

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA
GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**



**PRESA DE RELAVES CHINCHÁN
EVALUACIÓN Y RESPUESTA A LA ESTABILIDAD FÍSICA Y
QUÍMICA E IMPLICANCIAS AMBIENTALES**

**Informe de Ingeniería
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

**Presentado por:
PEDRO ANGEL SOLÍS SALAZAR**

Lima – Perú

2,000

AGRADECIMIENTO

A mi queridísima madre MARIA SALAZAR ORIHUELA, por creer siempre en mi, por brindarme siempre todo su apoyo y abnegado sacrificio, a mi amada esposa CAROLINA BARRERA DE SOLÍS, por ser fuente e inspiración de voluntad para siempre luchar, por brindarme su incondicional y constante apoyo.

A mis hermanos JOSÉ y RAFAEL, a mis hermanas EDITH, CECILIA y ELVIRA por brindarme su apoyo y constante motivación.

A mis profesores, de labor sacrificada y desinteresada, por brindarnos su amistad, conocimientos y ser ejemplos a imitar, por formar profesionales de reconocido prestigio que caracteriza a nuestra querida Alma Mater UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, profesionales que gracias a las enseñanzas y conocimientos recibidos contribuyen significativamente en el progreso de nuestro querido Perú.

De modo especial, mi agradecimiento a la Empresa Minera Yauliyacu S.A., por darme la oportunidad de formar parte de su equipo y contar con la oportunidad de realizarme profesionalmente, y de igual modo retribuirles con todos mis conocimientos, experiencias y mucho interés en mi labor.

PRESA DE RELAVES CHINCHAN

EVALUACIÓN Y RESPUESTA A LA ESTABILIDAD FÍSICA Y QUÍMICA E IMPLICANCIAS AMBIENTALES

CONTENIDO

DEDICATORIA

RESUMEN EJECUTIVO

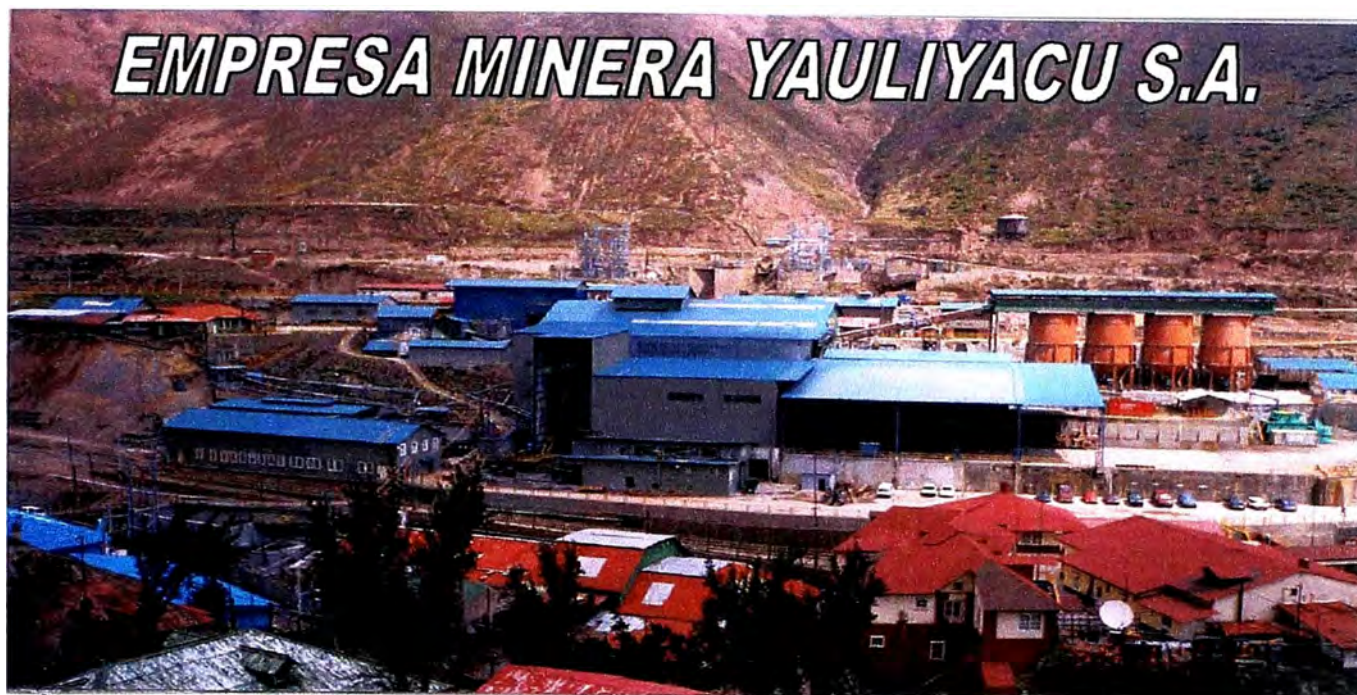
	<u>Página.</u>
1.0. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivos	2
2.0. Ubicación.....	4
2.1. Unidad de Producción.....	4
2.2. Presa de Relaves Chinchán.....	4
3.0. Reseña Histórica en Manejo de Relaves. Unidad de Producción Casapalca	5
4.0. Selección y Ubicación de la Presa de Relaves Chinchán.....	10
4.1. Criterios Básicos	11
4.2. Aspectos Técnicos Económicos Considerados en el Diseño Original.....	13
4.2.1. Aspectos Técnicos.....	13
4.2.2. Aspectos Económicos.....	14
4.3. Aspectos Técnico Ambientales no Considerados en el Diseño Original.....	17
4.4. Conclusiones Sobre la Ubicación de la Presa de Relaves.....	23
5.0. Concepto Original de Diseño.....	25
5.1. Tipos de Presa de Relaves.....	25
5.1.1 Tipo de Presa de Relaves Aguas Arriba.....	25
5.1.2 Tipo de Presa de Relaves Línea Central.....	27
5.1.3 Tipo de Presa de Relaves Aguas Abajo.....	28
5.2. Operaciones Minero Metalúrgicas.....	31
5.3. Relleno Hidráulico para Interior Mina.....	36
5.4. Caracterización del Relave Total.....	38

	<u>Página</u>
5.5. Diseño tipo Aguas Abajo.....	40
5.5.1. Demanda de material U/F ₆₀ . Material para la Presa de Relaves.....	40
5.5.2. Base de diseño.....	45
5.5.3. Análisis Estático y Sismodinámico.....	46
5.5.4. Dique de Arranque.....	48
5.5.5. Drenes Interiores y Sistema de Decantación.....	50
6.0. Evaluación y Respuesta a la Estabilidad Físico – Química en el Estado Actual.....	56
<u>Presa de Relaves Chinchán en 1998</u>	
6.1. Requerimientos y Normatividades Legales en Materia de Medio Ambiente y Presas de Relave en el Perú.....	56
6.2. Evaluación y Respuesta a la Estabilidad Física.....	59
6.2.1. Características de la Cuenca Hidrográfica de Chinchán....	59
6.2.2. Recurrencia de Eventos Máximos.....	60
6.2.3. Balance Hídrico en la Presa de Relaves Chinchán.....	65
6.2.4. Estructuras de Derivación.....	68
6.2.5. Probabilidad de Excedencia del Sismo de Diseño.....	68
6.2.6. Análisis de Estabilidad.....	71
6.2.7. Estabilidad Post – Sismo.....	77
6.2.8. Estado Físico Operacional de la Presa de Relaves Chinchán a fines de 1997.....	78
6.3. Evaluación y Respuesta a la Estabilidad Química.....	82
6.3.1. Climatología.....	82
6.3.2. Caracterización del Relave Depositado en la Presa de Relaves Chinchán.....	85
6.3.3. Sistema de Disposición de Relaves.....	92
6.3.4. Toma de Muestras de Relave.....	96
6.3.5. Toma de Muestras de Efluentes Líquidos.....	99
6.3.6. Procedimiento de Colección de Datos Meteorológicos En el Area de la Presa de Relaves.....	99
6.3.7. Resultados de Análisis de Muestras.	99
6.3.8. Presencia de Actividad Bacterial.....	111
7.0. Trabajos para Mitigación de Riesgos Ambientales.....	115
7.1. Diagnóstico sobre la Evaluación a la Estabilidad Físico – Química de la Presa de Relaves Chinchán.....	115
7.2. Descripción de Trabajos para la Mitigación Física y Química en la Presa de Relaves de Chinchán.....	117
7.2.1. Desarrollo de Trabajos.....	119
A. Mantenimiento de los Accesos en toda la Zona de influencia De la Presa de Relaves.....	119

B. Mantenimiento de los dos Sistemas Principales de Derivación	121
C. Prolongación y Reinstalación del Sistema de Vertedero Tipo Quena en el Estanque de Decantación	122
D. Mitigación Eólica en la Presa de Relaves	124
E. Instrumentación	130
F. Sistema de Clasificación	133
G. Retiro de Material Orgánico en la Base del Dique e Implementación de un Terraplén Filtrante.....	142
H. Tratamiento de los Efluentes Líquidos Provenientes de la Presa de Relaves	144
I. Construcción de la Presa de Relaves Chinchán Basado en el Diseño Original	162
J. Desarrollo Conceptual del Plan de Cierre para la Presa de Relaves Chinchán	165
7.3. Cronograma de actividades del año 1998 al año 2000.....	170
7.4. Cronograma de Inversiones del año 1998 al año 2000.....	172
8.0. Conclusiones y Recomendaciones.....	173
9.0. Anexo.....	176
9.1. Planos.....	176
10.0. Glosario de Siglas.....	I
11.0. Bibliografía.....	II

PRESA DE RELAVES CHINCHÁN

EVALUACIÓN Y RESPUESTA A LA ESTABILIDAD FÍSICA Y QUÍMICA E IMPLICANCIAS AMBIENTALES



RESÚMEN EJECUTIVO

En mayo de 1997, La Unidad de Producción Casapalca perteneciente a CENTROMIN PERÚ S.A. es transferida a la Empresa Minera Yauliyacu S.A. de acuerdo al proceso de privatización de la empresa estatal CENTROMIN PERÚ S.A.

Empresa Minera Yauliyacu S.A. asume la responsabilidad administrativa y compromisos adquiridos por la ex – titular con el Estado Peruano y comunidades cercanas.

Entre los pasivos ambientales identificados y descritos en el PAMA de la Unidad de Producción Casapalca, se encuentran los depósitos de relaves activos y en estado de abandono, y es en virtud a lo estipulado en el contrato de transferencia que Empresa Minera Yauliyacu decide la devolución de las presas en estado de abandono tales como Yauliyacu Antiguo, Yauliyacu Nuevo, Bellavista, Casapalca y Antuquito; así mismo se decide la devolución de la Presa de relaves Auxiliar Tablachaca siendo esta efectiva en junio de 1999.

La única Presa de Relaves activa y bajo la administración de Yauliyacu es la referida a Chinchán.

La Presa de Relaves Chinchán fue construida en 1982 diseñada según el método “Aguas Abajo”. Se tuvo una previa selección y análisis técnico – económica para la ubicación del depósito de relaves, la conclusión de dicha selección es que el Paraje de Chinchán ofrecía las mejores condiciones técnicas desde el punto de vista sísmico y geológico, así como la garantía de operaciones por mayor tiempo de vida resultando esto en un costo operativo mucho menor respecto a las otras alternativas, desde el punto de vista ambiental y de seguridad pública se encuentra alejado de todo poblado, está ubicado en un amplio valle y por su diseño garantizarían su estabilidad física. La estabilidad química actualmente se encuentra estable siempre y cuando se mantengan las operaciones y condiciones actuales.

Las características relevantes del diseño de la presa de relaves son:

Altura Máxima del Dique	90 mt
Cota de Coronación	4,493 m.s.n.m.
Pendiente del Talud	1 V: 2.5 H
Ancho de Corona	10 mt

El sistema de derivación se compone de:

- Túnel de derivación principal, de 1565 mt de longitud y 2.5 mt de diámetro.
- Tubería de concreto (secundario), de 1650 mt de longitud y 1.2 mt de diámetro
- Drenaje interior y vertedero de agua decantada, con 2 tuberías de drenaje y 7 drenes tipo francés.

En cumplimiento de las Leyes vigentes en materia de Conservación y Protección del Medio Ambiente, se desarrolla la Evaluación a la Estabilidad Física y Química de la Presa de Relaves Chinchán en 1998, Los resultados de la evaluación física fueron los siguientes:

- La Presa de Relaves Chinchán es estable Estáticamente manteniendo un Factor de Seguridad Estático igual a 1.44.

- La Presa de Relaves Chinchán es estable Seudo Estáticamente manteniendo un Factor de seguridad Seudo Estático igual a 1.
- La fundación de la Presa fue hecha en material gravo rocoso, se identificaron limos y turba en la base del dique.

Los resultados de la evaluación química fueron:

- El Potencial Neto de Neutralización en el Dique es de $-81 \text{ Kg}_{\text{CaCO}_3} / \text{TMS}_{\text{relave}}$ y en el estanque de finos de $-74 \text{ Kg}_{\text{CaCO}_3} / \text{TMS}_{\text{relave}}$
- El Potencial Neto de Neutralización del relave total es de $-149.8 \text{ Kg}_{\text{CaCO}_3} / \text{TMS}_{\text{relave}}$
- Las condiciones de operaciones actuales y la dinámica de crecimiento de la Presa de Relaves Tipo Aguas Abajo, la alta alcalinidad de la pulpa de relave ($\text{pH} = 10.2$) permite que se mantenga estable químicamente todo el depósito.
- El análisis bacteriológico muestran que no hay presencia de bacterias Thiobacillus Ferroxidans, pero si la presencia de bacterias sulfato reductoras favoreciendo el control de drenaje ácido.

Las condiciones operativas encontradas al momento de la primera inspección realizada a la presa de Relaves fueron las siguientes:

- Pendiente de talud del dique encontrada en la relación de 1V: 2.2 H.
- Nivel freático superior a los 18 mt, según datos existentes.
- Borde libre inferior a 0.5 mt de altura.
- Vertedero de agua decantada incompatible con el crecimiento de la Presa de Relaves y mantenimiento de un considerable embalse de agua en el estanque de finos.
- Accesos a las bocatomas de derivación colapsados
- Sistemas de derivación en evidente estado de abandono
- Personal de operaciones sin capacitación y mal equipado
- Sistema de clasificación deficiente
- Crecimiento del dique de la presa sobre material orgánico y limo arcillosos altamente compresibles.
- Drenes tipo francés invadidos por relaves a falta de prolongación de los mismos.

Los trabajos para mejorar las condiciones de estabilidad física y química fueron los siguientes:

- Recuperación del sistema de construcción de la presa de relaves según el diseño original y las medidas necesarias para su continuidad.
- Retiro de la turba orgánica en la base del dique de la Presa de Relaves.
- Rediseño del sistema de vertedero tipo quena, para agua decantada en el estanque de finos.
- Reducción del espejo de agua en el estanque de finos y recuperación de los drenes interiores tipo francés instalados. Esto permitió una reducción drástica del nivel freático en el cuerpo de la presa de relaves.
- Rehabilitación de todos los accesos e infraestructura civil necesaria, para facilitar el ingreso a las bocatomas de derivación existentes.
- Mantenimiento integral a las bocatomas de derivación principales.
- Recuperación de la pendiente del talud, se aplica un método simple de distribución para relaves y conseguir tal objetivo.
- Evaluación del sistema de clasificación y mejora en la recuperación de gruesos al 53 %.
- Caracterización de los efluentes de la Presa de relaves, demuestran estar dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Energía y Minas. Se considera necesario la construcción de un sistema de decantación y recirculación a Planta Concentradora como agua de tratamiento industrial.
- Capacitación al personal de operaciones en la Presa de Relaves e implementación de equipo de trabajo necesario.
- Construcción de una banqueta de refuerzo en la base del dique con material de desmonte minero.

Existen factores fundamentales a seguir para mantener los niveles de seguridad alcanzados en la presa de relaves, estos son capacitación al personal y supervisión de los trabajos e identificación de trabajos a realizar según como avance el crecimiento de la Presa, fueron estos factores los que conllevaron a presentar un bajo nivel de estabilidad.

Actualmente la Presa de Relaves Chinchán es considerada una de las más estables del país. El presente trabajo resume los trabajos realizados para mejorar y garantizar su estabilidad.

1.0. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La Empresa Minera Yauliyacu S.A. es la actual propietaria de la ex-unidad de producción Casapalca perteneciente a Centromin Perú S.A.

Esta unidad se dedica a la extracción y concentración de mineral polimetálico obteniéndose concentrados de minerales de cobre, plomo, plata y zinc a un ritmo de 3000 TMSD los que son tratados en la planta concentradora de la unidad minera. La capacidad máxima de tratamiento en la planta concentradora es de 3200 TMSD. Las reservas probadas y probables de la mina son del orden de los 7.3 millones de toneladas, con una ley de 0.45 % de cobre, 1.9 % de plomo, 3.7 % de zinc y 285 gr/tn de plata. Las reservas potenciales se estiman en 14.7 millones de toneladas. Toda la extracción se realiza mediante operaciones subterráneas, tanto para vetas como para cuerpos. Los métodos de minado son corte y relleno ascendente, representando un 57% del mineral extraído, y almacenamiento provisional con reducción dinámica para el 43 % restante.

Aproximadamente el 95 % del mineral extraído, es decir, unas 2,850 TMSD, terminan como relaves. El 43 % de los relaves producidos, es decir unas 1,225.5 TMSD, se emplean como relleno de mina, el restante es bombeado a la Presa de Relaves Chinchán.

Históricamente, desde que se iniciaron las operaciones en la localidad de Casapalca por parte de la Cerro de Pasco (años 1917 - 1919), se utilizaron los siguientes depósitos para almacenar relaves:

- Presa de relaves Casapalca (Tipo aguas arriba - abandonada)
- Presa de relaves Bellavista (Tipo aguas arriba - abandonada)
- Presa de relaves Antuquito (Tipo aguas arriba - abandonada)
- Presa de relaves Yauliyacu Abajo (Tipo aguas arriba - abandonada)
- Presa de relaves Yauliyacu Arriba (Tipo aguas arriba - abandonada)
- Presa de relaves Tablachaca (Tipo aguas arriba - abandonada)
- Presa de relaves Chinchán (Tipo aguas abajo - operativa)

Como se detalla más adelante, La Empresa Minera Yauliyacu en virtud y conforme al contrato de transferencia de la Unidad Minera Casapalca, decide devolver las presas de relave en estado de abandono a Centromín Perú para que esta sea la encargada de realizar las mitigaciones necesarias de acuerdo al PAMA presentado al Ministerio de Energía y Minas. La presa de relaves Tablachaca fue cerrada y devuelta, a Centromín Perú, en junio de 1999.

La presa activa actualmente es Chinchán, encontrándose los otros en estado de abandono y recuperación por parte de Centromín Perú. El estado de los depósitos abandonados es químicamente inestable y generadores de drenajes ácidos en su mayoría, los que requieren de mejorías en las pendientes y compactaciones antes de su revegetación, como anteriormente indicáramos está a cargo de Centromín Perú.

Los trabajos para la estabilidad físico Química de la Presa de relaves Chichán están bajo responsabilidad y control de la Empresa Minera Yauliyacu S.A.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos son evaluar el comportamiento a la estabilidad física y química en el estado encontrado a inicios de la nueva Administración por parte de Empresa Minera Yauliyacu y desarrollar los planes de mitigación necesarias para mejorar las condiciones de seguridad y protección ambiental, desarrollando técnicas de manejo, control y proponer un plan de cierre efectivo y técnico económicamente viables.

Como parte de la política en materias de Seguridad y Medio Ambiente se busca:

- Proteger la Vida y la Salud Pública
- Reducir y Prevenir la degradación Ambiental
- Planeamiento para Promover la recuperación para uso productivo de los pobladores de la zona (para ganadería ó agricultura), devolviéndolo a su estado inicial o a una alternativa ambientalmente aceptable.

Para las mejoras en la estabilidad, control y manejo además del Plan de Cierre antes mencionado debe realizarse de acuerdo a las siguientes consideraciones:

a. Estabilidad Geotécnica:

Como resultado de una falla o su deterioro físico, no debe representar un peligro para la salud y seguridad pública, no debe erosionarse o moverse de su ubicación deseada, ya sea bajo eventos extremos o bajo la acción de fuerzas disruptivas constantes a las que pudiera estar sometido durante la vida operativa y luego del abandono.

b. Estabilidad Química:

Buscar la estabilidad química para evitar emanar compuestos químicos o metales al ambiente. El caso extremo ocurre cuando hay alguna inestabilidad química y ocurre la lixiviación contaminando el ambiente durante la vida operativa y después del cierre. En este último caso, se deberá asegurar que la calidad del agua resultante no ponga en peligro la salud y seguridad de los poblados aguas abajo de la ubicación de la presa buscando alcanzar los objetivos de calidad de agua.

c. Area de ubicación:

Se debe considerar lo siguiente:

- Vulnerabilidad geológica, como peligros físicos que naturalmente ocurren en el área emplazada y toda la cuenca involucrada.
- Impacto ambiental actual y las mejoras propuestas
- El uso post – operacional esperado del terreno.
- Productividad de la tierra en el área recuperada.

2.0. UBICACIÓN

2.1. UNIDAD DE PRODUCCIÓN

La Empresa Minera Yauliyacu S.A. se encuentra ubicada a la altura del Km 117 de la Carretera Central al Este de la ciudad de Lima y a 20 Km al Este del poblado de San Mateo como se muestra en el plano N° 1 (ver anexo - 9.1. Planos), a una altitud de 4200 m.s.n.m.

Como principal vía de acceso es la misma Carretera Central hasta el km 115.5 y luego por una trocha afirmada de 0.8 Km. Que es la vía que se utiliza para el transporte de concentrados de mineral.

Políticamente Casapalca se encuentra en el Distrito de Chicla, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima, Región Lima. El poblado más cercano es el pueblo de Chicla, capital del mismo distrito, ubicado a 8 Km aguas abajo de Casapalca en la rivera del río Rímac.

2.2. PRESA DE RELAVES CHINCHÁN

La Presa de Relaves Chinchán se encuentra ubicado en el paraje de Chinchán a 4400 m.s.n.m., al noroeste de Casapalca a 6.5 Km de distancia. Existe un campamento pequeño de la F.C.C. (Ex - Enafer) a 2 km aguas abajo de su ubicación.

Esta zona también pertenece a la jurisdicción de Chicla, Provincia de Huarochirí en el Departamento de Lima, tal como se muestra en el plano N° 1 (ver anexo – 9.1. Planos).

3.0. RESEÑA HISTÓRICA EN MANEJO DE RELAVES – UNIDAD DE PRODUCCIÓN CASAPALCA

Luego que la Cerro de Pasco Corporation de capitales norteamericanos adquiere la propiedad y denuncios de la Backus y Jhonston a fines de la segunda década del presente siglo (inicio y fin de negociaciones entre los años 1917 y 1919), se inician operaciones mineras con un incremento sustancial de tratamiento de mineral, consecuentemente se incrementa la producción de vertimientos líquidos y sólidos, es la producción de relave la más resaltante por la implicancia de impacto ambiental que produce su inadecuado manejo.

Desde inicios de 1920 la Cerro de Pasco empieza con las preocupaciones propias de “donde y como disponer de los relaves”, Las leyes en materia ambiental fueron carentes de todo criterio real y en defensa de la salud, seguridad y del medio ambiente, es de suponer que mucho del relave producido fueron a parar al río Rímac.

En 1974 esta unidad y otras más de propiedad de la Cerro de Pasco pasaron a ser propiedad del Estado con el nombre de Empresa Minera del Centro del Perú S.A. CENTROMIN PERÚ S.A., como consecuencia de la nacionalización efectuada por el gobierno militar de entonces.

Finalmente esta unidad es adquirida por la Empresa Minera Yauliyacu S.A. en Mayo de 1997, en virtud al proceso de privatización de la empresa estatal anteriormente indicada.

La extracción de mineral es convencional y semi-mecanizada, empleándose equipo de perforación neumática y transporte por rieles, Scoops y Jumbos de perforación. Las principales estructuras mineralizadas son vetas, teniendo los cuerpos una menor importancia. La concentración de minerales es típica de flotación polimetálica, con secciones de Chancado, Molienda, Flotación y filtrado.

Producto de las actividades de explotación minera, se encuentra a los costados y a lo largo de los kilómetros 111 al 118 de la Carretera Central depósitos de relave cuyas antigüedades se remontan a mas de 70 años. Son 6 depósitos en condición de “Clausuradas”, y solo uno en actividad, a continuación se realiza breve reseña de cada uno de ellos.

a. Depósito de relaves Casapalca:

Este se ubica en la misma localidad de Casapalca (Km 117.4 Carretera Central) a una altitud de 4200 m.s.n.m.

No se cuenta con información técnica actualizada de cómo nace la primera relavera de entre todas. Su nombre común es “Deposito Casapalca” (entra en actividad aprox. 1919).

El tipo de crecimiento aparente es *Aguas arriba*, se encontraron vestigios de vertederos laterales para eliminar el agua decantada, por las características observadas en el talud aparentemente no se aplicaba la clasificación de material grueso o por lo menos no de modo riguroso.

No aparenta haber contado con drenes interiores por lo que se supone pueda contar con acumulación de agua en su interior. Es un depósito bastante consolidado debido a la oxidación y producto de la cual también se detecta drenaje ácido por toda su base.

Según algunas versiones, hubo un colapso del depósito en los años 40.

Su vida operativa alcanzó los 30 años acumulando aprox. 1'200,000 TMS de relave. Hubo un intento de utilizar la relavera para relleno de mina en 1985, dicho intento no llegó a prosperar y fue abandonada definitivamente.

b. Depósito de relaves Bellavista:

Previniéndose del cierre inminente del depósito de Casapalca, la Cerro de Pasco en 1945 ubica un lugar para un nuevo depósito de relaves.

Esta se ubica a 3950 m.s.n.m. (Km 111 de la Carretera Central)

El tipo de recrecimiento muy similar en características al depósito Casapalca calificado como *Aguas Arriba*, su sistema de decantación y eliminación de agua decantada es similar al de Casapalca y tampoco cuenta con drenes interiores o en la base. Por la antigüedad es un depósito consolidado y productor de agua ácida.

Este depósito trabajó 19 años acumulando un total de 1'220,470 TMS de relave, cabe resaltar que en este período hubo incrementos progresivos en capacidad de tratamiento de mineral.

c. Depósito de relaves Tablachaca:

Ubicada en el kilómetro 114 de la Carretera Central. Inicia sus operaciones en 1949. Sufrió un colapso el año de 1954 por fallas en su sistema de drenaje de aguas decantadas acumulándose el agua hasta la saturación del dique fallando por licuefacción. Tuvo consecuencias fatales, el Jefe de Planta Concentradora, funcionario de la Cerro de Pasco, que circunstancialmente transitaba por el lugar fue alcanzado por la avalancha de relave.

Como depósito de operación normal a sido cerrado 3 veces, al inaugurarse el depósito de Yauliyacu Abajo, Yauliyacu Arriba y Chinchán.

El método de recrecimiento es típico *Aguas arriba* con vertedero metálico tipo quena, sin embargo no cuenta con drenes interiores o en la base.

Se encontraba como depósito de emergencia o auxiliar hasta junio de 1999, tiene acumulado aprox. 3'000,000 TMS.

d. Depósito de relaves Yauliyacu Abajo ó Antiguo:

Depósito de relaves tipo aguas arriba, abandonado el 20 de diciembre de 1983, su vida operativa duró 20 años acumulando un total de 6'289,144 TMS de relave. Este depósito alcanzó una altura de 111 mt, con una pendiente de 22° en el dique.

Cuenta con un sistema de derivación principal consistente en un túnel de derivación.

e. Depósito de relaves Yauliyacu Arriba ó Nuevo:

Fue abandonado en conjunto con el depósito de relaves Yauliyacu Antiguo.

Entra en operaciones en 1977, La característica de recrecimiento es típico aguas arriba acumulando un total de 3'702,283 TMS de relave.

Tanto Yauliyacu antiguo como Yauliyacu nuevo se presentan consolidados, dándoles cierta estabilidad, pero presentan pendientes muy empinadas mismas que deberían ser mejoradas durante el proceso de mitigación y encapsulamiento final.

Ambas cuentan con sistemas de derivación en estado operativo aceptable, sin embargo se deberían de construir canales laterales de alivio para evitar el ingreso definitivo de escorrentías o posibles encausamientos al fallar los sistemas de derivación.

f. Depósito de relaves Antuquito:

Depósito exclusivamente de emergencia, desconocida la fecha de inicio en operación y se podría calificar como un depósito tipo aguas arriba, sin mayores detalles de la aparente existencia de vertederos tipo quena.

Depósito que tiene acumulado un aprox. de 567,000 TMS de relave, dejó de operar en 1995.

g. Depósito de relaves Chinchán:

Ubicada en el paraje de Chinchán, a 6.5 Km de la Planta Concentradora sobre los 4400 m.s.n.m.

Entra en operación el año 1982. Es la única diseñada con sistema de recrecimiento tipo *Aguas Abajo*, cuenta con 2 sistemas de derivación, un vertedero tipo quena, 7 drenes interiores originales y 2 recientemente instalados, es uno de los depósitos que tiene un sistema de recrecimiento seguro, al cual se debe corregir la metodología de recrecimiento con el objetivo de recuperar y mejorar sus índices de seguridad para la estabilidad estática y dinámica. Depósito principal actualmente en operación.

Los depósitos en estado de abandono, tales como Casapalca, Bellavista, Antuquito, Yauliyacu Antiguo y Nuevo, en virtud al contrato de privatización y transferencia (del 01-05-97), se decide la devolución de estas relaveras a Centromin Perú para su mitigación.

Por las mismas condiciones de contrato se decide la devolución del depósito auxiliar Tablachaca a Centromin Perú, concretándose dicha transferencia a fines de junio de 1999.

Se presenta un cuadro resumen de las características de las presas de relave antes descritas en la Tabla N° 1 y observe además el Plano N° 2 (ver anexo – 9.1. Planos), donde se aprecia la ubicación de las presas de relave antes descritas.

Tabla N° 1 - Cuadro Resumen - Presas de Relaves en la Unidad Casapalca.

Nombre	Estado	Fecha Cierre	Tipo de Presa	Cantidad miles TMS	Altura m	Talud °	Antigüedad a 1999	Drenaje Ácido
Casapalca	Cerrado	1949	Aguas Arriba	1,000	40	50	77 años	SI
Bellavista	Cerrado	1964	Aguas Arriba	3,800	84	50	53 años	SI
Yauliyacu Antigo	Cerrado	1983	Aguas Arriba	6,289	111	22	35 años	SI
Yauliyacu Nuevo	Cerrado	1982	Aguas Arriba	3,702	60	22	20 años	SI
Antuquito	Cerrado	1996	Aguas Arriba	492	30	27	N/D	SI
*Tablachaca	Cerrado	*1999	Aguas Arriba	3,000	70	37	49 años	SI
Chinchan	Operación	-	Aguas Abajo	4,828	50	25	17 años	NO

- *Tablachaca: Esta fue cerrada definitivamente el 10 de julio de 1999*

4.0. SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LA PRESA DE RELAVES CHINCHAN

Centromin Perú en 1978 avalúa las alternativas para la ubicación de un nuevo depósito de relaves denominada “Posibilidades de Solución a larga Duración” (20 años como mínimo), se presentó un informe en aquella oportunidad, evaluando alternativas y entre las que se consideran están:

Quebrada Corina

Quebrada Tablachaca (Tablachaca II)*

Quebrada Chinchan

** En la propuesta inicial para Tablachaca se considera la posibilidad de construir 2 presas tipo aguas abajo uno a continuación de la otra. Esta fue desestimada por completo dado las limitancias geográficas y peligro de colapso de la presa de relaves Tablachaca existente. Finalmente solo se efectúa la evaluación para una sola denominada Tablachaca II.*

El informe concluye que la vía más aceptable es la Alternativa “Quebrada Corina”.

Funcionarios especializados de Centromín Perú, evalúan nuevamente las alternativas, internamente se decide realizar un nuevo análisis con nueva información bajo lineamientos básicos planteados por el informe inicial el cual sirvió de base.

El replanteo considera las siguientes observaciones:

Alternativa Corina: Ubicada en Antarranra, necesita mayor análisis de costos.

Alternativa Tablachaca II: Con dos posibles ubicaciones, a 1 y 3 kilómetros aguas arriba de la existente relavera de Tablachaca. Se considera la segunda opción. Sin embargo la vulnerabilidad geológica y la existencia de la relavera Tablachaca II elevan los riesgos ante un colapso.

Alternativa Chinchan: Se planteó una reubicación del Ferrocarril adicionándole un costo al proyecto. Se concluye que no es necesario tal reubicación dada la bondad y amplitud de la quebrada.

Observe el plano N° 3: Plano Aero fotográfico – Ubicación de Alternativas (ver anexo – 9.1. Planos).

4.1. CRITERIOS BÁSICOS

- Sismicidad

El Perú está ubicado en una de las regiones de actividad sísmica más activas del mundo (Vick 1949), el registro de movimientos telúricos es impresionante, tanto por la dimensión de los eventos como por el período de registro que comprende más de 400 años.

La unidad minera de Casapalca está ubicada en la región fisiográfica peruana conocida como sierra. Esta región, los eventos sísmicos predominantes tienen una profundidad de 70 a 300 Km. Sin embargo, también ocurren sismos superficiales de resonancia debido a fallas de simpatía por el empuje principal de la subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa continental sudamericana.

El Instituto Geofísico del Perú clasifica a la ubicación de la Unidad Casapalca como de alta sismicidad.

- Capacidad y Altura:

Se plantea una altura de 90 mt, del pie a la cresta del dique, por la estabilidad física y la sismodinámica de la zona no es recomendable llegar a más.

- Caudal de riachuelos y Derivación de aguas:

Se considera como parámetro base el calculado y presentado en el informe inicial para el estudio, este es de $1.6 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Km}^2$ (valor obtenido para la quebrada Corina – Antarranra).

Por la caprichosa geología se tendrían que construir túneles de derivación que crucen de forma lateral y sobre las relaveras con un sistema auxiliar de desvío por contingencia (canal abierto o tubería).

La hidrología de esta región está controlada por dos marcadas estaciones, invierno y verano. Aproximadamente el 85 % de la precipitación anual ocurre durante el invierno (diciembre – mayo). La precipitación promedio anual varía entre 900 a 950 mm, mientras que la evaporación varía entre 1,000 y 1,100 mm

- Conducción de relaves:

Los sistemas conocidos son el bombeo y por gravedad, en algunos casos mixtos como el de Tablachaca.

Es precisamente Tablachaca la más favorecida por contar ya con un canal de conducción de relaves el cual tendría modificaciones mínimas para adecuarse al nuevo sistema y un nuevo diseño de bombas.

- Sistema de disposición de relaves:

El mejor sistema recomendado es el tipo *Aguas Abajo*.

Para tal efecto sería necesario la construcción de un dique de arranque y cama filtrante.

- Condiciones Geológicas:

De acuerdo a la calidad de rocas se tiene:

Pórfido Carlos Francisco: Roca ideal para túneles, se tiene como referencia el túnel de Yauliyacu con 6 % de pendiente y muy poca erosión.

Volcánicas Tablachaca: Poco componente para un túnel, es necesario el revestimiento adecuado, se deteriora con facilidad.

Capas Rojas: De las peores condiciones para un túnel, necesitaría sostenimiento en la excavación y revestimiento muy costoso se tiene referencia de este en Graton Túnel próxima a San Mateo (Km 97 Carretera Central).

Los taludes de la región son en general bastante empinados y la cobertura de suelo es escasa. Producto de esto, la respuesta en términos de escorrentía es inmediata a los eventos de precipitación asociados.

4.2. ASPECTOS TÉCNICO ECONÓMICOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO ORIGINAL

4.2.1. Aspectos Técnicos:

Técnicamente todas las alternativas son aceptables siempre que cumplan con las condiciones de diseño y construcción pertinentes.

Se extraen las siguientes ventajas y desventajas de cada alternativa:

- **Corina**

Ventajas:

- Depósito cercano a Planta Concentradora
- Línea de conducción corta
- Menor altura de bombeo
- Acceso existente al área.

Desventajas:

- Capacidad para aprox. 19 años
- Reubicación de torres y líneas de alta tensión
- Reubicación de líneas de agua potable
- La presa se ubicaría aguas arriba del campamento Embarcadero (muy peligroso).
- Construcción de una derivación a través de un túnel de aprox. 1.6 Km.

- **Tablachaca I (1 Km aguas arriba del depósito existente)**

Ventajas:

- Uso de canal existente
- Corta línea de bombas.

Desventajas:

- Capacidad sólo para 11.5 años (a 2500 TCSD de tratamiento diario en 1979)
- Ubicado aguas arriba de otro depósito de relaves

Costosa habilitación de una nueva vía de acceso (3.3 Km)

Cuenta con la mayor cuenca hidrográfica

Túneles de derivación muy costosos.

- **Tablachaca II (3 Km aguas arriba del depósito existente)**

Ventajas:

Es el segundo de mayor capacidad y uso del canal existente.

Desventajas:

Las mismas condiciones desfavorables que Tablachaca I

Ubicado muy alejado de la Planta Concentradora.

- **Chinchan:**

Ventajas:

Depósito con la mayor capacidad (para 35 a 40 años a 2500 TCSD de producción)

Comparativamente cuenta con la cuenca hidrográfica de menor tamaño

Un solo túnel de derivación de menor longitud y sección

Accesos existentes, menor requerimiento de gruesos v.s. finos

Gran área abierta y plana

Menor inversión inicial

Menor costo por tonelada de mineral tratado

Se descarta la posibilidad de reubicación de la línea del ferrocarril. La presa llegaría antes.

Desventajas:

Dique de arranque de mayor longitud

Mayor altura de bombeo

La más alejada de Planta Concentradora.

En la Tabla N° 2 se resume las observaciones Técnicas descritas anteriormente

4.2.2. Aspectos Económicos:

Estos se suman en la Tabla N° 3

Tabla N° 2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS RESALTANTES
(Cálculos estimativos - 1978)

ALTERNATIVA	CORINA	TABLACHACA I	TABLACHACA II	CHINCHAN
CAPACIDAD (H = 90m.)	9' 100,000 m ³	5' 500,000 m ³	9' 600,000 m ³	12' 600,000 m ³
VIDA (2500 TCSD)	19 años	11.5 años	20 años	35 años
LONGITUD DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE RELAVES (TOTAL)	2260 m	4750 m	5250 m	5900 m
ALTURA DE BOMBEO (DINÁMICA)	300 m	250 m	400 m	450 m
SECCIÓN Y LONGITUD DEL TÚNEL PRINCIPAL (Metros) x (Kilómetros)	(3.5 x 3.5) (1.6 Km)	(3.7 x 3.7) (1.7 Km)	(3.5 x 3.5) (2 Km)	(2.7 x 2.7) (1.5 Km)
CARRETERA NUEVA	2 Km	3.5 Km	7 Km	2 Km de carretera por reafirmar una ya existente
TIEMPO ESTIMADO DE HABILITACIÓN	24 MESES	30 MESES	36 MESES	18 MESES

Tabla N° 3
ASPECTOS ECONÓMICOS PRINCIPALES
(Cifras en millones de soles – 1979. Tipo de cambio en 1979, US \$ 1 = 423.05 soles)

ALTERNATIVA			CORINA	TABLACHACA I	TABLACHACA II	CHINCHAN
	ASPECTO	INTERES	TIEMPO			
1.00 INVERSIÓN INICIAL			537	611 (588)	695	540
2.00 VALOR PRESENTE						
			19 AÑOS	11.5 AÑOS	20 AÑOS	35 AÑOS
2.10 OPERACIÓN VIDA TOTAL	i = 15%		617.56	702.65 (676.2)	799.25	620.99
2.20 OPERACIÓN VIDA 10 AÑOS	i = 15%		579.4	690.67 (664.76)	746.25	563.14
2.30 OPERACIÓN VIDA 20 AÑOS	i = 15%		***	***	799.25	586.28

NOTA:

La vida del depósito se determinó considerando una operación de la Planta a 2500 TCSD en 1979
"(")" indica el uso del antiguo canal para Tablachaca I

Se descartan las alternativas de Tablachaca I y Tablachaca II, por los altos costos de inversión y operación (4 túneles y 2 estaciones de bombas) y que a valor presente resultó muy elevado

Se descarta Corina, por no significar una rentable inversión que no justifica un período de operación corto y el peligro que significa para la población del campamento que allí se construiría (en 1980 - campamento Embarcadero).

Por otro lado, la gran capacidad de almacenaje, por el tiempo de vida y por los costos bajos es que preferentemente se opta por la alternativa *Chinchán*, como conclusión al informe presentado inicialmente y al análisis posterior realizado es que se decide finalmente la ejecución del Proyecto Presa de Relaves Chinchán.

Dicho Proyecto sería Elaborado por Bustamante & Wulliams y sus Asociados COOPA y DEETCO (1980 – 1981), Diseñado por C&M Consultores y ejecutado por Centromin Perú S.A.

4.3. ASPECTOS TÉCNICO AMBIENTALES NO CONSIDERADOS EN EL DISEÑO ORIGINAL

La garantía de la estabilidad físico-química y la protección medioambiental exigen altos niveles de ingeniería con miras a minimizar riesgos de colapsos productos de malos diseños u omisiones de carácter insoslayable sobre las posibles causas de colapso, drenaje ácido, infiltraciones, material particulado en suspensión, etc. en un depósito de relaves.

Por la geología particular donde se ubican las unidades mineras nuevas y existentes, el represamiento superficial fué y seguirá jugando un papel importante.

Entre los factores a ser considerados técnico y ambientalmente se tienen:

- Fallas activas e inactivas:

El Perú se ve afectada por sismos producto de interacción entre las placas de Nazca con la Sudamericana, y por interacción intraplaca asociados a fallas activas estas últimas se ubican en la Cordillera de los Andes con magnitudes menores a 6.5 en la escala de Mercali modificado y profundidad focal.

Evitar las fallas inactivas puestas que estas pueden ser activadas por la presión ejercida del peso de la presa de relaves.

Es en los Andes Orientales del Perú donde existen fallas activas, se tiene que considerar en los diseños de riesgo sísmico asociado a presas de relave.

- Vulnerabilidad geológica:

Denominado así a los derrumbes activos o fenómenos periglaciares, formaciones de colapso o deslizamiento continuo o inminente, como conos de deyección o conoides, tamaño de cuenca, existencia de lagos, etc.

Es preferible evitar zonas con deslizamientos sobre la zona de ubicación de la presa de relaves y mucho mas si se encontrase aguas arriba. Los deslizamiento sobre la presa podrían generar perturbaciones simples a situaciones muy peligrosas. Los deslizamientos dentro de la Cuenca a la que pertenece la ubicación seleccionada podrían generar:

Avalanchas de lodo y piedra al unirse al cauce de ríos existentes.

Represamientos de agua, producto del bloqueo de los causes de ríos por deslizamientos de lodo y piedra, que podrían presentar una aparente estabilidad o de inminente colapso ante la presión de agua.

Lograr desviar cursos de naturales de los rios o cursos de agua existentes.

Deslizamientos menores antecede a debilitamientos de laderas

Los eventos anteriores podrían tener implicancia en saturación de los sistemas de derivación y el colapso de dichas derivaciones o el ingreso directo de material y agua hacia la presa con su probable debilitamiento previo al colapso. La evaluación sobre ubicación de una presa de relaves, por tanto, debe incluir un estudio de vulnerabilidad geológica mucho mas amplia y detallada que implique toda la cuenca aguas arriba de la zona seleccionada.

- Actividad minera:

No ubicar presas de relave en las cercanías a las zonas activas de explotación mincra o sobre ellas (explotación subterránea), tampoco sobre labores mineras abandonadas.

- Aguas subterráneas:

De preferencia evitar lugares saturados de manantiales o altas presiones de agua subterráneas, zonas de afloramientos de nivel freático elevadas. El diseño de drenes interiores para la evacuación de este tipo de afluentes, debe considerar una evaluación adicional del incremento en época de lluvias. Es preferible construir las derivaciones de causes de riachuelos o ríos por debajo de la ubicación de la presa de relaves.

- Una de las apreciaciones mas resaltantes es la ubicación de los depósitos de relave sobre cursos de agua como riachuelos, ríos, etc, activos como se menciona líneas arriba. La implicancia inmediata es la infraestructura de derivación y el peligro latente de avenidas máximas que pongan en peligro la estructura de derivación y la estabilidad del depósito.
- Poblaciones cercanas, Beneficio e Interés Socio Económico:

No ubicar presas de relave aguas arriba de una población, tampoco demasiado cercana por los peligros que representa un depósito en actividad para la población (poza de finos, aguas contaminadas, drenaje ácido, partículas en suspensión, equipos electromecánicos y equipo pesado, etc).

