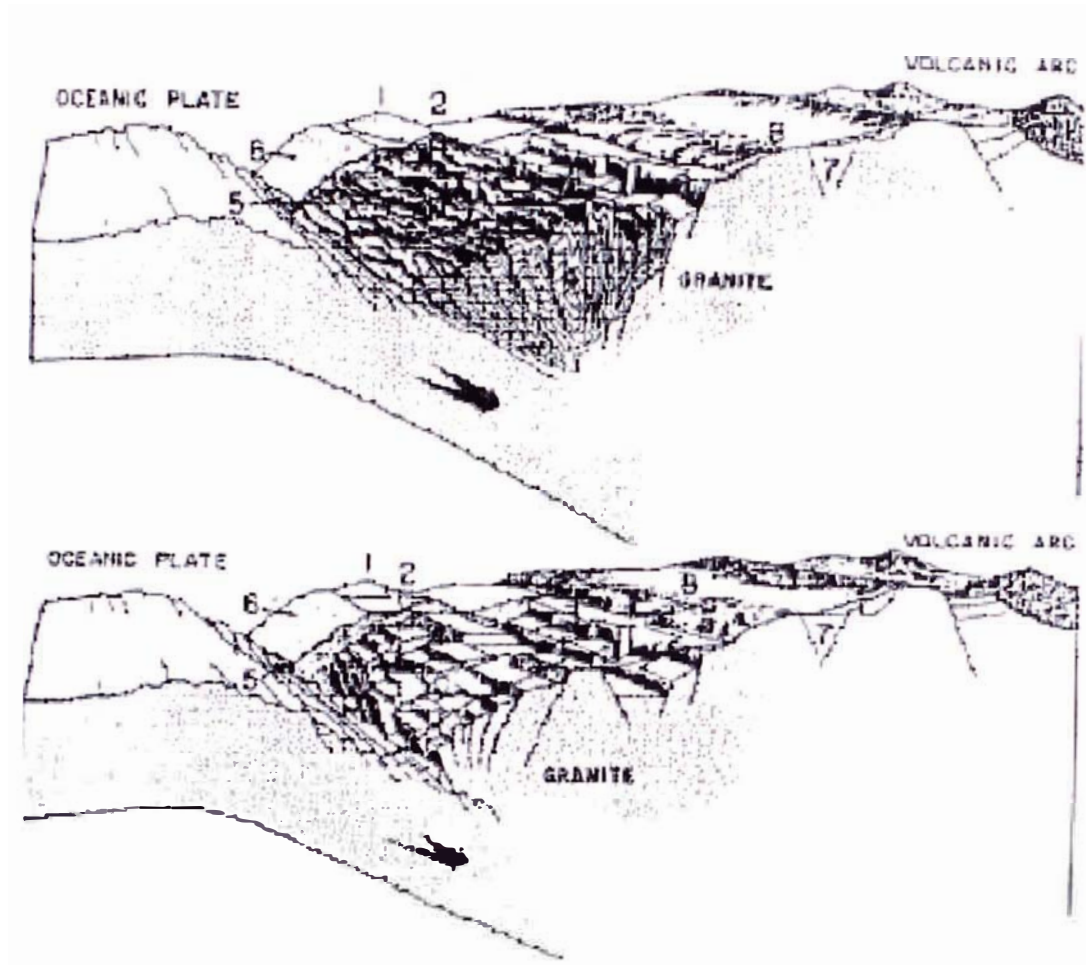


Fig. Nº 3.3. Modelos de la zona de Convergencia entre las Placas Oceánicas y Continentales según Coulbourn.

Nomenclatura geotectónica:

- 1) Alto estructural
- 2) Cuenca pre-arco
- 3) Roca continental, tectonizada en bloques
- 4) Prisma acreciada
- 5) Turbiditas de la fosa
- 6) Sedimentos hemipelágicos deformados
- 7) Sedimentos mesozoicos

3.4.2. Criterios de Análisis

Las construcciones hechas por el hombre en áreas sísmicas están expuestas a los efectos de terremotos que no están bajo el control de él. Si estas obras son sísmicamente vulnerables debido a su tipo de construcción, entonces están en riesgo. De otro lado, cuando estas obras son construidas intencionalmente de manera menos vulnerable o cuando inherentemente no son vulnerables, entonces son poco afectadas por las acciones de los terremotos y el riesgo sísmico es bajo a pesar de que el peligro sísmico sea alto. Eso significa que, mientras se tiene que aceptar el peligro sísmico como dado por la naturaleza, se puede controlar y reducir el riesgo sísmico aplicando correctamente técnicas ingenieriles antisísmicas.

El análisis del peligro sísmico de un lugar específico tiene la meta de identificar el nivel de exposición natural existente, para implementar medidas correctivas de ingeniería sísmica y para mantener el riesgo sísmico a un nivel bajo a pesar de ser alto o moderado el peligro sísmico. En el caso que se identifique bien el peligro sísmico de un sitio, el ingeniero puede reducir o incrementar el grado de protección de las obras como sea necesario.

Para disponer de los datos necesarios, para el análisis de peligro sísmico de la zona se utilizaron los registros de los sismos del Instituto Geofísico del Perú hasta el año 1999, conteniendo todos los sismos provenientes de la plataforma continental y de la fosa de subducción, en un área rectangular de 1250 Km el lado mayor que cubre a todas las zonas estructurales del Perú y 850 Km, y el lado menor, estando el área del proyecto situado en el centro.

3.4.3. Distribución de los Epicentros Sísmicos

La evaluación del peligro sísmico se ha efectuado por medio del método probabilístico, de donde se determinan los niveles sísmicos del movimiento máximo del suelo en el área del proyecto Alpamarca.

La fuente básica de datos de intensidades sísmicas de los sismos históricos es el trabajo de Silgado (1968, 1973, 1978 y 1992), que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú. Un Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú ha sido presentado por Alva Hurtado et al. (1984), el cual se presenta en la Fig. N° 3.4. En esta figura se observa que en la zona de estudio se reporta una intensidad máxima de VI. La elaboración de dicho mapa se ha basado en treinta isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes.

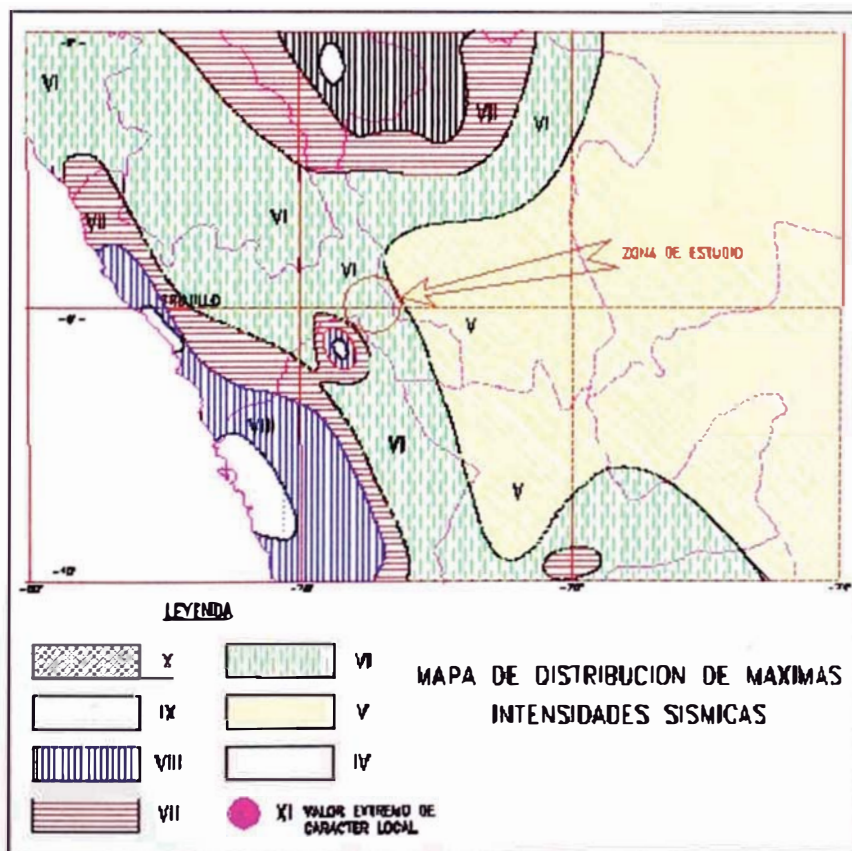


Fig. N° 3.4. Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas.

En la Fig. N° 3.5, se presenta la distribución de epicentros en el área de influencia del proyecto de Alpamarca, elaborado en base al catálogo sísmico del Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina) patrocinado por el CERESIS. Dicho mapa presenta los sismos ocurridos entre 1963 y 1999, con magnitudes en función de las ondas de cuerpo, mb. Además, se ha dibujado las diferentes

profundidades focales de sismos superficiales (0-70 Km), sismos intermedios (71-300 Km) y sismos profundos (más de 300 Km).

Los sismos en el área de influencia presentan el mismo patrón general de distribución espacial que el resto del territorio peruano; es decir, la mayor actividad sísmica se concentra en el mar, paralelo a la costa. Se aprecia la subducción de la Placa de Nazca, ya que hacia el continente la profundidad focal de los sismos aumenta. También se producen sismos en el continente que son superficiales e intermedios, y que estarían relacionados a fallas existentes.

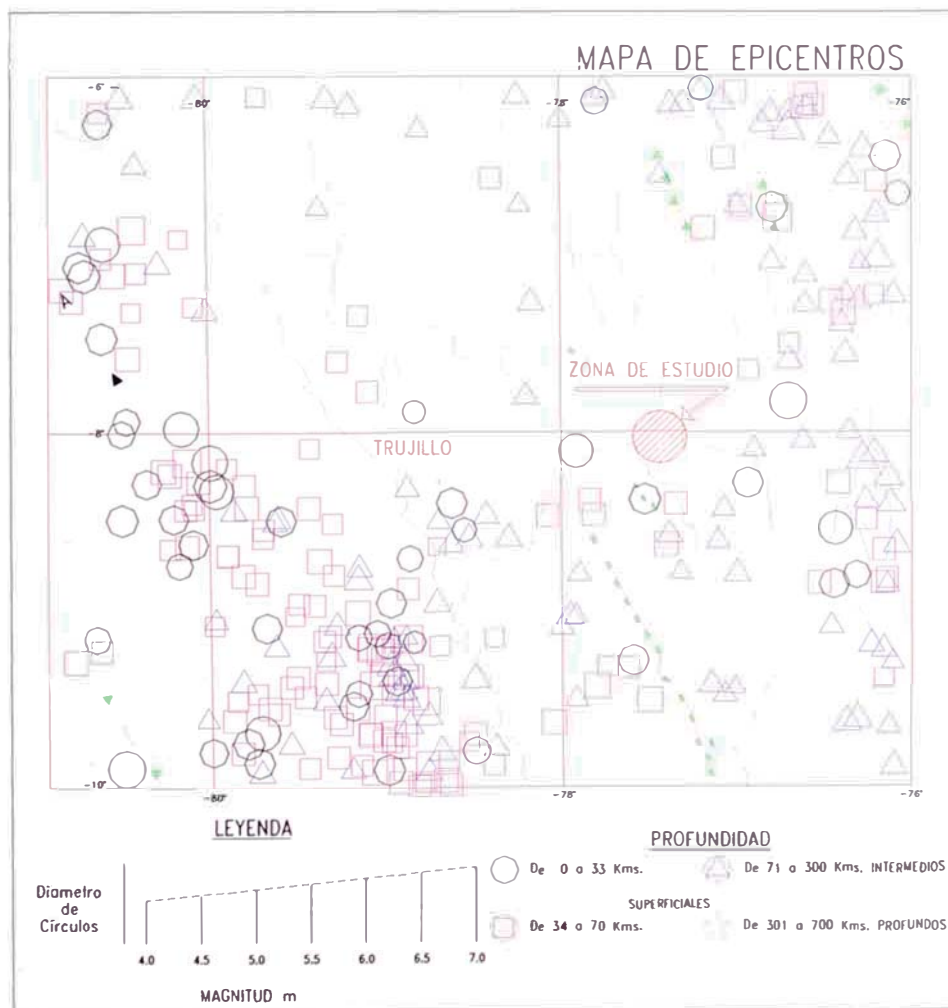


Fig. Nº 3.5. Mapa de epicentros sísmicos.

3.4.4. Evaluación de las Fuentes Sismogénicas

Se ha utilizado las fuentes sismogénicas definidas por Castillo (1993). La determinación de estas fuentes sismogénicas se ha basado en el mapa de distribución de epicentros, así como en las características tectónicas de nuestro país. La actividad sísmica en el Perú es el resultado de la interacción de las placas Sudamericana y de Nazca, y el proceso de reajuste tectónico de la Cordillera Andina. Esto nos permite agrupar a las fuentes en Fuentes de Subducción y Fuentes Continentales.

Las Fuentes de Subducción modelan la interacción de las placas Sudamericana y de Nazca. Las Fuentes Continentales están relacionadas con la actividad sísmica superficial andina. Se han presentado las fuentes como áreas, ya que no existen suficientes datos para modelar fallas como fuentes lineales en este tipo de análisis.

El análisis del peligro sísmico incluye la identificación de los factores tectónicos y geológicos que pueden afectar las áreas del proyecto, análisis de los datos históricos e instrumentales y el estudio de los rasgos sismotectónicos de la región.

En las inmediaciones al área del Proyecto no fue observada ninguna evidencia de influencia neotectónica, es decir se descarta la presencia de fallas activas.

3.4.5. Evaluación de Peligro Sísmico

El peligro sísmico representa la probabilidad de ocurrencia dentro de un período específico de tiempo y dentro de un área dada, un movimiento sísmico con una intensidad determinada. Los estudios de peligro sísmico tienen como objetivo estimar el movimiento del terreno en un lugar determinado, o proporcionar una evaluación del tamaño del sismo en la zona en estudio.

El peligro sísmico describe los efectos provocados por movimientos sísmicos en el suelo de dicha zona. Tales como la aceleración, velocidad, desplazamiento del

terreno o intensidad macrosísmica de la zona. Para evaluar éstos efectos es necesario analizar los fenómenos que ocurren a partir de la emisión de las ondas sísmicas ocurridas en el foco mismo hasta que estas ondas sísmicas llegan a la zona de estudio

Los parámetros del peligro sísmico pueden ser agrupados en tres categorías:

- Movimientos del terreno.
 - aceleración.
 - velocidad
 - desplazamiento
- Frecuencia predominante.
- Duración.

El fenómeno sísmico es fundamentalmente un proceso aleatorio; existen incertidumbres en cuanto a la distribución espacial y temporal de los eventos. Este hecho en primer lugar, y las limitaciones en cuanto a la cantidad y calidad de datos sismológicos con los que se cuenta, en segundo lugar, exige introducir conceptos probabilísticos en los estudios de la Ingeniería Sísmica.

La metodología para definir el peligro sísmico comprende la evaluación probabilística de los siguientes factores (Larsson & Mattson, 1987):

- ¿Cuándo ocurren los terremotos?. Se calcula la probabilidad de ocurrencia de los terremotos.
- ¿Cuál es su tamaño?. Se define la máxima magnitud que puede esperarse en un intervalo de tiempo determinado.
- ¿Dónde ocurren los terremotos?. Se establece la distancia a las fuentes de sismos que pueden afectar el sitio bajo investigación.
- ¿Cuál es la influencia local en el sitio?. Se encuentra una relación de atenuación de las ondas sísmicas.

Los conceptos más importantes para definir la acción sísmica comprenden el periodo de retorno de los terremotos y la probabilidad de excedencia. Estos se asociarán luego con la vida útil (o vida económica) de las estructuras.

Probabilidad de ocurrencia

El periodo de retorno puede ser definido como el tiempo medio entre sucesos sísmicos de iguales características, en la Fig. N° 3.6 se puede visualizar la relación que existe entre la vida útil y la probabilidad anual de ocurrencia para cada cierto periodo de retorno del evento.

Es frecuente idealizar los fenómenos sísmicos como procesos de Poisson. La distribución de Poisson se basa en que no haya dependencia entre sucesos ni respecto al tiempo. La razón para utilizar esta distribución es la simplicidad y la facilidad de manejo antes que la adecuación de la hipótesis a la realidad (Barbat & Canet, 1994).

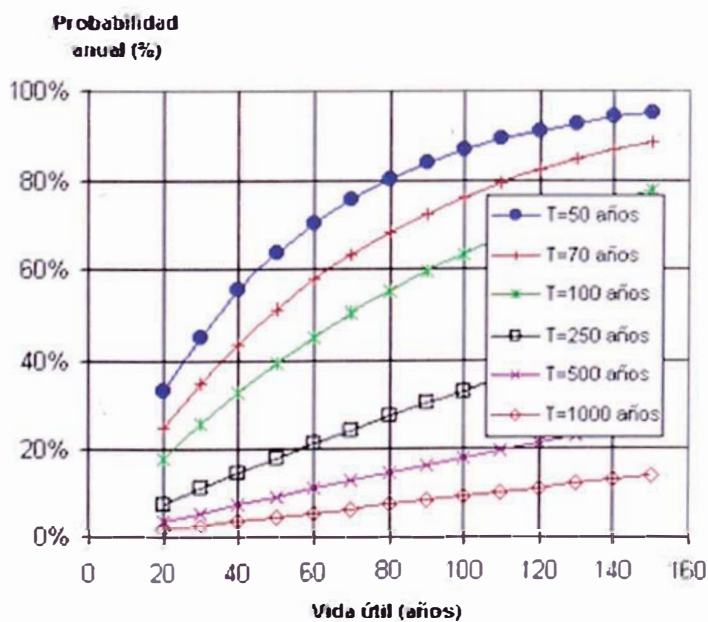


Fig. N° 3.6. En este gráfico se visualiza la probabilidad anual (%) vs. la vida útil (años).

El periodo de retorno para sucesos que obedecen a un proceso de Poisson es: $T=1/N$, donde N es la cantidad promedio de sucesos de ciertas características

que ocurren por unidad de tiempo. La probabilidad de excedencia o de ocurrencia es la probabilidad de que al menos un sismo de ciertas características tendrá lugar en un periodo de tiempo (de retorno) dado.

La vida útil que se consideran para construcciones comunes de tipo urbano o industrial están entre 50 y 100 años. La probabilidad de excedencia que se asocia al sismo de diseño caracteriza el nivel de intensidad del mismo. Se consideran dos probabilidades de excedencia de interés. Una asociada con la ocurrencia de sismos de magnitud moderada, pero con probabilidades de ocurrencia relativamente altas, llamados sismos de operación. La estructura debe resistir su acción sin sufrir daños importantes que la pongan fuera de uso. La reparación de daños debe tener un costo razonable.

La otra está asociada a eventos de gran magnitud, pero de ocurrencia esporádica; el terremoto más fuerte que se espera se produzca una sola vez durante la vida de una estructura, denominado sismo accidental. Se tiene la justificación económica de aceptar que un terremoto con estas características produzca daños estructurales importantes, siempre que al mismo tiempo, se evite el colapso de la construcción, las pérdidas de vidas y de bienes materiales (Barbat & Canet, 1994).

Para los sismos de operación se consideran probabilidades de excedencia entre 50% y 64%. Probabilidades menores no corresponden a condiciones de operación (Carballo, 1993). En cambio, la selección de un nivel razonable de seguridad para tomar en cuenta acciones accidentales es un trabajo subjetivo. El nivel aceptable de riesgo está regido por factores diversos, como la posibilidad económica para poder aceptar dicho riesgo y los efectos que pudiera tener sobre la población un mal comportamiento de las estructuras (Carballo, 1993).

Estimación de las Aceleraciones

Una vez definidas las probabilidades de excedencia para los sismos de diseño, se determina el periodo de retorno para cada una de las probabilidades usadas.

Con base a estos periodos de retorno se obtienen las aceleraciones máximas del terreno en la curva de peligro sísmico.

Considerando un periodo de retorno de 500 años, que es el periodo recomendado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) considerando la etapa de abandono de un presa de relaves, se obtiene una aceleración de 0.30g. Es importante indicar que si bien el MEM recomienda analizar una presa de relaves con un periodo de retorno de 150 años para la condición operativa, es justificable utilizar periodos de retorno mayores en esta etapa de la vida de la estructura en la medida que el riesgo de falla de este tipo de instalaciones es alto por los efectos a los recursos y medio ambiente que podría tener una falla de una presa de relaves. Por lo tanto, en el diseño de la presa de relaves Alpamarca se ha tomado una aceleración de 0.30g que corresponde a un periodo de retorno de 500 años.

Coefficiente Sísmico

El coeficiente sísmico es utilizado para el análisis pseudo-estático de taludes. Este valor se toma como una fracción de la aceleración máxima estimada a partir del peligro sísmico. En la comunidad técnica internacional se acepta que el coeficiente sísmico sea estimado como la mitad de la aceleración máxima en la superficie del terreno. Esta recomendación es consistente con las del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, Hynes y Franklin, 1984), quienes sugieren el uso de un coeficiente sísmico pseudo-estático igual al 50% de la aceleración pico de diseño.

La recomendación del Cuerpo de Ingenieros está basada en la aplicación del método de Newmark para calcular desplazamientos permanentes en presas de tierra utilizando más de 350 registros sísmicos, concluyéndose que estas estructuras analizadas con el método pseudo-estático con factores de seguridad mayores que 1.0 utilizando un coeficiente sísmico horizontal de $0.5 \times PGA$ no desarrollan deformaciones mayores a 1 metro, que es un valor arbitrario que puede ser tolerado por presas de tierra, sin representar una amenaza a la integridad del reservorio.

Por lo tanto, para el análisis pseudo-estático de diseño de taludes del proyecto Alparmarca se recomienda utilizar un coeficiente sísmico de 0.15.

Ecuación de Atenuación

Las aceleraciones del terreno inducidas por un terremoto en un sitio particular dependen principalmente de dos valores estocásticos: la magnitud M del terremoto y la distancia hipocentral R (Larsson & Mattson, 1987). La aceleración asociada a un sitio se puede relacionar con la magnitud de un sismo y su distancia al punto donde se originó mediante leyes de atenuación. Tales ecuaciones están basadas en diferentes cantidades de datos o en diferente calidad de mediciones hechas en diversas partes del mundo. Esto es importante de mencionar por cuanto el tipo de terreno y, en general, la ubicación geográfica de los sismos utilizados para desarrollar las ecuaciones de atenuación determinan su aplicabilidad a un sitio dado.

La ecuación de Campbell (1981) es señalada como la más indicada para distancias pequeñas.

$$\alpha = \frac{0.0159e^{0.863M}}{(R + 0.0606e^{0.7M})^{1.09}}$$

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA PRESA DE RELAVES

4.1. Generalidades

Las presas con cara de concreto o elemento impermeable en la cara de aguas arriba son consideradas estables, por cuanto el cuerpo entero de la presa se opone a la acción de las fuerzas del agua o de los relaves depositados aguas arriba, así como por el hecho de que está permanentemente en una condición seca, por lo cual no hay posibilidad de generación de presión de poros durante la ocurrencia de un sismo que pudiera reducir su resistencia.

En el caso de un eventual agrietamiento del elemento impermeable durante un movimiento sísmico, la zona debe controlar las posibles filtraciones al punto de que el agua pueda fluir a través del cuerpo de la presa sin producir riesgo alguno para la estabilidad de la presa.

Durante su vida útil, la presa estará expuesta a diferentes condiciones de operación para los cuales es necesario evaluar su estabilidad. Las características de la presa, su secuencia de construcción y la disposición de relaves configuran los siguientes escenarios de análisis más críticos a saber:

- Presa Inicial. Final de Construcción. Análisis Estático. Talud aguas arriba. Sin presencia de agua o relave sobre el talud.
- Presa Inicial. Final de Construcción. Análisis Pseudo-estático. Talud aguas arriba. Sin presencia de agua o relaves sobre el talud.
- Presa Final. Análisis Estático. Talud Aguas Abajo. Almacenamiento lleno con relaves y con presencia de agua.
- Presa Final. Análisis Pseudo-estático. Talud aguas abajo. Almacenamiento lleno con relaves y con presencia de agua.

ICOLD (1998, bulletin 61-Ref 1) establece que una presa segura debe de cumplir los siguientes criterios:

- Su comportamiento debe de ser satisfactorio sin daño apreciable durante la operación bajo cargas normalmente esperadas durante la vida útil de la estructura.
- La presa no debe fallar de manera catastrófica durante un evento extremo improbable, aunque sea posible.

En el primer caso, pueden presentarse daños tolerables en la forma de pequeños desplazamientos permanentes, pequeños agrietamientos superficiales, cambios menores en los caudales de filtración o en el patrón de flujo, etc. En el segundo caso, pueden presentarse distorsiones, agrietamientos y movimientos permanentes de magnitud apreciable que deben de ser reparados posteriormente, pero que no llegan a poner en peligro la seguridad de la estructura. Estos criterios configuran dos escenarios básicos de carga, con lo cual debe estudiarse la estabilidad de la presa.

El primer escenario, corresponde a condiciones normales de carga que ocurren frecuentemente o que puede esperarse razonablemente que ocurran durante la vida útil de la presa, este escenario incluye el peso propio de los materiales, la reacción de los materiales de cimentación, presiones hidrostáticas en los materiales de presa y las cargas debidas al sismo básico de diseño. En el segundo escenario correspondiente a la condición de cargas extremas, incluye además de las cargas debidas al peso de los materiales de la presa, la cimentación, los relaves y el agua de almacenamiento, las cargas debidas al sismo máximo creíble.

De acuerdo con los estudios de riesgo sísmico del proyecto el sismo máximo obtenido de procedimientos determinísticos produciría aceleración máxima de 0.35g. por su parte el sismo de diseño, obtenidos mediante análisis probabilísticas, con un periodo de retorno de 500 años, produciría una

aceleración máxima de 0.30g, la cual se considera aplicable al escenario en condiciones normales.

4.2. Preparación de la Cimentación

La preparación de la cimentación es requerida solamente para las áreas dentro de los contornos de la presa. Todos los rellenos artificiales, estructuras y vegetación dentro de los límites de la presa serán removidos antes de la construcción.

Las excavaciones en la cimentación de la presa comprenden, la remoción de los suelos coluviales presentes, tanto en el área de la presa como en su estribo izquierdo y la excavación de algunos afloramientos del estribo derecho con el fin de regularizar la superficie rocosa.

El depósito de suelo existente en el estribo izquierdo de la presa se extiende desde la parte media de la ladera hacia arriba cubriendo parcialmente el área de cimentación del espaldón de aguas arriba de la presa. Se estima que dicho depósito puede tener un espesor de hasta 12 metros a partir de la observación de las excavaciones realizadas y el registro de la perforación exploratoria ejecutada en este estribo. De acuerdo a las características del depósito de suelo del estribo izquierdo, este deberá ser removido en el área de cimentación del espaldón aguas arriba de la presa hasta descubrir la superficie de roca. Muy posiblemente deberá ser removida la parte superficial de la roca, si esta se encuentra alterada, fracturada o desplazada.

En el estribo derecho, si bien aflora en el área de cimentación del espaldón de aguas arriba de la presa, se presentan algunas superficies salientes de roca que es necesario cortar con el fin de remover la divergencia que se presenta del contorno de la cara del talud de aguas arriba en dirección de la pendiente del talud. Se ha considerado que la dirección de la pendiente del talud con un ángulo no menor de 4° con respecto a la línea perpendicular al eje de la presa.

En relación con la aceptabilidad de los materiales de cimentación de los rellenos de la presa se adoptan en general los siguientes criterios:

- Todos los suelos blandos y la roca suelta deben ser removidos del área de cimentación de la presa.
- Los suelos densos y competentes existentes en el área de los espaldones podrán ser dejados en el sitio y aceptarse como material de cimentación si sus propiedades son similares a las de los rellenos de presa. Por este criterio, no será necesario remover el depósito de gravas del lecho de la quebrada Alpamarca en el área de cimentación de la presa, excepto en el área adyacente al talud aguas arriba de la presa.
- El área de contacto de la zona de filtro con la cimentación debe conformarse en roca inyectable con lechada de cemento, por lo cual deben removerse en dicho sector los suelos y la roca suelta y alterada.

4.3. Materiales de Construcción

4.3.1. Características Generales

Las playas aluviales del río Parcoy son la principal fuente de materiales de para la construcción de la presa. En la actualidad se dispone de tres playas de ríos de las que se esta obteniendo los materiales a saber:

- Playa Piaz, ubicada a aproximadamente 5 Km. de la presa.
- Playa Parcoy 1, ubicada a 2.5 Km del sitio de presa.
- Playa Yuracyacu, ubicada a la altura de la zona de Trapiche a una distancia de aproximadamente 3 km del sitio de presa.
- Playa Parcoy 2, ubicada a 5km del sitio de presa.

En la Tabla N° 4.1, se presenta ensayos granulométricos realizados en las canteras mencionadas, también en la Fig. N° 4.1, se presenta las curvas granulométricas de cada calicata.

El tipo de Material para el cuerpo de la presa esta dado por los siguientes:

A. Material de Filtro para la Zona 2 de la Presa (Material Tipo 2).

B. Material de Drenaje (Material Tipo 2A).

C. Relleno de Grava para la Zona 3 de la Presa (Material Tipo 3).

D. Enrocado (Rip rap).

La ubicación de estos materiales dentro del cuerpo de Presa se puede visualizar en el Plano 3 del Anexo 3, donde se presenta la sección típica y descripción de zonas.

Tabla N° 4.1: Ensayos granulométricos.

Tamiz	Abertura	%huso-su	Piasc1 (429kg)	Piasc2 (386kg)	Piasc3 (368kg)	Culc1	Culc2	Culc3
25"	635	100	100	100	100	100	100	100
24"	609.6	99.2	100	100	100	100	100	100
23"	584.2	98.4	100	100	100	100	100	100
22"	558.8	97.6	100	100	100	100	100	100
21"	533.4	96.8	100	100	100	100	100	100
20"	508	95.8	100	100	100	100	100	100
19"	482.6	94.9	100	100	100	100	100	100
18"	457.2	93.9	100	100	100	100	100	100
17"	431.8	92.8	100	100	100	100	100	100
16"	406.4	91.7	100	100	100	100	100	100
15"	381	90.5	100	84.2	84.5	100	100	100
14"	355.6	89.2	85.4	70.7	84.5	100	100	100
13"	330.2	87.8	70.8	63.2	76.6	76.2	100	74.9
12"	304.8	86.3	60.1	55.9	70.9	76.2	100	74.9
11"	279.4	84.7	52	51	63.6	76.2	100	74.9
10"	254	82.9	39.9	45.8	58.4	76.2	76.7	74.9
9"	228.6	81	30.2	38.5	50.2	69.1	76.7	74.9
8"	203.2	78.8	22.8	32.8	41.5	69.1	60.2	74.9
7"	177.8	76.3	18.4	28.1	34.2	57.8	60.2	69
6"	152.4	73.4	14.2	24.7	28.2	53.7	57.2	63.1
5"	127	70	11	22.4	24.4	49.6	51.4	56.1
4"	101.6	65.8	8.4	19	22	47.4	45.8	48.8
3"	76.2	60.5	8.1	17.4	21.1	47.4	44.7	48
2"	50.8	52.9	7.7	15.9	19.2	40.4	43.1	44.5
1½"	38.1	47.6	7.1	14.7	17.3	36.1	37.8	40.6
1"	25.4	40	6.3	12.6	14.6	30.8	32.6	35.1
¾"	19.05	38.5	5.7	11.1	13	27.1	28.6	30.9
⅜"	9.53	35	4.4	8.2	9.5	20.6	21	23.4

Tamiz	Abertura	%huso-su	Piasc1	Piasc2	Piasc3	Culc1	Culc2	Culc3
Nº 4	4.75	31.4	3.1	6.4	7.1	15.6	15.3	18
Nº 10	2	26.9	2.5	5.4	5.6	10.3	11	9.8
Nº 20	0.85	22.5	1.6	3.9	4	5.6	6.8	5.3
Nº 40	0.425	18.9	0.9	2.3	2.4	2.6	3.8	2.5
Nº 60	0.25	16.2	0.6	1.3	1.4	1.4	2.3	1.1
Nº 100	0.15	13.6	0.4	0.7	0.7	0.9	1.5	0.5
Nº 140	0.105	11.7	0.3	0.5	0.5	0.2	1.2	0.2
Nº 200	0.075	10	0.2	0.4	0.4	0.1	1	0.1

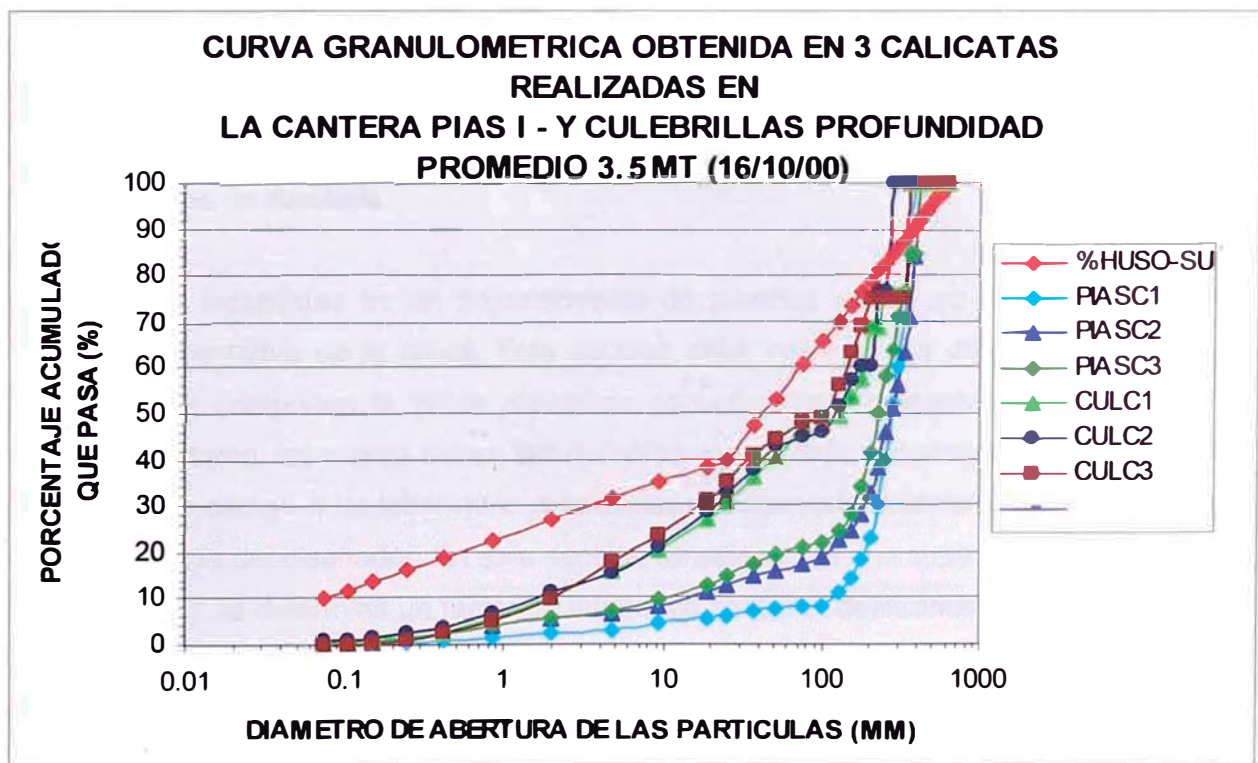


Fig. Nº 4.1. Curvas granulométricas de los materiales a utilizar.

4.3.2. Características de Resistencia del Relleno de la Presa

El cuerpo de la presa estará compuesto por material compactado obtenido de los depósitos aluviales del río Parcoy, aguas abajo del sitio de presa. Los materiales que constituyen dichos depósitos son de muy buena calidad, lo cual debe producir un relleno de alta resistencia y baja compresibilidad. Debido al gran tamaño de los fragmentos que componen el relleno, que impide la realización de

ensayos de resistencia en el laboratorio de muestras representativas, las características de resistencia al corte de los materiales se ha supuesto a partir de la curva promedio de variación del ángulo de fricción con la presión de confinamiento estimada por Seed y Otros (1985, Ref 5). A partir de dicha curva se obtiene que el ángulo de fricción del relleno de la presa pueda variar entre 43° y 48° , correspondiendo el mayor valor al material que constituye la parte exterior de los espaldones de la presa. Para propósitos de los análisis de estabilidad se ha dividido la sección de la presa en tres zonas principales con diferente ángulo de fricción, de acuerdo con el estado de esfuerzos a que estará sometida tanto la presa inicial como la última.

4.4. Análisis de Estabilidad

4.4.1. Métodos de Análisis

El análisis de estabilidad es un procedimiento de pruebas sucesivas de una sección representativa de la presa. Esta sección debe contener los diferentes materiales que componen la presa, debiendo conocerse sus propiedades de resistencia cortante, las cuales deben ser apropiadamente determinadas a partir de ensayos de campo o de laboratorio o estimadas conservadoramente a partir de la experiencia del diseñador. En esta sección se selecciona una superficie de falla potencial y se determina un factor de seguridad contra el deslizamiento a lo largo de dicha superficie. Se seleccionan superficies diferentes y se repite el análisis hasta encontrar la superficie que tenga el factor de seguridad mas bajo, conocida como la superficie crítica. El factor de seguridad contra el deslizamiento a lo largo de la superficie crítica es el factor de seguridad para el talud. En la actualidad existen una variedad de algoritmos de cómputo que permiten realizar la verificación de una sección típica a través de diferentes métodos de estabilidad de taludes conocidos y aceptados en la literatura técnica internacional.

El factor de seguridad "FS" para un talud, generalmente se define como la relación entre la resistencia al corte disponible y el esfuerzo cortante en la superficie de falla crítica. Las características de esfuerzo-deformación de la

mayor parte de suelos son tales que las deformaciones plásticas relativamente grandes podrían ocurrir a medida que los esfuerzos cortantes aplicados se aproximen a la resistencia de corte del material. En el diseño del talud o presa, el factor de seguridad debe ser mayor que la unidad para permitir diferencias entre las presiones de poros de agua, parámetros de resistencia al corte y deformaciones asumidas en el diseño y aquellas que podrían existir actualmente dentro del talud.

La superficie crítica podría localizarse dentro de la presa analizada o podría ubicarse totalmente fuera de la presa si se atravesaran materiales débiles o de baja resistencia como por ejemplo aquellos retenidos en el depósito o suelos blandos en la cimentación, o podría colocarse en cualquier posición entre estos límites.

Con la excepción de algunos casos especiales, los cálculos de estabilidad para determinar el factor de seguridad deberían basarse en función de esfuerzos efectivos. La determinación de esfuerzos efectivos requiere de un conocimiento de la presión de poros existente en la presa. Para un relleno completamente consolidado, sujeto a condiciones de filtración en estado de reposo, la presión de poros puede determinarse a partir de una red de flujo, de modo tal que permita el cálculo de esfuerzos efectivos.

En los casos donde la presión de poros es crítica en el análisis de estabilidad, se deberán instalar piezómetros dentro del cuerpo de la presa para medir las condiciones de campo, si las presiones de poros son significativamente más altas que aquellas utilizadas en el diseño, será necesario volver a verificar el análisis de estabilidad y modificar la sección de diseño para obtener el factor de seguridad que garantice la estabilidad de la presa.

Las características de los métodos comúnmente utilizados para el análisis de estabilidad se presentan en la Tabla N° 4.2.

Tabla N° 4.2: Métodos de Análisis de Estabilidad.

Metodo	Limitaciones , supuestos y condiciones de equilibrio satisfechas
Método Ordinario de Dovelas	Factores de seguridad bajos – bastante inadecuados para taludes planos con altas presiones de poros, únicamente para superficies de deslizamiento circular, supone que la fuerza normal sobre la base de cada dovela es $W \cos \alpha$: una ecuación (equilibrio de momento de la masa entera) una incógnita (factor de seguridad).
Método Modificado de Bishop	El método preciso, únicamente para superficies de deslizamiento circular, satisface el equilibrio vertical y equilibrio de momento total, supone que las fuerzas laterales sobre las dovelas son horizontales.
Método Simplificado de Janbu	Método del equilibrio de fuerza aplicable a cualquier forma de superficie de deslizamiento, supone que las fuerzas laterales son horizontales (igual para todas las dovelas), los factores de seguridad son generalmente considerablemente mas bajos que los calculados utilizando métodos que satisfagan todas las condiciones de equilibrio.
Método Sueco Modificado	Método de equilibrio de fuerzas aplicables a cualquier forma de superficie de deslizamiento, supone que las inclinaciones de fuerzas laterales son iguales a la inclinación del talud (igual para todas las dovelas) los factores de seguridad son generalmente considerablemente mas altos que aquellos calculados utilizando métodos que satisfagan todas las condiciones de equilibrio.
Janbu Generalizado (Procedimientos de Dovelas)	Satisface las condiciones de equilibrio aplicables a cualquier forma de superficie de deslizamiento, supone que las alturas de las fuerzas laterales sobre la base de la dovela (variación de dovela a dovela) existen problemas de convergencia numérica mas frecuentes que en otros métodos.
Método de Spencer	Satisface las condiciones de equilibrio aplicables a cualquier forma de superficie de deslizamiento supone que la inclinación de las fuerzas laterales es la misma para cada dovela, la inclinación de la fuerza lateral se calcula en el proceso de solución de manera que se satisfagan todas las condiciones de equilibrio, método preciso.
Método de Morgenstein y Price	Satisface todas las condiciones de equilibrio, aplicable a cualquier forma de superficie de deslizamiento, supone que las inclinaciones de las fuerzas laterales siguen un patrón prescrito llamado $f(x)$, las inclinaciones de las fuerzas laterales pueden ser iguales o pueden variar de dovela a dovela, las inclinaciones de las fuerzas laterales se calculan en el Proceso de solución de manera que se satisfagan todas las condiciones de equilibrio, método preciso.

El método que se aplicara en el presente análisis es el Método Modificado de Bishop, implementado en el programa PCSTABL.

4.4.2. Factores de Seguridad

Para definir los factores de seguridad mínimos para análisis de estabilidad en presas de tierra, se adoptarán los criterios recomendados por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Estos factores de seguridad se presentan en la Tabla N° 4.3.

Tabla N° 4.3: Factores de seguridad del US ARMY.

Condición	Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
I) Al final de la construcción Para presas de más de 15 m	1.3 1.4	1.3 1.4
II) Estado de Infiltración Constante	–	1.5
III) Desembalse Rápido	1.5	–
IV) Sismo Solo condiciones I y II	1.0	1.0

4.5. Resultados Obtenidos

El análisis original de la presa de relaves Alpamarca consideraba los materiales indicados en la Tabla N° 4.4. En esta tabla también se presentan sus características físicas y de resistencia cortante. En la Tabla N° 4.5, se puede observar los resultados obtenidos, a partir del análisis de estabilidad de taludes con el método de Bishop Modificado:

Tabla N° 4.4: Propiedades Físicas de los Materiales

Ítem	Descripción	γ kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	Cohesión kN/m ²	Angulo de Fricción (°)
1	Dren	20.0	21.5	0	40°
2	Grava	22.0	23.0	0	45°
3	Suelo	18.0	18.5	100	35°
4	Relave Pulpa	18.0	19.5	0	25°

Tabla N° 4.5: Cuadro de Resultados - Análisis de Estabilidad

Ítem	Descripción	Factor de Seguridad Us Army	Factor de Seguridad de Diseño	Aceptado	Plano	Modelo
1	Análisis Estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.40	1.82	SI	Pla - 15	Modelo11.SI
2	Análisis Pseudos-estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.00	1.24	SI	Pla - 16	Modelo12.SI
3	Análisis Estático Talud Aguas Arriba Presa Vacía	1.40	1.63	SI	Pla - 17	Modelo13.SI
4	Análisis Pseudos-estático Talud Aguas Arriba Presa Vacía	1.00	1.14	SI	Pla - 18	Modelo14.SI

Factores de Seguridad.

Los factores de seguridad determinados en los análisis estáticos para la presa inicial y última son mayores de 1.40, variando estos valores de 1.63-1.82, para las características medias de resistencia consideradas para el relleno de grava y cuerpo de la presa. Estos factores de seguridad son satisfactorios y cumplen los requisitos de seguridad exigidos en la práctica para este tipo de obras.

Los factores de seguridad en el análisis pseudo-estático son mayores a 1. Por lo cual esta condición de diseño es cumplida satisfactoriamente. Los valores varían de 1.14 a 1.24 para ambas condiciones analizadas.

Modelos Analizados.

La sección del modelo propuesto se presenta en el Plano 11 del Anexo 3, el cual es una simplificación de la sección típica de diseño (Plano 2 del Anexo 3), esto es por consideraciones asumidas para realizar el análisis de estabilidad estática y pseudo estática. Los resultados gráficos de los modelos analizados con el PCSTABL se presentan en los Planos 15-18 del Anexo 3. Los resultados literales de cada modelo corrido con el programa PCSTABL se pueden ver para estos análisis en el Anexo 1 de acuerdo a los nombres presentados en la Tabla N° 4.5.

4.6. Proceso Constructivo

4.6.1. Generalidades

Los Planos del 1 al 10 del Anexo 3 fueron establecidos para la construcción de la Presa de Relaves Alpamarca, de acuerdo al diseño planteado por el Proyectista.

A causa de la estrechez del cañón y la fuerte pendiente de las laderas que limitan grandemente el desarrollo de accesos a través de los estribos de la presa, es muy importante prever anticipadamente una posible secuencia constructiva de los rellenos de la presa, con base en la cual el contratista de la obra pueda preparar su programa de construcción de acuerdo a con las condiciones del contrato.

Para los propósitos de elaborar el esquema constructivo de la presa se tuvieron en cuenta los siguientes criterios y parámetros:

- Ancho de accesos: 7.00 m.
- Pendiente Máxima de Accesos: 13 %.
- El acceso al fondo del cañón se realiza aguas arriba.

- Se cuenta con un acceso en el estribo izquierdo en la 2282 que cruza en su totalidad la cimentación de la presa.

Con base a los anteriores criterios se elaboraron dos posibles alternativas de construcción de la presa. La alternativa 1 contempla la construcción de un acceso por el estribo izquierdo entre las elevaciones 2273 y 2261, adicional al existente en la EL 2282. En la segunda alternativa se han considerado dos accesos adicionales al existente, uno más al contemplado en la alternativa 1 entre las elevaciones 2255 y 2235, igualmente por el estribo izquierdo de la presa. A continuación se hace una breve descripción de dichas alternativas:

4.6.2. Alternativa 1

En las Figuras N° 4.2 y 4.3 se presentan el esquema constructivo para la alternativa 1 considerada, así como los accesos necesarios.

La primera etapa de la presa comprende la construcción de los rellenos desde aguas arriba hacia aguas abajo conformando una pendiente ascendente desde la superficie de cimentación de los rellenos hasta alcanzar la EL 2261, que corresponde a la máxima altura que se podría alcanzar mediante la construcción de accesos dentro del cuerpo de la presa. Al final de esta etapa deberá haberse construido un acceso que desde aguas arriba comunique el acceso existente con el estribo izquierdo con esta elevación hacia el extremo de aguas abajo de la presa. Este acceso, que se construiría con la pendiente máxima de 13%, cruzaría el contacto de la cara de aguas arriba de la presa en la EL 2273 aproximadamente. El volumen que se colocaría en esta etapa sería de 120,800 m³ que equivale a 38% del volumen total de la presa.

La segunda etapa comprende la colocación de rellenos hasta la EL 2261, utilizando para el acceso a la EL 2261 y las rampas dentro del cuerpo de la presa construidas en la etapa 1. El volumen por colocar en esta etapa es de 47,800 m³, correspondiente al 15% del volumen total de la presa. Utilizando este

mismo acceso, el relleno de la presa se construiría hasta la EL 2273 en lo que constituye la tercera etapa, en la cual se colocarían 239,000 m³ de material.

A partir de la EL 2273 se ascendería en los rellenos a través de rampas hacia aguas abajo hasta conectar con la vía existente en la EL 2282, para luego nivelar el relleno hasta esta elevación. Finalmente mediante una rampa sobre el talud de aguas arriba de la presa se alcanzaría la cresta de la presa.