Actualmente se deben considerar brindar apoyo al desarrollo y bienestar a las poblaciones cercanas o afectadas por la construcción y operación de cualquier variable de la actividad minera. Como se menciona líneas antes, no existe población cercana a la presa de relaves.

- Drenaje líquido ácido y partículas en suspensión:

Una presa de relaves es proclive a la generación ácida, y a la presencia de partículas en suspensión ante la presencia de vientos, en el concepto de diseño se deben contemplar las mitigaciones, monitoreos y seguimientos respectivos evitando su ingreso a cursos de agua cercanos o corrientes subterráneas por infiltración.

- **Efluentes Líquidos Industriales y Calidad de agua:**

Las presas de relaves cuentan con efluentes líquidos considerados como Industriales por el Ministerio de Energía y Minas y mantenerlos según reglamento bajo los límites máximos permisibles (R.M. N° 001-96-EM/VMM). El control tratamiento y/o neutralización son obligatorios antes de que estos ingresen a los cuerpos receptores mayores. Este se tendrá que realizar durante la vida operativa de la presa de relaves y después del cierre.

- **Ecosistema**

- **Flora:** La flora de la zona influenciada de la mina Casapalca es diversa. Se han identificado 11 familias y alrededor de 30 géneros, los cuales presentan más de una especie. La lista taxonómica se presenta en la tabla N° 4, estas no representa la diversidad de la zona , pues es sólo rígida a las especies de muestreo definidas en los diferentes ecosistemas circundantes a la zona de emplazamiento de la presa de relaves.
- **Fauna:** El inventario de faunas presenta el cuadro taxonómica de la fauna en la tabla N° 5, al igual que la flora, aquí también es exclusividad de la zona de influencia de la presa de relaves.
- **Clasificación de zona:** En base al Mapa Ecológico de la ONERN 81976, el área de influencia de la presa de relaves esta comprendida en la zona de Vida Tundra Pluvial – Alpino Tropical (tp – AT), que ocupa geográficamente la franja inferior al piso nival, entre los 4,300 y 5,000 metros de altitud a lo largo de la Cordillera de los Andes. Pertenece a la Provincia de humedad *superhúmedo*.

Tabla N° 4 – Flora de la Zona de influencia de la Presa de Relaves Chinchán

Familia	Especie	Nombre Común
Asteraceae	Liabum sp	Puña puña
	Achirocline sp	Huirahuayo
	Baccharis sp	Taya
	Baccharis sp	Tictitici
	Chuquiraga sp	Huamanpinta
	Hypochoerys sp	Pilli pilli
	Mutisia sp	Chinchircuma
	Perezia sp	Escorsonera
	Senecio sp	Wira wia
	Taraxacum sp	Diente de león
	Vigeria sp	Sunchu
Buddleiaceae	Buddleya sp	Colle
Fabaceae	Lupinus sp	Tharhui
	Astragalus sp	Garbancillo
Loasaceae	Cajaphora sp	Ortiga colorada
	Loasa sp	Ortiga brava
Malvaceae	Sp	
Plantaginaceae	Plantago sp	Llantén
Poaceae	Aciachne sp	Pacu pacu
	Avena sp	Avena
	Calamagrostis spp	Ñapa pasto
	Eleocharis sp	Velita
	Poa sp	Hierva
	Spp	Césped
	Spp	Ichu
Rosaceae	Alchemilla erodifolia	Sillu sillu
	Alchemilla spp	Sillu sillu
	Margiricarpus sp	Canya
Scrophulariaceae	Calceolaria sp	Zapatito
Urticaceae	Urtica sp	Ortiga menor

Tabla N° 5 - Fauna en la Zona de Influencia de la Presa de Relaves Chinchán

Orden	Familia	Especie	Nombre común	
Aves				
Falconiformes	Accipitridae	<i>Buteo polyosama</i>	Aguilucho común	
	Falconidae	<i>Falco espasverius</i>	Halcón americano	
Craradriiformes	Thinocoridae	<i>Attagis gayi</i>	Kulle kulle	
	Charadriidae	<i>Ptilocelys resplendens</i>	Lique lique	
	Laridae	<i>Larus serranus</i>	Gaviota serrana	
Columbiformes	Columbidae	<i>Metriopelia melanoptera</i>	Tórtola cordillerana	
Apodiformes	Apodidae	<i>Aeronautes andecolus</i>	Vencejo andino	
	Trochilidae	<i>Oreotrochelius</i>	Picaflor cordillerano	
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Pito o gargancha	
Passeriformes	Furariidae	<i>Geositta cunicuaria</i>	Pampero común	
		<i>Geositta saxicolina</i>	Pampero andino	
		<i>Geositta tenuirostris</i>	Pampero pico largo	
	Tyranniidae	<i>Ochtoeca leucophyris</i>	Pitajo gris	
		<i>Ochtoeca oenanthoides</i>	Pitajo rojizo	
			<i>Muscisaxicola</i>	Dormilina Chica
		Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>	Mirlo acuático
		Turdidae	<i>Tardus chiuanco</i>	Chihuanco
		Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero
	Hirundinidae		<i>Notiochelidon</i>	Golondrina andina
			<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina plumiza
		Motacilidae	<i>Anthus furcatus</i>	Cachirla pico corto
			<i>Anthus bogotensis</i>	Cachirla andina
		Frigillidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	Plomito pequeño
			<i>Phrygilus unicolor</i>	Plomito grande
			<i>Phrygilus alandinus</i>	Fringilo de cola blanca
			<i>Carduelis uropygialis</i>	Jilgero cordillerano
			<i>Sicalis uropigialis</i>	Trile alto andino
				<i>Zanotrichia capensis</i>
	Ploceidae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión americano	
Anfibios				
Anura	Bufonidae	<i>Bufo spp</i>	Sapos	
	Leptodactylidae		Sapos	
Mamíferos				
Carnívoa	Mustelidae	<i>Conepatus rex</i>	Zorrillo	
Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium peruvianum</i>	Vizcacha	
	Cricetidae	<i>Akodon sp</i>	Ratones	
		<i>Phyllotis sp</i>	Pericotes	
Domésticos				
Artiodactyla	Camelidae	<i>Lama glama</i>	Llama	
		<i>Lama paco</i>	Alpaca	
		<i>Ovis sp</i>	Oveja	
Perisodactyla	Equidae	<i>Equus caballus</i>	Caballo	
		<i>Equus asinus</i>	Asno	

4.4. CONCLUSIONES SOBRE LA UBICACIÓN DE LA PRESA DE RELAVES

1. La ubicación mas apropiada, desde el punto de vista técnico – económico y ambiental es Chinchán. Por contar con la mayor capacidad, el costo por tonelada depositada resulta menor, y brinda seguridad operativa por un largo tiempo (a más de 30 años).
2. Desde el punto de vista geosísmico, el paraje de Chinchán no registra la presencia de fallas activas o inactivas.
3. La cuenca de menor tamaño es la de Chinchán. Ayuda mucho el que no se cuente con cuencas grandes por la evidente vulnerabilidad geológica, grandes avenidas, etc.
4. No existe población cercana a la ubicación de la presa de relaves.
5. Aunque no fuera considerado, aguas abajo de la ubicación de la presa existe lugar suficiente para considerar la ubicación de un Wetland para el tratamiento de las aguas residuales propias a la decantación o filtración de la presa de relaves. Esta facilidad no se repite en las otras consideraciones evaluadas.
6. El paraje de Chinchán, como se muestra en la fotografía N° 1, antes de la construcción de la presa, es un valle naciente que se abre rápidamente a una explanada más tendida y de grandes dimensiones, esto podría minimizar el impacto frente a un posible colapso de la presa de relaves. La ubicación propuesta de las otras presas de relave, se ubican muy cercanas a la Carretera Central o alguna población aguas abajo y por la característica geológica de esta zona (valles muy empinados) conllevaría a una catástrofe.
7. La flora y fauna, en general el ecosistema no sería perjudicado y se prevería que para el cierre se recuperaría el área para volver a formar parte de la biodiversidad natural del lugar.



Fotografía N° 1
Paraje de Chinchán - Ubicación Seleccionada (1, 978)

Bajo las normativas ambientales actuales, si se hubiere optado, bajo sustentos técnico económicos, cualquiera de las otras alternativas, por las implicancias ambientales y las consecuentes mitigaciones, serían mucho más cuestionables y de mayor riesgo. Se considera entonces a Chichán como la mejor ubicación y que sujeto a las actuales normas de seguridad y medio ambiente fue la más acertada, y que por su capacidad es la más indicada para operaciones en la mina.

5. CONCEPTO ORIGINAL DE DISEÑO:

5.1. TIPOS DE PRESAS DE RELAVE

El depósito superficial de material de desecho como es el caso de relaves y desmontes constituyen actualmente una de las preocupaciones ambientales más críticas por la implicancia y perjuicio ambiental al que conllevan. De allí la búsqueda de mejores técnicas de diseño estructural para este tipo de depósitos, en especial de los relaves.

Las presas de relave se caracterizan por su construcción en etapas, el depósito generalmente se inicia con un dique de arranque que es construido de material de préstamo con características en permeabilidad superior al relave clasificado, con granulometría gruesa garantizando la estabilidad estructural del dique hasta el fin de operaciones del mismo, las bases son sobre suelo rocoso y despejado de material orgánico o limo arcilloso.

Indiferente al tipo de material empleado en el dique de arranque, existen tres tipos básicos de diseños de presas de relaves, estas son Aguas Arriba, Línea Central y Aguas Abajo.

5.1.1. Tipo de Presa de Relaves Aguas Arriba

En la figura N° 1 se muestra el método de crecimiento Aguas arriba. Luego que el dique de arranque es construido, los relaves son descargados periféricamente desde su cresta para formar una playa. La playa formada viene a ser la fundación para un segundo dique perimetral, este continua a medida que se incrementa la altura de la presa. De este modo se forman playas competentes para soportar los diques posteriores.

La ventaja de este tipo de presas radica en su bajo costo de construcción, puesto que es por única vez la remoción de suelo orgánico e instalación de drenes y simplicidad de construcción. Para la construcción de los diques posteriores es necesario un mínimo de material de préstamo ó material grueso clasificado, es la razón de la facilidad de tan rápido crecimiento con referencia a otros tipos de presas de relave.

Antiguamente este tipo de presas no contaban con sistemas de drenaje alguno, como las relaveras antiguas de la Unidad Minera Casapalca, anteriormente indicada, y que en el caso de

las presas de relave Yauliyacu Antiguo, Tablachaca y Casapalca colapsaron por saturación de agua en su interior y las tres fueron construidas por este tipo de construcción.

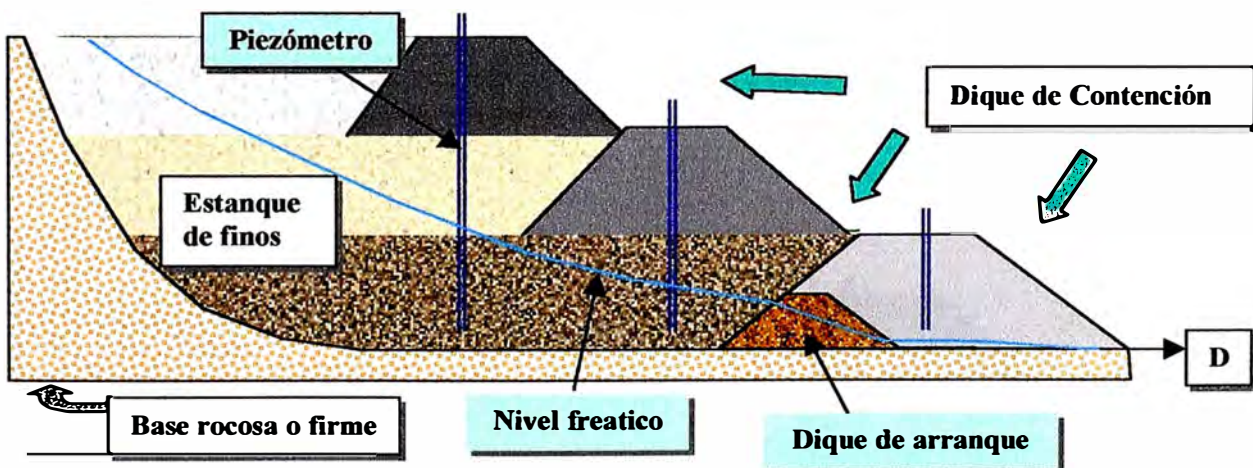
Los diseños actuales contemplan que los diques de contención ya sean altamente permeables, con drenes en cada etapa de crecimiento y compatibles con los drenes de la fundación asegurando su escurrimiento.

Esta fue una de las limitaciones más comunes de este tipo de presas de relave, el mantener un considerable nivel freático interior.

Entre otras de sus limitaciones se encuentra el límite de capacidad y su vulnerabilidad sísmica por la alta saturación que ofrecen este tipo de depósitos los cuales concluyen en licuaciones y avenidas devastadoras.

Por lo mismo este tipo de presas es inapropiada para terrenos con grados elevados de sismicidad como es el caso de la zona de influencia de la localidad de Casapalca.

Fig. N° 1. PRESA DE RELAVES TIPO AGUAS ARRIBA



5.1.2. Tipo de Presa de Relaves Línea Central

Este tipo de construcción deviene de la mixtura entre el método aguas arriba y aguas abajo, comparte hasta cierto nivel las ventajas de ambos métodos, minimizando su partes negativas.

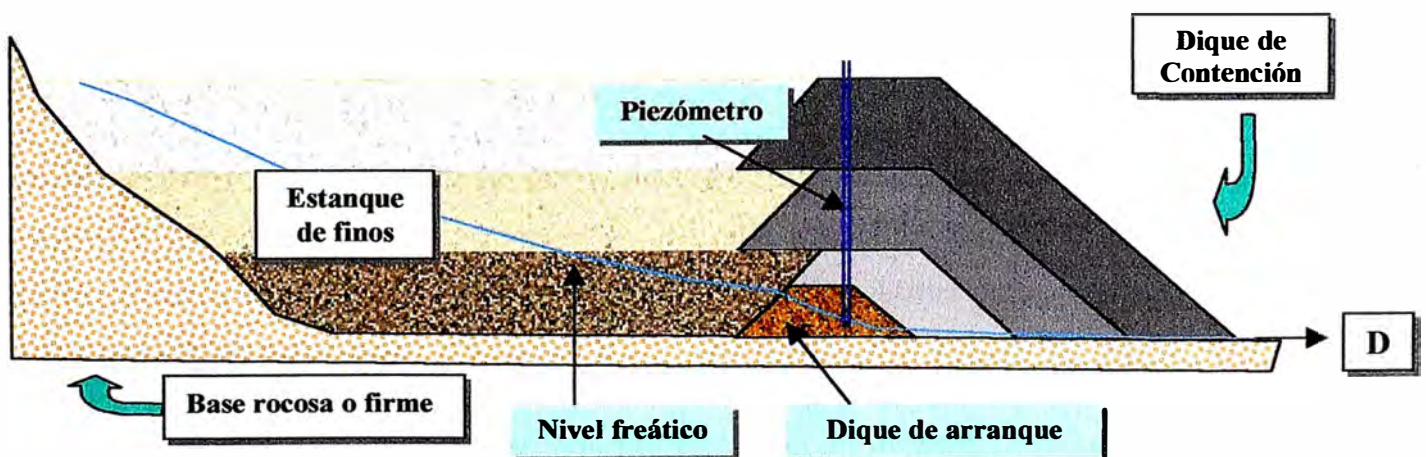
Un ejemplo esquemático de este tipo de presas se muestra en la figura N° 2, se inicia con el dique de arranque, el cremiento es sucesivo al dique de arranque verticalmente sin desplazamiento de la corona manteniéndose en un eje vertical imaginario.

El sistema de drenaje es más dinámico y mejor controlado por drenes interiores que colectan el flujo interior del estanque de finos, este se compatibilizan con el dren principal del dique de arranque y se une a los drenes colectores del mismo dique. De este modo existe un buen control. Se puede crear diferentes tipos de drenajes en el dique mismo (drenes verticales, drenes instalados en paralelo al talud aguas arriba de cada etapa de crecimiento, etc.)

La debilidad en este tipo de presas es que mantiene un nivel inferior de resistencia a la licuefacción cuando el nivel freático es relativamente elevado, en comparación con el método de construcción Aguas Abajo.

Su resistencia sísmica es buena, el criterio de selección se basa en la disponibilidad de material grueso v.s. finos, las cuales definen capacidad y altura del depósito.

Fig. N° 2 – PRESA DE RELAVES TIPO LÍNEA CENTRAL



5.1.3. Tipo de Presa de Relaves Aguas Abajo:

Este tipo de presa se inicia con la construcción de un dique de arranque. El material grueso clasificado y depositado en el dique no tiene oportunidad de mezcla con la lama fina, formando un solo cuerpo de contención.

Estructuralmente este tipo de presas están conformados por dos elementos principales:

- Dique de Arranque : Estructura física de contención.
- Depósito de finos : Lugar de reposo hidráulico o estanque de sedimentación.

Este tipo de estructura permite la permeabilidad a través de todo el cuerpo del dique y compatibles al terraplén filtrante instalado en la base, estos a su vez conectados a la red de drenes interiores provenientes del estanque de finos. Los diseños actuales combinan formas de drenajes compatibles a los taludes del dique aguas arriba de tal forma que drenan el agua acumulada que logre mantenerse en el estanque hasta el borde libre del dique.

El nivel freático es muy bien controlado por el sistema de drenes interiores. Entre las ventajas importantes se ubica su elevada capacidad de almacenamiento en comparación a los otros tipos de diseños., su mejor control de nivel freático y su apreciable estabilidad sísmica en zonas de regular a alta intensidad.

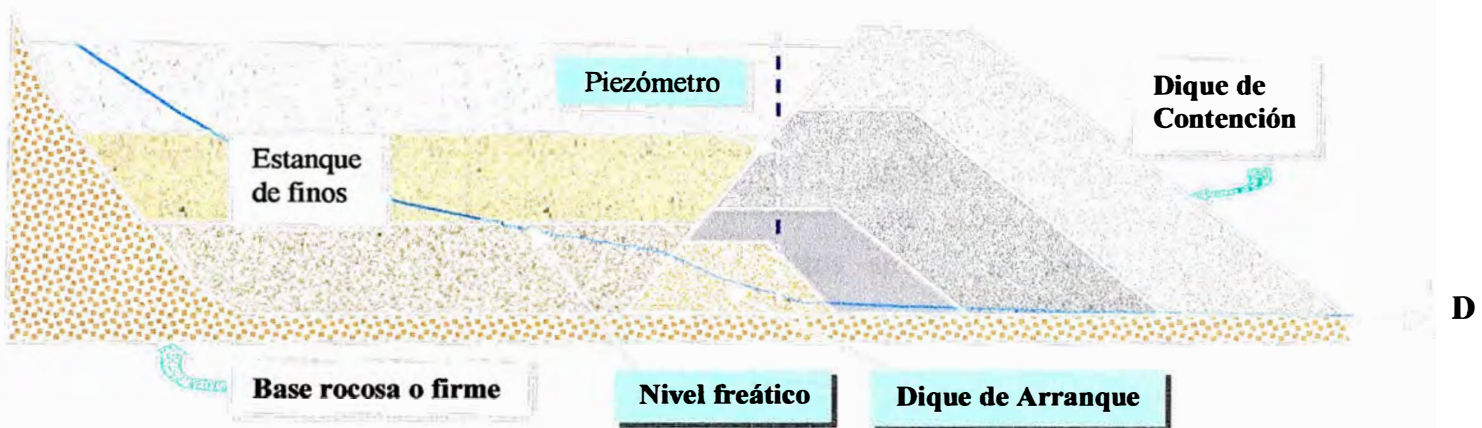
La desventaja radica en su demanda de material grueso, en gran cantidad para la construcción del dique, afortunadamente en Casapalca se produce uno de los relaves más gruesos favoreciendo la resistencia del dique, y que a la vez dicho dique permite la compactación de su talud con menos riesgos de complicación, a diferencia de los otros tipos de construcción de presas.

Se debe elaborar curvas de la demanda de material grueso v.s. altura, ambos definidos por la topografía del emplazamiento y perfilar la demanda a medida que la presa crezca y exija mayor demanda pero a la vez exhiba mayor capacidad, esto último permite cubrir la demanda si se maneja adecuadamente.

Se debe considerar la posibilidad de la construcción de un dique de arranque elevado de tal manera que permita la acumulación suficiente de material grueso para la siguiente etapa de

crecimiento y guardar un margen o porcentaje de almacenamiento adicional para continuar con en almacenamiento de material grueso para la siguiente etapa y sucesivamente mantener la capacidad de reserva permitiendo brindar tiempo para la acumulación de material grueso a la etapa siguiente. La figura N° 3 muestra el tipo de construcción “Aguas abajo”.

Fig. N° 3 – PRESA DE RELAVES TIPO AGUAS ABAJO

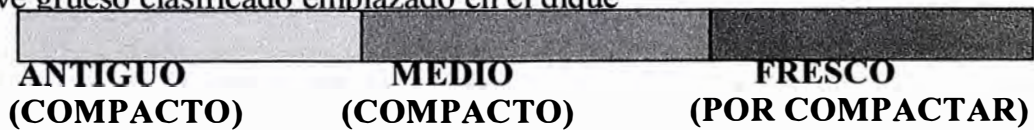


Nota: La diferenciación de humedad y edad relativa de los relaves se configura de la siguiente manera:

Relave depositado en el estanque de finos



Relave grueso clasificado emplazado en el dique



- El drenaje interior de cada depósito de relaves esta representado por “D”

El material conformante del dique, para el caso explícito de Chinchán, debe ser compactado periódicamente hasta un 90% de la densidad máxima relativa, este material es el producto grueso de la clasificación de hidrociclones y cuyos finos van al estanque de decantación.

La compactación se efectuará de tal modo de desarrollar la suficiente resistencia estática y dinámica disminuyendo la probabilidad de licuefacción por sismos.

La base de fundación se preparará mediante la excavación y remoción del material débil (arcillas, orgánicos, limos, etc) altamente comprensibles y relativamente impermeables. Lo mismo se efectuará a medida que el depósito crezca “Aguas Abajo”.

Se cuenta con un sistema de drenaje en la fundación para aliviar filtraciones propias de la decantación y del aporte de infiltraciones de manantiales y así reducir la presión sobre el dique. El dique drenará para minimizar los efectos adversos de filtraciones sobre su estabilidad.

La evacuación del agua decantada se practica mediante un decantador vertedero que será prolongado periódicamente, diseñado para eliminar el agua de la decantación de finos del hidrociclón y a la vez se aprovechará como vertedero para descargar el flujo de la lluvia que llegue al depósito sin poder ser controlado por los sistemas de derivación.

5.2. OPERACIONES MINERO METALÚRGICAS

MINA

NIVELES

La mina subterránea de Yauliyacu está dividida en 23 niveles, los cuales no son distanciados igualmente. El nivel actual más bajo es el 3900, con una elevación de 3,649 msnm, pero una rampa se está construyendo hacia el nivel 4500. El nivel más alto es el HA, con una cota de 4,992 msnm. El promedio de distancia entre los niveles es de 60 m, pero el rango de intervalos es de 50 a 75 m. La boca mina de extracción, las oficinas y la planta concentradora, están ubicados a una altitud de 4,212 msnm, cerca al acceso principal a la mina, esto es el nivel 1700.

DRENAJE

A la altitud de 3,251 msnm, hay un túnel denominado “Graton” de 11,5 Km de longitud, el cual está conectado mediante una chimenea tipo “Raise Boring” de 394 m y 5 pies de diámetro al nivel inferior de la mina (Nv-3900). Este túnel drena el agua desde la mina hacia la cuenca del río Rimac y cerca de la población de San Mateo.

MÉTODO DE MINADO

Hay dos tipos de mineralización en la mina, las vetas angostas en un rango de 0.20 m a 1.50 m de potencia y los cuerpos diseminados que llegan hasta 15 m de ancho. En ambos tipos de mineralización, se emplea el método de minado de Corte y Relleno Ascendente, usando el relleno hidráulico en la zona baja por debajo del nivel 1700 y el relleno detrítico en la zona alta sobre el nivel 1700. El promedio de producción en 1998 ha sido en vetas angostas del 28% y del 72 % en cuerpos diseminados.

El minado en vetas angostas es con un mínimo de 0.80 m. Los taladros son preparados con perforadoras manuales “Stoper” cuyas dimensiones son de 1³/₄” y de 1.2 o 2.4 m de longitud de acuerdo al ancho de la veta. Estos taladros son cargados el cebo con la dinamita y rellenado

con ANFO, usando los cargadores neumáticos para tal efecto. El accesorio de voladura en los cebos son iniciados con NONEL.

Cuando las vetas son del orden de 0.80 m de ancho el equipo de limpieza son los micro-scoops. Los horizontes de perforación y voladura son algunas veces con tramos de desmonte, el cual se dispara en forma separada y al final de la operación de la voladura, quedando como material de relleno en el tajeo. Este procedimiento permite reducir la dilución de la ley del mineral que se extrae a la planta concentradora.

Los cuerpos diseminados se encuentran adyacentes a los tajeos anteriores de vetas angostas. La perforación es mecanizada y se realiza con Jumbos Hidráulicos, las dimensiones de los taladros son de 2" o 2½" de diámetro y de 3.6 o 4.8 m de longitud. La voladura en estos taladros se realiza igualmente con cebos de dinamita rellenos con ANFO y con el empleo de NONEL como accesorio de voladura. La limpieza del mineral derribado se realiza con los scooptrams eléctricos o diesel y la distribución del relleno detritico en los tajeos.

EXTRACCION DE MINERAL

La extracción del mineral en los diferentes niveles es a través de las locomotoras eléctricas que traccionan los carros mineros, cuyas capacidades son de 40 pies cúbicos, 80 pies cúbicos y 110 pies cúbicos. La zona alta extrae el mineral por gravedad a través de un "Ore Pass" que está comunicado desde el nivel H1 hasta el nivel 1700 donde recepciona la tolva N° 6 y la zona baja extrae el mineral por sistema de izaje por el pique central, cuya capacidad del balde es de 12 toneladas que acumula el mineral en la tolva N° 5; el punto de carguío del mineral en la zona baja es el nivel 4100, comunicado por un "Ore Pass" para esta zona. El nivel principal de extracción es el 1700, que recorre desde el interior de la mina hasta las tres tolvas de gruesos situados cerca a la superficie, siendo el transporte por sistema de locomotoras y carros mineros de 180 pies cúbicos y desde estas tolvas de gruesos, el mineral es transportado a la chancadora primaria mediante una faja transportadora, iniciando así el circuito en la planta concentradora.

CONCENTRADORA

SECCION CHANCADO

Las diferentes secciones de la mina acumulan mineral en tres tolvas de gruesos de 500 toneladas de capacidad cada una, provistas de una parrilla de 8 pulgadas x 12 pulgadas de abertura.

El mineral grueso es recepcionado por la faja transportadora N° 1 para descargarlo a un grizzly estacionario de 3 pulgadas de abertura y una etapa de chancado primario en circuito abierto con una chancadora de quijada "KUE-KEN" de 24 pulgadas x 36 pulgadas (alimento 8 pulgadas y descarga 3 pulgadas) que descarga a una faja transportadora N° 2 . la carga ingresa a un cedazo vibratorio horizontal de 6 pies x 16 pies, con abertura de malla igual a 5/8 pulgadas el producto fino es enviado a las tolvas de finos, mientras que los gruesos van a una chancadora Symons Standard de 5 ½ pies (alimento 3 pulgadas y descarga 1 pulgada), el producto de esta alimenta a la tercera etapa de chancado el cual es transportado por dos fajas N° 3 y N° 4 que alimenta a dos cedazos vibratorios: ambos de 6 pies x 16 pies con abertura de malla igual a ½ pulgadas., y operan en paralelo. Los finos de ambos cedazos es el producto final de chancado y se almacena en las tolvas de finos, los gruesos ingresan a dos chancadoras giratorias Symons de cabeza corta de 5 ½ pies (alimento 1 pulgada y descarga ½ pulgada) completando el circuito cerrado.

Todos los finos de los cedazos son transportados por la faja transportadora N° 5 hacia las cuatro tolvas de finos de 800 toneladas de capacidad cada una.

La planta actualmente tiene una capacidad instalada para tratar 3,200 TMSD de mineral, produciendo concentrados de Bulk y de Zinc.

SECCION MOLIENDA

La molienda primaria se efectúa en un molino de barras Marcy de 9 pies x 12 pies (F80 11000 micrones P80 1200 micrones), la pulpa obtenida se clasifica en un hidrociclón Krebs (Primario) inclinado de 15 pulgadas de diámetro, los gruesos del ciclón se alimenta a la segunda etapa de molienda en un molino de bolas Dominion de 11.5 pies x 10 pies (F80 1005 micrones, P80 400 micrones), los finos del hidrociclón primario se envían hacia la flotación

Bulk; la descarga del molino de bolas se clasifica nuevamente en otro hidrociclón Krebs (secundario) inclinado de 15 pulgadas de diámetro, los gruesos retornan al molino de bolas cerrando el circuito de molienda secundaria y los finos junto con los finos del hidrociclón primario son producto final de molienda y son enviados a la flotación Bulk.

FLOTACION BULK Cobre-Plomo-Plata

La flotación Bulk se efectúa a pH normal en un rango de 7.5 a 8.0 de pH.

El producto final de molienda es enviado a una celda de flotación marca Outokumpu de 1,000 pies³ de capacidad, Rougher primario, los relaves de esta celda son remolidos en un molino de bolas de 8 pies X 6 pies, previa clasificación en un hidrociclón de 20 pulgadas de diámetro que trabajan en circuito cerrado y derivados por gravedad a otra celda similar (Rougher secundario), las espumas del Rougher primario son clasificadas en un hidrociclón de 10 pulgadas de diámetro, las arenas de este hidrociclón forman parte del concentrado final, mientras que el fino alimenta a la primera limpiadora Bulk donde también ingresa las espumas del Rougher secundario; las espumas de este banco van a la segunda limpiadora, el concentrado de este banco junto con las arenas del hidrociclón son el concentrado final Bulk, los relaves de esta segunda etapa de limpieza se juntan con los concentrados Rougher primario, para su clasificación en el ciclón de 10 pulgadas.

El relave del Rougher secundario es remolido en un molino de bolas Denver de 6 pies x 12 pies que opera en circuito cerrado con un hidrociclón Krebs de 20 pulg de diámetro, los finos del hidrociclón ingresan al Scavenger Bulk. El relave de estos bancos van al circuito flotación zinc, mientras que las espumas junto con los relaves de la primera limpiadora retornan a la cabeza de flotación.

FLOTACION DE ZINC

La flotación de zinc se realiza en un rango de 11.0 a 11.5 de pH mediante la adición de lechada de cal.

El relave del circuito Bulk, ingresa a tres acondicionadores (se alimenta CuSO₄, Z-11 y cal), luego son transportadas al Rougher, los relaves de esta etapa ingresan por gravedad al Scavenger primario (añade Z-11 y F-70), los relaves de esta etapa también por gravedad

alimentan al Scavenger secundario (con Z-11) los relaves de esta etapa son el relave final de la planta concentradora Yauliyacu; los concentrados de los Scavenger primario y secundario retornan a la cabeza de flotación, los concentrados del Rougher alimentan por gravedad a la primera etapa de limpieza, los relaves de esta etapa retornan a la cabeza, su concentrado se deriva por gravedad a la segunda etapa de limpieza (se alimenta cal). Las espumas de este último banco son el concentrado final de zinc, y su relave retorna a la primera etapa de limpieza.

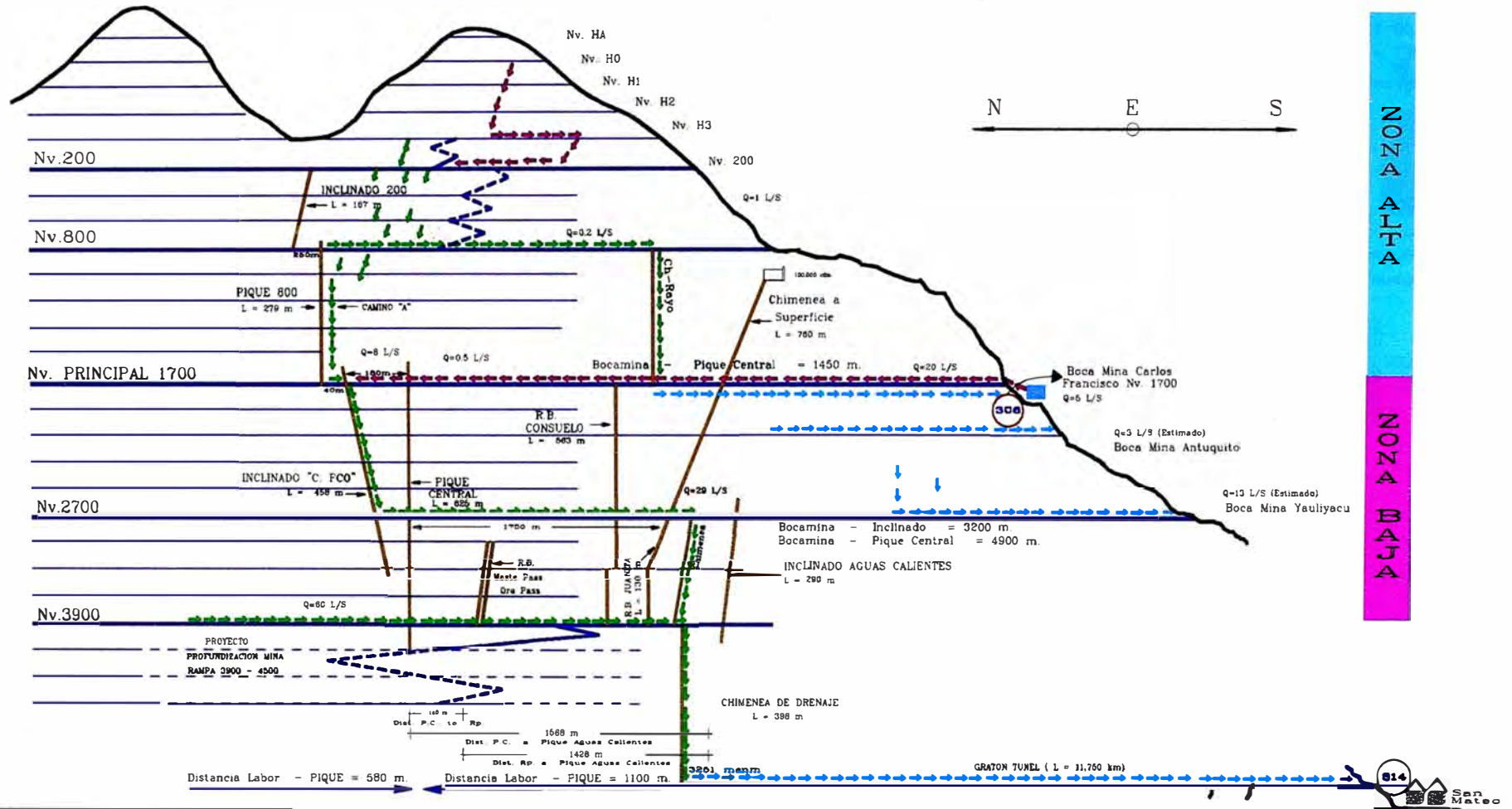
DISPOSICION DE RELAVES

Los relaves, son clasificados en dos hidrociclones de 20 pulg de diámetro, de donde el material grueso es bombeado a la mina para el relleno hidráulico en una proporción de aproximadamente 43% y el otro 53% es enviado al depósito principal de Chinchán; mediante dos bombas Wirth de 600 HP y una bomba Wilso Snayder para emergencias, una línea de tubería de 6 pulgadas de diámetro exterior y de 5,600 metros de longitud y un desnivel de 450 metros con respecto a la parte superior del depósito (Chinchán tiene una capacidad remanente de 10 a 15 años contados a partir del presente año - 1999) . Cuando es necesario reparar las bombas o la tubería de bombeo, los relaves son enviados a la poza auxiliar de relaves de 10,000 m³ de capacidad., adicionalmente se cuenta con un tanque de concreto de aproximadamente 500 m³ de capacidad que nos permite captar todos los derrames que puedan producirse como consecuencia de paradas intempestivas, sea por corte de fluido eléctrico o cualquier otra situación de emergencia, los cuales una vez solucionados los problemas son enviados nuevamente al espesador de relaves para su proceso normal.

A continuación se presenta la figura N° 4 del Perfil Longitudinal de Mina Yauliyacu y el flujograma de planta concentradora en la figura N° 5.

PERFIL LONGITUDINAL DE LA MINA

NIVEL (Old)	NIVEL (New)
Nv. HA	5000
Nv. H0	4940
Nv. H1	4860
Nv. H2	4800
Nv. H3	4710
Nv. 200	4640
Nv. 400	4580
Nv. 800	4540
Nv. 800	4490
Nv. 1000	4420
Nv. 1200	4360
Nv. 1400	4310
Nv. 1500	4260
Nv. 1700	4210
Nv. 1900	4150
Nv. 2100	4090
Nv. 2300	4040
Nv. 2500	3980
Nv. 2700	3930
Nv. 3000	3850
Nv. 3300	3780
Nv. 3600	3710
Nv. 3900	3650
Nv. 4100	3590
Nv. 4300	3530
Nv. 4500	3470



ZONA ALTA

ZONA BAJA

FLUJO AGUA MINA
LEYENDA

- DRENAJE AGUA MINA
- PROYECTO AGUA MINA
- AGUA NEUTRA MINA
- GALERIAS Y RAMPAS
- PIQUES Y CHIMENEAS
- PUNTOS DE MONITOREO

DISTANCIA VERTICAL DEL NIV. H1 HASTA EL NIV. 3900 = 1275 m

DISTANCIA VERTICAL DEL NIV. H1 HASTA EL NIV. 4500 = 1476 m

DISTANCIA VERTICAL DEL NIV. H1 HASTA GRATON TUNEL = 1870 m

FIGURA N° 4

PEDRO A. SOLIS SALAZAR

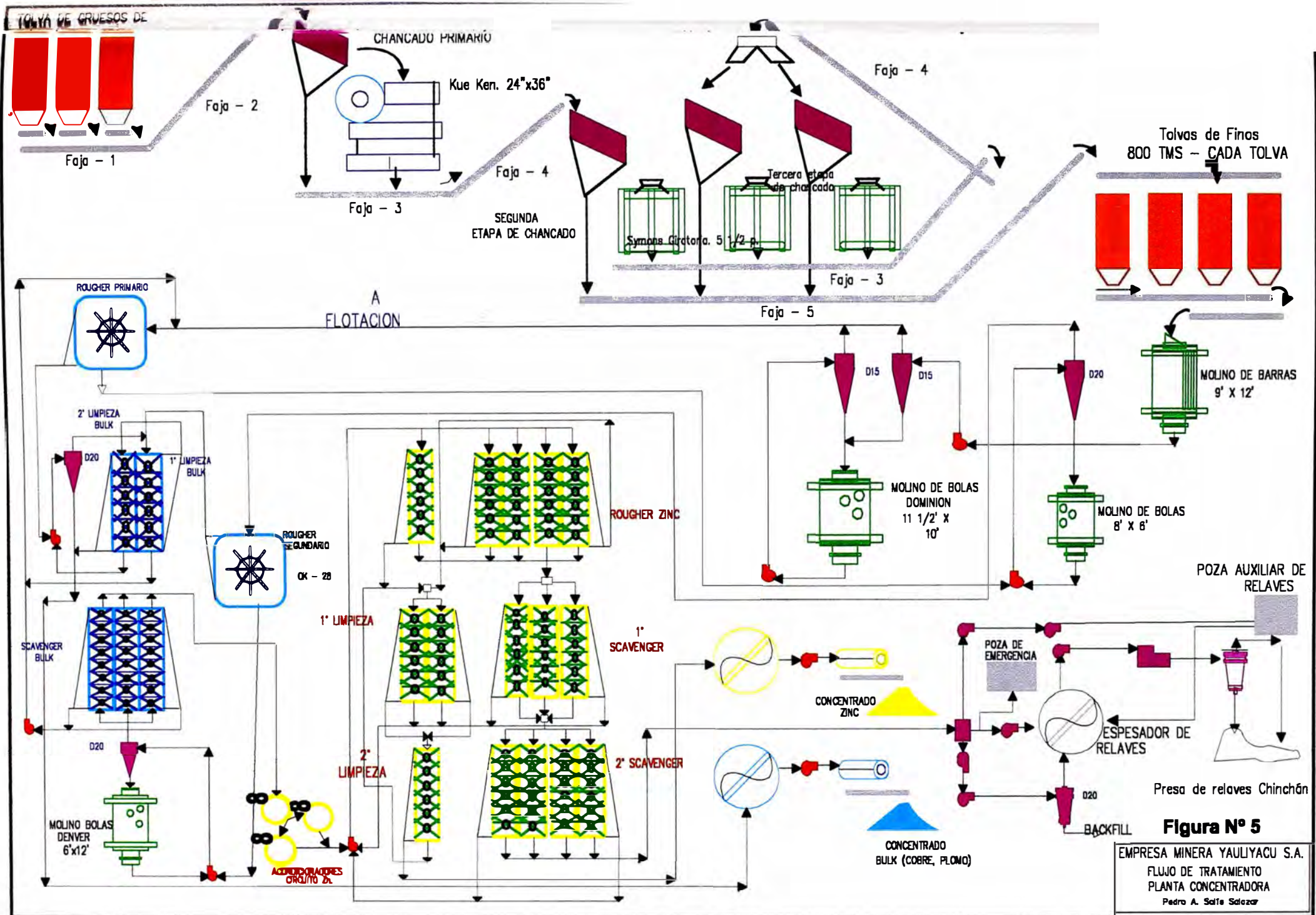


Figura N° 5

EMPRESA MINERA YAULIYACU S.A.
 FLUJO DE TRATAMIENTO
 PLANTA CONCENTRADORA
 Pedro A. Salas Salazar

5.3. RELLENO HIDRÁULICO PARA INTERIOR MINA

Con un ritmo de producción actual de 3,000 TMSD y aproximadamente 340 días al año producirían 1'020,000 TMS ó 675,496 m³ de relave al año. Considerando una disposición en una zona muy empinada, es una cantidad sumamente grande. Por lo tanto el primer requisito indispensable del proyecto es asegurar la capacidad del depósito para su disposición segura y estable hasta el cierre definitivo.

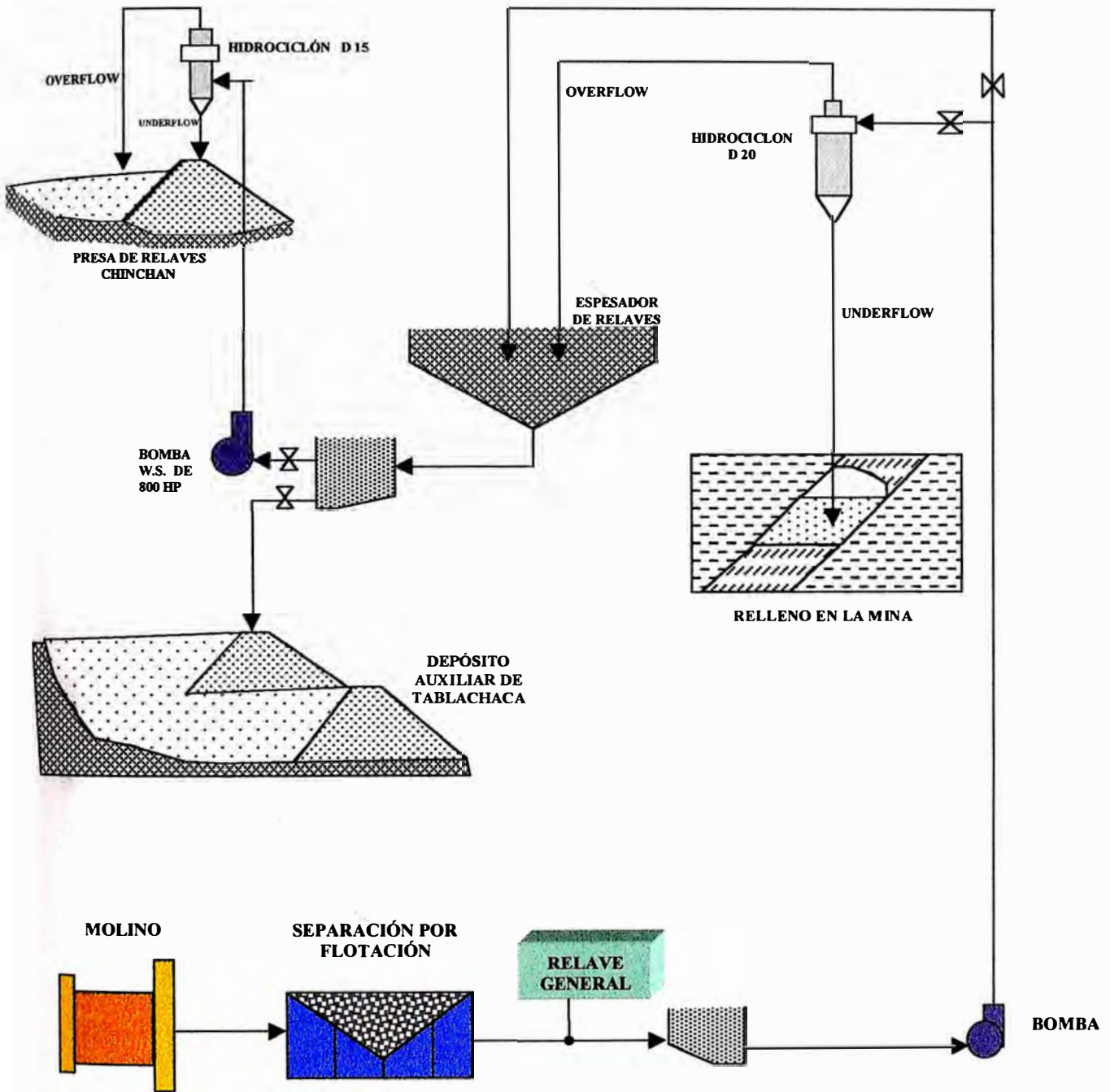
Ya a inicios de 1980 se planeó trabajar con relleno hidráulico utilizando relave para operaciones mineras. El relave se usa como material de apoyo estructural y de plataforma de trabajo para las subsiguientes labores mineras y como tal forman parte integral del sistema de explotación.

Desde su concepción original, la importancia del requisito de relleno Hidráulico para mina se consideró en el diseño original de Chinchán.

Los planes iniciales en la construcción de la presa de relaves, contemplaron que después de 2 años de operación inicial del depósito se iniciaría con el relleno hidráulico, siendo este lapso de tiempo de vital importancia en la consideración de diseño y operación del depósito.

Se presenta a continuación la figura representativa N° 6 la habilitación de la Planta de relleno hidráulico en línea con el sistema de bombas que desvía el relave a Chinchán y al depósito auxiliar Tablachaca tal como fue conceptuado el año 1,980.

Figura N° 6 – Sistema de disposición de relaves (1,980)



El relave total es cicloneado aprovechando el U/F para relleno mina y el O/F vertido en Chinchán previo cicloneado. Por tanto el relleno en mina **determinó plenamente** el diseño la Presa de relaves Chinchán en 1,980.

5.4. CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE TOTAL

Los diseños se basaron en relaves que tengan características de gradación de los relaves producidos en Planta Concentradora. Si la molienda cambiase producto de cambios operativos en Planta, el planteamiento en el diseño original podría modificarse. Si la molienda fuese mas gruesa el cambio favorecería el diseño original, de ocurrir lo contrario el cambio seria adverso al sistema de disposición de relave en la Presa de Relaves.

Es frecuente, en una Planta Concentradora, que se trate minerales de distinta composición y clase de tiempo en tiempo y de lugar en lugar, se observan dos típicos problemas.

1. Determinar la gama de características involucradas
2. Determinar las características representativas.

Para propósitos de diseño y análisis de la presa fue necesario conocer los parámetros límites efectivos o representativos para la resistencia, compresibilidad, permeabilidad, datos geotécnicos entre otros que representen problemas de diseño.

Densidades:

Fue indispensable conocer las relaciones de peso – volumen para el diseño del terraplén filtrante (dique) y establecer el balance de disposición adecuada.

Se determinaron diferentes densidades de análisis por laboratorio metalúrgico, midiéndose la densidad máxima proctor standart del material del O/F y la densidad relativa para materiales del U/F.

Resistencia Estática:

Para diseñar el terraplén se determinaron las propiedades mecánicas de los relaves compactados. Para determinar la incidencia de variaciones de la composición granulométrica por efecto de la operación con hidrociclones en las propiedades del “Underflow” se efectuaron ensayos con varias muestras usando los resultados del esfuerzo cortante triaxial.

Permeabilidad:

Para determinar y controlar las condiciones de filtración en el dique

Características Dinámicas:

Para investigar las características dinámicas de los materiales “underflow” se hicieron en el año 1,980 algunas pruebas dinámicas de laboratorio con aquellos materiales que requerirían para la construcción del dique. Para tal efecto se realizaron pruebas con material U_{60} / O_{40} .

En base a los resultados de laboratorio antes descrito se seleccionaron los parámetros preliminares y finales como se describe a continuación:

El ángulo probable promedio y efectivo de fricción interna es del orden de 36° a 40° para un terraplén de 90 mt de altura, por lo tanto se concluye que un valor de 36° en un análisis estático es racional. Como se verá más adelante la pendiente de inclinación del dique para esta características de fricción interna, añadiendo factores de seguridad, es de 2.5H:1V. La densidad compactada en promedio es de 1.75 T/m^3 para pronósticos de diseño conceptual. Recomendaciones adicionales indican que 1.80 T/m^3 sería mas realista. Esto cambiaría el equilibrio del material estimado para reducir la reserva operativa un poco, pero también incrementaría la estabilidad del talud.

La permeabilidad probable del “overflow” es de 1×10^{-6} a 1×10^{-7} cm/seg. La permeabilidad del terraplén sería de 5×10^{-3} a 5×10^{-4} cm/seg, la permeabilidad del “blanket” de drenaje será del orden de 1×10^{-3} cm/seg (El “blanket” es referido al terraplén de reemplazo en la base del dique compatibilizado con los drenes tipo francés).

Se controlaría entonces, la filtración en el dique mediante un sistema de drenaje efectivo en la fundación. La superficie de saturación será baja en el dique, debido a la relación alta de permeabilidad del “blanket” de drenaje de la fundación y del material de relleno del dique. Se supone que la superficie de saturación utilizada en el diseño conceptual puede aplicar al análisis final del diseño estático y pseudo estático.

5.5. DISEÑO TIPO AGUAS ABAJO

Como se muestra en la figura N° 3 (página 29), las características más resaltantes son que el dique de arranque para contención, que ofrece mejor respuesta a presiones hidrostáticas y de mejor resistencia a sismos de magnitudes considerables, siempre y cuando se mantengan dentro de los parámetros de seguridad establecidos. El sistema de drenajes interior tiene que ser efectivo al igual que la calidad del material grueso para la construcción del dique de contención

5.5.1 Demanda de material U/F₆₀ - Material para la Presa de Relaves.

El dique de arranque fue diseñado para ser construido con material de préstamo para desarrollar una capacidad inicial de 210,000 m³, las capas siguientes serían construidas paralelas al dique de arranque. Se usaría un equipo de clasificación (hidrociclón) para producir material que se aproxime U₆₀ – O₄₀, tanto para el relleno de mina como para la construcción del dique, esta sería compactada al 80% de su densidad máxima relativa y así alcanzar la resistencia necesaria para lograr la estabilidad estática y evitar la licuefacción producida por sismos o saturación.

Esta relación de “Underflow/Overflow” permitiría también una operación cuidadosa para lograr la capacidad de reserva de la Presa de relaves.

Una relación menor arriesgaría la capacidad de operación de reserva y un “Overflow” mayor disminuiría la resistencia y capacidad del dique. El diseño es, por esta razón, balanceado para cumplir ambos objetivos esenciales.

En la figura N° 7 se muestra el porcentaje de reserva respecto a la altura de crecimiento y disponibilidad de tiempo para producción de material grueso. La curva volumétrica mostrada en la figura N° 8, cuyas ordenadas son el requerimiento de material para la presa y la capacidad del depósito, a sido transformada en tonelaje en base a la relación de requerimiento del “underflow” para el dique de capacidad del “overflow” del depósito para estudios operativos de la mina y la concentradora.

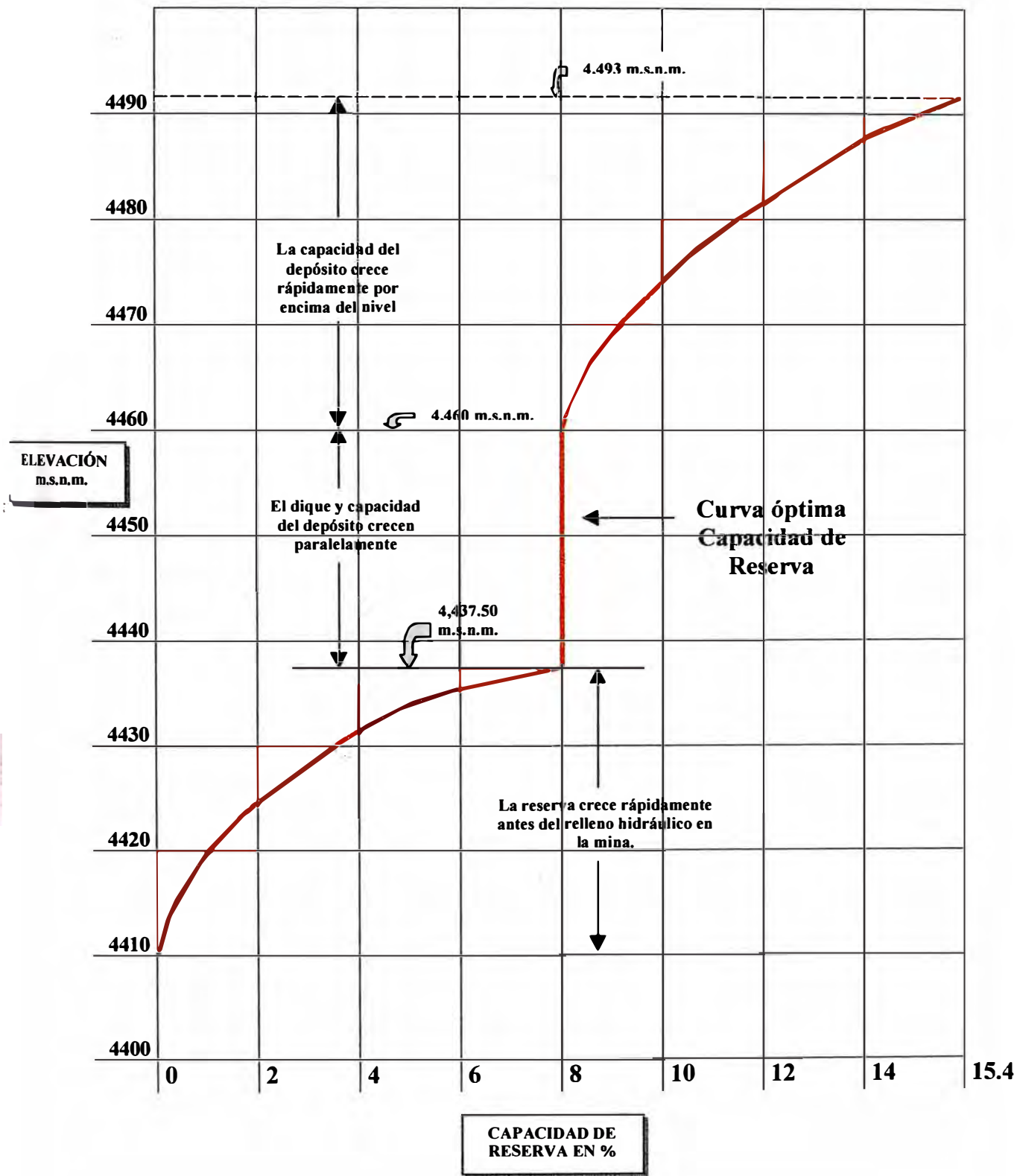
Se asumió una densidad U₆₀ de 1.75 gr/cc y una densidad del O₄₀ de 1.2 gr/cc para propósitos de estudios operativos.

Para la construcción de las figuras N° 7 y 8 se consideran únicamente el porcentajes de reserva y la capacidad en toneladas de almacenamiento respectivamente, puesto que al transcurrir del tiempo la producción de tratamiento de la mina se podría incrementar o disminuir, quedando obsoleto todo grafico que trate la capacidad o porcentaje de reserva en función del tiempo o producción promedio por tiempo.

Se considera entonces que el manejo de los gráficos en función al tonelaje únicamente, es práctico y real.

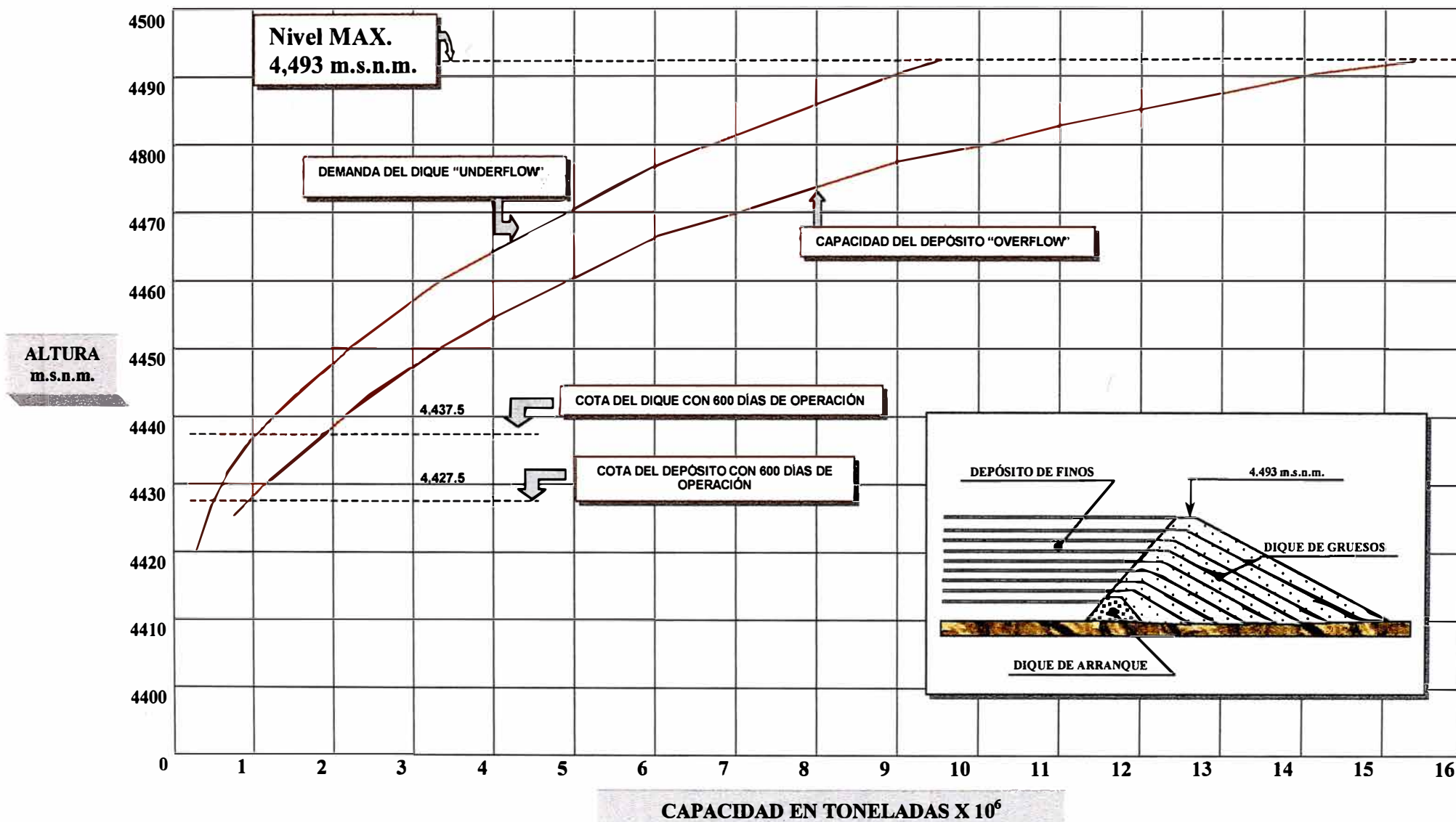
Figura N° 7

Capacidad de Reserva Operativa vs. Elevación (m.s.n.m.)



VOLUMEN ACUMULADO V.S. ALTURA DEL DIQUE

FIGURA N° 8



Si el depósito se ha construido como se ha planeado, con el dique terminado y al actual ritmo de producción, habrá una reserva de 2 a 3 años, tiempo y capacidad de almacenaje que se podría aprovechar en:

- Tener material grueso de oferta para un posible próximo depósito de relaves.
- Liberación de la construcción del dique, haciendo económico la disposición de relaves en los últimos años de operación.
- Realizar un diseño apropiado para la separación de pirita, encapsulado de este y la cobertura final de la presa con material prácticamente estéril, favoreciendo el control del drenaje ácido y permitiendo que se pueda re vegetar con mucha facilidad.

Requerimientos operacionales de Clasificación:

Se examinó en detalle la posibilidad de hacer trabajar el ciclón en la mina y en la Presa de relaves Chinchán y producir teóricamente la relación U_{60}/O_{40} ó U_{40}/O_{60} . Los cálculos y análisis vistos anteriormente indican que la operación debe estar con la primera opción. Con esta relación de operación del ciclón se puede desarrollar una capacidad de reserva de 7 % a 8 % (de capacidad final) mas o menos en el tiempo en que el relleno de mina inicia (600 días después de iniciado las operaciones en Chinchán).

Esta reserva, como se pudo ver en la figura N° 7, es mantenida hasta cuando pueda elevarse lentamente alrededor del 15% en el momento que el dique alcanza su altura final de la cota 4493 m.s.n.m.

Si se opere con base de U_{50}/O_{50} se acabaría con un déficit del 10% de la capacidad del depósito para finos, esto por su puesto no es operable. Si se considera una operación de hidrociclón de la mina a una relación de U_{50}/O_{50} y el hidrociclón del dique sobre una base de U_{60}/O_{40} no se tendría ni capacidad de reserva ni déficit pero no se podría perder ni un día en la construcción del dique debido a la lluvia, problemas de equipo, etc., sin tener un “overflow” en exceso de la capacidad del depósito. La capacidad teórica de reserva nunca aumentará realmente porque ésta será utilizada en parte, por ejemplo, por la imposibilidad de compactar

el relleno en períodos de fuertes lluvias, pero tales eventualidades tiene que ser previstas o el sistema del depósito no funcionará.

Una adecuada operación del hidrociclones, por lo tanto, es crítica para los requerimientos de estabilidad y operación. La mina de Casapalca y los Hidrociclones de Chinchán deben operar cercano al U_{60}/O_{40} para que sea compatible con los diseños y demás consideraciones evaluadas.

Para maximizar la utilización de la Presa de relaves Chinchán, se ha previsto el dique muy elevado y el talud bastante empinado.

La estabilidad sísmica del dique depende de cuán alta es la resistencia interna y la resistencia a la licuefacción debida a movimientos sísmicos. Ambos factores requieren que el dique sea bien compactado.

No hay problema de estabilidad estática.

5.5.2. Base de Diseño

El diseño conceptual del talud aguas abajo es de 2.5H:1V, y del talud aguas arriba de 1.5H: 1V. El talud aguas arriba es mas inclinado que el talud aguas abajo porque su falla no tendría las consecuencias adversas que tendría una falla aguas abajo y muy raramente sucedería a mas de 10 metros sobre el nivel del depósito de finos que reforzará este talud y aumentará efectivamente su estabilidad.

En la práctica actual el relleno de fino puede encontrarse cerca de la cresta del relleno del dique la mayor parte del tiempo, pero ello implica técnicas de construcción que deberán ser desarrolladas por experimetación durante la construcción misma.

La zona de drenaje de la fundación del dique controlará la superficie de saturación dentro del dique a un nivel bajo para impedir la saturación continua del dique que disminuirá su estabilidad contra cualquier falla debida a fuerzas estáticas o dinámicas, o licuefacción potencial.

Los hidrociclones de la mina y la Presa de relaves fueron diseñados para producir materiales cercanos al U_{60} y O_{40} del total de relaves del dique suficientemente grandes para permitir que el dique sea construido sobre el nivel del reservorio, con una capacidad de reserva razonable. El relleno del dique será consolidado a una densidad relativa del 80 % para desarrollar la resistencia del dique necesaria.

Los requerimientos y criterio de Base de Diseño son los arriba mencionados.

5.5.3. Análisis Estático y Sismodinámico.

La configuración preliminar de la Presa de relaves tiene las siguientes características, una altura de 90 mt., ancho de corona de 10 mt., talud aguas arriba de 1.5H:1V y un talud aguas debajo de 2.5H:1V, utilizando un material cercano al U_{60} de relleno compactado al 80% de su densidad relativa Máxima y sistema de drenaje para controlar la superficie de saturación.

A. Parámetros Físico - Mecánicos y Dinámicos

Los parámetros físico - mecánicos utilizados para análisis, el estado de esfuerzos y deformaciones se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla N° 6

Zona	Peso Unitario T/m ³	Cohesión T/m ²	Angulo de Fricción
Cimentación	2.02	0	34
Mat. Grueso	1.84	0	36
Mat. Fino	1.20	0	5

Estos parámetros dinámicos fueron ensayados por la CONVERSE WARD DAVIS DIXON, GEOTHECHNICAL CONSULTANTS (programa FEADAM), en marzo 27 de 1981.

Resultado Seudo – Estático

Los resultados se presentaron en la tabla N° 6, llegándose a definir una sección de 90 mt de altura, 10 mt de corona, y de talud aguas arriba de 1.5H:1V y de aguas abajo de 2.5H:1V.

La presa se trabajó por tres zonas:

Cimentación

Material grueso

Material fino

Análisis Dinámico

Al igual que en la aplicación del Programa Feadam, con el programa QUAD-4 aplicado también en USA en 1980), la presa se analizó por tres zonas, cimentación, material grueso y material fino, considerándose las mismas propiedades físico-mecánicas y los parámetros dinámicos.

Estado de esfuerzos Totales estático-sismo-dinámico

En base a los resultados de esfuerzos estáticos y dinámicos obtenidos, se calculó los esfuerzos totales realizando la superposición de efectos, obteniéndose los esfuerzos principales, plano de incidencia y el corte máximo, estimándose el siguiente comportamiento de la presa:

- **Estabilidad**

En función al análisis de los elementos que siguen el círculo crítico (plano de falla), donde los esfuerzos de compresión y corte son pequeños.

- **Deformaciones**

Se puede señalar que los máximos asentamiento se producen en el talud aguas arriba. El máximo asentamiento de la corona de la presa Chinchán es de 0.397 mt (0.44%), por efecto estático y de 0.275 mt (0.31 %) por efecto dinámico, el cual es inferior al permisible dado por $0.01H^{3/2}$ y que para una altura de 90 mt. sería igual a 1mt ó 1.1 % de deformación.

Agrietamientos

Los resultados de esfuerzos y deformaciones totales por efecto de solicitaciones estático-sísmico-dinámico, nos indican que ninguna zona de la presa presenta tensión, estado que garantiza una muy remota posibilidad de agrietamiento de la Presa.

Diseño Final

Habiéndose evaluado el comportamiento de la Presa, queda totalmente definido la sección de la Presa de relaves Chinchán, cuyas características principales son las siguientes:

Altura de Presa	90 mt.
Cota de Coronación	4,493 m.s.n.m.
Ancho de Corona	10 mt.
Talud aguas arriba	1.5H:1V
Talud aguas abajo	2.5H:1V

5.5.4. Dique de Arranque

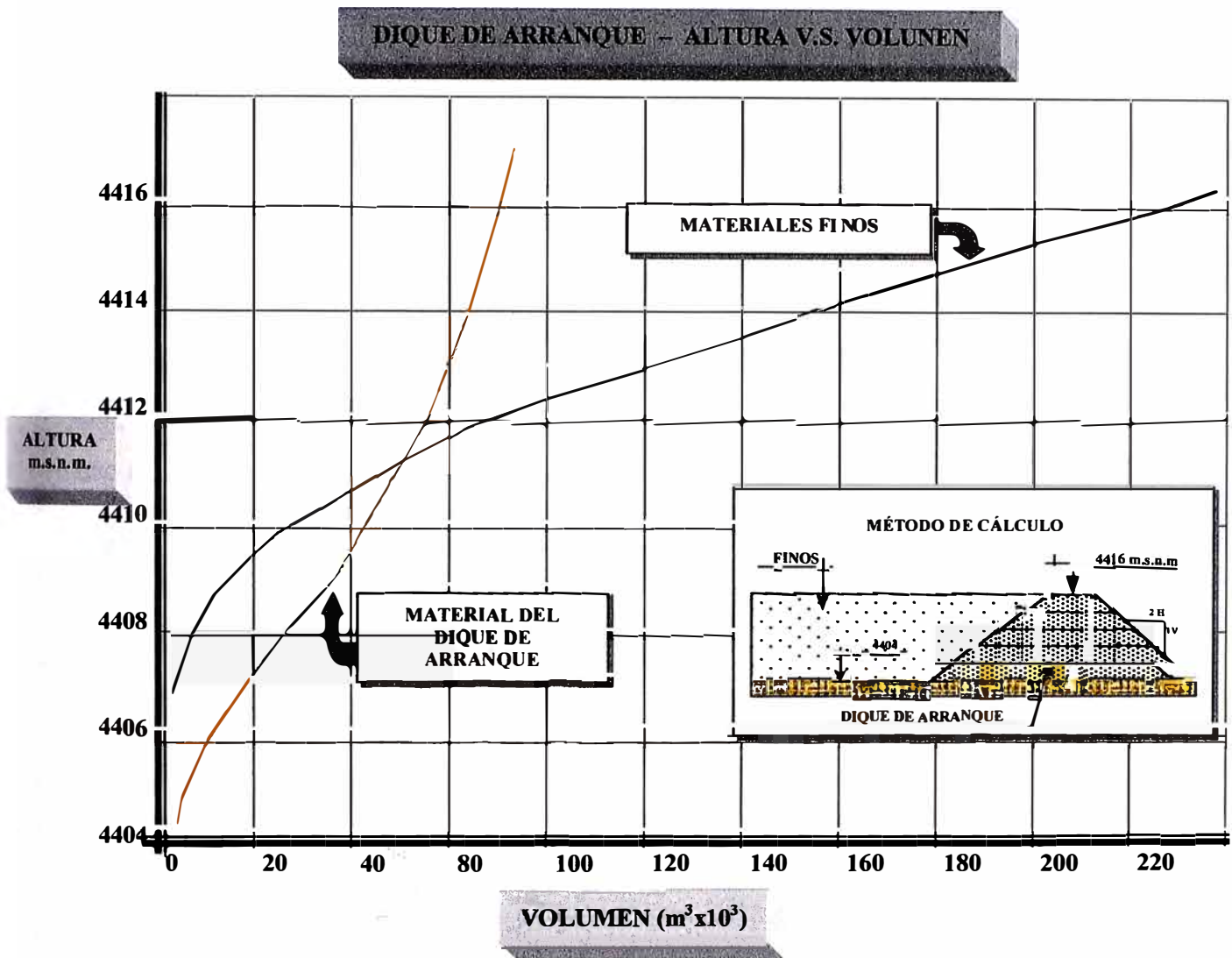
El dique de arranque es el elemento estructural de la Presa de Relaves, y que a partir de este, el dique de la Presa en sí sería construido como una serie de diques de retención, uno paralelo al otro y más hacia aguas abajo que el anterior. La ventaja de este tipo de construcción es que cada incremento de dique está fundado en un suelo natural *despejado* y no en relaves finos como es el caso del tipo aguas arriba, esto incrementa bastante la estabilidad de la estructura.

Consideraciones Volumétricas

El volumen bajo la cresta y encima del nivel del reservorio es la capacidad de reserva que permite que se construya el siguiente incremento del dique. El dique de arranque empieza este proceso. El dique de arranque debe ser construido de manera que permita la construcción del primer incremento de relaves. Teniendo en consideración que la altura debe ayudar a realizar los próximos incrementos sin la necesidad de material de préstamo diferentes al relave.

En función a la capacidad de producción, y volumen de U_{60} se determina que la altura de 10 mt es adecuada dada la capacidad de retención que este formará aguas arriba. Las relaciones volumétricas para el dique de arranque están presentadas en la figura N° 9.

Figura N° 9



Diseño

El dique de arranque fue diseñado con taludes de 2H:1V como se observó en la figura N° 9, tanto aguas arriba como aguas abajo. El material constituyente fue grava muy resistente (material de préstamo local), por lo que su factor de seguridad es más alto que el mismo relave el cual excede un factor de seguridad de 1.5 con facilidad. Cuenta con el lado aguas arriba impermeabilizado, puesto que el agua de la pulpa rápidamente percolaría y saturaría peligrosamente el sistema de drenaje.

Según se mostró en la figura N° 9, como en la primera etapa las dos de crecimiento siguientes también mantendrán el talud del dique de arranque inicial, aprovechando la mayor cantidad posible de material grueso para la elevación del dique.

Esto no significaría problema importante. Las razones, es porque el dique no sería muy alto, taludes temporales, no represamiento de aguas y pulpa, no implicaría gran daño en un colapso temprano y el saturamiento del dique de arranque se evitaría por la formación de la playa y se contaría un efectivo sub drenaje, haciendo al dique convenientemente estable.

5.5.5. Drenes Interiores y Sistema de Decantación

El depósito retendría una gran cantidad de agua, la cual tenderá a filtrarse dentro de la fundación del mismo y a través del dique. Para controlar esta filtración y mantener al dique tan seco como se pueda, se drenará el agua de los relaves hacia fuera del dique por un Blanket filtrante de U_{30} . de ésta manera se evitaría una potencial licuefacción debido a problemas de saturación.

En la fundación del dique se limpiaría de arcillas y turbas indeseables. Las zanjas interceptoras y drenajes fueron excavadas para la habilitación de los drenes. Un Blanket fue instalado para completar la red de drenaje de la fundación del dique.

a. Limpieza de la fundación

El material cercano a la superficie consistente en turba y arcilla orgánica con inclusiones del material de lavado de las laderas del valle. En el área del depósito de finos se limpió solo donde se instaló el sistema de decantación.

En el área del dique de arranque se limpió el material saturado, el área del dique en sí la totalidad de arcilla suelta, arcilla orgánica y turba fueron removidos a una profundidad donde los materiales de superficie sean tan fuertes e incompresibles como el relave grueso compactado que se colocará encima.

b. Drenaje de Fundación

Consistente en los siguientes elementos:

- Dren interceptor
- Drenes colectores
- Drenes Transversales
- Drenes de aguas superficiales

El dique de arranque cuenta con una zona impermeable aguas arriba para reducir la filtración dentro del sistema de drenaje que subyace a este.

El dren interceptor se encuentra ubicado justo aguas abajo del dique de arranque, es el dren principal de la fundación y está diseñado para coger los flujos que pasan sobre o bajo el dique de arranque.

La tubería del dren interceptor será de paredes pesadas ARMCO ó HELLCOR

Con perforaciones de 3/8" esta se protege con filtros de grava con una gradación que permite solo el ingreso del agua y esta a su vez protegida con un geotextil que evite el ingreso de arcilla o arena. Un segundo tipo de material cubrirá a la primera para luego ser recubierta por el relave grueso.

Los drenes colectores, que sirven también como drenes de descarga del dren interceptor hacia el pie del dique aguas abajo. Estos están diseñados de modo similar al dren interceptor pero las secciones de infiltración son más pequeñas.

Los cuatro drenes transversales a diversos intervalos que descargan dentro de las líneas de descarga del dren colector. Estos también penetran en la fundación y recogen la filtración en toda su longitud.

Los drenes de aguas superficiales, diseñados para coleccionar las aguas de manantiales, evitando las sub presiones o saturación del dique de ésta área.

c. Drenaje del Dique

Un aspecto importante del dique de Chinchán es el sistema de drenaje para prevenir su saturación, crítico para la estabilidad estática y dinámica.

Generalmente los relaves hidráulicamente depositados desarrollan patrones de filtración altamente anisotrópicos debido a la colocación de capas gruesas y finas. Sin embargo, en el dique se usará distribución automática y material grueso compactado y razonablemente homogéneo, permitiendo una filtración isotrópica. Con este tipo de filtración y un sistema de drenaje inferior horizontal actuará efectivamente.

Usando un Underflow de relaves controlados para reducir diferentes gradaciones de material, se puede conseguir diferentes grados de permeabilidad.

Se podría obtener grados de permeabilidad del orden presentado a continuación:

Tabla N° 7 - PERMEABILIDADES

MATERIAL	K en cm/seg
Overflow – O ₄₀	10 ⁻⁶ a 10 ⁻⁷
Overflow – O ₇₀	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁶
Underflow – U ₆₀	10 ⁻³ a 10 ⁻⁴
Underflow – U _{30/20}	10 ⁻² a 10 ⁻³

d. Sistema de Decantación

Toda el agua que llega o pueda llegar al embalse debe ser mantenida bajo estricto control o para que no exceda la capacidad del sistema y sobrepase el dique.

Las mayores fuentes de agua dentro del embalse son:

- Corrientes de agua superficiales
- Flujos de agua de pulpa
- Lluvia o nieve directamente sobre el reservorio

El control de esta agua se realiza por diferentes medios:

- Embalse
- Sistema de Derivación
- Sistema de decantación
- Vertedero de Emergencia

e. Derivación de la Quebrada – Yuraccocha

Por razón de no entorpecimiento en la construcción de la presa de relaves y esencialmente por el probable peligro que implica contar con un sistema de derivación debajo de la presa de relaves se prefirió la construcción y derivación por el lateral izquierdo superior de la quebrada donde se ubicará la presa de relaves.

Se cuenta con una bocatoma secundaria – Yuraccocha, que deriva las aguas por medio de una tubería concretada de 1.2 mt de diámetro. Además se cuenta con una bocatoma auxiliar – Vizcachapata y que los flujos captados por ambas es interceptada por la tubería y derivada aguas abajo de la zona influenciada por la presa de relaves.

El sistema de derivación principal lo constituye el embalse de la bocatoma Yuracpampa, canal de derivación y el túnel de derivación diseñado y construido por Centromín Perú en 1981.

Las actuales infraestructuras son un medio conservador de control de la corriente del riachuelo Yuraccocha para prevenir cualquier efecto adverso sobre la presa de relaves.

f. Vertedero y Sistema de decantación

El flujo de relaves de la Planta Concentradora hacia la presa de relaves, luego de la clasificación efectuada por los hidrociclones, el embalse es contemplado únicamente por el material fino en pulpa de relave.

El contenido de agua es muy elevado (60 % de líquido), necesaria para su transporte de la Planta a la presa por una tubería de 6" de diámetro exterior. La fracción gruesa se asienta rápidamente mientras que la fracción fina es arrastrada y finalmente decantada en el embalse generado por el agua que vino con el mismo relave, El agua decantada del embalse es continuamente eliminada por medio de un vertedero existente hacia el fondo del mismo embalse.

El diseño conceptual del vertedero consistía en la construcción de una quena tipo Casapalca, el cual se ubicaría al lado derecho de la quebrada relativamente cerca del dique y con una operación que permitiría un embalse considerable. La descarga se realiza con un mínimo de contenido de sólidos.

Se consideraron los siguientes sistemas de decantación para el proyecto inicial de construcción de la presa de relaves:

- Un Túnel
- Salida de fondo, debajo del dique
- Bombeo
- Tuberías de descarga descartables

- **Túnel**

En un país sísmico la construcción de un túnel debajo del dique, tendría que ser hecho en lecho rocoso sólido y consistente, es poco recomendable para un lugar como Chinchán, un colapso del mismo haría colapsar a la misma presa sin duda alguna.

- **Salida de fondo**

Es una forma de trabajo muy usual en varias partes del mundo. No es especialmente recomendable en Chinchán por la sismisidad que presenta la zona seleccionada.

No se podría asegurar con confiabilidad de que todo el material compresible y arcilla será removida debajo de las ubicaciones futuras del dique, por consiguiente no presenta seguridad alguna ya que el peligro de **asentamiento compresible** de altos esfuerzos pueda ser sobrellevado por una tubería flexible o por otra muy rígida la cual a la vez podría causar una

tubificación y una probable falla por **tubificación**. La tubería por ende sería flexible y fuerte (no rígida), de construcción lenta y cara dependiendo de su buena ejecución y apropiada inspección y control.

- **Bombeo**

El bombeo provee de un sistema de decantación flexible para la descarga y ubicación. La gran desventaja precisamente recae en su operación mecánica, requiere de energía para operar, mantenimiento permanente y un operador. Más aún necesitará de un sistema de vertedero para la eliminación de agua decantada.

El costo operativo de una estación de bombeo, para las condiciones económicas y operativas de la Empresa no serían viables ni prácticas, por lo tanto no aplicables.

- **Tubería de descarga descartables**

Sistema actuante en el flanco derecho (al estribo de la ladera) como descarga del decantador, el cual se usa también como vertedero.

A medida que la presa va creciendo, los tramos de tubería insertados van quedando sepultados “descartados” en lugar de ir recuperándolos, considerándose estas como pérdidas mínimas. La toma del vertedero podría ser por tubería en balsa flotante o anclada en la ladera (mucho mas segura y operable).

El sistema anclado en la ladera es versátil, bajo costo, confiabilidad, fácil construcción y operación, indicándose este para su aplicación en la Presa de Relaves Chinchán.

- **Vertedero**

La capacidad de almacenamiento del estanque es grande y el vertedero más que suficiente no contemplándose un vertedero adicional.

En el plano N° 4 (ver anexo – 9.1. Planos), se presenta el levantamiento topográfico de la presa de relaves actual, resaltando los detalles relevantes antes descritos y su ubicación aproximada.

6.0. EVALUACIÓN Y RESPUESTA A LA ESTABILIDAD FÍSICO - QUÍMICA EN EL ESTADO ACTUAL

Presa de Relaves Chinchán en 1998

6.1. REQUERIMIENTOS Y NORMATIVIDADES LEGALES EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE Y PRESAS DE RELAVES EN EL PERÚ.

La legislación actual establece un marco legal de protección y control ambiental en la Industria Minero Metalúrgica. El presente trabajo se basa en las exigencias y necesidades propias por tratar de cumplir, mantener y mejorar la calidad ambiental y de seguridad de operaciones en nuestra Presa de relaves Chinchán.

Como referencia rápida nombramos parte de los decretos ambientales vigentes a la Actualidad.

Tabla N° 8 – Normas Legales

R.D. N°440-96-EM/DGM	Dictan normas a fin de garantizar la estabilidad de los depósitos de relaves	1996
R.M. 011-96-EM/VMM	Aprueban los Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Efluentes Líquidos para las actividades Minero-Metalúrgicas (13 de enero de 1996)	1996
R.D. 035-95-EM/DGAA	Aprueban Guías Ambientales como lineamientos para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y Programas de Adecuación y Manejo Ambiental dentro de Subsector Minero (11 de setiembre de 1995)	1995
D.S. 28-95-EM	Modifican el reglamento de Normas Técnicas para Operaciones Periciales Mineras (4 de setiembre de 1995)	1995
D.S. 11-95-EM	Modifican el Reglamento del Texto Unico Ordenado de la Ley general de Minería (28 de Mayo de 1995)	1995
D.S. 03-95-EM	Actualizan el Texto Unico de Procedimientos Administrativos del Ministerio de Energía y Minas (3 de marzo de 1995)	1995
R.D. 013-95-EM/DGAA	Aprueban Guías para elaborar Estudios de Impacto Ambiental y Programas de Adecuación y Manejo Ambiental en el Subsector Minero (31 de Marzo de 1995)	1995
R. V.M. 004-94-EM/VMM	Constituyen la Comisión de Calificación y Clasificación de las empresas de Auditoría e Inspectoría del Subsector Minería(23 de Setiembre de 1994)	1994
R.S. 004-94-EM/GGAA	Aprueban la publicación de las Guías de Monitoreo de Agua y Aire para la Actividad Minero-Metalúrgica (2 de Marzo de 1994)	1994
D.S. 03-94-EM	Aprueban el Reglamento de diversos Títulos del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería (15 de Enero de 1994)	1994
Constitución Política del Estado	Se ha incluido mandatos Constitucionales específicos sobre los recursos naturales. Promueve el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación de la diversidad biológica (31 de Diciembre de 1993)	1993

D.S. 059-93-EM	Modifican el Reglamento del Título Décimo quinto del Texto Unico Ordenado (13 de Diciembre de 1993)	1993
D.S. 036-93-EM	Modifican el D.S. N° 012-93-EM, mediante el cual se aprobó el Reglamento del Proceso de Fiscalización de las Actividades Mineras, eléctricas y de Hidrocarburos, dispuesto por el D.L. N° 25763 (9 de setiembre de 1993)	1993
D.S. 016-93-EM y D.S. 059-93-EM	Aprueban el Reglamento del Título Décimo Quinto del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, sobre el medio ambiente (1 de Mayo de 1993 Y 13 DE DICIEMBRE DE 1993)	1993
D.L. 25998	Modifican Artículos 108, 126, 139, 144 del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería (26 de Diciembre de 1992)	1992
D.S. 025-92-EM	Aprueban el Texto Unico de Procedimientos Administrativos TUPA del Ministerio de Energía y Minas (23 de Noviembre de 1992)	1992
D.S. 023-92-EM	Aprueban el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (13 de Octubre de 1992)	1992
D.L. 25763	Establecen que el cumplimiento de las obligaciones relacionadas a las actividades mineras, de electricidad y de hidrocarburos podrán ser fiscalizadas a través de las empresas de Auditoría e Inspección (11 de Octubre de 1992)	1992
D.S. 018-92-EM	Aprueban el Reglamento de Procedimientos Mineros (7 de setiembre de 1992)	1992
D.S. 014-92-EM	Se aprueba el Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería (4 de Junio de 1992)	1992
R.D. 115-91-EM/DGM	Para la aprobación del Proyecto de Construcción e Instalación de las Plantas de Beneficio, Refinación y Depósitos de Relaves, deberán presentarse las autorizaciones y estudios siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Vertimientos de Residuos Industriales al Ministerio de Salud • Uso de Agua al Ministerio de Agricultura • Estudio de Impacto Ambiental y autorización de la Dirección General de Asuntos Ambientales del MEM, previa evaluación Técnico Ambiental (23 de Noviembre de 1991) 	1991
D. Leg. 708	Ley de Promoción de Inversiones del Sector Minero. Se modifican y complementan Artículos del Código del Medio Ambiente	1991
D. Leg. 757	Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada. Se modifican y complementan Artículos del Código del Medio Ambiente (13 de Noviembre de 1991)	1991
R. Contral 673-91-GG	Aprueban Directiva que norman procedimientos para cautelar, verificar e informar el estricto cumplimiento de las disposiciones contenidas en el Código del Medio Ambiente y Recursos Naturales (27 de octubre de 1991)	1991
Decreto Ley 17505	Código Sanitario del Perú (18 de Maerzo de 1969)	1969
Decreto Ley 17752	Ley General de Aguas (24 de julio de 1969)	1969
D.S. 007-83-SA	Modifican Ley General de Aguas en sus Títulos I, II y III (17 de Marzo de 1983)	1983
Ley N° 26410	Ley del Consejo Nacional del Ambiente CONAM (22 DE DICIEMBRE DE 1994)	1994
D. Leg. 635	Código Penal, Título III, Capítulo Unico. Delitos contra la Ecología (8 de abril de 1991)	1991
Ley N° 26631	Dictan normas para efecto de formalizar denuncia por infracción de la Legislación Ambiental (21 de junio de 1996)	1996
D.S. 027-93-EM	Estructura Orgánica y Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas (19 de Junio de 1993)	1993
R.M. 143-92-EM/VMM	Registro de Entidades Autorizadas a realizar Estudios de Impacto Ambiental en el Sector energía y Minas (13 de julio de 1992)	1992
D.S. 014-92-EM	Título Décimo Quinto del Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería, sobre Medio Ambiente (4 de junio de 1992)	1992

Ley N° 26786	Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades (13 de mayo de 1997)	1997
R.M. 292-97-EM/VMM	Modelo de Contrato de Estabilidad Administrativa Ambiental en Base al PAMA (7 de julio de 1997)	1997
R.M. 315-96-EM/VMM	Niveles Máximos Permisibles de Emisiones de Gases y Partículas para las actividades Minero-Metalúrgicas (19 de julio de 1996)	1996
R.M. 335-96-EM/SG	Reglamento de Participación Ciudadana (28 de julio de 1996)	1996
D.S. 012 93-EM	Reglamento de Fiscalización de las Actividades Minero-Energéticas por terceros (4 de Marzo de 1993)	1993
Ley N° 26821	Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (26 de junio de 1997)	1997
Ley N° 26834	Ley de Areas Naturales Protegidas (4 de julio de 1997)	1997
Ley N° 26839	Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica (16 de julio de 1997)	1997
Ley N° 26842	Ley General de Salud (20 de julio de 1997)	1997
Ley N° 26793	Ley del Fondo Nacional del Ambiente FONAM (22 de mayo de 1997)	1997
D.S. 044-98-PCM	Aprueban el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles (11 de noviembre de 1998)	1998

6.2. EVALUACIÓN Y RESPUESTA A LA ESTABILIDAD FÍSICA

6.2.1. Características de la Cuenca Hidrográfica de Chinchán:

Ubicación de la Cuenca Hidrográfica

La sub cuenca hidrográfica que afecta los trabajos de explotación minera del depósito de relaves estudiado, pertenece a la cuenca del río Rímac y ha sido delimitada en el mapa de Base Regional a escala 1/25000, que se presenta en el PLANO N° 5 (ver anexo – 9.1. Planos). El río Rímac se origina precisamente en la confluencia de los riachuelos Corina, Antarranra, Antajasha y Yuracocha (esta última proveniente del paraje de Chinchán).