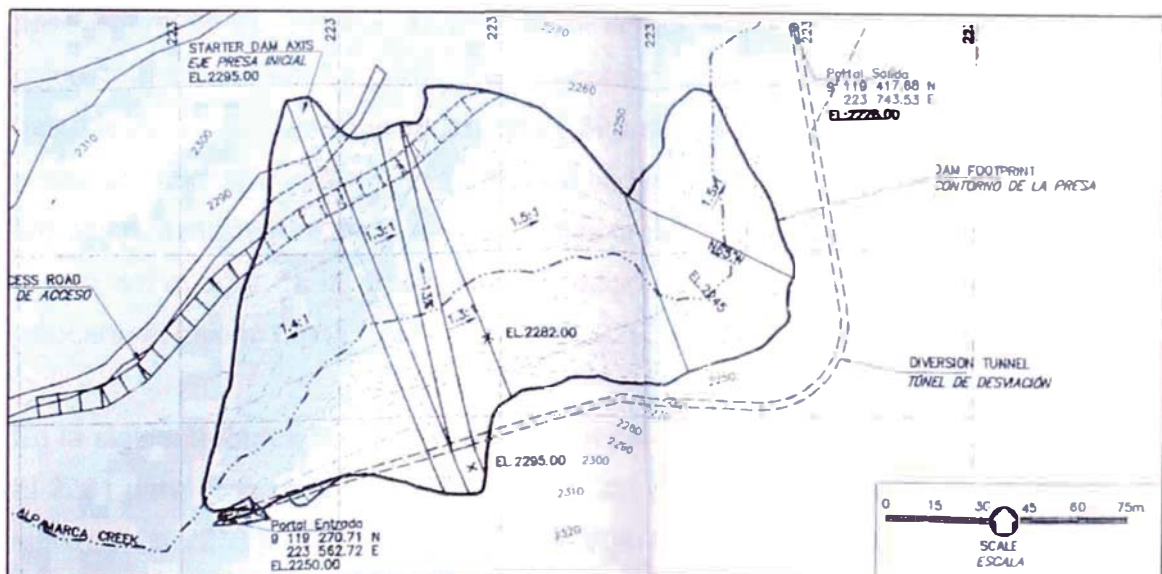


Fig. N° 4.2. Se puede observar los accesos definidos para la alternativa de construcción N° 1.

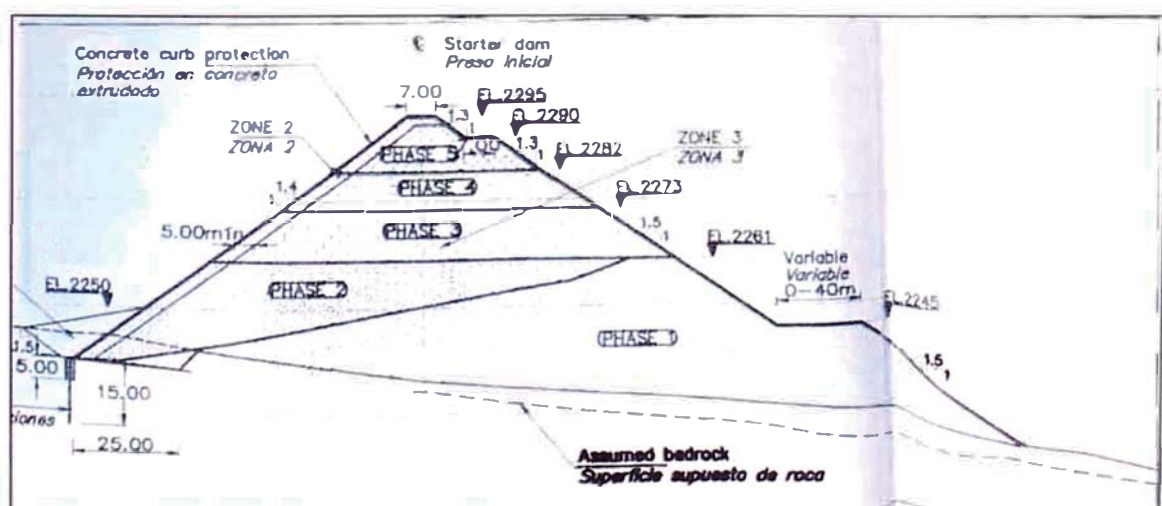


Fig. N° 4.3. Sección máxima de diseño establecida para la alternativa de construcción N° 1, así como las fases de construcción propuestas.

4.6.3. Alternativa 2

En las Figuras N° 4.4 y 4.5 se presentan el esquema constructivo para la alternativa 2 considerada, así como los accesos necesarios.

Para esta alternativa, como se mencionó anteriormente, es necesario construir un acceso por el estribo izquierdo, adicional al contemplado en la alternativa 1, que pase sobre la EL 2255 y alcance el nivel del lecho del río para iniciar la colocación de relleno. La primera etapa comprendería la colocación del relleno hasta la EL 2235, con un volumen de 22,600 m³. Posteriormente en la segunda etapa se colocaría relleno en forma ascendente hacia aguas arriba hasta la elevación mencionada, en el talud de aguas arriba, mediante rampas construidas dentro del cuerpo de la presa. A continuación a través del mismo acceso se colocaría el relleno hasta nivelarlo en la EL 2255 Etapa 3.

En la siguiente etapa de la construcción etapa 4 se colocarían rellenos hasta la EL 2261 para comunicar el acceso inferior con el intermedio construido entre las elevaciones 2273 y 2261. Una vez alcanzada la EL 2261, la construcción de la presa continuaría en la misma forma descrita en la alternativa 2.

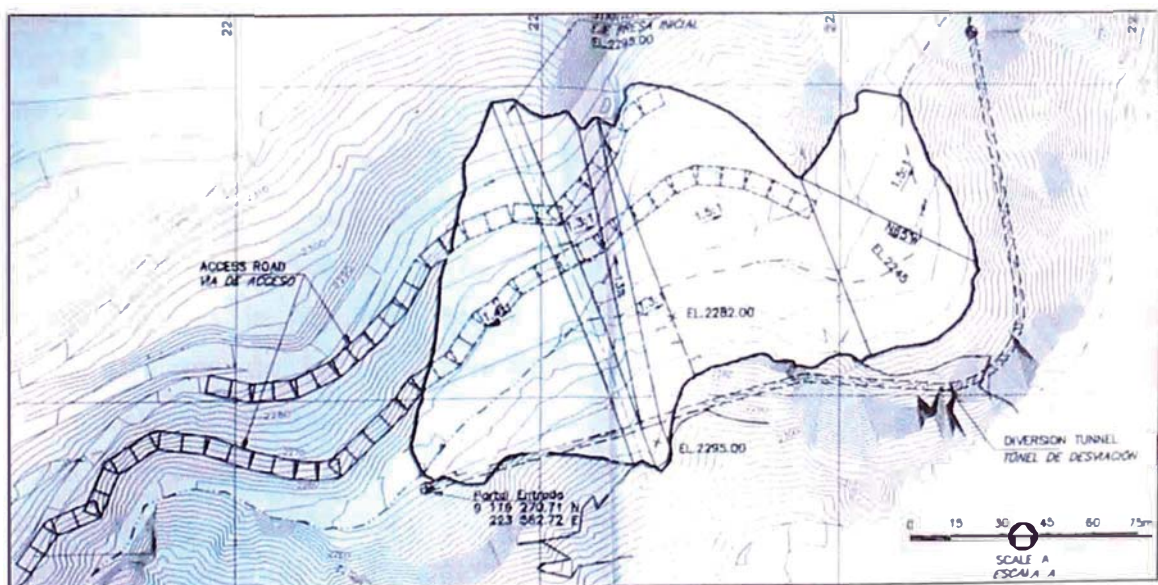


Fig. N° 4.4. Se puede observar los accesos definidos para la alternativa de construcción N° 2.

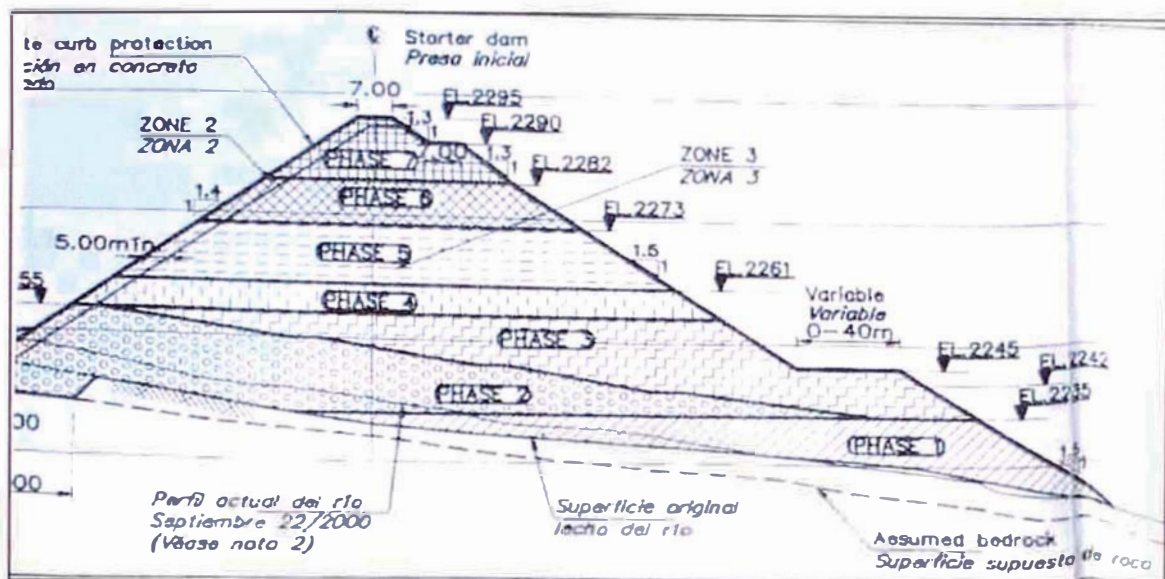


Fig. N° 4.5. Sección máxima de diseño establecida para la alternativa de construcción N° 2, así como las fases de construcción propuestas.

4.6.4. Análisis de las alternativas

La alternativa 1 tiene la ventaja principal de que se requiere solo un acceso adicional al que ya existe en el estribo izquierdo de la presa, lo cual resulta muy conveniente dada la dificultad de realizar excavaciones en las laderas por la fuerte pendiente y la presencia de materiales sueltos propensos a generar inestabilidades. Sin embargo, esta alternativa tiene la desventaja en comparación de la alternativa 2, en cuanto que requiere de un mayor volumen para alcanzar una cierta elevación (EL 2255, aproximadamente) en el talud de aguas arriba de la presa y por tanto de un mayor tiempo de construcción tal que le proporcione la seguridad necesaria para evitar el riesgo de un posible desbordamiento de las aguas embalsadas sobre los rellenos durante la construcción de la presa.

Dada que cada alternativa tiene sus ventajas y desventajas, debe ser el contratista de la obra quien proponga la secuencia que seguirá para la construcción de la presa, de acuerdo con las condiciones y plazos de contrato, dicha secuencia deberá ser aprobada por el Ingeniero supervisor antes de iniciar la construcción.

CAPITULO V

ANÁLISIS CON OTRO MATERIAL DE PRESTAMO EN EL CUERPO DE PRESA

5.1. Generalidades

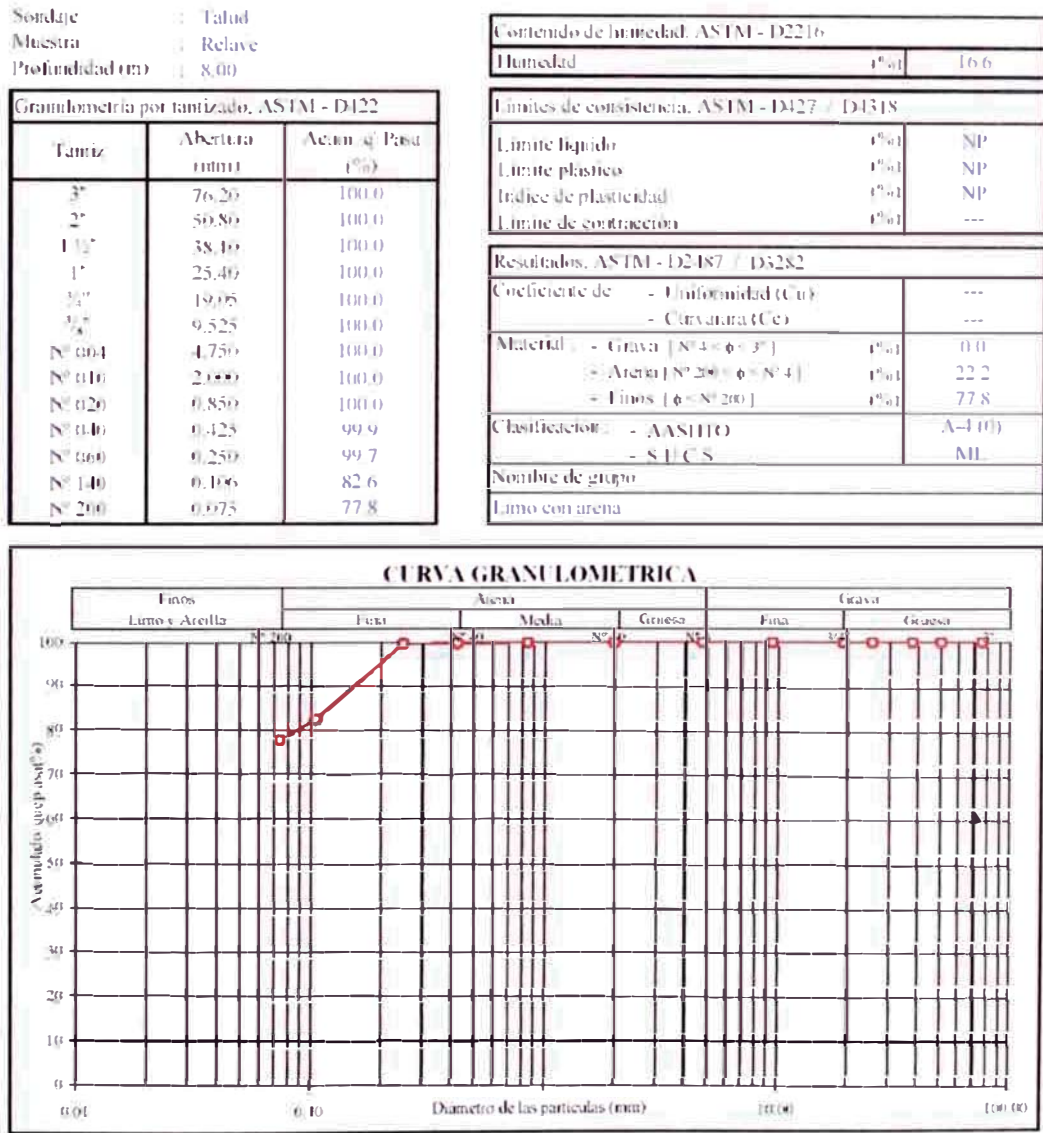
El estudio de presas de relaves es hoy en día tema de interés que involucra varias disciplinas profesionales de investigación, en innovación en el ámbito mundial. Una de estas disciplinas es la ingeniería geotécnica que cobra importancia debido a que evalúa las características geomecánicas de estos materiales de relaves, que corresponden a materiales obtenidos de procesos de molienda para la recuperación del mineral. El proceso inicial se origina en las plantas concentradoras mineras terminando posteriormente almacenados en grandes depósitos, denominados depósitos de relaves, requiriéndose el diseño y construcción de una presa para contener estos relaves, de ahí la importancia de evaluar el comportamiento de estas presas bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas, esta evaluación nos permite predecir su estabilidad, es muy importante esto debido a su alto poder contaminante, el cual podría ocasionar daños ambientales irreversibles si es que estos depósitos llegaran a estado de falla.

Dentro del Marco Legislativo Ambiental Peruano, las presas de relaves merecen especial atención debido a los problemas de inestabilidad presentes en antiguos depósitos en estado de abandono, que son los casos mayormente reportados, estos estados de falla se presentan porque nuestro país se encuentra en una zona altamente sísmica y principalmente a los métodos tradicionales de construcción y operación de depósitos y presas de relaves.

El presente estudio tiene por finalidad analizar las condiciones de estabilidad de la presa considerando otros materiales para la construcción de la presa, tales como relaves y material de desmonte de mina.

5.2. Análisis Utilizando Relaves

La granulometría del material de relave que es llevado hasta el depósito de relaves Alpamarca es resumida en la siguiente Figura.



Observación: La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

Fig. Nº 6.1. Ensayo de Caracterización Física realizado a una muestra de relave de la presa de Alpamarca.

Como se puede observar estos relaves presentan un contenido de arena del orden de 22.2%, lo cual indica que existe una importante cantidad de relave grueso que puede ser aprovechado para la construcción de la presa, con las

consideraciones necesarias para obtener una configuración estable en estas condiciones.

Para la obtención de relave grueso se utilizan técnicas convencionales de separación de la parte gruesa de la fina de la pulpa de relaves a través de la utilización de un hidrociclón. La separación se hace básicamente por gravedad, aprovechando la presión de llegada de la pulpa de relaves.

Es por esta razón que en el presente trabajo se estudia la utilización de relave grueso en la construcción de la presa.

5.2.1 Consideraciones en el Diseño

Las consideraciones tomadas en el diseño de la presa de relaves utilizando el relave como material de préstamo son las siguientes:

- Presa Final. Análisis Estático. Talud Aguas Abajo. Almacenamiento lleno con relaves y con presencia de agua.
- Presa Final. Análisis Pseudo-estático. Talud aguas abajo. Almacenamiento lleno con relaves y con presencia de agua.

5.2.2. Análisis de Estabilidad

Como en el caso anterior del análisis de estabilidad de la presa utilizando materiales de préstamo, en este caso el análisis de estabilidad será realizado utilizando el Método de Bishop Modificado, el cual se encuentra implementado en el programa PCSTABL.

Los factores mínimos de seguridad a considerar en el análisis de estabilidad, son los establecidos por el US ARMY, los cuales fueron presentados en la Tabla 4.3 del Capítulo 4.

Los parámetros de resistencia de los materiales involucrados en la estabilidad fueron los mismos que aquellos descritos en el Capítulo 4. Para el caso del

relave grueso, los parámetros de resistencia cortante fueron estimados a partir de la revisión de datos de diversos estudios desarrollados en otros proyectos mineros, habiéndose tomado un valor relativamente conservador equivalente a un ángulo de fricción de 30°. Se sabe que el ángulo de fricción del relave grueso puede alcanzar valores de hasta 35°. Estos valores relativamente altos del ángulo de fricción para estos materiales se deben a la angulosidad de sus partículas que se generan por efectos de la molienda en el proceso metalúrgico para la obtención de metales. No se ha realizado ensayos de corte en el relave grueso dado que no se disponía de muestras de estos materiales. La pulpa de relaves como un todo es llevada directamente hacia la presa de relaves sin clasificación. Es por esta razón que se estimó un valor conservador para los análisis.

En la Tabla 5.1 se presenta las características físicas de los materiales a utilizar como cuerpo de presa.

Tabla N° 5.1: Propiedades Físicas de los Materiales

Ítem	Descripción	γ kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	Cohesión kN/m ²	Angulo de Fricción (°)
1	Relave	18.0	19.50	0	30°
2	Grava	22.0	23.0	0	45°
3	Dren	20.0	21.5	0	40°
4	Suelo	18.0	18.5	100	35°
5	Relave Pulpa	18.0	19.5	0	25°

5.2.3. Resultados Obtenidos

De acuerdo a los planteamientos establecidos en el diseño se llevo a cabo los modelamientos y análisis de estabilidad. Los resultados se presentan a continuación:

1. Análisis de la Presa reemplazando la grava por relave, en un 100% respecto al diseño original.

En el Plano 19 del Anexo 3 se presenta la sección analizada. En la Tabla 5.2 se presenta los resultados del análisis de estabilidad para este caso analizado, tanto para las condiciones estática como pseudo-estática. Como se puede observar los factores de seguridad obtenidos son menores a los factores de seguridad mínimos recomendados por el US. ARMY. Esto indica que la configuración propuesta reemplazando el 100% de la grava del cuerpo de la presa por relave grueso no presenta una configuración estable, debido a lo cual se requiere modificar la geometría de la sección de análisis y así obtener apropiadas condiciones de estabilidad.

Tabla N° 5.2: Cuadro de Resultados - Análisis de Estabilidad

Ítem	Descripción	Factor de Seguridad Us Army	Factor de Seguridad de Diseño	Aceptado	Plano	Modelo
1	Análisis Estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.40	1.19	NO	Pla – 19	Modelo21.SI
2	Análisis Pseudo-estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.00	0.81	NO	Pla – 20	Modelo22.SI

2. Análisis de la Presa reemplazando la geometría así como los materiales de préstamo.

La variación a realizar es la de utilizar un dique de arranque y colocar un contrafuerte de inicio, ambos compuestos por grava, también es necesario

colocar material drenante en las bases para evitar saturación y posibles fallas por la presencia de agua.

La sección del modelo propuesto se presenta en el Plano 12 del Anexo 3. Este modelo tiene la particularidad, que se usa mayormente el relave como cuerpo de presa, la grava esta presente en el dique de arranque así como en el contrafuerte propuesto, el cual ayuda a aumentar la estabilidad de la sección.

Se realizó la verificación de la estabilidad con los modelos propuestos, y se obtuvieron los factores de seguridad mostrados en la Tabla 5.3.

Tabla N° 5.3: Cuadro de Resultados - Analisis de Estabilidad

Ítem	Descripción	Factor de Seguridad Us Army	Factor de Seguridad de Diseño	Aceptado	Plano	Modelo
1	Análisis Estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.40	1.72	SI	Pla – 21	Modelo23.SI
2	Análisis Pseudo-estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.00	1.06	SI	Pla – 22	Modelo24.SI

Los resultados gráficos del análisis realizado son presentados en los Planos 19 al 22 del Anexo 3. Los modelos analizados se visualizan en el Anexo 1, de acuerdo a los nombres presentados en las Tablas 5.2 y 5.3.

De la tabla anterior se puede observar que con los cambios presentados al modelo inicial se obtienen valores de factores de seguridad estático y pseudo-estático de 1.72 y 1.06, respectivamente, lo cual cumple con los parámetros de seguridad requeridos.

Debido a que esta sección presenta apropiadas condiciones de estabilidad, se va a adoptar como representativo de esta propuesta para fines de diseño.

5.2.4. Evaluación de la Disponibilidad de Relave

La disponibilidad de los relaves, va a estar en función del proceso que se tenga en la producción de planta, de acuerdo a datos suministrados se tiene la siguiente disponibilidad.

La Planta de Beneficio procesa al día en promedio 720 tmd en la siguiente proporción, 626 tmd de relave y 94 tmd mineral de cabeza. Aproximadamente 20% del relave es enviado como relleno hidráulico (125 tmd) y la diferencia (501 tmd) son enviadas a depósitos de relaves (en dos tuberías de 4"). Por ejemplo: para 1 mes este cálculo resultaría: $501 \times 29 = 14,529$ tmd al mes, se calcula con 29 días porque 1 día durante el mes se realiza el mantenimiento de la Planta de Beneficio.

De acuerdo al plano del diseño propuesto (Plano 12 del Anexo 3) se puede estimar la cantidad de material necesario para usar en la presa. En función de esto se puede determinar el proceso constructivo así como las maquinarias y equipos a usar.

5.2.5. Importancia en la Utilización de Relave

Es importante indicar que utilización de relave como material de construcción en el cuerpo de la presa, presenta las siguientes ventajas:

- Se incrementa el tiempo de vida propuesto debido a que parte del relave que estaría siendo depositado en el área de almacenamiento, se utilizará para la construcción del cuerpo de la presa;
- Se reducen los costos de construcción ya que el relave es llevado en pulpa a través de tuberías y cicloneado en la cresta de la presa.
- Se reducen los costos de capital, ya que la inversión inicial se reduciría a la construcción del dique de arranque y obras temporales, la construcción del dique se haría de manera permanente durante la operación,

implicando sólo costos operativos, incluyendo la construcción del contrafuerte.

5.3. Análisis Utilizando Desmante de Mina

Adicionalmente a la disponibilidad de relave grueso en la construcción de la presa, este estudio consideró la posibilidad de utilizar desmante de mina como material de construcción en el cuerpo de la presa de relaves. El desmante de mina es un material producto de la actividad minera, que no presenta valor comercial, por lo cual es almacenado en depósitos estratégicamente ubicados, ya que deben de cumplir con el Estudio de Impacto Ambiental elaborado para la operación de la mina y que este previsto dentro de los alcances del plan de cierre de mina.

La granulometría del desmante de mina es variable desde tamaños máximos de hasta 80 cm hasta contenido de finos variando de 15 a 25%. Los desmontes provienen de las labores subterráneas.

5.3.1. Consideraciones en el Diseño

Las consideraciones tomadas en el diseño de la presa de relaves utilizando el desmante de mina como cuerpo de presa son las siguientes:

- Presa Inicial. Final de Construcción. Análisis Estático. Talud aguas arriba. Sin presencia de agua o relave sobre el talud.
- Presa Inicial. Final de Construcción. Análisis Pseudoestático. Talud aguas arriba. Sin presencia de agua o relaves sobre el talud.
- Presa Final. Análisis Estático. Talud Aguas Abajo. Almacenamiento lleno con relaves y con presencia de agua.
- Presa Final. Análisis Pseudoestático. Talud aguas abajo. Almacenamiento lleno con relaves y con presencia de agua.

5.3.2. Análisis de Estabilidad

El análisis de estabilidad de la presa utilizando materiales de desmonte de mina será realizado utilizando el Método de Bishop Modificado, el cual se encuentra implementado en el programa PCSTABL.

Los factores mínimos de seguridad a considerar son los del US ARMY, presentados en la Tabla 4.3 del Capítulo 4.

Los parámetros de resistencia de los materiales involucrados en la estabilidad fueron los mismos que aquellos descritos en el Capítulo 4. Para el caso del desmonte de mina, los parámetros de resistencia cortante fueron estimados a partir de la revisión de datos de diversos estudios desarrollados en otros proyectos mineros, se ha tomado un valor del ángulo de fricción de 39°, dada la mineralogía de estos materiales. No se ha realizado ensayos de corte en el desmonte debido a que los grandes tamaños de estos materiales imposibilitan realizar ensayos a escala natural.

En la Tabla 5.4, se presentan las características físicas de los materiales a utilizar como cuerpo de presa.

Tabla N° 5.4: Propiedades Físicas de los Materiales

Ítem	Descripción	γ kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	Cohesión kN/m ²	Angulo de Fricción (°)
1	Desmonte	21.0	23.0	0	39°
2	Dren	20.0	21.5	0	40°
3	Suelo	18.0	18.5	100	35°
4	Relave Pulpa	18.0	19.5	0	25°

5.3.3. Resultados Obtenidos

De acuerdo a los planteamientos de diseño propuestos se llevo a cabo los modelamientos y análisis de estabilidad. Los resultados de estos análisis se muestran a continuación:

1. Análisis de la presa reemplazando la grava por desmonte de mina, en un 100% y considerando la geometría de diseño original.

En el Plano 23 del Anexo 3 se presenta la sección analizada. En la Tabla 5.5 se presenta los resultados del análisis de estabilidad para este caso analizado, tanto para las condiciones estática como pseudo-estática. Como se puede observar los factores de seguridad en los ítems 3 y 4, son menores a los factores de seguridad mínimos recomendados por US ARMY, indicando una configuración potencialmente inestable. Estos resultados corresponden a los realizados considerando talud aguas arriba.

Tabla N° 5.5: Cuadro de Resultados - Analisis de Estabilidad

Ítem	Descripción	Factor de Seguridad Us Army	Factor de Seguridad de Diseño	Aceptado	Plano	Modelo
1	Análisis Estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.40	1.48	SI	Pla – 23	Modelo31.SI
2	Análisis Pseudo-estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.00	1.01	SI	Pla – 24	Modelo32.SI
3	Análisis Estático Talud Aguas Arriba Presa Vacía	1.40	1.29	NO	Pla – 25	Modelo33.SI
4	Análisis Pseudo-estático Talud Aguas Arriba Presa Vacía	1.00	0.90	NO	Pla – 26	Modelo34.SI

A partir de estos resultados se concluye que es necesario modificar la sección analizada para tratar de obtener una configuración estable, como por ejemplo

cambiar la geometría de la sección, o iniciar con un dique de arranque compuesto por grava.

2. Análisis de la presa cambiando la geometría, en el talud aguas arriba y usando desmonte de mina como cuerpo de presa.

La variación a realizar en el diseño es la de optimizar la geometría del talud aguas arriba que fue el que presenta los valores de seguridad inadmisibles, esto significa la utilización de un talud menos pronunciado. En el Plano 13 del Anexo 3 se presenta la sección analizada.

Se realizó la verificación de la estabilidad con los modelos propuestos, en la que se cambia la geometría en la cara del talud aguas arriba, y se obtuvieron los factores de seguridad mostrados en la Tabla 5.6. Como se puede observar los factores de seguridad cumplen con los criterios mínimos establecidos, concluyéndose que con la modificación considerada se obtiene una configuración apropiada, la cual será adoptada para el diseño.

Tabla N° 5.6: Cuadro de Resultados - Análisis de Estabilidad

Ítem	Descripción	Factor de Seguridad Us Army	Factor de Seguridad de Diseño	Aceptado	Plano	Modelo
1	Análisis Estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.40	1.49	SI	Pla – 27	Modelo35.SI
2	Análisis Pseudo-estático Talud Aguas Abajo Presa Llena	1.00	1.01	SI	Pla – 28	Modelo36.SI
3	Análisis Estático Talud Aguas Arriba Presa Vacía	1.40	1.53	SI	Pla – 29	Modelo37.SI
4	Análisis Pseudo-estático Talud Aguas Arriba Presa Vacía	1.00	1.05	SI	Pla – 30	Modelo38.SI

5.3.4. Evaluación de la Disponibilidad de Desmante de Mina

La disponibilidad del desmante de mina depende del proceso de minado. De acuerdo a datos suministrados se tiene la siguiente disponibilidad de este material.

Almacenado (Chilcapampa).	175,205.86 m ³ . Ver Plano 14 Anx 3.
Producción Diaria.	30 viajes de 10 m ³ que hace un total de 300 m ³ .

Comparando la necesidad que se tiene del desmante de mina, el proceso de construcción se puede realizar por etapas, así como fue planteado en el diseño original, es decir, se puede programar la colocación del desmante de mina en aquellos lugares de la presa donde sean requeridos al mismo tiempo en el que el relave grueso es depositado para la construcción de la presa. Este esquema implica la operación de parte de la presa como si se trataría de un botadero y ha sido y es utilizado en varias operaciones mineras.

El desmante de mina, se va a utilizar como parte del cuerpo de presa, es decir que debe de cumplir la misma función de una grava, es por eso que la ejecución de estos trabajos serán similares al del diseño original, en función a la alternativa de construcción adoptada. También se debe seguir las recomendaciones establecidas en las especificaciones técnicas, las cuales se presentan en el Anexo 2.

5.3.5. Importancia en la Utilización de Desmante

Es importante indicar que utilización de desmante como material de construcción, presenta las siguientes ventajas:

Se disminuye los costos de capital asociado a la construcción de la presa, en la medida que el desmante será utilizando secuencialmente durante el crecimiento de la presa. Se considerarían únicamente costos de transporte.

- Se disminuyen los costos globales de cierre, ya que se estaría cerrando las instalaciones de disposición de relaves y el “botadero” de desmonte generado como parte del cuerpo de la presa.

- Se eliminaría la necesidad de construir un botadero de desmonte en otro lugar, con el consiguiente costo operativo y de cierre que esto implica.

CAPITULO VI

COMPARATIVO ECONÓMICO ENTRE EL DISEÑO ORIGINAL Y LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

6.1. Metrados de Alternativas

Los casos analizados en los análisis presentados en este estudio son los siguientes:

- Análisis de estabilidad considerando el diseño original.
- Análisis de estabilidad utilizando relaves como material principal de cuerpo de presa.
- Análisis de estabilidad usando desmonte de mina como cuerpo de presa.

El cálculo de los volúmenes para cada caso analizado ha partido de la sección óptima de diseño, las cuales se presentan en los Planos 11, 12 y 13 del anexo 3. Los Planos 2 ,4 y 5, corresponden a la planta general del diseño original y secciones transversales.

A continuación se presenta los metrados correspondientes a los modelos analizados planteados en los ítems anteriores, que servirán de base para el cálculo del estimado de costos de cada alternativa y el comparativo económico.

6.1.1 Alternativa 1: Diseño Original

En el modelo usado en el diseño original, se utilizó el material de préstamo proveniente de las canteras de Pías, Yuracyacu. En el Plano 11 del Anexo 3 se puede observar la sección típica de análisis, en la cual se consideró al filtro con las mismas características del dren. Los detalles para la construcción tanto de planta, secciones, y procesos para la construcción se muestran en los Planos del 2 al 10 del anexo 3.

Los materiales que forman parte del cuerpo de presa son los siguientes:

- Dren.
- Filtro.
- Grava.
- Rip Rap.

Los volúmenes de los materiales usados en esta alternativa son mostrados en la Tabla N° 6.1 a partir del metrado de áreas de varias secciones que representan el cuerpo de presa.

Tabla N° 6.1: Volumen de Material usado en la Presa.

Item	Seccion	Grava Área (m ²)	Rip rap Área (m ²)	Dren Área (m ²)	Filtro Área (m ²)
1	0+020	71.89	15.44	12.87	0.00
2	0+040	701.67	24.27	148.90	36.34
3	0+060	3,080.56	118.36	618.40	113.05
4	0+080	5,728.59	88.71	1,233.17	193.13
5	0+100	8,436.50	68.91	1,788.49	274.49
6	0+120	9,836.06	50.00	2,234.76	358.30
7	0+140	10,391.07	50.00	2,326.08	402.33
8	0+160	7,455.19	50.00	1,743.84	251.63
9	0+180	5,034.82	50.00	1,134.05	128.01
10	0+210	860.47	17.77	228.53	121.25
	VOLUMEN M³	1,083,533.22	11,202.66	240,851.12	39,449.13

6.1.2 Alternativa 2: Diseño Utilizando Relaves

Tal como se presentó en el Capítulo 5, se plantea la utilización de material de relave para el crecimiento de la presa. El relave es obtenido partir del proceso de molienda de la Planta de Beneficio.

La grava se encuentra presente en el dique de arranque. El dren se presenta como un colchón drenante para evitar el incremento del nivel del agua en el cuerpo de presa. La sección correspondiente a esta alternativa es presentado en

el Plano 12 del Anexo 3. Se ha tomado la sección que proporciona una configuración estable para esta alternativa, de acuerdo a los análisis de estabilidad realizados en el Capítulo 5.

Los materiales involucrados en el desarrollo de esta alternativa son los siguientes:

- Relave.
- Grava.
- Dren.

A partir de la sección presentada en el Plano 12 del Anexo 3, se obtuvieron los volúmenes necesarios para la construcción y crecimiento de la presa de relaves, los cuales con mostrados en la Tabla N° 6.2.

Tabla N° 6.2: Volumen de material usado en la presa. Alternativa 2.

Item	Seccion	Relave Área (m ²)	Grava Área (m ²)	Dren Área (m ²)
1	0+020	75.43	146.43	20.43
2	0+040	736.25	230.17	236.35
3	0+060	3,232.38	1,122.50	981.60
4	0+080	6,010.91	841.31	1,957.42
5	0+100	8,852.28	653.53	2,838.90
6	0+120	10,320.81	474.19	3,547.27
7	0+140	10,903.18	474.19	3,692.22
8	0+160	7,822.61	474.19	2,768.02
9	0+180	5,282.95	474.19	1,800.10
10	0+210	902.88	168.53	362.76
	VOLUMEN m³	1,136,933.25	106,243.45	382,306.24

6.1.3 Alternativa 3: Diseño Utilizando Desmante de Mina

La sección que proporciona una configuración estable utilizando desmante de mina como material de construcción de la presa de relaves es presentado en el Plano 13 del Anexo 3, de acuerdo al análisis de estabilidad presentado en el Capítulo 5.

Los materiales que necesarios para la construcción de la presa son los siguientes:

- Desmante de mina.
- Rip Rap.
- Dren.
- Filtro.

En la Tabla N° 6.3 se muestra los volúmenes de materiales correspondientes a esta alternativa planteada, los cuales fueron obtenidos a partir del área de aporte de diferentes secciones del cuerpo de presa.

Tabla N° 6.3: Volumen de Material usado en la Presa.

Item	Sección	Desmante Área (m ²)	Rip rap Área (m ²)	Dren Área (m ²)	Filtro Área (m ²)
1	0+020	71.89	15.44	12.87	0.00
2	0+040	701.67	24.27	148.90	36.34
3	0+060	3,080.56	118.36	618.40	113.05
4	0+080	5,728.59	88.71	1,233.17	193.13
5	0+100	8,436.50	68.91	1,788.49	274.49
6	0+120	9,836.06	50.00	2,234.76	358.30
7	0+140	10,391.07	50.00	2,326.08	402.33
8	0+160	7,455.19	50.00	1,743.84	251.63
9	0+180	5,034.82	50.00	1,134.05	128.01
10	0+210	860.47	17.77	228.53	121.25
	VOLUMEN m³	1,083,533.22	11,202.66	240,851.12	39,449.13

6.2. Análisis de Costos

El análisis de costos para cada tipo de propuesta se va a llevar a cabo considerando las partidas del presupuesto original de la obra y los precios unitarios definidos para cada partida. Los precios unitarios que se presentan son referenciales, ya que fueron tomados del presupuesto de obra. Los precios unitarios de las nuevas partidas fueron calculadas en función de los costos de la operación minera de CMHSA.

En las Tablas N° 6.4, 6.5 y 6.6, se presentan los presupuestos calculados para cada caso analizada.

Tabla N° 6.4: Presupuesto considerando el diseño original

ítem	Descripción	Ud	Metrado	P. U.	Parcial
1	EXCAVACION MATERIAL COHESIVO	m3	55,000.00	0.62	33,825.00
2	CARGUIO DE MATERIAL COHESIVO	m3	66,000.00	0.92	60,582.09
3	ELIMINACION DE MATERIAL COHESIVO	m3	68,750.00	1.06	72,942.07
4	MANTENIMIENTO DE ACCESOS	m2	266,000.00	0.43	113,641.11
5	ACONDICIONAMIENTO DE BOTADEROS	m3	4,200.00	0.32	1,351.88
6	ACONDICIONAMIENTO DE BADENES	m3	4,200.00	1.53	6,405.00
7	ENCAUCE DE RIOS	m3	4,800.00	2.03	9,760.00
8	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	Glo	1.00	114,328.00	114,328.00
9	TRANSPORTE DE PIAS A PRESA	m3	1,365,251.86	1.78	2,428,767.88
10	COLOCACION DE GRAVA EN PRESA	m3	1,083,533.22	0.74	806,265.46
11	EXTRACCION DE GRAVA DEL RIO (Pias)	m3	1,365,251.86	0.39	538,299.30
12	TRANSPORTE DE YURACYACU A PRESA	m3	11,202.66	1.82	20,335.28
13	CARGUIO DE RIP RAP	m3	11,202.66	0.20	2,255.27
14	COLOCACION DE RIP RAP	m3	11,202.66	0.43	4,817.14
15	TRANSPORTE DE PLANTA DE AGRG PIAS A PRESA	m3	353,178.31	1.78	628,300.29
16	COLOCACION DE DREN Y FILTRO	m3	280,300.25	1.52	425,706.00
17	ZARANDEO DE DREN Y FILTRO	m3	529,767.47	0.43	227,358.54
18	LIMPIEZA MANUAL EN ESTRIBOS	m3	1,500.00	3.75	5,625.00
19	LIMPIEZA A MAQUINA EN ESTRIBOS	m3	2,530.00	0.77	1,944.94
			SUBTOTAL		5,502,510.26
			G G (7%)		385,175.72
			U U (8%)		440,200.82
			TOTAL	\$	6,327,886.79
			I G V (18%)		1,139,019.62
			TOTAL	\$	7,466,906.42

Tabla N° 6.5: Presupuesto considerando relaves

ítem	Descripción	Ud	Metrado	P. U.	Parcial
1	EXCAVACION MATERIAL COHESIVO	m3	55,000.00	0.62	33,825.00
2	CARGUIO DE MATERIAL COHESIVO	m3	66,000.00	0.92	60,582.09
3	ELIMINACION DE MATERIAL COHESIVO	m3	68,750.00	1.06	72,942.07
4	MANTENIMIENTO DE ACCESOS	m2	76,000.00	0.43	32,468.89
5	ACONDICIONAMIENTO DE BOTADEROS	m3	4,200.00	0.32	1,351.88
6	ACONDICIONAMIENTO DE BADENES	m3	2,500.00	1.53	3,812.50
7	ENCAUCE DE RIOS	m3	600.00	2.03	1,220.00
8	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	Glo	1.00	36,957.33	36,957.33
9	TRANSPORTE DE PIAS A PRESA	m3	133,866.75	1.78	238,147.46
10	COLOCACION DE GRAVA EN PRESA	m3	106,243.45	0.74	79,056.57
11	EXTRACCION DE GRAVA DEL RIO (Pias)	m3	133,866.75	0.39	52,781.75
12	TRANSPORTE DE PLANTA DE AGRG PIAS A PRESA	m3	481,705.86	1.78	856,949.38
13	COLOCACION DE DREN	m3	382,306.24	1.52	580,627.60
14	ZARANDEO DE DREN	m3	722,558.79	0.43	310,098.15
15	COLOCACION DE RELAVE CICLONEADO	m3	1,136,933.25	0.12	136,431.99
16	LIMPIEZA MANUAL EN ESTRIBOS	m3	1,500.00	3.75	5,625.00
17	LIMPIEZA A MAQUINA EN ESTRIBOS	m3	2,530.00	0.77	1,944.94
			SUBTOTAL		2,504,822.59
			G G (7%)		175,337.58
			U U (8%)		200,385.81
			TOTAL	\$	2,880,545.98
			I G V (18%)		518,498.28
			TOTAL	\$	3,399,044.26

El precio considerado para la colocación de relave cicloneado fue calculado en función a los costos operativos de CMHSA. Este costo involucra el traslado por tubería que se realiza desde la planta de beneficio, hasta el depósito de Alpamarca, y abarca lo relacionado a la infraestructura, equipos y personal que trabajan realizando esta labor, además de los trabajos periódicos de mantenimiento.

Se debe tener en cuenta que cuando el relave es usado como cuerpo de presa, la pulpa proveniente de la planta de beneficio es sometida a un proceso de selección por granulometría con hidrociclones (o ciclones), los cuales normalmente se localizan en la cresta de la presa. Entonces la construcción de la presa utilizando material de relave está referida básicamente a la ejecución de los trabajos de excavación, carguío y eliminación de materiales inadecuados de la cimentación; obtención, transporte y colocación de grava para el dique de arranque; obtención, transporte y colocación de material para los drenes y otros

trabajos. La colocación del relave no implica estrictamente un trabajo de construcción, pero sí de crecimiento de la presa. De acuerdo a lo indicado anteriormente el costo total para esta alternativa podría ser dividido en costos de capital y costos operativos, correspondiendo la colocación del relave a costos operativos, lo cual incrementa la relación costo/beneficio final de esta instalación, si bien los mayores costos están asociados a los trabajos de construcción de la presa propiamente dichos.

Tabla N° 6.6: Presupuesto considerando desmante de mina

ítem	Descripción	Ud	Metrado	P. U.	Parcial
1	EXCAVACION MATERIAL COHESIVO	m3	55,000.00	0.62	33,825.00
2	CARGUIO DE MATERIAL COHESIVO	m3	66,000.00	0.92	60,582.09
3	ELIMINACION DE MATERIAL COHESIVO	m3	68,750.00	1.06	72,942.07
4	MANTENIMIENTO DE ACCESOS	m2	192,000.00	0.43	82,026.67
5	ACONDICIONAMIENTO DE BOTADEROS	m3	4,200.00	0.32	1,351.88
6	ACONDICIONAMIENTO DE BADENES	m3	4,200.00	1.53	6,405.00
7	ENCAUCE DE RIOS	m3	3,200.00	2.03	6,506.67
8	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	Glo	1.00	89,234.00	89,234.00
9	TRANSPORTE DE CHILCAPAMPA A PRESA	m3	1,365,251.86	0.77	1,046,882.71
10	COLOCACION DE DESMONTE EN PRESA	m3	1,083,533.22	0.74	806,265.46
11	TRANSPORTE DE YURACYACU A PRESA	m3	11,202.66	1.82	20,335.28
12	CARGUIO DE RIP RAP	m3	11,202.66	0.20	2,255.27
13	COLOCACION DE RIP RAP	m3	11,202.66	0.43	4,817.14
14	TRANSPORTE DE PLANTA DE AGRG PIAS A PRESA	m3	353,178.31	1.78	628,300.29
15	COLOCACION DE DREN Y FILTRO	m3	280,300.25	1.52	425,706.00
16	ZARANDEO DE DREN Y FILTRO	m3	529,767.47	0.43	227,358.54
17	LIMPIEZA MANUAL EN ESTRIBOS	m3	1,500.00	3.75	5,625.00
18	LIMPIEZA A MAQUINA EN ESTRIBOS	m3	2,530.00	0.77	1,944.94
			SUBTOTAL		3,522,364.00
			G G (7%)		246,565.48
			U U (8%)		281,789.12
			TOTAL	\$	4,050,718.60
			I G V (18%)		729,129.35
			TOTAL	\$	4,779,847.95

El precio de la partida de transporte de desmante de mina desde Chilcapampa a Presa fue calculada en función a la distancia que existe entre el botadero de desmante y la quebrada de Alpamarca, y corresponden a los costos unitarios utilizados por CMH. No se incluyen costos adicionales para el desmante debido a que este material se encuentra disponible para ser utilizado.

6.3. Comparación Económica entre Alternativas

A partir de la estimación de los costos de construcción de cada alternativa analizada, se presenta a continuación los comparativos económicos de la alternativa del diseño original y las dos alternativas propuestas en este estudio.

6.3.1. Comparación Económica entre Diseño Original y Relaves

En la Tabla N° 6.7 se presentan las comparaciones económicas entre el diseño original y la utilización de relaves.

Tabla N° 6.7: Comparativo económico entre el diseño original y la propuesta de relaves.