La cuenca en estudio se refiere al área de influencia de la cancha de relaves de Chinchán, ubicada en el paraje del mismo nombre, distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, en el Departamento de Lima.

La quebrada de Chinchán, donde nace el riachuelo Yuracocha, este es un afluente del río Rímac por su margen derecha, según se concluye de lo antes expuesto.

El área de la cuenca asciende a 15.30 Km² y está comprendida entre las altitudes de 4,300 m.s.n.m. y 5,000 m.s.n.m. La Presa de relaves tiene un área superficial igual a 166,943 m².

El sistema actual está formado por la misma presa en actividad y un sistema de drenaje formado por un túnel de derivación en la cota 4,550 m.s.n.m. (D = 2,50 mt) que capta parte importante de la cuenca y la desvía aguas debajo de la relavera.

A un nivel de 4508 m.s.n.m. se ubica el sistema de derivación secundaria conformado por una bocatoma de colección y una tubería de 1.2 mt de diámetro que capta el área intermedia y evacuada aguas abajo de la presa de relaves. Un sistema final, conformado por un vertedero y drenaje de aguas decantadas y derivación de aguas de manantial a través de una tubería de 10” de diámetro.

La presa cuenta además, con 09 drenes interiores, que ayudan a mantener el nivel freático interior en niveles aceptables.

Relieve Topográfico

El relieve topográfico de la zona de estudio corresponde a las laderas nacientes y crestas marginales de la Cordillera Andina que divide las cuencas hidrográficas de los océanos Pacífico y Atlántico. Es importante destacar la cercanía del emplazamiento de la Presa a las líneas de cumbre indicadas, pues se limita de este modo la extensión de la cuenca aguas arriba. También debe destacarse que la Presa se emplaza sobre una zona plana circundada por elevaciones de pendiente abrupta; esta llanura continúa aguas abajo con una pendiente muy moderada.

6.2.2. Recurrencia de Eventos Máximos

El tiempo promedio durante el cual un determinado fenómeno, como la exagerada precipitación pluvial, pueda presentarse, se conoce como *período de recurrencia o período de retorno*.

Desafortunadamente data de este tipo en nuestro país es muy reducida, y peor aún, para la zona en evaluación no existe.

De acuerdo a necesidades de obras son conocidas las siguientes períodos de recurrencia, así para obras de desvío se estipula 10 años a 20 años de acuerdo a la naturaleza del desvío.

Según RD N° 224-97 EM/DGM de 17.06.97 obliga a calcular las avenidas para un depósito en abandono a un periodo de retorno de 500 años.

a. Data de Recurrencia

Se consideran estaciones hidrométricas, para el estudio hidrológico, ubicadas dentro de la región (cuencas de la cabecera superior del Rímac y Mantaro respectivamente) como se muestran en la tabla N° 9:

Tabla N° 9

ESTACIÓN	AREA DE CUENCA (Km ²)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
Antashupa	48.8	11°24'	76°22'	4500
Río Pallanga	138	11°11'	76°20'	4250
Río Blanco	237	11°38'	76°06'	4400
Huaris	487	11°38'	75°49'	3700
Cochas Túnel	481	11°51'	75°45'	3800
Pachacayo	720	11°47'	76°43'	3700

Para la Estación pluviométrica Casapalca, le correspondería al año medio cuya data es:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
104.6	121.2	114.4	52.6	19.4	9.8	7.8	12.1	32.7	52.1	55.5	88.1

TOTAL = 670.3 mm

La evapotranspiración es asumida de la estación Upamayo de la cuenca vecina del río Mantaro.

Los valores indicados a continuación, son medidos en tanques, se asume un factor de 0.8 para aplicación en presas de relave:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
108.5	114.8	108.5	87.0	86.8	81.0	77.5	80.6	96.0	102.3	102.0	111.6

La falta de información implica utilizar como mayor precipitación anual 670.3 mm, asumiendo un coeficiente de escorrentía de 0.50 se espera un caudal de:

$$Q = 0.414 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Que según la variación mensual, la precipitación sería (en m³/seg.):

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0.760	0.976	0.832	0.395	0.141	0.074	0.057	0.088	0.246	0.379	0.414	0.641

La capacidad de los sistemas de derivación es suficiente para captar los caudales promedio.

b. Máximas Avenidas

De los estudios de Factibilidad de los Proyectos Marcapomacocha II y III, se realizó un análisis regional de avenidas, empleando la Avenida Índice. Este método consiste en hallar los promedios de las avenidas máximas en cada estación de apoyo, estos promedios se denominan Q_{pmax} . Estos valores se relacionan con el área de la cuenca según:

Tabla N° 10

ESTACIÓN	Area de Cuenca Km²	Q_{PMAX} m³/seg.
Antashupa	48.8	5.08
Pallanga	138.0	16.39
Río Blanco	237.0	17.07
Cochas Túnel	481.0	27.8
Huari	487.0	37.72
Pachacayo	720.0	52.06

La ecuación respectiva es :

$$Q_{PMAX} = 0.246 A^{0.8}$$

Donde:

Q_{PMAX} = Promedio de Máximas avenidas, en m³/seg.

A = Área de la Cuenca en Km².

Los valores máximos de las estaciones antes citadas se les distribuyó probabilísticamente, hallando los valores máximos para diferentes Períodos de retorno y dividiéndolas entre el respectivo Q_{PMAX} , hallando lo que se conoce como factores de crecimiento. Estos se muestran en la tabla N° 11.

Tabla N° 11

Estación	Q _P MAX	10	20	50	100	500
Antashupa	5.08	7	8	9	9.5	11
	fc	1.38	1.58	1.77	1.87	2.36
Pallanga	16.39	22	24	27	29	35
	fc	1.34	1.46	1.65	1.77	2.14
Río Blanco	17.07	23	26	30	32	39
	fc	1.35	1.52	1.76	1.87	2.40
Cochas T.	27.80	42	49	57	63	78
	fc	1.51	1.76	2.05	2.27	2.81
Huari	37.72	53	60	69	76	91
	fc	1.41	1.59	1.83	2.01	2.41
Pachacayo	52.06	81	94	111	123	152
	fc	1.56	1.81	2.13	2.36	2.92

Como la cuenca más próxima a la estudiada es la del río Blanco se asumirá su factor de crecimiento para 500 años de período de retorno, vale decir 2.40. Otra cuenca parecida es Antashupa que tiene como factor de crecimiento para las mismas condiciones 2.36.

Luego la avenida para 500 años es:

$$Q_{500} = 5.30 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Como la fuente está constituida por caudales máximos promedios diarios, para pasarlos a instantáneos se usará el mismo factor que los estudios de Marcapomacocha II y III, es decir 2.

Finalmente: $Q_{\text{INSTANTÁNEO 500 años}} = 10.60 \text{ m}^3/\text{seg.}$

c. Capacidad de Descarga del sistema de Drenaje:

Como se dijo en la descripción de la cuenca, existen hasta tres sistemas de drenaje importantes.

El primero se refiere a un túnel en la cota 4550 m.s.n.m. y de aproximadamente de 2.5 mt de diámetro, el segundo consta de una tubería de 1.2 mt de diámetro que incluso en su recorrido

capta las aguas de una quebrada intermedia. Se asume, por conveniencia como se consideró en proyectos como Marca II y III, que para estos conductos se tiene una pendiente de 0.5 %, y un coeficiente de Manning de 0.030 y 0.015 respectivamente, por ser la primera un túnel en roca y la segunda por ser una tubería en concreto.

Se calcula entonces:

$$Q_{\text{Túnel}} = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} = \frac{4.41 \times 0.78 \times 0.0707}{0.030} = 8.10 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_{\text{Tubería}} = \frac{1.10 \times 0.49 \times 0.070}{0.015} = 2.54 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Estos en conjunto totalizan **10.64 m³/seg**. Valor coincidente con la máxima avenida.

La estación metereológica más cercana, es la estación hidrométrica de Río Blanco: Se cuenta con la estación metereológica de Morococha y Pomacocha, la primera ubicada en la vertiente del Pacífico, aprox. 15 Km; las otras se encuentra en la vertiente del Atlántico a 20 Km y 50 Km respectivamente. Los datos de estas estaciones se usan para el control del almacenamiento de agua en los reservorios que alimentan las centrales hidroeléctricas de P. Boner, Pachacamac y Electro Andes (Ex Hidro-Oroya).

La información básica utilizada en el presente estudio hidrológico está constituida por estaciones hidrométricas ubicadas dentro de la región y que pertenecen a las cuencas de los ríos Rínac y Mantaro Superior respectivamente.

Los métodos para estimación de escorrentía son apropiados para una zona sin registros.

En el caso de la evapotranspiración, este fenómeno se realiza en una fracción del área superficial, considerando en este caso 1/3 del área total y afectando los valores de evaporación por el factor 0.8.

d. Borde Libre

Es fácil de comprender la falta de control en el crecimiento de la Presa y construcción del dique. Una rápida evaluación consistió en ver la capacidad o soporte técnico propio de la operación y supervisión en Planta Concentradora. Debe mantenerse el borde libre con un mínimo de 1.0 mt. por cualquier eventualidad no obstante la existencia de los dos sistemas de derivación principal y drenajes existentes.

6.2.3 Balance Hídrico en la Presa de Relaves Chinchán

El agua de aporte en la Presa de Chinchán es el agua contenida en los relaves almacenados en ella. Se estima que este caudal está en el orden de 3,619 m³/día, mientras que otros caudales muy importantes de aguas naturales son desviadas de la presa mediante 2 sistemas de derivación principal y secundaria respectivamente. La evacuación del agua de la Presa se realiza mediante 08 tuberías de drenaje instaladas en la base del Dique, y 01 tubería que colecta el rebose del agua decantada, por un vertedero simple, en el espejo de agua. Este último constituye alrededor del 35 % del agua drenada mientras que el 65 % restante se evacua mediante drenaje a través del dique y sus tuberías de filtro interiores.

Para el balance de agua indicado se presenta según la siguiente ecuación, basado en evaluaciones ya comunes para situaciones similares (pantanos, presas de agua, presas de tierra etc.):

$$A1 = A2 + A3 + B1 - B2 + C3$$

Donde:

- A1 Incremento de volumen de agua en embalse, en m³.
- A2 Volumen de ingreso, en m³.
- B1 Volumen de precipitación de embalses, en m³.
- B2 Volumen de filtración, en m³.
- C3 Volumen retenido en vacíos del relave.

El área de espejo encontrada en diciembre de 1997 fue de 11,000 m², el índice de evaporación regular, como promedio anual es de 3.21 mm/día (sólo agua), el resto del área de la relavera son ocupados por diferente grado de humedad, los cuales liberan el agua a mucho menos velocidad. Entonces el ritmo de evaporación en esta zona se considera en promedio de 86.5 % del índice de evaporación del agua, vale decir 2.78 mm/día.

La filtración se hallará mediante la ecuación de Darcy.

$$Q_f = KiA$$

Donde:

$$Q_f = \text{Caudal de infiltración, m}^3/\text{seg}$$

$$K = \text{Permeabilidad} = 10^{-9} \text{ m/s.}$$

$$i = \text{Gradiente Hidráulico} = 1$$

$$A = \text{Área horizontal al flujo en m}^2$$

Se presenta la siguiente Tabla N° 12 un resumen de balance de aguas realizada en la presa de relaves Chinchán,

TABLA N° 12

PRESA DE RELAVES CHINCHAN

BALANCE DE AGUAS (promedio - 98)

MES	Precip. mm	Evap. mm	Ingreso m³ / mes	Precip. m³/mes	Evap. m³/mes	Filtración m³ / mes	Intersticial m³ / mes	Diferencia m³ / mes
Enero	104.6	108.5	108567.2	17462.2	15823.9	2631.1	13385.0	94189.5
Febrero	121.2	114.8	108567.2	20233.5	16742.7	2631.1	13385.0	96041.9
Marzo	114.4	108.5	108567.2	19098.3	15823.9	2631.1	13385.0	95825.5
Abril	52.6	87.0	108567.2	8781.2	12688.3	2631.1	13385.0	88644.1
Mayo	19.4	86.8	108567.2	3238.7	12659.1	2631.1	13385.0	83130.7
Junio	9.8	81.0	108567.2	1636.0	11813.2	2631.1	13385.0	82373.9
Julio	7.8	77.5	108567.2	1302.2	11302.8	2631.1	13385.0	82550.5
Agosto	12.1	80.6	108567.2	2020.0	11754.9	2631.1	13385.0	82816.3
Setiembre	32.7	96.0	108567.2	5459.0	14000.9	2631.1	13385.0	84009.3
Octubre	52.1	102.3	108567.2	8697.7	14919.7	2631.1	13385.0	86329.2
Noviembre	55.5	102.0	108567.2	9265.3	14875.9	2631.1	13385.0	86940.5
Diciembre	88.1	111.6	108567.2	14707.7	16276.0	2631.1	13385.0	90982.8
Promedio	55.9	96.4	108567.2	9525.2	14056.8	2631.1	13385.0	87819.5

Se está considerando el área del dique y base del talud por encontrarse húmedo, es decir 166,943 m². La producción promedio de relave depositado en la presa de relaves es de 1,339 TMSD, con 73 % de agua, obteniéndose 108,567.2 m³/mes, el relave emplazado contiene 25 % de agua intersticial, es decir 13,385 m³/mes, según se puede apreciar en el cuadro anterior.

El caudal real aforado total de los drenes (06 drenes) y agua de decantación (eliminación por la quena de agua decantada) es de **87,791.04** m³/mes, existiendo una diferencia de **28.46** m³/mes (0.011 lt/seg), que podría interpretarse como otras pérdidas.

Posterior al retiro de material orgánico en la base de la presa se observó una filtración de agua a niveles inferiores a los drenes instalados. Se ubicó 02 drenes nuevos para la captura de estos flujos antes del emplazamiento del terraplén filtroresistente. Los dos nuevos aforos, en conjunto, dieron inicialmente un caudal de 0.05 lt / seg. Como quiera que la evaluación es

anual y que los nuevos drenes fueron instalados en noviembre de 1999 (época de inicio de precipitaciones pluviales), se espera disminuya el caudal antes indicado llegando al promedio. De este modo se podría estar considerando compensada la diferencia antes indicada.

6.2.4 Estructuras de Derivación

Las estructuras de derivación de aguas de escorrentía, manantiales y cursos de aguas naturales, son tres, y se muestran en el Plano N° 4 (ver anexo – 9.1. Planos):

- Túnel de Captación principal de la Quebrada Yuracocha, que es el caudal mas importante.
- Canal secundario de derivación y captación de manantiales del mismo sector, al igual que el canal anterior ambos flujos se conducen por la margen izquierda de la quebrada y se unen aguas abajo de la Presa.
- Dique pequeño de represamiento y tubería de conducción de manantiales y pantanales localizados en la quebrada de Yuracocha, se conduce a lo largo de la margen izquierda de la quebrada aguas arriba, mediante una tubería que atraviesa el Dique al promediar su altura; finalmente desemboca aguas abajo de la Presa.

6.2.5. Probabilidad de Excedencia del Sismo de Diseño

La evaluación probabilística del peligro sísmico se efectuó de tal modo de proponer niveles sísmicos del movimiento máximo del suelo en el área de emplazamiento de la Presa de relaves Chinchán.

La fuente de datos base corresponde a sismos históricos debidamente registrados por equipo confiable, ocurridos en la zona de evaluación.

La ubicación de hipocentros a mejorado sustancialmente en los últimos años, clasificando los siguientes períodos de registros de datos sismológicos.

- | | |
|------------------|----------------------------------|
| 1. Antes de 1900 | Descriptivos |
| 2. 1900 – 1963 | Instrumental aproximado |
| 3. 1963 – 1992 | Instrumentales de alta precisión |

Los sismos en el área de influencia presentan el patrón general de distribución espacial que en el resto del del territorio peruano, es decir, la mayor actividad sísmica se concentra en el mar, paralelo en la costa (subducción de la Placa de Nazca).

Los rasgos tectónicos superficiales más importantes en el área de estudio es:

- La Fosa Oceánica Perú – Chile
- La dorsal de Nazca
- Porción undida de la costa al norte de la Península de Paracas, asociada con el Zócalo Continental más amplio.
- Cadena de los Andes
- Las unidades de deformación y sus intrusiones magmáticas asociadas.
- Sistemas regionales de fallas normales e inversas.

La determinación probabilística para el peligro sísmico de Chinchán fue realizado por una empresa especializada en el tema. Para tal efecto se emplea el programa RISK desarrollado por R. Mc Guire (1976). Con los datos de la ley de atenuación para sismos de subducción propuesta por Casaverde y Vargas (1980), ley basada en los registros de los acelógrafos de las componentes horizontales de diez sismos peruanos registrados en Lima y alrededores según:

$$a = 68.7 e^{0.8M_s} (R + 25)^{-1.0}$$

Donde:

- * a = Aceleración en cm/seg²
- * M_s = Magnitud de las ondas superficiales
- * R = Distancia hipocentral en Km

Para sismos continentales se utilizó la ley de atenuación presentada por Mc Guire según:

$$\ln a = 6.156 + 0.64M_s - 1.30\ln(R + 25)$$

Donde:

- * a = Aceleración en cm/seg²
- * M_s = Magnitud de las ondas superficiales
- * R = Distancia hipocentral en Km

En la tabla N° 13, se muestra las máximas aceleraciones esperadas para períodos de retorno de hasta 1000 años. El Ministerio de Energía y Minas solicita períodos de retorno de 150 y 500 años activas e inactivas respectivamente.

El valor del coeficiente sísmico para el diseño pseudo-estático de taludes se toma como una fracción de entre medio a un tercio, de la aceleración máxima que corresponde al período de diseño. Para un período de retorno de 150 años el coeficiente sísmico varía entre 0.08 y 0.12, y para un período de retorno de 500 años este valor varía entre 0.11 y 0.16.

Según las isosistas mostradas en las figuras 10A, 10B y el mapa de peligro sísmico en la figura 10C, para el área de evaluación, se han producido intensidades de VI – VII en la escala de Mercalli Modificada. De la evaluación probabilística de peligro sísmico se ha considerado las fuentes simogénicas como áreas, para sismos de retorno de 150 y 500 años determinándose valores de aceleración máxima de 0.24g y 0.32g respectivamente.

Tabla N° 13 – Aceleraciones Máximas de retorno a 1,000 años

LUGAR	PERÍODOS DE RETORNO						
	30	50	100	200	400	500	1000
Casapalca (76.21° , 11.65°)	0.15	0.18	0.21	0.26	0.31	0.32	0.38

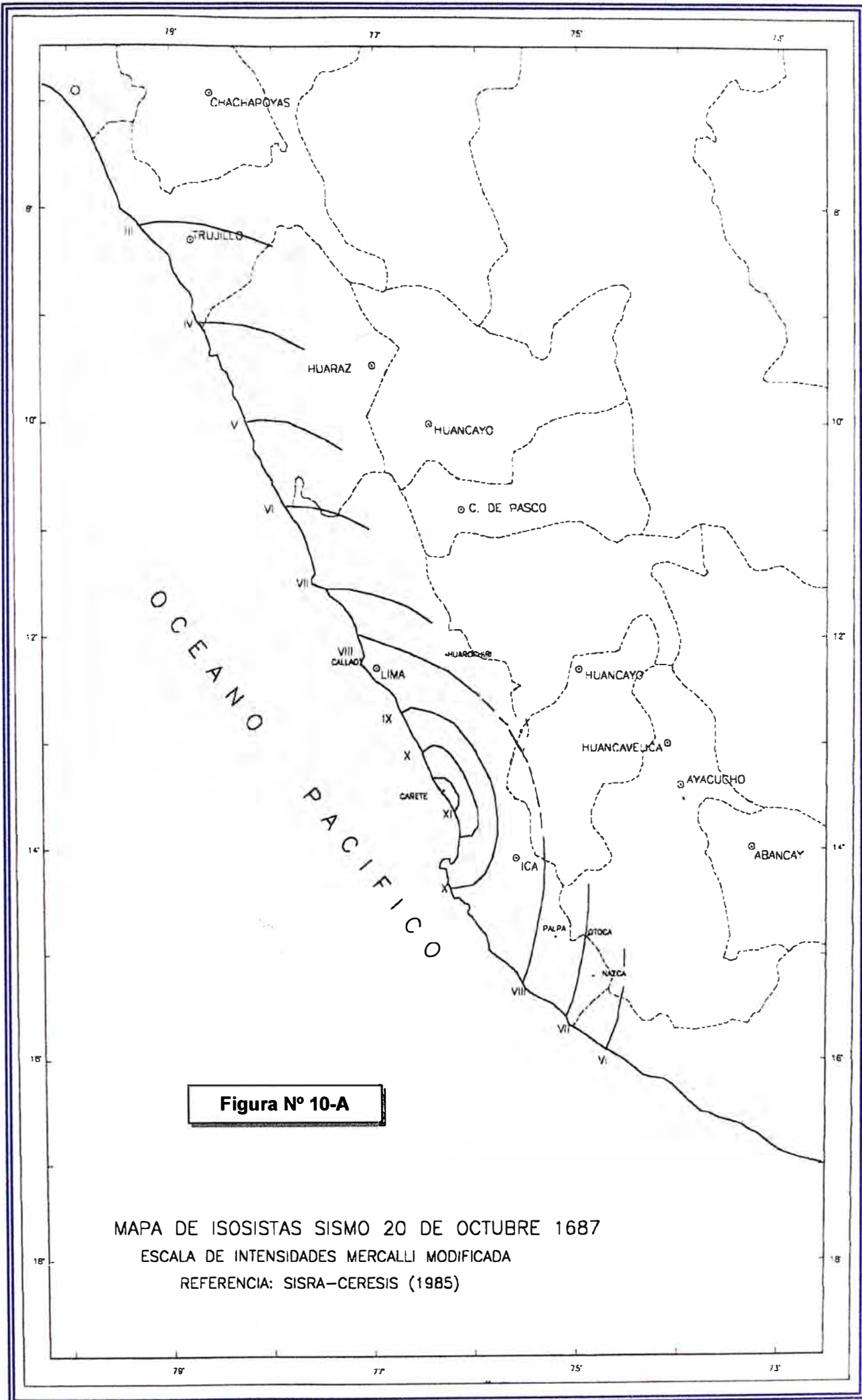


Figura N° 10-A

MAPA DE ISOSISTAS SISMO 20 DE OCTUBRE 1687
 ESCALA DE INTENSIDADES MERCALLI MODIFICADA
 REFERENCIA: SISRA-CERESIS (1985)

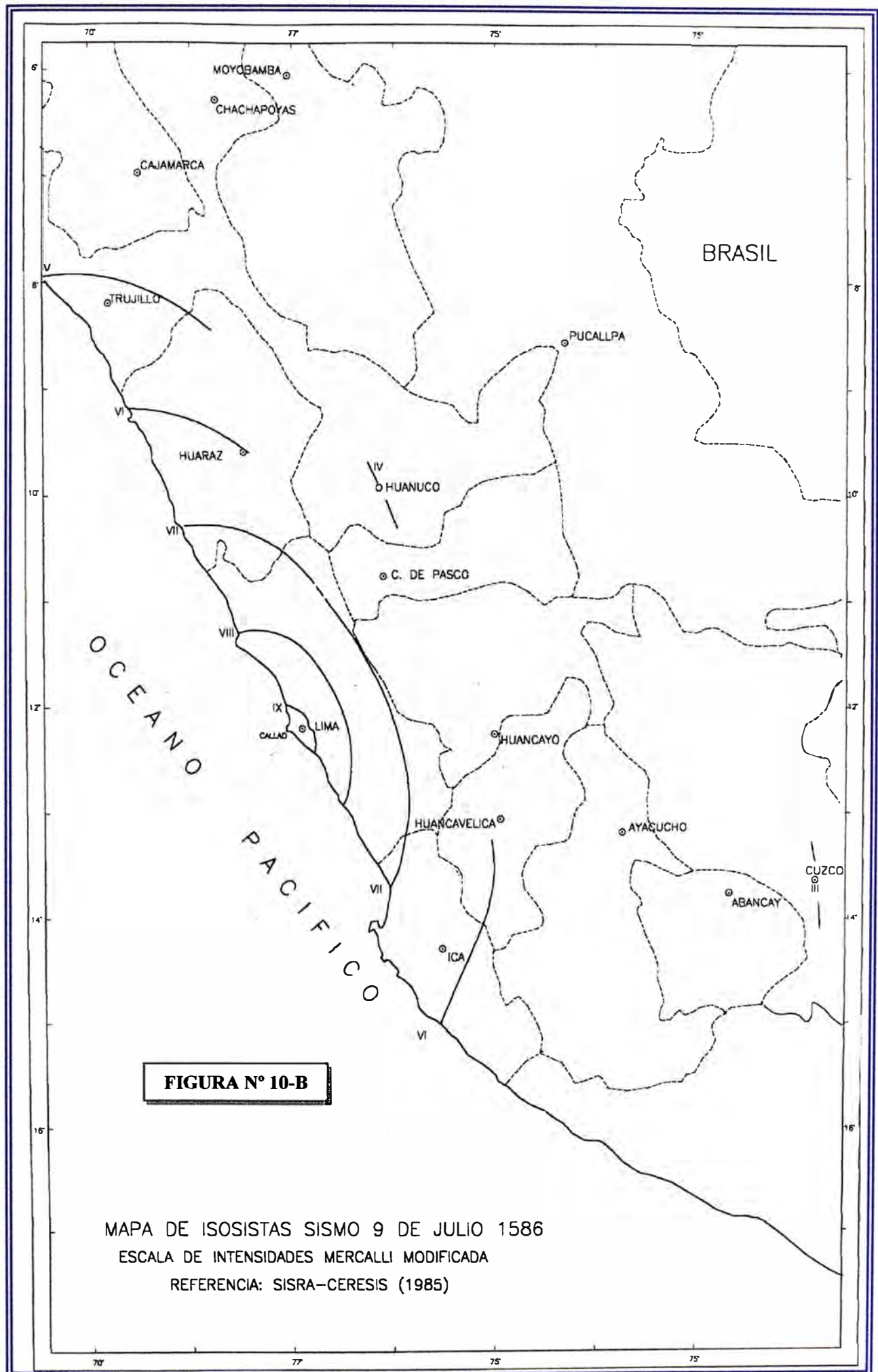


FIGURA N° 10-B

MAPA DE ISOSISTAS SISMO 9 DE JULIO 1586
 ESCALA DE INTENSIDADES MERCALLI MODIFICADA
 REFERENCIA: SISRA-CERESIS (1985)

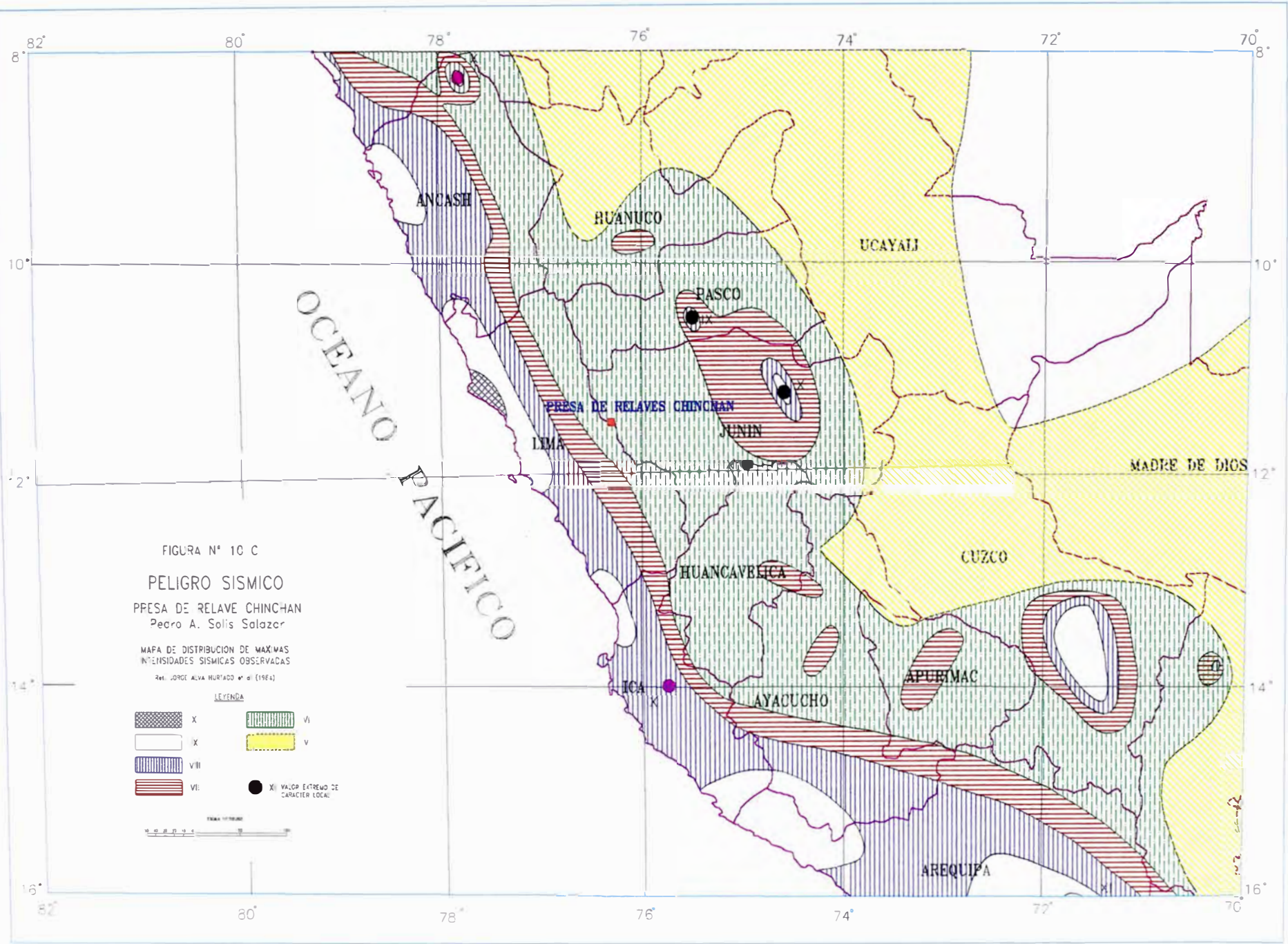


FIGURA N° 10 C
 PELIGRO SISMICO
 PPESA DE RELAVE CHINCHAN
 Pedro A. Solis Salazar

MAPA DE DISTRIBUCION DE MAXIMAS
 INTENSIDADES SISMICAS OBSERVADAS
 Ref. JORGE ALVA HURTADO et al (1964)

- LEGENDA
- X
 - IX
 - VIII
 - VI
 - VI
 - V
 - XI VALOR EXTREMO DE CARACTER LOCAL



6.2.6. Análisis de Estabilidad

a. Perfil Estratigráfico

Los trabajos de campo se efectuaron centrados en el dique, El nivel superior del dique a una profundidad de 20 mt, está constituido por un material de arena fina limosa no plástica, entre gris a gris claro, con humedades de 8 % a 21 %. El porcentaje de finos promedio varia de entre 15 % a 25 %. Encontrándose además arena pobremente graduada en forma aleatoria con porcentajes entre 3% a 9%, en estado medianamente compacto.

Aguas arriba de la corona se encuentra presente material fino limoso, de color plomo oscuro y de consistencia blanda que corresponde al over flow de la pulpa de los drenes provenientes de la Planta Concentradora. A partir de los 20 mt y a los 40 mt el relave corresponde también a una arena fina limosa no plástica, de color plomo. La humedad promedio es de 16%. El porcentaje de finos varía entre 15% y 16%. Se encuentra en estado compacto. La zonificación antes indicada se muestra en el plano N° 6 (ver anexo – 9.1. Planos).

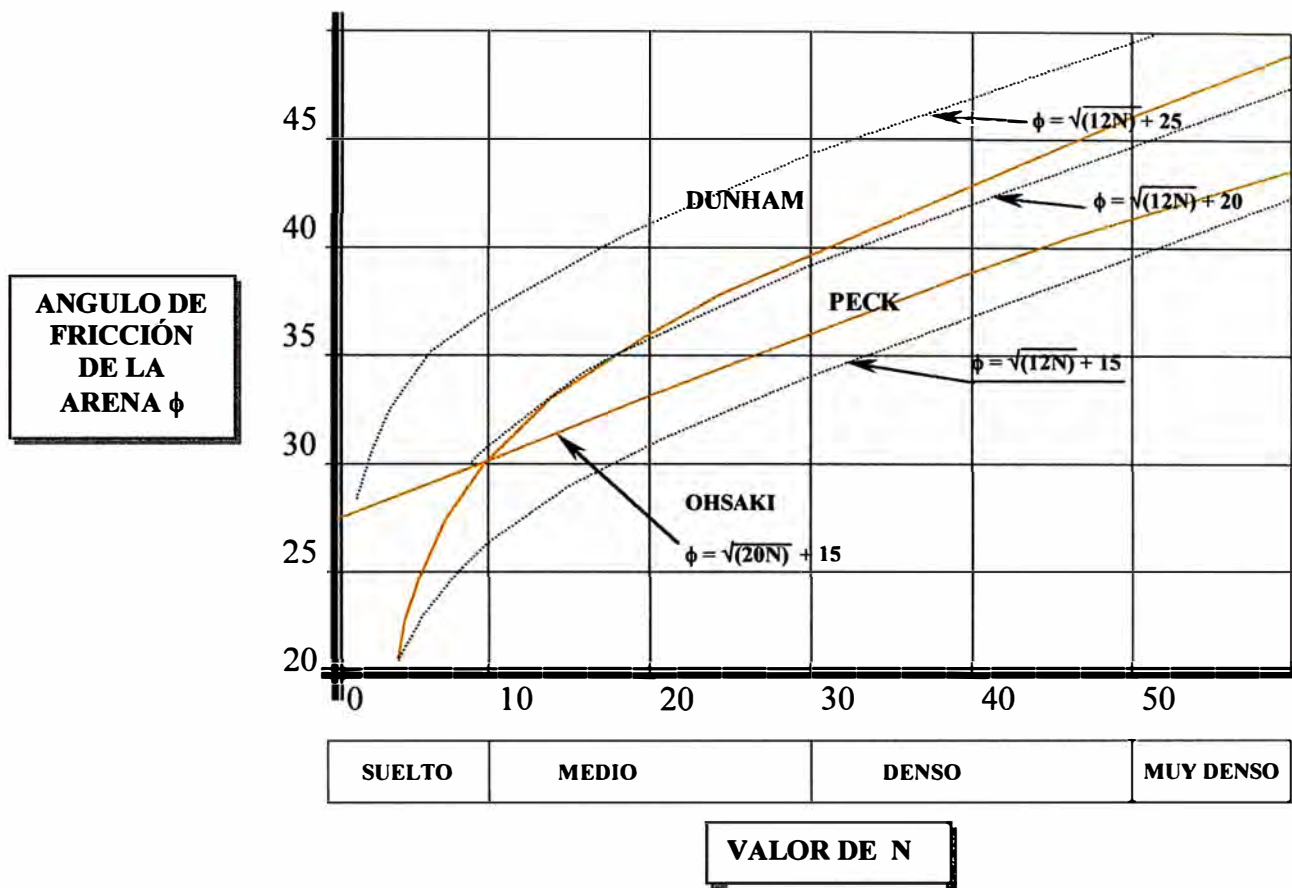
Entre el material de relave y el terreno de cimiento y a un espesor 4 mt se presentan lentes de arcilla de alta plasticidad y arenas arcillosas, ambos con presencia de raicillas, los cuales en algunos casos se encuentran en estado de descomposición.

Los terrenos de cimentación están constituidos básicamente por material cuaternario, compuesto por gravas angulosas de matriz limo arcillosas color rojizo, dispuestas en estado compacto.

b. Angulo de Fricción

Se usa relaciones empíricas existentes para suelos arenosos basados en el valor corregido de “N” del ensayo de penetración Estándar (SPT). La relación propuesta por Ohsaki (1959) proporciona una correlación promedio entre las presentadas por otros autores, como se muestra en la figura N° 11.

Figura N° 11



Las expresiones propuestas son:

$$1. \Phi = \sqrt{20 N_1} + 15$$

$$2. N_1 = N C_N$$

$$3. C_N = \sqrt{\frac{1}{\bar{\sigma}_o}} ; \quad \bar{\sigma}_o \text{ en Kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo efectivo vertical de penetración)}$$

Donde:

Φ Ángulo de fricción interna del suelo

N Número de golpes por cada 30 cm de penetración del ensayo SPT

N_1 Resistencia a la penetración estándar normalizada

C_N Factor de corrección para normalizar la resistencia a la penetración a un esfuerzo efectivo de descarga de 1.0 Kg/cm²

El cálculo de los valores de N corregido (N_1) y de los ángulos de fricción estimados son presentados en el análisis de estabilidad.

c. Horizonte Geotécnico en la Presa de Relaves Chinchán:

La identificación del comportamiento producto de la zonificación de la presa de relaves es como se muestra a continuación en la tabla N° 14 A, basados en estudios de campo y laboratorio (CISMID - UNI), observe el plano N° 6 (ver anexo – 9.2. Plano), donde se muestra la distribución de las diferentes zonas indicadas .

También se presenta en la tabla N° 14 B, de categorización SUCS utilizada para la clasificación.

Tabla N° 14 A – HORIZONTE GEOTÉCNICO

Tipo	I	II	III	IV	V	VI
Característica	Relave, nivel superior	Relave, nivel inferior	Altamente orgánico	Cimentación cuaternario	Relave fino del estanque	Del dique de arranque
Clase SUCS	SM	SM	OH	GP – CC	ML	GC – GM
% Finos	15% a 25%	15% a 16%	NN	20%	80%	NN
Humedad Natural	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Densidad Natural	1.5 gr/cm ³	1.6 gr/cm ³	1.6 gr/cm ³	2.0 gr/cm ³	2.0 gr/cm ³	2.0 gr/cm ³
Estado	Medianamente Compacto	Mediano a Compacto	Blando	Compacto	Blando	Compacto
Permeabilidad	Semi - permeable	Semi - permeable	Semi - permeable	Permeable	Impermeable	Semi - permeable
Angulo de Fricción Efect.	26°	31°	19°	36°	19°	36°
Cohesión Efectiva	0.1 Kg/cm ²	0.1 Kg/cm ²	0.0 Kg/cm ²	0.1 Kg/cm ²	0.0 Kg/cm ²	0.3 Kg/cm ²

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLOS			NOMBRES	COMPRESIBILIDAD Y EXPANSIÓN	CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE			
		LETRAS	RAYADO	COLOR						
1	2	3	4	5	6	7	8			
SUELOS GRANULARES GRUESOS	GRAVAS Y SUELOS GRAVOSOS	GW		ROJO	GRAVA BIEN GRADUADA - MEZCLA DE GRAVA - ARENA, POCO O NADA DE FINOS	CASI NINGUNA	EXCELENTE			
		GP		ROJO	GRAVA POBREMENTE GRADUADA MEZCLAS DE GRAVA - ARENA, POCO O NADA DE FINOS	CASI NINGUNA	EXCELENTE			
		GM	d		AMARILLO	GRAVA - LIMOSA, MEZCLA DE GRAVA ARENA Y LIMO.	MUY LIGERA	FAVORABLE A MALO		
			u				LIGERA	MALO O CASI IMPERMEABLE		
	ARENAS Y SUELOS ARENOSOS	GC		AMARILLO	GRAVA - ARCILLOSA, MEZCLA DE GRAVA ARENA Y ARCILLA.	LIGERA	MALO O CASI IMPERMEABLE			
		SW				ROJO	ARENAS BIEN GRADUADAS - ARENAS GRAVOSAS POCO O NADA DE FINOS	CASI NINGUNA	EXCELENTE	
								CASI NINGUNA	EXCELENTE	
		SM	d				AMARILLO	ARENAS LIMOSAS, MEZCLA DE ARENA Y LIMO.	MUY LIGERA	FAVORABLE A MALO
			u						LIGERA A MEDIANA	MALO O CASI IMPERMEABLE
		SC				AMARILLO	ARENA - ARCILLOSAS, MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA.	LIGERA A MEDIANA	MALO O CASI IMPERMEABLE	
SUELOS GRANULARES FINOS	LIMOS Y ARCILLAS	ML		VERDE	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLOSAS, LIMOS ARCILLOSOS POCO PLASTICOS	MEDIANA	CASI IMPREMEABLA			
		CL			ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA O MEDIANA PLASTICIDAD, ARC. GRAVOSAS, ARC. ARENOSAS, ARC. LIMOSAS Y MAGRAS	CASI NINGUNA	EXCELENTE			
		OL			LIMOS ARGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS DE BAJA PLASTICIDAD	MEDIANA O ALTA	MALO			
	LIMOS Y ARCILLAS	MH		AZUL	LIMOS INORGANICOS MICACEOS O DIATOMACEOS, ARENA FINA O SUELOS LIMOSOS LIMOS ELASTICOS	ALTA	FAVORABLE A MALO			
		CH			ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS RICAS.	ALTA	CASI IMPERMEABLE			
		OH			ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIANA O ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS RICAS.	ALTA	CASI IMPERMEABLE			
	SUELO ALTAMENTE ORGANICOS	Pt		NARANJA	TURBAS Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	MUY ALTA	FAVORABLE A MALO			

Nota: En la columna 3 los suelos GM y SM se sub dividen en "d" y "u", el sub indice "d" se usa cuando el límite líquido es igual a 25 o menos y en índice de plasticidad es 5 ó menos. En caso contrario se usa el índice "u".

Figura N° 14-B

Tabla de Clasificación y Caracterización SUCS

d. Preámbulo al análisis de estabilidad

El coeficiente sísmico, para el método pseudo estático de estabilidad de taludes, se recomienda entre un tercio y un medio de la aceleración máxima estimada en el estudio de peligro sísmico de una zona de estudio similar. En consecuencia el coeficiente de seguridad de este informe es de $K_c = 0.15 g$ (donde g es aceleración de la gravedad), para el período de retorno de 500 años.

Como el comportamiento en presas de relave es similar al de presas de almacenamiento de aguas se puede considerar como factores de seguridad mínimos propuestos por el US Corps of Engineers para el caso de estabilidad de taludes en presas de tierra. Los factores mínimos de seguridad recomendados son:

Tabla N° 15

FACTORES MÍNIMOS DE SEGURIDAD

Condición	Talud Aguas Arriba	Talud Aguas Abajo
I – Presas de más de 15 metros	1.3 – 1.4	1.3 – 1.4
II – Estado de infiltración Constante		1.5
III – Desembalse rápido	1.5	-
IV – Sismo, solo para condiciones I y II	1.0	1.0

e. Análisis de Estabilidad:

La presa de relaves Chinchán presenta un factor de seguridad bajo condiciones estáticas de 1.44 y bajo condiciones pseudo estáticas de 1.00. Los parámetros de resistencia utilizados fueron estimados en base a correlaciones existentes con el ensayo SPT. El análisis efectuado muestra la tendencia clara del depósito a fallar debido al estrato débil constituido principalmente por material orgánico saturado. Un porcentaje considerable de las superficies de falla pasan principalmente por esta zona del depósito. Este problema se debe minimizar limpiando el material orgánico existente a partir de la fecha, en la base del depósito hasta llegar al material cuaternario firme, considerándose además la colocación de material de filtro

sobre el material cuaternario de cimentación, mejorando el sistema de drenaje dándole mayor seguridad.

Se observó inicialmente el mal estado del sistema de drenaje interior y que de no ser mejorado al incrementarse el tamaño de la presa, la haría más vulnerable ante un evento sísmico, por tener mayor nivel freático y mayor presión de poros.

Finalmente la pendiente encontrada es de 1V:2H, siendo la de diseño 1V:2.5H aumentando la inestabilidad a futuro de la presa.

Estos resultados se muestran en las figuras N° 12A, 12B, 12C, 12D y 12E

Figura N° 12 A
ANGULO DE FRICCIÓN DE ARENAS - N° DE "N" (SPT)

Profundidad Alcanzada (m) : 46,30
Sondaje : S - 1

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	% DE FINOS (%)	DENSIDAD (gr/cc)	ESFUERZO VERTICAL EFFECTIVO (Kg/cm ²)	N(SPT) (golpes/pie)	C _n	N _f	ANGULO DE FRICCIÓN EFFECTIVO (°)
0,00	SM	21	1,50	0,00	0	-	0	0,00
1,50	SM	21	1,50	0,23	7	2,11	15	32,20
3,00	SM	21	1,50	0,45	8	1,49	12	30,40
4,50	SM	15	1,50	0,68	11	1,22	13	31,40
6,00	SP-SM	10	1,50	0,90	50	1,05	53	47,50
7,50	SP-SM	10	1,50	1,13	50	0,94	47	45,70
9,00	SP-SM	9	1,50	1,35	50	0,86	43	44,30
10,50	ML	21	1,50	1,58	11	0,80	9	28,20
12,00	SP	4	1,50	1,80	14	0,75	10	29,40
13,50	SM	15	1,50	2,03	19	0,70	13	31,30
15,00	SM	19	1,50	2,25	18	0,67	12	30,50
16,50	SM	18	1,50	2,48	19	0,64	12	30,50
18,00	SP-SM	5	1,50	2,70	16	0,61	10	29,00
19,50	SP	3	1,50	2,93	24	0,58	14	31,80
21,00	SP	4	1,50	3,15	22	0,56	12	30,70
22,50	SM	14	1,60	3,39	21	0,54	11	30,10
24,00	SM	14	1,60	3,63	20	0,52	10	29,50
25,50	SM	19	1,60	3,87	29	0,51	15	32,20
27,00	SM	14	1,60	4,11	30	0,49	15	32,20
28,50	SM	15	1,60	4,35	30	0,48	14	32,00
30,00	SM	15	1,60	4,59	31	0,47	14	32,00
31,50	SM	15	1,60	4,83	37	0,46	17	33,30
33,00	SM	15	1,60	5,07	35	0,44	16	32,60
34,50	SM	15	1,60	5,31	36	0,43	16	32,70
36,00	SM	15	1,60	5,55	34	0,42	14	32,00
37,50	SM	15	1,60	5,64	36	0,42	15	32,40
39,00	SM	15	1,60	5,73	37	0,42	15	32,60
40,50	SM	15	1,60	5,82	38	0,41	16	32,70
42,00	SM	15	1,60	5,91	40	0,41	16	33,10
43,50	-	-	-	-	-	-	-	-

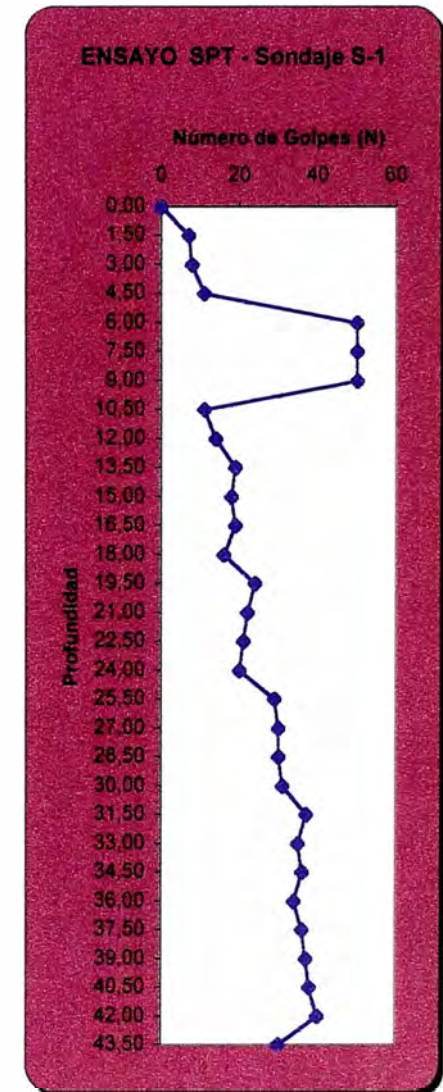


Figura N° 12 B
ANGULO DE FRICCIÓN DE ARENAS - N° DE "N" (SPT)

Profundidad Alcanzada (m) : 13,50
Sondaje : S - 3

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	% DE FINOS (%)	DENSIDAD (gr/cc)	ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (Kg/cm2)	N(SPT) (golpes/pie)	Cn	N1	ANGULO DE FRICCION EFECTIVO (°)
0,00	SM	37	1,50	0,00	0	-	0	0,00
1,50	SM	37	1,50	0,23	9	2,11	19	34,50
3,00	SM	18	1,50	0,45	12	1,49	18	33,90
4,50	SM	18	1,50	0,68	12	1,22	15	32,10
6,00	SM	28	1,50	0,90	13	1,05	14	31,60
7,50	SM	28	1,50	1,13	14	0,94	13	31,20
9,00	SM	28	1,50	1,35	18	0,86	15	32,60
10,50	SM	21	1,50	1,58	13	0,80	10	29,40
12,00	SM	16	1,60	1,82	17	0,74	13	30,90
13,50	SM	16	1,60	2,06	21	0,70	15	32,10
15,00	SM	21	1,60	2,30	21	0,66	14	31,70
16,50	SM	16	1,60	2,54	23	0,63	14	32,00
18,00	SM	16	1,60	2,78	22	0,60	13	31,30
19,50	SM	16	1,60	3,02	27	0,58	16	32,60
21,00	SM	16	1,60	3,26	34	0,55	19	34,40
22,50	SM	16	1,60	3,50	29	0,53	16	32,60
24,00	SM	16	1,60	3,74	32	0,52	17	33,20
25,50	SM	16	1,60	3,98	35	0,50	18	33,70
27,00	SM	16	1,60	4,22	37	0,49	18	34,00
28,50	SM	16	1,60	4,46	34	0,47	16	32,90
30,00	SM	16	1,60	4,70	17	0,46	8	27,50
31,50	SM	16	1,60	-	-	-	-	-

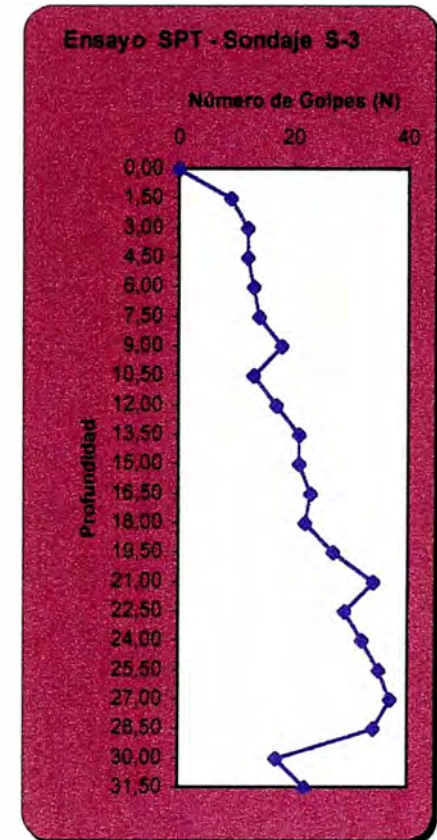


Figura N° 12 C
ANGULO DE FRICCIÓN DE ARENAS - N° DE "N" (SPT)

Profundidad Alcanzada (m) : 31,50
 Sondaje : S - 4

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION SUCS	% DE FINOS (%)	DENSIDAD (gr/cc)	ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO (Kg/cm ²)	N(SPT) (golpes/pie)	Cn	N1	ANGULO DE FRICCION EFECTIVO (°)
0,00	SM	28	1,50	0,00	0	-	0	0,00
1,50	SM	28	1,50	0,23	3	2,11	6	26,20
3,00	SM	28	1,50	0,45	2	1,49	3	22,70
4,50	SM	28	1,50	0,68	5	1,22	6	26,00
6,00	SM	22	1,50	0,90	12	1,05	13	30,90
7,50	SM	32	1,50	1,13	7	0,94	7	26,50
9,00	SM	22	1,50	1,35	11	0,86	9	28,80
10,50	SM	22	1,50	1,58	12	0,80	10	28,80
12,00	GP-GM	26	1,50	1,80	26	0,75	19	34,70
13,50	SM	28	1,50	2,03	11	0,70	8	27,40
15,00	SM	48	1,50	2,10	12	0,69	8	27,90
16,50	SM	48	1,50	2,18	25	0,68	17	33,40
18,00	SM	19	1,50	2,25	13	0,67	9	28,20
19,50	CL	76	1,50	2,33	10	0,66	7	26,50
21,00	-	-	-	-	-	-	-	-

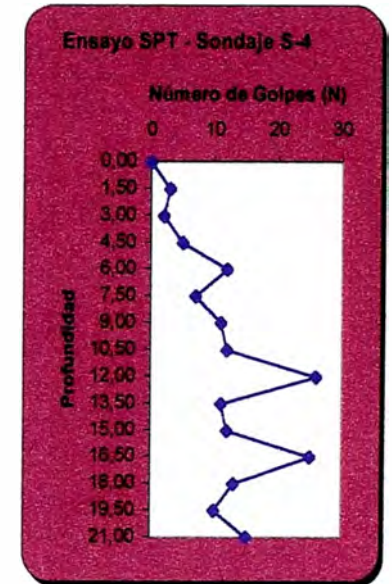


Figura N° 12-D
 ESTABILIDAD FISICA DE CHINCHAN - ANALISIS ESTATICO
 (Factor de seguridad mínimo = 1.44)

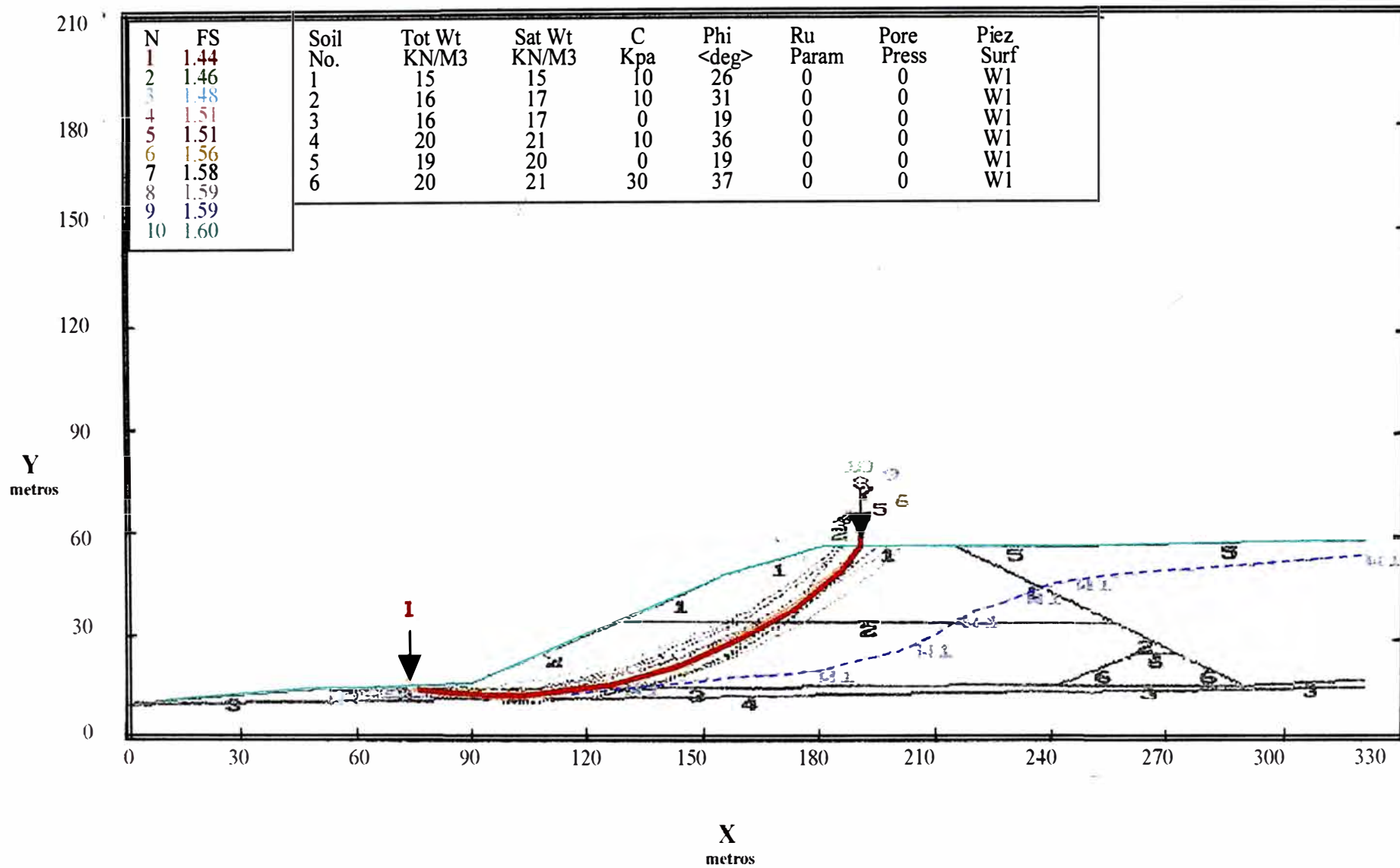
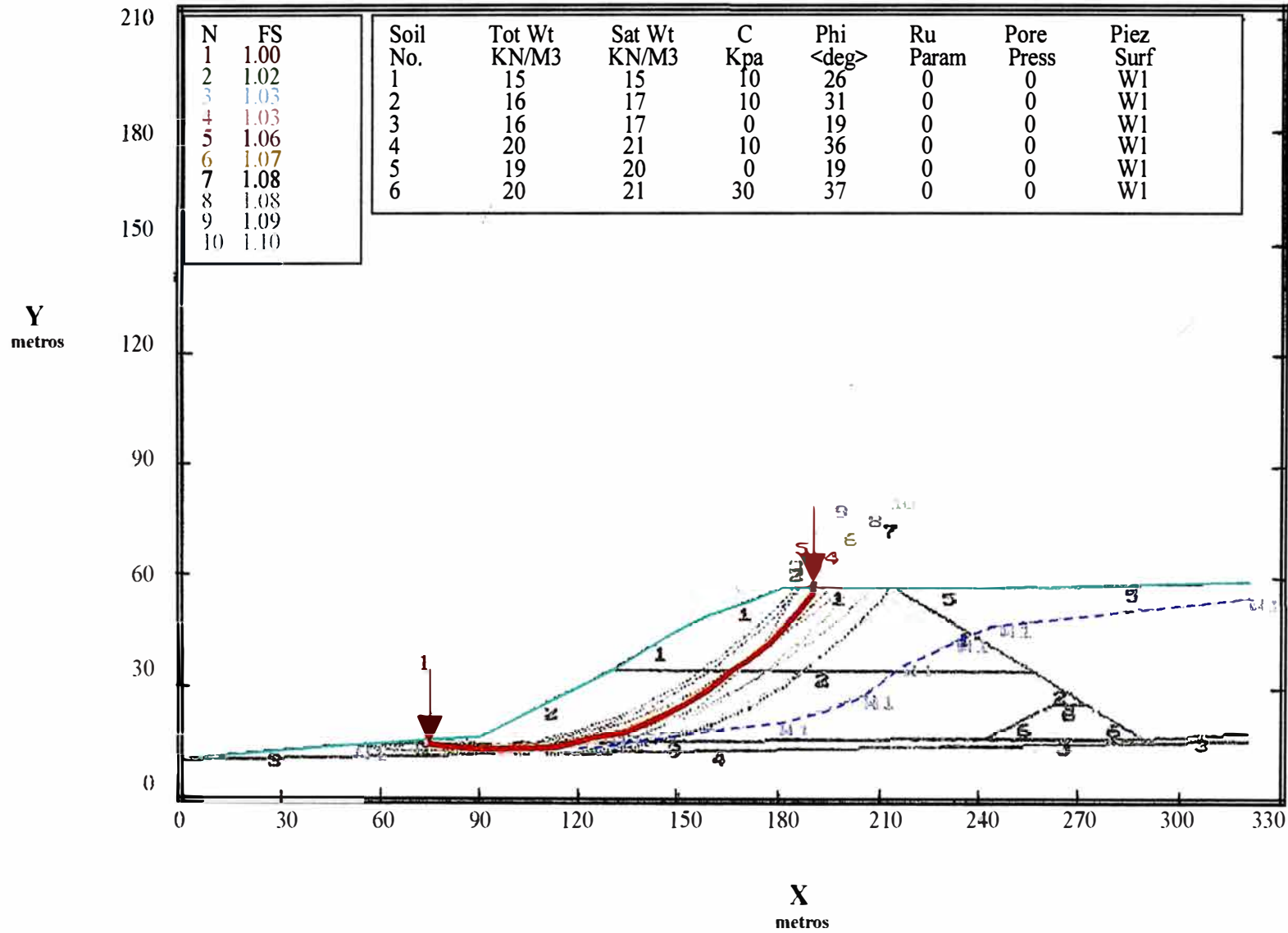


Figura N° 12-E
 ESTABILIDAD FISICA DE CHINCHAN - ANALISIS PSEUDO ESTATICO
 (Factor de seguridad mínimo = 1.00)



6.2.7. Estabilidad Post – Sismo

a. Condiciones de Análisis

El depósito de relaves Chinchán, presenta un nivel freático profundo que compromete especialmente al material arenoso medianamente compacto dispuesto en esta zona. Aún cuando no sean favorables para la ocurrencia de licuación.

b. Análisis de Licuación

La licuación de los suelos es la pérdida temporal de la resistencia cortante de suelos granulares, sueltos y saturados, bajo acción sísmica. La clase de licuación que ocurre en presas de relave es el flujo. Puede ocurrir en todo tipo de presas de relave y no necesariamente conduce al colapso de la presa.

Fue necesario realizar ensayos SPT o de cono holandés en distintas localizaciones y un sismo de diseño. En el caso de presas de relave el talud no es horizontal, existiendo influencia del esfuerzo efectivo vertical y el esfuerzo cortante existente en el talud previo al sismo.

El efecto de licuación de suelos puede ocasionar desplazamiento lateral del terreno, pérdida de capacidad portante o falla por flujo. Esta última ocurre en presas de relave con acción sísmica.

e. Sismo de diseño:

Las características de sismo de diseño, consideradas en base al estudio de peligro sísmico de la zona en estudio, son las siguientes:

Aceleración máxima superficial del sismo de diseño (a_{max}) = 0.15g

Magnitud del sismo de diseño (Ms) = 7.5

Análisis de licuación

El análisis muestra que para condiciones actuales del depósito, en el caso de producirse un evento sísmico importante, la zona de la base del dique, correspondiente a un material areno limoso de medianamente compacto a compacto, a un estado bajo del nivel freático, no sufrirá licuación al estar los factores de seguridad en todos los niveles analizados por encima de la unidad. Para el análisis se ha considerado esta zona a partir de los 36.00 metros de profundidad. Los resultados del análisis se presentaron en las figuras N° 12 A, B, C, D y E. No sería necesario entonces un análisis post sismo considerando resistencias residuales no drenadas.

6.2.8 Estado Físico Operacional de la Presa de relaves Chinchán a fines de 1997

A. Zona de Influencia

La Presa de Relaves Chinchán es una Presa activa ubicada en el paraje de Chinchán cerca a las nacientes occidentales del Río Rímac. El depósito se ubica cerrando el valle del riachuelo Yuracocha, donde este valle tiene muy poca pendiente y se ensancha rápidamente aguas abajo del Dique, en la fotografía N° 2 se muestra el estado actual, luego de los trabajos de mitigación y mejoras operativas realizados en 1998 y 1999.



Fotografía N° 2
Paraje de Chinchán - Presa de Relaves Chinchán (1,999)

B. Método de Disposición

El método de disposición de los relaves es en forma de pulpa. La pulpa del relave es bombeada desde la Planta Concentradora a lo largo de una tubería presurizada de 5.5. km y 450 mt de desnivel. El relave es clasificado en un hidrociclón de D15 al arribar al Dique de relaves y aprovechando la presión residual. La fracción gruesa o U/F se emplaza por gravedad sobre el talud aguas abajo del Dique mientras que la fracción fina rebose o O/F, se vierte directamente al estanque de la poza.

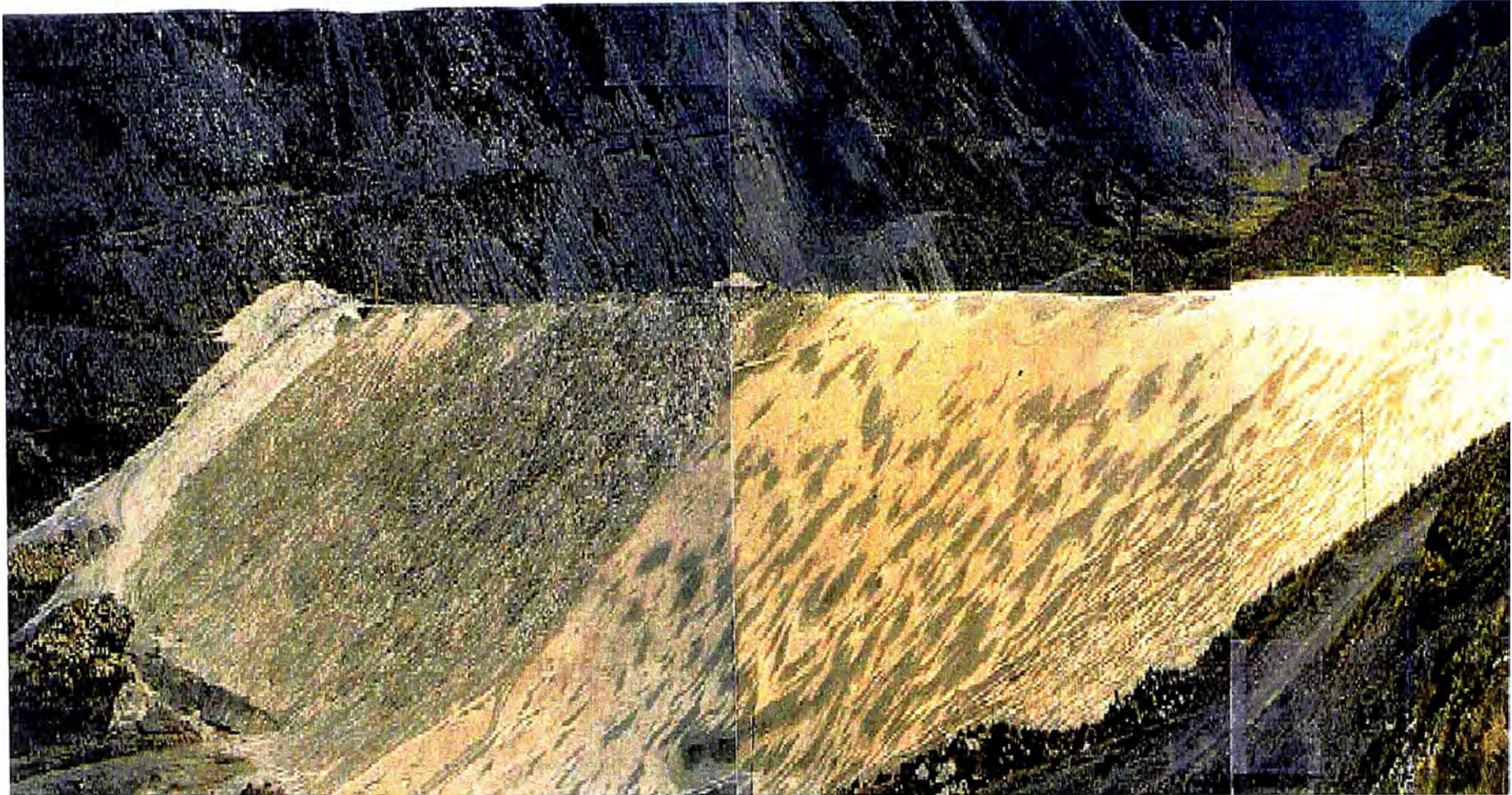
C. Eliminación de Agua Decantada

El sistema original de drenaje es por infiltración a través del mismo material del dique que esta compuesto de relave de granulometría gruesa de gran permeabilidad, y a través de la zona de playa conformada por material de permeabilidad aceptable. El diseño original contemplaba un terraplén filtrante para recepcionar este caudal de drenaje y facilitar la salida del mismo sin erosión del dique; no obstante este sistema no se ha continuado implementando y se observó que el drenaje interno es captado por 06 drenes franceses de ancho limitado que finalizan en tubos de drenaje. El caudal de estos conductos de drenaje es muy irregular (de 1.0 a 10.4 l/s) como se puede observar en el balance de Agua presentado anteriormente en la serie de Tablas N° 12 (A, B y C. Después de la página 76).

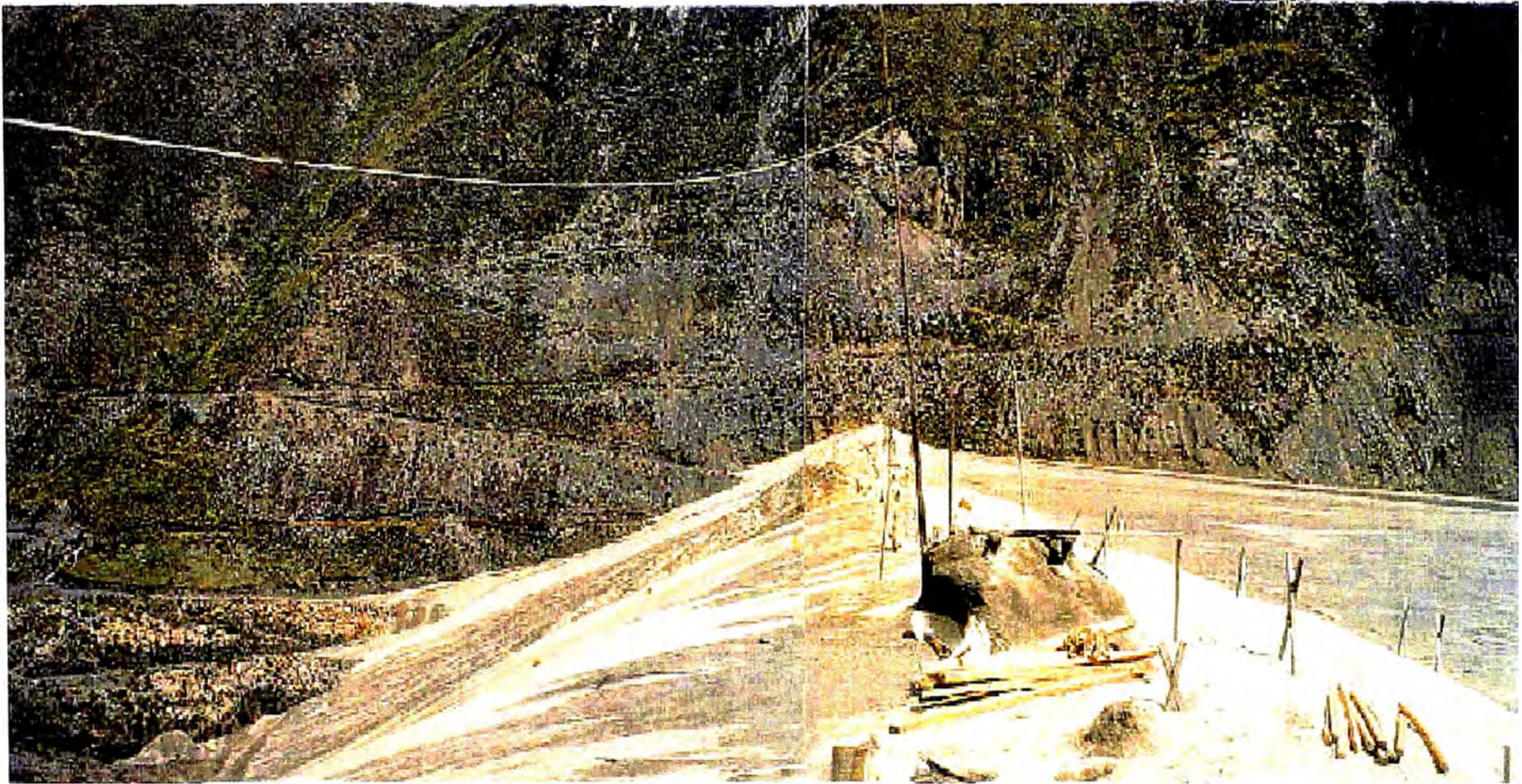
Otro sistema importante actualmente empleado es el de evacuación por gravedad del agua de decantación de la Poza de finos, a través de un vertedero rudimentario en reemplazo de las quenas originales, mencionado anteriormente.

D. Tipo de Presa

El método de construcción para la Presa de Relaves es **Aguas Abajo** como se puede observar en las fotografías N° 3 y 4, con talud aguas abajo encontrada en la relación 1V: 2H a fines de 1997, y el descuido de operaciones en la clasificación y control de la pendiente del Dique.



Fotografía N° 3
Dique de Contención de la Presa de Relaves Chinchán (en 1,997)



Fotografía N° 4
Talud del Dique - No se observa sistema de clasificación eficiente (en 1,997)

E. Condición de la Pared de la Presa

Producto de la erosión eólica se aprecia que no es severa, algunos surcos son visibles explicándose estos que fueron hechos por flujo de pulpa demasiado diluída. Por otro lado no se verifica erosión importante gracias a que la misma mantiene un mínimo de humedad porque la cara del talud aguas abajo es renovada con cierta frecuencia debido al método de recrecimiento tipo Agua Abajo.

F. Vertedero y zona de decantación

Se encontró inicialmente un vertedero rudimentario protegido con una berma de tierra peligrosamente construida protegiendo un vertedero inclinado al cual el agua ingresaba por rebose. El espejo de agua encontrado fue de **11,000 m²**. El sistema instalado inicialmente colapsó y que de emergencia fue instalado este sistema el cual no correspondería al de diseño original y no se tiene certeza de cómo fue instalado. La sugerencia realizada es de la implementación de un nuevo vertedero con nueva línea de descarga y eliminar el vertedero existente.

G. Borde Libre Operativo

El Borde Libre existente a fines de 1997 es mínimo, pudiendo considerarse que en promedio no es mayor que 0.5 m.

H. Condición de los Instrumentos de Monitoreo

Este Depósito de Relaves no contaba con instrumentación para medir los piezómetros neumáticos instalados, de modo que se planea la instalación de dos piezómetros durante los trabajos de evaluación de estabilidad aprovechando los trabajos de SPT, que permitirá un adecuado monitoreo de un posible nivel de agua en el interior del depósito.

I. Humedad en el Dique

La humedad promedio en el dique no sobrepasa el 10 %, no hay evidencia de saturación o afloramiento de agua en las paredes del dique

J. Clasificación y Distribución de relave

El hidrociclón se colocaba sobre una plataforma de 3 mt de altura construida cada vez que se cambia de lugar, con la tubería de conducción de relaves por el mismo nivel del borde libre (en el piso).

Tabla N° 16 – Relación de Muestras Realizadas en el Dique

Tipo de Exploración	Número de Exploraciones	Profundidad Alcanzada
SPT	S-1	46.30
SPT	S-2	25.35
SPT	S-3	19.95
SPT	S-4	31.50
Cono holandés	CPT-1	22.60
Cono holandés	CPT-2	7.40
Cono holandés	CPT-3	5.80
Cono holandés	CPT-4	25.20
Calicata	C-1	5.50
Calicata	C-2	2.70
Posteador	T_i/M_j ($i=1..8, j=1..3$)	3.00
Posteador	T_i/M_j ($i=1..8, j=1..3$)	3.00
Posteador	M_i/j ($i=1..2, j=1..4$)	4.00
Tipo de Exploración	Número de Exploraciones	Profundidad Alcanzada
Posteador	M_i/j ($i=1..2, j=1..4$)	4.00
Posteador	N_i/j ($i=1..2, j=1..4$)	4.00
Posteador	N_i/j ($i=1..2, j=1..4$)	4.00
Posteador	O_i/j ($i=1..2, j=1..4$)	4.00
Posteador	O_i/j ($i=1..2, j=1..4$)	4.00
Sondeo Superficial	A_i/D_j ($i=15$)	0.60
Sumergida	MI, M2, M3	1.20
Hidrociclón	O/F, U/F, Feed	

6.3 EVALUACIÓN Y RESPUESTA A LA ESTABILIDAD QUÍMICA

El relave de la Planta Concentradora tiene un contenido de pirita en el orden de 15%, que si bien es moderado, es suficiente para causar drenaje ácido debido al escaso contenido de ganga consumidora de ácido; en estas condiciones el Potencial Ácido (PA) del relave supera notablemente a su Potencial Neutralizante (NP) dando como resultado un Potencial Neto Neutralizante (NNP) bastante negativo en el dique y talud (- 81 Kg.CaCO₃/TM). Se estima que la tendencia a producir Drenaje Ácido de Relave (DAR) es mayor en el Dique mismo debido a la mayor concentración de sulfuros y a su porosidad. La tendencia a formar DAR será mucho menor en la poza de finos debido entre otros factores a la retención de humedad permanente que limita el acceso de oxígeno, por esta razón es que se han diferenciado estas zonas de la presa.

El balance hídrico en el sistema que conforma la Presa es también de gran importancia pues el drenaje ácido generado en un punto específico de ella puede ser diluido y/o neutralizado por el gran caudal de corrientes de agua neutra, reduciendo entonces la concentración de metales por debajo del LMP.

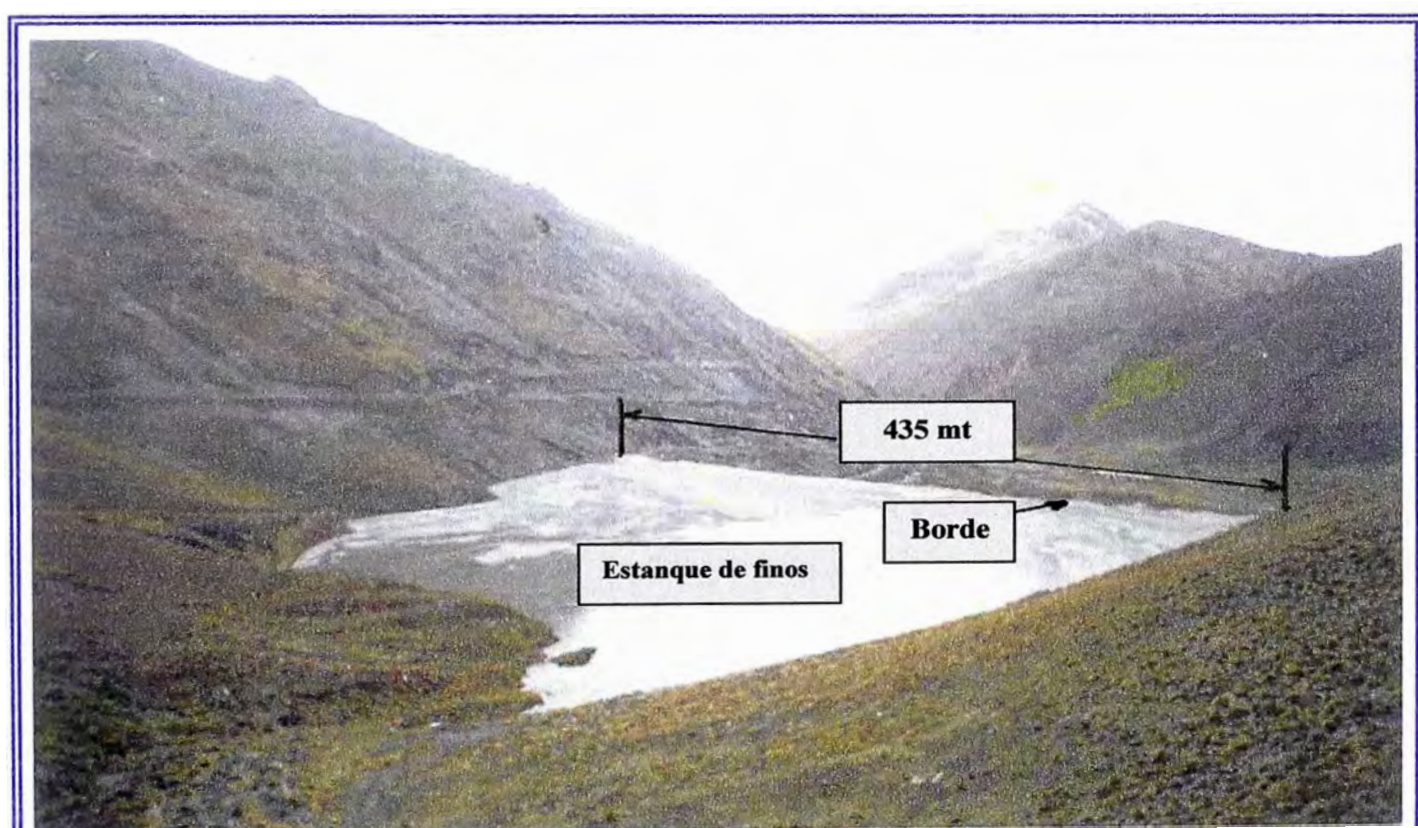
6.3.1. Climatología

La característica climática de las cuencas de la cabecera alta del Rímac presentan zonas en general entre frío y seco (baja humedad relativa del aire), como corresponde a la región Puna y Janca, con presencia estacional de grandes precipitaciones pluviales. Las principales condiciones climatológicas que caracterizan el área son: Precipitación prom. mensual: 176.02 mm, temperatura Máxima en verano de 20°C: Máxima en invierno de 17 °C, Promedio en invierno de 10 °C promedio en verano de 18 °C, Altitud 4200 m.s.n.m. Dirección del viento es de Oeste a Este, Velocidad máxima del viento: 30 km/hr, Condición sísmica corresponde a la **Zona I**.

Las pérdidas por evaporación en cuerpos y cursos de agua menores, incrementan drásticamente la concentración de elementos nocivos. En casos extremos pueden producir salinización de terrenos agrícolas y aún la formación de estratos duros que destruyen y/o impiden la vegetación.

La evaporación promueve la concentración capilar en la superficie de los elementos contaminantes solubles ubicados bajo ella, y dificulta de ese modo la revegetación de canchas de relave. En el lado favorable, contribuyen a concentrar los elementos contaminantes reduciendo el volumen a procesarse en las Plantas de tratamiento. En casos extremos la evaporación puede ser suficientemente fuerte como para recuperar todos los contaminantes en forma sólida.

La altitud y sequedad de la atmósfera determinan un alto grado de evaporación (Obsérvese en la Fotografía N° 5, la gran área de evaporación que ofrece esta Presa).



Fotografía N° 5 – Vista del estanque de finos y el área de evaporación que presenta

Con respecto a los descensos extremos de temperatura hay que tenerlos en cuenta para los taludes de las presas de relave, puesto que el agua infiltrada al congelarse aumenta de volumen y provoca grietas que ponen en riesgo la estabilidad física de estas presas. El riesgo de colapso es evidentemente mayor cuando el nivel freático dentro de la Presa se mantiene demasiado alto.

Existen dos épocas marcadas, la extremadamente lluviosa (de noviembre a Mayo) y la época de sequía. Estas épocas de lluvias contribuyen a disminuir la concentración de los elementos contaminantes en los cursos y cuerpos de agua por el efecto de dilución. La dilución puede generar incrementos sustanciales de pH, determinando entonces la precipitación de metales disueltos. En este caso se reduce la concentración por debajo del LMP y también la carga contaminante.

En áreas como el paraje de Chinchán, rodeada de montañas abruptas e intemperizadas y con la presa de relave emplazadas en el valle Yuracocha muy empinado, las precipitaciones crean escorrentías muy erosivas que inevitablemente acarrearán TSS por encima del LMP.

Las precipitaciones también realizan una labor intensa de lixiviación de las áreas mineralizadas, relaves y desmontes oxidados por acción atmosférica, e introducen gran cantidad de contaminantes en los cursos de aguas naturales.

Con respecto a la estabilidad física de Presas de relave, las mayores precipitaciones elevan el nivel freático de ellas e incrementan enormemente el riesgo de licuefacción y colapso; el colapso puede también ocurrir por rebose y/o erosión del talud de contención.

La dirección predominante del viento, especialmente de los vientos fuertes, es desde el Oeste al Este alcanzando velocidades de 30 km/hr que son suficientes para levantar y transportar partículas minerales de la cancha de relave.

En el caso de la Presa de Chinchán, la superficie de ella se mantiene húmeda la mayor parte de año porque es un depósito activo, de modo que la posibilidad de contaminación atmosférica de este tipo será moderada mientras continúe en operación. Hacia el Este de Chinchán no existe poblado alguno en las cercanías aunque si hay una pequeña actividad ganadera.

6.3.2 Caracterización del relave depositado en la Presa de Relaves Chinchán

La Planta concentradora produce relaves que se almacenan en la Presa de Chinchán (y que hasta junio de 1,999 también se depositaban en una relavera auxiliar ya clausurada), son obtenidos mediante el proceso de concentración por flotación.

El total de concentrados representa alrededor del 5% del peso original de mineral tratado, de modo que el 95 % restante constituye el relave de flotación. La planta produce alrededor de 3,000 TMPD de relaves, de los cuales 1,625 TMPD se almacenan en Presas de relaves mientras que el volumen restante (alrededor de 1225 TMPD) se emplaza como relleno hidráulico. A continuación se presenta la tabla 17, donde se muestra la distribución de azufre en los productos finales de tratamiento

Tabla N° 17 - Balance de Azufre

Producto	Ley de S, %	Distribución, %
Mineral	9.5	100.0
Bulk	21.0	5.0
Zinc	31.2	17.1
Relaves	8.0	77.9

Prácticamente el 80 % de los sulfuros extraídos de mina junto con el mineral económico se reporta al relave elevando así la importancia de la consideración de la Estabilidad Química de las Presas de Relaves.

La contaminación por dregradación química que origina el relave originaría un gran problema ambiental de larga duración y la responsabilidad de su manejo está en manos de Empresa Minera Yauliyacu S.A. de los productos de concentración se tiene el concentrado bulk de cobre, plomo y plata, y otro de zinc.

La composición promedia de ellos figura a continuación (en %, *gr/TM):

Tabla N° 18. Composición química de los productos del tratamiento del mineral en la Planta Concentradora de Yauliyacu:

Producto	%Peso	Cu	Pb	Zn	Ag*	S	Bi	Sb	As	Fe
Mineral	100.00	0.30	1.41	3.49	1409	9.5	0.01	0.05	0.08	7.7
Bulk	2.27	8.43	50.68	7.13	4666	21.0	0.18	1,44	1.01	6.8
Zinc	5.22	1.19	1.39	59.30	245	31.2	0.01	0.04	0.06	2.9
Relaves	92.53	0.05	0.20	0.25	23	8.0	trz	0.02	0.06	8.0

La Planta Concentradora de Yauliyacu, descartó la posibilidad de una separación del concentrado Bulk, siendo este uno de los logros más importantes en materia ambiental. Ello ha determinado que se evite el consumo de cantidades muy importantes de dicromato y/o cianuro que tradicionalmente se emplean en el circuito de separación Cu-Pb. La reducción de la contaminación ha sido sustancial.

Los procesos de concentración son los ampliamente conocidos para el caso explícito de minerales polimetálicos.

La pulpa del relave es sedimentada y enviada principalmente a la Presa de Relaves de Chinchán mediante bombeo aguas arriba; en caso de emergencia se envían los relaves a la **poza de auxiliar** de 10,000 m³ de capacidad. Ver fotografía N° 6, en la actualidad no se cuenta con depósito de relaves auxiliares.



Fotografía N° 6 – Depósito Auxiliar de Relaves, En Operación Actual

Finalmente, el relave final de flotación constituye el mayor efluente, sólido y líquido, y por ello el mayor contaminante actual y potencial. El relave constituye en la actualidad más del 95 % del peso del mineral procesado de modo que diariamente se producen alrededor de 2,750 TMS de relaves; el 57 % de esta cantidad se conduce a el depósito de relaves de Chinchán, mientras que la diferencia (1,183 TMSD) se emplaza como Relleno Hidráulico en interior mina. El cuadro de distribución del almacenamiento de relaves (Tabla N° 19), muestra que en la Presa de Chinchán actualmente se almacena un promedio anual.