Item	Descripción	Diseño Original		Relaves	
		US\$	%	US\$	%
1	EXCAVACION MATERIAL COHESIVO	33,825.00	100	33,825.00	100
2	CARGUIO DE MATERIAL COHESIVO	60,582.09	100	60,582.09	100
3	ELIMINACION DE MATERIAL COHESIVO	72,942.07	100	72,942.07	100
4	MANTENIMIENTO DE ACCESOS	113,641.11	350	32,468.89	100
5	ACONDICIONAMIENTO DE BOTADEROS	1,351.88	100	1,351.88	100
6	ACONDICIONAMIENTO DE BADENES	6,405.00	168	3,812.50	100
7	ENCAUCE DE RIOS	9,760.00	800	1,220.00	100
8	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	114,328.00	309	36,957.33	100
9	TRANSPORTE DE PIAS A PRESA	2,428,767.88	1,020	238,147.46	100
10	COLOCACION DE GRAVA EN PRESA	806,265.46	374	79,056.57	100
11	EXTRACCION DE GRAVA DEL RIO (Pías)	538,299.30	1,020	52,781.75	100
12	TRANSPORTE DE YURACYACU A PRESA	20,335.28			
13	CARGUIO DE RIP RAP	2,255.27			
14	COLOCACION DE RIP RAP	4,817.14			
15	TRANSPORTE DE PLANTA DE AGRG PIAS A F	628,300.29	73	856,949.38	100
16	COLOCACION DE DREN Y FILTRO	425,706.00	73	580,627.60	100
17	ZARANDEO DE DREN Y FILTRO	227,358.54	73	310,098.15	100
18	COLOCACION DE RELAVE CICLONEADO			136,431.99	100
19	LIMPIEZA MANUAL EN ESTRIBOS	5,625.00	100	5,625.00	100
20	LIMPIEZA A MAQUINA EN ESTRIBOS	1,944.94	100	1,944.94	100
	COSTO DIRECTO	5,502,510.26	220	2,504,822.59	100
	GG (7%)	385,175.72		175,337.58	
	UU (8%)	440,200.82		200,385.81	
	SUBTOTAL	6,327,886.79		2,880,545.98	
	IGV (18%)	1,139,019.62		518,498.28	
	TOTAL	7,466,906.42	220	3,399,044.26	100

A partir de este comparativo económico se puede concluir lo siguiente:

- La variación de costos de obra entre el diseño original y la propuesta de relaves es de un 220%, lo cual indica que si se usara la opción de utilizar relaves se obtendría un ahorro considerable.
- En lo relacionado al mantenimiento de accesos se tiene que la variación es de hasta 50%, esto se debe a que en la propuesta de relaves al existir menor cantidad de grava y dren en el cuerpo de presa, el tiempo de tránsito entre las canteras y la zona de construcción de la presa es menor, de igual forma el acondicionamiento de badenes y encause de ríos.
- En los trabajos que corresponden a la extracción y transporte de grava, se puede visualizar una variación de hasta 1,020%. Esto se debe a que en la primera alternativa la grava es utilizada en la construcción del cuerpo de presa, mientras que en el caso de relaves, la grava será utilizada sólo para el dique de arranque.
- Al comparar la colocación de la grava, se considera también la colocación del relave cicloneado, ya que se está analizando al material que predomina como cuerpo de presa, obteniéndose una variación de hasta 374%.
- Otro factor que afecta a la disminución de costos de la alternativa de relaves, es el que cuando se utiliza relaves no se considera rip rap como protección del talud de presa.
- Con respecto al dren y filtro presente en el cuerpo de presa, se puede observar que en la propuesta de relaves estos materiales están en mayor proporción, debido a lo cual se presenta un mayor costo.

- Las demás partidas que se mantienen sin variación porcentual, se debe a que cualquier aumento o disminución es pequeño comparado al valor presupuestado, ya que estos trabajos preliminares y complementarios, estimados para el diseño original son los mismos que se realizarán para la propuesta con relaves.

6.3.2. Comparación Económica entre Diseño Original y Desmante de Mina

En la Tabla N° 6.8 se presenta las comparaciones económicas entre el diseño original y la utilización de desmante de mina.

Tabla N° 6.8: Comparación entre el diseño original y la propuesta con desmante de mina.

Item	Descripción	Diseño Original		Desmante de Mina	
		US\$	%	US\$	%
1	EXCAVACION MATERIAL COHESIVO	33,825.00	100	33,825.00	100
2	CARGUIO DE MATERIAL COHESIVO	60,582.09	100	60,582.09	100
3	ELIMINACION DE MATERIAL COHESIVO	72,942.07	100	72,942.07	100
4	MANTENIMIENTO DE ACCESOS	113,641.11	139	82,026.67	100
5	ACONDICIONAMIENTO DE BOTADEROS	1,351.88	100	1,351.88	100
6	ACONDICIONAMIENTO DE BADENES	6,405.00	100	6,405.00	100
7	ENCAUCE DE RIOS	9,760.00	150	6,506.67	100
8	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	114,328.00	128	89,234.00	100
9	TRANSPORTE DE PIAS A PRESA	2,428,767.88	232		
10	COLOCACION DE GRAVA EN PRESA	806,265.46	100		
11	EXTRACCION DE GRAVA DEL RIO (Pias)	538,299.30	100		
12	TRANSPORTE DE CHILCAPAMPA A PRESA			1,046,882.71	100
13	COLOCACION DE DESMONTE EN PRESA			806,265.46	100
14	TRANSPORTE DE YURACYACU A PRESA	20,335.28	100	20,335.28	100
15	CARGUIO DE RIP RAP	2,255.27	100	2,255.27	100
16	COLOCACION DE RIP RAP	4,817.14	100	4,817.14	100
17	TRANSPORTE DE PLANTA DE AGRG PIAS A P	628,300.29	100	628,300.29	100
18	COLOCACION DE DREN Y FILTRO	425,706.00	100	425,706.00	100
19	ZARANDEO DE DREN Y FILTRO	227,358.54	100	227,358.54	100
20	LIMPIEZA MANUAL EN ESTRIBOS	5,625.00	100	5,625.00	100
21	LIMPIEZA A MAQUINA EN ESTRIBOS	1,944.94	100	1,944.94	100
	COSTO DIRECTO	5,502,510.26	156	3,522,364.00	100
	G G (7%)	385,175.72		246,565.48	
	U U (8%)	440,200.82		281,789.12	
	SUBTOTAL	6,327,886.79		4,050,718.60	
	I G V (18%)	1,139,019.62		729,129.35	
	TOTAL	7,466,906.42	156	4,779,847.95	100

A partir de este comparativo económico se puede concluir lo siguiente:

- Las partidas que hacen variar el presupuesto de obra entre una y otra propuesta son las referentes al transporte del material que se usará como cuerpo de presa.
- Se puede observar que existe una variación entre el transporte de Pias a Presa y el transporte de Chilcapampa a Presa de 232%. Esto se debe principalmente al costo de la explotación de la cantera de grava, en comparación al costo para la extracción del desmonte de mina que es nulo, además de los costos del transporte asociado.
- La variación porcentual total entre una propuesta y la otra está en el orden de 156%, lo cual implica un ahorro considerable en la utilización de desmonte de mina.
- Las partidas como mantenimiento de accesos, encause de ríos, movilización y desmovilización también sufren una disminución, debido a que disminuye el volumen a trasladar de la cantera de Pias.

6.3.3. Conclusiones Generales

- Se puede concluir que de las alternativas propuestas, el uso de relaves como cuerpo de presa, disminuye significativamente los costos de construcción.
- El uso de materiales provenientes de la explotación minera, nos demuestra que son óptimos, presentando apropiadas condiciones de estabilidad, para soportar los esfuerzos a que son sometidos, por lo que se recomienda el uso de estos para la construcción y operación de una presa de relaves.

- Se debe tener muy en cuenta que el diseño de una presa de relaves como la analizada en el presente estudio, son para depósitos que almacenaran elementos que no contienen cianuro, ya que el tratamiento para estos depósitos para relaves con contenidos de cianuro son diferentes y se toman otras consideraciones.
- Se debe indicar también de que el uso de nuevas tecnologías, como el la mezcla de relaves y desmonte de mina, son buenas alternativas ya utilizadas en algunas operaciones, y dependiendo del tipo de depósito a construir son factibles de aplicar en nuestro medio; sin embargo esto no corresponde al tema de la presente tesis.

CAPITULO VII

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

7.1. Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto de la Presa de Relaves en Alpamarca

7.1.1. Introducción

Una vez decidida la ubicación del depósito de relaves en la quebrada de Alpamarca por la empresa Geoservice Ingeniería, se realizó una modificación del dique de contención dentro de la misma quebrada para obviar el riesgo asociado a la falla regional; además se incrementó la capacidad de almacenamiento del vaso como consecuencia de la mayor amplitud de la cuenca aguas arriba. Una modificación importante es el diseño como Presa de Retención de agua, obviando la construcción y mantenimiento de canales de derivación de las escorrentías aguas arriba, para este propósito el diseño contempla la inclusión de elementos filtrantes internos en el talud aguas arriba y en la base de la Presa, los cuales proporcionan mayor estabilidad a la estructura en condiciones estáticas y pseudo – estáticas.

Las consecuencias, desde el punto de vista ambiental, del diseño modificado son muy importantes y positivas, y no alteran el proceso de selección anteriormente realizado.

En este capítulo se presenta la identificación y evaluación de los impactos ambientales que se generaran por la construcción, operación y abandono del Depósito de Relaves de Alpamarca, de acuerdo al diseño final establecido.

Para la evaluación de impactos se ha empleado la matriz de Leopold que asigna un valor relativo al impacto de acuerdo a su carácter, probabilidad de ocurrencia, magnitud e importancia, se cuantifica luego, el impacto de cada actividad del proyecto (denominada fuente de impacto) sobre los componentes ambientales y se establece.

Las fuentes de Impacto consideradas son las siguientes:

- Campamentos de construcción 1ra etapa.
- Campamentos de construcción 2da etapa.
- Captación de agua para campamentos 1ra y 2da etapa.
- Transporte de insumos de construcción.
- Instalación de tuberías de conducción del relave.
- Construcción caminos acceso a canteras, presa, campamentos.
- Explotación de canteras.
- Transporte de material hasta la presa.
- Operación de diques amortiguadores en la quebrada Alpamarca.
- Construcción 1ra etapa de la presa de relaves.
- Construcción 2da etapa de la presa de relaves.
- Transporte de relaves hasta la presa.
- Almacenamiento de relaves en la presa.
- Demanda de bienes y servicios en la 1ra etapa de construcción.
- Demanda de bienes y servicios en la 2da etapa de construcción.
- Demanda de bienes y servicios durante la operación.
- Entrenamiento y contratación de personal en 1ra etapa de construcción.
- Entrenamiento y contratación de personal en 2da etapa de construcción.
- Entrenamiento y contratación de personal en la etapa de operación.
- Almacenamiento de agua en la presa.

Los componentes ambientales considerados se enumeran a continuación:

- Topografía.
- Calidad del aire.
- Niveles de ruido y vibraciones.
- Calidad del suelo.
- Agua superficial.
- Agua subterránea.
- Vegetación y flora terrestre.
- Fauna terrestre.
- Vegetación y flora acuática.

- Fauna acuática.
- Población.
- Comunidad.
- Infraestructura y servicio.
- Empleo y nivel de ingresos.
- Actividad económica.
- Uso del suelo.
- Paisaje y estética.
- Sitios arqueológicos e históricos.

7.1.2. Procedimiento de Caracterización y Evaluación de Impactos Ambientales

La caracterización de los impactos ambientales se basa en un conjunto de criterios que permiten establecer el tipo de impacto, su magnitud e importancia. La metodología matricial de evaluación se basa en la matriz desarrollada por Leopold, compuesta básicamente de series de columnas y filas; en las columnas se ubican las fuentes de impactos ambientales negativos y positivos, con los elementos o criterios (carácter, probabilidad, magnitud e importancia) cuya adición a lo largo de una línea permiten establecer el impacto sobre un componente determinado, generado por una actividad del proyecto; las filas contienen entonces los componentes que van a ser afectados por dichos impactos. También se ha subdividido las filas en partes que corresponden a las tres etapas del proyecto siguientes.

- Construcción.
- Operación.
- Abandono.

Como se vera durante la evaluación hay actividades que impactan negativamente durante una etapa como la de construcción, pero que generan impactos positivos en etapas como las de abandono.

Los criterios de evaluación tienen valores máximo, promedio y minino, establecidos de tal modo que la adición de impactos a lo largo de una fila puede

tener valores máximos y mínimos de +100 y – 100, respectivamente; como consecuencia el impacto resultante está expresado como un porcentaje (%).

A continuación se describen los criterios de evaluación.

- **Carácter:** en primer término, a la magnitud se le antepone un signo que indica si el impacto mejora (+1) o deteriora (-1) la condición basal del ambiente.
- **Probabilidad de ocurrencia:** criterio que indica la probabilidad que se manifieste un efecto en el ambiente a causa de una acción o fuente de impacto. La calificación se puede observar en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1: Calificación de la Probabilidad de ocurrencia.

Probabilidad de Ocurrencia	Descripción	Ptos.
Muy Poco Probable	Cuando existen muy bajas expectativas que se manifieste un impacto	0.00
Poco Probable	impacto cuya ocurrencia está condicionada a la convergencia de diversos factores desencadenantes.	0.25
Probable o Posible	cuando existen expectativas que se manifieste un impacto o la información existente no es suficiente para descartar la posibilidad de ocurrencia	0.50
Muy Probable	cuando existen muy altas expectativas que se manifieste un impacto	0.75
Cierta	impacto con 100% de probabilidad de ocurrencia.	1.00

- **Magnitud:** se califica en base a un conjunto, de criterios (características y cualidades) que permiten conocer la extensión geográfica del impacto, su intensidad su desarrollo, su duración y su reversibilidad. Cada uno de estos criterios consta de tres calificaciones. La magnitud del impacto queda determinada por la suma de la calificación de cada criterio. Los criterios para caracterizar la magnitud son:
 - **Extensión:** criterio que indica la distribución o cobertura espacial del impacto, y se puede visualizar en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2: Calificación de la Extensión.

Extensión	Descripción	Ptos.
Reducida	cuando el impacto se manifiesta en el sector físico donde se ubica la fuente.	0.00
Media	cuando el impacto se manifiesta en el entorno inmediato de la fuente	1.00
Amplia	inmediato de la fuente o en diferentes sectores del área de influencia	2.00

- **Intensidad:** criterio que refleja el grado de una variable ambiental.

Ver Tabla 7.3.

Tabla 7.3: Calificación de la Intensidad.

Intensidad	Descripción	Ptos.
Baja	cuando el grado de alteración es pequeño y puede considerarse que la condición basal se mantiene	0.00
Moderada	cuando el grado de alteración implica cambios notorios respecto a la condición basal, pero dentro de rangos aceptables que no disminuye la función o integridad de la componente dentro del medio de interés	1.00
Alta	cuando el grado de alteración respecto a la condición basal es significativa y en algunos casos puede considerarse inaceptable.	2.00

- **Desarrollo:** criterio que indica el tiempo que tarda en manifestarse el impacto. La calificación respectiva se observa en la Tabla 7.4.

Tabla 7.4: Calificación del Desarrollo.

Desarrollo	Descripción	Ptos.
Impacto de largo plazo	prolongado de tiempo incluso una vez terminada la acción que lo genera	0.00
Impacto de mediano plazo	Impacto que se manifiesta después de un tiempo de mediano plazo, posterior a la acción	1.00
Impacto Inmediato	Impacto que se manifiesta inmediatamente después de la acción.	2.00

- **Duración:** criterio que indica por cuánto tiempo se manifestará el impacto. Ver Tabla 7.5.

Tabla 7.5: Calificación de la Duración.

Duración	Descripción	Ptos.
Temporal	Impacto que se manifiesta solo mientras dura la acción que lo genera y esta es de corta duración.	0.00
el mediano plazo	Impacto que se manifiesta mientras dura la acción y luego de un tiempo de finalizada esta.	1.00
Permanente en el largo plazo	Impacto que se manifiesta permanentemente luego de finalizada la acción que lo genera	2.00

- **Reversibilidad:** criterio que indica la posibilidad que la componente ambiental afectada recupere su condición basal. La calificación se observa en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6: Calificación de la Reversibilidad.

Reversibilidad	Descripción	Ptos.
Reversible	cuando al cabo de un cierto tiempo se revierte en forma natural después de terminada la acción de la fuente que lo genera.	0.00
Recuperrable	después de terminada la acción que lo genera, pero que puede ser revertido mediante acciones correctoras externas	1.00
Irreversible	impacto que no se revierte en forma natural después de terminada la acción que lo genera y que tampoco puede ser revertido mediante acciones correctoras	2.00

- **Importancia:** se relaciona directamente con el valor ambiental de cada componente que puede ser afectada por las distintas obras y actividades del proyecto. La valoración de los componentes ambientales susceptibles de recibir impacto se realiza de acuerdo a los criterios; relevancia e interrelación de la componente con otras componentes, representatividad a nivel local y regional, abundancia o escasez, estado o calidad califica de 1 al 10.
- **Impacto Total:** se calcula como el producto entre el carácter, la probabilidad, magnitud y la importancia de la componente ambiental afectada. Este impacto total expresado en % se califica en:
 - 0 – 20 no significativo.
 - 21 – 40 significancia menor.
 - 41 – 60 medianamente significativo.
 - 61 – 80 significativo.
 - 81 – 100 altamente significativo.

7.1.3. Efectos Previsibles de la Actividad

La Tabla N° 7.7, resume la evaluación de impacto de las 20 fuentes de impacto de la actividad sobre los 18 componentes ambientales considerados,

A continuación se discuten estos resultados:

7.1.3.1. Ambiente Físico

- **Topografía**

La construcción del Depósito de Relaves de Alpamarca generará un impacto inevitable e irreversible sobre la topografía del lugar. El mayor impacto se produce durante la construcción de la 2da etapa de la Presa misma y el almacenamiento de relaves (29 y 19% respectivamente) que alteraran permanentemente la topografía original, desde una quebrada con pendientes laterales y en el cauce entre 15°-70° a una terraza prácticamente horizontal cubriendo una extensión en el orden de 40,000 m² y una pendiente en el orden de 25° que contrastan notablemente con el talud natural original. Los impactos ambientales sobre la topografía se consideran de significancia menor porque están por debajo del 40%.

Ninguna actividad del proyecto proporciona impactos positivos a la topografía del lugar.

- **Calidad del Aire**

Las actividades relacionadas con extracción de material de canteras y su transporte, la construcción de caminos de acceso, emplazamiento de material para la presa, excavación en el cauce de la quebrada Alpamarca, etc., generaran partículas en suspensión que afectan la calidad del aire; estos impactos solo ocurrirán durante la etapa de construcción, son de carácter temporal e irreversibles, por ello los valores mas negativos obtenidos (25%) solo alcanzan una significancia menor. La actividad no genera gases ni durante la construcción ni durante la operación o cierre, el gas de combustión de los vehículos y maquinaria pesada produce un

significado de menor importancia porque operan en espacio muy abiertos y a una altitud que favorece la combustión completa.

Durante la operación no se producirán impactos negativos sobre este componente debido a que tanto el transporte como el almacenamiento del relave se hace en pulpa. Habrá un impacto positivo sobre la calidad de aire durante la operación (3%) y cierre (3%) porque el agua almacenada elimina la generación de polvo y puede ser empleada para este control en otras áreas vecinas; mas importante aun es el hecho de que el almacenamiento de relave en esta forma, reduce el volumen del mismo almacenado en otros depósitos que si generan polvo. También el almacenamiento separado del relave flotación reduce el volumen de relave que contiene cianuro y que anteriormente se almacenaba en superficie, provocando algunas emanaciones y olores desagradables (hasta tóxicos) en el ambiente, por ello se atribuye un impacto positivo del 16%.

- **Niveles de Ruido y Vibraciones**

Las actividades relacionadas con extracción de material de canteras y su transporte, la construcción de caminos de acceso, emplazamiento de material para la presa, excavación en el cauce de la quebrada Alpamarca, etc., generaran un nivel de ruido importante e inusual en este lugar, cuyo impacto es sin embargo de carácter temporal y reversible.

El mayor impacto debido a ruidos ocurre durante las 2 etapas de construcción de la Presa por el movimiento de camiones, cargadores, compresoras y otros equipos pesados en la Presa misma, la extracción y transporte de material de canteras y eventuales operaciones de voladura en esta área, los impactos son temporales y reversibles porque cesan cuando acaba la actividad de construcción. Los impactos negativos máximos calculados, 23 y 34 % se consideran de menor significancia.

Durante el periodo operativo no habrá impactos importantes de este tipo porque el transporte y almacenamiento del relave es como pulpa, otro tanto puede decirse del periodo de Cierre tampoco.

- **Calidad del Suelo**

Durante la etapa de construcción la calidad del suelo será afectada porque se va a realizar desbroce y separación de la capa de material orgánico de la base y laderas de la quebrada Alpamarca, otro tanto ocurrirá durante la explotación de canteras y construcción de caminos, gran parte del suelo en la quebrada será reemplazado por un material menos competente como es el relave, y el impacto en la 2da etapa de construcción alcanza a 38% y aquel debido al almacenamiento de relaves resulta 10%.

Durante la operación el impacto de derrames de relaves de la tubería de conducción afecta muy poco (1%) gracias a la implementación de sistemas de control apropiados y carácter inerte del relave; el desmontaje durante el cierre de esta tubería afecta muy poco este componente, mientras que el aprovechamiento del agua almacenada en la Presa mejorará significativamente la calidad de los suelos ubicados aguas abajo generando impactos positivos durante la operación y el cierre.

Otro beneficio importante debido al efecto regulador que la Presa tendrá sobre huaycos y torrentes en la quebrada Alpamarca, es la preservación de la topografía de los terrenos ubicados aguas abajo, reduciendo notablemente el riesgo de pérdida de suelo o incorporación de material inapropiado al mismo. Como consecuencia el impacto positivo es alto durante la operación (34%) y cierre (48%)

- **Agua Superficial**

El caudal del río parcoy no se verá afectado durante la construcción; con respecto a su calidad probablemente se incremente su turbiedad debido al trabajo de las canteras y al transporte de material de la ribera opuesta; estos impactos son sin embargo puntuales reversibles y de poca duración, además que el río recibe cargas mayores en tiempo de lluvia; la calidad del agua con respecto al contenido de metales o compuestos como cianuro no se incrementará por esta actividad, resultando un impacto negativo de 38% su calidad se vera en cambio muy favorecida por la operación del Depósito de

Relaves y aun después del cierre, porque los sedimentos que enturbian en época de lluvias, serán ahora retenidos por esta estructura, evacuando únicamente aguas claras, se reduce también el riesgo de avenidas de lodos que pueden causar impactos mayores cuando la fauna acuática se recupere en este río; además las soluciones con arsénico y cianuro que anteriormente se infiltraban o derramaba al río desde los depósitos de relave mixtos, disminuirá notablemente porque el almacenamiento separado del relave de flotación reduce el volumen de relave que contiene cianuro a un 16% del volumen anterior y hace mas controlable la operación. El impacto positivo generado en esta etapa esta en el orden del 56% y es considerado medianamente significativo.

Durante la construcción se afectará la calidad del agua de la quebrada Alpamarca, pero esta situación será revertida durante la operación y cierre, pues la calidad del agua con respecto a su turbiedad actual será mejorada notablemente durante toda la época del año y puede ser aprovechada para múltiples usos además del agrícola, por ello resulta un impacto positivo del 50%.

- **Agua Subterránea**

Este recurso es de menor importancia en la región, no se emplea en agricultura ni en otra actividad. Es muy probable que durante la construcción se intercepten conductos que favorezcan el afloramiento de aguas subterráneas y disminuyan el volumen del acuífero, no obstante este impacto es menor (6%) y será compensado largamente cuando durante la operación se almacenen relaves y agua (6%) y durante el cierre continúe con el almacenamiento de agua (6%) que elevaran el nivel freático. Si bien esta elevación puede originar alumbamientos de agua en otras zonas no se ha considerado que ello será perjudicial mientras la claridad del agua sea aceptable. Se ha comprobado por otro lado que la calidad del agua de los relaves es buena.

7.1.3.2. Ambiente Biológico

- **Vegetación y Flora Terrestre**

La vegetación y flora terrestre será afectada durante la construcción por el desbroce y eliminación de la capa de suelo que se requiere para una cimentación competente, y este impacto en la 2da etapa alcanza a 38%, otro tanto ocurrirá en los caminos y canteras aunque en menor magnitud, el efecto negativa será atenuado preservando la cobertura para implantarlo en otras áreas. Durante la operación el almacenamiento de relaves cubrirá progresivamente las áreas vegetales y el impacto alcanza a 34%, este efecto es irreversible y permanente y solo puede ser compensado con revegetación de otras áreas, el transporte de relaves producirá impacto muy reducidos en caso de derrames habida cuenta del carácter inerte del relave y la solución acuosa.

Como quiera que el depósito será cerrado con una cobertura de agua, la vegetación de tallo corto será reimplantada en el talud aguas abajo teniendo en cuenta que se dispone de una extensa área (40,000 m²), un talud moderado (H:V=2:1) y el sistema de riego controlado puede implementarse con facilidad. El almacenamiento de agua apta para uso agrícola permitirá asimismo la ampliación de la frontera agrícola mediante irrigación de los terrenos aguas abajo y proporciona un impacto positivo importante durante la operación (25%) y cierre (36%).

- **Fauna Terrestre**

La quebrada alpamarca es bastante profunda (mas de 150 m) en el lugar del proyecto y este ambiente ha servido de refugio, alimento y nidificación a la fauna terrestre. La construcción de la Presa generará un notable impacto sobre la fauna terrestre que tendrá que desplazarse a otro lugar de características similares, las aves pueden migrar a otras quebradas en la ribera opuesta pero no es este el caso de los que se desplazan por tierra, el proceso de construcción tendrá en consideración este impacto. Este impacto

sobre la fauna es de 48%. Otros impactos menores durante el periodo constructivo se producirán en las canteras y caminos de acceso.

Durante el periodo operativo el almacenamiento de relaves ocasionará impacto similares (45%) porque cubrirá progresivamente las áreas que eran hábitat de la fauna terrestre, no obstante este impacto se revertirá (16%) en el cierre porque los relaves con cobertura de agua pueden sustentar el crecimiento de plantas que permitan el retorno de la fauna a un área mucho más amplia. En los sectores planos la tubería de relaves será instalada y cubiertas con tierra dentro de zanjas para evitar que obstruya el tránsito de animales menores y por ello el impacto negativo es menor (2%) que el atribuible a los caminos de acceso (10%). El almacenamiento de agua tendrá un impacto positivo tanto durante la operación (25%) como en el cierre (36%) porque permitirá el desarrollo directo de la fauna en su entorno además del propio en las zonas irrigadas aguas abajo. También la retención de deslizamientos y huaycos en la Presa evitará la mortandad de la fauna ocasionada en el valle en temporadas lluviosas.

- **Vegetación y Flora Acuática**

La flora acuática será afectada del mismo modo que se afecta la flora terrestre, pero con una intensidad mayor porque las quebradas son lugares privilegiados para su desarrollo en vista que las características del río Parcoy no favorecen su desarrollo allí, la construcción de la presa ocasiona impactos negativos en una magnitud del 58% y durante la operación el almacenamiento de relaves continua afectando este recurso (45%). Si embargo en el cierre la acumulación de relaves y la cobertura de agua permiten el desarrollo de vegetación acuática en un área extensa, el almacenamiento de relaves de flotación aquí mejora indirectamente la calidad de aguas del río Parcoy fomentando su rehabilitación progresiva y el retorno de la flora acuática, resultando un impacto positivo del 58%.

Durante la operación y durante el cierre el almacenamiento de agua y la mejor calidad de la misma, debido a la sedimentación favorecen

notablemente el desarrollo de la flora de la flora aguas abajo, todo ello se refleja en un impacto positivo del 50% y 73% en ambas etapas, que son ambientalmente significativas.

- **Fauna Acuática**

Al igual que la Flora acuática, la Fauna acuática se afecta significativamente durante la construcción de la Presa (58%), aunque hay que indicar que la turbiedad manifiesta de este arroyo no ha permitido el desarrollo de peces en su seno.

Los impactos positivos generados como consecuencia del almacenamiento de relaves y aguas son durante la operación y Cierre, sumamente importantes porque se permitirá el desarrollo de una fauna acuática inexistente en el área comprendida entre la zona de Llacuabamba y la Laguna de Pías. El impacto positivo en estas etapas alcanza a 58% y 72% respectivamente y se considera muy significativo. La operación y cierre de la presa brinda los mismos beneficios indirectos sobre la fauna del río parcoy indicados en la sección anterior.

7.1.3.3. Ambiente Socio – Económico

- **Población**

El poblado más cercano del área del proyecto es Retamas y los efectos de esta actividad repercutirán directa sobre la misma. Durante la primera etapa de construcción se contará con cerca de 90 trabajadores, en gran parte de la región y se espera un beneficio directo sobre esta población, también se contratará un número importante de trabajadores foráneos, principalmente operadores de equipo pesado que demandará servicios diversos en Retamas. Los impactos positivos sobre la población se presentaran principalmente en el periodo constructivo, no se anticipan impactos negativos (ruido, polvo, turbiedad de las aguas, etc.) porque el poblado esta a mas de 9 kms del proyecto y situada aguas arriba. Tampoco el mayor nivel de ingresos

competirá con la demanda de mano de obra local porque en la zona se han realizado proyectos similares recientemente.

- **Comunidad**

Si bien la instalación de la tubería de relaves afectará los terrenos de las comunidades vecinas, este impacto es menor y CMH ha adquirido los derechos sobre los terrenos por donde se tendera dicha línea. La línea no obstruirá el tráfico peatonal de los miembros de la comunidad. Los impactos generados durante la construcción y operación son positivos porque favorecerá el desarrollo de empleo directo e indirecto en la comunidad especialmente en la comunidad de Alpamarca dentro de cuyos linderos se ubica el nuevo Depósito de relaves. La contención de huaycos y torrentes, la disponibilidad de agua para un riego regulado, la disponibilidad del reservorio de agua para el desarrollo la fauna y flora acuática y terrestre, mejor aprovechamiento del suelo y fines de esparcimiento apunta a dotar de un beneficio importante a la comunidad.

El programa de capacitación y contratación que permita el acceso preferencial de los miembros de la comunidad, ha sido favorecido por la construcción del Depósito en 2 etapas y en la cual la 2da etapa durará 8 meses o más años, ello permitirá capacitar a los pobladores para que accedan a los puestos de trabajo que demandará esta etapa. Se reduce de este modo al impacto que en el ámbito de la comunidad ocasionaría la construcción de campamentos para albergar a trabajadores foráneos y el incremento de la población. El impacto positivo de la 2da Etapa de construcción alcanza a 45% y el resultante del almacenamiento de agua a 39%.

- **Infraestructura y Servicio**

Como consecuencia de la construcción se dispondrá de una mayor infraestructura y servicios en la zona del proyecto como es energía eléctrica, comunicaciones por radio y teléfono, caminos de acceso, movilidad, servicio de salud, parque de equipo pesado, equipo de mantenimiento mecánico y

eléctrico, entre otros que favorecen al desarrollo tanto del poblado de Retamas como de la comunidad de Alpamarca.

Asimismo el proyecto demandará algunos bienes y servicios que están disponibles en Retamas y en la comunidad, tales como alimentos producidos localmente (carne, leche, papa, etc.), transporte local alojamiento, alimentación, lavado de ropas y enseres, etc. Esta demanda será mayor durante el periodo constructivo pero alguna infraestructura como la disponibilidad de energía (para el bombeo e iluminación) permanecerá durante el periodo operativo. La comunidad podrá aprovechar de la infraestructura desarrollada para aprovechar el agua almacenada en el riego de terrenos aguas abajo, la misma que permanecerá durante aun después del cierre. Estos impactos positivos son importantes.

- **Empleo y Nivel de Ingresos**

En este componente es donde se generan los mayores impactos positivos, el desarrollo de la construcción demandará una importante cantidad de trabajadores durante sus 2 etapas, será mayor en la 1ra (85 trabajadores) que en la 2da (31 trabajadores) pero en esta ultima el menor numero será compensado por el mayor tiempo, pues se realizará durante 6 meses/año a lo largo de 8 años como mínimo. El impacto positivo en la 2 etapa de construcción es de 70% que se considera significativo, mientras que durante la operación este impacto positivo alcanza al 50%.

Se espera también que el almacenamiento de agua permita realizar actividades directas que mejoren el nivel de ingresos en actividades diferentes a la minera, además de que el aprovechamiento del agua en los terrenos aguas abajo mejorará el nivel de ingresos en la actividad agrícola.

- **Actividad Económica**

La actividad económica va a ser favorecida notoriamente por la ejecución de este proyecto, teniendo en cuenta que la realización del mismo implica una inversión superior a 10 millones de dólares a lo largo de 10 años, se espera

que esta inversión repercute favorablemente en la actividad económica no solo local, sino también a nivel regional y nacional. Por ejemplo muchos de los insumos tales como cemento y fierro de construcción, combustible y servicios como alquiler de equipos pesado, ingeniería, etc., procederán de la ciudad de Trujillo y de la capital, se va a incrementar el servicio de transporte de carga y pasajeros tanto terrestre como aéreo, la demanda por servicio de comunicaciones esparcimiento, etc.

CMH planificará el desarrollo del proyecto para que la comunidad local sea favorecida con las oportunidades que esta mayor actividad económica permitirá. El impacto positivo sobre este componente durante la 1ra y 2da etapa de construcción será de 45 y 50% respectivamente, mientras que durante la operación el almacenamiento de relave generará impacto positivo del 48% sobre la actividad económica. En el Cierre, la planificación de uso provechoso del reservorio de agua permitirá generar una actividad económica significativa para la comunidad local (impacto positivo de 58%). Todas las actividades del proyecto generan impactos positivos sobre la actividad económica.

Hay un factor adicional muy importante que considerar y es aquel relacionado con la continuidad de las operaciones de CMH, de la cual en la actualidad dependen en forma directa e indirecta 1,536 y 7,500 personas, respectivamente y que anualmente aporta al fisco mas de 8 millones de dólares por concepto de tributos diversos y mas de 25 millones anuales en divisas para el país. La continuidad de esta operación es inviable si el Depósito de Relaves de Alpamarca no se realiza.

- **Uso del Suelo**

Como ya se indico anteriormente la ejecución del proyecto implica que parte del suelo disponible se use para almacenar relaves en lugar de un uso agrícola, no obstante el sitio seleccionado para el Depósito de Relaves es una quebrada encañonada con flancos rocosos sumamente empinados (pendientes hasta de 70°) en el cual el suelo agrícola afectado es menor de

0.6 Has. Esta extensión será largamente superada por la disponible en el talud debajo de la Presa y que se estima alcanza las 4 Has, con una pendiente de moderada de 26°. Se considera también que en las playas formadas en el perímetro del reservorio de agua se dispondrá de una extensión en el orden de 2 Has, de terrenos aptos para la revegetación, con capacidad de riego durante todo el año, además los terrenos circundantes que antes se encontraban al borde de barrancos podrán ser trabajados ahora sin riesgo, todo lo cual incrementa el suelo disponible en más de 10 veces.

También se indicó ya que el reservorio permitirá el riego durante todo el año de los terrenos aguas abajo que eran estériles por esta razón y ampliará la frontera agrícola. Por todo lo anterior el impacto positivo del reservorio durante la operación (39%) y Cierre (82%) supera largamente el impacto negativo inicial de la construcción del Depósito y del tendido de la Línea de conducción de relaves.

7.1.3.4. Ambiente de Interés Humano

- **Paisaje y Estética**

Durante la construcción se producirán impactos negativos al paisaje y estética natural en la zona de canteras, caminos de acceso y en la quebrada Alpamarca que será desprovista de vegetación. El efecto en esta última es más bien limitado por su profundidad y estrechez pues no se aprecia en toda su magnitud desde el nivel de la carretera. Este impacto es irreversible porque el paisaje no volverá a recuperarse y corresponde con un impacto negativo del 34%.

Si bien el paisaje original no se recupera el mismo será reemplazado por uno diferente que puede resultar de mayor valor estético. El plan de cierre considera el aprovechamiento del reservorio de agua y de su gran extensión (incluido sus playas) para poblarlo con flora y fauna terrestre y acuática, que proporcionará un paisaje agradable además de provecho económico, teniendo en cuenta que esta estructura estará circundada por la carretera Chagual-Tayabamba, el efecto del impacto visual positivo será magnificado

por la frecuencia de viajeros. El embellecimiento del Depósito de relaves comprende también la revegetación del talud aguas abajo. El impacto positivo asociado al reservorio de agua en la etapa de cierre resulta 67%. El almacenamiento de relaves ocasiona también un impacto positivo pues no podría aprovecharse el área si la terraza se mantuviera muy profunda, adicionalmente hay que indicar que el almacenamiento en diversas canchas de relave a lo largo de río Parcoy como ha sido tradicionalmente realizado. Finalmente la progresiva de contaminación de este río en virtud de la operación del nuevo depósito, permitirá el retorno de la vida y flora acuática que mejorara, en el largo plazo, el paisaje ribereño.

- **Sitios Arqueológicos e Históricos**

No existen sitios arqueológicos en el lugar. Teniendo en cuenta que la casa hacienda Alpamarca y su respectiva Iglesia revisten una importancia histórica local se ha de prestar al máximo cuidado para originar impactos el mismo durante la construcción y operación de los campamentos del personal que trabajará en la construcción del Depósito de Relaves. Estas edificaciones se encuentran bastante alejadas de la Presa y no corren otro tipo de riesgo, los impactos a este componente son por ello insignificantes.

7.1.3.5. Impactos Ambientales Ocasionados por la Actividad

En la descripción precedente se considero la evaluación de impactos de cada actividad del proyecto sobre cada componente. En la matriz de Leopold se han integrado todas las actividades para determinar primero el impacto global sobre cada componente y luego el Impacto Ambiental del Proyecto sobre la totalidad de los componentes ambientales al que simplemente denominamos Impacto Ambiental del Proyecto.

Los mayores impactos ambientales negativos se producen durante la etapa de construcción y afectan tanto al ambiente físico como al biológico y al paisaje, se observa también que todos estos impactos son excepción de los que afectan la topografía, se revierten o atenúan durante la operación y se convierten

finalmente en impactos positivos durante el periodo de cierre, gracias a las ventajas que representa el aprovechamiento del diseño de una Presa del tipo de Almacenamiento de Agua.

Se observa asimismo que el mayor impacto positivo ocurre durante la construcción de la Presa y se produce sobre el componente de empleos, infraestructura y en general sobre la actividad económica que beneficia a la población y comunidad. Esta tendencia se mantiene durante la operación aunque en menor proporción, hay que destacar que el diseño apropiado del cierre permite mantener impactos positivos sobre los componentes como empleo y nivel de ingresos, actividad económica, paisaje y uso del suelo.

Los impactos globales en cada componente que se obtiene por la adición de aquellos reportados durante las etapas de construcción, operación y abandono o Cierre, se observa que los impactos negativos ocurren en el ambiente físico y biológico pero son significativos porque están en el rango del 55. por el contrario los impactos positivos relacionados con los beneficios económicos de la población y comunidad son significativos pues están en el rango de 25%, hay que destacar que el proyecto produce finalmente un impacto positivo sobre la calidad del agua superficial (5%).

La integración de todos estos impactos individuales produce un valor final positivo significativo para el proyecto integral, el Impacto Ambiental del Proyecto resulta entonces +71.7% y este valor indica que los impactos ambientales positivos que brinda su ejecución superan largamente a los impactos tales negativos.

TABLA N° 7.7 : INTEGRACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL DEPOSITO DE RELAVES ALPAMARCA

COMPONENTE AMBIENTAL	ETAPA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL			
		Camp 1era Et 2da Et	Camp 2da Et	Cap1 Agua	Tipe Insum	Instal Tuberia	Caminos Acceso	Extrac Material	Tipe material	Reducn veloc	Const 1era Et 2da Et	Const 2da Et	Tipe Relaves	Amac Relaves	B y S 1era Et 2da Et	B y S 2da Et	B y S Opercn	Ent. Con 1era Et 2da Et	Ent. Con 2da Et	Ent. Con Opercn	Almac Agua	Picos	%		
1	TOPOGRAFIA	Construcción	-12	0	0	-0.6	-80	-12.5	0	0	-8.4	-29.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-81.3	-3.1	
		Operación	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-19.2	0	0	0	0	0	0	0	0	-40.4	-2.0	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-19.2	0	0	0	0	0	0	0	0	-38.4	-1.9	
2	CALIDAD DEL AIRE	Construcción	-1.6	-2.4	0	-1.2	-60	-150	-18.0	0	-17.5	-24.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-88.0	-4.4	
		Operación	0	-4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	16.0	0.8
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.4	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	11.8	0.8
3	NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIONES	Construcción	-2.4	-3.2	0	-8.4	-80	-80	-18.0	0	-240	-33.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-105.4	-5.3	
		Operación	0	-4.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4.8	-0.2	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5.0	-0.3	
4	CALIDAD DEL SUELO	Construcción	0	-0.4	0	0	-3.2	-10.0	0	0	-12.8	-38.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-64.8	-3.2	
		Operación	0	-1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.2	-10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.2	1.1	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.0	2.3	
5	AGUA SUPERFICIAL	Construcción	-2.7	-3.6	-1.8	0	-2.7	-12.0	-12.0	1.5	-19.2	-8.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-82.5	-3.1	
		Operación	0	-5.4	-3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	64.0	0	0	0	0	0	0	0	0	89.2	4.5	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.8	43.2	0	0	0	0	0	0	0	0	50.4	4.8	
6	AGUA SUBTERRANEA	Construcción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6.0	-0.3	
		Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	6.3	0.6	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0	6.3	0.6	
7	VEGETACION Y FLORA TERRESTRE	Construcción	-6.0	-6.0	-7.2	-2.7	-4.5	-12.5	-1.5	4.5	-19.2	-38.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-88.0	-4.9	
		Operación	0	-8.4	-7.2	0	0	0	0	0	0	0	0	-33.6	0	0	0	0	0	0	0	0	29.4	-1.0	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42.0	2.0	
8	FAUNA TERRESTRE Y FLORA ACUATICA	Construcción	-1.2	-1.8	-4.5	-3.6	-1.8	-10.0	-5.0	7.5	-19.2	-48.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-100.1	-5.0	
		Operación	0	-3.0	-8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	-44.8	0	0	0	0	0	0	0	0	28.8	-2.6	
		Abandono	0	-0.3	-2.0	0	0	0	0	0	0	0	-3.0	16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.4	2.1	
9	FAUNA TERRESTRE Y FLORA ACUATICA	Construcción	-0.6	-0.6	-4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-91.2	-4.6	
		Operación	0	-1.0	-5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	-44.8	0	0	0	0	0	0	0	0	50.4	1.7	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.0	0	0	0	0	0	0	0	0	72.8	104.2	5.2
10	FAUNA ACUATICA	Construcción	0.9	0.9	0	0	1.8	4.8	4.0	0	25.6	20.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57.6	5.3	
		Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57.6	0	0	0	0	0	0	0	0	57.6	5.3	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57.6	0	0	0	0	0	0	0	0	57.6	5.3	
11	POBLACION	Construcción	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128.4	6.4	
		Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.5	0.3	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.0	0.5	
12	COMUNIDAD	Construcción	0.9	0.9	0	0	0	0	0	12.0	19.2	44.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238.4	12.0	
		Operación	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	14.4	10.8	0	0	0	0	0	0	0	0	108	37.5	1.9
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.2	14.4	0	0	0	0	0	0	0	0	60.0	3.0	
13	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIO	Construcción	12.8	16.0	0	0	10.8	24.0	10.5	6.0	19.2	28.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	207.7	10.4	
		Operación	0	22.4	0	0	0	0	0	0	0	0	16.8	14.4	0	0	0	0	0	0	0	0	4.8	56.4	2.9
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.6	16.8	0	0	0	0	0	0	0	0	11.2	33.6	1.7
14	EMPLEO Y NIVEL DE INGRESOS	Construcción	19.2	24.0	2.4	3.5	10.5	21.0	10.5	3.5	38.4	70.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	324.8	18.2	
		Operación	0	33.6	2.4	0	0	0	0	0	0	0	7.0	50.4	0	0	0	0	0	0	0	0	24.0	117.4	5.9
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	19.2	0	0	0	0	0	0	0	0	43.2	83.8	3.2
15	ACTIVIDAD ECONOMICA	Construcción	12.8	16.0	2.4	5.6	8.4	16.0	12.0	3.5	44.8	50.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	311.9	15.6	
		Operación	0	22.4	2.4	0	0	0	0	0	0	0	12.6	48.0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.6	107.0	5.4
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	14.4	0	0	0	0	0	0	0	0	58.8	76.0	3.8
16	USO DEL SUELO	Construcción	-2.0	-3.0	0	0	-15.0	-20.0	0	1.5	-14.4	-33.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-112.3	-5.6	
		Operación	0	-5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	38.5	6.3	0.3
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.8	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	81.9	85.5	4.3
17	PAISAJE Y ESTETICA	Construcción	-8.0	-7.2	-1.2	-6.0	-15.0	-21.6	0	2.0	-14.4	-33.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130.7	-6.5	
		Operación	0	-10.8	-1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	-14.4	0	0	0	0	0	0	0	0	28.8	-12.6	-0.6
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	67.2	94.4	4.7
18	SITIOS AREQUELOGICOS	Construcción	-1.2	-1.8	0	0	-0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4.2	-0.2	
		Operación	0	-3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.0	-0.2	
		Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
		COS E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		IMPACTO GLOBAL																					71.6		

7.2. Control y Mitigación de los Impactos Ambientales del Proyecto

7.2.1. Ambiente Físico

7.2.1.1. Topografía

El impacto sobre la topografía posee el carácter de irreversible y no es posible recuperar su condición basal, sin embargo se podrá aminorar el impacto visual en la etapa de cierre del depósito. En la zona de canteras se planificará los taludes finales para evitar deslizamientos y la cobertura vegetal extraída en la quebrada Alpamarca será sembrada en las zonas de canteras que terminen de explotarse, para evitar que la erosión durante las lluvias afecte su estabilidad. Las carreteras de acceso que no se usen después de la etapa de construcción serán perfiladas a su condición original y sembradas con la cobertura vegetal recuperada del desbroce previo.

7.2.1.2. Calidad del Aire

Para disminuir los niveles polvo durante la etapa de construcción, se recomienda el riego de los caminos y el carguio del material hasta niveles que eviten se derrame durante su transporte.

Durante la etapa de operación no se espera este tipo de contaminación pues el relave se transporta como pulpa. Para minimizar el escape de gases de los camiones y vehículos pesados se establecerá un plan de mantenimiento adecuado que contemple la regulación de la bomba de inyección a la altitud y carga de trabajo.

7.2.1.3. Ruidos y Vibraciones

De acuerdo a los resultados de la evaluación no se prevén impactos significativos por ruidos y vibraciones fuera del área de trabajo, por lo que las medidas de mitigación de esta componente se basan principalmente en el uso de elementos de protección personal para los trabajadores.

7.2.1.4. Calidad del Suelo

Para mitigar el impacto sobre la calidad del suelo, hay que establecer los campamentos en áreas que no tiene cobertura vegetal o usar viviendas existentes, como es el caso de la Hacienda Alpamarca, se minimizará la apertura de caminos de acceso a los estrictamente necesarios y se establecerán senderos peatonales para el personal para evitar que afecten indiscriminadamente el suelo del entorno. El suelo recuperado en el desbroce será almacenado apropiadamente y empleado para revegetar los caminos, canteras y otras zonas a medida que dejen de ser usadas. En la presa del plan de cierre contempla el riego de terrenos aguas abajo para mejorar su calidad y aptitud para la actividad agrícola.

No se prevé derrames importantes de relaves y se ha elaborado un plan de contingencias para reducir el volumen derramado al mínimo, pero en todo caso el relave no afecta significativamente la calidad del suelo.

7.2.1.5. Aguas Superficiales

Durante la construcción se maximizará el aprovechamiento del material de las canteras de la ribera izquierda del río Parcoy para evitar el cruce del río de vehículos pesados, cuando ello sea necesario se preparará badenes apropiados sobre el lecho de piedras para no generar excesiva turbiedad de las aguas superficiales. Las áreas explotadas en las canteras y caminos de acceso serán revegetados para evitar el arrastre de sólidos al río.

Durante la operación una estricta supervisión y control de calidad (QA/QC) del transporte a través de la tubería de relaves reducirá el riesgo de derrames que afecten la calidad del agua, en caso de derrames la aplicación inmediata del Plan de contingencia reducirá la magnitud de los impactos sobre el agua. La descarga de relaves en el depósito y la sedimentación de los finos será controlado continuamente para mantener una calidad aceptable del efluente. El mantenimiento de los camiones y equipos se harán en los talleres de CMH para evitar derrames de grasa y aceites que impacten las aguas superficiales.

Con relación a la poza de control de sedimentos si esta se encontrase llena, bajo ningún motivo deberá ser evacuada al ambiente sin haberse verificado previamente que su calidad cumple con los Niveles Máximos Permisibles (NMP). El supervisor de medio ambiente deberá verificar el monitoreo de esta agua y autorizar su vertimiento. Se anticipa que el parámetro que requiere mayor control es el de turbiedad.

7.2.1.6. Aguas Subterráneas

No se prevé impactos en las aguas subterráneas sin embargo se inspeccionará las laderas del entorno para determinar si hay alumbramientos ocasionados por el almacenamiento de relaves y el agua en la Presa. Los problemas estarán en todo caso circunscritos a factores de estabilidad antes que de calidad del agua.