Tabla N° 19.

DEPOSICION DE RELAVES ANUAL

(EN TMS)

AÑO	CHINCHAN	TABLACHACA	R. HIDRAULICO	TOTAL
1982	33,811		29,436	63,247
1983	392,423	16 787	94,673	503,883
1984	457,614	228,803	128,580	814,997
1985	613,851	99,597	195,279	908,727
1986	572,172	122,670	105,431	800,273
1987	471,099	219,884	153,752	844,735
1988	367,814	123,646	87,118	578,578
1989	491,108	119,068	109,315	719,491
1990	336,767	69,441	150,657	556,865
1991	159,570	139,001	259,317	557,888
1992	117,552	163,750	243,239	524,541
1993	301,034	52,955	223,068	577,057
1994	334,071	24,523	216,996	575,590
1995	341,519	107,934	248,749	698,202
1996	249,236	58,997	249,236	557,469
1997	398,148	77,244	383,040	858,432
1998	396,650	51,496	298,780	746,900
1999	442,750	84,000	351,170	877,920
TOTAL	6'477,189	1'759,796	3'527,816	11'764,795

Prácticamente la totalidad del agua empleada en el proceso, esto es 5,370 m³/día se vertían al río Rímac de uno u otro modo. El estimado de los flujos individuales que conforman este caudal es el que sigue:

- Efluente líquido de Espesamiento/Filtrado de Zinc	:	198	m ³ /día
- Efluente líquido de Espesamiento/Filtrado de Cobre/Plomo	:	456	"
- Efluente líquido del Relave final de Flotación (Planta)	:	4716*	"
- Efluente líquido del Relave final de Flotación (Presa)	:	4716*	"

• Los reactivos empleados y sus niveles de adición referidos al mineral de cabeza, son:

- Aerofroth 70	:	0.041	Kg/TMS Mezcla de alcoholes, espumante
- Aerofroth 1242	:	0.001	Kg/TMS Es un ditiofosfato, colector
- Xantato Z-11	:	0.026	Kg/TMS Xantato de sodio, colector
- Cianuro de Sodio	:	0.013	Kg/TMS Cianuro altamente tóxico, depresor de pirita
- Cal	:	1.792	Kg/TMS Oxido de calcio o cal quemada, regulador pH
- Sulfato de Cobre	:	0.769	Kg/TMS Sulfato de cobre, activador de zinc
- Bisulfito de Sodio	:	0.178	Kg/TMS Hidrosulfito de sodio, agente reductor
- Sulfato de Zinc (I)	:	1.061	Kg/TMS Sulfato de zinc, depresor de zinc, cobre, pirita
- Superfloc-127	:	0.003	Kg/TMS Polímero de alto Peso Molecular, floculante

El pH de la pulpa de flotación es un parámetro fundamental para el éxito de la misma, e influye decisivamente en la calidad de efluentes con respecto al medio ambiente. Los pH alcalinos por ejemplo, inhiben la disolución de casi todos los metales tóxicos y promueven la sedimentación de las partículas finas en suspensión. El pH en el circuito de flotación se distribuye del siguiente modo

Circuito Bulk	Circuito de Zinc	Relave Final	Chinchán*	Agua Fresca
7.6	11.9	11.6	9.45	8.13
	<i>* Agua decantada</i>			

Desde el punto de vista ambiental, es importante indicar que los reactivos colectores se adsorben preferencialmente en los sulfuros comerciales y son por ello desplazados a la pulpa

de los concentrados de cobre, plomo y zinc. El agua que finalmente rebosa los espesadores y filtros de concentrado contiene por ello altas concentraciones de estos reactivos.

La concentración en la solución de la pulpa de flotación, de los reactivos adicionados, proyectada para una pulpa con 36 % sólidos, mostrada abajo como cálculos para propósitos ilustrativos, puesto que los reactivos se distribuyen en los diversos productos de la concentradora, los resultados son los siguientes (en mg/lt):

Tabla N° 20

- Aerofroth 70	23.06	mg/litro
- Aerofroth 1242	0.56	mg/litro
- Xantato Z-11	14.63	mg/litro
- Cianuro de Sodio	7.31	mg/litro
- Cal**	1.01	gr/litro
- Sulfato de Cobre	0.43	gr/litro
- Bisulfito de Sodio	0.10	gr/litro
- Sulfato de Zinc	0.60	gr/litro

Las concentraciones son referidas a la pulpa original de flotación y expresan la máxima concentración que se obtendría de no ocurrir adsorción sobre los sulfuros o desplazamiento preferencial hacia las espumas de concentrados como en el caso de los colectores, y/o precipitación a los pH alcalinos del circuito de zinc. Se observa en el caso de reactivos inorgánicos que el Cu y Zn introducidos en la solución están en concentraciones mucho mayores que las permitidas por las normas ambientales (Limite Máximo Permisible, LMP); el pH alcalino del relave final resta considerablemente la concentración de metales solubles como el Cu, Fe, Pb, etc.

Con respecto a las sales solubles reportadas por este mineral, a continuación se presenta un estimado del mínimo contenido de algunos elementos en la solución de la pulpa original de flotación que corresponde a un pH natural y pocos reactivos (en mg/lt) :

Elem.	Cu	Pb	Zn	Fe	As	Sb	Cd	Bi	B	Ca
.mg/lt	0.9	0.02	0.9	0.9	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	>270

Li	Mg	Mn	Na	Tl	Ni	Si	Cr	K
0.00	0.9	0.9	91.7	0.02	0.02	0.02	0.02	>270

La presencia de metales que ocurre en forma espontánea y natural está por debajo de los LMP en el caso de casi todos los metales, pero que el Mn supera ligeramente el LMP; debe tenerse en cuenta sin embargo que el mineral de algunas zonas de la mina reportará contenidos tan altos como 27 mg/lit si la pulpa original de flotación no es alcalina. El alto pH del relave final precipita la mayor parte de los metales nocivos disueltos mejorando de ese modo la calidad del efluente líquido. En el caso de Yauliyacu el pH del relave final resulta igual a 11.60, y este disminuye en la Presa a 9.2 - 10.2 ; a ese pH muy pocos elementos tienen concentraciones importantes.

Mineralogía de Relaves en Chinchán

La composición química del relave depositado en Chinchán cuenta con el siguiente análisis (en %, *gr/TM) :

Cu	Pb	Zn	Fe	S	Ag*	As	Sb	Mn	SiO₂
0.05	0.25	0.26	7.6	9.0	25	0.06	0.02	0.31	50.9

La composición mineralógica especulada (en %) es

Chalcopyrita	Galena	Esfalerita	Pirita
0.14	0.29	0.39	14.3

La granulometría del **relave total** es:

Tabla N° 21. Distribución Granulométrica del Relave de Flotación

Mallas	% Peso	Ensayes , %				Distribución , %			
		Cu	Pb	Zn	g-Ag/t	Cobre	Plomo	Zinc	Plata
+48	14.52	0.05	0.09	0.24	14	11.22	4.61	11.54	8.11
65	10.31	0.04	0.12	0.34	16	9.63	4.36	11.63	7.59
100	12.52	0.06	0.12	0.30	20	13.65	5.30	12.47	9.22
150	9.45	0.07	0.15	0.21	20	10.30	5.00	6.59	8.35
200	9.42	0.06	0.17	0.17	24	8.80	5.65	5.31	8.32
270	3.82	0.05	0.17	0.20	24	2.97	2.29	2.54	2.81
400	0.42	0.05	0.20	0.19	24	.33	0.30	0.26	0.28
-400	39.54	0.07	0.52	0.38	20	43.10	72.50	49.87	55.32
Comp.Cal	100.00	0.06	0.28	0.30	38	100.00	100.00	100.00	100.0
Comp.Ens		0.06	0.27	0.29	27				
Comp.Rep		0.06	0.27	0.29	27				

Como se nota el 72.5 % de todo el plomo pasa los 37 micrones (-400 mallas), cuya concentración es 2.64 veces mayor que en tamaños mayores. El plomo puede ser fácilmente arrastrado por el viento y contaminar el aire, si la humedad del relave en la presa Chinchán empieza a disminuir.

La granulometría del relave es gruesa comparada con otros relaves, se puede aprovechar para el relleno hidráulico una cantidad relativamente mayor del mismo, la fracción más gruesa. La construcción del dique, de la Presa de Chinchán requieren de relave grueso, que obligan a mantener un balance apropiado con el Relleno Hidráulico.

6.3.3. Sistema de Disposición de Relaves

En la Presa de relaves de Chinchán desde el año 1982, se depositan los relaves producidos en la planta concentradora, se han vertido allí más de 6'477,189 TMS de relaves, la fotografía N° 7, nos muestra un panorama general de la presa de relaves.



Fotografía N° 7 – Vista de Dique y Estanque de finos, Nuevos Borde Libre y Playa

El método "Aguas Abajo", es aplicado en la presa de relaves Chinchán. Método recomendado para zonas de alta sismicidad como la que corresponde a la Zona I, a la cual pertenece la zona del paraje de Chinchán. El tipo de disposición aguas abajo permite renovar continuamente el talud expuesto a la atmósfera y se reduce de ese modo la oxidación de los sulfuros presentes como se mostró en la figura N° 3 (página 29).

Se añade que la Presa de Chinchán se ubica en zonas de alta montaña, quizá una de las pocas presas de esa dimensión y características ubicadas a 4400 m.s.n.m. y que desde el punto de vista de estabilidad física la granulometría gruesa del relave ha favorecido la formación de un dique de contención más grande y por ende de mejor estabilidad; sin embargo, en el relleno

hidráulico como se indica en el diseño original determinó las características de construcción y por ende de estabilidad, cualquier cambio en esta tendrá consecuencias decisivas en el comportamiento físico y químico.

Implicancia Ambiental por Actividad Química en la Presa de Relaves Chinchán

El análisis de balance ácido - base, necesario para caracterizar la estabilidad química de los relaves y otros materiales similares, se realizaron por Centromín Perú, antigua administradora de la unidad Casapalca, reportándose estos como los primeros en realizar tal análisis.

El procedimiento fue el siguiente

- El Potencial de Neutralización (NP) expresado en Kg CaCO₃/TMS relave, expresa la capacidad que tiene el material para neutralizar la acidez que genere el drenaje ácido. Este parámetro para el relave total de Yauliyacu (entonces denominado Casapalca) resulta igual a 105.3 Kg CaCO₃/TMS de relave.
- El Potencial Acido (AP), expresa la capacidad que tiene el mineral para producir ácido en condiciones extremadamente favorables. Este parámetro para el relave de Yauliyacu resulta igual a 255.1 Kg CaCO₃/TMS
- El Potencial Neto de Neutralización (NNP) expresa el balance entre la capacidad de producir y la de neutralizar ácido, y para el relave Total de Yauliyacu resulta:
$$\text{NNP} = \text{NP} - \text{AP} = 105.3 - 255.1 = - 149.8 \text{ KgCaCO}_3/\text{TM relave}$$
- La práctica internacional establece el siguiente criterio respecto al drenaje ácido
 - Si $\text{NNP} > + 20 \text{ KgCaCO}_3/\text{TM relave}$, entonces no se produce drenaje ácido
 - Si $\text{NNP} < + 20 \text{ KgCaCO}_3/\text{TM relave}$, entonces si se produce drenaje ácido

- En consecuencia y dado el alto valor de NNP reportado, podemos concluir que el relave producido es un material con un potencial alto de generación de drenaje ácido.
- Otro criterio también aceptado internacionalmente es el que establece que el cociente NP/AP debe ser mayor que 3.0 para que no se produzca drenaje ácido. En nuestro caso este cociente resulta igual a 0.41 y confirma la inminencia de drenaje ácido en los emplazamientos de relaves.

En forma gráfica de muestran ambos métodos en las figuras N° 13 y 14.

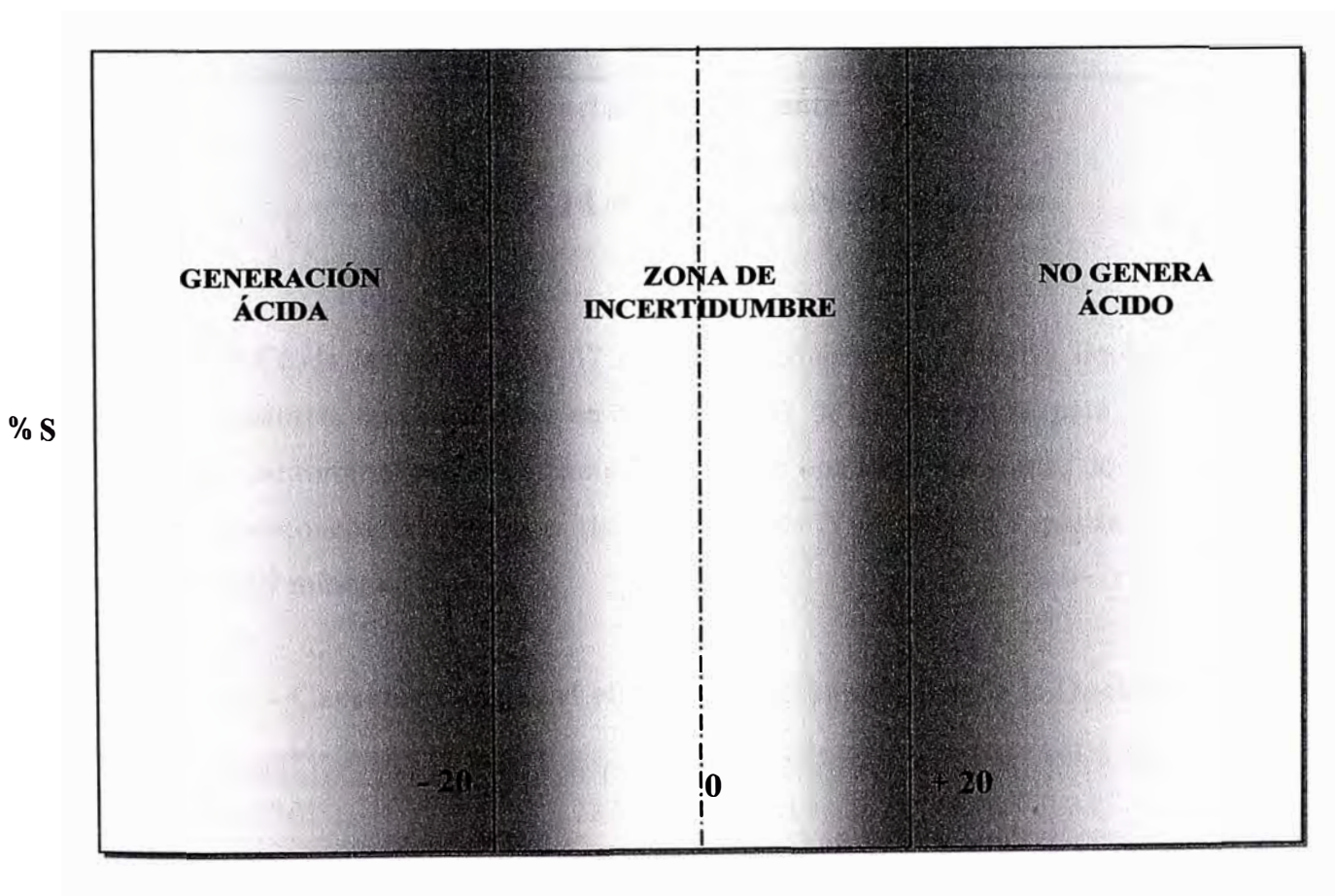


Figura N° 13 - Potencial Neto Neutralizante, NNP (Kg. CaCO₃/Tn)

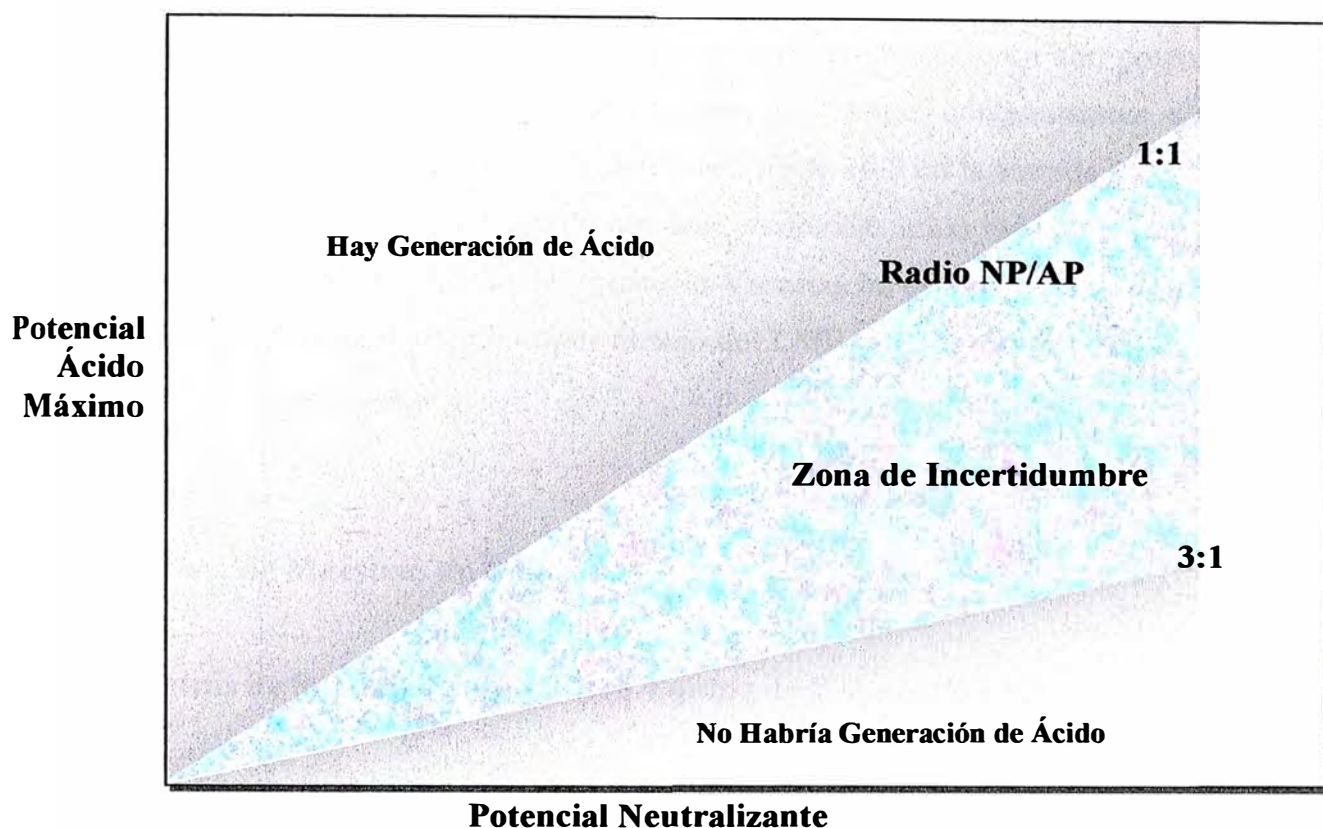


Figura N° 14 – Potencial Neutralizante

Se cuenta, en toda la unidad con 07 puntos de control de efluentes líquidos industriales y cuerpos receptores, encontrándose en Chinchán 02 de estos puntos, para efectos de trabajos referenciales se tomo el punto de control 302 como una instalación mas de la Concentradora y se compara entonces con el agua de la Quebrada Yuracocha, captada y empleada en el tratamiento del mineral:

Tabla N° 22 - Caracterización del efluente Chinchán y agua de la Quebrada Yuracocha

Efluente	PH	uS	Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	As	Cd
Efluente 302	9.20	723	0.04	0.11	0.27	0.44	0.84	0.02	0.01
Riachuelo Yuracocha	8.26	399	0.03	0.08	0.08	0.46	0.01	0.01	0.01
Aguas Clase III	5.5 - 10.5		0.50	1.0	3.0	2.0	1.0	0.5	0.02*

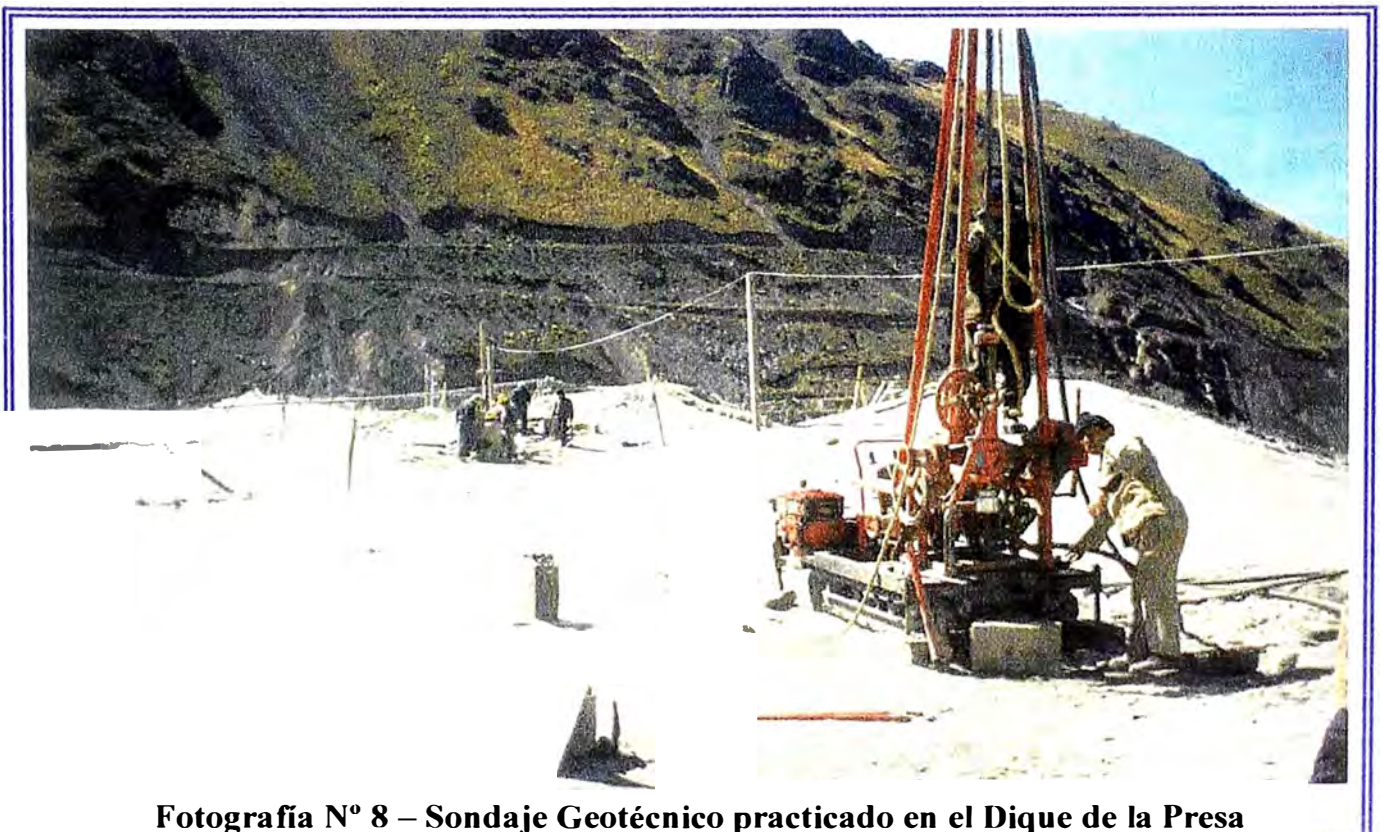
Por presencia del ion sulfato, principalmente se duplicó la conductividad en el efluente de la Presa de Chinchán. Como se comprueba en los resultados de caracterización ácido-base, se

tiene que la estabilidad química de Chinchán es inestable pues es potencial generadora de drenaje ácido. Hay que reiterar que el material almacenado tiene un alto potencial de drenaje ácido que inevitablemente generará aguas ácidas y efluentes contaminantes si se permite que el equilibrio actual se altere. La disminución del pH de 10,5 en la entrada a 8.14 en el efluente de la Presa es una clara indicación de que hay un drenaje ácido importante aunque incipiente. Por otro lado la calidad del agua del riachuelo Yuracocha es muy buena con respecto a todos los metales y el pH ha descendido por debajo del LMP (10.5) de tal modo que su vertimiento no afectará al medio receptor.

6.3.4. Toma de Muestras de Relave

a. Muestras de Sondaje Profundo con Equipo de Penetración Estándar (SPT)

El equipo empleado, como se muestra en la fotografía N° 8, permite la extracción progresiva de muestras no-disturbadas (desde el punto de vista químico) con indicación precisa de la profundidad del estrato correspondiente. Profundidad y número de muestras tomadas en cada sondaje SPT está registrada en la Tabla N° 23 y en el Plano N° 7 (ver anexo – 9.1. Planos). En las Tablas N° 24 A y B se registran los resultados obtenidos de estas muestras.



Fotografía N° 8 – Sondaje Geotécnico practicado en el Dique de la Presa

Tabla N° 23**COORDENADAS UTM Y COTA DE LOS
SONDAJES PRACTICADOS**

No	PTO	X	Y	COTA
1	A1	210162,4	214080,6	3979,0
2	A2	210189,6	214115,9	3981,4
3	A3	210232,6	214124,9	3981,2
4	A4	210244,6	214147,9	3987,2
5	A5	210290,3	214141,0	3974,9
6	B1	210218,0	214049,2	3957,9
7	B2	210234,6	214064,9	3956,5
8	B3	210257,0	214078,3	3956,1
9	B4	210276,3	214089,9	3945,8
10	B5	210299,8	214105,4	3954,9
11	C-1	210233,8	214035,3	3948,4
12	C-1	210252,8	214099,1	3985,9
13	C-2	210247,0	214056,3	3948,7
14	C-2	210303,6	214046,1	3959,4
15	C3	210267,9	214067,8	3948,7
16	C-3	210339,1	214010,2	3938,4
17	C-3	210339,8	214009,6	3937,9
18	C4	210289,4	214079,7	3946,2
19	C5	210309,8	214090,5	3943,5
20	CP-1	210375,4	213982,2	3916,2
21	D1	210263,9	214028,7	3932,4
22	D2	210281,0	214044,7	3931,9
23	D3	210295,9	214053,7	3931,8
24	D4	210314,6	214064,0	3933,2
25	D5	210328,2	214069,1	3933,4
26	E1	210323,2	214046,7	3925,6
27	E2	210294,8	214041,2	3921,7
28	E3	210280,1	214023,2	3923,9
29	E4	210280,1	214015,3	3923,3
30	Pz-1	210274,9	214118,6	3985,5
31	Pz-2	210307,0	214036,6	3959,1
32	Pz-3	210349,0	214057,9	3955,8
33	SPT-1	210258,2	214091,4	3985,3
34	SPT-2	210308,5	214045,9	3958,9
35	SPT-3	210341,1	214013,5	3939,1
36	SPT-4	210233,1	214118,4	3985,7
37	SPT-5	210366,2	213993,4	3916,9
38	X-1	210205,2	214098,4	3985,0
39	X-2	210214,4	214075,5	3982,0
40	X-3	210330,5	214022,7	3946,8
41	X-4	210350,6	213997,4	3927,1
42	Y-1	210241,4	214146,8	3986,1
43	Y-2	210296,7	214121,9	3984,7
44	Y-3	210371,9	214047,0	3943,8
45	Y-4	210386,0	214022,0	3929,0
46	Z-1	210250,4	214098,3	3982,8
47	Z-2	210340,2	214005,5	3937,6

Tabla N° 24-A

Resultado Generales - Sondajes Profundos SPT. Talud del Dique de la Presa Chinchán

N°	S	Edad H.mt Años	pH pasta	%	us H ₂ O	Concentración (mg/l)						
						Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	
1	1	1.5-1.8	0,7	7,5	1225	0,12	0,14	0,92	2,79	1,24		
2	1	s/nombre		7,5	895	0,08	0,14	0,87	1,56	1,88		
3	1	5.1-5.6	2,0	7,7	436	0,11	0,14	0,92	1,06	1,63		
4	1	s/nombre		7,5	447	0,14	0,09	0,60	0,96	0,82	4,40	0,05
5	1	10.5-11.0	3,9	7,6	1025	0,14	0,12	0,91	1,28	1,70		
6	1	12.0-12.5	4,4	7,6	452	0,21	0,09	0,55	0,60	0,64		
7	1	13.5-13.9	4,9				0,00	0,00	0,00	0,00		
8	1	15.0-15.5	5,4	7,6	1220	0,17	0,14	0,96	1,97	1,65	7,32	0,14
9	1	16.5-17.0	5,9	7,6	422	0,12	0,18	1,09	1,03	1,76		
10	1	18.0-18.5	6,3	7,4	1151	0,15	0,18	0,87	1,33	1,10		
11	1	19.5-19.9	6,7	7,5	648	0,14	0,14	0,64	0,64	17,26	1,88	0,05
12	1	21.0-21.5	7,2	7,3	1105	0,13	0,27	1,51	1,78	3,98		
13	1	22.5-23.0	7,6	7,3	835	0,11	0,14	0,82	1,19	1,60		
14	1						0,00	0,00	0,00	0,00		
15	1	25.5-26.0	8,4	7,2	479	0,17	0,14	0,69	1,01	0,92	5,68	0,05
16	1	27.0-27.5	8,8	7,5	274	0,21	0,12	0,61	0,61	0,86		
17	1	28.5-29.0	9,2				0,00	0,00	0,00	0,00		
PROMEDIO S1				7,49	758	0,14	0,12	0,70	1,05	2,18	4,82	0,07
19	2	1.6-2.0	1,2	7,70	757	0,12	0,13	0,54	0,67	0,	0,00	0,00
20	2	3.0-3.5	2,1	7,20	1054	0,14	0,08	0,41	0,77	1,02		
21	2	4.5-5.0	3	7,60	882	0,13	0,12	0,45	1,14	0,90	9,50	0,08
23	2	12.0-12.5	7				0,00	0,00	0,00	0,00		
24	2	13.5-14.0	7,6	7,90	219	0,11	0,04	0,14	0,07	0,05		
25	2	15.0-15.5	8,4	7,90	299	0,10	0,09	0,34	0,22	1,54		
PROMEDIO S2				7,66	642	0,12	0,08	0,31	0,48	0,70	4,75	0,04

Tabla N° 24-B

Resultado Generales - Sondajes Profundos SPT. Talud del Dique de la Presa Chinchán

N°	S	H.m	Edad		pH	%	Concentración (mg/l)					
			Años	pasta			us	H ₂ O	Cu	Pb	Zn	Fe
26	3	1.5-2.0	1,2	7,7	458	0,13	0,06	0,18	0,15	0,55	2,12	0,03
27	3	3.0-3.5	2,1	7,7	485	0,15	0,03	0,15	0,03	0,55		
28	3	5.0-5.5	3,3	8,0	377	0,17	0,18	0,41	0,37	3,52		
29	3	6.0-6.5	3,9	7,9	850	0,21	0,14	0,37	0,27	18,76	2,43	0,05
30	3	7.5-8.0	4,7	7,5	639	0,14	0,14	0,27	1,14	0,27		
31	3	10.5-10.9	6,2	7,5	1761	0,15	0,09	0,37	3,75	0,37		
32	3	13.5-14.0	7,7	7,6	630	0,21	0,32	1,83	1,69	4,99	2,88	0,05
33	3	15.0-15.5	8,4	8,0	419	0,21	0,14	0,61	0,75	0,57		
34	3	16.5-17.0	9,1	8,0	422	0,17	0,09	0,32	1,83	0,46		
35	3	18.0-18.5	9,7	7,8	289	0,14	0,27	1,05	0,73	3,75		
PROMEDIO S3				7,77	633	0,17	0,15	0,56	1,07	3,38	2,48	0,04
40	4	15-2.0	0,7	7,5	1388	0,0702	0,0915	0,3202	1,9213	0,6862	10,7040	0,0915
41	4	3.0-3.5	1,3	7,7	651	0,07	0,05	0,27	0,69	0,87		
42	4	4.5-5.0	1,7	7,6	638	0,06	0,05	0,23	0,64	0,41		
43	4	6.0-6.5	2,4	7,8	236	0,21	0,15	0,51	0,15	2,64	1,62	0,00
44	4	7.5-8.0	2,9	7,5	307	0,19	0,09	0,27	0,27	0,87		
45	4	9.0-9.5	3,4	7,3	1008	0,17	0,09	0,60	1,19	1,01		
46	4	10.5-11.0	3,9	7,40	935	0,14	0,17	0,39	1,17	0,67		
47	4	12.0-12.5	4,4	7,30	1236	0,21	0,09	0,37	1,14	0,78	4,39	0,09
48	4	13.5-14.0	4,9	7,40	679	0,12	0,05	0,23	0,64	0,50		
49	4	15.0-15.5	5,4				0,00	0,00	0,00	0,00		
51	4	16.5-17.0	5,9	7,20	1338	0,16	0,05	0,23	1,42	0,32		
52	4	18.0-18.5	6,3	7,40	589	0,17	0,06	0,28	0,61	3,01		
53	4	21.0-21.5	7,2	7,80	232	0,21	0,05	0,18	0,09	1,01	0,87	0,00
PROMEDIO S4				7,49	770	0,15	0,07	0,30	0,76	0,98	4,40	0,05
PROMEDIO GENERAL				7,60	701	0,15	0,10	0,47	0,84	1,81	4,11	0,05
DILUCIÓN AL 30%							0,03	0,16	0,28	0,6	1,8	0,02

b. Muestras de Sondaje Intermedio con Extractor Manual (Posteadora) en el Talud

Se empleó para ello un equipo de extracción manual llamado posteador; la perforación fue dirigida a obtener muestras de estratos ubicados a profundidades hasta de 3.3 mt en el talud aguas abajo de la presa.

La ubicación (coordenadas), profundidad y número de muestras tomadas en cada uno de estos sondajes está registrado en la Tabla N° 23 y Plano N° 7 (ver anexo – 9.1. Planos). Se tomaron un total de 22 muestras. En la Tabla N° 25 se registran los resultados obtenidos en el procesamiento de estas muestras.

c. Muestras de Sondaje Superficial en el Talud empleando Tubo Corto

Se empleó para ello un tubo de 1.5 pulgadas de diámetro introducido por golpe con comba de 5 lbs y extraído manualmente; la perforación fue dirigida a obtener muestras de estratos ubicados a profundidades hasta de 0.6 mt en el talud aguas abajo de la presa, y se extrajo una sola muestra por cada sondaje. La ubicación (coordenadas), profundidad y número de muestras tomadas en cada uno de estos sondajes está registrada en la Tabla N° 23 y Plano N° 7 (ver anexo – 9.1. Planos).

d. Muestras de Sondaje Intermedio con Extractor Manual (Posteadora) en la zona de Playa

La profundidad máxima alcanzada corresponde a estratos emplazados hace aproximadamente 2.5 años que se considera representativo del comportamiento del relave en ese tiempo.

La ubicación (coordenadas), profundidad y número de muestras tomadas en cada uno de estos sondajes está registrada en la Tabla N° 23 y Plano N° 7 (ver anexo – 9.1. Planos).

Tabla N° 25

Resultado de Muestras - Sondajes Intermedios. Talud del Dique de la Presa Chinchán

N°	S	Edad		pH	% H ₂ O		Concentración (mg/l)					
		H.mt	Años		us	original	Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd
81	1	1.0-1.3	0,7	7,7	727	0,15	0,13	0,81	0,86	2,91	1,39	0,03
82	1	2.0-2.3	1,4	8,1	637	0,14	0,09	0,62	0,65	2,90	1,63	0,03
83	1	3.0-3.3	2,1	7,7	626	0,17	0,03	0,52	0,24	1,58	1,66	0,03
Promedio T1				7,8	663	0,15	0,08	0,65	0,58	2,46	1,56	0,03
84	2	1.0-1.3	0,7	7,8	804	0,08	0,12	0,80	0,69	3,40		
85	2	2.0-2.3	1,4	7,8	574	0,08	0,02	0,28	0,19	1,30		
86	2	3.0-3.3	2,1	7,7	594	0,08	0,05	0,35	0,43	1,59		
Promedio T2				7,8	657	0,08	0,07	0,48	0,44	3,76		
87	3	1.0-1.3	0,7	7,6	947	0,08	0,04	0,18	0,39	5,68		
88	3	2.0-2.3	1,4	7,6	1567	0,06	0,37	0,87	1,40	0,76	8,41	0,06
89	3	3.0-3.3	2,1	7,9	630	0,08	0,04	0,33	0,22	1,76		
Promedio T3				7,7	1048	0,07	0,15	0,46	0,67	2,73	8,41	0,06
90	4	1.0-1.3	0,7	7,8	1085	0,06	0,08	0,45	1,12	2,85		
91	4	2.0-2.3	1,4	7,8	704	0,06	0,2	0,51	0,97	1,13	2,82	0,05
92	4	3.0-3.3	2,1	7,6	1143	0,07	0,41	0,90	1,83	0,90	7,22	0,05
Promedio T4				7,7	977	0,07	0,23	0,62	1,31	1,63	5,02	0,05
93	5	1.0-1.3	0,7	8,7	1265	0,15	0,25	1,33	2,02	8,47		
94	5	2.0-2.3	1,4	7,9	651	0,14	0,14	0,65	4,04	6,28		
95	5	3.0-3.3	2,1	7,6	1668	0,10	0,11	0,95	1,72	2,07		
Promedio T5				8,1	1195	0,13	0,16	0,98	2,59	5,61		
96	6	1.0-1.3	0,7	7,7	798	0,09	0,44	1,54	1,80	0,50	2,74	0,08
97	6	2.0-2.3	1,4	7,8	779	0,14	0,08	0,68	0,57	0,51	2,86	0,08
98	6	3.0-3.3	2,1	7,6	1270	0,09	0,26	1,39	4,86	0,50	2,74	0,08
Promedio T6				7,7	949	0,10	0,26	1,20	2,41	0,50	2,78	0,08
99	7	1.0-1.3	0,7	8,0	715	0,07	0,05	0,90	0,36	3,27		
100	7	2.0-2.3	1,4	7,8	1070	0,09	0,13	1,25	1,59	4,60		
101	7	3.0-3.3	2,1	7,9	675	0,09	0,13	1,36	0,78	5,6		
Promedio T7				7,9	820	0,08	0,1	1,17	0,9	4,50		
102	8	1.0-1.3	0,7	7,9	692	0,09	0,05	0,73	0,29	2,56		
103	8	2.0-2.3	1,4	7,9	630	0,09	0,08	0,52	0,44	1,49		
104	8	3.0-3.3	2,1	7,8	917	0,21	0,35	0,72	0,84	0,46	2,99	0,06
Promedio T8				7,9	746	0,13	0,18	0,66	0,52	1,50	2,99	0,06
PROMEDIO GENERAL				7,8	882	0,10	0,15	0,78	1,18	2,8	3,80	0,06
DILUCIÓN AL 30%							0,05	0,25	0,39	0,91	1,13	0,02

e. Muestras con Muestreador de Resorte en la zona de Lamas

Para ello se empleó un equipo construido para extraer sin alteración alguna, las muestras de relave fino sumergidas debajo del espejo de agua de la Presa. Muestras de estratos ubicados a profundidades hasta de 2.0 mt en la zona de lamas, y fué necesario emplear una **balsa flotante**, para que se desplace el operador, mostrado en las fotografías N° 9 y 10, debido la considerable profundidad de agua decantada y la existencia de un espejo de agua apreciable. La ubicación (coordenadas), profundidad y número de muestras tomadas en cada uno de estos sondajes está registrada en el Plano N° 7 (ver anexo – 9.1. Planos).

f. Muestras Especiales para Caracterización Bacterial

Para este muestreo también se aprovecho los sondajes STP. El comportamiento análisis de presencia bacterial, que a su vez influye sobre la estabilidad química de muestras de relave ubicadas en diferentes zonas y bajo diferentes ambientes influye directamente en la generación de drenaje ácido, entre otros parámetros se tomó la temperatura en el mismo lugar, por ser de importancia. Las coordenadas, profundidad y número de muestras tomadas en cada uno de estos sondajes esta registrada en la Tabla N° 23 y Plano N° 7 (ver anexo – 9.1. Planos).



Fotografía N° 9 - Extracción de muestras en la zona de lamas. Estanque de Finos



Fotografía N° 10 -Extracción de muestras en la zona de decantación. Estanque de Finos de Finos

6.3.5. Toma de muestras de efluentes líquidos

Al momento de realizar el muestreo se encontró 07 drenes, 05 drenes tipo francés y 02 tuberías. El muestreo fue realizado en las descargas de los mismos, el monitoreo fue realizado siguiendo el protocolo de monitoreo de efluentes líquidos.

6.3.6 Procedimiento de Colección de Datos Meteorológicos en el área de la Presa

En la zona de evaluación no se contaban con estaciones meteorológicas cercanas, dada la necesidad de contar con parámetros estadísticos de precipitación pluvial y evapotranspiración. Por tal efecto se tomó las variaciones promedio de las estaciones más próximas a la zona de influencia de la Presa de Relaves, también se realizaron determinaciones del índice de evaporación en el caso de relaves saturados con agua.

6.3.7 Resultados de Análisis de Muestras

Para la determinación del contenido de compuestos solubles, las muestras contenidas en los sondajes de penetración estándar SPT fueron repulpadas y sus soluciones filtradas y analizadas mostrándose los resultados en Tabla N° 24 A y B.

La dilución original de la muestra corresponde al agua contenida en la muestra “in situ” y que fue determinada por diferencia entre el peso inicial y el peso seco, la concentración correspondiente representa la máxima concentración de metales, máxima acidez y conductividad que puede originar dicha muestra.

El aporte de agua de lluvia, este podría diluir la concentración de los metales presentes en el agua intersticial y los transporta a lo largo del talud para unirse con el efluente del drenaje regular. El fenómeno de lavado conduce al flujo de agua diluyente a la confluencia con aguas de los drenes tipo francés y que este al final reporta la calidad final de contenido de elementos solubles y metales en solución (producto del lavado y lixiviación).

En los sondajes practicados en la presa de relaves se observa:

- El relave conserva una humedad que oscila entre 6 % y 21 %, correspondiendo el valor alto a los estratos más profundos. El pH promedio se mantiene en el rango neutro y en ninguna caso desciende por debajo de 7.2. En consecuencia puede considerarse que no existe generación de ácido en el núcleo del dique.
- La conductividad se mantiene también dentro de límites razonables y salvo algunas zonas con valores altos (1761 μS) comparada con el valor de la solución original del relave (1070 μS), expresan una extensión moderada del efecto acidificación-neutralización.
- La concentración de metales regulados por la DGAA/MEM (Cu, Pb, Zn, Fe,y As) se mantiene muy por debajo del LMP tanto en los promedios de cada sondaje como en el promedio global.
- Los relaves emplazados hace 9 años tampoco han sufrido una degradación apreciable debido, probablemente, a la profundidad a la que se encuentran y al hecho de que la deposición continúa de relave húmedo sobre el talud restringe el acceso de aire. Podemos entonces inferir que las mismas condiciones se mantendrán durante el próximo decenio para los estratos que se están emplazando hoy en día, con la condición de que se mantenga operativa la presa de relaves.

Los resultados obtenidos de las muestras de la cresta y talud presentan las siguientes características:

- El pH del agua presente en los estratos de esta profundidad oscila alrededor de 7.8 y en ninguna de las 24 muestras extraídas, desciende por debajo de 7.6. En consecuencia puede considerarse que tampoco existe generación de ácido en los estratos comprendidos entre la superficie y 3.3 mt de profundidad, o que en todo caso el drenaje ácido generado durante los 2 últimos años es de una magnitud moderada que la ganga presente neutraliza con eficacia.
- La conductividad se mantiene también dentro de límites razonables, no obstante que algunos valores altos (como 1668 μS) comparada con el valor de la solución original del relave (1070 μS) y el valor mínimo reportado (574 μS), indican que ciertas áreas han sido mas propensas al efecto de acidificación-neutralización.

- Se observa también que la concentración de metales regulados por la DGAA/MEM (Cu, Pb, Zn, Fe, y As) se mantiene muy por debajo del LMP tanto en los promedios de cada sondaje como en el promedio global. Puede concluirse entonces que el efluente generado por el drenaje de esta zona del relave no reportará concentraciones mayores al LMP.
- Al igual que en los sondajes profundos se aprecia que la concentración de Mn tiende a sobrepasar el LMP referencial, pero en descargo de ello hay que señalar que este valor está dentro de límites aceptables considerando que se trata de un efluente y no de un curso natural.
- La importancia práctica de los valores reportados reside en que gracias a ellos podemos asegurar que la incorporación al efluente principal, de los metales solubilizados y compuestos ácidos generados en los estratos recientemente emplazados (1 a 2 años) no contaminará los cursos naturales mas allá de lo permitido por las normas ambientales vigentes. También podemos extender estas conclusiones al corto y mediano plazo de la vida operativa de la Presa.

Se practicaron un total de 57 sondajes de 0.60 mt de profundidad, con tubo corto, para caracterizar la estabilidad química de muestras de relaves recientemente depositadas y la distribución de la humedad en toda la extensión del talud. Las muestras tomadas en esta zona de la Presa son representativas del comportamiento de relaves emplazados en los últimos 3 meses y permiten caracterizar la estabilidad química de los mismos en el muy corto plazo y comparar este comportamiento con el que ocurre a niveles inferiores.

Los resultados promedios correspondientes a los 57 sondajes superficiales agrupados en 5 franjas verticales como se muestra en la tabla N° 26, presentan la siguiente característica :

Tabla N° 26. Muestras de Sondaje Superficial.

Grupo de sondajes	Mues- Tras	Prof. mt	Edad años	pH pasta	% H ₂ O	µS	Concentración (mg/l)						
							Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	As
(A1-D4)	11	0.6	0.2	7.8	6.5	659	0.02	0.08	0.24	0.27	0.73	0.01	<0.005
(A5-D7)	11	0.6	0.2	7.8	6.4	628	0.03	0.14	0.29	0.44	0.48	0.01	<0.005
(A8-D10)	12	0.6	0.2	7.8	6.6	789	0.02	0.14	0.43	0.25	0.69	0.02	<0.005
(A11-D13)	10	0.6	0.2	7.7	5.9	728	0.02	0.37	0.28	0.18	0.76	0.01	<0.005
(A14-C15)	10	0.6	0.2	7.8	5.2	821	0.02	0.13	0.39	0.22	0.99	0.02	<0.005
Global	57	0.6	0.2	7.8	6.1	706	0.02	0.17	0.33	0.27	0.73	0.01	<0.005
LMP				5.5/10.5			0.5	1.0	3.0	2.0	1.0	0.02	0.5

- El relave reporta una humedad promedio en el orden de 6 % que es similar a la reportada en el estrato subyacente (profundidad intermedia). El cuadro siguiente muestra que el relave fresco emplazado recientemente no altera significativamente el contenido de humedad de los estratos subyacentes, sugiriendo que contribuirá muy poco a crear un flujo descendente que disuelva los metales solubilizados. Por otro lado, una buena parte de el agua contenida en el relave emplazado recientemente, se elimina por evaporación y capilaridad.

Profundidad (mt)	Contenido de agua, %				
	T-3	T-4	T-7	T-8	Promedio
1.0-1.3	7.0	6.0	6.7	8.0	6.9
2.0-2.3	6.0	6.0	8.0	8.0	7.0
3.0-3.3	7.0	6.7	8.0	(17.3) *	7.2
0.60	Promedio de sondaje superficial				6.1

*no se considera este valor

- El pH del agua presente en los estratos de relave recientemente emplazado oscila alrededor de 7.8 y no desciende por debajo de 7.4. En consecuencia puede considerarse que tampoco existe generación de ácido en los estratos superficiales, o que en todo caso el drenaje ácido generado durante los 3 últimos meses es de una magnitud moderada que la ganga presente neutraliza con eficacia.

- La conductividad promedio se mantiene dentro de límites razonables, hay que destacar la gran diferencia entre los valores máximos (1415 μS) y mínimo (276 μS); esta variación puede tomarse como muy indicativa de que en algunos puntos el relave se degrada mucho mas rápidamente que otros aunque el efecto global no sea muy significativo.
- Se observa también que la concentración de metales se mantiene muy por debajo del LMP tanto en los promedios de cada grupo de sondajes como en el promedio general. Se concluye entonces que el efluente generado por el drenaje de esta zona del relave tampoco reportará concentraciones mayores al LMP. La comparación de los valores reportados aquí con aquellos correspondientes a los sondajes profundos y sondajes intermedios sugieren que el grado de generación de ácido y solubilización de metales es similar para los estratos frescos, los recientes y para los mas antiguos, como se muestra en las tablas N° 27 y 28. Se puede entonces concluir que el sistema integral del Dique de la Presa ofrece una estabilidad química confiable que se mantendrá durante el período operativo de la misma.

**Tabla N° 27. Concentraciones promedio de estratos
Diferente profundidad y antigüedad**

Tipo de Estrato	Prof. m	Edad años	pH pasta	% H ₂ O	μS	Concentración (mg/l)						
						Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	As
Superficial	0.6	0.2	7.8	6.1	706	0.02	0.17	0.33	0.27	0.73	0.01	<0.005
Intermedia	3.3	2.1	7.8	9.1	882	0.05	0.25	0.39	0.91	1.13	0.02	<0.005
Profunda	29.5	9.2	7.6	14.9	701	0.03	0.16	0.28	0.60	1.88	0.02	<0.005

Tabla N° 28. Concentraciones promedio de estratos - Igual Profundidad en el Dique

Tipo de Estrato	Prof. m	Edad años	pH pasta	% H ₂ O	μS	Concentración (mg/l)						
						Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	As
Superf. – 1	0.6	0.2	7.8	6.1	706	0.87	8.05	15.29	12.42	34.44	0.56	<0.10
Superf. – 2	0.6	0.2	7.8	6.5	720	0.81	10.25	14.64	15.32	30.30	0.56	<0.10
Superf. – 3	0.6	0.2	7.5	7.0	770	0.89	9.31	21.11	19.30	38.57	0.41	<0.10

- Los contenidos de metales presentes en la Tabla N° 28, son relativamente alto y sugieren que la oxidación y disolución es significativa.
- La corta exposición de los estratos superficiales de relave a oxígeno del aire parece ser uno de los factores fundamentales para reducir la extensión de su oxidación; También contribuye el contenido moderado de pirita y la conservación de una humedad residual importante durante el período de exposición; si la oxidación de los sulfuros es moderada entonces el NP de la ganga calcárea presente es suficiente para neutralizarla y no se genera el drenaje ácido.

La zona de mayor generación de ácido es la zona del Dique y ello explica el muestreo intensivo reportado anteriormente. Se estableció que los estratos de mayor profundidad en esta zona tienen una antigüedad en el orden de 2.5 años. La tabla N° 29, muestra los resultados promedios correspondientes a los sondajes realizados en la zona de playa.

Tabla N° 29. Muestras de Sondaje en zona de Playa.

Sonda- je	Mues- tras	Prof. m	Edad años	PH pasta	% H ₂ O	µS	Concentración (mg/l)						
							Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	As
M	4	4.0	2.5	8.0	17.2	729	0.01	0.08	0.07	0.12	0.07	0.01	<0.005
N	4	4.0	2.5	8.1	17.2	641	0.03	0.14	0.12	0.51	0.07	0.00	<0.005
O	4	4.0	2.5	8.1	21.5	715	0.02	0.11	0.12	0.52			<0.005
Global	12	4.0	2.5	8.0	18.6	695	0.02	0.11	0.10	0.38	0.07	0.00	<0.005
LMP				5.5/10.5			0.5	1.0	3.0	2.0	1.0*	0.02*	0.5

* Regulados por la LGA.

Se observa que :

- El relave reporta una alta humedad promedio cercana al 19% como corresponde a una zona saturada de agua. La humedad se incrementa a medida que el sondaje se aleja de la cresta (de 17 a 22 % H₂O) y conforme se incrementa la profundidad del estrato (de 12 a 22 % H₂O) indicando la proximidad del nivel freático .

- El pH del agua presente en esta zona reporta un valor promedio en el orden de 8.0, y el valor mínimo reportado es también ligeramente alcalino (7.7) . El agua contenida en estos estratos es, básicamente, agua del proceso de flotación que al momento de vertirse a la Presa reporta un pH cercano a 11.0 y alta conductividad . La importancia de la calidad de agua de la zona de playa y zona del estanque radica en que el mayor volumen de agua se encuentra precisamente en estas zonas, y ella influye decisivamente en la calidad ambiental del efluente final del sistema.
- La concentración tanto de metales regulados por la DGAA / MEM y por la LGA, se mantiene muy por debajo del LMP tanto en el promedio de cada sondaje como en el promedio General; mas aún los valores máximos reportados en cada caso se encuentra también muy por debajo del LMP, evidenciando una gran estabilidad química de los relaves almacenados en esta zona.
- *Puede concluirse entonces que el efluente generado por el drenaje de esta zona del relave tiene buena calidad ambiental y contribuirá a diluir la concentración de especies contaminantes que se puedan generar estas zonas.*

Las muestras de la zona de lamas fueron extraídas de estratos ubicados 1.5 mt debajo de la superficie libre del espejo de agua en la zona de finos; la cobertura de agua está en el orden de 1.2 mt en la zona de muestreo. En la Tabla N° 30 se muestra las características indicadas :

Tabla N° 30. Muestra de la zona de Lamas (sumergida).

Sonda- je	Mues- tras	Prof. m	Edad años	pH pasta	% H ₂ O	µS	Concentración (mg/l)						
							Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	As
M-1	1	1.50	0.2	9.23	55	2000	0.19	0.01	0.20	0.07	0.11	0.02	<0.005
LMP				5.5/10.5			0.5	1.0	3.0	2.0	1.0	0.02	0.5

La buena calidad ambiental, y todos los metales considerados se encuentran en concentraciones muy por debajo del LMP. El pH alcalino se explica por la procedencia del agua del proceso en la zona de decantación que inicialmente ingresa con un pH en el orden de 11; el pH del agua contenida en el Estanque de decantación es 10.45 y esta capa de agua preserva la alcalinidad de los estratos de relave sumergidos bajo ella. Se estima que el pH se

mantiene bastante alcalino por que el tiempo de retención del agua del proceso en el estanque es relativamente corto debido al área reducida del espejo de agua; por otro lado la saturación de las zonas de playa y de lamas, y la oxidación reducida en el Dique contribuyen a mantener un pH alcalino en el sistema. En nuestro caso el pH alcalino reduce la concentración de metales en solución porque la mayor parte de ellos tienen solubilidad limitada en ese rango, además de cumplir con el LMP establecido para el pH (6.5 - 10.5).

a. Sistema de drenajes interiores en la Presa de relaves Chinchán

Se contaba con 05 drenes tipo francés y 02 tuberías de drenaje siendo la de mayor caudal correspondiente a las aguas decantadas. Para mayor comprensión del comportamiento de la estabilidad química se realizó un muestreo dando los resultados mostrados en la tabla N° 31:

Tabla N° 31. Efluentes de la Presa de Chinchán (01/01/98)

N°	Tipo de Efluente	Caudal l/s	pH	µS	Concentración (mg/l)						
					Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	As
P-2					0.10	0.11	0.46	0.32	0.02	0.005	
P-3	Drenaje	2.0	7.49	480	0.04	0.11	0.81	1.48	0.54	0.02	0.007
P-4	Drenaje	6.3	7.41					0.45	2.22	0.03	0.006
P-5	Drenaje	1.5	7.21					0.57	4.38	0.03	0.015
P-6	Drenaje	1.0	7.91							0.02	0.005
P-7	Drenaje	3.1	8.13							0.00	0.005
P-1	Decantación	9.5	10.58	1085	0.04	0.14	0.07	0.21	0.03	0.03	0.022
Promedio ponderado		33.9	8.51	723	0.03	0.11	0.27	0.44	0.84	0.02	0.011
LMP			5.5/10.5		0.5	1.0	3.0	2.0	1.0*	0.02*	0.5

*Regulados por LGA

- Se observa que cumple holgadamente con los LMP de elementos regulados y elementos referenciales (por la LGA), así como un pH también aceptable. La conductividad resultante es indicativa de que la generación del drenaje ácido no ocurre en magnitud importante.
- En la actualidad el efluente P-1 se diluye con un caudal importante (22.1 l/s) de agua natural procedente de un dique de captación de esorrentías aguas arriba de la Presa.

- Entre los efluentes individuales con mayor concentración de metales destacan el P-4, P-5 y P-6, que reportan niveles de Mn superiores al LMP referencial. Sin embargo el caudal de esos efluentes no es significativo y su concentración se diluye con un caudal seis veces mayor.
- También hay que señalar que el efluente P-7, con una conductividad sumamente baja (110 μS) corresponde a un manantial natural que se infiltra por la base del Dique y que ha sido cubierto por el material del relave durante el crecimiento de la misma. La conductividad de este efluente es similar al reportado por las aguas captadas por el Dique descrito anteriormente.

Se muestra a continuación, en la tabla N° 32, el promediado de la composición química del agua contenida en los diversos estratos de relave analizados, para una comparación referencial con los efluentes de los drenes antes analizados:

Tabla N° 32. Contenido metálico en el agua contenida en diversos estratos de relaves en la Presa.

Muestra de Relave	% H ₂ O	PH Pasta	μS	Concentración (mg/l)						
				Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	As
Profunda	14.9	7.6	701	0.03	0.16	0.28	0.60	1.88	0.02	0.005
Intermedia	9.1	7.8	882	0.05	0.25	0.39	0.91	1.13	0.02	0.005
Superficial	6.1	7.8	706	0.02	0.17	0.33	0.27	0.73	0.01	0.005
Playa	18.6	8.0	695	0.02	0.11	0.10	0.38	0.07	0.00	0.005
Sumergida		9.2	2000	0.19	0.01	0.20	0.07	0.11	0.02	0.005
Promedio aritmético		8.1	997	0.06	0.14	0.26	0.45	0.78	0.02	0.005
Promedio Ponderado de los Efluentes		8.5	723	0.03	0.11	0.27	0.44	0.84	0.02	0.011

Como se puede observar, los resultados comparados nos permite inferir que la composición química del agua contenida con los relaves emplazados en las zonas consideradas determina la composición del efluente final; asimismo demuestra que el procedimiento seguido al procesar las muestras (repulpado, filtrado y análisis) y la selección de una dilución igual al 30% han sido apropiados para caracterizar el comportamiento químico de esta Presa.

Podemos esperar entonces que el efluente final se mantenga dentro de los márgenes indicados si el sistema de deposición se mantiene en actividad como hasta ahora; si por el contrario ocurriera algún desbalance que produjera concentraciones por encima del LMP, entonces las causas pueden detectarse mediante el muestreo y análisis de muestras representativas de estos estratos. Los estratos mas sensibles a cambios de este tipo son los estratos superficiales. Una vez que se establezca estas causas podrán aplicarse también los mecanismos correctivos. Las condiciones de saturación podrían variar en época de estío o cuando se produzcan paradas prolongadas de la Planta (que es bastante improbable); es por ello recomendable realizar un muestreo complementario para esa época.

b. Balance Ácido – Base del relave emplazado en Chinchán

- a. El contenido de azufre en el relave de Chinchán es en promedio de 9.18 con la mayor parte todavía sin oxidar. De acuerdo a los resultados obtenidos, los relaves son potenciales generadores de ácido.
- b. En la Tabla N° 33 se observa que el relave de la zona de Lamas reporta un NNP positivo que supera al valor recomendado, y por lo tanto no generará ácido aunque pierda el agua de saturación y se exponga al aire.

Tabla N° 33. Balance Ácido Base – Presa de relaves Chinchán

N° muestra	005	102	252	282	Valor
Profundidad	S1 (10.7m)	T8 (1.2 m)	M1 (1.0m)	M2 (1.5 m)	Mínimo
Ubicación	Dique	Talud	Playa	Lamas	
S _{Sulfuro}	7.06	5.53	6.43	4.22	
NP	147	92	127	155	
AP	221	173	201	132	
NNP	-74	-81	-74	+23	> + 20
NP/AP	0.67	0.53	0.6	1.18	> 3.0

- c. En ningún caso el NNP resultante desciende por debajo de - 81 Kg.CaCO₃/TMS, y ello favorece la estabilidad química del relave. La Tabla N° 34, muestra los resultados que podrían esperarse cuando no opera el relleno hidráulico y los sulfuros se desplazan preferencialmente a la zona del Dique; se observa que en tales casos el NNP alcanza

valores tan negativos como - 221 Kg.CaCO₃/TMS, que promueven la generación del drenaje ácido. Probablemente el marcado contraste entre la magnitud del drenaje ácido que ha ocurrido en las relaveras antiguas y las modernas ha sido influenciado por la extensión en que el relleno hidráulico fue empleada.

Tabla N° 34. Potencial de Generación Ácido – Presa de Relaves Chinchán (expresados en Kg.CaCO₃/TMS)

Determinación de NNP con relave sin segregación				
N° muestra	005	102	252	282
Profundidad	S1 (10.7m)	T8 (1.2 m)	M1 (1.0m)	M2 (1.5 m).
Ubicación	Dique	Talud	Playa	Lamas
S_{sulfuro}	10.0	10.0	8.0	7.0
NP	147	92	127	155
AP	313	313	250	219
NNP	-166	-221	-123	-64
NP/AP	0.47	0.29	0.51	0.71

- d. Es importante destacar que el NP obtenido a poca profundidad (T8 a 1.2 mt) es notablemente menor que el reportado a mayor profundidad, y sugiere la generación de una proporción significativa de ácido que consume el NP, aunque este no es suficiente para crear un drenaje ácido.
- e. Los valores de S_{Sulfuro} considerados en este Cuadro corresponden al efecto que ocurre cuando no se emplea relave para relleno hidráulico, y muestra que en ese caso el contenido de sulfuros es suficiente para originar drenajes ácidos aún en la zona de lamas. Si por el contrario aprovechamos el sistema de Relleno Hidráulico para emplazar mas sulfuros en la mina, entonces podemos asegurar la estabilidad química de extensas zonas de la Presa aún en situaciones menos favorables como las de post-Cierre.
- f. Para la verificación del comportamiento de estabilidad química de los estratos considerados, se toman los datos siguientes:

Tabla N° 35. Parámetros relacionados con la Estabilidad Química

N° muestra	005	102	252	282	Valor
Profundidad	S1 (10.7 m)	T8 (1.2 m)	M1 (1.0 m)	M2 (1.5 m)	Recomendable
Ubicación	Dique	Talud	Playa	Lamas	
NNP	-74	-81	-74	+23	> + 20
NP/AP	0.67	0.53	0.6	1.18	> 3.0
PH pasta	7.6	7.9	8.2	9.2	5.5 – 10.5
Conduct. μ S	1025	692	491	2000	---
Cu (mg/l)	0.04	0.02	0.01	0.19	0.5
Pb (mg/l)	0.30	0.24	0.09	0.01	1.0
Zn (mg/l)	0.43	0.10	0.07	0.20	3.0
Fe (mg/l)	0.57	0.85	0.18	0.07	2.0
Mn (mg/l)	1.47	1.00	0.07	0.11	1.0

- g. El potencial neto de neutralización reporta valores negativos que indican que el drenaje ácido es inminente; las operaciones continuas en la Presa de Chinchán impiden que sea así.
- h. La condición mas desfavorable que se puede preveer, en el corto plazo, es la exposición prolongada del talud en el caso de parada de la producción. En el largo plazo la condición desfavorable se origina por el cierre de las operaciones.
1. El NP a lo largo de los estratos muestreados con el sondaje SPT en la cresta del Dique; se observa en la Tabla N° 36 que el NP se mantiene en valores bastante altos, a excepción de las zonas mas superficiales (3.3 mt) emplazadas hace menos de 2 años. En consecuencia puede concluirse que el Dique de contención tiene un NP promedio en el orden de 130 Kg.CaCO₃/TMS, que proporciona una gran capacidad de estabilización en el caso de drenaje ácido de las capas superficiales; el NP promedio supera notablemente al reportado por las capas superficiales. Estos resultados confirman también la estabilidad química de los estratos de relave en el interior del Dique.

Tabla N°36. Potencial de Neutralización para estratos profundos en el Dique (SPT – 01)

N°	002	004	005	006	008	010	012	015	Promedio
Profundidad(mt)	3.3	7.5	10.8	12.5	15.3	18.3	21.3	25.8	
NP Kg.CaCO ₃ /TMS	89	158	147	108	120	136	142	90	130
PH pasta	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.4	7.6	7.2	7.5

c. Balance de Agua Actual en la Presa

Existe una importante relación entre el agua contenida en la presa y la respuesta química de esta porque establece el nivel de saturación de los relaves y el caudal de los efluentes. Este último afecta la concentración de los elementos metálicos contaminantes. El Balance de Agua, no incluye los caudales de las escorrentías captadas por el sistema de derivación con que cuenta esta Presa. La Tabla N° 12 (página 67), muestra los resultados obtenidos.

En la situación actual el material del Dique de Contención tiene en promedio una humedad en el orden de 9 %; este contenido de agua es insuficiente para drenar y generar un efluente que incorpore los metales disueltos en el agua intersticial.

6.3.8 Presencia de actividad Bacterial

El drenaje ácido es generado principalmente por la actividad bacteriana del Thiobacillus Ferroxidans sobre los sulfuros cuando se dan las condiciones físico – químicas adecuadas, presentando problemas ambientales como el drenaje ácido y liberación de iones metálicos en solución.

La generación ácida por esta bacteria sirve como catalizadoras del DAR (drenaje ácido) y por consecuencia su presencia ayuda a la oxidación y consecuente producción del DAR y en este caso, del material que compone el relave (Sulfuros). Si esta actividad bacteriana está ausente o es limitada, la extensión del drenaje ácido puede mantenerse dentro de límites aceptables.

Esta se puede expresar como:



Las bacterias Sulfato Reductoras, por el contrario, reducen los sulfatos presentes produciendo

sulfuro de hidrógeno bajo condiciones anaeróbicas. Los procesos de tratamiento de aguas ácidas basados en el empleo de esta bacteria es por reducción activa de sulfatos o por Wetlands ó Pantanales.

Teniendo por delante en una de las probables alternativas de tratamiento bacteriológico de los efluentes por un Wetland, la caracterización de la actividad bacterial en la Presa de Chinchán resulta conveniente. Los resultados de las muestras tomadas (descritas anteriormente), se muestran a continuación. La reacción producida puede ser descrita como:



Tabla N° 37. Presencia Bacterial en la Presa de Relaves de Chinchán

N°	Descripción	Prof Mt	PH Pasta	US	H ₂ O %	Suma M ⁺ mg/l	Presencia de Bacterias	Thiobacillus Ferroxidans	Sulfato Reductoras
007	SPT-1-Interior del Dique	13.3	7.5	452	17.2	47.97	Si	NO	2
017	SPT-1-Interior del Dique	28.7	7.6	274	19.5	50.59	Si	NO	2
023	SPT-2-Interior del Dique	12.3	7.9	882	15.5	66.69	Si	NO	0
031	SPT-3-Interior del Dique	9.2	7.5	1761	18.5	29.58	Si	NO	0
035	SPT-3-Interior del Dique	19.7	7.8	289	19.4	37.46	Si	NO	0
049	SPT-4-Interior del Dique	15.2	7.3	679	14.7	32.11	Si	NO	0
281	Estanque	2.0	9.2	2000	55.0	0.60	Si	NO	2
NR	Efluente de decantación	0.0	10.6	2000	100.0	0.50	Si	NO	0

Los parámetros de medida de bacterias son en función a la abundancia existente, significando (1) hay presencia, (2) Abundante presencia y (0) no hay presencia. El análisis mostró que en ninguno de estos casos se detectó la existencia de bacterias thiobacillus ferrooxidans que son las promotoras de la oxidación de los sulfuros. El ambiente en el interior del dique (pH y ausencia de oxígeno) no es apropiado para el desarrollo de este tipo de bacterias y confirma la existencia de condiciones que favorecen la estabilidad química de los sulfuros presentes; el contenido de metales debió haberse originado cuando estos estratos formaban parte del talud expuesto a la superficie (ver fotografía N° 7, página 92), y es improbable que se incremente significativamente con el tiempo. Las bacterias reductoras, su presencia, se ha reportado en estratos del interior del dique a 13 y 29 mt de profundidad, pero ha sido detectado en los otros estratos pese a contar con ambientes similares. La alta concentración de este tipo de bacterias en algunas zonas del dique, favorece la estabilidad química del mismo, pero solo puede mantenerse si se controla el pH de las soluciones que percolan de los estratos superficiales. También se ha detectado una concentración importante de bacterias sulfato reductoras en los estratos de relaves que están saturados de agua y bajo una cobertura permanente de agua, como es la zona del estanque de finos y lamas.

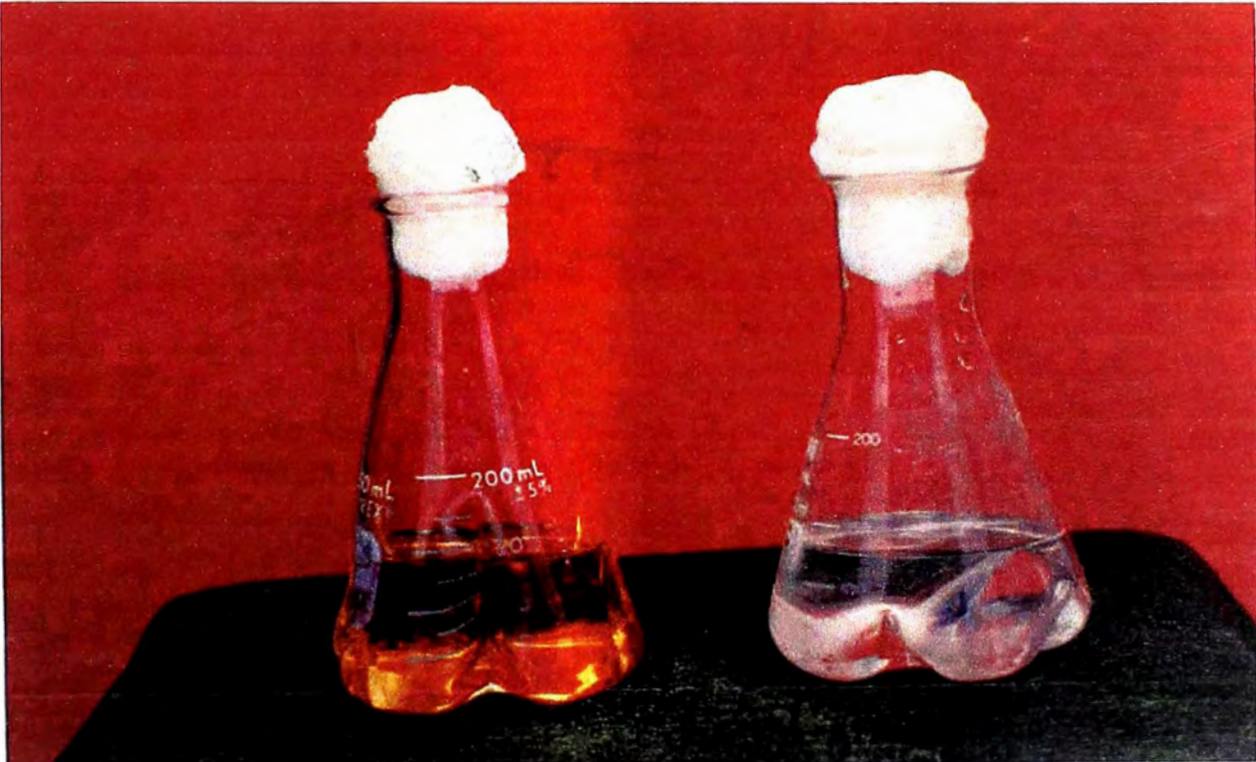
El agua de decantación no reporta la existencia de ningún tipo de bacterias, y la comparación con los estratos sumergidos de relaves finos sugiere que el pH demasiado alcalino impide su desarrollo en ese ambiente. Teniendo en cuenta que el mayor volumen de agua y de relaves se encuentra en la zona de finos, el desarrollo de la población de bacterias sulfato-reductoras y su actividad contribuyen a mejorar la estabilidad química de esta Presa y pueden garantizarla aún en el largo plazo. Los resultados de la Tabla N° 37 sugieren que debe mantenerse un adecuado balance del pH para permitir su desarrollo.

En la zona de finos la presencia de bacterias Sulfato Reductoras es favorecida por la cobertura de agua que caracteriza esa zona, y su existencia puede garantizar la calidad del agua de decantación; también su existencia en las zonas internas del dique contribuye a mejorar la calidad de agua del drenaje si es que este no atraviesa, finalmente, la zona de oxidación en el talud, en las fotografías N° 11 y 12 se muestran los cultivos bacteriales

Vista de los cultivos de Bacterias Sulfatoredutoras y Thiobasilus ferrooxidans



Fotografía N° 11



Fotografía N° 12

Durante la vida operativa serán más frecuentes los efluentes neutros con concentraciones ligeramente mayores que el LMP (Mn, Fe y Zn) y el “wetland” no es un requerimiento imprescindible; sin embargo su implementación puede permitir que se logre efluentes con calificación de excelencia ambiental, a costos moderados. El “wetland” desarrollado con anticipación serviría para hacer frente a los efluentes agresivos que se generarán después del Cierre de esta Presa. La concentración de bacterias Sulfato reductoras posibilitaría el tratamiento pasivo conocido como pantanos o Wetland. El lugar ofrece facilidades excelentes para la implementación de esta estructura como son : topografía adecuada, amplitud de espacio, permanente suministro de agua abundante, disponibilidad de bacterias sulfato-reductoras adaptadas al efluente actual, posibilidad de tratamiento de efluentes individuales del drenaje de la Presa, y desarrollo de algas, y otras forma en el efluente actual. También hay que considerar que el desarrollo del “wetland” durante la vida operativa de la Presa permite disponer del apoyo conque se cuenta en esta etapa (energía, supervisión, equipo de movimiento de tierra, laboratorios, asesoría, etc.).

El mejor lugar para el “wetland” es evidentemente la terraza ubicada aguas abajo del Dique de Contención de la Presa de Chichán (ver fotografía N° 13).



Fotografía N° 13

Vista - Terraza ubicada al pie del Dique aguas abajo de la Presa de Relaves Chinchán

7.0. TRABAJOS PARA MITIGACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

7.1. DIAGNÓSTICO SOBRE LA EVALUACIÓN A LA ESTABILIDAD FÍSICO QUÍMICA DE LA PRESA DE RELAVES CHINCHÁN

- a. La pendiente del dique, aguas abajo se encontró en la relación de 2H:1V. Existe una condición de riesgo aun mayor para estabilidad si se tiene en cuenta que el material del dique no ha sido compactado, no se ha extraído el material orgánico y arcilloso de la base del mismo, y no se ha implementado el terraplén filtrante en toda la base del dique.
- b. El Borde Libre encontrado al momento de la inspección inicial se consideró insuficiente y presenta un gran riesgo de desbordamiento por eventos tanto ordinarios como extraordinarios.
- c. La Presa de relaves de Chinchán durante la inspección inicial exhibió una estabilidad química muy aceptable en tanto las condiciones de operación se mantengan similares a las actuales o puedan ser variadas de manera que favorezcan esta estabilidad.
- d. Para un mejor control del efluente total o final de la Presa de Relaves Chinchán se habilitó el punto 302 y se ha determinado que el efluente final cumple con las regulaciones ambientales en cuanto a su contenido de metales disueltos y pH se refiere. Asimismo se ha determinado que el margen existente entre estas concentraciones y el LMP es suficiente para garantizar su calidad.
- e. La extensión del estanque de decantación es comparativamente pequeña y proporciona muy poco tiempo de retención al agua de proceso que ingresa con el relave. Esta es la causa para que el efluente de decantación salga con pH alto. La conservación de este régimen favorecerá el control del drenaje ácido.
- f. La evaluación del potencial de neutralización en las zonas mas propensas al drenaje ácido (dique y playa) se encuentra en valores aceptables. La disminución experimentada se atribuye a la proporción de piritita captada por el ciclón del relleno

hidráulico. Se ha determinado que gracias a ello la zona de finos exhibe un NNP positivo que garantiza la estabilidad de esta zona, indirectamente, de todo el sistema de la Presa.

- g. Se verificó que las precipitaciones pluviales normales, y aún las extraordinarias, son insuficientes para crear disolución y transporte de metales solubilizados del relave que afecten la calidad del efluente final mas allá de los límites establecidos. Similarmente, se ha determinado que el agua presente en el U/F emplazado continuamente, tiene un alcance muy limitado sobre la saturación del relave del Dique.
- h. Se verificó la existencia de una importante concentración de bacterias sulfato-reductoras en diversas zonas del Dique de Contención y en los relaves de la zona de Finos. Este tipo de bacterias inhiben la oxidación de los sulfuros y precipitan metales de los efluentes, favoreciendo de este modo la estabilidad química del sistema. El gran volumen de agua comprometido en esos sectores contribuirá a mantener la estabilidad química de la Presa y puede facilitar notablemente la implementación de un “wetland” en el entorno de la Presa para el tratamiento de sus propios efluentes por un plazo muy largo, aún después del Cierre.
- i. Afortunadamente, no hay presencia de bacterias del tipo Thiobacillus Ferroxidans que son características de zonas con drenaje ácido importante y que catalizan la contaminación química. Se puede considerar que este es un factor adicional para garantizar la estabilidad química de esta Presa.
- j. El contenido de metales que reporta el efluente final puede ser reducido a niveles de excelencia ambiental mediante el tratamiento pasivo en un pantano, gracias a que las concentraciones reportadas son moderadas y el pH es neutro. Un tratamiento activo convencional (tratamiento alcalino) sería muy costoso y de alcance limitado. Se dispone de excelentes facilidades geográficas, logísticas y biológicas para implementar esta estructura en el entorno de la Presa de Chinchán.

7.2. DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS PARA LA MITIGACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA EN LA PRESA DE RELAVES CHINCHAN

Luego de realizar las evaluaciones respectivas y de realizar una minuciosa inspección se trabajó en el planteamiento de los trabajos para la mitigación y mejoras necesarias para la Presa de Relaves Chinchán.

En la primera inspección visual, en enero de 1998, se anotó lo siguiente:

- a. Los sistemas de derivación principal y secundario se encontraron deteriorados por falta de mantenimiento.
- b. Los accesos en la presa de relaves se encontraron en evidente abandono.
- c. La Presa de Relaves Chinchán está activa ubicada en la zona de Chinchán cerca a las nacientes del Río Rímac. El depósito se ubica cerrando el valle del río Yuracocha, prácticamente en la zona de inicio del lado derecho de la cuenca de Chinchán, donde este valle tiene muy poca pendiente y se ensancha rápidamente aguas abajo del dique como se mostraron anteriormente en las fotografías N° 1 y 2.
- d. El sistema de decantación original era el de “quenas”, dicho sistema según se tiene referencia colapsó aproximadamente en 1987. Esta tubería de drenaje desciende verticalmente hasta el nivel de la base del Dique y la atraviesa hasta salir a la superficie, también al nivel de la base. El vertedero implementado de emergencia desde entonces fue un vertedero rudimentario en condiciones peligrosas.
- e. El otro sistema original de drenaje es por infiltración a través del mismo material del dique que está compuesto de relave de granulometría gruesa de gran permeabilidad, y a través de la zona de playa conformada por material de permeabilidad aceptable. El diseño original contemplaba un terraplén filtrante para recepcionar este caudal de drenaje y facilitar la salida del mismo sin erosión del dique; no obstante este sistema no se ha continuado implementando, el drenaje interno es captado por 06 drenes franceses de ancho limitado que finalizan en tubos de drenaje.

- f. Por contar con un método de crecimiento tipo aguas abajo, el dique constantemente es cubierto permitiendo un mínimo de erosión eólica y agrietamiento
- g. El sistema de decantación instalado y actualmente operativo es el de la Poza de Finos con un área de espejo de agua de **11,000 m²** . El vertedero de decantación fue de construcción precaria
- h. El Borde Libre existente encontrado era mínimo, pudiendo considerarse que en promedio no es mayor que 0.5 m.
- i. No se contaba con el registro de medición de piezómetros, del estado en que se encontraban ni del equipo neumático especial para su medición, de modo que se han instalado dos piezómetros tipo casagrande durante las perforaciones tipo STP. Desafortunadamente se perdieron dichos piezómetros por desconocimiento de los operadores,
- j. No se observan afloramientos de agua en las paredes de los taludes, aunque se ha detectado una humedad alta en la cercanía de la caseta del operador de relaves.
- k. La forma de distribución de los relaves en el Depósito de Relaves ha sido desde un inicio mediante la descarga puntual de un solo hidrociclón, y movimiento periódico del mismo a lo largo de la cresta del Dique. El hidrociclón se emplaza sobre una plataforma de 3 mt de altura construida cada vez que se cambia de lugar. Desde ya la operación, instalación distribución y manejo fueron totalmente inapropiadas.

7.2.1. Desarrollo de Trabajos

Con el propósito de mejorar la estabilidad de la presa de relaves, se desarrollaron las siguientes actividades:

- A. Mantenimiento de los accesos en toda la zona de influencia de la Presa de Relaves.**
- B. Mantenimiento de los dos sistemas principales de derivación**
- C. Prolongación y reinstalación del sistema de vertedero tipo quena en el estanque de decantación.**
- D. Mitigación eólica en la Presa de Relaves**
- E. Instrumentación.**
- F. Sistema de Clasificación.**
- G. Retiro de material orgánico de la base del dique e implementación de un terraplén filtrante. Recuperación y prolongación de los drenes tipo francés ubicados en la base del dique.**
- H. Tratamiento de los efluentes líquidos provenientes de la presa de relaves**
- I. Replanteamiento del diseño de construcción de la presa en base a un diseño original**
- J. Desarrollo Conceptual del Plan de Cierre para la Presa de Relaves Chinchán**

A. MANTENIMIENTO DE LOS ACCESOS EN TODA LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA PRESA DE RELAVES.

Como toda sección y área de operaciones, los accesos son de vital importancia, tratándose desde simples inspecciones hasta mantenimientos de grandes magnitudes e importancia. En una presa de relaves como Chinchán, donde es indispensable la supervisión permanente a todas las instalaciones y los impostergables mantenimientos de infraestructura existente los accesos son de primera importancia.

Al momento de la inspección, se observó un evidente abandono e incluso la pérdida de algunos accesos antiguos.

Prácticamente el acceso era imposible más allá del dique de la presa.

Medidas tomadas

- Se contrató los servicios de un tractor particular CAT - DC8, de 18 Toneladas.
- El mantenimiento comenzó desde la zona de cruce con la Carretera Centra hasta la base de la relavera como primera fase, con un total de 3.2 Km.
- El mantenimiento y nuevos accesos en su segunda fase implicó un total de 3.8 Km, en la zona de influencia en la Presa de Relaves Chinchán, ver plano N° 4 y Fotografía N° 14 A y B.
- En ambas faces se complementó con el apoyo de una Motoniveladora para el perfilado y acabado de las cunetas en todos los accesos.

Mantenimiento General de Acceso en la Presa de Relaves



Fotografía N° 14 A - Acceso al Dique y Bocatomas



Fotografía N° 14 B - Acceso principal desde la Carretera Central

B. MANTENIMIENTO DE LOS DOS SISTEMAS PRINCIPALES DE DERIVACIÓN

Como se hizo mención anteriormente, existen dos sistemas de derivación principal que son mostrados en el plano N° 4 (anexo 9.1. Planos):

- Bocatoma Yuracpampa y el Túnel de derivación principal
- Bocatoma Yuracocha, Bocatoma Vizcachapata y la tubería de 1.2 m de diámetro

Medidas tomadas

Estas estructuras presentaban un preocupante abandono y se hizo un plan de trabajo de mantenimiento y ejecución inmediata las cuales se describen a continuación:

- Limpieza de los desarenadores de las 03 bocatomas, hechas con un micro scoop de 0.5 y³, y manualmente. El volumen de material removido fue de 750 m³.
- Inspección del canal (250 m), túnel (1,560 m) y tubería de conducción (1,650 m), de ambos sistemas.
- Reparación y resane de todas las bocatomas, canales y tuberías de concreto
- Reparación de las compuertas, barandas, escaleras, sistemas de izaje, tuberías menores en las tres bocatomas.
- Encausamiento de escorrentías a las bocatomas, puesto que las aguas de las quebradas ingresaban directamente al depósito de relaves. Ver fotografías N° 15 (A y B), 16 (A y B) y 17 (A y B).

Mantenimiento General - Bocatoma Vizcachapata



Fotografía N° 15 A - Antes (1,997)



Fotografía N° 15 B - Después (1,998)

**Mantenimiento General - Uso de Equipo especial en desarenado de Bocatomas
(Micro Scoop de 2 y³)**



Fotografía N° 16 A



Fotografía N° 16 B

Mantenimiento General - Bocatoma Yuracocha



Fotografía N° 17 A - Antes (1,997)



Fotografía N° 17 B - Después (1,998)

C. PROLONGACIÓN Y REINSTALACIÓN DEL SISTEMA DE VERTEDERO TIPO QUENA EN EL ESTANQUE DE DECANTACIÓN.

El método rudimentario utilizado es un vertedero aislado por una berma de desmonte peligrosamente ubicado, puesto que detrás de este se encontraba la presión ejercida por el relave que crecía cada vez más.

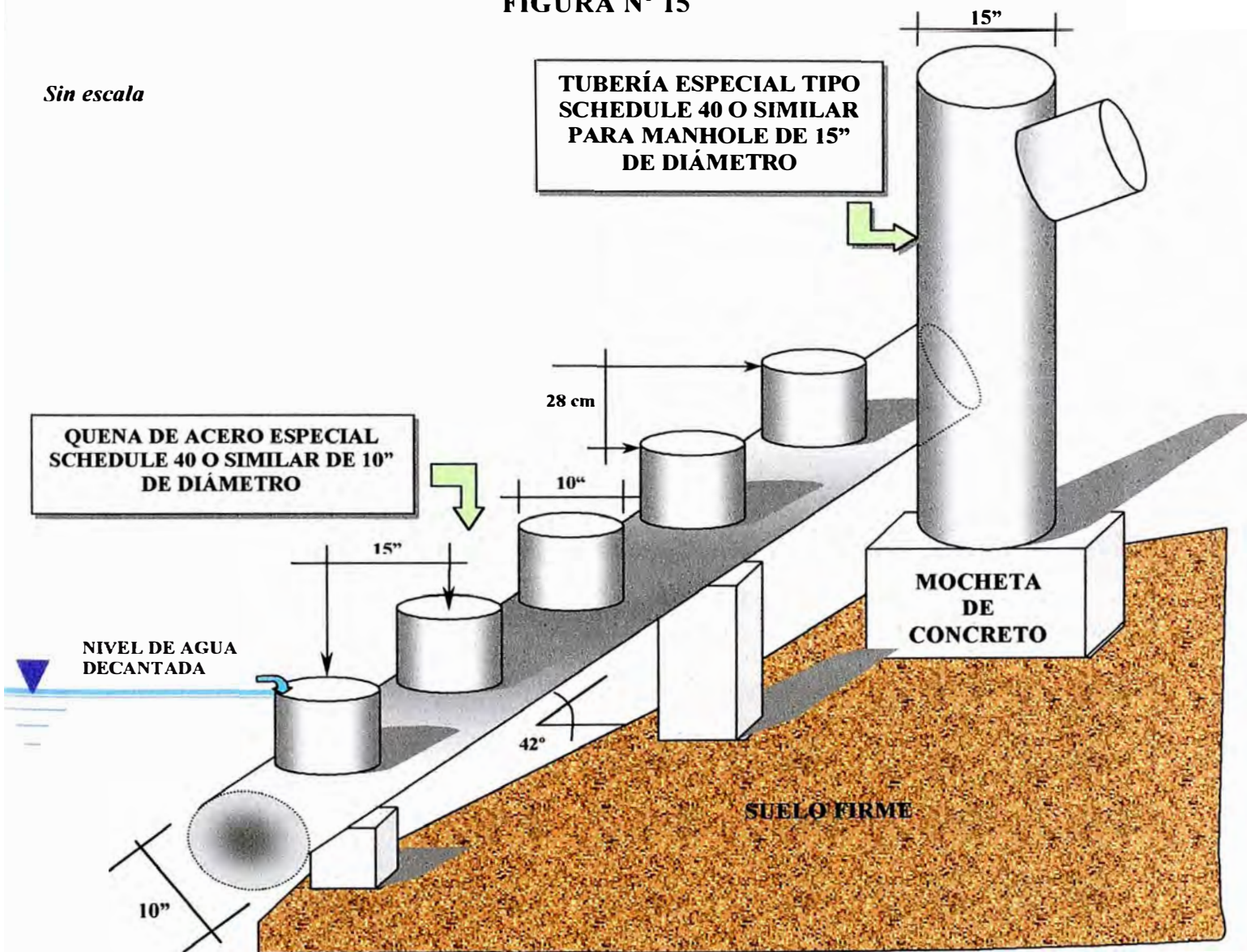
El diseño original, fue concebido de tal modo que ubicaba cerca al borde libre y que entre ventas de ingreso de agua decantada existe 1 mt de desnivel, lo cual no permitiría mantener un nivel de agua menor y consecuentemente una inestabilidad peligrosa para la presa.