7.2.2. Ambiente Biológico

7.2.2.1. Ecosistema Terrestre

El impacto sobre el ecosistema terrestre producido por el desbroce de la vegetación es un impacto inevitable que sin embargo puede ser parcialmente mitigado mientras se opera el depósito. El plan de cierre propone un plan de revegetación progresivo que aprovecha el material y suelo vegetal almacenado para revegetar las zonas que ya han dejado de emplearse como son las canteras, algunos caminos de acceso, campamentos y almacenes de materiales.

Se han contemplado también el empleo del agua almacenada para el riego de áreas que antes no contaban con esta facilidad de tal modo de ampliar la frontera agrícola y compensar el ecosistema afectado previamente. Esta aplicación se realizará desde el periodo operativo.

Una medida de mitigación para subsanar la pérdida del pequeño bosque de eucaliptos ubicado en la margen izquierda será la reforestación de las playas del vaso del depósito y las laderas circundantes con especies que se encuentran en

la zona, tales como tuna, maguey, cabuya, tara, algarrobo, etc., ello servirá también para proteger la ladera contra la erosión.

En el cierre se ha contemplado la revegetación del talud aguas debajo de la presa.

7.2.2.2. Ecosistema Acuático

Las medidas de control para evitar los impactos sobre los ecosistemas acuáticos son los mismos que corresponden a las medidas de mitigación para aguas superficiales. Una vez que se inicie la operación de almacenamiento de relaves se obtendrá un efluente claro de mayor calidad que la descarga actual de la quebrada Alpamarca y ello favorecerá el desarrollo del ecosistema acuático.

Asimismo el cierre se ha previsto el aprovechamiento del reservorio de agua de la Presa para desarrollar una flora y fauna acuática significativa, basado en la calidad del agua, su volumen y la accesibilidad para implementar este subproyecto.

La calidad del agua del depósito será monitoreado como parte del programa de monitoreo con la regularidad acostumbrada.

7.2.3. Ambiente Socioeconómico

No se proponen medidas de mitigación para este componente por presentar impactos significativamente positivos, es importante sin embargo reiterar que la zona del reservorio de agua será sembrada con flora terrestre y acuática para mejorar el paisaje y que esta actividad se va a realizar desde la etapa operativa. Se ha planteado también el monitoreo de los impactos (positivos) que el desarrollo del proyecto generará sobre los componentes como empleo y nivel de ingresos a través de los programas de capacitación y contratación propuestos.

CONCLUSIONES

- El proceso de la deposición de los relaves es caracterizado por el tamaño de la partícula depositada, esto genera que la granulometría de los relaves arenosos en la zona de playa posea un contenido mas alto de finos en comparación al que se ubica en el dique, de acuerdo a este proceso se presentan zonas de diferente permeabilidad, tal que la zona de mas alta permeabilidad es para las arenas y la mas baja para los finos.
- Las propiedades estructurales de los relaves son aquellas características geotécnicas que gobiernan su comportamiento frente a la estabilidad, la infiltración y deformación. La resistencia de los relaves arenosos esta representado por el ángulo de fricción interna, los relaves arenosos drenan por gravedad y disminuyen aproximadamente entre 5 y 15% de su humedad inicial al principio de la deposición, las lamas sin embargo no responden al drenaje por gravedad debido a las altas fuerzas de capilaridad asociados con el pequeño tamaño de las partículas. Los relaves por ende son susceptibles de perder resistencia como consecuencia de la licuación sísmica, este factor tiene la máxima importancia con relación a casi todos los aspectos del manejo de relaves en el Perú, debido a que la mayoría de los depósitos de relaves se encuentran en zonas de alta o mediana actividad sísmica.
- Las fallas en las presas de relaves que normalmente se han presentado, son tanto en la etapa de operación como en la de abandono, las fallas mas frecuentes han sido a causa de fallas en la cimentación, desordenes en el flujo de agua o diques de arranque inadecuados.
- Los estudios geotécnicos, geomorfológicos y geológicos, determinan los trabajos que se van a realizar en la fundación de la presa de relaves, al mostrarnos el tipo de roca, lo abrupto de la topografía presente en el valle, los trabajos preliminares que se debe realizar para la estabilización

de taludes, es necesario conocer el estudio ya que es importante para el trazo y habilitación de los accesos, para la construcción de la presa de relaves.

- El estudio hidrológico nos muestra los eventos hidrológicos que van a tener ocurrencia en esta zona, con lo que se determinara el sistema de drenaje de la cuenca, estos preliminares tienen la finalidad de no afectar la obra a construir, para lo cual se preverá estas obras con las consideraciones de un evento máximo, habiéndose diseñado con ese mismo criterio la presa de relaves.
- El análisis del peligro sísmico de un lugar específico tiene la meta de identificar el nivel de exposición natural existente, para implementar medidas correctivas de ingeniería sísmica y para mantener el riesgo sísmico a un nivel bajo a pesar de ser alto o moderado el peligro sísmico. Los conceptos más importantes para definir la acción sísmica comprenden el periodo de retorno de los terremotos y la probabilidad de excedencia. Estos se asociarán luego con la vida útil (o vida económica) de las estructuras.
- Considerando un periodo de retorno de 500 años, que es el periodo recomendado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) considerando la etapa de abandono de una presa de relaves, se obtiene una aceleración de 0.30g. Es importante indicar que si bien el MEM recomienda analizar una presa de relaves con un periodo de retorno de 150 años para la condición operativa, es justificable utilizar periodos de retorno mayores en esta etapa de la vida de la estructura en la medida que el riesgo de falla de este tipo de instalaciones es alto por los efectos a los recursos y medio ambiente que podría tener una falla de una presa de relaves. Por lo tanto, en el diseño de la presa de relaves Alpamarca se ha tomado una aceleración de 0.30g que corresponde a un periodo de retorno de 500 años.

- La presa de relaves de Alpamarca fue diseñada considerando los siguientes escenarios críticos.
 - Presa Inicial. Final de Construcción. Análisis Estático. Talud aguas arriba. Sin presencia de agua o relave sobre el talud.
 - Presa Inicial. Final de Construcción. Análisis Pseudo-estático. Talud aguas arriba. Sin presencia de agua o relaves sobre el talud.
 - Presa Final. Análisis Estático. Talud Aguas Abajo. Almacenamiento lleno con relaves y con presencia de agua.
 - Presa Final. Análisis Pseudo-estático. Talud aguas abajo. Almacenamiento lleno con relaves y con presencia de agua.

- Los diseños de estabilidad efectuados en esta tesis tuvieron como patrón de referencia los valores considerados por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, es muy importante tener los parámetros de seguridad establecidos, lo cual es una ayuda en el proceso del modelamiento.

- Para analizar los estados de falla en las condiciones previstas de diseño se utilizó el Método Modificado de Bishop implementado en el programa de computo PCSTABL.

- Para el análisis de las alternativas planteadas utilizando relaves y desmonte de mina, se trató de obtener la sección final del cuerpo de presa partiendo de la propuesta inicial que consideraba el material de préstamo, esto propicio que se tuviera que hacer varios modelamientos hasta obtener la sección de diseño final, se debe tener en cuenta que las características del material a usar como cuerpo de presa había cambiado, lo cual sería el motivo principal de que los taludes de la presa cambiaran.

- Los valores obtenidos del análisis de estabilidad para la alternativa que considera como cuerpo de presa al material de préstamo, están en el

orden de 1.63 - 1.82 y 1.14 - 1.24 para el análisis estático y pseudo estático, si esto se hubiera podido afinar hasta llegar al límite permisible que es de 1.4 y 1.0 para ambos casos el volumen de material a mover en la construcción de la presa hubiera disminuido, lo cual haría que los costos de construcción disminuyan considerablemente.

- El uso de materiales provenientes de la explotación minera nos demuestra que son óptimos, presentando apropiadas condiciones de estabilidad, que soportaran los esfuerzos a los que serán sometidos, por lo que se recomienda el uso de estos para la construcción y operación de una presa de relaves. Asimismo se puede observar que el usar relaves como cuerpo de presa, disminuye significativamente los costos de construcción, siendo la primera alternativa que se debería tener en cuenta para la construcción de una presa de relaves.
- Se debe tener muy en cuenta que el diseño de una presa de relaves como la analizada en el presente estudio, son para depósitos que almacenaran elementos que no contienen cianuro, ya que el tratamiento para estos depósitos con contenidos de cianuro son diferentes y se toman otras consideraciones.
- Se debe indicar también de que el uso de nuevas tecnologías, como la mezcla de relaves y desmonte de mina, son buenas alternativas ya utilizadas en algunas operaciones, y dependiendo del tipo de depósito a construir son factibles de aplicar en nuestro medio.
- La mezcla de relaves con el material de préstamo, adquiere muy buenos valores de resistencia, y si a estos les sumamos el uso de geomallas en el cuerpo de presa, aumenta la resistencia del cuerpo, un ejemplo de este tipo de construcciones se puede visualizar en los depósitos de relaves de la mina Catalina Huanca de Ayacucho.

- Una de las formas de colocación de relave es por medio de tuberías, y es la que se plantea para la colocación de este material como cuerpo de presa, sin embargo si la mina tuviera una planta de filtrado operando la colocación del relave seria mejor controlado llevando al mínimo el contenido de humedad del material, esto facilitaría el proceso de colocación del relave como cuerpo de presa.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para los diseños de presas de relaves, se tenga los estudios de ingeniería completos, de esta manera se puede prever cualquier evento extraordinario y da más confiabilidad al diseño proyectado.
- Al determinar la ubicación de la presa de relaves es muy conveniente hacerlo en la zona que presente mejores condiciones geotécnicas e hidrológicas de todas las alternativas planteadas.
- Se recomienda tener un sistema de drenaje operativo antes de la construcción de la presa, el cual consiste en canales, túneles, etc. Para así poder evitar la falla de la presa en la construcción por desordenes en el flujo de agua.
- Se recomienda que en los estudios geotécnicos realizados (calicatas, trincheras, etc.) no solo se hagan los ensayos en la zona de influencia de la obra, sino también en la parte aguas arriba de la presa, porque al existir derrumbes no previstos en los estudios, el tiempo de vida de la presa se disminuye cuando este material se deposita en el vaso de almacenamiento de la presa.
- Se recomienda tener una evaluación geomecánica del vaso de la cuenca a usar como cuerpo de la presa de relaves, porque podría existir fracturamiento de la roca en su interior.
- En los análisis de estabilidad a desarrollar para cada alternativa es muy conveniente el tener la sección máxima de diseño, la cual a veces necesariamente no es parte de las secciones típicas de la presa.
- Se recomienda que para el análisis pseudo estático, se tome el valor máximo de la aceleración de la gravedad presente en la zona, esto es por

tratarse de una obra de esta característica en el cual el tiempo de retorno máximo es de 500 años.

- Se debe tener bastante cuidado en los trabajos de preparación de la cimentación, ya que un alto grado de fallas se da por no haber tenido una buena cimentación.
- Se recomienda que en el proceso de modelamiento para obtener los taludes finales del cuerpo de presa, la geometría del cuerpo a obtener se ajuste a los parámetros de seguridad establecidos, esto hace que el material que se use como cuerpo de presa sea el más adecuado, de esta manera se optimizan los costos de construcción.
- En la etapa de diseño se debe tener cuidado con el drenaje interno de la presa, por lo cual se recomienda que se debe incluir la línea piezométrica en los modelamientos y observar la variación que existe en sus factores de seguridad, de esta manera determinar las obras conexas para poder controlarlo.
- Se recomienda utilizar materiales productos de la explotación minera (relave y desmonte de mina), porque en el comparativo económico realizado se puede observar que los costos de construcción considerando esta propuesta son menores al que considera el uso de materiales de préstamo, también se debe incluir que disminuye el costo operativo de la mina y aumenta el tiempo de vida de las relaveras y desmonteras.
- Se recomienda tener operativo una planta de filtrado, lo cual clasificaría los relaves a trabajar separando los gruesos para usarlo como cuerpo de presa, y reduce la humedad del relave hasta en un 16%.

ANEXOS

1.0 MODELOS ANALIZADOS

ANALISIS CONSIDERANDO EL DISEÑO ORIGINAL**ANALISIS DE MODELO 11**

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-12-06
Time of Run: 5:00pm
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO11.SI
Output Filename: C:MODELO11.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO11.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS ESTATICO-PRESA LLENA TALUD DE AGUAS ABAJO
METODO DE BISHOP MODIFICADO

BOUNDARY COORDINATES

7 Top Boundaries

31 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	00	46.92	39.72	46.92	3
2	39.72	46.92	54.70	57.20	2
3	54.70	57.20	146.27	119.95	1
4	146.27	119.95	176.22	119.95	1
5	176.22	119.95	251.21	169.95	1
6	251.21	169.95	257.21	169.95	1
7	257.21	169.95	375.00	169.95	4
8	257.21	169.95	299.50	142.07	1
9	299.50	142.07	301.00	140.90	2
10	301.00	140.90	378.10	90.90	1
11	378.10	90.90	388.10	80.90	1
12	54.70	57.20	81.72	58.53	2
13	81.72	58.53	148.01	74.90	2
14	148.01	74.90	194.92	80.52	2
15	194.92	80.52	287.24	142.07	2
16	287.24	142.07	299.50	142.07	2
17	181.08	69.25	185.00	71.30	2
18	185.00	71.30	288.54	140.90	1
19	288.54	140.90	301.00	140.90	1
20	185.00	71.30	214.68	73.66	2
21	214.68	73.66	265.28	79.29	2
22	265.28	79.29	310.17	84.49	2
23	310.17	84.49	343.19	91.22	2
24	343.19	91.22	360.68	85.50	2
25	39.72	46.92	92.67	49.88	3
26	92.67	49.88	129.03	60.37	3
27	129.03	60.37	181.08	69.25	3
28	181.08	69.25	259.53	75.01	3
29	259.53	75.01	312.80	82.95	3
30	312.80	82.95	360.68	85.50	3
31	360.68	85.50	388.10	80.90	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	22.0	23.0	.0	45.0	.00	.0	1
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
4	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 9 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	50.00
2	54.70	57.20
3	81.72	58.53
4	148.01	70.00
5	185.00	71.30
6	214.68	73.66
7	265.28	79.29
8	310.17	84.49
9	360.68	85.50

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified. 1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m. and X = 50.00 m.

Each Surface Terminates Between X = 235.00 m and X = 270.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 m.

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

**** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method ****

Failure Surface Specified By 51 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	42.31	48.70
2	46.86	50.76
3	51.41	52.85
4	55.94	54.95
5	60.47	57.06
6	65.00	59.19
7	69.51	61.34
8	74.02	63.50
9	78.52	65.68
10	83.02	67.87
11	87.50	70.08
12	91.98	72.31
13	96.45	74.55
14	100.91	76.80
15	105.36	79.08
16	109.81	81.36
17	114.25	83.67
18	118.68	85.99
19	123.10	88.32
20	127.51	90.67
21	131.92	93.04
22	136.32	95.42
23	140.70	97.81
24	145.08	100.22
25	149.46	102.65
26	153.82	105.09
27	158.17	107.55
28	162.52	110.02
29	166.86	112.51
30	171.19	115.01
31	175.51	117.53
32	179.82	120.06
33	184.12	122.61
34	188.41	125.17
35	192.70	127.75
36	196.97	130.34
37	201.24	132.95

38	205.50	135.57
39	209.74	138.21
40	213.98	140.86
41	218.21	143.53
42	222.43	146.21
43	226.64	148.91
44	230.84	151.62
45	235.03	154.34
46	239.22	157.08
47	243.39	159.84
48	247.55	162.61
49	251.70	165.39
50	255.85	168.19
51	258.43	169.95

Circle Center At X = -546.6 ; Y = 1351.7 and Radius, 1429.9
 *** 1.819 ***

ANALISIS DE MODELO 12

–Slope Stability Analysis–
 Simplified Janbu, Simplified Bishop
 or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-12-06
 Time of Run: 5:03pm
 Run By: Martin
 Input Data Filename: C:MODELO12.SI
 Output Filename: C:MODELO12.OUT
 Plotted Output Filename: C:MODELO12.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS PSEUDOESTATICO-PRESA LLENA TALUD DE AGUAS ABAJO
 METODO DE BISHOP MODIFICADO

BOUNDARY COORDINATES

7 Top Boundaries

31 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	46.92	39.72	46.92	3
2	39.72	46.92	54.70	57.20	2
3	54.70	57.20	146.27	119.95	1
4	146.27	119.95	176.22	119.95	1
5	176.22	119.95	251.21	169.95	1
6	251.21	169.95	257.21	169.95	1
7	257.21	169.95	375.00	169.95	4
8	257.21	169.95	299.50	142.07	1
9	299.50	142.07	301.00	140.90	2
10	301.00	140.90	378.10	90.90	1
11	378.10	90.90	388.10	80.90	1
12	54.70	57.20	81.72	58.53	2
13	81.72	58.53	148.01	74.90	2
14	148.01	74.90	194.92	80.52	2
15	194.92	80.52	287.24	142.07	2
16	287.24	142.07	299.50	142.07	2
17	181.08	69.25	185.00	71.30	2
18	185.00	71.30	288.54	140.90	1
19	288.54	140.90	301.00	140.90	1
20	185.00	71.30	214.68	73.66	2
21	214.68	73.66	265.28	79.29	2
22	265.28	79.29	310.17	84.49	2
23	310.17	84.49	343.19	91.22	2
24	343.19	91.22	360.68	85.50	2
25	39.72	46.92	92.67	49.88	3
26	92.67	49.88	129.03	60.37	3
27	129.03	60.37	181.08	69.25	3
28	181.08	69.25	259.53	75.01	3
29	259.53	75.01	312.80	82.95	3
30	312.80	82.95	360.68	85.50	3
31	360.68	85.50	388.10	80.90	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. ()	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	22.0	23.0	.0	45.0	.00	.0	1
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
4	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 9 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	50.00
2	54.70	57.20
3	81.72	58.53
4	148.01	70.00
5	185.00	71.30
6	214.68	73.66
7	265.28	79.29
8	310.17	84.49
9	360.68	85.50

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.
1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m
and X = 50.00 m

Each Surface Terminates Between X = 235.00 m
and X = 270.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 m
5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method **

Failure Surface Specified By 51 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	42.31	48.70
2	46.86	50.76
3	51.41	52.85
4	55.94	54.95
5	60.47	57.06
6	65.00	59.19
7	69.51	61.34
8	74.02	63.50
9	78.52	65.68
10	83.02	67.87
11	87.50	70.08
12	91.98	72.31
13	96.45	74.55
14	100.91	76.80
15	105.36	79.08
16	109.81	81.36
17	114.25	83.67
18	118.68	85.99
19	123.10	88.32
20	127.51	90.67

21	131.92	93.04
22	136.32	95.42
23	140.70	97.81
24	145.08	100.22
25	149.46	102.65
26	153.82	105.09
27	158.17	107.55
28	162.52	110.02
29	166.86	112.51
30	171.19	115.01
31	175.51	117.53
32	179.82	120.06
33	184.12	122.61
34	188.41	125.17
35	192.70	127.75
36	196.97	130.34
37	201.24	132.95
38	205.50	135.57
39	209.74	138.21
40	213.98	140.86
41	218.21	143.53
42	222.43	146.21
43	226.64	148.91
44	230.84	151.62
45	235.03	154.34
46	239.22	157.08
47	243.39	159.84
48	247.55	162.61
49	251.70	165.39
50	255.85	168.19
51	258.43	169.95

Circle Center At X = -546.6 ; Y = 1351.7 and Radius, 1429.9

*** 1.244 ***

ANALISIS DE MODELO 13

–Slope Stability Analysis–
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-12-06

Time of Run: 5:42pm

Run By: Martin

Input Data Filename: C:MODELO13.SI

Output Filename: C:MODELO13.OUT

Plotted Output Filename: C:MODELO13.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS ESTADICO PRESA VACIA TALUD AGUAS ARRIBA
METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

10 Top Boundaries

30 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	100.00	41.08	100.00	3
2	41.08	100.00	56.52	109.65	1
3	56.52	109.65	136.50	159.60	1
4	136.50	159.60	138.70	161.10	2
5	138.70	161.10	180.98	188.77	1
6	180.98	188.77	186.80	188.77	1
7	186.80	188.77	261.99	138.81	1
8	261.99	138.81	291.58	138.81	1
9	291.58	138.81	383.20	76.20	1
10	383.20	76.20	398.30	66.00	2
11	138.70	161.10	150.90	161.10	2
12	150.90	161.10	243.07	99.51	2
13	243.07	99.51	290.12	93.69	2
14	290.12	93.69	356.58	77.69	2
15	356.58	77.69	383.20	76.20	2

16	136.50	159.60	149.45	159.67	1
17	149.45	159.67	253.20	90.00	1
18	253.20	90.00	257.10	88.40	2
19	77.65	104.37	95.11	110.19	2
20	95.11	110.19	128.10	103.40	2
21	128.10	103.40	172.73	98.06	2
22	172.73	98.06	223.18	92.72	2
23	223.18	92.72	253.20	90.00	2
24	41.08	100.00	77.65	104.37	3
25	77.65	104.37	125.19	101.94	3
26	125.19	101.94	178.55	94.18	3
27	178.55	94.18	257.10	88.40	3
28	257.10	88.40	309.04	79.14	3
29	309.04	79.14	345.43	68.95	3
30	345.43	68.95	398.30	66.00	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. (°)	Pressure Constant (°)	Piez. Surface No.
1	22.0	23.0	.0	45.0	.00	.0	0
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	0
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced

Along The Ground Surface Between X = .00 m

and X = 45.00 m

Each Surface Terminates Between X = 180.00 m

and X = 200.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation

At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial

Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical

First.

** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method **

Failure Surface Specified By 35 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	43.85	101.73
2	48.58	103.33
3	53.30	105.00
4	57.99	106.73
5	62.65	108.53
6	67.29	110.39
7	71.90	112.32
8	76.49	114.32
9	81.05	116.38
10	85.57	118.50
11	90.07	120.69
12	94.53	122.94
13	98.97	125.25
14	103.37	127.63
15	107.73	130.07
16	112.06	132.56
17	116.36	135.12
18	120.62	137.74
19	124.84	140.42
20	129.02	143.16
21	133.16	145.96
22	137.27	148.82
23	141.33	151.73
24	145.35	154.70
25	149.33	157.73
26	153.27	160.81

27 157.16 163.95
 28 161.01 167.14
 29 164.81 170.39
 30 168.57 173.69
 31 172.28 177.04
 32 175.94 180.44
 33 179.56 183.90
 34 183.12 187.41
 35 184.47 188.77
 Circle Center At X = -67.2 ; Y = 438.3 and Radius 354.4
 *** 1.633 ***

ANALISIS DE MODELO 14

--Slope Stability Analysis--
 Simplified Janbu, Simplified Bishop
 or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-12-06
 Time of Run: 5:44pm
 Run By: Martin
 Input Data Filename: C:MODELO14.SI
 Output Filename: C:MODELO14.OUT
 Plotted Output Filename: C:MODELO14.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS PSEUDOESTATICO PRESA VACIA TALUD AGUAS ARRIBA
 METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

10 Top Boundaries
 30 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	00	100.00	41.08	100.00	3
2	41.08	100.00	56.52	109.65	1
3	56.52	109.65	136.50	159.60	1
4	136.50	159.60	138.70	161.10	2
5	138.70	161.10	180.98	188.77	1
6	180.98	188.77	186.80	188.77	1
7	186.80	188.77	261.99	138.81	1
8	261.99	138.81	291.58	138.81	1
9	291.58	138.81	383.20	76.20	1
10	383.20	76.20	398.30	66.00	2
11	138.70	161.10	150.90	161.10	2
12	150.90	161.10	243.07	99.51	2
13	243.07	99.51	290.12	93.69	2
14	290.12	93.69	356.58	77.69	2
15	356.58	77.69	383.20	76.20	2
16	136.50	159.60	149.45	159.67	1
17	149.45	159.67	253.20	90.00	1
18	253.20	90.00	257.10	88.40	2
19	77.65	104.37	95.11	110.19	2
20	95.11	110.19	128.10	103.40	2
21	128.10	103.40	172.73	98.06	2
22	172.73	98.06	223.18	92.72	2
23	223.18	92.72	253.20	90.00	2
24	41.08	100.00	77.65	104.37	3
25	77.65	104.37	125.19	101.94	3
26	125.19	101.94	178.55	94.18	3
27	178.55	94.18	257.10	88.40	3
28	257.10	88.40	309.04	79.14	3
29	309.04	79.14	345.43	68.95	3
30	345.43	68.95	398.30	66.00	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Cohesion (Kn/m3)	Friction Intercept (Kn/m2)	Pore Angle (deg)	Pressure Param. ()	Piez. Constant Surface No.
---------------	------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------	--------------------	----------------------------

1	22.0	23.0	.0	45.0	.00	.0	0
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	0
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	0

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced

Along The Ground Surface Between X = .00 m

and X = 45.00 m

Each Surface Terminates Between X = 180.00 m

and X = 200.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation

At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *

Failure Surface Specified By 35 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	43.85	101.73
2	48.58	103.33
3	53.30	105.00
4	57.99	106.73
5	62.65	108.53
6	67.29	110.39
7	71.90	112.32
8	76.49	114.32
9	81.05	116.38
10	85.57	118.50
11	90.07	120.69
12	94.53	122.94
13	98.97	125.25
14	103.37	127.63
15	107.73	130.07
16	112.06	132.56
17	116.36	135.12
18	120.62	137.74
19	124.84	140.42
20	129.02	143.16
21	133.16	145.96
22	137.27	148.82
23	141.33	151.73
24	145.35	154.70
25	149.33	157.73
26	153.27	160.81
27	157.16	163.95
28	161.01	167.14
29	164.81	170.39
30	168.57	173.69
31	172.28	177.04
32	175.94	180.44
33	179.56	183.90
34	183.12	187.41
35	184.47	188.77

Circle Center At X = -67.2 ; Y = 438.3 and Radius, 354.4

*** 1.144 ***

ANALISIS CONSIDERANDO EL USO DE RELAVES

ANALISIS DE MODELO 21

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 04-01-06
Time of Run: 2:40am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO21.SI
Output Filename: C:MODELO21.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO21.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS ESTATICO PRESA LLENA TALUD DE AGUAS ABAJO
METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

9 Top Boundaries

25 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	47.06	29.85	47.06	4
2	29.85	47.06	43.91	56.65	3
3	43.91	56.65	73.85	77.06	2
4	73.85	77.06	83.85	77.06	2
5	83.85	77.06	146.51	119.83	1
6	146.51	119.83	176.10	119.83	1
7	176.10	119.83	251.30	169.80	1
8	251.30	169.80	257.12	169.80	1
9	257.12	169.80	375.00	169.80	5
10	83.85	77.06	103.13	63.91	2
11	257.12	169.80	392.75	81.11	1
12	43.91	56.65	103.13	63.91	3
13	103.13	63.91	147.96	74.70	3
14	147.96	74.70	195.00	80.53	3
15	195.00	80.53	248.66	81.48	3
16	248.66	81.48	306.56	88.95	3
17	306.56	88.95	342.98	91.20	3
18	342.98	91.20	360.45	85.38	3
19	29.85	47.06	92.66	49.96	4
20	92.66	49.96	129.05	60.16	4
21	129.05	60.16	180.96	69.38	4
22	180.96	69.38	259.54	75.20	4
23	259.54	75.20	312.90	82.95	4
24	312.90	82.95	360.45	85.38	4
25	360.45	85.38	392.75	81.11	4

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

5 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	18.0	19.5	.0	30.0	.00	.0	1
2	22.0	23.0	.0	45.0	.00	.0	1
3	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
4	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
5	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 10 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	47.06
2	43.91	56.65

3	103.13	63.91
4	147.96	74.70
5	195.00	80.53
6	248.66	81.48
7	300.00	100.00
8	340.00	125.00
9	360.00	150.00
10	370.00	155.00

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified. 1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 20.00 m and X = 80.00 m

Each Surface Terminates Between X = 220.00 m and X = 280.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

**** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method ****
Failure Surface Specified By 47 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	64.62	70.77
2	69.39	72.26
3	74.15	73.78
4	78.90	75.34
5	83.64	76.93
6	88.37	78.55
7	93.09	80.21
8	97.79	81.90
9	102.49	83.62
10	107.17	85.38
11	111.84	87.17
12	116.50	88.99
13	121.14	90.84
14	125.77	92.73
15	130.39	94.65
16	134.99	96.60
17	139.58	98.58
18	144.16	100.60
19	148.72	102.64
20	153.26	104.72
21	157.80	106.83
22	162.32	108.98
23	166.82	111.15
24	171.30	113.36
25	175.78	115.59
26	180.23	117.86
27	184.67	120.16
28	189.10	122.49
29	193.50	124.85
30	197.89	127.25
31	202.27	129.67
32	206.62	132.12
33	210.96	134.61
34	215.28	137.12
35	219.59	139.67
36	223.87	142.24
37	228.14	144.85
38	232.39	147.48
39	236.62	150.15
40	240.83	152.84

41 245.03 155.56
 42 249.20 158.32
 43 253.36 161.10
 44 257.49 163.91
 45 261.61 166.75
 46 265.70 169.62
 47 265.96 169.80

Circle Center At X = -145.8 ; Y = 752.7 and Radius, 713.6

*** 1.192 ***

ANALISIS DE MODELO 22

–Slope Stability Analysis–
 Simplified Janbu, Simplified Bishop
 or Spencer's Method of Slices

Run Date: 04-01-06
 Time of Run: 2:42am
 Run By: Martin
 Input Data Filename: C:MODELO22.SI
 Output Filename: C:MODELO22.OUT
 Plotted Output Filename: C:MODELO22.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS PSEUDOESTATICO PRESA LLENA TALUD AGUAS ABAJO
 METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

9 Top Boundaries

25 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	47.06	29.85	47.06	4
2	29.85	47.06	43.91	56.65	3
3	43.91	56.65	73.85	77.06	2
4	73.85	77.06	83.85	77.06	2
5	83.85	77.06	146.51	119.83	1
6	146.51	119.83	176.10	119.83	1
7	176.10	119.83	251.30	169.80	1
8	251.30	169.80	257.12	169.80	1
9	257.12	169.80	375.00	169.80	5
10	83.85	77.06	103.13	63.91	2
11	257.12	169.80	392.75	81.11	1
12	43.91	56.65	103.13	63.91	3
13	103.13	63.91	147.96	74.70	3
14	147.96	74.70	195.00	80.53	3
15	195.00	80.53	248.66	81.48	3
16	248.66	81.48	306.56	88.95	3
17	306.56	88.95	342.98	91.20	3
18	342.98	91.20	360.45	85.38	3
19	29.85	47.06	92.66	49.96	4
20	92.66	49.96	129.05	60.16	4
21	129.05	60.16	180.96	69.38	4
22	180.96	69.38	259.54	75.20	4
23	259.54	75.20	312.90	82.95	4
24	312.90	82.95	360.45	85.38	4
25	360.45	85.38	392.75	81.11	4

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

5 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (j)	Piez. Surface No.
1	18.0	19.5	.0	30.0	.00	.0	1
2	22.0	23.0	.0	45.0	.00	.0	1
3	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
4	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
5	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 10 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	47.06
2	43.91	56.65
3	103.13	63.91
4	147.96	74.70
5	195.00	80.53
6	248.66	81.48
7	300.00	100.00
8	340.00	125.00
9	360.00	150.00
10	370.00	155.00

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced

Along The Ground Surface Between X = 20.00 m

and X = 80.00 m

Each Surface Terminates Between X = 220.00 m

and X = 280.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation

At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial

Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical

First.

**** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method ****

Failure Surface Specified By 47 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	64.62	70.77
2	69.39	72.26
3	74.15	73.78
4	78.90	75.34
5	83.64	76.93
6	88.37	78.55
7	93.09	80.21
8	97.79	81.90
9	102.49	83.62
10	107.17	85.38
11	111.84	87.17
12	116.50	88.99
13	121.14	90.84
14	125.77	92.73
15	130.39	94.65
16	134.99	96.60
17	139.58	98.58
18	144.16	100.60
19	148.72	102.64
20	153.26	104.72
21	157.80	106.83
22	162.32	108.98
23	166.82	111.15
24	171.30	113.36
25	175.78	115.59
26	180.23	117.86
27	184.67	120.16
28	189.10	122.49
29	193.50	124.85
30	197.89	127.25
31	202.27	129.67

32	206.62	132.12
33	210.96	134.61
34	215.28	137.12
35	219.59	139.67
36	223.87	142.24
37	228.14	144.85
38	232.39	147.48
39	236.62	150.15
40	240.83	152.84
41	245.03	155.56
42	249.20	158.32
43	253.36	161.10
44	257.49	163.91
45	261.61	166.75
46	265.70	169.62
47	265.96	169.80

Circle Center At X = -145.8 ; Y = 752.7 and Radius, 713.6

*** 0.806 ***

ANALISIS DE MODELO 23

–Slope Stability Analysis–
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 04-04-06
Time of Run: 10:34am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO23.SI
Output Filename: C:MODELO23.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO23.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS ESTATICO
METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

21 Top Boundaries

38 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	40.63	30.47	40.63	4
2	30.47	40.63	50.93	54.65	3
3	50.93	54.65	83.64	77.07	2
4	83.64	77.07	93.95	77.07	2
5	93.95	77.07	111.27	87.06	1
6	111.27	87.06	121.27	87.06	1
7	121.27	87.06	138.60	97.04	1
8	138.60	97.04	148.60	97.04	1
9	148.60	97.04	165.93	107.03	1
10	165.93	107.03	175.93	107.03	1
11	175.93	107.03	193.27	117.02	1
12	193.27	117.02	213.27	117.02	1
13	213.27	117.02	230.51	126.95	1
14	230.51	126.95	240.51	126.95	1
15	240.51	126.95	257.76	136.89	1
16	257.76	136.89	267.76	136.89	1
17	267.76	136.89	285.09	146.87	1
18	285.09	146.87	295.09	146.87	1
19	295.09	146.87	312.42	156.86	1
20	312.42	156.86	332.73	156.86	1
21	332.73	156.86	435.00	156.86	5
22	93.95	77.07	124.93	55.83	2
23	332.73	156.86	444.28	83.70	1
24	50.92	54.65	124.94	55.83	3
25	124.94	55.83	163.13	63.91	3
26	163.13	63.91	207.96	74.70	3
27	207.96	74.70	255.00	80.53	3
28	255.00	80.53	308.66	81.48	3
29	308.66	81.48	366.56	88.95	3
30	366.56	88.95	402.98	91.20	3

31	402.98	91.20	420.45	85.38	3
32	30.47	40.63	152.66	49.96	4
33	152.66	49.96	189.05	60.16	4
34	189.05	60.16	240.96	69.38	4
35	240.96	69.38	319.54	75.20	4
36	319.54	75.20	372.90	82.95	4
37	372.90	82.95	420.45	85.38	4
38	420.45	85.38	444.28	83.70	4

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

5 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. ()	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	18.0	19.5	.0	30.0	.00	.0	1
2	22.0	23.0	.0	45.0	.00	.0	1
3	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
4	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
5	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 11 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	40.63
2	50.92	54.65
3	124.94	55.83
4	163.13	63.91
5	207.96	74.70
6	255.00	80.53
7	308.66	81.48
8	360.00	100.00
9	400.00	125.00
10	420.00	150.00
11	430.00	155.00

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random

Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced

Along The Ground Surface Between X = 20.00 m

and X = 150.00 m

Each Surface Terminates Between X = 280.00 m

and X = 350.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation

At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial

Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical

First.

** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method **

Failure Surface Specified By 43 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	126.67	90.17
2	131.55	91.24
3	136.43	92.33
4	141.30	93.45
5	146.17	94.60
6	151.03	95.77
7	155.88	96.98
8	160.73	98.21
9	165.57	99.46
10	170.40	100.74
11	175.23	102.05
12	180.05	103.39
13	184.86	104.75
14	189.66	106.14

15	194.45	107.56
16	199.24	109.00
17	204.02	110.47
18	208.79	111.97
19	213.55	113.49
20	218.31	115.04
21	223.05	116.62
22	227.79	118.22
23	232.52	119.85
24	237.24	121.50
25	241.94	123.18
26	246.64	124.89
27	251.33	126.62
28	256.01	128.38
29	260.69	130.16
30	265.35	131.97
31	270.00	133.81
32	274.64	135.67
33	279.27	137.56
34	283.89	139.48
35	288.49	141.41
36	293.09	143.38
37	297.68	145.37
38	302.25	147.39
39	306.82	149.43
40	311.37	151.49
41	315.91	153.58
42	320.44	155.70
43	322.89	156.86

Circle Center At X = -63.0 ; Y = 970.3 and Radius, 900.4

*** 1.718 ***

ANALISIS DE MODELO 24

–Slope Stability Analysis–
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 04-04-06
Time of Run: 10:37am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO24.SI
Output Filename: C:MODELO24.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO24.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS PSEUDOESTATICO
METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

21 Top Boundaries
38 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	40.63	30.47	40.63	4
2	30.47	40.63	50.93	54.65	3
3	50.93	54.65	83.64	77.07	2
4	83.64	77.07	93.95	77.07	2
5	93.95	77.07	111.27	87.06	1
6	111.27	87.06	121.27	87.06	1
7	121.27	87.06	138.60	97.04	1
8	138.60	97.04	148.60	97.04	1
9	148.60	97.04	165.93	107.03	1
10	165.93	107.03	175.93	107.03	1
11	175.93	107.03	193.27	117.02	1
12	193.27	117.02	213.27	117.02	1
13	213.27	117.02	230.51	126.95	1
14	230.51	126.95	240.51	126.95	1
15	240.51	126.95	257.76	136.89	1
16	257.76	136.89	267.76	136.89	1

17	267.76	136.89	285.09	146.87	1
18	285.09	146.87	295.09	146.87	1
19	295.09	146.87	312.42	156.86	1
20	312.42	156.86	332.73	156.86	1
21	332.73	156.86	435.00	156.86	5
22	93.95	77.07	124.93	55.83	2
23	332.73	156.86	444.28	83.70	1
24	50.92	54.65	124.94	55.83	3
25	124.94	55.83	163.13	63.91	3
26	163.13	63.91	207.96	74.70	3
27	207.96	74.70	255.00	80.53	3
28	255.00	80.53	308.66	81.48	3
29	308.66	81.48	366.56	88.95	3
30	366.56	88.95	402.98	91.20	3
31	402.98	91.20	420.45	85.38	3
32	30.47	40.63	152.66	49.96	4
33	152.66	49.96	189.05	60.16	4
34	189.05	60.16	240.96	69.38	4
35	240.96	69.38	319.54	75.20	4
36	319.54	75.20	372.90	82.95	4
37	372.90	82.95	420.45	85.38	4
38	420.45	85.38	444.28	83.70	4

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

5 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	18.0	19.5	.0	30.0	.00	.0	1
2	22.0	23.0	.0	45.0	.00	.0	1
3	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
4	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
5	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 11 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	40.63
2	50.92	54.65
3	124.94	55.83
4	163.13	63.91
5	207.96	74.70
6	255.00	80.53
7	308.66	81.48
8	360.00	100.00
9	400.00	125.00
10	420.00	150.00
11	430.00	155.00

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.
1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 20.00 m
and X = 150.00 m

Each Surface Terminates Between X = 280.00 m
and X = 350.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial

Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical

**** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method ****

Failure Surface Specified By 43 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	126.67	90.17
2	131.55	91.24
3	136.43	92.33
4	141.30	93.45
5	146.17	94.60
6	151.03	95.77
7	155.88	96.98
8	160.73	98.21
9	165.57	99.46
10	170.40	100.74
11	175.23	102.05
12	180.05	103.39
13	184.86	104.75
14	189.66	106.14
15	194.45	107.56
16	199.24	109.00
17	204.02	110.47
18	208.79	111.97
19	213.55	113.49
20	218.31	115.04
21	223.05	116.62
22	227.79	118.22
23	232.52	119.85
24	237.24	121.50
25	241.94	123.18
26	246.64	124.89
27	251.33	126.62
28	256.01	128.38
29	260.69	130.16
30	265.35	131.97
31	270.00	133.81
32	274.64	135.67
33	279.27	137.56
34	283.89	139.48
35	288.49	141.41
36	293.09	143.38
37	297.68	145.37
38	302.25	147.39
39	306.82	149.43
40	311.37	151.49
41	315.91	153.58
42	320.44	155.70
43	322.89	156.86

Circle Center At X = -63.0 ; Y = 970.3 and Radius, 900.4

*** 1.063 ***

ANALISIS CONSIDERANDO EL USO DE DESMONTE DE MINA

ANALISIS DE MODELO 31

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-19-06
Time of Run: 10:58am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO31.SI
Output Filename: C:MODELO31.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO31.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS ESTATICO-PRESA LLENA
METODO DE BISHOP MODIFICADO

BOUNDARY COORDINATES

7 Top Boundaries
31 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	46.92	39.72	46.92	3
2	39.72	46.92	54.70	57.20	2
3	54.70	57.20	146.27	119.95	1
4	146.27	119.95	176.22	119.95	1
5	176.22	119.95	251.21	169.95	1
6	251.21	169.95	257.21	169.95	1
7	257.21	169.95	375.00	169.95	4
8	257.21	169.95	299.50	142.07	1
9	299.50	142.07	301.00	140.90	2
10	301.00	140.90	378.10	90.90	1
11	378.10	90.90	388.10	80.90	1
12	54.70	57.20	81.72	58.53	2
13	81.72	58.53	148.01	74.90	2
14	148.01	74.90	194.92	80.52	2
15	194.92	80.52	287.24	142.07	2
16	287.24	142.07	299.50	142.07	2
17	181.08	69.25	185.00	71.30	2
18	185.00	71.30	288.54	140.90	1
19	288.54	140.90	301.00	140.90	1
20	185.00	71.30	214.68	73.66	2
21	214.68	73.66	265.28	79.29	2
22	265.28	79.29	310.17	84.49	2
23	310.17	84.49	343.19	91.22	2
24	343.19	91.22	360.68	85.50	2
25	39.72	46.92	92.67	49.88	3
26	92.67	49.88	129.03	60.37	3
27	129.03	60.37	181.08	69.25	3
28	181.08	69.25	259.53	75.01	3
29	259.53	75.01	312.80	82.95	3
30	312.80	82.95	360.68	85.50	3
31	360.68	85.50	388.10	80.90	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 Type(s) of Soil							
Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	21.0	23.0	.0	39.0	.00	.0	1
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
4	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 9 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	50.00
2	54.70	57.20
3	81.72	58.53
4	148.01	70.00
5	185.00	71.30
6	214.68	73.66
7	265.28	79.29
8	310.17	84.49
9	360.68	85.50

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced

Along The Ground Surface Between X = 20.00 m.

and X = 60.00 m

Each Surface Terminates Between X = 220.00 m

and X = 300.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation

At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *

Failure Surface Specified By 45 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	41.54	48.17
2	46.12	50.16
3	50.70	52.18
4	55.26	54.22
5	59.82	56.28
6	64.36	58.37
7	68.89	60.48
8	73.42	62.62
9	77.93	64.77
10	82.43	66.95
11	86.92	69.16
12	91.39	71.38
13	95.86	73.63
14	100.31	75.90
15	104.75	78.20
16	109.18	80.51
17	113.60	82.85
18	118.01	85.22
19	122.40	87.60
20	126.79	90.01
21	131.16	92.44
22	135.51	94.89
23	139.86	97.37
24	144.19	99.87
25	148.51	102.39
26	152.81	104.93
27	157.11	107.49
28	161.39	110.08
29	165.65	112.68
30	169.91	115.31
31	174.14	117.96
32	178.37	120.64
33	182.58	123.33
34	186.78	126.05
35	190.96	128.79
36	195.13	131.54
37	199.29	134.33

38 203.43 137.13
 39 207.56 139.95
 40 211.67 142.79
 41 215.77 145.66
 42 219.85 148.54
 43 223.92 151.45
 44 227.97 154.38
 45 229.17 155.26

Circle Center At X = -344.8 ; Y = 943.0 and Radius, 974.7

*** 1.484 ***

ANALISIS DE MODELO 32

--Slope Stability Analysis--
 Simplified Janbu, Simplified Bishop
 or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-22-06
 Time of Run: 10:04am
 Run By: Martin
 Input Data Filename: C:MODELO32.SI
 Output Filename: C:MODELO32.OUT
 Plotted Output Filename: C:MODELO32.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS PSEUDOESTATICO-PRESA LLENA
 METODO DE BISHOP MODIFICADO

BOUNDARY COORDINATES

7 Top Boundaries
 31 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	46.92	39.72	46.92	3
2	39.72	46.92	54.70	57.20	2
3	54.70	57.20	146.27	119.95	1
4	146.27	119.95	176.22	119.95	1
5	176.22	119.95	251.21	169.95	1
6	251.21	169.95	257.21	169.95	1
7	257.21	169.95	375.00	169.95	4
8	257.21	169.95	299.50	142.07	1
9	299.50	142.07	301.00	140.90	2
10	301.00	140.90	378.10	90.90	1
11	378.10	90.90	388.10	80.90	1
12	54.70	57.20	81.72	58.53	2
13	81.72	58.53	148.01	74.90	2
14	148.01	74.90	194.92	80.52	2
15	194.92	80.52	287.24	142.07	2
16	287.24	142.07	299.50	142.07	2
17	181.08	69.25	185.00	71.30	2
18	185.00	71.30	288.54	140.90	1
19	288.54	140.90	301.00	140.90	1
20	185.00	71.30	214.68	73.66	2
21	214.68	73.66	265.28	79.29	2
22	265.28	79.29	310.17	84.49	2
23	310.17	84.49	343.19	91.22	2
24	343.19	91.22	360.68	85.50	2
25	39.72	46.92	92.67	49.88	3
26	92.67	49.88	129.03	60.37	3
27	129.03	60.37	181.08	69.25	3
28	181.08	69.25	259.53	75.01	3
29	259.53	75.01	312.80	82.95	3
30	312.80	82.95	360.68	85.50	3
31	360.68	85.50	388.10	80.90	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. ()	Pressure Constant Surface Piez. No.
---------------	------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------------------

1	21.0	23.0	.0	39.0	.00	.0	1
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
4	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 9 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	50.00
2	54.70	57.20
3	81.72	58.53
4	148.01	70.00
5	185.00	71.30
6	214.68	73.66
7	265.28	79.29
8	310.17	84.49
9	360.68	85.50

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0 psf

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified. 1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced

Along The Ground Surface Between X = 20.00 m and X = 60.00 m

Each Surface Terminates Between X = 220.00 m and X = 300.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation

At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method **

Failure Surface Specified By 45 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	41.54	48.17
2	46.12	50.16
3	50.70	52.18
4	55.26	54.22
5	59.82	56.28
6	64.36	58.37
7	68.89	60.48
8	73.42	62.62
9	77.93	64.77
10	82.43	66.95
11	86.92	69.16
12	91.39	71.38
13	95.86	73.63
14	100.31	75.90
15	104.75	78.20
16	109.18	80.51
17	113.60	82.85
18	118.01	85.22
19	122.40	87.60
20	126.79	90.01
21	131.16	92.44
22	135.51	94.89
23	139.86	97.37
24	144.19	99.87
25	148.51	102.39

26	152.81	104.93
27	157.11	107.49
28	161.39	110.08
29	165.65	112.68
30	169.91	115.31
31	174.14	117.96
32	178.37	120.64
33	182.58	123.33
34	186.78	126.05
35	190.96	128.79
36	195.13	131.54
37	199.29	134.33
38	203.43	137.13
39	207.56	139.95
40	211.67	142.79
41	215.77	145.66
42	219.85	148.54
43	223.92	151.45
44	227.97	154.38
45	229.17	155.26

Circle Center At X = -344.8 ; Y = 943.0 and Radius, 974.7

*** 1.011 ***

ANALISIS DE MODELO 33

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-22-06
Time of Run: 10:07am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO33.SI
Output Filename: C:MODELO33.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO33.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS ESTATICO TALUD AGUAS ARRIBA
METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

10 Top Boundaries
30 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	100.00	41.08	100.00	3
2	41.08	100.00	56.52	109.65	1
3	56.52	109.65	136.50	159.60	1
4	136.50	159.60	138.70	161.10	2
5	138.70	161.10	180.98	188.77	1
6	180.98	188.77	186.80	188.77	1
7	186.80	188.77	261.99	138.81	1
8	261.99	138.81	291.58	138.81	1
9	291.58	138.81	383.20	76.20	1
10	383.20	76.20	398.30	66.00	2
11	138.70	161.10	150.90	161.10	2
12	150.90	161.10	243.07	99.51	2
13	243.07	99.51	290.12	93.69	2
14	290.12	93.69	356.58	77.69	2
15	356.58	77.69	383.20	76.20	2
16	136.50	159.60	149.45	159.67	1
17	149.45	159.67	253.20	90.00	1
18	253.20	90.00	257.10	88.40	2
19	77.65	104.37	95.11	110.19	2
20	95.11	110.19	128.10	103.40	2
21	128.10	103.40	172.73	98.06	2
22	172.73	98.06	223.18	92.72	2
23	223.18	92.72	253.20	90.00	2
24	41.08	100.00	77.65	104.37	3
25	77.65	104.37	125.19	101.94	3
26	125.19	101.94	178.55	94.18	3

27	178.55	94.18	257.10	88.40	3
28	257.10	88.40	309.04	79.14	3
29	309.04	79.14	345.43	68.95	3
30	345.43	68.95	398.30	66.00	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. (°)	Pressure Constant (°)	Piez. Surface No.
1	21.0	23.0	.0	39.0	.00	.0	0
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	0
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.
1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 20.00 m and X = 45.00 m

Each Surface Terminates Between X = 160.00 m and X = 200.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method **

Failure Surface Specified By 45 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	45.00	102.45
2	49.46	104.71
3	53.91	107.00
4	58.34	109.32
5	62.75	111.66
6	67.15	114.04
7	71.54	116.44
8	75.91	118.87
9	80.26	121.33
10	84.60	123.82
11	88.92	126.33
12	93.23	128.87
13	97.52	131.44
14	101.79	134.04
15	106.04	136.66
16	110.28	139.31
17	114.51	141.99
18	118.71	144.70
19	122.90	147.43
20	127.07	150.19
21	131.22	152.98
22	135.35	155.79
23	139.47	158.63
24	143.57	161.49
25	147.64	164.38
26	151.71	167.30
27	155.75	170.25
28	159.77	173.21
29	163.77	176.21
30	167.76	179.23
31	171.72	182.28
32	175.21	185.00

Circle Center At X = -305.1 ; Y = 798.7 and Radius, 779.4

*** 1.292 ***

ANALISIS DE MODELO 34

–Slope Stability Analysis–
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-22-06
Time of Run: 10:09am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO34.SI
Output Filename: C:MODELO34.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO34.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS PSEUDOESTATICO TALUD AGUAS ARRIBA
METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

10 Top Boundaries
30 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	100.00	41.08	100.00	3
2	41.08	100.00	56.52	109.65	1
3	56.52	109.65	136.50	159.60	1
4	136.50	159.60	138.70	161.10	2
5	138.70	161.10	180.98	188.77	1
6	180.98	188.77	186.80	188.77	1
7	186.80	188.77	261.99	138.81	1
8	261.99	138.81	291.58	138.81	1
9	291.58	138.81	383.20	76.20	1
10	383.20	76.20	398.30	66.00	2
11	138.70	161.10	150.90	161.10	2
12	150.90	161.10	243.07	99.51	2
13	243.07	99.51	290.12	93.69	2
14	290.12	93.69	356.58	77.69	2
15	356.58	77.69	383.20	76.20	2
16	136.50	159.60	149.45	159.67	1
17	149.45	159.67	253.20	90.00	1
18	253.20	90.00	257.10	88.40	2
19	77.65	104.37	95.11	110.19	2
20	95.11	110.19	128.10	103.40	2
21	128.10	103.40	172.73	98.06	2
22	172.73	98.06	223.18	92.72	2
23	223.18	92.72	253.20	90.00	2
24	41.08	100.00	77.65	104.37	3
25	77.65	104.37	125.19	101.94	3
26	125.19	101.94	178.55	94.18	3
27	178.55	94.18	257.10	88.40	3
28	257.10	88.40	309.04	79.14	3
29	309.04	79.14	345.43	68.95	3
30	345.43	68.95	398.30	66.00	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. ()	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	21.0	23.0	.0	39.0	.00	.0	0
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	0
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	0

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 20.00 m
and X = 45.00 m

Each Surface Terminates Between X = 160.00 m
and X = 200.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

**** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method ****

Failure Surface Specified By 45 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	45.00	102.45
2	49.46	104.71
3	53.91	107.00
4	58.34	109.32
5	62.75	111.66
6	67.15	114.04
7	71.54	116.44
8	75.91	118.87
9	80.26	121.33
10	84.60	123.82
11	88.92	126.33
12	93.23	128.87
13	97.52	131.44
14	101.79	134.04
15	106.04	136.66
16	110.28	139.31
17	114.51	141.99
18	118.71	144.70
19	122.90	147.43
20	127.07	150.19
21	131.22	152.98
22	135.35	155.79
23	139.47	158.63
24	143.57	161.49
25	147.64	164.38
26	151.71	167.30
27	155.75	170.25
28	159.77	173.21
29	163.77	176.21
30	167.76	179.23
31	171.72	182.28
32	175.21	185.00

Circle Center At X = -305.1 ; Y = 798.7 and Radius, 779.4

*** .899 ***

ANALISIS DE MODELO 35

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-22-06
Time of Run: 10:17am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO35.SI
Output Filename: C:MODELO35.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO35.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS ESTATICO-PRESA LLENA
METODO DE BISHOP MODIFICADO

BOUNDARY COORDINATES
7 Top Boundaries
30 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	46.92	39.72	46.92	3
2	39.72	46.92	54.70	57.20	2
3	54.70	57.20	146.27	119.95	1
4	146.27	119.95	176.22	119.95	1
5	176.22	119.95	251.21	169.95	1
6	251.21	169.95	257.21	169.95	1
7	257.21	169.95	375.00	169.95	4
8	257.21	169.95	309.10	142.07	1
9	309.10	142.07	311.85	140.90	2
10	311.85	140.90	423.00	81.00	1
11	54.70	57.20	81.72	58.53	2
12	81.72	58.53	148.01	74.90	2
13	148.01	74.90	194.92	80.52	2
14	194.92	80.52	287.24	142.07	2
15	287.24	142.07	309.10	142.07	2
16	181.08	69.25	185.00	71.30	2
17	185.00	71.30	288.54	140.90	1
18	288.54	140.90	311.85	140.90	1
19	185.00	71.30	214.68	73.66	2
20	214.68	73.66	265.28	79.29	2
21	265.28	79.29	310.17	84.49	2
22	310.17	84.49	343.19	91.22	2
23	343.19	91.22	360.68	85.50	2
24	39.72	46.92	92.67	49.88	3
25	92.67	49.88	129.03	60.37	3
26	129.03	60.37	181.08	69.25	3
27	181.08	69.25	259.53	75.01	3
28	259.53	75.01	312.80	82.95	3
29	312.80	82.95	360.68	85.50	3
30	360.68	85.50	423.00	81.00	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	21.0	23.0	.0	39.0	.00	.0	1
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
4	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 9 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	50.00
2	54.70	57.20
3	81.72	58.53
4	148.01	70.00
5	185.00	71.30
6	214.68	73.66
7	265.28	79.29
8	310.17	84.49
9	360.68	85.50

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.
1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = 20.00 m.
and X = 60.00 m

Each Surface Terminates Between X = 220.00 m
and X = 300.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method **
Failure Surface Specified By 53 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	40.51	47.46
2	44.98	49.71
3	49.45	51.96
4	53.91	54.22
5	58.37	56.48
6	62.82	58.75
7	67.27	61.02
8	71.72	63.30
9	76.17	65.59
10	80.61	67.88
11	85.05	70.18
12	89.49	72.48
13	93.93	74.79
14	98.36	77.11
15	102.79	79.43
16	107.21	81.76
17	111.63	84.09
18	116.05	86.43
19	120.47	88.78
20	124.88	91.13
21	129.29	93.49
22	133.70	95.85
23	138.10	98.22
24	142.50	100.59
25	146.90	102.97
26	151.29	105.36
27	155.68	107.75
28	160.07	110.15
29	164.46	112.55
30	168.84	114.96
31	173.21	117.37
32	177.59	119.80
33	181.96	122.22
34	186.33	124.65
35	190.69	127.09
36	195.06	129.54
37	199.42	131.99
38	203.77	134.44
39	208.12	136.90
40	212.47	139.37
41	216.82	141.84
42	221.16	144.32
43	225.50	146.81
44	229.84	149.30
45	234.17	151.79
46	238.50	154.29
47	242.82	156.80
48	247.15	159.31
49	251.46	161.83
50	255.78	164.36
51	260.09	166.89
52	264.40	169.42
53	265.29	169.95

Circle Center At X = ***** ; Y = 3419.0 and Radius, 3772.0

*** 1.489 ***

ANALISIS DE MODELO 36

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-22-06
Time of Run: 10:20am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO36.SI
Output Filename: C:MODELO36.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO36.PLT

**PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS PSEUDOESTATICO PRESA LLENA
METODO DE BISHOP MODIFICADO**

BOUNDARY COORDINATES

7 Top Boundaries
30 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	46.92	39.72	46.92	3
2	39.72	46.92	54.70	57.20	2
3	54.70	57.20	146.27	119.95	1
4	146.27	119.95	176.22	119.95	1
5	176.22	119.95	251.21	169.95	1
6	251.21	169.95	257.21	169.95	1
7	257.21	169.95	375.00	169.95	4
8	257.21	169.95	309.10	142.07	1
9	309.10	142.07	311.85	140.90	2
10	311.85	140.90	423.00	81.00	1
11	54.70	57.20	81.72	58.53	2
12	81.72	58.53	148.01	74.90	2
13	148.01	74.90	194.92	80.52	2
14	194.92	80.52	287.24	142.07	2
15	287.24	142.07	309.10	142.07	2
16	181.08	69.25	185.00	71.30	2
17	185.00	71.30	288.54	140.90	1
18	288.54	140.90	311.85	140.90	1
19	185.00	71.30	214.68	73.66	2
20	214.68	73.66	265.28	79.29	2
21	265.28	79.29	310.17	84.49	2
22	310.17	84.49	343.19	91.22	2
23	343.19	91.22	360.68	85.50	2
24	39.72	46.92	92.67	49.88	3
25	92.67	49.88	129.03	60.37	3
26	129.03	60.37	181.08	69.25	3
27	181.08	69.25	259.53	75.01	3
28	259.53	75.01	312.80	82.95	3
29	312.80	82.95	360.68	85.50	3
30	360.68	85.50	423.00	81.00	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. ()	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	21.0	23.0	.0	39.0	.00	.0	1
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	1
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	1
4	18.0	19.5	.0	25.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80
Piezometric Surface No. 1 Specified by 9 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	50.00
2	54.70	57.20

3	81.72	58.53
4	148.01	70.00
5	185.00	71.30
6	214.68	73.66
7	265.28	79.29
8	310.17	84.49
9	360.68	85.50

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient

Of .150 Has Been Assigned

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced

Along The Ground Surface Between X = 20.00 m.

and X = 60.00 m

Each Surface Terminates Between X = 220.00 m

and X = 300.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation

At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

**** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method ****

Failure Surface Specified By 53 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	40.51	47.46
2	44.98	49.71
3	49.45	51.96
4	53.91	54.22
5	58.37	56.48
6	62.82	58.75
7	67.27	61.02
8	71.72	63.30
9	76.17	65.59
10	80.61	67.88
11	85.05	70.18
12	89.49	72.48
13	93.93	74.79
14	98.36	77.11
15	102.79	79.43
16	107.21	81.76
17	111.63	84.09
18	116.05	86.43
19	120.47	88.78
20	124.88	91.13
21	129.29	93.49
22	133.70	95.85
23	138.10	98.22
24	142.50	100.59
25	146.90	102.97
26	151.29	105.36
27	155.68	107.75
28	160.07	110.15
29	164.46	112.55
30	168.84	114.96
31	173.21	117.37
32	177.59	119.80
33	181.96	122.22
34	186.33	124.65
35	190.69	127.09
36	195.06	129.54
37	199.42	131.99
38	203.77	134.44

39	208.12	136.90
40	212.47	139.37
41	216.82	141.84
42	221.16	144.32
43	225.50	146.81
44	229.84	149.30
45	234.17	151.79
46	238.50	154.29
47	242.82	156.80
48	247.15	159.31
49	251.46	161.83
50	255.78	164.36
51	260.09	166.89
52	264.40	169.42
53	265.29	169.95

Circle Center At X = ***** ; Y = 3419.0 and Radius, 3772.0

*** 1.014 ***

ANALISIS DE MODELO 37

–Slope Stability Analysis–
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-22-06
Time of Run: 10:22am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO37.SI
Output Filename: C:MODELO37.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO37.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS ESTATICO TALUD AGUAS ARRIBA
METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

9 Top Boundaries

29 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	100.00	14.50	100.00	3
2	14.50	100.00	126.90	159.60	1
3	126.90	159.60	129.72	161.10	2
4	129.72	161.10	180.98	188.77	1
5	180.98	188.77	186.80	188.77	1
6	186.80	188.77	261.99	138.81	1
7	261.99	138.81	291.58	138.81	1
8	291.58	138.81	383.20	76.20	1
9	383.20	76.20	398.30	66.00	2
10	129.72	161.10	150.90	161.10	2
11	150.90	161.10	243.07	99.51	2
12	243.07	99.51	290.12	93.69	2
13	290.12	93.69	356.58	77.69	2
14	356.58	77.69	383.20	76.20	2
15	126.90	159.60	149.45	159.67	1
16	149.45	159.67	253.20	90.00	1
17	253.20	90.00	257.10	88.40	2
18	77.65	104.37	95.11	110.19	2
19	95.11	110.19	128.10	103.40	2
20	128.10	103.40	172.73	98.06	2
21	172.73	98.06	223.18	92.72	2
22	223.18	92.72	253.20	90.00	2
23	14.50	100.00	77.65	104.37	3
24	77.65	104.37	125.19	101.94	3
25	125.19	101.94	178.55	94.18	3
26	178.55	94.18	257.10	88.40	3
27	257.10	88.40	309.04	79.14	3
28	309.04	79.14	345.43	68.95	3
29	345.43	68.95	398.30	66.00	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. ()	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	21.0	23.0	.0	39.0	.00	.0	0
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	0
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified. 1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m and X = 50.00 m

Each Surface Terminates Between X = 160.00m and X = 200.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = .00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method **

Failure Surface Specified By 36 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	28.21	107.27
2	32.86	109.10
3	37.50	110.97
4	42.12	112.87
5	46.73	114.80
6	51.33	116.76
7	55.92	118.75
8	60.49	120.78
9	65.05	122.83
10	69.59	124.92
11	74.12	127.04
12	78.63	129.19
13	83.13	131.38
14	87.61	133.59
15	92.08	135.83
16	96.53	138.11
17	100.97	140.42
18	105.39	142.75
19	109.79	145.12
20	114.18	147.52
21	118.55	149.95
22	122.91	152.40
23	127.24	154.89
24	131.56	157.41
25	135.86	159.96
26	140.15	162.54
27	144.42	165.15
28	148.66	167.78
29	152.89	170.45
30	157.10	173.14
31	161.30	175.87
32	165.47	178.62
33	169.62	181.41
34	173.76	184.22
35	177.87	187.06
36	178.11	187.22

Circle Center At X = -234.4 ; Y = 780.1 and Radius, 722.3

*** 1.532 ***

ANALISIS DE MODELO 38

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 05-22-06
Time of Run: 10:24am
Run By: Martin
Input Data Filename: C:MODELO38.SI
Output Filename: C:MODELO38.OUT
Plotted Output Filename: C:MODELO38.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ANALISIS PSEUDOESTATICO TALUD AGUAS ARRIBA
METODO DE BISHOP MODIFICADO.

BOUNDARY COORDINATES

9 Top Boundaries
29 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	100.00	14.50	100.00	3
2	14.50	100.00	126.90	159.60	1
3	126.90	159.60	129.72	161.10	2
4	129.72	161.10	180.98	188.77	1
5	180.98	188.77	186.80	188.77	1
6	186.80	188.77	261.99	138.81	1
7	261.99	138.81	291.58	138.81	1
8	291.58	138.81	383.20	76.20	1
9	383.20	76.20	398.30	66.00	2
10	129.72	161.10	150.90	161.10	2
11	150.90	161.10	243.07	99.51	2
12	243.07	99.51	290.12	93.69	2
13	290.12	93.69	356.58	77.69	2
14	356.58	77.69	383.20	76.20	2
15	126.90	159.60	149.45	159.67	1
16	149.45	159.67	253.20	90.00	1
17	253.20	90.00	257.10	88.40	2
18	77.65	104.37	95.11	110.19	2
19	95.11	110.19	128.10	103.40	2
20	128.10	103.40	172.73	98.06	2
21	172.73	98.06	223.18	92.72	2
22	223.18	92.72	253.20	90.00	2
23	14.50	100.00	77.65	104.37	3
24	77.65	104.37	125.19	101.94	3
25	125.19	101.94	178.55	94.18	3
26	178.55	94.18	257.10	88.40	3
27	257.10	88.40	309.04	79.14	3
28	309.04	79.14	345.43	68.95	3
29	345.43	68.95	398.30	66.00	3

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

3 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (Kn/m3)	Saturated Unit Wt. (Kn/m3)	Cohesion Intercept (Kn/m2)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. ()	Pressure Constant ()	Piez. Surface No.
1	21.0	23.0	.0	39.0	.00	.0	0
2	20.0	21.5	.0	40.0	.00	.0	0
3	18.0	18.5	100.0	35.0	.00	.0	0

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient
Of .150 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient
Of .150 Has Been Assigned

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.
1600 Trial Surfaces Have Been Generated.

40 Surfaces Initiate From Each Of 40 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 0.00 m
and X = 50.00 m

Each Surface Terminates Between X = 160.00m
and X = 200.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = 0.00 m

5.00 m. Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

**** Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method ****

Failure Surface Specified By 36 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	28.21	107.27
2	32.86	109.10
3	37.50	110.97
4	42.12	112.87
5	46.73	114.80
6	51.33	116.76
7	55.92	118.75
8	60.49	120.78
9	65.05	122.83
10	69.59	124.92
11	74.12	127.04
12	78.63	129.19
13	83.13	131.38
14	87.61	133.59
15	92.08	135.83
16	96.53	138.11
17	100.97	140.42
18	105.39	142.75
19	109.79	145.12
20	114.18	147.52
21	118.55	149.95
22	122.91	152.40
23	127.24	154.89
24	131.56	157.41
25	135.86	159.96
26	140.15	162.54
27	144.42	165.15
28	148.66	167.78
29	152.89	170.45
30	157.10	173.14
31	161.30	175.87
32	165.47	178.62
33	169.62	181.41
34	173.76	184.22
35	177.87	187.06
36	178.11	187.22

Circle Center At X = -234.4 ; Y = 780.1 and Radius, 722.3

***** 1.045 *****

2.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS

**SECCION 01010
RESUMEN DE LA OBRA**

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. Título del Proyecto: Depósito de Relaves de Alpamarca.
- B. **DUEÑO** del Proyecto: Consorcio Minero Horizonte, S.A. (de aquí en adelante se le denomina "**DUÑO**").
- C. Ubicación y Elevaciones del Proyecto: El Depósito de Relaves de Alpamarca está ubicado en la propiedad de la Mina Horizonte perteneciente al Consorcio Minero Horizonte S.A., en la parte norcentral del Perú, y está mostrado en los PLANOS. El Lugar de la OBRA está ubicada dentro del Valle de Alpamarca y en línea recta a 8km de la Mina Horizonte y entre las elevaciones aproximadas de 2180 y 2380 m (todas las elevaciones están mencionadas en estas ESPECIFICACIONES y están fijadas en los PLANOS que indican la información del nivel del mar).
- D. El **INGENIERO** para el Proyecto es Golder Associates Perú S.A. (Dirección: Av. José Gálvez Barrenechea 511, Urb. Córpac, San Isidro, Lima 27, Perú; el número telefónico es 224-9398. En estas ESPECIFICACIONES, "la aprobación por el **INGENIERO**" quiere decir la aprobación por el **INGENIERO** Consultor de Campo designado por el **DUEÑO**, Golder Associates Perú S.A.
- E. Descripción General del Proyecto: Las características básicas y la descripción general del Proyecto de Sobreelevación de la Presa de Relaves de Alpamarca incluyen lo siguiente:
 1. Presa de Relaves: Una estructura de relleno de grava y roca zonificada de aproximadamente 30m de altura en la línea central de la cresta de la presa.
 2. Rutas de Acceso y Fuentes de Préstamo: Tan necesarias para construir las instalaciones especificadas.

1.02 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:

- A. La OBRA Contratada requerida del **CONTRATISTA** deberá consistir de la construcción y terminación del Proyecto de Sobreelevación de la Presa de Relaves de Alpamarca como se define en los Términos y Condiciones y de acuerdo con los PLANOS, estas ESPECIFICACIONES, y todas las provisiones aplicables de los Documentos del Contrato. Los requerimientos especificados aquí dentro se suman a y no niegan los requerimientos especificados bajo los Artículos de los Términos y Condiciones de los Documentos del Contrato. Cuando las diferencias se presentan entre las ESPECIFICACIONES técnicas y los Documentos del Contrato General, los Documentos del Contrato prevalecerán.
- B. La OBRA Contratada deberá incluir la provisión del **CONTRATISTA** de toda la mano de obra, equipos, herramientas, aparatos, materiales, transporte, y los servicios necesarios para terminar la OBRA. La OBRA Contratada deberá incluir la ejecución de todas las operaciones necesarias y las propiamente casuales del **CONTRATISTA** para la construcción y culminación apropiada del Proyecto de las Instalaciones de relaves de Alpamarca, como está mostrado y anotado en los PLANOS y descrito en estas ESPECIFICACIONES. Los elementos de la OBRA Contratada están clasificados bajo los ítems identificados en la Tabla de Precios del Contrato. La OBRA Contratada generalmente incluirá, pero no será limitada a los siguientes ítems:
 1. Movilización a, y en el "Lugar de la OBRA".
 2. Construcción de las Rutas de Acceso Adicionales.
 3. Tratamiento y Preparación de la Cimentación.
 4. Construcción de Terraplenes y Otras Instalaciones Anexas para el Control del Agua.
 5. Desmovilización del "Lugar de la OBRA".

1.03 PLANOS:

- A. Las ubicaciones, extensiones, tipos, y arreglos de la construcción de las instalaciones de Alpamarca requeridas son mostrados y notados en los PLANOS y son en el presente realizadas con una parte de estas ESPECIFICACIONES. Una lista completa de PLANOS y sus títulos se presentan en la Sección 00950 de las ESPECIFICACIONES.
- B. Donde "como lo mostrado," "como lo detallado," "como lo nombrado," "como lo indicado," o palabras de igual significado son usadas en estos Documentos de Contrato, la referencia está siendo hecha a los PLANOS indicados en el Párrafo A antes mencionado, a menos que se especifique lo contrario.
- C. Los requerimientos para los suministros de los PLANOS de Construcción de Taller por el **CONTRATISTA** al **INGENIERO** (y/o **DUEÑO**) están identificados en las Secciones respectivas de las ESPECIFICACIONES.

1.04 CÓDIGOS Y NORMAS:

- A. Cualquier material, métodos o procedimientos especificados mediante la referencia al número, símbolo, o título de un código específico o norma, como una norma comercial estándar, Norma Nacional Americana, o un código o norma de asociación comercial,

deberán cumplir con los requerimientos de la última revisión y cualquier enmendadura o complemento a aquello en efecto en la fecha de estos Documentos de Contrato.

- B. El código o norma referida a, excepto lo modificado en estas ESPECIFICACIONES, deberá tener la fuerza y efecto total como está impreso en estas ESPECIFICACIONES. Los códigos y las normas no son proporcionados aquí porque se presume que el CONTRATISTA está familiarizado con los requerimientos comerciales indicados.

1.05 ESPECIFICACIONES E INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE:

- A. A menos que se especifique o indique lo contrario, todos los materiales fabricados, productos, procedimientos, equipos, o algo relacionado, deberá ser instalado o aplicado de acuerdo con las instrucciones, direcciones, ESPECIFICACIONES o recomendaciones del fabricante. Dicha instalación o aplicación deberá estar de acuerdo con las instrucciones impresas proporcionadas por el fabricante del material o equipos concernientes para su uso bajo las condiciones similares a aquellas en el Lugar de la OBRA. Las copias de dichas instrucciones deberán ser proporcionadas al INGENIERO, cuya aceptación deberá ser obtenida antes que se inicie la OBRA.
- B. Cualquier desviación de las instrucciones impresas del fabricante deberá ser explicada y acusar recibo por escrito por el fabricante como correcta para las circunstancias del caso. El CONTRATISTA deberá ser considerado responsable por todas las instalaciones contrarias a las recomendaciones del fabricante. Si algún ítem del material o equipo es encontrado para ser instalado sin concordar con las instrucciones del fabricante, el CONTRATISTA deberá hacer los cambios necesarios para lograr tal cumplimiento.

1.06 CALIDAD DE TRABAJO:

- A. El trabajo de campo y taller deberá ser ejecutado por mecánicos y trabajadores diestros y experimentados en la fabricación e instalación de la OBRA involucrada. Toda OBRA Contratada deberá ser ejecutada de acuerdo con las mejores prácticas de las variadas profesiones involucradas y de acuerdo con los PLANOS, PLANOS de Construcción de Fábrica aprobados por el INGENIERO, y estas ESPECIFICACIONES.
- B. Toda OBRA Contratada deberá ser levantada e instalada a plomo, nivelada, escuadrada y alineada, o alineada al ángulo indicado, y en apropiado alineamiento y en relación a la OBRA de otros marcas. Toda OBRA terminada deberá estar libre de defectos y daños.
- C. El INGENIERO se reserva el derecho de rechazar todos los materiales y la calidad de la OBRA no considerada a ser la más alta norma de la marca involucrada. Los materiales inferiores y la mala calidad de la OBRA deberán ser reparados o reemplazados, como lo dirigido por el INGENIERO, bajo ningún costo adicional para el DUEÑO.

1.07 MEDICIONES DE CAMPO Y PLANTILLAS:

El CONTRATISTA deberá asegurar todas las medidas de campo requeridas para la apropiada y exacta fabricación e instalación de la OBRA Contratada. Las medidas exactas son de responsabilidad del CONTRATISTA. El CONTRATISTA también deberá proporcionar u obtener todas las plantillas, patrones e instrucciones de colocación requeridas para la instalación de toda OBRA Contratada. Todas las dimensiones deberán ser de responsabilidad del CONTRATISTA en el campo. Todas las dimensiones y los levantamientos de planos estarán sujetos a la verificación por el INGENIERO.

1.08 DUEÑO:

Consortio Minero Horizonte, S.A. (DUEÑO) será responsable de la administración y sobre todo de la dirección de la OBRA Contratada.

1.09 INGENIERO:

El INGENIERO de Campo Golder Associates Perú S.A., deberá ser el representante técnico in situ para la OBRA Contratada. El INGENIERO deberá proveer el control y ayudará al DUEÑO para la ingeniería, diseño, aspectos técnicos y control detallado de la Obra Contratada incluida en estos Documentos del Contrato, y está designado por el DUEÑO para ejercitar la completa autoridad en su representación como lo especificado en el Contrato.

1.10 INSPECCIÓN:

El INGENIERO deberá tener el derecho para inspeccionar toda la OBRA Contratada aplicable y los accesorios durante la ejecución de este Contrato. El CONTRATISTA deberá proporcionar las facilidades razonables al DUEÑO e INGENIERO para la inspección apropiada de la Obra Contratada.

1.11 OCUPACIÓN Y USO ANTES DE LA ACEPTACIÓN FINAL:

- A. El DUEÑO se reserva el derecho a ocupar cualquier porción del Lugar de la OBRA cuando el DUEÑO opine que está disponible para su ocupación, provista dicha ocupación que no impida la ejecución del CONTRATISTA de la OBRA Contratada.
- B. El relleno y operación de las instalaciones de relaves de Alpamarca no son parte de este Contrato. El DUEÑO se reserva el derecho de operar y rellenar las instalaciones de

relaves de Alpamarca cuando el DUEÑO juzgue la conveniencia para su uso y el relleno, previendo que tales operaciones y rellenos no impidan la ejecución del CONTRATISTA de la OBRA Contratada. El CONTRATISTA reconoce que es conocedor de las intenciones del DUEÑO de operar las instalaciones de relaves de Alpamarca para propósitos mineros

PARTE 2: MATERIALES (NO USADO)

PARTE 3: EJECUCIÓN (NO USADO)

PARTE 4: MEDIDAS Y PAGO

4.01 MEDIDAS:

Ninguna medida por separada será realizada para la OBRA requerida bajo esta Sección de EPSECIFICACIÓN.

4.02 PAGO:

Todos los costos en conexión con la OBRA especificada aquí serán considerados casuales a la clasificación de la OBRA o ítems de la OBRA a los que ellos pertenecen.

FIN DE SECCIÓN

**SECCIÓN 02110
REMOCION DE VEGETACIÓN Y TIERRA VEGETAL, DESBOSQUE Y
DESYERBE DEL LUGAR, Y ACOPIO DE TIERRA VEGETAL**

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. El TRABAJO de esta Sección de las ESPECIFICACIONES deberá consistir en la provisión del CONTRATISTA de toda la mano de obra, materiales, servicios, equipos y transporte requerido para completar el desbosque de las áreas de las instalaciones de relaves de Alpamarca incluyendo las áreas de préstamo, y completar el descortezado de toda la tierra vegetal del lugar.
- B. El desarrollo de las áreas de préstamo está descrita en la Sección 02202 de las ESPECIFICACIONES. La excavación y la colocación de los materiales de relleno están descritas en las Secciones 02206 y 02210, respectivamente.

1.02 DEFINICIONES:

- A. **Desbosque:** El desbosque consiste en el corte y talado de árboles y la disposición satisfactoria de árboles, ramas, hojas u otra vegetación.
- B. **Desyerbe:** El desyerbe consiste en la remoción y disposición de las raíces, matas, cepas, troncos y otros materiales objetables que pudieran afectar adversamente la calidad del subnivel o de los materiales de préstamo.
- C. **Tierra Vegetal:** La tierra vegetal es el área superior de terreno que está caracterizada por un significativo contenido orgánico.

PARTE 2: MATERIALES (NO USADO)

PARTE 3: EJECUCIÓN

3.01 ÁREAS A SER DESBOSCADAS Y DESYERBADAS:

- A. Ejecutar el desbosque y desyerbe solamente en áreas designadas. Desboscar y desyerbar todas las áreas donde se encuentren terraplenes, vertederos, cunetas, carreteras y canales relacionados a la construcción. Desboscar y desyerbar la totalidad de las áreas del pie de base de la presa indicadas en los PLANOS.
- B. Desboscar y desyerbar todas las áreas de préstamo en una extensión necesaria para proveer todos los materiales de relleno, libre de toda materia objetable, descritos anteriormente e indicado por el INGENIERO.
- C. No deberán ser dañados los árboles y los arbustos designados para ser dejados en el lugar, y aquellas áreas que están fuera de los límites de construcción y los niveles máximos de la piscina del reservorio, arriba indicado.

3.02 DISPOSICIÓN DE LOS MATERIALES DESBOSCADOS Y DESYERBADOS:

Todos los árboles, troncos, hojas, cepas y otros desechos de las operaciones de desbosque y desyerbe y todos los escombros restantes de las operaciones previas de desmonte deberán ser dispuestos de acuerdo con los requerimientos del DUEÑO y las leyes, reglamentos y regulaciones peruanas aplicables; excepto los bosques que el Contratista pueda elegir para salvar y remover del Lugar de la Obra.

3.03 REMOCIÓN Y USO DE LA TIERRA VEGETAL:

La tierra vegetal necesitará ser denudada desde las áreas de pie de base del reservorio, cimentación de la presa, y de las áreas de préstamo (tal como se encuentre desarrollada cada área(s) de préstamo). El acopio de la tierra vegetal deberá ser desarrollado en áreas designadas por el DUEÑO y/o INGENIERO.

La secuencia de las actividades de remoción de la tierra vegetal deberá ser desarrollada a discreción del **CONTRATISTA**, pero de tal manera que no disturbe el eficiente desarrollo de los materiales de préstamo y las áreas para el relleno.

FIN DE SECCIÓN

SECCIÓN 02202 FUENTES DE PRÉSTAMO

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. Esta Sección de ESPECIFICACIONES cubre las fuentes de materiales de préstamo a ser usadas en la construcción de la presa de relaves de Alpamarca.
- B. La OBRA de esta Sección de ESPECIFICACIONES consistirá en el suministro del **CONTRATISTA** de toda la mano de obra, materiales y los equipos de construcción requeridos para la excavación, transporte, acopio, secado, mojado y el desecado de los materiales de préstamo. Los materiales de préstamo serán requeridos para la provisión necesaria de los materiales de relleno del área de cimentación y para la construcción de los terraplenes tal como se requiere.
- C. Los materiales de préstamo para los terraplenes serán obtenidos de las excavaciones de los depósitos aluviales en las áreas de Pías y Culebrillas. El área de préstamo de Pías se encuentra ubicada aproximadamente a 5km hacia el norte de la quebrada Alpamarca. El área de préstamo de Culebrillas se encuentra a 3km al sur de la quebrada Alpamarca. Ambas están en las cercanías del río Parcoy.
Los materiales especificados en las secciones 02230, 02240 y 02250 pueden obtenerse de éstas canteras. El material de enrocado (sección 02260) preferiblemente será obtenido de la quebrada Yuracyacu, ubicado aproximadamente 3km al norte de la quebrada Alpamarca.
- D. El **CONTRATISTA** proveerá de todos los materiales y equipo para los canales de drenaje y sumideros requeridos para desaguar las áreas de préstamo.
- E. Las ubicaciones y la extensión de las áreas de préstamo están indicadas en los PLANOS. El **INGENIERO** se reserva el derecho de cambiar los límites y las ubicaciones de las áreas de préstamo con el objeto de obtener los materiales más apropiados, para minimizar el desbosque y desyerbe, o para alcanzar otras condiciones que mejorarán las operaciones de préstamo. Las áreas de préstamo adicionales requeridas deben ser propuestas previo al desarrollo por el **CONTRATISTA** por escrito y aprobadas por el **DUÑO** o el **INGENIERO**.
- F. El **CONTRATISTA** no deberá colocar los materiales excavados de las áreas de préstamo requeridos en las OBRAS permanentes hasta que lo indique el **INGENIERO**.

1.02 SECCIONES RELACIONADAS CON LAS ESPECIFICACIONES:

- A. La remoción de la vegetación y la tierra vegetal, el desbosque y desyerbe del lugar, y el acopio de la tierra vegetal están descritos en la Sección 02110 de las ESPECIFICACIONES.
- B. La colocación del relleno del terraplén y la compactación están descritas en la Sección 02220 de las ESPECIFICACIONES.

1.03 SUMINISTROS:

El **CONTRATISTA** entregará por escrito al **INGENIERO** dentro de diez (10) días después de la fecha del Acuerdo del Contrato, un plan general mostrando la secuencia de la excavación y los métodos propuestos para el desarrollo de las áreas de préstamo, y para el desagüe de las mismas. A intervalos mensuales y a través de la construcción del proyecto, el **CONTRATISTA** entregará informes actualizados de la excavación de las áreas de préstamo y el plan de drenaje. Las áreas de préstamo deberán estar aprobadas por el **INGENIERO**.

1.04 ACARREO DEL MATERIAL:

El **CONTRATISTA** usará los materiales obtenidos desde las áreas de préstamo designadas para la permanente construcción, los cuales cubren las ESPECIFICACIONES requeridas. Tales materiales pueden ser colocados en ubicaciones finales directamente desde las excavaciones o pueden ser colocados en acopios temporarios y luego colocados en una ubicación final aprobada por el **INGENIERO**. La excavación puede ser realizada como una operación simple o en etapas requerida de acuerdo a la colocación del relleno y la compactación según la OBRA Contratada.

1.05 ALINEAMIENTO Y NIVELACIONES:

Todas las excavaciones abiertas en las áreas de cimentación del terraplén y las áreas del reservorio serán terminadas de acuerdo con las ESPECIFICACIONES del alineamiento, niveles y dimensiones como se muestran en los PLANOS o lo indique el **INGENIERO**. Las líneas de excavación asumidas están mostradas en los PLANOS, pero la excavación final puede variar en los alineamientos mostrados. Los alineamientos finales asumidos para la excavación y mostrados en los PLANOS no deben ser interpretados con exactitud como líneas finales o actuales de excavación. Cuando se descubren condiciones desfavorables, serán corregidos los alineamientos de excavación, profundidades, y dimensiones prescritas por el **INGENIERO**. En el caso de que llegara a ser necesario o deseable variar

los taludes o las dimensiones de la excavación, cualquier incremento o disminución de las cantidades excavadas como resultado de tales cambios se sujetarán a las provisiones de los Documentos del Contrato.

1.06 CORTES Y TALUDES:

El **CONTRATISTA** inspeccionará todas las excavaciones de corte abierto temporales y permanentes en una base regular de signos de inestabilidad. Bajo cualquier signo de inestabilidad, el **CONTRATISTA** notificará inmediatamente al **INGENIERO** y tomará las medidas de remediación tan pronto como sea posible. Será de responsabilidad del **CONTRATISTA** remover todos los materiales sueltos de los taludes de las excavaciones en las áreas de préstamo y mantener los taludes en condición segura y estable en todo momento durante el progreso de la OBRA.

1.07 EXCAVACIÓN EN EXCESO:

Todos los procedimientos necesarios deberán tomarse en cuenta para preservar los materiales debajo y fuera de las líneas de excavación en las condiciones más sanas. Todos los excesos de excavación para la conveniencia del **CONTRATISTA** o la sobre excavación desarrollada por el **CONTRATISTA** por cualquier motivo deberán ser desarrollados bajo ningún costo del **DUEÑO**, excepto que pueda ser ordenado por el **DUEÑO** y/o **INGENIERO**. Donde sea requerido para completar la OBRA, todas las excavaciones en exceso y sobre-excavación deberán ser rellenadas con materiales proporcionados y colocados por el **CONTRATISTA** a satisfacción del **INGENIERO**.

PARTE 2: MATERIALES

2.01 MATERIALES INAPROPIADOS:

Los materiales inapropiados a ser removidos por la denudación incluyen todos los escombros, tierra vegetal, suelos excesivamente húmedos y blandos, y materias vegetativas incluyendo raíces más grandes que 25 mm de diámetro. También deberán ser removidos otros materiales perecederos u objetables que no son apropiados para usarlos en la construcción permanente y los cuales podrían interferir con la conexión apropiada del llenado del terraplén con las cimentaciones, o la compactación apropiada de los materiales en el terraplén, o aquellos que, por otro lado, son inapropiados para el **INGENIERO**.

2.02 MATERIALES DE DESECHO:

Los materiales de desecho están definidos como materiales inapropiados excavados de las áreas de préstamo subsecuente a la operación de denudación de la tierra vegetal.

PARTE 3: EJECUCIÓN

3.01 DENUDACIÓN Y DESYERBADO:

- A. El **CONTRATISTA** denudará de las áreas de préstamo toda la tierra vegetal y otros materiales no apropiados para el uso como materiales de cimentación o para uso en la construcción permanente. La denudación será de profundidades adecuadas para remover materiales inapropiados. Las profundidades de la denudación no deben ser de menos de 150mm y pueden ser tanto como 2m.
- B. La excavación de las áreas de préstamo no comenzará hasta que se complete el desyerbado y despeje de las áreas de préstamo a satisfacción del **INGENIERO**.
- C. En cualquier área de préstamo, la excavación deberá ser realizada esencialmente en etapas uniformemente niveladas a través de toda el área de préstamo. La intención es que la operación de préstamo no deberá resultar en un "tajo" o en un "hoyo". Cuando las operaciones de préstamo están completas, el área deberá estar nivelada para proveer un drenaje positivo.

3.02 HUMEDAD Y DRENAJE DE LOS MATERIALES DE PRÉSTAMO:

- A. Los materiales de préstamo deberán estar acondicionados en las áreas de préstamo antes de la excavación.
- B. El **CONTRATISTA** deberá usar los apropiados equipos y operaciones de construcción en la excavación de los materiales en las áreas de préstamo para producir la uniformidad de mezcla requerida para cada tipo de materiales obtenidos en las áreas de préstamo.
- C. Esto deberá ser realizado mediante la excavación y colocación de los materiales conteniendo excesiva humedad en acopios temporales, mediante la excavación de zanjas de drenaje, permitiendo un adecuado tiempo adicional para curarlo y secarlo, o por otros medios aprobados por el **INGENIERO**.
- D. Para evitar la formación de piscinas de agua en las áreas de préstamo durante las operaciones de excavación, el **CONTRATISTA** deberá efectuar zanjas de drenaje dirigidas hacia áreas más cercanas de descarga, cuando y donde dichas zanjas de drenaje sean necesarias y de acuerdo al juicio del **INGENIERO**.
- E. El **CONTRATISTA** deberá proveer un medio de ajuste de los contenidos del agua de los materiales a ser excavados para la colocación en las secciones del terraplén, cuando los materiales están demasiado secos o demasiado húmedos para una colocación satisfactoria. Dichos medios deberán incluir pero no deberán estar limitados a:

1. Excavar las áreas de préstamo de tal manera que la máxima ventaja pueda ser obtenida en seleccionar los materiales de préstamo teniendo el más óptimo contenido de humedad acorde a las condiciones existentes del clima en el momento de la excavación.
- F Mediante una planificación cuidadosa de la excavación de áreas de préstamo, el re-transporte de los materiales de préstamo debería ser posible evitarlo en la mayoría de los casos. Si el **CONTRATISTA** elige acopiar algunos materiales de préstamo, deberá hacerlo en una ubicación aprobada por el **INGENIERO** pero bajo ningún costo del **DUÑO**.

3.03 EXCAVACIÓN Y TRANSPORTE:

El **INGENIERO** puede designar las profundidades y ubicaciones del corte de todas las partes de las áreas de préstamo, y los cortes deberán ser hechos para tales profundidades y para tales ubicaciones designadas y requeridas para obtener materiales apropiados. Los materiales de préstamo entregados en las ubicaciones de la colocación del relleno deberán encontrar sus requerimientos en la Sección 02210 de las **ESPECIFICACIONES**.

3.04 SECUENCIA DE LAS OPERACIONES DE PRÉSTAMO:

- A. El **CONTRATISTA** deberá dejar las áreas de préstamo trabajadas en condiciones seguras y nitidas con taludes no más empinados que 1.5 horizontal a 1.0 vertical (1.5H:1.0V). Las áreas de préstamo deberán ser excavadas y finalmente acabadas en una manera que evite la creación de condiciones desagradables y peligros geológicos debido a la pendiente o a la inestabilidad de los taludes laterales. Esta OBRA es considerada casual a la excavación del área de préstamo y el costo deberá estar incluido en el costo de la suma total para el desarrollo y drenaje de las áreas de préstamo.

3.05 DISPOSICIÓN DE LOS MATERIALES EXCAVADOS:

- A. Todos los materiales apropiados de las áreas de préstamo requeridas por estas **ESPECIFICACIONES** y como lo determina el **INGENIERO** deberán ser usados en la construcción permanente. Los materiales de préstamo excavados que no son apropiados o que están en exceso de los requerimientos de la construcción permanente deberán ser desechados.
- B. Las pilas de desechos deberán estar ubicadas donde ellas no interfieran o impacten adversamente los flujos naturales de drenaje, con las operaciones de construcción en las áreas de préstamo con los flujos de agua hacia o desde el vertedero u OBRAS de decantación, y donde ellas no disminuyan la apariencia de la OBRA terminada del Contrato y no interferirán con la accesibilidad hacia las estructuras del control del agua una vez construidas. Las pilas de desecho deberán estar adecuadamente niveladas y graduadas. Las ubicaciones de las pilas de desechos deben estar aprobadas por el **DUÑO** y/o **INGENIERO**.

FIN DE SECCIÓN

SECCIÓN 02203 PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. La OBRA de esta Sección de las **ESPECIFICACIONES** consistirá de toda la mano de obra, materiales y equipos, y el desarrollo de todos los TRABAJOS necesarios para la preparación y tratamiento de la cimentación y otra preparación de cimentaciones en roca y tierra dentro del área de pie de base del terraplén de relaves de Alpamarca y de las instalaciones de control de agua.
- B. El tratamiento de la cimentación deberá ser requerido para la roca y roca meteorizada ubicada dentro de las áreas de cimentación de las instalaciones de relaves de Alpamarca.
- C. Las copias de los registros geológicos de los ensayos de perforación y de las calicatas para el lugar de la OBRA y las áreas de préstamo propuestas se presentan en el Anexo de estas **ESPECIFICACIONES** para el uso del **CONTRATISTA**.

1.02 DEFINICIONES:

Para propósitos de esta Sección de las **ESPECIFICACIONES**, se aplicarán las siguientes definiciones:

- A. **Aluvión:** Aluvión significa todos los materiales superficiales ubicados dentro de los límites del plan mostrado en los PLANOS y entre la superficie natural de la tierra en el fondo del valle después de la remoción y la superficie local del lecho rocoso.
- B. **Suelo Residual:** Suelo residual se refiere a los suelos no aluviales desarrollados por la completa meteorización del lecho rocoso in-situ, teniendo típicamente valores de N menores de 50 del ensayo SPT.
- C. **Roca Meteorizada:** Roca meteorizada significa aquella roca que ha sido suficientemente meteorizada como para ser excavada y trabajada con los equipos estándares de movimiento

de tierra sin la necesidad de una previa voladura. El nivel de meteorización varía desde altamente meteorizado hasta moderadamente meteorizado. El material de la roca meteorizada también puede contener gravas, cantos o fragmentos de roca del tamaño del bolón en una matriz de suelo residual.

- D. **Compactación Superficial:** Compactación superficial significa usando métodos estándares de compactación de partículas de suelos sueltos a un estado más densificado con equipo pesado de compactación convencional.
- E. **Coluvión:** Significa aquel material de apariencia "caótica", compuesto por fragmentos de roca en matriz fina, producto de antiguos deslizamientos ó aludes que se depositan desordenadamente en las laderas.

1.03 NORMAS:

Las publicaciones abajo listadas forman parte de esta Sección de las ESPECIFICACIONES. Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials-ASTM):

D 422-63	Método Estándar para el Análisis del Tamaño de las Partículas de los Suelos.
D 1140-54	Método de Ensayo Estándar para la Cantidad de Material de Suelos más Finos que la Malla No. 200.
D 1556-90	Método de Ensayo Estándar para la Densidad del Suelo In-situ mediante el Método del Cono-Arena.
D 4253-91	Ensayo Estándar para los Índices Máximos de Densidad y la Unidad de Peso de los Suelos usando una Tabla Vibratoria.
D 4254-91	Método de Ensayo Estándar para los Índices Mínimos de Densidad y la Unidad de Peso de los Suelos y Cálculo de la Densidad Relativa.
D 2167-84	Método de ensayo Estándar para la Densidad del Suelo In-situ mediante el Método del Balón de Goma (Rubber-Balloon).

PARTE 2: MATERIALES (NO USADO)

PARTE 3: EJECUCIÓN

3.01 SUMINISTROS:

Si el CONTRATISTA intenta tener parte o todos los tratamientos de cimentación de la tierra desarrollado por un sub-Contratista calificado, el nombre del sub-Contratista, calificaciones, registro de trabajos anteriores de naturaleza similar, personal a ser involucrado en la OBRA, y otra información pertinente deberá ser entregada al INGENIERO para su aprobación.

3.02 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN:

- A. Denudar todas las áreas de tierra vegetal mostradas en los PLANOS y/o indicado por el INGENIERO y de acuerdo con la Sección 02110 de las ESPECIFICACIONES.
- B. Preparación y Tratamiento de la Cimentación
 1. General

Apilar o disponer los materiales excavados en ubicaciones mostradas en los PLANOS o como lo indicado por el INGENIERO.

Desarrollar operaciones de voladura de una manera cuidadosa de tal forma que no cause daño a las cimentaciones de las estructuras de control de agua o la creación de nuevas fracturas en las zonas rocosas alledañas.

Si, según la opinión del INGENIERO, cualquier daño a la cimentación de la roca haya ocurrido, el CONTRATISTA deberá reparar el daño a satisfacción del INGENIERO bajo ningún costo adicional para el DUEÑO.

El programa de la preparación de la cimentación que requiera relleno para que sea colocado inmediatamente después de la preparación de la cimentación.
 2. Preparación de la Cimentación

Cuando la tierra vegetal ha sido removida de las áreas de los terraplenes, los suelos superficiales restantes deberán ser inspeccionados por el INGENIERO antes de la compactación. Cualquier material no apropiado tales como materias orgánicas, tierra vegetal, arcilla blanda, etc., deberá ser removido como lo indicado por el INGENIERO.

Si la capa superficial del suelo tiene un contenido de humedad mayor que tres (3) por ciento sobre el Contenido Optimo de Humedad de acuerdo con la densidad máxima seca del Proctor Estándar según el ASTM D698, estos suelos deberán estar escarificados a una profundidad entre 225 mm y 300 mm y permitidos secarse hasta conseguir el contenido de humedad requerido.

El INGENIERO deberá aprobar la cimentación de las áreas de pie de presa antes de la colocación del material de relleno.
 3. Preparación de la Cimentación Rocosa del Filtro de la Presa

La excavación hasta las profundidades diseñadas para la fundación del filtro (Zona 2) de la presa deberá ser hasta la superficie del lecho rocoso. El CONTRATISTA

deberá remover todos los materiales sueltos y objetables usando las herramientas y equipo apropiado para la excavación.

Antes de la colocación de los materiales de la Zona 2 de la presa, el **CONTRATISTA** deberá preparar la superficie de fundación, la cual incluye cepillado y limpieza con chorros de agua, lavado a presión de la superficie expuesta y limpieza de irregularidades tales como grietas, fallas, fracturas, zonas de roca blanda, y relleno de estas áreas con concreto o mortero y aplicación de una capa de concreto neumático sobre toda el área de fundación de acuerdo con lo indicado en los **PLANOS** y lo ordenado por el **INGENIERO**. Las especificaciones de concreto dentado y concreto pobre se muestran en la sección 03315.

El tratamiento de las irregularidades podrá incluir la utilización de martillos perforadores, rompedoras hidráulicas, chorros de agua y aire, herramientas manuales y cepillos. Las irregularidades pueden ser estratos delgados de roca fracturada o triturada, contactos alterados entre diferentes tipos de roca, material de relleno en fracturas o cualquier otra irregularidad encontrada durante la excavación o material débil expuesto durante el lavado a presión. Tales materiales deberán excavarse hasta una profundidad generalmente de tres veces el ancho de la irregularidad de la roca y ser reemplazados por concreto neumático o concreto dental.

El lavado a presión y con chorros de aire comprimido se deberán realizar para eliminar de la superficie de roca los remanentes de suelo, roca suelta o detritos. El aire comprimido y el lavado a presión deberán aplicarse cuidadosamente a la superficie de roca para remover todo el material suelto y alterado, pero tomando las precauciones necesarias para asegurarse que los chorros de aire o agua no entren en las diaclasas y desprendan bloques de roca sana y competente.

Puede requerirse efectuar el desabombe de los taludes de acuerdo con lo determinado por el **INGENIERO**, usando martillos perforadores u otro equipo. Toda la roca fracturada y suelta deberá removerse.

Las excavaciones deberán ejecutarse utilizando métodos que eviten las sobre-excavaciones y preserven en condiciones inalteradas la roca de fundación sin fracturar o romper o abrir grietas o fisuras en la roca. Las voladuras no deberán ejecutarse dentro de 100 m de la fundación del filtro, a menos que sea aprobado por el **INGENIERO**.

En la totalidad del área de fundación del filtro se deberá aplicar concreto neumático con un espesor de 50 mm.

Todas las depresiones o salientes que no permitan la compactación adecuada deberán ser regularizadas con concreto dental o concreto neumático y/o con voladuras controladas.

El **INGENIERO** deberá aprobar la cimentación de todas las áreas del pie de presa antes de la colocación de los materiales de relleno.

4. Preparación de la Fundación de la Presa

La preparación del relleno de la presa (Zona 3) comprende la nivelación y compactación de los materiales térreos que sean adecuados como fundación según opinión del **INGENIERO**. La compactación del material de fundación se deberá hacer con el mismo equipo y número de pasadas especificados para el relleno de grava de la presa. Cualquier bloque o saliente de roca que sobresalga por encima del nivel general de fundación una distancia mayor que la mitad del espesor de la capa de material de grava que se va a colocar deberá removerse y se considerará como parte de la excavación.

La colocación del material de grava no deberá iniciarse hasta tanto no se hayan completado los trabajos de preparación, y que estos hayan sido aprobados por el **INGENIERO**.

5. Preparación de la Cimentación Bajo las Estructuras

Después de la excavación de la tierra vegetal y el material aluvial hayan sido terminados en las áreas de cimentación para las instalaciones de estructuras accesorias, el **CONTRATISTA** deberá remover todos los materiales sueltos y objetables indicado por el **INGENIERO**. La superficie de cimentación deberá ser compactada por lo menos con cuatro (4) pasadas de un rodillo aprobado por el **INGENIERO**.

6. Tratamiento de la Cimentación

El tratamiento de la cimentación deberá ser llevado a cabo en el alineamiento y niveles mostrados en los **PLANOS** o de lo contrario como lo indicado por el **INGENIERO**. El **INGENIERO** se reserva los derechos de alterar las dimensiones

- horizontales de las zonas de construcción o de realinear las líneas divisorias entre las zonas de construcción requiriendo diferentes niveles de tratamiento en cualquier momento antes de o durante la construcción en donde tales cambios sean considerados necesarios por el **INGENIERO**
7. **Control del Agua Subterránea y Superficial**
 En el caso de que se encuentren filtraciones de aguas subterráneas o superficiales en la estructura de cimentación de las áreas, el **CONTRATISTA** deberá controlar el agua mediante el uso de pozos, cunetas de drenaje, sumideros, bombas, o cualquier otro método aceptable por el **INGENIERO**. El control del agua deberá permitir las preparaciones y tratamientos de las cimentaciones a ser desarrolladas y completadas en una condición seca como se especifica en la Sección 02040 de las ESPECIFICACIONES.

FIN DE SECCIÓN

SECCIÓN 02205 DESECADO DE LA CIMENTACIÓN

PARTE 1: GENERAL

- 1.01 **OBJETIVO:**
 Esta Sección de las ESPECIFICACIONES cubre la remoción del agua de todas las excavaciones para las cimentaciones y estructuras, incluyendo terraplenes y trabajos auxiliares.
- 1.02 **DESCRIPCIÓN GENERAL:**
- A. El **CONTRATISTA** proveerá, instalará, mantendrá y operará todas las bombas necesarias, pozas de desecación u otro equipo apropiado, y construirá todas las instalaciones necesarias para la remoción del agua de varias partes del Lugar del Proyecto y para mantener las excavaciones, cimentaciones y otras partes de la OBRA libre de agua como se requiere para la construcción.
- B. Las copias de los registros de las perforaciones geológicas y de las calicatas para el lugar de la OBRA y las de áreas de préstamo propuestas están presentadas en el Anexo de estas ESPECIFICACIONES para el uso del **CONTRATISTA**.
- 1.03 **NORMAS APLICABLES:**
 Las normas aplicables especificadas en la Sección 01567, "Control de la Polución del Agua" y la Sección 01568, "Control de la Erosión y Sedimentación", tanto como las leyes, reglamentos y regulaciones peruanas deberán aplicarse a la OBRA de esta Sección y forman una parte de las ESPECIFICACIONES de la requerida extensión.
- 1.04 **SUMINISTROS:**
- A. Antes de comenzar cualquier OBRA de esta Sección, el **CONTRATISTA** deberá entregar un plan mostrando su equipo propuesto y el método de remoción del agua de las excavaciones al **INGENIERO** para su revisión.
- B. El plan puede ser puesto en operación después de la aceptación, pero nada en esta Sección de las ESPECIFICACIONES deberá liberar la completa responsabilidad del **CONTRATISTA** para la adecuación del equipo de remoción del agua, instalaciones y operaciones.

PARTE 2: MATERIALES

- 2.01 **MATERIALES Y EQUIPOS:**
 El **CONTRATISTA** deberá proveer todos los materiales, equipos, accesorios e instalaciones como se requiere para la provisión, instalación y remoción de todas las excavaciones y equipo de desaguado de la cimentación, estructuras e instalaciones.

PARTE 3: EJECUCIÓN

- 3.01 **REMOCIÓN DEL AGUA DE LAS CIMENTACIONES:**
- A. El método de remoción del agua de las excavaciones y cimentaciones del **CONTRATISTA** deberá estar sujeto por la revisión y aceptación del **INGENIERO**. Los métodos de desecado pueden incluir, pero no están limitados a: pozas de acumulación, pozas de desecación, sumideros, trincheras, y/o alcantarillas.
- B. Las excavaciones deberán mantenerse libre de agua en todo momento. El desecado deberá pararse solamente cuando esté autorizado por el **INGENIERO**. El equipo adecuado de desecación deberá mantenerse en el Lugar del Proyecto para manejar situaciones de emergencia en todo momento.
- C. El desecado deberá estar realizado de tal manera que los resultados de las operaciones de construcción sean desarrollados generalmente bajo condiciones secas. Los niveles de las aguas subterráneas notados en los registros de los ensayos de perforación fueron observados

en el momento de la perforación y pueden no ser los niveles encontrados durante la construcción actual.

3.02 USO ESPECIAL DEL AGUA:

- A. El CONTRATISTA puede dirigir y usar el agua de la Quebrada Alpamarca para la construcción de las instalaciones de relaves como lo indica el DUEÑO y/o el INGENIERO.
- B. El CONTRATISTA deberá obtener cualquier permiso necesario para la desecación.

FIN DE SECCIÓN

SECCIÓN 02206 EXCAVACIÓN Y NIVELACIÓN

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. La OBRA incluida en esta Sección de las ESPECIFICACIONES deberá consistir de la excavación de cualquier material in-situ encontrado debajo de la superficie existente, a las dimensiones, elevaciones y niveles mostrados en los PLANOS y como se indica en estas ESPECIFICACIONES para las instalaciones de relaves de ALPAMARCA, incluyendo las cimentaciones de los terraplenes, vertederos, y áreas del reservorio. La excavación puede ser realizada por cualquier método usual.
- B. Todas las excavaciones serán designadas como excavaciones comunes, excavaciones manuales o excavaciones rocosas con las siguientes definiciones:
 1. **Excavación Común:** La excavación común incluye la excavación de tierra, arcilla, arena, limo, grava, grava ligeramente cementada, roca blanda o meteorizada y materiales similares. Estos podrán ser removidos manualmente, por equipo pesado ripiador o con el uso combinado de un tractor (tractor scrapers) de ruedas o tractores empujadores. El material a excavar deberá también incluir todos los bolones y las rocas sueltas menores de un (1) metro cúbico de volumen. El equipo pesado de ripiado está definido como un monta-tractor, de servicio pesado, con diente simple de ripiado montado sobre el tractor teniendo un ratio de poder neto de 200–300 caballos de fuerza (en el volante).
 2. **Excavación Manual:** La excavación manual deberá consistir de la excavación y limpieza de los hoyos locales, cavidades e irregularidades de materiales de sobrecarga sobre la superficie de la roca en la base de las cimentaciones del terraplén. Esta deberá solo incluir material que no puede ser removido por un retroexcavador con un cucharón de un (1) metro cúbico y tiene que ser excavado con picos, palas, barras de palanca y/u otras herramientas de ayuda manual.
 3. **Excavación Rocosa:** La excavación rocosa deberá consistir de e incluir todas las excavaciones las cuales no pueden ser removidas por los métodos descritos por la excavación común y también deberá incluir todos los bolones y una roca aislada de un (1) metro cúbico o de mayor volumen.

PARTE 2: MATERIALES

2.01 DISPOSICIÓN DE LOS MATERIALES DE DESECHO:

Todos los excedentes o materiales inapropiados excavados serán designados como desechos y deberán ser dispuestos en las ubicaciones designadas por el DUEÑO y/o el INGENIERO.

PARTE 3: EJECUCIÓN

3.01 REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN:

- A. Operaciones de Voladura
 1. La voladura para la excavación puede ser realizada solo a la profundidad, cantidad y extensión, y en aquellas ubicaciones aprobadas por el INGENIERO. Un plan de voladura preparado por una persona de experiencia comprobada y habilidad en operaciones de voladura controlada, deberá estar aprobado por el DUEÑO antes del inicio de las actividades de voladura.
 2. La aprobación de los métodos de voladura, por el DUEÑO, no liberará la responsabilidad del CONTRATISTA en las operaciones de voladura, y no será realizado ningún pago por cualquier sobre excavación extra debajo o fuera de las líneas de los límites indicados en los PLANOS, o modificaciones, debido exclusivamente a daños causados por sobrecarga, inapropiada voladura, o falta de cuidado por parte del CONTRATISTA.
 3. El transporte, manipuleo, almacenamiento y uso de los explosivos deberá ser por una persona de experiencia comprobada y habilidad en operaciones de voladura. Las operaciones de voladura deberán estar de acuerdo con todos los

- requerimientos aplicables del DUEÑO y las leyes, reglamentos y regulaciones peruanas.
4. Antes de que cualquier explosivo sea llevado dentro del Lugar de la OBRA, se deberá tener permiso para realizar esta operación del DUEÑO y de las autoridades relevantes.
 5. En la proximidad de las líneas de acción u otras estructuras, la voladura deberá ser llevada a cabo hasta que los operarios hayan sido notificados y que hayan sido tomadas las medidas preventivas consideradas necesarias.
 6. El dinamitero mantendrá un registro adecuado de cada disparo, registrando como mínimo lo siguiente: fecha, tiempo, número de la estación, fabricación y tipo de explosivo, método de llenado, peso total del número de explosivos de retardos, número de huecos, profundidad del hueco, peso máximo de los explosivos por retardo, cantidad de cargas, y tipo y cantidad de materiales.
- B. Requerimientos Especiales para la Excavación de Estructuras**
1. La excavación deberá proceder a las elevaciones especificadas mostradas en los PLANOS. Todos los materiales orgánicos u otros no deseables debajo de las elevaciones de subnivel especificado deberán ser removidos como lo indicado por el INGENIERO. Cuando el terraplén requiere el llenado de dichas áreas excavadas para que alcance los niveles requeridos, el relleno deberá ser compactado por el apisonamiento y rodamiento con una máxima densidad seca no menor de 95 por ciento y un Optimo Contenido de Humedad entre -3 y +3 por ciento como lo indica la Norma ASTM D 698, ensayo de la Densidad Proctor Estándar, y como se especifica en la Sección 02210 de estas ESPECIFICACIONES o como es dirigido por el INGENIERO. Las cimentaciones del subnivel deberán ser inspeccionadas y aprobadas por el INGENIERO antes de continuar con la colocación del relleno (o el TRABAJO de concreto). Cualquier cimentación de concreto deberá ser vaciado hasta llenar completamente la excavación para la instalación de las estructuras. Los encofrados pueden ser usados.
 2. Los taludes laterales necesarios para mantener la estabilidad de las excavaciones no necesariamente pueden coincidir con los límites de pago especificado para la excavación de estructuras o excavación de trincheras. Dichas OBRAS deberán ser excavadas, apuntaladas y apoyadas para salvaguardar la OBRA y los trabajadores, para ayudar a asegurar que el suelo adyacente de la excavación no se deslice o asiente y para prevenir daño a la infraestructura adyacentes existente. Cuando se requiera dicho apuntalamiento y apoyo, el ancho de la excavación deberá ser ajustado para permitir el espacio ocupado por las instalaciones de encofrado de la zanja, apuntalado y otros soportes. El CONTRATISTA deberá adecuar, colocar y remover subsecuentemente tales instalaciones de soporte.
- C. Excavación de las Areas de Préstamo**
1. Cuando las cantidades de materiales apropiados obtenidas de la excavación especificada son insuficientes para construir las porciones especificadas de relleno de las OBRAS permanentes, los materiales adicionales deberán ser obtenidos de las áreas de préstamo designadas por el INGENIERO.
 2. El desarrollo del área de préstamo está descrito en la Sección 02202 de las ESPECIFICACIONES. La colocación de material de relleno del terraplén está descrita en la Sección 02210 de las ESPECIFICACIONES.
- D. Sobre Excavación**
- La excavación no deberá extenderse debajo de la base de los límites de elevación de las áreas de cimentación o fuera de las áreas del reservorio establecidas, a menos que el INGENIERO indique lo contrario. La excavación fuera de los límites y de las secciones transversales especificadas y las elevaciones mostradas en los PLANOS, deberán ser corregidas por el CONTRATISTA mediante el llenado de los espacios vacíos resultantes de los contornos especificados y las elevaciones con relleno de tierra compactada aprobada o de concreto como lo dirige el INGENIERO y realizado a expensas del CONTRATISTA.
- E. Areas de Desecho**
- El material excavado que es designado por el INGENIERO a ser desechado deberá ser colocado y dispersado en áreas de acopio en una manera ordenada de tal forma que las áreas resultantes sean estables y de libre drenaje.
- F. Control de Filtraciones de Aguas Subterráneas y Superficiales**
- En el caso de que se encuentren filtraciones de aguas subterráneas y superficiales en las áreas de excavación, el CONTRATISTA deberá controlar el agua mediante el uso de canaletas de drenaje, sumideros, bombas, puntos de pozos, o cualquier otro método aceptable para el INGENIERO. El control de agua deberá permitir la preparación de la cimentación a ser desarrollada y completada y continuada bajo las condiciones secas de modo que el material de relleno puede ser colocado y compactado a las densidades y contenidos de humedad requeridos, como se especifica en la Sección 02210.

FIN DE SECCIÓN

SECCION 02207
PERFORACION E INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO A PRESION

PARTE 1: GENERAL**1.01 DESCRIPCION:**

La OBRA a ser desarrollada bajo estas ESPECIFICACIONES incluye:

- A. Perforación de taladros exploratorios y para inyecciones, pruebas con presión de agua (permeabilidad), e inyección a presión de lechadas de cemento para formar la cortina de inyecciones en el basamento rocoso por debajo de la presa de relaves de Alpamarca, en áreas donde existe la posibilidad de encontrar significativas filtraciones; y
- B. Limpieza de desechos de inyecciones, derrames y filtraciones.

La OBRA consistirá de la provisión de toda la mano de obra, materiales y equipos de construcción para la perforación de sondajes exploratorios y los taladros de inyecciones, lavado de taladros de inyecciones, ensayo con presión de agua y la inyección de mezclas de lechada de cemento dentro de los taladros. Las ubicaciones de los taladros exploratorios serán determinadas por el **INGENIERO**.

1.02 DEFINICIONES:

- A. Para propósitos de esta Sección, las siguientes definiciones serán aplicadas:
1. **ZONA:** Zona significa una predeterminada profundidad de una cortina de inyecciones.
 2. **ETAPA:** Etapa significa una profundidad parcial o completa del taladro, en la cual la inyección de cemento es realizada.
 3. **INYECCION DESCENDENTE:** Inyección descendente es un procedimiento el cual consiste en perforar un taladro a un límite de profundidad dentro de una zona, efectuar la inyección de lechada de cemento a esa profundidad, y la limpieza del taladro por lavado u otro medio adecuado justo después que la inyección circundante haya alcanzado su fraguado inicial. Luego el taladro es perforado e inyectado a otra profundidad limitada, se continua igualmente con más etapas de perforación e inyección tanto como pueda ser necesario, para asegurar un trabajo satisfactorio de inyección dentro de cualquier zona.
 4. **INYECCION ASCENDENTE:** Inyección ascendente es un procedimiento el cual consiste en perforar un taladro hasta su profundidad final o hasta la base de una zona o etapa en una operación continua, y la subsecuente operación de lavado e inyectado en secciones desde la parte inferior hacia la parte superior mediante un obturador el cual es colocado progresivamente en profundidades cada vez más superficiales.
 5. **METODO DE INTERCALADO:** Método de intercalado es un procedimiento de cierre progresivo de una cortina de inyección de cemento mediante la perforación e inyección de taladros adicionales a mitad del camino entre taladros los cuales han sido previamente perforados e inyectados. El espaciado de los taladros iniciales perforados e inyectados puede variar considerablemente desde una sección a otra sección dependiendo de las condiciones encontradas.
 6. **CORTINA DE INYECCION:** Cortina de inyección significa una línea de taladros perforados e inyectados a una profundidad y dirección especificada para producir una barrera relativamente impermeable.
 7. **CONEXIÓN EXITOSA:** Conexión exitosa significa todas las operaciones necesarias para alcanzar la colocación apropiada de un obturador que pueda mantener presión requerida sin filtración o pérdida de presión durante la inyección hasta su rechazo.
 8. **TALADRO DE INYECCION:** Taladro de inyección significa un taladro perforado e inyectado subsecuentemente.
 9. **RECHAZO:** Rechazo significa el punto en el cual la inyección de cualquier etapa individual es considerada terminada. Esto es cuando la inyección toma en una etapa de cinco (5) metros menos de ocho (8) litros en un minuto, con una relación de agua - cemento de 0.7:1.0 o más delgado y a la presión máxima especificada para esa etapa.
 10. **SONDAJE EXPLORATORIO:** Sondaje exploratorio significa un taladro perforado con recuperación de testigo.

1.03 REFERENCIAS:

- A. Las publicaciones de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) y del Instituto Americano de Petróleo (API) enumeradas a continuación forman parte de esta Sección de ESPECIFICACION:
1. ASTM D422-63 (1998) Método de ensayo estándar para el análisis por tamizado del tamaño de la partículas de suelos.
 2. ASTM C150-02 ESPECIFICACION Estándar para el Cemento Portland.

3. ASTM C404-87 ESPECIFICACION Estándar para las Inyecciones de Agregados por Mampostería.
4. ASTM C939-87 Método de Ensayo Estándar para el Flujo de Inyecciones Precolocados-Concreto de Agregado.
5. ASTM C109-02 Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico.
6. API Std. 13A ESPECIFICACIONES API para los Materiales de Fluidos de Perforación de Pozos y Petróleos.
7. API Std. 13B Procedimiento de Campo Estándar para los Ensayos de los Fluidos de Perforación.
8. ASTM C 595-02 ESPECIFICACION Estándar para Mezclas de Cemento Hidráulico.
9. ASTM C494-99 ESPECIFICACION Estándar para Aditivos Químicos para Concreto.

PARTE 2: MATERIALES

2.01 AGUA:

El agua a usar en las mezclas de inyección, deberá estar fresca, limpia y libre de cantidades cuestionables de sal, materia orgánica u otra impureza tales como aceite, ácido, alcalinos, sales y otras sustancias nocivas de acuerdo con la norma ASTM C 150-02.

2.02 CEMENTO:

El cemento deberá ser Portland Puzolánico Tipo IP8 (Atlas o similar), cumpliendo con lo provisto en la norma ASTM C 595-02. La gradación del cemento deberá ser tal que los porcentajes retenidos en las mallas #200 y #325 sean menores de aproximadamente del 2% y 5%, respectivamente.

2.03 ADITIVOS:

Suspensiones comercialmente disponibles, aditivos estabilizantes y agentes tales como Euco 37, Intraplast (Sika), o algo similar (ASTM C 494), deberá ser usado.

2.04 MEZCLAS:

Las proporciones de los materiales a usarse en la mezcla de inyecciones serán únicas y cualquier ajuste durante las operaciones de inyección deberán ser solamente aprobadas por el **INGENIERO**. Las proporciones podrían ser variadas para satisfacer las reales condiciones encontradas en el lugar. A menos que de otra manera sea especificado, la inyección consistirá de una mezcla de cemento de Portland, un (1) por ciento a 1.5% por ciento por el peso de aditivo y agua.

PARTE 3: EJECUCION

3.01 OBLIGACIONES:

- A. Todas las inyecciones deberán ser realizadas por un **CONTRATISTA** que tenga una amplia y reciente experiencia en trabajos similares de cortinas de inyección de lechada de cemento para presas. Este **CONTRATISTA** Especialista en Inyecciones deberá mostrar evidencia que es experimentada y competente para la construcción de una cortina de inyecciones dentro del área de la estructura de la presa propuesta. Deberá indicar claramente que tiene previa experiencia exitosa en proyectos similares y un personal suficiente y competente dentro de su staff para llevar a cabo las operaciones especificadas. Particularmente, un Especialista en Inyecciones (aprobado por el **INGENIERO**) supervisará la perforación, preparación e inyección de las lechadas de cemento, y control de calidad. La experiencia del **CONTRATISTA** Especialista en Inyecciones y las credenciales del Especialista en Inyecciones serán propuesta al **INGENIERO** en el momento de la licitación. El **CONTRATISTA** Especialista en Inyecciones deberá también exponer suficiente información de su experiencia en perforaciones en todo tipo de rocas incluyendo en rocas altamente fracturadas y débiles al **INGENIERO** para su revisión y aprobación.
- B. Dentro de cuatro (4) semanas de adjudicado el Contrato, el **CONTRATISTA** o **EL PROPIETARIO** entregará al **INGENIERO** muestras de cemento y aditivo que son propuestas para ser usadas en el programa de inyección. Estas muestras de materiales serán usadas por el **INGENIERO** para ejecutar una serie de ensayos de laboratorio para determinar la consistencia y el carácter de varias mezclas de inyección. El **CONTRATISTA** suministrará un mínimo de bolsas de cemento de 10 x 42.5 Kgrs y 5 galones de aditivo plastificante. Los certificados de los fabricantes serán suministrados de todos los materiales que serán usados en la inyección de lechada de cemento.
- C. Previo a la movilización al lugar, el **CONTRATISTA** proporcionará la siguiente información al **INGENIERO** para su revisión y aprobación:
 1. Equipo a ser usado para perforar los taladros exploratorios y de inyección

2. Equipo a ser usado para mezclar los ingredientes de la inyección y bombear la lechada de cemento dentro del taladro
 3. Equipo de laboratorio a ser usado para los ensayos de laboratorio en el lugar.
- D. Durante la construcción, el **CONTRATISTA** proporcionará al **INGENIERO** un informe diario con la siguiente información:
1. Progreso del trabajo de perforación e inyección incluyendo el número y ubicación de los taladros perforados, metros de perforación, y cantidad (ambas bolsas de cemento y volumen de cada mezcla de inyección) de lechada de cemento inyectado;
 2. Número e indicación de las muestras tomadas para los ensayos de control; y
 3. Resultados de los ensayos de control con identificación de los resultados no cumplidos y propuestas de remediación.
- Además del informe diario, el **CONTRATISTA** presentará un perfil longitudinal de la cortina de inyecciones permanentemente actualizado, mostrando las profundidades de perforación y tomas de inyección para cada etapa de un taladro de inyección.
- E. Las operaciones de inyección requerirá de parte del **CONTRATISTA** contar con un sistema de comunicación eficiente entre la planta y el sitio de inyección (boca de taladro)

3.02 REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCION:

- A. Mapeo y Perforación
1. El **INGENIERO** mapeará el basamento rocoso expuesto en el eje de la cortina. Basado en el mapeo, el **INGENIERO** identificará cualquier estación adicional para ser inyectada.
 2. Los taladros de inyección serán perforados desde la superficie de roca a través de la zona de inyección a satisfacción del **INGENIERO**. Los taladros de inyección serán perforados a las profundidades mostradas en los PLANOS o como lo indique el **INGENIERO**, y luego la inyección descendente o ascendente tal como lo indique el **INGENIERO**.
- B. Equipo de Perforación
1. Los taladros de inyección serán ejecutados con un equipo de perforación ya sea rotatorio o rotapercusivo (incluyendo martillos de fondo). Ambos, tanto taladros verticales como inclinados serán requeridos. Los taladros serán normalmente en el orden de 15 m de profundidad por debajo de la superficie de la tierra, pero algunos taladros pueden alcanzar una profundidad de 25 m, tal como lo indique el **INGENIERO**.
 2. Todos los equipos de perforación producirán superficies lisas, redondeadas y libre de irregularidades, los cuales pueden causar filtración alrededor del obturador.
- C. Planta y Equipo de Inyección
1. El equipo de inyección será capaz de suministrar, mezclar, agitar, bombear e inyectar satisfactoriamente las mezclas de lechada de cemento.
 2. El equipo será de tamaño adecuado y capaz de inyectar un flujo ininterrumpido de lechadas a una relación de 100 litros por minuto a cualquier presión mayor de 1.4MPa medido en el cuello del taladro de inyección.
 3. El equipo será mantenido en buenas condiciones de operación en todo momento. La pérdida u obstrucción del taladro de inyección debido a fallas mecánicas del equipo o el inadecuado suministro de la lechada será reemplazada bajo ningún costo para el **DUÑO**.
 4. Las mangueras y líneas de suministro para la inyección a presión tendrán un diámetro interno mínimo de 24.5 mm (1 pulgada).
 5. Las bombas de inyección serán del tipo de cavidad continua o de otro tipo (pistón), aprobado por el **INGENIERO**, capaz de mantener presiones constantes a más de 1.4MPa en el cuello del taladro de inyección. Estos serán capaces de bombear mezclas de lechadas de cemento predeterminadas.
 6. Si fuera del caso, los compresores serán capaces de entregar aire comprimido a cada pieza del equipo neumático a una presión no menor de 0.6 MPa.
 7. Los mezcladores de inyección tendrán una capacidad mínima de 750 litros y serán del tipo coloidal impelente de alta velocidad o de otro tipo aprobado por el **INGENIERO**. Ellos serán capaces de mezclar adecuadamente las lechadas de cemento predeterminadas.
 8. Los tanques agitadores o remanentes tendrán una mínima capacidad de 750 litros, serán mecánicamente operados, diseñados para mantener la mezcla de lechada agitada y en suspensión, y equipados con mallas apropiadas, tal como está aprobado por el **INGENIERO**.
 9. Los mezcladores estarán equipados con caudalímetros (0.001 m³) graduados sin bypass de tal manera que el agua pueda ser medida directamente dentro del mismo.
 10. Los manómetros serán del tipo Bourdon con glicerina o cualquier otro disponible con mecanismo de protección para inyecciones y deberán estar graduados de tal

manera que cubra un rango de presiones desde cero (0) kPa a 1000 kPa tal como está aprobado por el **INGENIERO**. Un número adecuado de otros manómetros será provisto como stock de reserva para la de planta de inyección. Los manómetros que han estado en uso por más de 100 metros de inyección serán recalibrados.

11. Los obturadores serán de un tipo (Bimbar R54 0 R42) aprobado por el **INGENIERO**, incluyen los obturadores simples y dobles y tubos de extensión. Estos serán capaces de sellar el taladro en cualquier lugar y obstruir las fugas a presiones inclusive por encima de 1500 kPa.

D. Equipo de Ensayo a Presión

El equipo de ensayo a presión deberá ser del tipo wire line e incluirá obturadores simples y dobles montados adecuadamente, instalaciones para almacenamiento de agua, caudalímetros, manómetros (incluyendo protectores de los manómetros), válvulas, mangueras, conexiones y bombas capaces de operar a una máxima presión de descarga de 1500 kPa y manteniendo una presión constante. El uso del obturador simple o doble será de acuerdo a las condiciones de la roca y como es requerido por el **INGENIERO**. Los obturadores serán usados ya sean solos o en parejas, separados por una tubería perforada.

E. Requerimientos de Protección

1. El cemento y los aditivos serán almacenados inmediatamente después de ser recibidos en la obra, en un lugar adecuadamente ventilado, completamente seco, y a prueba de cambios de temperatura, tomándose las provisiones adecuadas para prevenir la absorción de humedad en el caso del cemento. El almacenamiento permitirá un fácil acceso para la inspección, y la identificación de cada envío.
2. Cada taladro deberá estar protegido del atoramiento u obstrucción mediante una tapón temporal de madera con nomenclatura u otro medio disponible en el cuello, y cualquier taladro que llegue a ser atorado o se obstruya debe ser limpiado antes de completar la operación de inyección en una manera aceptable para el **INGENIERO**, u otro taladro debe ser provisto sin costo adicional.
3. Ninguna perforación y /o pruebas de agua a presión, deberán ser desarrolladas dentro de un radio de 12 m, durante las operaciones de inyección.

F. Montaje y Operación del Equipo

1. El montaje del equipo de inyección deberá ser tal que provea una circulación continua de inyección a través del sistema y permita un control de presión exacto mediante la operación de las válvulas en las bombas de inyección y boca del taladro, las conexiones de inyección en los taladros y las líneas de retomo de inyección. Podría ser necesario usar un sistema de línea simple directamente hacia el taladro de inyección. A veces el **INGENIERO** puede requerir que la inyección sea conducida permitiendo que la mezcla fluya libremente dentro de los taladros por el método de gravedad. La bomba de inyección estará ubicada cerca al taladro que está siendo inyectado usando una longitud mínima de línea.
2. El atascamiento del equipo de obturación y las líneas de conducción deben ser prevenidos mediante el mantenimiento de un flujo continuo de inyección y por periódicos flujos de agua. Los manómetros y válvulas de derivación y cierre deben ser atendidos por operadores experimentados.

G. Perforación de Taladros de Inyección

1. Las ubicaciones, alineamiento, secuencia de perforaciones, espaciado, y profundidades de los taladros de inyección deben ser mostradas en los PLANOS. El espaciado del taladro intermedio debe estar determinado por las tomas de inyección en los taladros adyacentes y señalado por el **INGENIERO**. En general, la profundidad de los taladros de inyección debe ser 15 m, pero pueden alcanzar hasta los 25m. desde la superficie rocosa como lo indique el **INGENIERO**.
2. El uso de grasa y suavizador de tubería u otros lubricantes no será permitido.
3. Los taladros para la cortina de inyección deberán tener un mínimo de 60 mm de diámetro en la roca.
4. Las operaciones de perforación pueden ser detenidas a discreción del **INGENIERO** si se pierde el agua de perforación. Esta situación justificará la inyección del taladro de perforación, antes de reanudar las operaciones de perforación. Se deberá indicar las pérdidas de agua en los reportes diarios de inyección.
5. Los taladros de perforación obstruidos antes de la inyección deberán ser previamente limpiados, u otro taladro será provisto a expensas del **CONTRATISTA**.

H. Lavado del Taladro de Inyección

1. Antes de empezar las pruebas de agua a presión y/o inyección de mezclas, todo taladro será lavado completamente con agua limpia por un período mínimo de cinco (5) minutos para remover cualquier acumulación de lodo, detritos y material de relleno de juntas, si hubiera, mediante una tubería insertada en el fondo del

mismo. Un taladro será considerado limpio cuando el agua de retomo esté clara y libre de detritos o a satisfacción del **INGENIERO**.

2. Al terminar el lavado, una tapón de madera será colocada en la entrada del taladro para prevenir la entrada de material extraño.

I. Prueba de Agua a Presión.

Las pruebas de agua a presión, serán efectuadas en secciones a lo largo de todo la extensión de los taladros primarios. Se aislará cada sección de prueba por medio de uno o dos obturadores a una distancia máxima de cinco (5) m. Se aplicará continuamente las presiones de agua en incrementos hasta la máxima presión de inyección especificada, midiendo cualquier pérdida de agua hasta con una precisión de 0.5 litros.

Las presiones mínima e intermedia se aplicaran por 5 minutos con lecturas de agua cada minuto, hasta obtener al menos tres lecturas similares con una diferencia de caudal no mayor de dos litros entre ellas. La presión máxima indicada se mantendrá por un mínimo de 10 minutos. Si hay consumo de agua a la presión máxima se debe continuar el bombeo de agua a las presiones intermedia y mínima descendentes con los criterios arriba expuestos.

Antes de iniciar una prueba de agua a presión, se debe verificar que la inyección de las lechadas de cemento en los taladros adyacentes de la cortina de inyección profunda y de consolidación tenga al menos entre 6 a 12 horas de fraguado.

Las presiones a ser aplicados en las pruebas de agua, serán las siguientes:

ETAPA	PRESION MAXIMA
0 a 5 m	2.0 Bar
5 a 10m	3.0 Bar
10 a 15m	5.0 Bar
15 a mas	6.0 Bar

Las pruebas de agua a presión en roca, serán desarrollados utilizando el método de carga constante (Constant Head Test)

J. Mezcla de Lechadas de Inyección

1. La lechada de inyección deberá ser una mezcla única, estable y uniforme de cemento, agua y aditivo superplastificante, que tenga una viscosidad suficientemente baja para ser bombeada fácilmente dentro de las fracturas, irregularidades y cavidades de la roca.
2. Previo al inicio de los trabajos de inyección, un número de pruebas y tanteos serán efectuados en una variedad de mezclas de inyección. Dependiendo de los resultados de las pruebas de inyección de preconstrucción, las mezclas pueden contener alrededor del 1 a 1.5% de aditivo superplastificante por peso seco de cemento.
3. Pruebas de campo deberán ser realizadas en cada una de los tanteos de las mezclas de inyección tales como sedimentación, densidad de lechada y viscosidad en el Embudo de Marsh. Las pruebas de resistencia a la compresión no confinada deberán efectuarse en muestras recolectadas de 7, 14 y 28 días. Las pruebas deberán ser realizadas en mezclas dirigidas por el **INGENIERO**. Las mezclas deberán contener entre 1 a 1.5% de aditivos superplastificantes. Al menos tres muestras deberán ser tomadas de cada mezcla diseñada para su análisis. Los pruebas serán ejecutados por el **CONTRATISTA** Especialista en Inyección bajo la supervisión del **INGENIERO** usando los mismos materiales (cemento y aditivos) que serán usados en el programa de inyección de campo.
4. Durante la etapa de inyección, muestras de las mezclas de inyección serán obtenidas cada hora desde el agitador o la válvula de paso de la inyección en la cabeza del taladro y los siguientes tres ensayos deberán ser realizadas por el **CONTRATISTA** Especialista en Inyección: temperatura de la lechada, densidad de la lechada y viscosidad en el Embudo de Marsh. Los ensayos de sedimentación serán desarrollados por lo menos dos veces por turno. Los resultados de estos ensayos serán anotados por el **CONTRATISTA** Especialista en Inyección en un informe diario de campo dirigido al **INGENIERO**. Las muestras de los ensayos de resistencia a la compresión de 7, 14 y 28 días serán tomadas como mínimo cada 40-horas de períodos de operación.

La mezcla de lechada de inyección deberá reunir los siguientes requerimientos mínimos de ensayos:

Tipo de Ensayo	Norma	Frecuencia	Valores Mínimos Especificados
Sedimentación	1 litro de lechada en una probeta de 1000-ml	2 por turno (2 horas de prueba)	≤ 5%
Densidad de Lechada	API Std. 13B	Cada hora	1.64 t/m ³
Viscosidad Fongosa	API Std. 13B	Cada hora	32-34 segundos
Resistencia a la	ASTM 109-89	1 por un período de 40	10MPa

Compresión No Confinada (@ 7, 14 y 28 días)		horas	
--	--	-------	--

K. Operación de Inyección

1. Las inyecciones descendentes o ascendentes deberán ser efectuadas a discreción del **INGENIERO**. Las presiones especificadas deberán ser controladas en el cuello del taladro.
2. La inyección deberá empezar y terminar con una "mezcla única" de 0.7:1.0 (relación agua/cemento por peso).
3. Si fuese imposible en una etapa, alcanzar la presión requerida (o al menos 02 Bar) después del bombeo de un volumen limite razonable de lechada de cemento (se dice 1500 Lts) a una relación de agua-cemento de 0.7:1.0, el bombeo deberá ser parado temporalmente para permitir un suficiente tiempo entre las inyecciones, para que la lechada de cemento se endurezca. Previamente se inyectara agua a presión por 30 segundos y se procederá a lavar el taladro, para la etapa para una nueva aplicación de inyección. La reinyección podrá ser reiniciada en 6 horas.
4. Mezclar lechadas de cemento en tandas de volúmenes adecuados y de tal manera lograr asegurar un flujo continuo y el mínimo despilfarro.
5. La inyección de una etapa se considera terminada cuando se obtenga la presión de rechazo a una tasa de bombeo cercana a 5 litros por minuto o cuando se alcance el volumen limite de 1500 Lts. de lechada a una presión mayor de 2 Bar.
6. Toda preparación de las lechadas de cemento deberá ser mezclada por un mínimo de tres (3) minutos antes de la inyección, así como agitarla continuamente para prevenir asentamiento o sedimentación entre el tiempo de mezcla e inyección. Toda lechada de cemento que no pueda ser inyectada dentro de dos (2) horas de mezcla deberán desperdiciarse o desecharse.
7. Las presiones de inyección a través de todo el programa, para las etapas superficiales, intermedia y profunda de cada taladro serán los siguientes:

Profundidad de Etapa	Presión Máxima
0.0 a 5.0 m	2.0 Bar
5.0 a 10.0 m.	4.0 Bar
10.0 a 15.0m.	7.0 Bar
15.0 a mas	7.0 Bar.
8. Los taladros de inyección serán inyectados en tramos de cinco (5) metros excepto otra directiva del **INGENIERO**. Durante la inyección de cualquier taladro, si la lechada de cemento es verificada que fluye desde los taladros de inyección adyacentes, el **CONTRATISTA** deberá estar preparado para realizar una interconexión inmediata a fin de inyectar simultáneamente los taladros abiertos adyacentes hasta un máximo de tres (3) taladros.
9. Antes que la lechada de cemento haya alcanzado su fraguado inicial, conectar la línea de inyección a los taladros abiertos adyacentes, u otros taladros desde el cual el flujo de la lechada de cemento fue observado, y la inyección de todos los taladros debe ser completada a las presiones especificadas. Cuando la lechada de cemento regresa desde cualquier taladro adyacente, el **CONTRATISTA** puede colocar un obturador en una zona apropiada del taladro adyacente e inyectar simultáneamente, manteniendo la presión requerida.
10. El **CONTRATISTA** deberá tomar medidas apropiadas para prevenir que el obturador se quede adentro o que la mezcla de cemento fragüe completamente dentro del taladro previo a completar el mismo.
11. Después que la inyección en cualquier etapa del taladro es finalizada, y si la presión de retomo existe, mantener presión allí mediante el uso de una válvula hasta que la mezcla en el taladro haya iniciado su fraguado o tal como lo determine el **INGENIERO**.
12. Rellenar todos los taladros desde el fondo hasta el tope, con una mezcla 1:1 por volumen de agua-cemento. Cada taladro deberá ser "llenado al tope" adicionalmente con una lechada de bentonita-cemento.

L. Inyecciones de Consolidación.

1. La perforación e inyección de los taladros de la cortina de consolidación, deberán ser realizadas en la secuencia mostrada en los planos. Se ejecutaran solo los taladros primarios hasta una profundidad limite de cinco (5) metros. No se ejecutaran ningún taladro adicional independiente del consumo obtenido en los primarios. El tratamiento complementario se hará con las etapas superficiales de los taladros de la cortina profunda de impermeabilización.
2. Para facilitar los trabajos, se pueden perforar dos (2) taladros de consolidación en el mismo nivel del taladro secundario programado para la cortina profunda.
3. El proceso de inyección de los taladros de consolidación se efectuara en una sola etapa.

4. La única presión de inyección de lechadas será de 1.5 Bar con el obturador ubicado a un (1) metro de profundidad. El consumo límite para cada taladro será de 1500 litros de lechada.
5. La inyección de una etapa se considera terminada, cuando alcance la presión de rechazo a una tasa de bombeo de 5 a 8 litros por minuto o cuando alcance el volumen límite de 1500 litros de lechada.
6. Se prevé la presencia de fugas superficiales de lechadas por las fracturas de los estratos rocosos. Se deberán emplear métodos convencionales de control, como el uso de cemento con aditivos acelerantes de fraguado y tacos de madera y/o papel en los sitios de salida de la mezcla, reducción del ritmo de bombeo y uso de mezclas sin aditivo plastificante en casos extremos. En lo posible estos controles se deberán ejecutar sin suspender el bombeo de mezcla.
7. Si las condiciones de un sitio en particular lo permiten y en el transcurso de la inyección no se detectan fugas superficiales de lechadas, las presiones de inyección se pueden incrementar a 2.5 Bar.

M. Cortina Profunda de Inyección

1. La perforación e inyección de los taladros para la cortina profunda de inyección deberán ser realizadas en la secuencia mostrada en los PLANOS, usando el método (split spacing) espaciado de división. Los taladros primarios estarán espaciados tal como se indica en los PLANOS y deberán ser perforados, lavados e inyectados antes que los taladros secundarios estén perforados e inyectados. El trabajo inicial en los taladros primarios puede estar concentrado en más de una ubicación a lo largo del eje de la cortina.
2. Perforar los taladros de la cortina profunda de inyección a las profundidades mostradas en los PLANOS (15m) o como lo dirige el **INGENIERO**.
3. Los taladros de la cortina profunda se podrán iniciar, cuando se tenga al menos un adelanto de doce (12) metros en los taladros de consolidación inyectados.
4. Se perforaran los taladros secundarios, cuando alguna etapa de los primarios adyacentes, haya tenido un consumo unitario superior a los 75 litros por metro.
5. Se perforaran los taladros terciarios cuando alguna etapa de los secundarios adyacentes, haya tenido un consumo unitario superior a los 75 litros por metro.
6. Los taladros secundarios y terciarios se perforaran hasta las profundidades que presentaron altos consumos en la inyección precedente. No se requerirá la ejecución de taladros cuaternarios en la cortina profunda.
7. Las presiones de inyección serán de 2.0 Bar, 4.0 Bar y 7.0 Bar, para las etapas superficial, intermedia y profunda de cada taladro de 15 metros respectivamente.
8. La inyección de una etapa se considera terminada cuando se obtenga la presión de rechazo, a una tasa de bombeo cercana a 5 litros por minuto o cuando se alcance el volumen límite de 1500 litros de lechada a una presión mayor de 2.0 Bar.
9. En inyecciones prolongadas, es importante ejecutar bombeos periódicos de pequeñas cantidades de agua durante la inyección, para prevenir el taponamiento de la junta inyectada y/o las líneas de inyección.

M. Criterio de Cierre.

1. El criterio de cierre que será aplicado por el **INGENIERO** está basado en las "tomas" de inyección; y/o de acuerdo a la cantidad de mezcla absorbida por la masa de roca por metro del taladro de inyección. Los límites superiores propuestos de absorción de mezcla, en kilogramos por metro (kg./m), para taladros secundarios y terciarios, serán en función de la profundidad (en metros) y se encuentran anotados a continuación:

Intervalo de Profundidad (m)	Absorción de la Mezcla
0-10	25 lt/m
10-20	35 lt/m
20-30	50 lt/m

- En general, la inyección puede cesar cuando la toma de inyección es menor de 50lt/m.
2. El cierre de la cortina de inyección también deberá estar considerado por el **INGENIERO** usando los valores de la prueba de agua a presión tipo Lugeon. Los cierres de la cortina de inyección para las presas de terraplenes típicamente tienen un rango desde 3 a 5 Lugeon, generalmente considerado para el tope superior de los taladros.
 - a. La roca con un valor Lugeon menor que 5 (<5) no es virtualmente inyectable con lechada de cemento porque las fracturas de la roca serían demasiado finas;

- b. La roca con un valor Lugeon de 10 no podría ser inyectable si la toma de agua sería debido a muchas fracturas, se dice, en el orden de seis (6) fracturas por metro; y
 - c. Los valores límites Lugeon pueden ser ajustados acorde y/o asociados con el número de las fracturas de la roca.
- N. Limpieza
- 1. Durante las operaciones, se proveerá una adecuada disposición de las aguas de lavado y de desagüe y la remoción de todos los desechos de la mezcla causados por esta operación.
 - 2. No será permitida la contaminación por desechos las áreas de relleno de la cubierta del terraplén.

FIN DE SECCION

SECCIÓN 02210 EXCAVACIÓN GENERAL, RELLENO Y COMPACTACIÓN

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. Este ítem deberá consistir en el desboscado y desyerbe, excavación, acopios selectivos de suelos para trabajos relacionados a la excavación y colocación del relleno de suelos, incluyendo la construcción de sardineles de concreto extrudado.
- B. La OBRA incluye la provisión de toda la mano de obra, herramientas, equipos y supervisión como se requiere para la construcción del Proyecto tal como está descrito en los DOCUMENTOS DEL CONTRATO.

1.02 TRABAJOS RELACIONADOS:

- A. Sección 02230 – Material de Filtro para la Zona 2 de la Presa (Material Tipo 2).
- B. Sección 02240 – Material de Drenaje (Material Tipo 2A).
- C. Sección 02250 – Relleno de Grava para la Zona 3 de la Presa (Material Tipo 3).
- D. Sección 02260 – Enrocado (Riprap).

1.03 REFERENCIAS:

Las versiones más actuales de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) son las siguientes:

- 1. ASTM D422 – Método para el Análisis del Tamaño de las Partículas de los Suelos.
- 2. ASTM D698 – Métodos de Ensayo para las Relaciones Humedad-Densidad de los Suelos.
- 3. ASTM D1556 – Método de Ensayo para la Densidad de los Suelos en el Lugar mediante el Método del Cono-Arena.
- 4. ASTM D2167 – Método de Ensayo para la Densidad del Suelo en el Lugar mediante el Método del Balón de Goma (Rubber Balloon).
- 5. ASTM D2487 – Método de Ensayo Estándar para la Clasificación de los Suelos para Propósitos Ingenieriles.
- 6. ASTM D2922 – Métodos de Ensayo para la Densidad del Suelo y el Suelo Agregado en el Lugar mediante los Métodos Nucleares (Baja Profundidad).
- 7. ASTM D3017 – Método de Ensayo para el Contenido de Humedad del Suelo y el Suelo Agregado en el Lugar mediante Métodos Nucleares (Baja Profundidad).
- 8. ASTM D4318 – Método de Ensayo para el Límite Líquido, Límite Plástico, y el Índice de Plasticidad de los Suelos.
- 9. ASTM D2216 – Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Contenido de Agua (Humedad) del Suelo y Roca en el Laboratorio.
- 10. ASTM D4643 – Determinación del Contenido de Agua (Humedad) de los Suelos mediante el Método del Horno Microondas.
- 11. ASTM D5084 – Método de Ensayo de las Medidas de la Conductividad Hidráulica de los Materiales Saturados Porosos usando un Permeámetro de Pared Flexible.
- 12. ASTM D2434 – Método de Ensayo para la Permeabilidad de los Suelos Granulares (Carga Constante).
- 13. Cemento Portland, ASTM C150, Tipo II.
- 14. Agregado grueso para concreto, ASTM C33.
- 15. Agregado fino para concreto, ASTM C33.

1.04 SUMINISTROS:

- A. Plan y programa de las operaciones de la obra de gravas
- B. Plan de control de sedimentación.
- C. Plan de excavación de la roca (voladura).
- D. Plan para construcción de concreto extrudado.

1.05 TOLERANCIAS:

- A. Los límites de la excavación están definidos por las líneas y elevaciones mostradas en los PLANOS.
- B. Mantener las gradientes uniformes entre las marcas adyacentes de las elevaciones mostradas en los PLANOS.

- C. Las tolerancias para la construcción se muestran como sigue, al menos que el **INGENIERO** apruebe lo contrario:

Taludes:

Línea: +/- 0.30m.
Nivel: -0.06 a +0.06m.

1.06 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:

- A. Todas las OBRAS deberán ser construidas, monitoreadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos declarados por el **INGENIERO**.
- B. El **CONTRATISTA** deberá ser informado de todas las actividades de ensayo y deberá contar por estas actividades en el programa de la construcción.
- C. Todos los ensayos de suelo (ensayos de campo y laboratorio) serán de responsabilidad del **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**. El **CONTRATISTA** deberá ser responsable de cooperar durante las actividades de las pruebas. El **CONTRATISTA** deberá proveer los equipos y las faenas para apoyar al **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** en el muestreo, si se requiere, y deberá proveer acceso a todas las áreas que requieren las actividades de prueba o ensayo.
- D. Todas las operaciones de relleno y nivelación deberán ser llevadas a cabo bajo la observación del **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**.
- E. Todos los materiales de relleno deberán ser colocados de acuerdo con estas **ESPECIFICACIONES** y a las prácticas de la industria de construcción bajo la observación del **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**.
- F. Cualquier OBRA encontrada insatisfactoria o cualquier OBRA interrumpida por operaciones subsecuentes antes que la aceptación sea garantizada deberá ser corregida por el **CONTRATISTA** como lo dirige el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** bajo ningún costo adicional del **DUEÑO**.
- G. El **CONTRATISTA** deberá ser responsable del reemplazo de todos los materiales de relleno que no están verificados por los ensayos de campo y laboratorio.

1.07 CLASIFICACIÓN DE MATERIALES EXCAVADOS:

- A. Excavación Común: Esta clasificación incluye todos los otros materiales de la excavación rocosa.
- B. Excavación Rocosa: Esta clasificación incluye todas las rocas sólidas las cuales no pueden ser removidas hasta que se suelten por la voladura, perforación o calzadura. Se ha definido como roca de aquella dureza y textura que no puede ser suelta o rota por un escarificador de barrena simple de un bulldozer marca Caterpillar D-8 (o equivalente) en buenas condiciones de operación manejado por un operador experimentado. En áreas donde no es práctico clasificar material por el uso de un escarificador descrito, la excavación rocosa está definida como material sólido de tal dureza y textura que no puede ser excavada con un retroexcavador Caterpillar 225 (o equivalente) en buenas condiciones de operación manipulado por un operador experimentado. También se incluyen bolones y piezas separadas de roca sólida más grande que la mitad (1/2) de un metro cúbico en volumen.
- C. Clasificación: Los suelos excavados y colocados en acopios deberán ser clasificados como sigue:
1. Material Tipo 2 – Filtro: Material de filtro deberá consistir de material aluvial de arena y grava excavado de las fuentes de préstamo, el cual satisface los requerimientos presentados en la Sección 02230.
 2. Material Tipo 2A – Material de Drenaje: El material de drenaje deberá consistir de gravas y bolones que están disponibles dentro de quebradas y ríos. Generalmente este material consiste en gravas cuyo rango de tamaño es de 5mm a 350mm. El material de drenaje grueso deberá estar bien nivelado reuniendo los requerimientos de nivelación especificados en la sección 02240.
 3. Material Tipo 3 – Relleno de Grava: El Relleno de Grava deberá consistir de material aluvial obtenido de las fuentes de préstamo, las cuales el **INGENIERO** determina si son apropiadas para usarlas. Este material deberá consistir de fragmentos de roca duros y resistentes con partículas de máximo tamaño de 700mm. El Relleno de grava deberá contener menos de 40 por ciento de tamaños menores que 25mm y no más de 5% de finos (menos malla #200, 0.075mm).
 4. Material Tipo 4 – Enrocado (Riprap): El enrocado (riprap) deberá consistir de material de grano grueso encontrado durante la construcción de la instalación de la presa y/o roca apropiada de las fuentes de préstamo (Quebrada Yuracyacu), las cuales el **INGENIERO** determina que son apropiadas para la protección de la capa del talud. Este material consiste de fragmentos de roca dura, resistente y angular con un tamaño máximo de la partícula comprendido entre 250 y 750mm. El

- enrocado (riprap) deberá estar bien nivelado alcanzando los requerimientos de nivelación especificados en la Sección 02260.
5. Inapropiados: Los inapropiados son aquellos materiales que son rechazados como inapropiados para el uso de material de relleno para la construcción por el **INGENIERO**. Estos materiales pueden ser contaminados con materiales orgánicos y otros materiales nocivos, o no alcanzar los requerimientos de prueba para la variedad de materiales de relleno.
 - D. La selección y la colocación de suelos clasificados dentro de acopios separados deberán ser de responsabilidad del **CONTRATISTA**. El **CONTRATISTA** deberá familiarizarse con los materiales clasificados anteriormente. El ingeniero se reserva el derecho de aprobar toda la selección del material y el acopio. Las ubicaciones de los acopios deberán estar sujetas a la aprobación del **INGENIERO**.

PARTE 2: PRODUCTOS

2.01 MATERIALES:

- A. Los materiales usados en conjunción con esta OBRA deberán ser provistos por el **CONTRATISTA**, derivados de las excavaciones, y considerados fortuitos de los ítems de la OBRA.
- B. Todos los materiales excavados para la construcción deberán estar colocados en acopio de material filtrante, acopio de material de relleno común, acopio de enrocado, acopio de roca de drenaje, acopio de relleno de grava, acopio de relleno general, acopio de tierra vegetal, acopio de material inapropiado, transportados directamente a las áreas de relleno del terraplén o desperdicios.
- C. Los materiales requeridos para el concreto extrudado incluye Cemento Portland, ASTM C150, Tipo II, Agregado grueso, ASTM C33, Agregado fino, ASTM C33. El concreto obtenido de la máquina extrusora deberá cumplir lo siguiente: 55% de agregado grueso, en volumen; 45% de agregado fino, en volumen; 90kg de cemento, mínimo, por m³ y slump 0 (cero). La mezcla podrá ser modificada en campo y aprobado por el **INGENIERO**, para satisfacer los requerimientos del concreto.

PARTE 3: EJECUCIÓN

3.01 DESBOSQUE Y DESYERBE:

- A. El desmonte o desbosque deberá extenderse sobre todas las áreas a ser excavadas o usadas para acopios delineadas a ser definidos por el **CONTRATISTA** con la aprobación del **DUÑO**. El desmonte deberá extender un máximo de 5 metros y un mínimo de 4 metros fuera de los límites de la construcción o dirigido por el **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**. Las áreas para desboscar deberán ser informadas al **CONTRATISTA** por el **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**. Ningún camino provisional a través de áreas indisturbadas deberá estar permitido sin previa autorización del **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**.
En áreas designadas a ser denudadas de materiales no apropiados u objetables, dichos materiales deberán ser denudados a una profundidad mínima de 150 mm debajo del sub suelo o a la máxima profundidad del suelo orgánico determinado por el **INGENIERO**, cualquiera que sea mayor.
- B. Ningún desbosque deberá ser realizado hasta que un permiso por escrito sea dado por el **REPRESENTANTE DEL DUEÑO** y hasta que el **CONTRATISTA** haya provisto la construcción de estacas para la OBRA propuesta. El desmonte o desbosque deberá consistir de cortar malezas del nivel del suelo, remover dicho material, conjuntamente con madera, desperdicios y cualquier otra vegetación, y disponer todo dicho material en una manera aceptable descrito a continuación.
- C. El **CONTRATISTA** deberá denudar toda la materia vegetativa, desperdicios, raíces en exceso de 25mm de diámetro y otros materiales nocivos de las áreas delineadas. En ningún caso, los materiales inapropiados y nocivos deberán ser incorporados en los materiales de relleno como lo determinó el **INGENIERO**.
- D. La vegetación denudada y desyerbada deberá ser removida y dispuesta en acopios para ser controlada, quemada o desperdiciada por medio de otros métodos aprobados en un área exterior aprobada por el **REPRESENTANTE DEL DUEÑO** en concordancia con las apropiadas entidades reguladoras.

3.02 REMOCIÓN DE LA TIERRA VEGETAL:

- A. La remoción de la tierra vegetal deberá ser hecha dentro de toda el área de los límites de remoción. La tierra vegetal será denudada a una profundidad mínima de 0.15m o como lo aprobado por el **INGENIERO**.
- B. La tierra vegetal deberá ser excavada y removida de tal manera que minimizará la contaminación con otros horizontes. Dichas medidas que son necesarias deberán ser tomadas para asegurar que la remoción de la tierra vegetal no resulte en erosión o sedimentación excesiva.
- C. La tierra vegetal removida deberá estar apilada en ubicaciones designadas por el **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**. La tierra vegetal almacenada no deberá ser interrumpida por las actividades de construcciones mineras, y deberá estar protegida del viento y la erosión

del agua, compactación innecesaria, y contaminación que disminuiría la capacidad del material de soportar la vegetación cuando sea redistribuida.

- D. Los acopios de tierra vegetal deberán estar nivelados para minimizar la erosión y prevenir la inundación por precipitación en las áreas de acopio. La tierra vegetal apilada deberá estar protegida por una cubierta efectiva de plantas sembradas o plantas que no sean dañinas, de crecimiento rápido, anuales y perennes durante la primera estación apropiada después de la remoción.

3.03 EXCAVACIÓN:

- A. La excavación deberá ser desarrollada de acuerdo a las líneas y niveles mostrados en los PLANOS o como lo dirigido por el **INGENIERO**. Ninguna excavación deberá comenzar hasta que el **CONTRATISTA** haya provisto la construcción de las estacas para la OBRA propuesta. En general, el material será excavado desde dentro de los límites de la presa y la excavación del lecho rocoso competente deberá ocurrir dentro los límites del terraplén. Todos los materiales excavados deberán estar colocados en acopios o usados como materiales de relleno como lo determinado por la clasificación de los materiales. Durante la excavación, los niveles deberán ser mantenidos para proveer drenaje de cualquier agua superficial. El sub-nivel expuesto deberá luego ser observado por el **INGENIERO**, quien dará la aprobación para la colocación de cualquier relleno. La superficie final deberá estar libre de materiales sueltos, terrones y cualquier despojo incluyendo las estacas de nivelación y estacas de tránsito y sellar con un rodillo de superficie lisa.
- B. El **CONTRATISTA** deberá minimizar la alteración de las áreas circundantes durante la excavación.
- C. Las excavaciones deberán ser niveladas y mantenidas apropiadamente para proveer drenaje adecuado en todo momento. La OBRA deberá ser suspendida por el **CONTRATISTA** cuando, en la opinión del **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**, el lugar está excesivamente húmedo, lodoso, o de lo contrario, inapropiado para un mantenimiento adecuado, hasta que el **REPRESENTANTE DEL DUEÑO** indique lo contrario.
- D. Todas las precauciones necesarias deberán ser tomadas en cuenta para preservar el material debajo y fuera de las líneas de excavación en la condición más sólida posible. Donde fuese requerido para completar la OBRA, todos los excesos de excavación o sobre excavación deberá ser rellenado con materiales aprobados, colocados y compactados a satisfacción del **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**.
- E. Los taludes de construcción con seguridad temporal deberán ser de responsabilidad del **CONTRATISTA**. El **CONTRATISTA** deberá inspeccionar regularmente todas las excavaciones a cielo abierto temporales y permanentes identificar para señales de inestabilidad. Si se encuentran señales de inestabilidad en las excavaciones, el **CONTRATISTA** deberá tomar a su cargo las medidas de remediación y deberá notificar inmediatamente al **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**. Taludes de corte permanente deberán dejarse en condiciones suaves, seguras y estables al final del día laborable.
- F. Antes de la excavación de la roca, entregar al **REPRESENTANTE DEL DUEÑO** el método de excavación propuesto para su revisión, incluyendo un plan detallado de voladura si es que la voladura fuese usada como el método de excavación. Asegurar que el método de excavación concuerda con todas las leyes y normas aplicables y a las prácticas de seguridad probada para el tipo de roca, proximidad a las estructuras y otras instalaciones. Prevenir la abertura de grietas y la disturbación de la roca detrás de las líneas y niveles; y mantener el peligro y el área de peligro al mínimo riesgo posible. Usar perforación en línea y pre-división, o algún otro método aprobado, donde el concreto es colocado directamente contra la roca o en cualquier parte donde sea necesario. Deberá ser obligatorio usar mallas de voladura para restringir el movimiento del material. Proveer todos los bandereros, señales, sirenas u otros medios necesarios para el uso seguro de explosivos. Dar todos los avisos requeridos según las normas aplicables y requerimientos de seguridad además de los avisos requeridos por el **INGENIERO** y/o el **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**. Antes de cada voladura, evacuar a todo el personal, vehículos, etc., del área de voladura a los límites de seguridad y luego asegurarse de que ningún personal, vehículos, etc., entre al área hasta después de la finalización de la voladura. Medir los cortes laterales de la roca tan pronto como sea posible, preferentemente aquellos lados expuestos.

3.04 CONSTRUCCIÓN DEL ACOPIO:

- A. El **CONTRATISTA** deberá apilar los materiales de relleno solamente en las ubicaciones de acopio aprobadas.
- B. Ningún acopio deberá comenzar hasta que el **TOPOGRAFO** haya provisto las estacas de construcción para los acopios.
- C. Los acopios deberán estar contruidos en dirección a las líneas, niveles y taludes mostrados en los PLANOS y otras áreas aprobadas por el **DUEÑO** y deberán incluir la construcción del camino de transporte hacia las áreas de acopio y los bancos de drenaje como se muestran en los PLANOS. El material colocado en todos los acopios deberá estar colocado en capas no excediendo 1.0 m. Las superficies completas de los acopios deberán estar niveladas para

prevenir la acumulación de agua superficial. Los taludes completados del acopio deberán ser recorridos a pie.

- D. Durante el acopio, todas las capas del suelo colocadas en los acopios deberán ser humedecidas como lo determina el **INGENIERO**. El humedecimiento deberá estar desarrollado durante todo los acopios para controlar el polvo.
- E. Los materiales apilados deberán ser humedecidos como lo determina el **INGENIERO**, por lo menos 24 horas antes de la colocación. El **INGENIERO** confirmará el óptimo contenido de humedad y el contenido de humedad mezclado durante las pruebas de construcción. Un contenido de humedad uniforme deberá ser alcanzado antes de que los materiales sean removidos del área de procesamiento para su colocación en el relleno.
- F. Si el tamaño de la partícula y el contenido de humedad de los materiales apilados está debajo de los límites permitidos, el **CONTRATISTA** deberá separar y humedecer el material de relleno antes de la colocación como se especificó.

3.05 CONTROL DEL AGUA SUPERFICIAL:

- A. Las características del control de agua superficial temporal y permanente tales como bermas, cuencas y canales serán construidas de las líneas, niveles y taludes mostrados en los PLANOS y mantenidas durante OBRA.
- B. El **CONTRATISTA** deberá construir barreras, bermas, diques u otras medidas que sean requeridos para prevenir una erosión significativa y el transporte del sedimento de los acopios, excavación y áreas de relleno de la escorrentía de las aguas de tormenta.
- C. El **CONTRATISTA** deberá proveer todos los equipos e instalaciones y deberá desarrollar toda la OBRA para hacer y mantener las áreas de las OBRAS secas de las aguas superficiales y subterráneas y para remover todos los sedimentos de todas las aguas antes que dejen el lugar; deberá construir sistemas temporales de control del sedimento; deberá mejorar los sistemas inmediatamente, si es que las mejoras son encontradas subsecuentemente necesarias o prudentes.
- D. El **CONTRATISTA** deberá prevenir perjuicios y daños debido a la desecación, disposición del agua y control de sedimentación.
- E. El **CONTRATISTA** deberá remover las instalaciones temporales cuando ellas no serán más necesarias, y restaurar las áreas disturbadas por la desecación y el control temporal de sedimentación.
- F. El **CONTRATISTA** deberá evitar exponerse a perjuicios y daños resultantes de la desecación y a fallas del sistema de desecado y control el sedimentos.
- G. El lugar debe mantener un libre drenaje, el **CONTRATISTA** deberá remover el agua del área de construcción sin considerar la fuente a menos que el **DUEÑO** apruebe lo contrario. Disponer de la escorrentía del agua contaminada como lo dirige el **DUEÑO**. El **CONTRATISTA** deberá notificar al **DUEÑO** antes de remover cualquier agua.

3.06 SUB-NIVELES:

- A. El relleno del terraplén deberá ser colocado en un sub-nivel apropiado el cual ha sido preparado por el **CONTRATISTA**. La vegetación, cepas y raíces serán removidas, la tierra vegetal denudada y otros materiales sueltos o nocivos removidos como lo indique el **INGENIERO**. La tierra vegetal denudada será apilada en áreas aprobadas por el **INGENIERO**. Todos los rellenos realizados por el hombre, estructuras y vegetaciones dentro de los límites de la presa serán removidas antes de la construcción. La construcción del terraplén deberá hacerse sobre una cimentación apropiada la cual ha sido preparada por el **CONTRATISTA**. Dentro de los límites de la zona de filtro y del área de la cortina de inyecciones, el suelo estará completamente denudado hasta el lecho rocoso competente.
- B. El sub-nivel para la construcción del terraplén no deberá contener materiales saturados u otros materiales nocivos como lo determina el **INGENIERO**.
- C. El **CONTRATISTA** deberá proteger los sub-niveles preparados de la disturbancia debido al clima, equipo de construcción u otros factores. Sub-nivelar superficies, incluyendo previamente los sub-niveles aprobados, los cuales se convierten más suaves o de lo contrario inapropiados, deberán estar reparados a satisfacción del **INGENIERO**. Los sub-niveles encontrados que exhiben esponjamiento, o levantamiento deberán ser reemplazados o retrabajados por el **CONTRATISTA** para remover dichos defectos.
- D. La colocación del relleno deberá comenzar solamente después de la finalización de toda la preparación de la fundación, o una porción de la excavación y preparación de los sub-niveles aprobada por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**. La colocación del relleno no deberá comenzar antes que el **TOPOGRAFO DEL DUEÑO** haya verificado los sub-niveles y los niveles de las elevaciones estén conformes con los PLANOS y los documentos del **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** y que el **TRABAJO DEL CONTRATISTA** esté en conformidad con los Documentos del Contrato. Antes de la colocación del relleno, el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** confirmará que la superficie del sub-nivel está libre de escombros, ramas, vegetación u otro material nocivo. Cualquier área húmeda o blanda deberá ser excavada y reemplazada con relleno apropiadamente compactado del tipo

especificado para aquellas porciones del trabajo o como lo dirigido por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**.

- E. Donde el relleno es colocado sobre un sub-nivel disturbado a una profundidad de 0.15m o más, escarificar y recompactar la zona disturbada al menos 95 por ciento de la máxima densidad seca como lo determinado por el ensayo de Compactación Proctor Estándar (ASTM D698) o como lo indique el **INGENIERO**.
- F. El sub-nivel deberá estar perfilado y nivelado a la dirección de las líneas, niveles y tolerancias mostradas en los PLANOS.
- G. La superficie del sub-nivel deberá ser escarificada y humedecido antes de la colocación del material de relleno.

3.07 COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL RELLENO:

- A. Las actividades de relleno deberán ser desarrolladas para alcanzar las líneas y sub-niveles como se muestran en los PLANOS. Sardineles de concreto (concrete curbs) deberán ser construidos a lo largo del espaldón aguas arriba de la presa en conjunción con la colocación del material de filtro (Tipo 2) descrito en el Numeral 3.08.
- B. Ningún material de relleno deberá ser colocado hasta que la cimentación y las preparaciones del sub-nivel hayan sido completadas tal como es especificado aquí en el Numeral 3.06. Los procedimientos para la colocación del relleno deberán ser discutidos con y aprobados por el **INGENIERO** antes de empezar la colocación del relleno.
- C. Ningún arbusto, raiz, césped u otros materiales nocivos o inapropiados deberán ser incorporados en los rellenos. La adecuación de todos los materiales comprometidos para el uso en el relleno deberá estar sujeta a la aprobación del **INGENIERO**. La colocación del relleno deberá ser parada temporalmente por el **CONTRATISTA** debido a las condiciones inapropiadas del clima, o si los materiales e instalación no reúnen las **ESPECIFICACIONES**.
- D. Preparar los materiales de relleno usando métodos aprobados por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** para alcanzar un material uniformemente homogéneo. Un contenido de humedad uniforme deberá ser alcanzado antes que los materiales de relleno sean removidos del área de procesamiento y colocados.
- E. Antes de la colocación de una capa del material de relleno, el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** debe completar el ensayo de aseguramiento de calidad de campo de la anterior capa para determinar el cumplimiento con estas **ESPECIFICACIONES**. El **CONTRATISTA** no deberá colocar una nueva capa de material de relleno sobre una precedente capa hasta que la aprobación sea dada por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**. Si el **CONTRATISTA** falla en el cumplimiento con este requerimiento, ellos serán requeridos por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** para remover y reemplazar todas las **OBRAS** no autorizados, a ningún costo adicional del **DUEÑO**.
- F. El **CONTRATISTA** deberá permitir un suficiente tiempo entre la finalización de la preparación del relleno y la colocación para permitir que la prueba del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** sea completada.
- G. El **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** identificará cualquier área de desecación significativa. El **CONTRATISTA** deberá escarificar la superficie de cada área a una profundidad nominal de 50 mm o a la profundidad de la desecación identificada por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**, y luego acondicionar con agua, discar o mezclar si fuera necesario, y recompactar el área.
- H. Si la superficie de la cimentación preparada o la superficie de cualquier capa del relleno está demasiado seca o demasiado lisa para adherir adecuadamente la capa del material a ser colocada encima, ésta deberá ser humedecida y/o trabajada con rastreador, escarificador, u otro equipo apropiado para proveer una adherencia satisfactoria de la superficie antes que el material de relleno sea colocado encima.
Si la superficie de la cimentación preparada o la superficie pasada con rodillo de cualquier capa está excesivamente húmeda para los materiales de relleno a ser colocados encima, ésta deberá ser removida y permitida secarse o ser trabajada con un rastreador, escarificador, u otro equipo apropiado para reducir el contenido de humedad a un nivel aceptable, como lo determina el **INGENIERO**. Luego, ésta deberá ser compactada antes que la siguiente capa del material de relleno sea colocada.
La determinación de las condiciones de secas y de humedad deberán ser hechas por el **INGENIERO**.
- I. La distribución de los materiales deberá ser tal que el relleno esté libre de vacíos, lentes, bolsillos, huellas, o capas de material difiriendo substancialmente en textura o nivelación del material circundante.
- J. En todo momento durante la construcción, la superficie del relleno deberá ser nivelada para prevenir la inundación de agua y deberá ser mantenida para el drenaje del agua de lluvias.
- K. El relleno deberá ser vaciado y esparcido de tal manera que ningún excesivo intervalo sea dejado entre las cargas de materiales vaciados sucesivamente, excepto que lo contrario sea

- especificado y aprobado por el **INGENIERO**. El relleno deberá ser nivelado antes de la compactación mediante un tractor o nivelador, o cualquier otro equipo apropiado aprobado para obtener una superficie libre de depresiones.
- L. La colocación del relleno deberá ocurrir mediante la ruta del transporte y las unidades de esparcimiento aproximadamente paralelas al eje del relleno, excepto en áreas aprobadas por el **INGENIERO** en donde el espacio es limitado o especificado lo contrario.
- M. Al colocar material adyacente al talud de una rampa, se deberá remover parte del material en una altura igual al espesor de la capa para lograr una superficie de contacto adecuada entre el material colocado y el material por colocar.
- N. El agua requerida para acondicionar la humedad deberá ser aplicada en el relleno o en las áreas de préstamo, con camiones sistema conteniendo barras esparcidoras para una distribución pareja del agua.
- O. Los materiales de relleno deberán ser mantenidos a un contenido de humedad cerca de lo óptimo para permitir una compactación adecuada a la densidad especificada con el equipo que está siendo usado. El contenido de humedad de los materiales de relleno, antes de y durante la compactación, deberá ser uniforme a través de cada capa del material. El **CONTRATISTA** deberá ser responsable de obtener los contenidos de humedad y las **ESPECIFICACIONES** de compactación. Si el material de relleno no reúne las **ESPECIFICACIONES** de colocación, el material deberá ser removido y reemplazado con un material nuevo a costa del **CONTRATISTA**.
La mezcla del material húmedo y seco en el relleno, para obtener el contenido de humedad adecuado no deberá estar permitido, a menos que el **INGENIERO** lo haya aprobado. La colocación del material mezclado en el relleno puede ser hecho solamente después que el material haya sido curado y una distribución uniforme del contenido de humedad haya sido alcanzada.
Cuando los materiales esparcidos en el relleno son demasiado secos para la compactación apropiada, como lo determinado por el **INGENIERO**, el **CONTRATISTA** deberá esparcir agua en cada una de las capas del relleno y deberá trabajar la humedad dentro del relleno mediante escarificación u otro medio aprobado, hasta que una distribución uniforme de la humedad haya sido obtenida.
El material que está demasiado húmedo para una adecuada compactación como lo determina el **INGENIERO**, deberá ser removido del relleno y/o esparcido y permitido para secar, ayudado mediante discos, y escarificador, si fuera necesario, hasta que el contenido de humedad sea reducido a una cantidad apropiada para la obtención del nivel especificado de compactación.
- P. Después que cada capa de material de relleno haya sido colocada, esparcida y condicionada a la humedad, la capa deberá ser compactada mediante el paso de un equipo de compactación sobre la superficie entera de la capa a un número suficiente de veces para obtener la densidad requerida, como se especifica aquí.
La compactación deberá ser realizada con equipo y mediante métodos aprobados por el **INGENIERO**. Si dicho equipo o métodos son encontrados insatisfactorios para el uso futuro, el **INGENIERO** deberá requerir al **CONTRATISTA** el reemplazo de los equipos insatisfactorios con otros tipos o ajustar los métodos hasta que se alcance la compactación adecuada.
Los materiales de relleno deberán ser compactados como lo indican los planos o lo ordena el **INGENIERO**.
- Q. Los materiales filtrantes y de drenaje, y los materiales de relleno con más de 30 por ciento de partículas mayores de 19mm no son prácticos para ser ensayados para el control de las relaciones de humedad y densidad de acuerdo a los procedimientos de la norma ASTM D698, y deberán ser colocados y compactados de acuerdo a la **ESPECIFICACION** de un método. Las **ESPECIFICACIONES** del método deberán ser dependientes de las características particulares del material de relleno, el equipo del **CONTRATISTA** y a las condiciones del terreno. Los materiales filtrantes y de drenaje deberán ser colocados en capas sueltas de un máximo grosor de 500mm y compactadas uniformemente con un mínimo de seis pasadas con compactador vibratorio de 10 toneladas. El relleno de gravas deberá ser colocado en capas sueltas de un máximo grosor de 0.70m y uniformemente compactadas con un mínimo de seis pasadas con un compactador vibratorio de 10 toneladas. El **CONTRATISTA** deberá estar permitido para usar equipo alternativo y demostrar al **INGENIERO** que dicho equipo alternativo deberá compactar los materiales a una densidad no menor que la que produciría mediante el equipo especificado. Las **ESPECIFICACIONES** del método pueden ser cambiadas en cualquier momento, a discreción del **INGENIERO**, basado en los cambios de las características del material, condiciones del terreno, y/o equipo compactador.
- R. El **CONTRATISTA** deberá colocar las capas del relleno de una manera tal que forme un material monolítico continuo. Si una capa de material de relleno compactado se seca durante las operaciones de colocación, el **CONTRATISTA** deberá humedecer la condición del material seco y recompactar la capa antes de la colocación de capas adicionales. Si una capa de relleno compactada se convierte excesivamente húmeda debido a la precipitación o

- al riego en exceso, el **CONTRATISTA** deberá permitir al relleno secarse antes de la colocación de las capas adicionales.
- S. Con el objeto de resumir la colocación del relleno u otras operaciones siguiendo la ocurrencia de las inclemencias del tiempo, el **CONTRATISTA** deberá remover, o escarificar y secar el material inapropiado del área especificada. El grosor del material removido no deberá exceder de 150mm en las áreas de los taludes y 300mm en áreas planas a menos que sea requerido por el **REPRESENTANTE DEL DUEÑO**.
 - T. Disponer de los materiales rechazados solamente en las áreas designadas para evacuación. Nivelar ásperamente aquellos materiales en las áreas de evacuación para promover el drenaje y dar una apariencia limpia a satisfacción del **INGENIERO**.
 - U. El **CONTRATISTA** deberá ajustar (cepillar) la cara exterior de los terraplenes usando un dozer en las líneas y los niveles como se muestra en los **PLANOS**. El nivel final deberá ser aprobado por el **INGENIERO**.
 - V. Una pasada de compactación está definido como dos (2) viajes (ida y vuelta) de un compactador de tambor simple (tal como un Cat CP-563).
 - X. En cuanto al manejo del equipo de compactación para las esquinas y otras áreas inaccesibles deberán ser compactadas usando un equipo de operación manual (tales como una plancha de compactación manual), como lo apruebe el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**.

3.08 CONCRETO EXTRUDADO (CONCRETE CURBS):

Los sardineles de concreto extrudado deberán ser construidos para conformar la cara aguas arriba de la presa en su II Etapa, y proveer contención a la zona de filtro y protección al talud.

El **CONTRATISTA** deberá suministrar el equipo adecuado para fabricar los sardineles de concreto extrudado con las dimensiones indicadas en los **PLANOS**. Un ejemplo de tal equipo extrusor fue usado en la construcción de una cara de concreto de una presa de enrocado y está descrito en "Energía Hidráulica y Construcción de Presas", Marzo, 1999, ITA: Una Nueva Tecnología por CFRD'S.

Los sardineles deberán ser construidos bajo una operación continua de la máquina extrusora de un lado hasta el final del otro lado, y seguidamente la colocación del material de filtro (Tipo 2). El momento oportuno de la colocación del filtro contra el nuevo sardinel construido dependerá del tiempo de cuna requerido como lo determinado por el **CONTRATISTA**. El relleno deberá ser colocado en aproximadamente 2 capas de igual grosor cuando la primera capa compactada sin vibración alrededor de 1m del sardinel. Esta distancia dependerá del equipo que está siendo usado por el **CONTRATISTA** y deberá ser verificado por el **INGENIERO**. Para la segunda capa, la distancia desde el sardinel al rodillo vibratorio deberá ser como mínimo un metro, también esta distancia dependerá del equipo que está siendo usado. Esta zona de aproximadamente 1m deberá ser compactada con un equipo de compactación manual.

Una vez que el relleno ha sido colocado hasta o cercanamente al tope del sardinel, la construcción de la siguiente capa del sardinel será efectuada siguiendo la secuencia antes mencionada.

El **CONTRATISTA** y el **INGENIERO** deberán monitorear minuciosamente el comportamiento del sardinel antes de ser colocado la siguiente capa de filtro. Si hubiera señales de distensión en el sardinel, la cara expuesta del mismo deberá ser reparada con paletas manuales. Adicionalmente, el contenido del cemento deberá ser incrementado y/o el tiempo de curado aumentado, como lo indica el **INGENIERO**.

El **CONTRATISTA** deberá desarrollar y presentar un detallado plan de construcción para los sardineles de concreto extrudado para la revisión del **INGENIERO** junto con los documentos de la licitación.

3.09 AJUSTE Y ACABADO:

- A. Ajustar la superficie del relleno al diseño de los niveles y tolerancias como se muestra en los **PLANOS**.
- B. Pasar el rodillo a la superficie del relleno con un rodillo de tambor liso para remover todos las lomadas y las irregularidades de la superficie. El **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** determinará si la preparación de la superficie es suficiente.
- C. Todas las huellas de las llantas en la superficie del relleno del equipo de nivelación deberán ser reparadas por el **CONTRATISTA**.
- D. El **CONTRATISTA** deberá mantener la superficie de relleno dispuesta para el **INGENIERO**.
- E. El **CONTRATISTA** deberá reparar bajo ningún costo adicional para el **DUEÑO**, todos los daños relacionados con el clima de las superficies de relleno u otras porciones de la OBRA las cuales no han sido cubiertas con una cubierta protectora del suelo. El **CONTRATISTA** deberá también reparar bajo ningún costo adicional para el **DUEÑO** los daños relacionados con el clima de las superficies de relleno, si las medidas de control de drenaje preventivo razonable fueron rechazadas por el **CONTRATISTA**. El **CONTRATISTA** deberá reacondicionar y recompactar el material de relleno para reunir todas las **ESPECIFICACIONES** de colocación y ajuste.
- F. Remover todas las estacas de tránsito y las estacas topográficas en el relleno y tapar todos los hoyos con el mismo material aprobado. Compactar con un martillo Proctor u otro

instrumento apropiado que alcanzará una compactación tipo amasadora y alcanzará la densidad requerida.

3.10 REPARACIÓN DEL RELLENO:

- A. El CONTRATISTA deberá reparar la superficie de cualquier área identificada por el EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD por estar fuera de la tolerancia como sigue:
1. Escarificar la superficie y, si la superficie se ha secado, esparcir con agua.
 2. Colocar material de relleno adicional con humedad adecuada.
 3. Si la superficie es mayor que ± 0.03 m fuera de tolerancia, compactarla con un rodillo vibratorio tal como lo dirige el INGENIERO.
 4. Ajustar la superficie al diseño de los niveles y tolerancias.
 5. Hacer rodar con un rodillo de tambor liso.

3.11 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL TERRENO:

- A. Como mínimo, el EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD desarrollará los ensayos de humedad del suelo, peso unitario seco y grosor de las capas en el terreno de acuerdo con los requerimientos dispuestos por el INGENIERO. Ensayos adicionales pueden ser desarrollados como lo indicado o considerado por el INGENIERO.
- B. Si los ensayos del EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD indican que el TRABAJO no reúne los requerimientos de las ESPECIFICACIONES, el EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD establecerá la extensión del área no conforme. El área no conforme deberá ser retrabajada por el CONTRATISTA hasta que sean obtenidos resultados aceptables en los ensayos o por otro lado removidos o reemplazados, bajo ningún costo adicional para el DUEÑO.
- C. El CONTRATISTA deberá preocuparse de todas las actividades de ensayos del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD del campo, como estos pueden afectar su cronograma, los cuales deberán cumplir con los requerimientos exigidos en los PLANOS y en estas ESPECIFICACIONES.

3.12 PROTECCIÓN DEL TRABAJO:

- A. El CONTRATISTA deberá usar todos los medios necesarios para proteger los materiales y todos los TRABAJOS parcialmente completados o completos de estas ESPECIFICACIONES.
- B. En el caso de daño, el EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD identificará las áreas que requieren repararse, y el CONTRATISTA deberá hacer todas las reparaciones y reemplazos necesarios mediante la aprobación del REPRESENTANTE DEL DUEÑO y bajo ningún costo para el DUEÑO.
- C. Al final de cada día, el CONTRATISTA deberá verificar que el área de la OBRA entera fue dejada en un estado que promueve el drenaje fuera de la superficie y de la OBRA terminada. Si las condiciones amenazantes del clima son anticipadas, las superficies compactadas deberán ser rodadas-selladas o cubiertas con un revestimiento plástico para proteger la OBRA terminada.

3.13 CONTROL TOPOGRÁFICO:

- A. El TOPÓGRAFO empleado por el DUEÑO desarrollará las topografías de la pre-construcción y post-construcción de las áreas de los terraplenes antes de la colocación de los materiales de relleno y determinará las cantidades para los propósitos de pago.
- B. El TOPÓGRAFO empleado por el CONTRATISTA deberá proveer el PLANO con los Registros de la ubicación y elevación de los componentes del trabajo, incluyendo, pero no limitándose, al terraplén, incluyendo todas las esquinas del fondo y de la cresta y la parte superior del sub-nivel para la instalación. El TOPÓGRAFO deberá entregar estos PLANOS al REPRESENTANTE DEL DUEÑO.

FIN DE SECCIÓN

SECCIÓN 02230 MATERIAL DE FILTRO (MATERIAL TIPO 2)

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. Esta sección describe los requerimientos para la preparación, colocación, y ajuste del material de filtro semi-impermeable (Material Tipo 2) cercano al talud de aguas arriba de la presa que se muestra en los PLANOS.
- B. El material de filtro para la presa deberá reunir los requerimientos de gradación especificados en esta sección y consiste de una mezcla procesada bien gradada de grava, arena y un porcentaje de finos no cohesivos (como se indica en la Sección 2.01 E) semi-permeable.

- Ningún material gradado a intervalos deberá ser aceptable como lo determinado por el **INGENIERO**.
- C. Es la intención de que cuando el material de filtro sea mezclado uniformemente, y colocado de acuerdo a las **ESPECIFICACIONES**, este no deberá llegar a ser segregado, o mezclado, o contaminado con otro material.
- D. La **OBRA** incluye la provisión de toda la mano de obra, herramientas, materiales, equipos, y supervisión que pueda ser requerido para construir el Proyecto como se indican en estas **ESPECIFICACIONES**.
- E. De acuerdo a los resultados obtenidos en la primera etapa de construcción, para la obtención del material de filtro se sugiere explotar la cantera Playa Culebrillas.
- 1.02 TRABAJOS RELACIONADOS:**
- A. Sección 02210 – Excavación General, Relleno y Compactación.
- B. Sección 03300 – Concreto Vaciado en el Lugar.
- 1.03 ENTREGAS:**
- A. Se requiere de un plan y programa detallado para la preparación del material de filtro, incluyendo una descripción del equipo y los procedimientos a ser usados. Este plan y programa deberá ser aprobado por el **DUÑO** y el **INGENIERO** antes de comenzar la preparación y colocación del material de filtro.
- B. Se requiere el plan de colocación del material de filtro, especificar el equipo adecuado, procedimientos, incluyendo el control del grosor de la capa, y permitir durante las operaciones de colocación los ensayos requeridos del material de filtro. Este plan deberá ser aprobado por el **DUÑO** y el **INGENIERO** antes de comenzar la colocación del material de filtro.
- 1.04 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:**
- El material de filtro debe ser colocado en una manera o forma tal que el material de filtro no sea contaminado por otros materiales de cualquier clase. En todo momento el **INGENIERO** deberá ser el único a determinar de si el material de filtro se ha contaminado, ya sea antes, durante o siguiendo la colocación. Si el material de filtro se ha contaminado, éste será rechazado y deberá ser reemplazado por el **CONTRATISTA** bajo ningún costo adicional para el **DUÑO**.

PARTE 2: PRODUCTOS

- 2.01 MATERIAL FILTRANTE:**
- A. El material de filtro deberá ser preparado por el **CONTRATISTA** y probado por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**. Los ensayos serán hechos para determinar la clasificación del suelo (ASTM D2487), distribución del tamaño del grano (ASTM 422), límites Atterberg (ASTM D4318), valores de compactación (ASTM D698) y verificación visual de que no hay segregación. El **CONTRATISTA** deberá hacer acopios del material filtrante disponible en todo momento para el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** para realizar muestreos, ensayos u observación visual. El material deberá ser lavado, y/o zarandeado si fuera necesario con la finalidad de obtener la gradación especificada.
- B. El material de filtro deberá estar libre de raíces, vegetación boscosa, materia orgánica, partículas mayores de 38 mm de diámetro, y otros materiales nocivos. Las partículas minerales deberán ser duras y durables.
- C. Preparar el material de filtro usando métodos de combinación aprobados por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** para alcanzar un material homogéneo y uniforme.
- D. El material de filtro no deberá ser cohesivo, lo cual se determinará mediante el ensayo de inmersión que se describe en el Artículo 3.06 de esta sección.
- E. El rango de distribución del tamaño del grano para el material de filtro es como sigue:

Tamaño (mm)	Malla	Porcentaje que Pasa
38	1 ½"	100
19	¾"	70-100
9.5	3/8"	50-75
4.75	#4	38-55
2.0	#10	24-42
0.425	#40	10-22
0.150	#100	6-13
0.075	#200	5-9

PARTE 3: EJECUCIÓN

3.01 GENERAL:

- A. El **CONTRATISTA** deberá colocar el material de filtro en capas sueltas de máximo grosor de 500mm. Cada capa del material de filtro deberá reunir los requerimientos mínimos de esta **ESPECIFICACIÓN**.
- B. El material de filtro deberá ser colocado y compactado en capas horizontales paralelamente al talud aguas arriba de la presa, evitando en todo momento la segregación del material.
- 3.02 ACONDICIONAMIENTO DE LA HUMEDAD:**
Los materiales de filtro preparados por el **CONTRATISTA** deberán estar en el momento de su colocación en una condición húmeda cerca del contenido óptimo de humedad, tal como lo ordene el **INGENIERO**, de manera que se reduzca la segregación por este concepto.
- 3.03 PREPARACIÓN DEL SUB-NIVEL:**
- A. La cimentación del terraplén debajo de la zona de filtro en los estribos debe ser denudada hasta el lecho rocoso o hasta donde indique el **INGENIERO**. Todos los materiales sueltos y objetables deben ser removidos usando equipo apropiado y medios para obtener una superficie disponible para la compactación del material de filtro. Este incluirá la remoción de las rocas sobresalientes, el tratamiento de huecos, grietas y zonas blandas, y la colocación de concreto dental o la inyección de concreto blando como lo descrito en los **PLANOS** y dirigido por el **INGENIERO**.
- B. Las operaciones de voladura desarrolladas en conjunto con la preparación del sub-nivel para la zona de filtro deben ser desarrolladas en una manera cuidadosa de tal forma que no causen daño a la cimentación de la roca, incluyendo el desarrollo de nuevas o la abertura de viejas fracturas en la masa rocosa. Si, en la opinión del **INGENIERO**, cualquier daño a la cimentación de la roca que haya ocurrido, el **CONTRATISTA** deberá reparar el daño a satisfacción del **INGENIERO** bajo ningún costo adicional para el **DUEÑO**.
- C. El **CONTRATISTA** deberá programar las operaciones de la preparación de la cimentación de tal manera que la colocación del relleno pueda comenzar inmediatamente después de la preparación final de la cimentación.
- 3.04 COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN:**
- A. Colocar el material de filtro en capas sueltas en un máximo de 500mm y compactar uniformemente con un mínimo de 6 pasadas con un compactador vibratorio pesado o de 10 toneladas. El transporte y el equipo de esparcimiento no serán considerados como equipo de compactación.
- B. El material de filtro deberá ser colocado y extendido en franjas en sentido paralelo al eje de la presa. En cada franja terminada, los fragmentos segregados deberán ser removidos manualmente de manera que el contacto entre capas y las capas en sí mismas sean homogéneos. Cualquier acumulación visible o área de material segregado en el contacto con los estribos o en el contacto con las otras zonas de la presa (dren y gravas), deberá excavarse y removerse del relleno antes de colocar la siguiente capa. Esto será verificado por el **INGENIERO** mediante la toma de muestras y ensayos de laboratorio.
- C. El material de filtro se colocará en contacto un dren. El filtro y las zonas 2A y 3 deberán construirse simultáneamente y avanzar al mismo nivel, sin que se presenten escalones entre los niveles superiores de estas zonas. Para cumplir con este requisito el **CONTRATISTA** deberá programar adecuadamente las necesidades de material de filtro.
- D. El **CONTRATISTA** debe ejecutar la colocación del filtro y las operaciones de compactación de tal manera que prevenga la contaminación del material de filtro con otros tipos de material o materiales externos. Si, en la opinión del **INGENIERO**, el material de filtro se vuelve contaminado, las porciones contaminadas identificadas por el **INGENIERO** deberán ser removidas y reemplazadas por el **CONTRATISTA** a satisfacción del **INGENIERO**, bajo ningún costo adicional para el **DUEÑO**.
- 3.05 AJUSTE Y ACABADO:**
- A. Ajustar la superficie del material de filtro hacia los niveles y tolerancias como se muestran en los **PLANOS**.
- B. Pasar el rodillo a la superficie del material de filtro con un rodillo de tambor liso para remover todas las lomadas e irregularidades de la superficie. El **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** determinará si la preparación de la superficie es suficiente.
- C. Todas las huellas de las llantas en la superficie del material de filtro del equipo de nivelación deberán ser reparadas por el **CONTRATISTA**.
- D. El **CONTRATISTA** deberá mantener la superficie del material de filtro como está dispuesta por el **INGENIERO**.
- E. El **CONTRATISTA** deberá reparar bajo ningún costo adicional para el **DUEÑO** los daños relacionados al clima de las superficies del material de filtro, si la medida preventiva de control de drenaje fuese rechazada por el **CONTRATISTA**. El **CONTRATISTA** deberá reacondicionar y recompactar el material de filtro para reunir todas las **ESPECIFICACIONES** de la colocación y el ajuste.

3.06 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE CAMPO:

- A. **EL EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** verificará la humedad del suelo, peso unitario seco, control estricto de la segregación y ensayos del grosor de las capas en el campo en cada capa del material de filtro para determinar el cumplimiento con esta ESPECIFICACION. Los ensayos serán llevados a cabo de acuerdo con los requerimientos dispuestos por el **INGENIERO**.
- B. El material de la Zona 2, consistirá de grava y arena no cohesivas, cuya cohesión se determinará con el siguiente procedimiento de ensayo:
- Obtener muestra representativa.
 - Remover mediante tamizado las partículas mayores de 20mm.
 - Compactar la muestra restante en un molde Proctor estándar de acuerdo con la norma ASTM D698.
 - Remover cuidadosamente la muestra compactada del molde, y depositarla manualmente en un balde de 20 litros lleno de agua o en un balde vacío para luego inundarla cuidadosamente para evitar su alteración por las turbulencias del agua.
 - Si la muestra se deshace antes o durante la inmersión o la inundación, ésta aprueba el ensayo.
 - Si la muestra es lo suficientemente cohesiva que retiene su forma, esta falla el ensayo. Este resultado indica que el material tiene exceso de finos y no es aceptable porque podría mantener las grietas abiertas en caso de deformaciones considerables. En este caso el **INGENIERO** informará sobre las modificaciones que deben hacerse en el material y en su procesamiento.
- C. Si los ensayos del **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** indican que la OBRA no reúne los requerimientos de las ESPECIFICACIONES, el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** establecerá la extensión de área no conformada. El área no conformada deberá ser retrabajada por el **CONTRATISTA** bajo su propio costo hasta que se obtengan resultados aceptables de los ensayos.
- D. El **CONTRATISTA** deberá preocuparse de todas las actividades de ensayos del aseguramiento de la calidad de campo, ya que éstas pueden afectar su programa, y ellas deberán cumplir con los requerimientos del Artículo 1.06 de esta ESPECIFICACION.

3.07 PROTECCIÓN DEL TRABAJO:

La superficie del material de filtro deberá ser sellada con un rodillo y hecha lisa y libre de huellas o depresiones cada día de trabajo cuando la precipitación es pronosticada y/o a la terminación de las operaciones de compactación en esa área.

3.08 CONTROL TOPOGRÁFICO:

- A. El **TOPÓGRAFO** empleado por el **CONTRATISTA** deberá proveer un Registro de los **PLANOS** al **INGENIERO** y al **DUÑO** de la ubicación final y elevación de la parte superior del material de filtro.

FIN DE SECCIÓN

**SECCIÓN 02240
MATERIAL DE DRENAJE (TIPO 2A)**

PARTE 1: GENERAL**1.01 DESCRIPCIÓN:**

- A. Esta sección describe los requerimientos para la preparación, colocación, y ajuste del material de drenaje (Zona 2A) donde se requiera para la construcción de la gran chimenea de la presa de Alpamarca como se muestra en los **PLANOS**.
- B. El material de drenaje para el terraplén de relaves deberá reunir los requerimientos especificados en esta sección y consiste de una mezcla bien gradada de los tamaños de las partículas. Ningún material gradado a intervalos deberá ser aceptable como lo determinado por el **INGENIERO**.
- C. Es la intención, que cuando el material de drenaje es mezclado uniformemente, y colocado de acuerdo a las ESPECIFICACIONES, este no deberá llegar a segregarse, o mezclarse, o contaminarse con otro material.
- F. La OBRA incluye el suministro de toda la mano de obra, herramientas, materiales, equipos, y supervisión que puede ser requerido para construir el Proyecto como está descrito en estas ESPECIFICACIONES.
- G. De acuerdo a los resultados obtenidos en la primera etapa de construcción, para la atención del material de filtro se sugiere explotar la cantera Píaz.

1.02 TRABAJOS RELACIONADOS:

- A. Sección 02210 – Excavación General, Relleno y Compactación.

1.03 SUMINISTROS:

- A. Se requiere de un plan y programa detallado para la preparación y colocación del material de drenaje, incluyendo una descripción de los equipos y los procedimientos a ser usados. Este plan y programa deberá ser aprobado por el **DUEÑO** y el **INGENIERO** antes de comenzar la preparación y colocación.
- B. Se requiere el plan de colocación del material de drenaje para especificar los equipos, procedimientos, incluyendo el control del grosor de la capa, y permitir durante las operaciones de colocación, los ensayos requeridos en el material de drenaje. Este plan deberá ser aprobado por el **DUEÑO** y el **INGENIERO** antes de comenzar la colocación del material de drenaje.

1.04 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:

El material de drenaje debe ser colocado de una manera o forma tal que el material de drenaje no sea contaminado por otros materiales. En todo momento el **INGENIERO** deberá ser el único a determinar si el material de drenaje se vuelve contaminado, ya sea antes, durante o después de la colocación. Si, en opinión del **INGENIERO**, el material de drenaje se vuelve contaminado, este será rechazado y deberá ser reemplazado por el **CONTRATISTA** bajo ningún costo adicional para el **DUEÑO**.

Es muy importante asegurar que en el contacto con el material de filtro, el dren no sufra segregación o concentración de sus materiales de mayor dimensión, con el objeto que el filtro no penetre en el dren. Si esto ocurre, los bloques segregados deben retirarse con retroexcavadora y reemplazarse con material adecuado.

PARTE 2: PRODUCTOS**2.01 MATERIAL DE DRENAJE:**

- A. El material de drenaje deberá ser preparado por el **CONTRATISTA** y probado por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**. Los ensayos serán realizados para determinar la clasificación del suelo (ASTM D2487), distribución del tamaño del grano (ASTM 422), y valores de compactación (ASTM D698). El **CONTRATISTA** deberá hacer acopios del material de drenaje disponible en todo momento para el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** y realizar muestreos, ensayos u observación visual. El material deberá ser lavado, y/o zarandeado si fuera necesario con la finalidad de obtener la gradación especificada.
- B. El material de drenaje deberá estar libre de raíces, vegetación boscosa, toda materia orgánica, partículas más grande de 250 mm de diámetro, y otros materiales nocivos.
- C. Preparar el material de drenaje usando métodos de combinación aprobados por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** para alcanzar un material homogéneo y uniforme.
- D. El rango de distribución del tamaño del grano para el material de drenaje es como sigue:

<u>Tamaño (mm)</u>	<u>Malla</u>	<u>Porcentaje que Pasa</u>
250	12"	100
150	6"	70-100
75	3"	40-100
50	2"	25-83
25	1"	0-55
10	3/8"	0-20
4.7	N° 4	0

PARTE 3: EJECUCIÓN**3.01 GENERAL:**

- A. El **CONTRATISTA** deberá colocar el material de drenaje en capas sueltas cuyo máximo grosor es de 500mm. Cada capa del material de drenaje deberá reunir los requerimientos mínimos de esta **ESPECIFICACION**.
- B. El material de drenaje deberá ser colocado y compactado en capas horizontales.

3.02 ACONDICIONAMIENTO DE LA HUMEDAD:

Los materiales de drenaje preparados por el **CONTRATISTA** no deben cumplir ningún requisito de humedad.

3.03 PREPARACIÓN DEL SUB-NIVEL:

- A. La cimentación del terraplén debajo de la zona de drenaje debe ser denudada de todo material suelto, blando u orgánico, hasta llegar al material rocoso, en el área del fondo de

quebrada. Esta remoción incluye retirar la porción restante de la rampa de acceso utilizada durante la construcción de la Etapa I conformada por grava aluvial Tipo 3. La superficie de la cimentación será formada y limpiada por un dozer, de acuerdo a lo dirigido por el **INGENIERO**. Todos los materiales sueltos y objetables deben ser removidos usando equipo apropiado y medios para obtener una superficie disponible para la compactación del material de drenaje. Esto incluirá la remoción de cualquier roca sobresaliente, como lo dispuesto en los PLANOS y dirigido por el **INGENIERO**.

- B. Nivelar la superficie del sub-nivel a las líneas, niveles y tolerancias mostradas en los PLANOS.
- C. Compactar la superficie del sub-nivel con el número de pasadas indicadas en los PLANOS.
- D. En donde el material de drenaje sea colocado sobre el sub-nivel disturbado a una profundidad de 300 mm o mayor, recomprimir la zona disturbada con el número de pasadas indicadas en los PLANOS.

3.04 COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN:

- A. Colocar el material común en capas sueltas de un máximo de 500mm y compactar con un mínimo de 6 pasadas con un compactador vibratorio y pesado de 10 toneladas. El transporte y el equipo de esparcimiento no serán considerados como equipo de compactación.
- B. El **CONTRATISTA** debe ejecutar las operaciones de la colocación y compactación del material de drenaje de tal manera de prevenir la contaminación del material de drenaje con otros tipos de material o materias externas. Si, en la opinión del **INGENIERO**, el material de drenaje se vuelve significativamente contaminado, las porciones contaminadas identificadas por el **INGENIERO** deberán ser removidas y reemplazadas por el **CONTRATISTA** a satisfacción del **INGENIERO**, bajo ningún costo adicional para el **DUÑO**.

3.05 AJUSTE Y ACABADO:

- A. Ajustar la superficie del material de drenaje al diseño de las líneas y tolerancias mostradas en los PLANOS.
- B. El **CONTRATISTA** deberá mantener la superficie del material de drenaje de acuerdo a lo dispuesto por el **INGENIERO**.
- C. El **CONTRATISTA** deberá reparar bajo ningún costo adicional para el **DUÑO** los daños relacionados con el clima a las superficies del material de drenaje, si una medida razonable preventiva del control de drenaje hecho por el **INGENIERO** fuera rechazada por el **CONTRATISTA**. El **CONTRATISTA** deberá reacondicionar y recomprimir el material de drenaje para reunir las ESPECIFICACIONES de colocación y ajuste.

3.06 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE CAMPO:

- A. El **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** determinará la granulometría, peso unitario seco, y verificación del grosor de las capas en el campo de cada capa del material de drenaje para determinar el cumplimiento con esta ESPECIFICACION. Los ensayos serán llevados a cabo de acuerdo con los requerimientos dispuestos por el **INGENIERO**.
- B. Si las pruebas del **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** indican que la OBRA no reúne los requerimientos de las ESPECIFICACIONES, el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** establecerá la extensión del área no conformada. El área no conformada deberá ser retrabajada por el **CONTRATISTA** bajo su propio costo hasta que resultados aceptables de los ensayos sean obtenidos.
- C. El **CONTRATISTA** deberá ser informado de todas las actividades de ensayos del aseguramiento de la calidad de campo, ya que éstas pueden afectar su programa.

3.07 PROTECCIÓN DEL TRABAJO:

El **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** identificará bajo su discreción las áreas de material de drenaje para ser ensayadas. Si materiales pequeños blandos e inapropiados son encontrados, el **INGENIERO** dirigirá al **CONTRATISTA** para excavar el material liso y llenar el área excavada con material de drenaje colocado y compactado de acuerdo con los requerimientos de estas ESPECIFICACIONES.

3.08 CONTROL TOPOGRÁFICO:

El **TOPÓGRAFO** empleado por el **CONTRATISTA** deberá proveer un Registro de los PLANOS al **INGENIERO** y al **DUÑO** de la ubicación final y elevación de la parte superior del material de drenaje.

FIN DE SECCIÓN

**SECCIÓN 02250
MATERIAL DE GRAVA**

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. Esta sección describe los requerimientos para la preparación, colocación, y ajuste del material de grava (Material Tipo 3) para crear el cuerpo principal de la presa de Alpamarca, como se muestra en los PLANOS.
- B. El material de grava para la presa deberá reunir los requerimientos especificados en esta sección y consiste de una mezcla permeable y bien gradada de los tamaños de las partículas. Ningún material gradado a intervalos deberá ser aceptable como lo determinado por el **INGENIERO**.
- C. Es la intención, que cuando el material gravoso es mezclado uniformemente y colocado de acuerdo a las **ESPECIFICACIONES**, éste no deberá llegar a segregarse, o mezclarse, o contaminarse con otro material.
- D. La OBRA incluye el suministro de toda la mano de obra, herramientas, materiales, equipos, y supervisión que puede ser requerido para construir el Proyecto como está descrito en estas **ESPECIFICACIONES**.
- E. De acuerdo a los resultados obtenidos en la primera etapa de construcción, para la atención del material de filtro se sugiere explotar la cantera Piaz.

1.02 TRABAJOS RELACIONADOS:

- A. Sección 02210 – Excavación General, Relleno y Compactación.

1.03 SUMINISTROS:

- A. Se requiere de un plan y programa detallado para la preparación y colocación del material de grava, incluyendo una descripción del equipo y los procedimientos a ser usados para el desarrollo de fuentes de préstamo tanto como para el transporte y colocación de acuerdo con la Sección 02210 de estas **ESPECIFICACIONES**. Este plan y programa deberá ser aprobado por el **DUEÑO** y el **INGENIERO** antes de comenzar la preparación y colocación.
- B. Se requiere el plan de colocación del material de grava para especificar el equipo, procedimientos, incluyendo el control del grosor de la capa, y permitir durante las operaciones de colocación, los ensayos requeridos en el material gravoso. Este plan deberá ser aprobado por el **DUEÑO** y el **INGENIERO** antes de comenzar la colocación del material.

1.04 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:

El material de grava debe ser colocado de una manera o forma tal que el material no sea contaminado por otros materiales. En todo momento el **INGENIERO** deberá ser la única a determinar si el material se vuelve contaminado, ya sea antes, durante o después de la colocación. Si, en opinión del **INGENIERO**, el material se vuelve contaminado, este será rechazado y deberá ser reemplazado por el **CONTRATISTA** bajo ningún costo adicional para el **DUEÑO**.

Es aceptable para el diseño que el **CONTRATISTA** utilice el enrocamiento conocido como "desmante de mina", siempre que éste sea limpio y se utilice en pequeñas cantidades respecto de las gravas, mediante su descarga alternada con ellas, de manera que se mezcla en una baja proporción y de acuerdo a lo aprobado por el **INGENIERO**. Debe evitarse la concentración de estos materiales en un sector amplio y continuo de la presa y en todo caso deben someterse a ensayos continuos de granulometría, permeabilidad y compactación, para que el **INGENIERO** decida sobre su forma de utilización.

PARTE 2: PRODUCTOS

2.01 MATERIAL DE GRAVA:

- A. El material de grava deberá consistir en material aluvial grueso de fuentes de préstamo de grava, las cuales el **INGENIERO** determina ser apropiada para usar.
- B. El material de grava deberá consistir de fragmentos de roca dura, durable, con un tamaño de partícula máximo de 700 mm. El material deberá contener el siguiente rango de distribución de tamaños:

Tamaño (mm)	Malla	Porcentaje que Pasa
700	28"	100
300	12"	70-100
150	6"	50-90
25	1"	0-40
4.75	#4	0-20
0.6	#30	<10

- C. El material de grava deberá estar libre de raíces, vegetación boscosa, materia orgánica, y otros materiales nocivos.
- D. Preparar el material de grava usando métodos de combinación aprobados por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** para alcanzar un material homogéneo y uniforme.
- E. El material de relleno de grava deberá ser preparado por el **CONTRATISTA** y probado por el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD**. Las pruebas de campo (ensayos de permeabilidad y control de segregación) y de laboratorio (granulometría, compactación, límites de los finos, desgaste, etc.) y/o clasificación visual serán realizadas para determinar la distribución del tamaño de las partículas y su dureza. El **CONTRATISTA** deberá hacer acopios apropiados todo el tiempo del material para el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** para el muestreo, ensayos u observación visual.
El material deberá ser lavado, y/o zarandeado si fuera necesario con la finalidad de obtener la gradación especificada.

PARTE 3: EJECUCIÓN

3.01 GENERAL:

El **CONTRATISTA** deberá colocar el material de grava en capas con un grosor suelto máximo de 0.70m. Cada capa del material de grava deberá reunir los requerimientos mínimos de esta ESPECIFICACIÓN.

3.02 ACONDICIONAMIENTO DE LA HUMEDAD:

- A. No existen requerimientos para el acondicionamiento de la humedad específica para el relleno de grava. Sin embargo, si el **INGENIERO** determina que el acondicionamiento de la humedad del material gravoso es necesario o deseable, el **CONTRATISTA** deberá acondicionar la humedad del material de grava como lo dirigido por el **INGENIERO**.
- B. El **CONTRATISTA** es requerido para controlar la generación de polvo en todos los aspectos durante las operaciones del material de grava, incluyendo pero no limitando a: apilamiento, transporte, colocación y compactación.

3.03 PREPARACION DEL SUB-NIVEL:

- A. La cimentación del terraplén debajo de la zona de material de grava debe ser denudada de todo material suelto, blando u orgánico. La superficie de la cimentación será perfilada y limpiada por un dozer, de acuerdo a lo dirigido por el **INGENIERO**. Todos los materiales sueltos y objetables deben ser removidos usando equipo apropiado y medios para obtener una superficie apropiada para la compactación del material de grava. Esto incluirá la remoción de cualquier roca sobresaliente, como lo dispuesto en los PLANOS y dirigido por el **INGENIERO**.
- B. Nivelar la superficie del sub-nivel a las líneas, niveles y tolerancias mostradas en los PLANOS.
- C. Acondicionar la humedad (si llega a ser necesario) y compactar la superficie del sub-nivel según el número de pasadas del compactador establecido en los PLANOS antes de la colocación del material de grava.
- D. En donde el material de grava vaya a ser colocado sobre el sub-nivel disturbado a una profundidad de 150mm o mayor, escarificar y recompactar la zona disturbada según el número de pasadas del compactador establecido en los PLANOS.

3.04 COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN:

- A. Colocar el material de grava en capas sueltas con un grosor máximo de 0.70m y compactar con un mínimo de 6 pasadas con un compactador vibratorio de 10 toneladas o más pesado. El transporte y el equipo de esparcimiento no serán considerados como equipo de compactación a menos que sea específicamente aprobado por escrito por el **INGENIERO**.
- B. El material de grava será colocado de tal manera o forma que sea compatible con materiales de relleno adyacente, de acuerdo a lo dispuesto por el **INGENIERO**.
- C. La colocación del relleno de grava deberá ser controlada de tal forma que el material más grueso siempre que sea colocado en la porción externa del espaldón de aguas abajo de la presa, de acuerdo a lo dispuesto por el **INGENIERO**.

3.05 AJUSTE Y ACABADO:

- A. Ajustar la superficie del material de grava al diseño de los niveles y tolerancias como se muestran en los PLANOS.
- B. El **CONTRATISTA** deberá mantener la superficie del material de grava de acuerdo a lo dispuesto por el **INGENIERO**.

3.06 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE CAMPO:

El EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD verificará la distribución del tamaño de la partícula gravosa y medidas de la permeabilidad y estimaciones del grosor de la capa en el campo en cada capa de material de grava para determinar el cumplimiento con esta ESPECIFICACION. Los ensayos serán llevados a cabo de acuerdo con los requerimientos dispuestos por el INGENIERO.

3.07 CONTROL TOPOGRÁFICO:

El TOPÓGRAFO empleado por el CONTRATISTA deberá proveer un Registro de los PLANOS al INGENIERO y al DUEÑO de la ubicación final y elevación de la parte superior del material de grava.

FIN DE SECCIÓN

SECCIÓN 02260 ENROCADO (RIPRAP)

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

- A. Esta sección describe los requerimientos para la colocación del enrocado (rip-rap) en el talud aguas abajo de la presa de Alpamarca.
- B. La OBRA incluye la provisión de toda la mano de obra, herramientas, materiales, equipos, y supervisión que pueda ser requerida para construir el PROYECTO como está descrito en las ESPECIFICACIONES.
- C. De acuerdo a los resultados obtenidos en la primera etapa de construcción, para la atención del material de filtro se sugiere explotar la cantera Yuracyacu.

1.02 TRABAJOS RELACIONADOS:

- A. Sección 02210 – Excavación General, Relleno y Compactación.

1.03 SUMINISTROS:

Presentar las muestras del material de enrocado (rip-rap) antes de la entrega para los ensayos por el INGENIERO de acuerdo con las ESPECIFICACIONES.

1.04 TOLERANCIAS:

Nivelar la superficie de material enrocado (rip-rap) dentro de las líneas y elevaciones de +0.0 a +1.0 metros mostrados en los PLANOS con un grosor mínimo de 1.00m medido horizontalmente.

1.05 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:

- A. Todas las OBRAS deberán ser construidas, monitoreadas, y probadas de acuerdo con los requerimientos dispuestos por el INGENIERO.
- B. El CONTRATISTA deberá preocuparse de todas las actividades del ASEGURAMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD y deberá contar con estas actividades en el programa de construcción.
- C. El ensayo del control de calidad (de acuerdo con la Parte 2 de esta ESPECIFICACION) del material enrocado (rip-rap) en la fuente deberá ser de responsabilidad del CONTRATISTA.
- D. El EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD deberá ser responsable del chequeo del grosor de la capa del enrocado (rip-rap) durante la colocación. Sin embargo, el chequeo del grosor por el EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD no reemplaza al CONTRATISTA de su responsabilidad de bosquejar y controlar la OBRA. El CONTRATISTA y el EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD cooperarán en conjunto para alcanzar a la máxima posible nivelación.

PARTE 2: PRODUCTOS

2.01 MATERIAL ENROCADO (RIPRAP):

- A. El material de enrocado (rip-rap) deberá consistir de piedra sólida, dura, uniformemente nivelada y resistente al clima. La piedra deberá tener una gravedad específica de por lo menos 2.7. Cada pedazo deberá tener su más grande dimensión no más grande que tres veces de su dimensión menor. La dimensión del material deberá estar entre 0.25 a 0.75m.
- B. El material usado para el enrocado (rip-rap) será aprobado por el INGENIERO, si por la inspección visual, la roca está determinada como sólida y durable. La nivelación, dimensiones del enrocado deberán ser aprobados por el EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES del ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD durante la construcción.

PARTE 3: EJECUCIÓN

3.01 COLOCACIÓN DEL ENROCADO (RIPRAP):

- A. La colocación del enrocado (rip-rap) debe ser realizada de una manera cuidadosa controlada para evitar segregación de enrocado (rip-rap). Si, en opinión del INGENIERO, la excesiva

segregación ha ocurrido, el enrocado (riprap) será removido y reemplazado o retrabajado a satisfacción del **INGENIERO**, bajo ningún costo adicional para el **DUÑO**.

- B. Las piedras con dimensiones típicas (media) o más grandes deberán ser colocadas en la parte superior de la superficie con caras y perfiles encajados para minimizar los vacíos y formar una superficie uniforme tanto como sea posible. El vaciamiento y la colocación de una retroexcavadora no son suficientes para asegurar apropiadamente un sistema interbloqueado. El material puede ser colocado con máquinas para formar una combinación sustancial aprobada por el **INGENIERO**.

3.02 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE CAMPO:

- A. El **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** verificará el grosor final del material enrocado (riprap) para determinar el cumplimiento con esta **ESPECIFICACIÓN**. Las pruebas serán llevadas a cabo de acuerdo con los requerimientos dispuestos por el **INGENIERO**.
- B. Si las pruebas del **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** indican que la **OBRA** no reúne los requerimientos de las **ESPECIFICACIONES**, el **EQUIPO DE INGENIEROS/MONITORES** del **ASEGURAMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD** establecerá la extensión del área no conformada. El área no conformada deberá ser retrabajada por el **CONTRATISTA**, a su propio gasto, hasta que aceptables resultados de los ensayos sean obtenidos.
- C. El **CONTRATISTA** deberá ser informado de todas las actividades de ensayos del aseguramiento de la calidad de campo, ya que éstas pueden afectar a su cronograma, y ellas deberán cumplir con los requerimientos de estas **ESPECIFICACIONES**.

3.03 CONTROL TOPOGRÁFICO:

Se sugiere un control topográfico a la ubicación y elevación final de la parte superior de la capa de enrocado (riprap).

FIN DE SECCIÓN

SECCIÓN 03315 CONCRETO DENTADO Y LECHADA EN SUPERFICIE

PARTE 1: GENERAL

1.01 DESCRIPCIÓN:

Esta Sección de **ESPECIFICACIÓN** cubre la construcción de todo el concreto dentado no-reforzado y lechada, incluyendo el vaciado del concreto asociado con la **OBRA** Contratada no cubierta en la Sección 03300 de la **ESPECIFICACIÓN**.

1.02 ITEMS DEL CONCRETO:

- A. El concreto dentado misceláneo debe ser usado para eliminar el alisado de superficies de la cimentación rocosa por los terraplenes, como lo indicado por el **INGENIERO**.
- B. Referirse a la Sección 03300 de la **ESPECIFICACIÓN** para los requerimientos del concreto de vaciado en el lugar.

PARTE 2: MATERIALES

2.01 GENERAL:

Todo concreto debe estar en concordancia con la Sección 03300 de la **ESPECIFICACIÓN**.

PARTE 3: CARACTERÍSTICAS

A continuación se describe los requerimientos de mezcla para el concreto dental y lechada:

- A) Concreto Dental:
- Tamaño máximo del agregado: 10mm.
 - Slump: 100mm.
 - Mínima resistencia a la compresión a los 28 días: 20MPa.
 - Cemento Portland AS 1379.
- B) Lechada:
- Arena 4 partes en volumen.
 - Cemento Portland, 1 parte en volumen.
 - Relación agua/cemento 0.5:1 (puede variar en campo).

PARTE 4: EJECUCIÓN

4.01 GENERAL:

Toda mezcla y vaciado de concreto serán ejecutados en concordancia con la Sección 03300 de la **ESPECIFICACIÓN**.

PARTE 5: MEDIDAS Y PAGO**5.01 MEDIDAS:**

Las cantidades de concreto dentado y los ítems del concreto pobre (párrafo 1-2) conforme se vacien deben ser medidos por un topógrafo profesional licenciado del **CONTRATISTA** y verificado y aprobado por el **INGENIERO**, a menos que específicamente se excluyan bajo otras Secciones de **ESPECIFICACIÓN**.

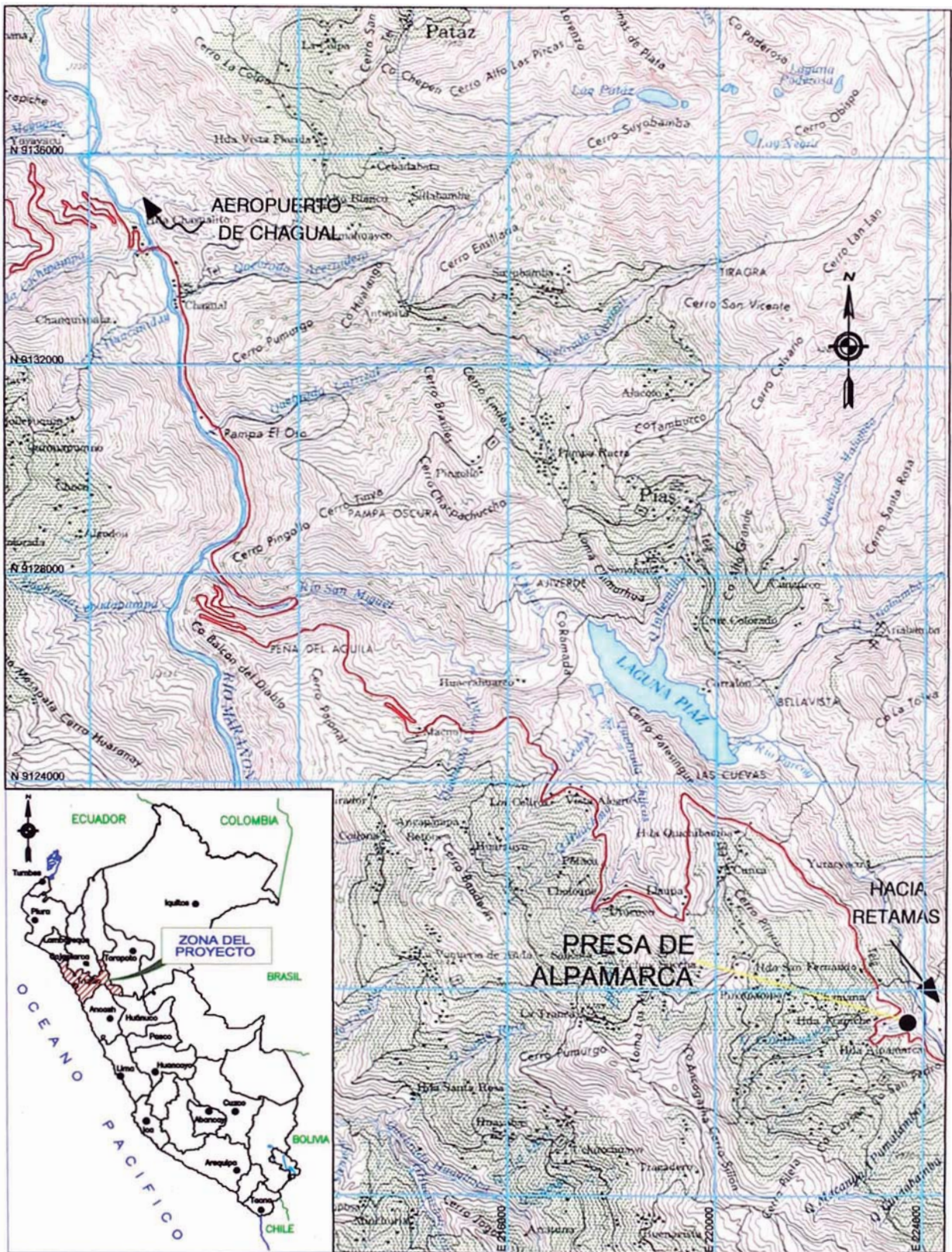
5.02 PAGO:

El pago por los ítems del concreto dentado y concreto pobre será realizado de acuerdo a los precios unitarios de la Tabla de Precios del **CONTRATO**. Estos pagos deben cubrir los costos por las **OBRAS** de concreto incluyendo el **TRABAJO** de encofrado, concreto, vaciado de concreto, acabado, curado, desmontaje del encofrado, reparaciones (si son necesarios), y todos los otros requerimientos de la Sección 03300 de la **ESPECIFICACIÓN**. El pago por la inyección de lechada y todas las otras inyecciones no será realizado bajo esta Sección de **ESPECIFICACIÓN**, ver la Sección 03300 de la **ESPECIFICACIÓN**.

3.0 PLANOS

LISTA DE PLANOS

1. Ubicación y Localización Alpamarca.	4111_PLA-01
2. Planta General Presa de Alpamarca.	4111_PLA-02
3. Sección Típica y Descripción de Zonas.	4111_PLA-03
4. Secciones Transversales.	4111_PLA-04
5. Secciones Transversales.	4111_PLA-05
6. Detalles del Filtro y Tratamiento de la Fundación.	4111_PLA-06
7. Instrumentación Geotécnica.	4111_PLA-07
8. Cortina de Inyecciones – Planta y Detalles.	4111_PLA-08
9. Cortina de Inyecciones – Secciones.	4111_PLA-09
10. Planta y Cortes del Estribo Derecho.	4111_PLA-10
11. Sección Típica Alternativa con Material de Préstamo.	4111_PLA-11
12. Sección Típica Alternativa con Relaves.	4111_PLA-12
13. Sección Típica Alternativa con Desmante de Mina.	4111_PLA-13
14. Plano de Planta Disponibilidad de Desmante.	4111_PLA-14
15. Mat. de Préstamo – A. Estático Talud Aguas Abajo.	4111_PLA-15
16. Mat. de Préstamo – A. Pseudo - Estático Talud Aguas Abajo.	4111_PLA-16
17. Mat. de Préstamo – A. Estático Talud Aguas Arriba	4111_PLA-17
18. Mat. de Préstamo – A. Pseudo - Estático Talud Aguas Arriba	4111_PLA-18
19. Relaves – S.I. Análisis Estático Talud Aguas Abajo	4111_PLA-19
20. Relaves – S.I. Análisis Pseudo – Estático Talud Aguas Abajo	4111_PLA-20
21. Relaves – S.F Análisis Estático Talud Aguas Abajo	4111_PLA-21
22. Relaves – S.F Análisis Pseudo – Estático Talud Aguas Abajo	4111_PLA-22
23. Desmante – S.I. A. Estático Talud Aguas Abajo.	4111_PLA-23
24. Desmante – S.I. A. Pseudo - Estático Talud Aguas Abajo.	4111_PLA-24
25. Desmante – S.I. A. Estático Talud Aguas Arriba	4111_PLA-25
26. Desmante – S.I. A. Pseudo - Estático Talud Aguas Arriba	4111_PLA-26
27. Desmante – S.F. A. Estático Talud Aguas Abajo.	4111_PLA-27
28. Desmante – S.F. A. Pseudo - Estático Talud Aguas Abajo.	4111_PLA-28
29. Desmante – S.F. A. Estático Talud Aguas Arriba	4111_PLA-29
30. Desmante – S.F. A. Pseudo - Estático Talud Aguas Arriba	4111_PLA-30



REFERENCIA

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ.
 CARTA NACIONAL 1:100.000 HOJA 16-h
 PRIMERA EDICIÓN.

TÍTULO:

**UBICACION Y LOCALIZACION
 ALPAMARCA**

TESIS:

**DISEÑO DE PRESA DE RELAVES ALPAMARCA Y EL
 USO DE MATERIALES DE MINA COMO CUERPO DE PRESA**

ELABORADO:

REVISADO:

ESCALA:

FECHA:

A.M.V.J.

D.P.M.

INDICADA

2006

P-01

DAD:

CONSORCIO MINFRO HORIZONTE S.A.

4.0 FOTOGRAFIAS



FOTO 1. Vista Panorámica de la Presa de Relaves de Alpamarca, fue construida para depositar relaves del proceso de flotación.



FOTO 2. El cuerpo de la Presa de relaves de Alpamarca esta constituido por material de préstamo proveniente de canteras.



FOTO 3. Los accesos fueron construidos antes de iniciar el grueso de las obras en la presa, y fueron modificados conforme aumentaba la altura de la presa.



FOTO 4. Tractor D6, trabajando en la habilitación de los accesos.



FOTO 5. Campamento de Matibamba, es donde se concentro al personal que trabajaba en la Presa de Relaves.



FOTO 6. Equipos Trabajando en la conformación del cuerpo de la presa.



FOTO 7. EL Rodillo Compacta la capa de grava puesta, la pequeña retroexcavadora tiene la función de colocar el filtro, dren y Rip Rap.



FOTO 8. Se puede observar al Tractor D-8 trabajando en la conformación de la capa de grava, la cual es aproximadamente de un espesor de 0.50 m.



FOTO 9. Para tener los frentes operativos, el transporte de los materiales de préstamo se realizaban de tal manera que en el turno del día, se transportaba todos los que conforman el cuerpo de presa, dejando para el turno noche el transporte masivo de grava.



FOTO 10. En esta imagen se puede observar a los equipos trabajando en la conformación de la capa, Tractor D8 y 2 Rodillos.



FOTO 11. Se aprecia Rodillo compactando el acceso a la presa, lo cual da una mejor fluidez al tránsito.



FOTO 12. Zona del filtro en el estribo izquierdo, el ancho promedio es de 1.0 m.



FOTO 13. En esta fotografía se puede observar como queda el espaldón de la presa, una vez colocado el RIP RAP.



FOTO 14. Colocación del dren en el cuerpo de la presa.



FOTO 15. La colocación del dren en el contacto con la grava se realizó en forma manual, de esta manera no se contaminaba el material a colocar.



FOTO 16. El dren en el proceso de clasificación era lavado en el río Yuracyacu para eliminar los finos.



FOTO 17. Excavadora, realizando trabajos de limpieza del estribo derecho.



FOTO 18. El Objetivo de la limpieza era eliminar la tierra vegetal y orientar los puntos de agua que afloraban a la superficie.



FOTO 19. Para realizar los trabajos de Inyecciones se utilizo una grúa portátil.



FOTO 20. En la canastilla de la grúa se colocaba el equipo de perforación y el personal que lo iba a realizar.



FOTO 21. Brazo levantado de la grúa alcanzado el objetivo a inyectar.



FOTO 22. Malla de perforación, la cual fue determinada por el tipo de roca y los esfuerzos a que iba a estar sometido la roca.



FOTO 23. Colocación manual de la base para el concreto extrudado, el cual es parte del espaldon de la presa aguas arriba.



FOTO 24. Colocación del concreto extrudado en el espaldon de la presa.



FOTO 25. Maquina Extrudadora, con lo cual se podía colocar el concreto con la rapidez deseada.

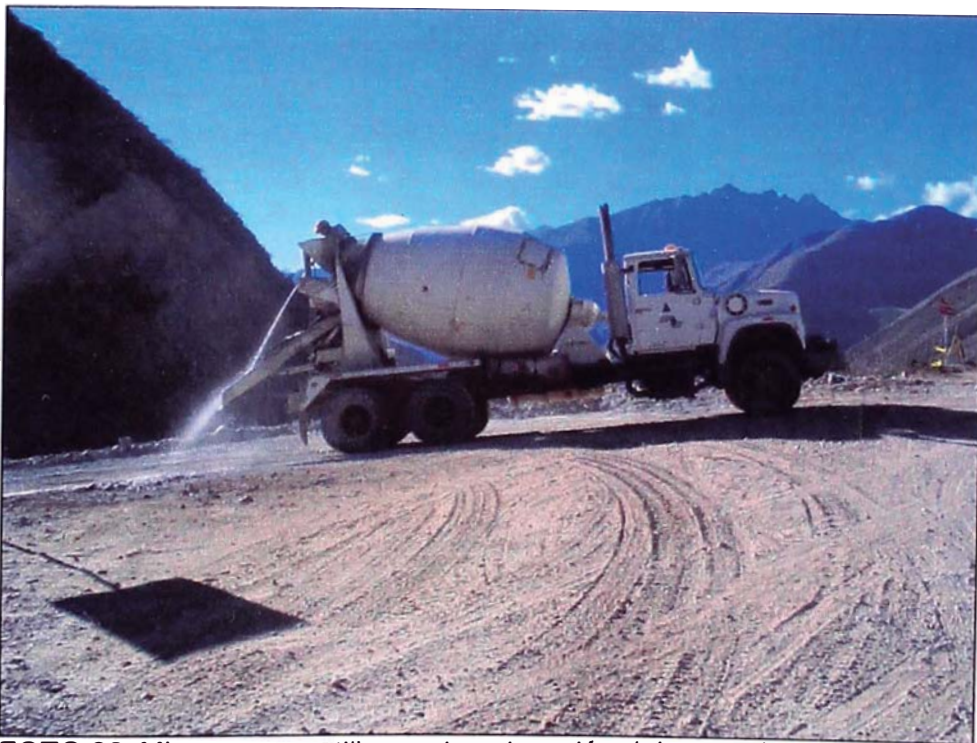


FOTO 26. Mixer que se utilizo en la colocación del concreto.



FOTO 27. En la conformación de las capas se tenía mucho cuidado en la conservación de los piezómetros.



FOTO 28. Una vez terminado los trabajos de conformación de la presa se protegía los piezómetros en la forma que se visualiza.

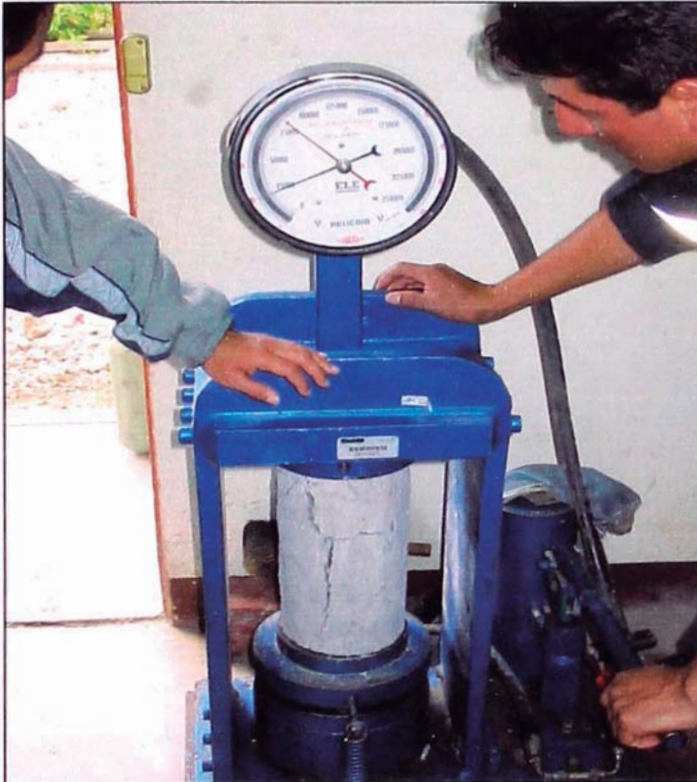


FOTO 29. Los ensayos de concreto se realizaban en el laboratorio de concreto que se tenía en Matibamba, en la vista se puede apreciar la prensa que se utilizaba.

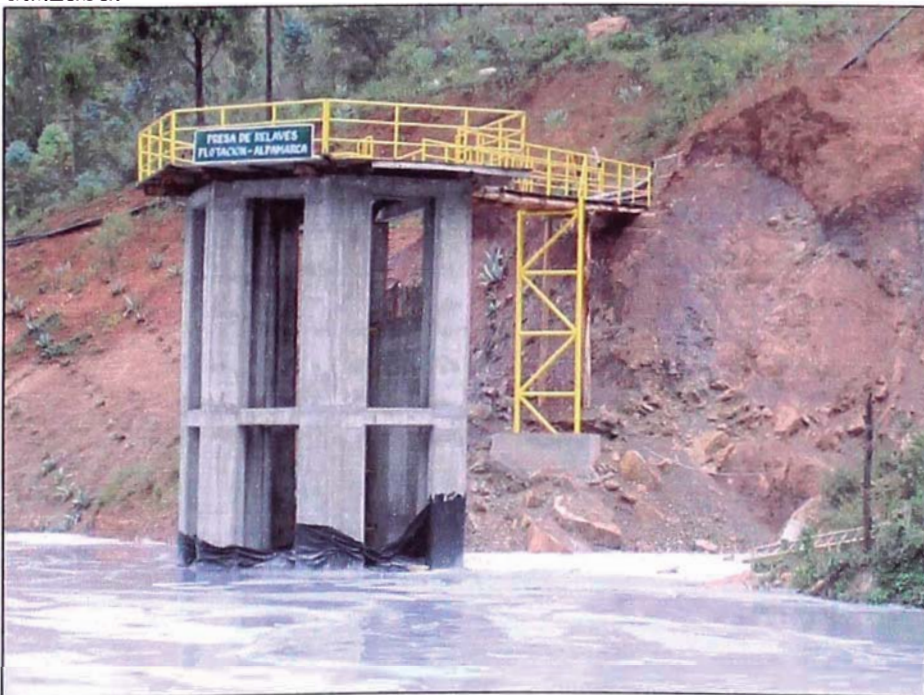


FOTO 30. Como parte de las obras complementarias se construyó la pipa vertedero, por la cual se evacuaba las aguas que se almacenaba en la presa, este trabajo se realizaba con bombas y se trasladaba mediante tuberías a las pozas de tratamiento.



FOTO 31. En esta vista se puede apreciar como se obtenía el filtro en la zaranda eléctrica de Piaz.



FOTO 32. Otra Vista del material de filtro procesado en la zaranda eléctrica de Piaz.

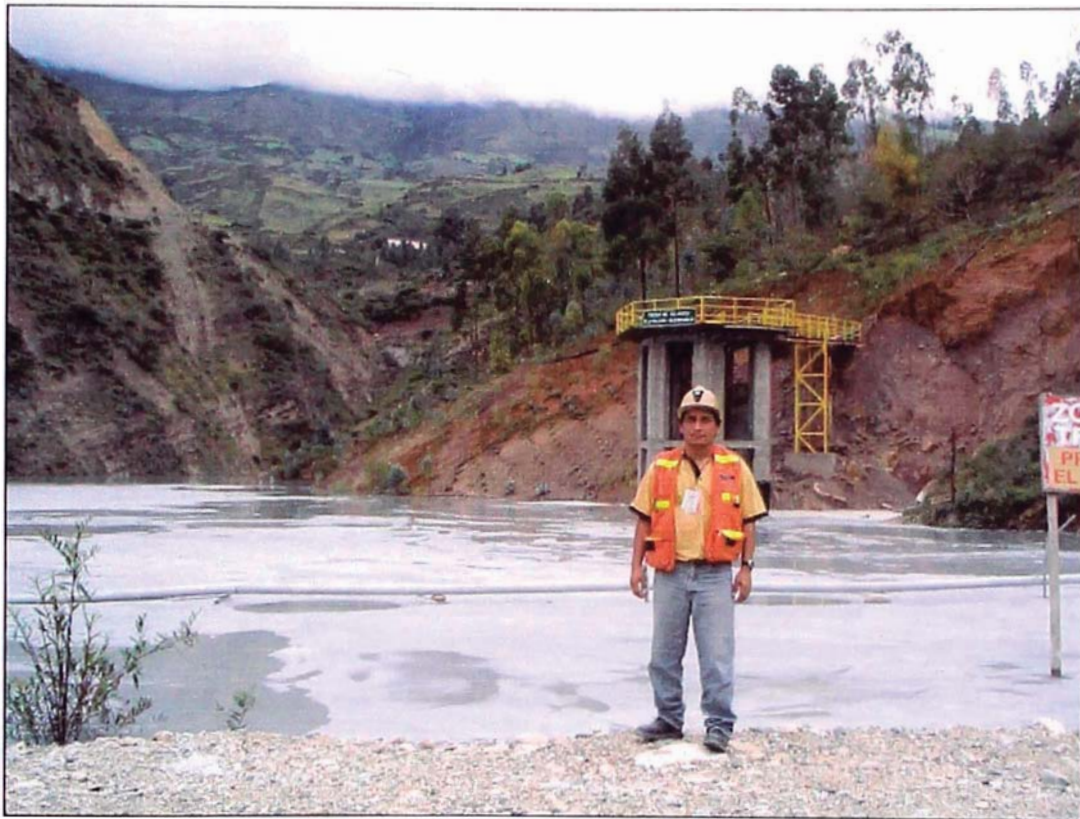


FOTO 33. Supervisor de Obras de parte de Consorcio Minero Horizonte S.A. y autor de la presente Tesis.

BIBLIOGRAFIA

- “Informe Final: Diseño de la Presa de Alpamarca y Planos de Construcción”. Golder Associates. Preparada para Consorcio Minero Horizonte S.A., Dic – 1999.
- “Informe Final: Cambio de Diseño Nueva Sección de Presa Relavera de Alpamarca”. Golder Associates. Preparada para Consorcio Minero Horizonte S.A, Nov – 2000.
- “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”. Ing. Jaime Suarez Díaz. Jul – 1998.
- “La Estabilidad de Taludes en Macizos Rocosos Aplicando el Criterio Empírico de Rotura de Hoek y Brown”. Ing. Roberto Ucar Navarro. Venezuela. 2003.
- “Fundamentos de la Mecánica de Suelos”. Juárez Badillo & Rico Rodríguez. Editorial Limusa – México 1982.
- “Manual de Ejecución de Movimiento de Tierras”. Ing. José M. Docampo López & Ing. Anatoli A. Franivski. Editorial Científico-Técnica, Coedición MTI LTDA .
- “Estudio de Alternativas de depósitos de Relaves - Memoria Descriptiva”. Geoservice Ingeniería SRL, Preparada para Consorcio Minero Horizonte S.A., Abril–1999.
- “Estudio de Alternativas de depósitos de Relaves - Anexo I: Geología – Geotecnia e Hidrología”. Geoservice Ingeniería SRL, Preparada para Consorcio Minero Horizonte S.A, Abril–1999.

- “Estudio de Alternativas de depósitos de Relaves - Anexo III: Análisis de Alternativas”. Geoservice Ingeniería SRL, Preparada para Consorcio Minero Horizonte S.A, Abril–1999.
- “Estudio de Impacto Ambiental del Deposito de Relaves de Flotación Alpamarca”. Consuolt S.A, Preparada para Consorcio Minero Horizonte S.A, Setiembre – 1999.
- “Estudio de Riesgo Sísmico”. Tecnología y Proyectos. Preparada para Consorcio Minero Horizonte S.A. Diciembre – 1998.
- “Sistema de Drenaje Aguas Superficiales Deposito de Relaves Alpamarca.” Geoservice Ingeniería SRL, Preparada para Consorcio Minero Horizonte S.A, Agosto – 2001.