La versión original de la quena colapso en 1987, y que por funcionarios de aquel entonces instalaron una tubería con poca pendiente y no se conoce sobre si fue o no bien cimentada esta última dado el peso que soportaría. Contando con esta línea se planificó la prolongación y reinstalación de un vertedero tipo quena pero modificado.

La modificación consiste en contar con 03 líneas de quena con entradas de tal modo que no permita un crecimiento del nivel de agua más de 12 cm. De fácil operación y resguardado a un lado de la quebrada de mayor estabilidad, permitiendo que se pueda continuar las futuras prolongaciones y ancladas en ladera rocosa. Ver figura N° 15 mostrada a continuación y fotografías N° 18, 19, 20 y 21.

FIGURA N° 15

Sin escala



QUENA TIPO CASAPALCA MODIFICADO

Vertedero rudimentario de Agua Decantada (1,997)



Fotografía N° 18 - Vista General del Vertedero

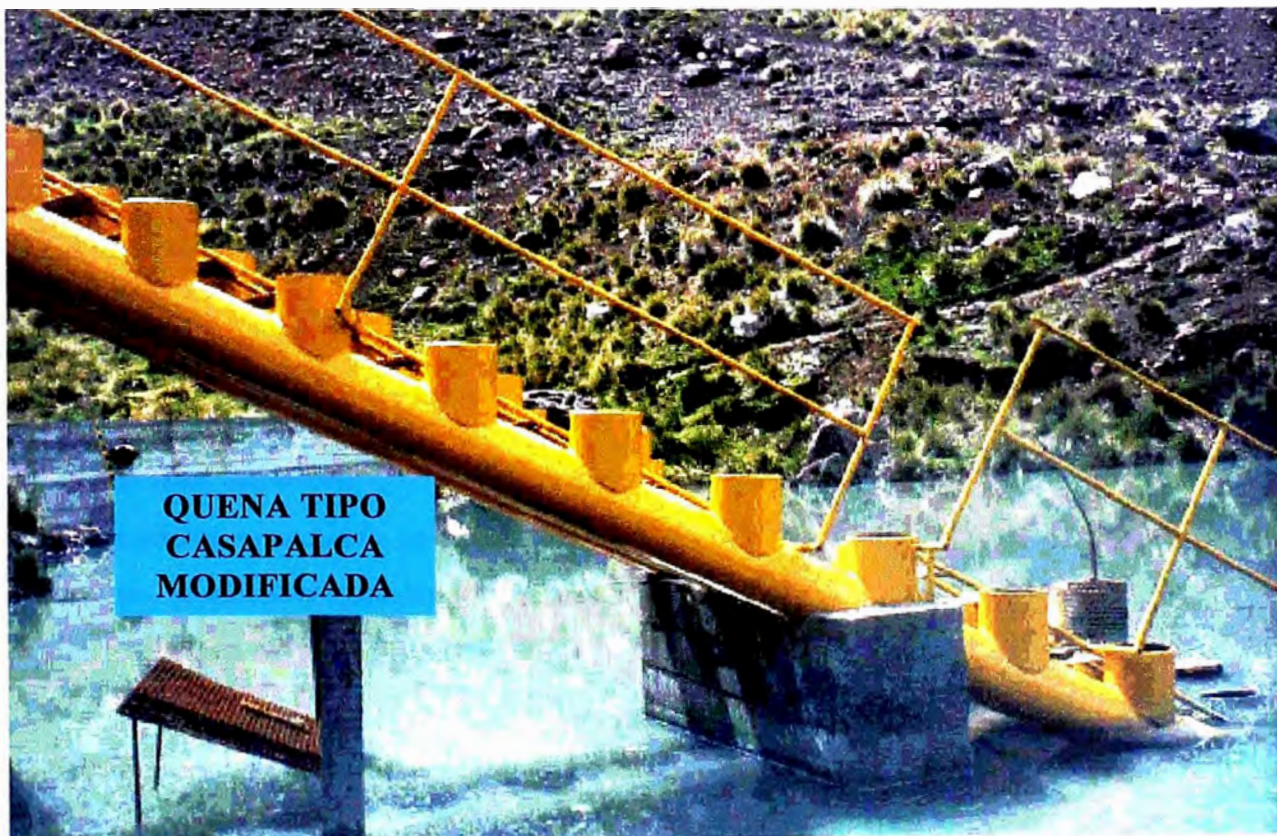


Fotografía N° 19 - Canal de conducción en el vertedero

Sistema actual de Quenas en reemplazo del antiguo vertedero - 1,999



Fotografía N° 20



Fotografía N° 21

D. MITIGACIÓN EÓLICA EN LA PRESA DE RELAVES

La erosión eólica, representó una preocupación y para efectos de su mitigación se trabajó inicialmente en monitoreos de calidad de aire antes de la implementación de técnicas de control.

Una evaluación previa al tipo de técnica seleccionada teniendo como opciones las siguientes:

1. **Cortina de Árboles:** Esta quedó descartada por razón de que a esa altura y condiciones de clima es muy difícil contar con una cortina de árboles, además del tiempo que demorarían en crecer esta el inconveniente de tener flujos de aire en diversas direcciones, descartándose definitivamente dicha alternativa.

2. **Cobertura Plástica:** La particularidad es el tipo de crecimiento. Esta presa crece y emplaza aguas abajo del dique (zona de mayor producción de polvo fino), esto descarta la posibilidad de una cobertura plástica puesto que el relave cubriría rápidamente esta cobertura. Además de una probable contribución a la desestabilización del dique por generar un aislamiento entre el relave mismo. Finalmente los fuertes vientos fácilmente descubrirían la cobertura.

3. **Humedecimiento:** Se consideró la posibilidad de humedecimiento por asperción. La factibilidad es buena dado que se cuenta con fuentes de agua elevadas (más altas que la cresta del dique), línea de conducción y suficiente presión de caída.

El detalle se explica más adelante.

4. **Uso de agentes químicos:** La cobertura con agentes químicos también fue considerado. Entre los agentes conocidos se evaluó al SOIL CEMENT dada su alta resistencia al intemperismo, resistencia química y durabilidad.

El detalle se explica más adelante.

Dentro de estas 4 técnicas, se optó por el humedecimiento por aspersión dada las facilidades de instalaciones y fuentes de agua. El gran defecto presentado es precisamente la operación y mantenimiento puesto que depende de un operador para su ejecución y control.

En cuanto a la cobertura química, es de elevada inversión y no justificaría en una presa en continuo avance, tal vez si en su etapa de abandono. Cabe señalar que nuestra empresa ya decidió la implementación del sistema de Relleno en Pasta para mina, significando que el 100% de relave será dispuesto para interior mina y que la Presa de relaves Chinchán pasaría a ser un depósito auxiliar. Sólo en este caso se considera muy apropiado el uso de agentes químicos puesto que permanecen mucho tiempo antes de ser cubiertos por relave fresco y que a diferencia del humedecimiento no necesita de operadores luego de su instalación.

A continuación se detallan en la tabla N° 38, los análisis y mecanismos aplicados para la mejor eficiencia de aplicación de humedecimiento y cobertura química.

Tabla N° 38

Tipo de Mitigación	A Favor	En Contra	Costo \$/m²
Cortina de árboles	1. Mejora del paisaje circundante.	1. Tiempo que demora en crecer. 2. No garantiza efectividad. 3. No es una solución integral ni exacta.	NP
Cobertura Plástica	1. Cubriría con mucha facilidad el total del área si se cuenta con material suficiente.	1. No aplicable para presas dinámicas tipo aguas abajo. 2. Difícil instalación para las dimensiones y condiciones topográficas del mismo dique 3. Fácilmente levantado por los vientos del lugar 4. Dependencia de una cuadrilla de instalación y remoción 5. Deterioro del material, lo que obliga a su reemplazo. 6. Impracticable en la zona de finos	0.5
Humedecimiento	1. Cumple con el objetivo de control de polvo 2. Menor trabajo de instalación y mantenimiento 3. Se aprovecha instalaciones y fuentes de agua existentes 4. Material no se deteriora con facilidad 5. Operación de por lo menos 5 años	1. Depende de una persona para su operación 2. Posible rotura de la línea de agua. 3. aporte adicional de agua al dique de la presa	0.4
Cobertura con Agente Químico	1. Fácil aplicación 2. Duración de 2 años aprox. 4. Cumple con el control efectivo y en lugares donde los aspersores no puede cubrir 5. No requiere de infraestructura alguna 6. No contaminantes 7. Luego de aplicado no necesita de operadores ni controles especiales. 8. Ayuda a evitar la generación de ácido por ser un aislante impermeable 9. Resistentes a la lluvia	1. Aplicación periódica 2. Forma capas frágiles 3. Evitaría evapotranspiración en la presa 4. Preferente para presas en Stand by o tipo aguas arriba.	0.2

Humedecimiento por Aspersión:

A continuación se presenta el cuadro resumen de los datos de campo y equipo analizado observándose la eficiencia de humedecimiento y área abarcada.

Tabla N° 39
Selección de Aspersor

TIPO	PRESIÓN Atm.	RADIO máx. (mt)	CAUDAL l/seg	HUMEDA a 3 cm	TIEMPO minutos	N° aspersores	COSTO UNIDAD
RC 130	4.5	12	9.7	10 %	20	58	15 \$
KH 220	5.0	12	10.0	10 %	23	58	18 \$

Se hace la siguiente consideración; el área del talud del dique es **34,247 m²**, pero el área donde se deposita el relave fresco (salida del U/F hidrociclón) no es necesario el regadillo descontándose entonces esta sección:

$$A_{\text{total.dique}} - A_{\text{relave fresco}} = A_{\text{humedecimiento}}$$

$$34247 - 7610 = 26,637 \text{ m}^2$$

Los aspersores humedecen individualmente un área de 453 m², máximo implicando la necesidad de 58 aspersores para cubrir el área total en el dique.

Como podemos apreciar, el humedecimiento óptimo del 10% en una capa de 3cm (para mantener humedad resistente a la erosión, dato tomado por evaluación de campo), y con igual área pero menor tiempo es el RC 130, además de necesitar menos costo por unidad en el área total a humedecer.

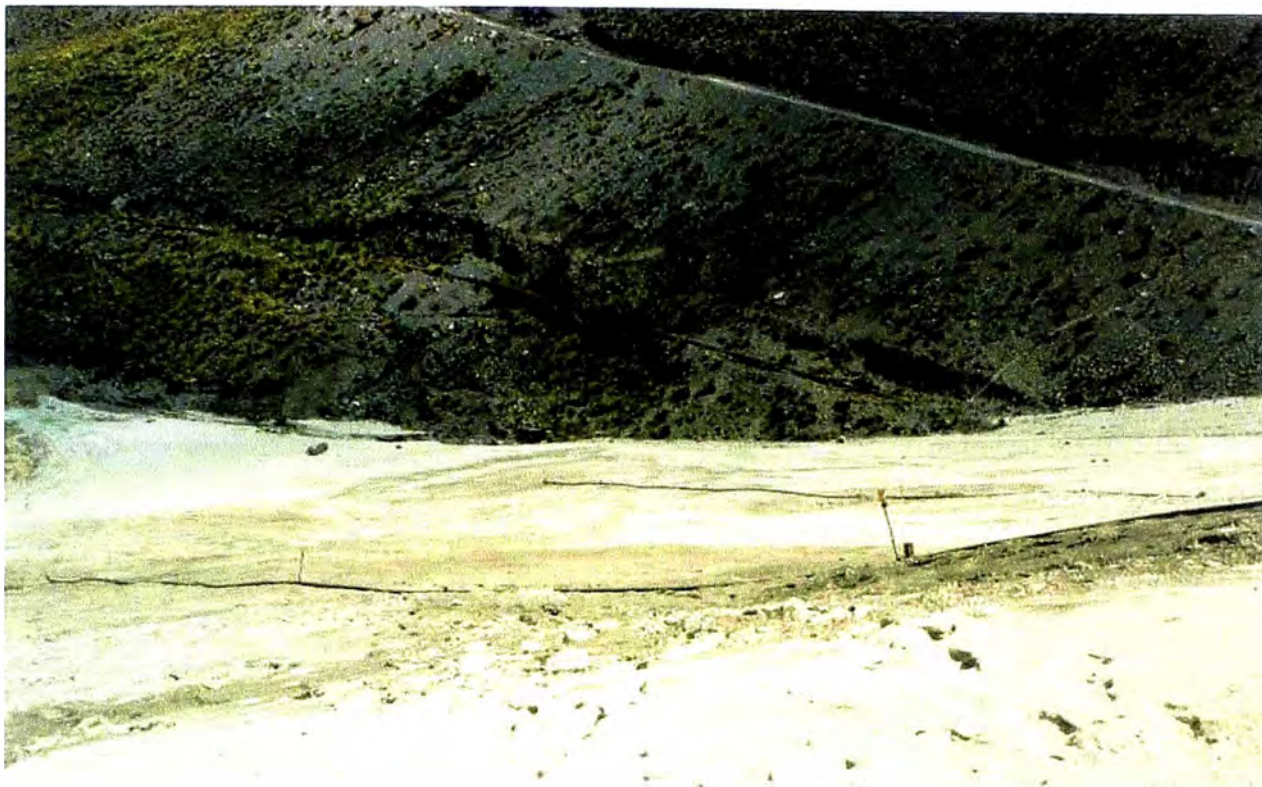
Gracias a la nueva línea de distribución de relaves en la corona se utilizó este como soporte de la tubería de conducción del agua para el sistema de aspersión.

A continuación se presenta la fotografía N° 22 el dique en plena erosión eólica y las fotografías N° 23 A y B cuando se instalaron los sistemas de aspersión los cuales dieron excelentes resultados.



Fotografía N° 22
Presencia de contaminación eólica - Material Particulado en suspensión (1,997)

Mitigación de polvo por sistema de aspiración (1,999)



Fotografía N° 23 A - Vista parcial de los aspersores instalados



Fotografía N° 23 B - Vista general de humedecimiento por aspersión

Aplicación de Coberura Química – Uso del Soil Sement

Para una rápida referencia mostramos algunos de los agentes químicos considerados :

Tabla N° 40
Comparación entre Agentes Químicos

PRODUCTO	CANTIDAD Kg/m²	COSTO \$/Kg	Costode Aplicación \$/m²	COMENTARIO
Soil Sement	0.33	1.5	0.1	Para presas de tierra en Stand by o clausuradas
Cloruro de Calcio	2.00	0.15	0.3	Inapropiado para presas de relave. De mejor resultado en carreteras tipo trochas
Clariant	0.1	1.8	0.18	Apropiado para presas de relaves
Terrzyme	0.2	NP	NP	De resultados aceptables. Duran menos

Como se puede observar el Soil Sement tuvo mejor respuesta a nuestras necesidades, los otros compuestos tienen buena respuesta pero en costos son mucho más elevados considerando un área de 26.6 hectáreas aproximadamente.

Si embargo, como se hace incapie, es preferible de usar en presas abandonadas, en stand by o presas tipo aguas arriba, puesto que en una presa tipo aguas abajo y en actividad no es práctico por que se tendría que estar cubriendo continuamente el dique.

La evaluación para su correcta aplicación se muestra a continuación:

- Una particularidad marcada de la construcción de presas tipo “Aguas Abajo” es que continuamente el dique es construido, dejando las capas antiguas cubiertas. El tiempo de cobertura de la próxima capa en el dique es de aproximadamente 6 meses hacia el centro del dique y de 12 meses en los extremos del dique.

- Luego de una evaluación a nivel del laboratorio y luego *Isitu*, el régimen de aplicación sería el siguiente:

La aplicación de la solución diluida, para 6 meses de relave antiguo es 1 lt / 2.5m² ó 0.4 lt / 1m².

La aplicación de la solución diluida, para 12 meses de relave antiguo es de 1 lt / 2.0 m² ó 0.5 lt / m²

- Para casos de prolongados descansos de la relavera (en stand by), la aplicación es de 1 lt / 1 m². La dilución recomendada es de 1 partes de Soil Sement por 3 de agua.
- El agente químico es inerte luego del fraguado (forma una película de poliestireno). No provoca corrosión, pero es preferible limpiar todo el equipo utilizado en la aplicación de la solución.

Tabla N° 41 – A

Muestreo realizado en la Presa de Relaves Antes de la Implementación del Sistema de Aspersión (Mayo – 1998)

Estación	Ubicación	TSP ug/m ³	Plomo ug/m ³	Zinc ug/m ³	Fierro ug/m ³	Arsénico ug/m ³
CH-1	Margen derecha, 100 mt al N.O. de la Cresta del Dique de la Presa	74	1.78	1.07	12.39	0.03
CH-2	Margen izquierda, 250 mt al N.O. de la Cresta del Dique de la Presa	87	1.79	0.41	9.09	0.03
CH-3	Centro de la Quebrada Yuracocha, 100 mt al S.E. del pie del Dique de la Presa	147	2.15	0.88	11.59	0.04
LMP	Calidad de Aire	150	1.5	NR	NR	6

NR. – No regulado por el Ministerio de Energía y Minas

Tabla N° 41 – B

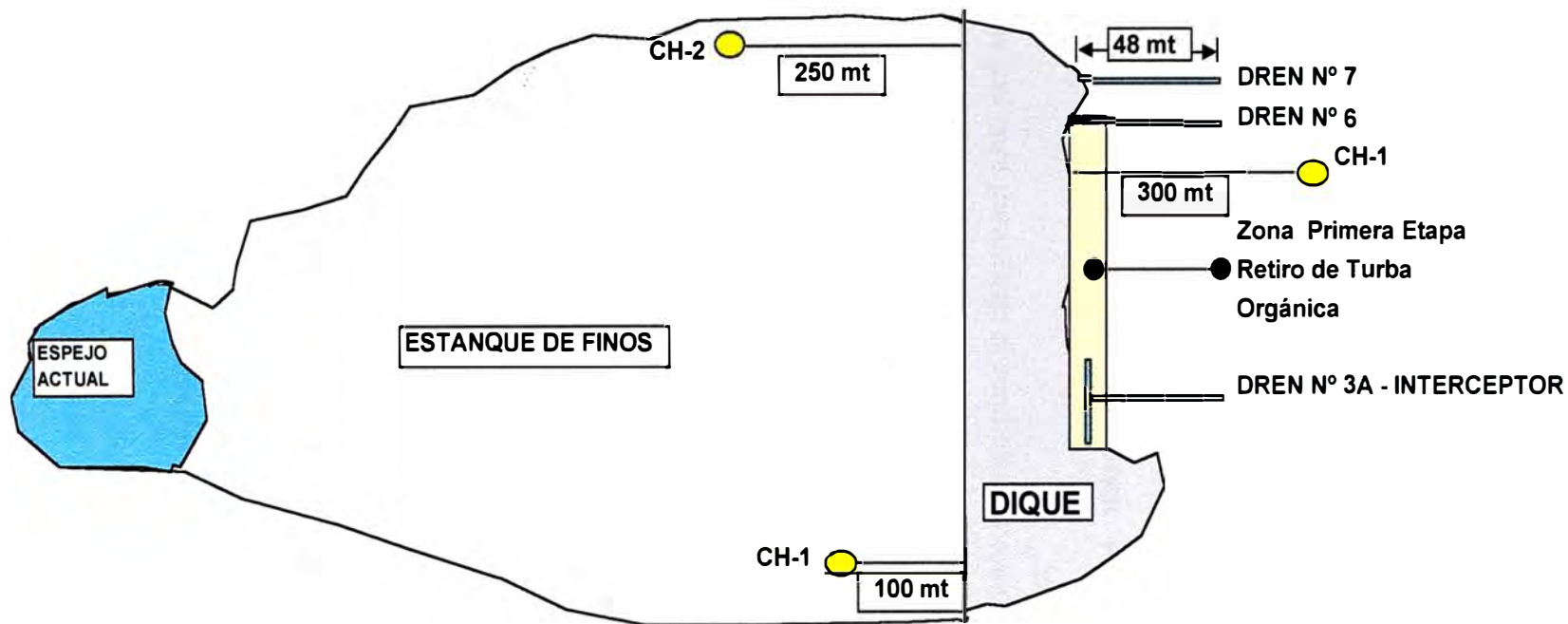
Muestreo realizado en la Presa de relaves Después de la Implementación del Sistema de Aspersión (Junio – 1999)

Estación	Ubicación	TSP ug/m ³	Plomo ug/m ³	Zinc ug/m ³	Fierro ug/m ³	Arsénico ug/m ³
CH-1	Margen derecha, 100 m al N.O. de la Cresta del Dique de la Presa	15	0.260	NA	NA	ND
CH-2	Margen izquierda, 250 m al N.O. de la Cresta del Dique de la Presa	20.68	0.426	NA	NA	ND
CH-3	Centro de la Quebrada Yuracocha, 100 m al S.E. del pie del Dique de la Presa	26.7	0.259	NA	NA	ND
LMP	Calidad de Aire	150	1.5	NR	NR	6

ND – No detectado
NA – No Analizado

Figura N° 16 - Ubicación de Puntos de Monitoreo de Partículas en Suspensión (TSP)

PRESA DE RELAVES CHINCHAN



Nota: Punto de Monitoreo: ●

Sin escala

P. Solis

En la tabla N° 41-A, se observa que sólo el plomo supera el LMP, mientras que el resto permanece por debajo del límite. Sin embargo, luego de la necesaria mitigación correspondiente por aspersión, se observa la Tabla N° 41-B, que todos los parámetros de control regulados por el Ministerio de Energía y Minas se encuentran muy por debajo y en el caso del Arsénico no es detectado. Se cumple de este modo el objetivo buscado.

E. INSTRUMENTACIÓN

Las Presas de relave se diseñan sobre una base teórica y de experiencia. Estas se analizan para determinar su comportamiento teórico y se inspeccionan para asegurar que operen adecuadamente.

La medida y secuencia lógica real para garantizar el rendimiento operativo general de la presa de relaves es precisamente la instrumentación, la cual permite el monitoreo de los elementos críticos de la estructura para poder determinar su rendimiento bajo condiciones de rutina y críticas.

Los registros de comportamiento de rutina son necesarios para tener la línea base que sirva para analizar el comportamiento estructural de la presa de relaves.

Los diques modernos son actualmente bien instrumentados, especialmente en zonas sísmicas, existiendo para ello equipos de diverso tipo y fundamento operacional. Para el caso de Chinchán, según fue evaluado, solo se contaría con una instrumentación simple.

La instrumentación seleccionada permitiría un control sobre las zonas de drenaje y el comportamiento del dique en condiciones estáticas y evaluar así los efectos frente a fuertes movimientos sísmicos.

Recuperación y Puesta en Operación de los Piezómetros Neumático

Se ubicó los 09 terminales de piezómetros, según se tiene referencias, estos fueron instalados en 1990. No se logró tener documento alguno de las coordenadas exactas de su ubicación, sólo las cotas referenciales y una aproximación de su ubicación.

Sin embargo, se iniciaron con regularidad los monitoreos y esencialmente se pudo comprobar un descenso significativo de las lecturas, interpretándose estas como disminución del nivel freático. Los cuadros estadísticos son mostrados a continuación en las Tablas N° 42 y 43, y la figura N° 17 (datos de piezómetros), como se aprecia en ellos el nivel freático fue reducido gracias a la construcción del nuevo sistema de quenas y eliminación del vertedero antiguo, colocación de dispersores a la salida de los O/F para ayudar a la sedimentación de partículas y necesitando de un mínimo de estanque de decantación antes de eliminar el agua. De igual forma se realizaron 2 derivaciones menores adicionales de aguas de manantiales a la bocatoma Yuracocha aliviando el cauce de agua eliminado por la quena.

El tipo de piezómetro instalado y el equipo presurizado de control es como el que se muestra en las figuras N° 18 A y B.

Tabla N° 42
Monitoreo de Piezómetros - CHINCHAN

<i>Fecha</i>	<i>Piezómetro</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>
	P1	50,0	5,00		30,0	3,00		27,0	2,70
	P2	45,0	4,50		30,0	3,00		26,0	2,60
	P3	70,0	7,00		60,0	6,00		41,0	4,10
	P4	NP	0,00		NP	0,00		NP	0,00
20/11/1996	P5	45,0	4,50	03/03/1997	35,0	3,50	20/04/1998	32,0	3,20
	P6	55,0	5,50		40,0	4,00		35,0	3,50
	P7	NP	0,00		NP	0,00		NP	0,00
	P8	180,0	18,00		175,0	17,50		150,0	15,00
	P9	150,0	15,00		130,0	13,00		111,0	11,10

<i>Fecha</i>	<i>Piezómetro</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>
	P1	20,0	2,00		20,0	2,00		17,5	1,75
	P2	15,0	1,50		14,5	1,45		15,0	1,50
	P3	40,0	4,00		40,0	4,00		39,5	3,95
	P4	NP	0,00		NP	0,00		NP	0,00
30/08/1998	P5	22,0	2,20	16/11/1998	22,0	2,20	01/10/1998	22,0	2,20
	P6	25,0	2,50		24,5	2,45		24,5	2,45
	P7	NP	0,00		NP	0,00		NP	0,00
	P8	80,0	8,00		70,0	7,00		65,0	6,50
	P9	65,0	6,50		55,0	5,50		55,0	5,50

Tabla N° 43 - A
Monitoreo de Piezómetros - CHINCHAN

<i>Fecha</i>	<i>Piezómetro</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>
	P1	15,0	1,50		15,0	1,50		10,0	1,00
	P2	15,0	1,50		15,0	1,50		10,0	1,00
	P3	35,0	3,50		30,0	3,00		20,0	2,00
	P4	NP	0,00		NP	0,00		NP	0,00
17/10/1998	P5	20,0	2,00	14/05/1999	15,0	1,50	17/07/1999	10,0	1,00
	P6	20,0	2,00		20,0	2,00		15,0	1,50
	P7	NP	0,00		NP	0,00		NP	0,00
	P8	62,5	6,25		50,0	5,00		40,0	4,00
	P9	50,0	5,00		40,0	4,00		30,0	3,00

<i>Fecha</i>	<i>Piezómetro</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>
	P1	7,5	0,75		5,0	0,50		5,0	0,50
	P2	7,5	0,75		5,0	0,50		5,0	0,50
	P3	10,0	1,00		7,5	0,75		7,0	0,70
	P4	NP	0,00		NP	0,00		NP	0,00
21/08/1999	P5	7,5	0,75	18/10/1999	5,0	0,50	02/12/1999	5,0	0,50
	P6	10,0	1,00		5,0	0,50		5,0	0,50
	P7	NP	0,00		NP	0,00		NP	0,00
	P8	30,0	3,00		25,0	2,50		20,0	2,00
	P9	25,0	2,50		15,0	1,50		15,0	1,50

Tabla N° 43 - B
Monitoreo de Piezómetros - CHINCHAN

<i>Fecha</i>	<i>Piezómetro</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>	<i>Fecha</i>	<i>KPa</i>	<i>Altura de agua (mt)</i>
	P1	5,0	0,50		5,0	0,50
	P2	5,0	0,50		5,0	0,50
	P3	7,5	0,75		10,0	1,00
	P4	NP	0,00		NP	0,00
12/02/2000	P5	5,0	0,50	13/03/2000	5,0	0,50
	P6	5,0	0,50		5,0	0,50
	P7	NP	0,00		NP	0,00
	P8	20,0	2,00		25,0	2,50
	P9	20,0	2,00		20,0	2,00

Figura N° 17
VARIACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO - PRESA DE RELAVES CHINCHAN

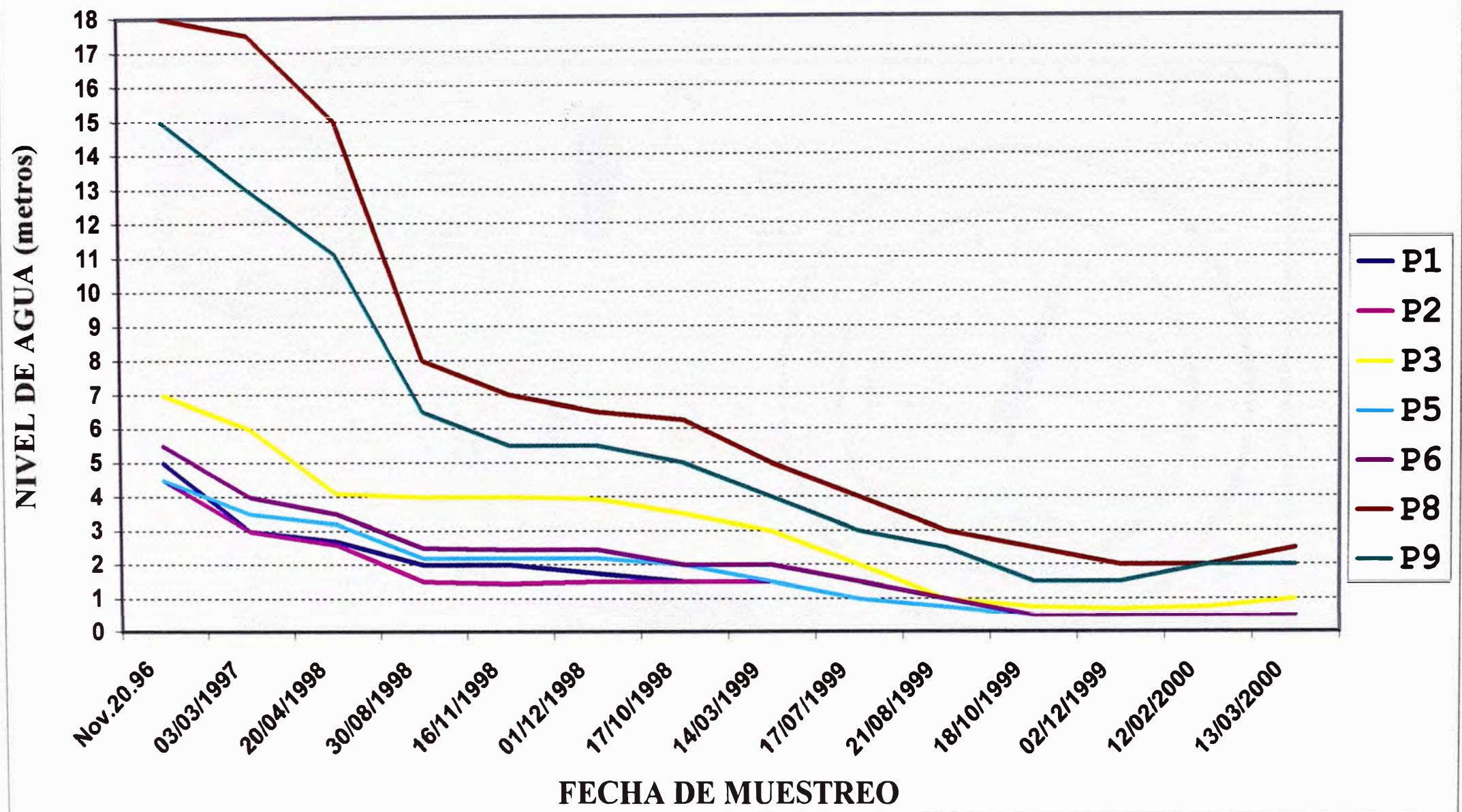


Figura N° 18-A Indicador Presurizado Neumático
Modelo PR - 20
Panel Frontal

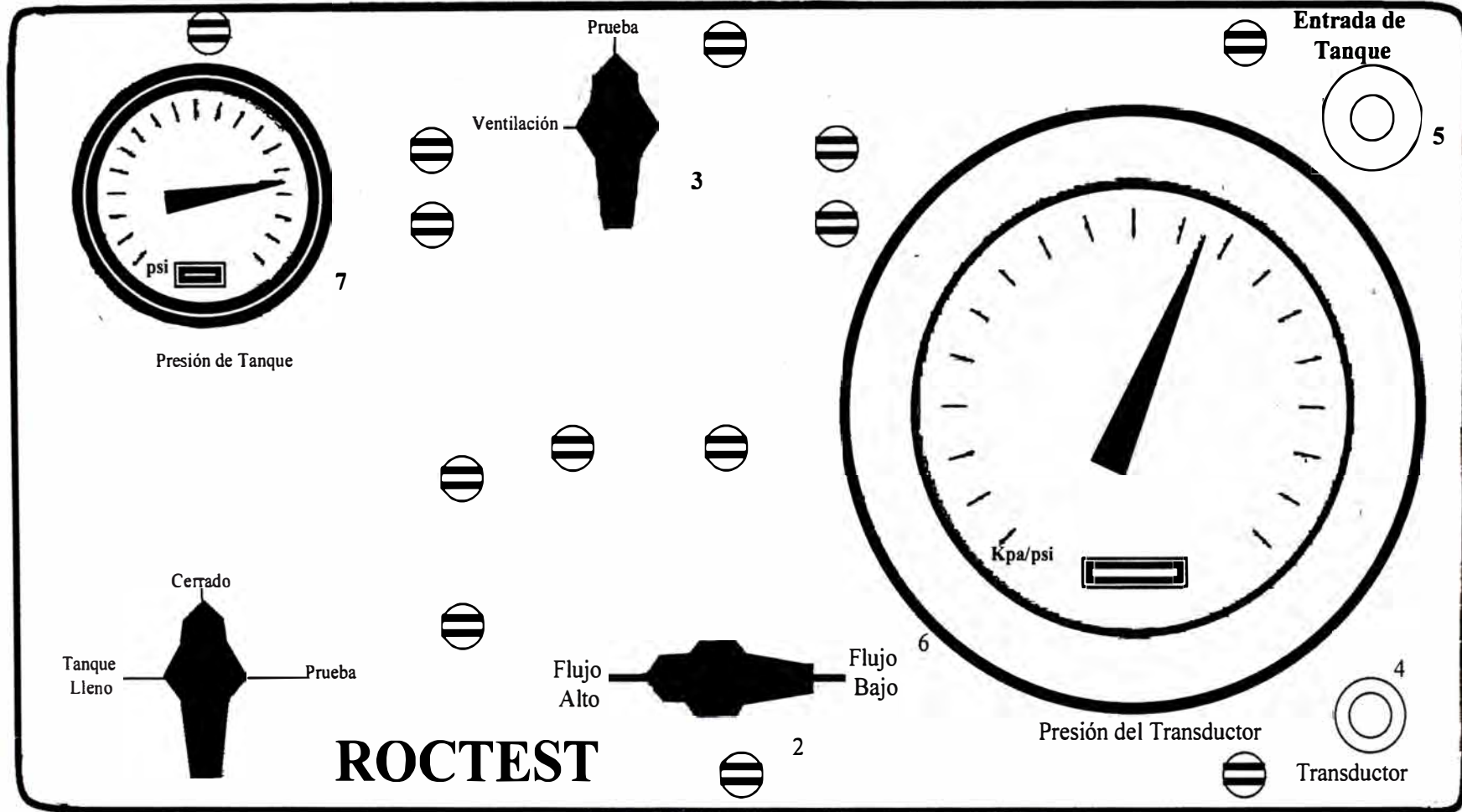
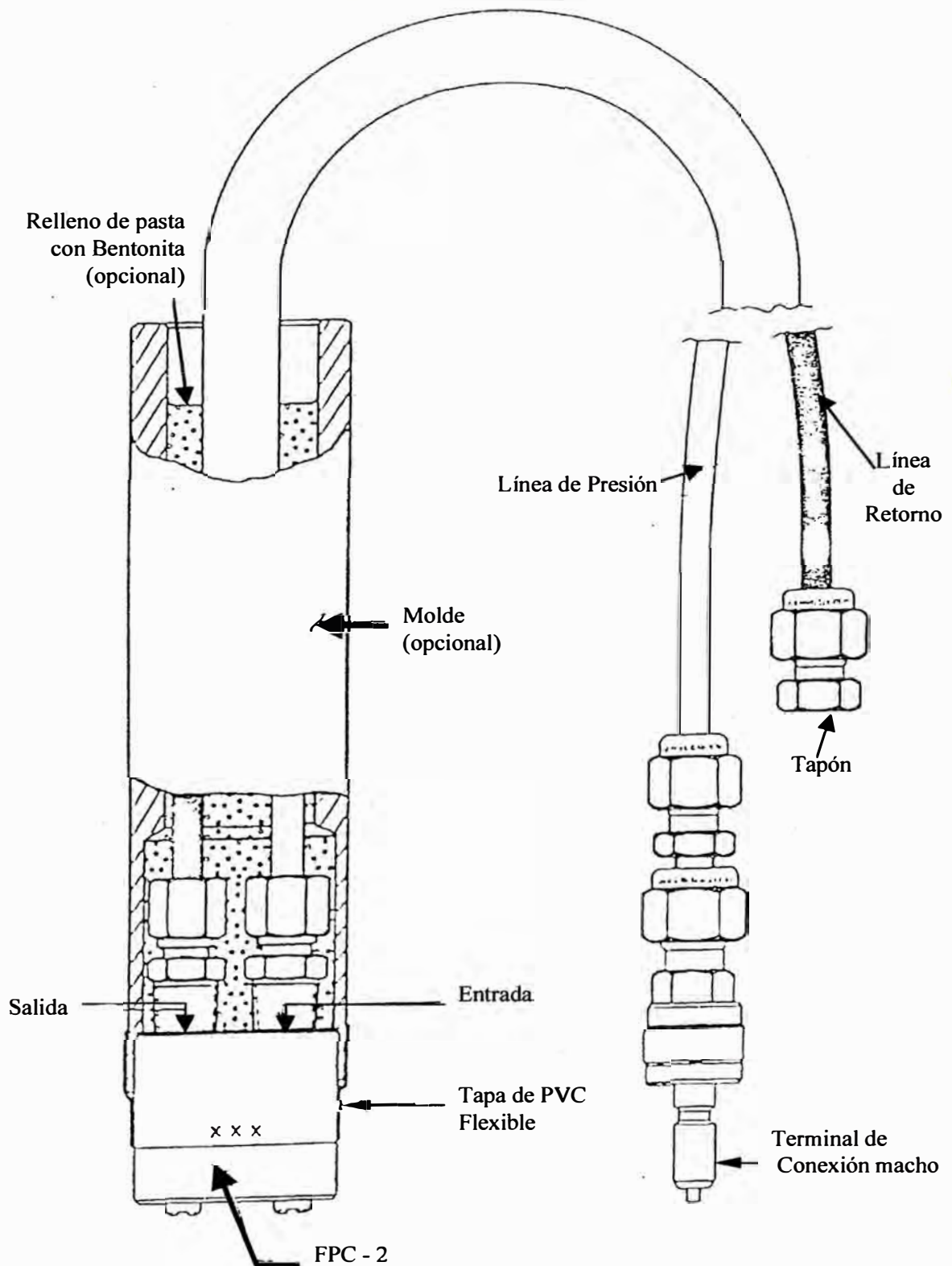


Figura N° 18-B



MODELO DE PIEZÓMETRO NEUMÁTICO INSTALADO EN LA PRESA DE RELAVES CHINCHÁN

Registros de Fuertes Movimientos

Instrumentos simples de registros para fuertes movimientos sísmicos localizados en los estribos y en la corona del borde libre del dique, serían ubicados para registrar cualquier movimiento que pueda afectar o dañar al dique y que de este modo se puedan tomar medidas preventivas oportunas.

La ubicación puede ser definida en varios lugares donde se estime necesario además de considerar los fines de investigación y generación de Data Histórica, preferentemente un equipo portátil para su maniobrabilidad.

Se espera medir eventos de movimientos menores que el sismo de diseño, información que serviría para evaluar la posible respuesta del dique para eventos de movimientos más fuertes y de esa manera verificar ó cuestionar nuestros análisis teóricos y suposiciones.

Control de Asentamientos

La presa de relaves como se construirá durante aproximadamente 35 años, es muy difícil de establecer una aproximación de “Bench-Marks”. Se recomienda la instalación de varios B.M. a partir de la próxima etapa de crecimiento, las cotas de los B.M. deberán nivelarse al instalarse y al ser removidos y después de cada movimiento sísmico.

Movimiento Horizontal

Esta medición es muy importante y será hecha localizando los B.M. vertical y horizontal.

Los movimientos horizontales pueden ocurrir si las tensiones en el dique se vuelven excesivas. Esto puede suceder si el talud es excesivamente empujado como cuando se encontró en el momento de la evaluación, si está muy húmedo, si no está compactado adecuadamente o debido a fuerzas de movimiento sísmico.

La toma de datos es simple y puede ser tomada de tiempo en tiempo, con los B.M. que están en ubicaciones conocidas. Es preferible la colocación de B.M. en cada etapa de construcción del dique.

Flujo de Filtración

El flujo de los drenes interiores será medido regularmente, se instalaron vertederos en los canales de esorrentía de estos.

Programa de Pruebas

Se debe ubicar y realizar controles permanentes de todos los instrumentos y estructuras de monitores instaladas para un análisis periódico en la construcción del dique, y las posibilidades de riesgo.

F. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN.

La evaluación generalizada de la producción de relaves, su distribución a Relleno hidráulico y el tonelaje real disponible para la construcción del Dique en la Presa de Chinchán son necesarias de conocer para un planteamiento o propuesta de mejora en la clasificación actual de tal modo que se cuente con la mejor calidad de clasificación en la presa como fuera diseñado originalmente.

Se efectúa el balance másico general de relaves (figuras N° 19 A y B) que permite evaluar las condiciones actuales de clasificación en la presa de relaves. Se recalca que el 43 % del relave total es enviado para relleno hidráulico previa clasificación (Tabla N° 44)

En la Tabla N° 45 se muestra el alimento al espesador, la descarga de este para luego ser bombeada a Chinchán, y en Chinchán los productos U/F y O/F de clasificación para la verificación de la calidad granulométrica actual luego de las primeras correcciones de trabajo realizadas. Para una certeza de la calidad granulométrica y verificar las primeras mejoras, se realizó un nuevo muestreo en el dique a no más de 50 cm (emplazado en enero del presente año).

Esta última se muestra en la tabla N° 46, donde además se aprecia que se a mantenido dentro de rangos aceptables el porcentaje de finos que en el mayor de los casos no supera del 17.5%. En comparación con el resultado obtenido del muestreo directo del Underflow del hidrociclón

en Chinchán este mantiene coherencia respecto a los resultados del último muestreo en el dique (Los resultados se muestran en la tabla N° 46). De acuerdo a los muestreos realizados inicialmente se especula etapas de gravedad en los que el porcentaje de finos, en uno de los muestreos, presenta hasta 76% de finos representando esto un claro descuido de operaciones en la Presa de relaves.

Finalmente se comprueba que para la construcción del dique se cuenta con un U_{43} necesitando aproximarnos al requerido en el diseño conceptual U_{60} .

Tabla N° 44

**OPERACION DEL RELLENO DE MINA
(horas de trabajo de bombas)**

DIAS	Setiembre - 1999		Octubre - 1999		Noviembre - 1999	
	Relleno	Chinchan	Relleno	Chinchan	Relleno	Chinchan
1	5.75	22.50	4.50	6.47	6.33	10.02
2	4.00	22.17	17.08	24.00	5.00	15.50
3	10.42	20.33	11.00	23.42	7.25	22.50
4	10.83	22.50	15.92	22.05	9.00	23.33
5	13.17	19.83	17.83	24.00	15.00	19.50
6	10.00	23.25	12.50	21.90	15.25	23.67
7	17.00	23.33	9.50	23.50	12.50	23.25
8	9.67	24.00	13.67	21.17	15.75	24.00
9	10.33	22.00		17.50	19.75	22.50
10	9.50	24.00	21.67	21.83	17.50	24.00
11	9.50	24.00	20.17	15.83	13.08	21.00
12	4.00	5.83	11.83	21.00	15.50	24.00
13	6.50	15.50	12.08	23.33	16.00	22.33
14	13.92	24.00	10.00	23.33	12.00	24.00
15	17.33	23.00	10.50	15.00	18.17	22.00
16	12.17	20.42	15.25	18.17	17.00	23.08
17	10.75	24.00	15.67	22.90	17.50	17.17
18	9.17	19.00	8.00	22.50	18.00	24.00
19	10.00	21.83	16.50	24.00	20.17	14.50
20	13.50	20.83	15.50	16.50	15.00	22.00
21	4.75	19.00	14.67	24.00	21.75	22.00
22	10.17	22.17	20.50	12.50	19.75	21.92
23	16.00	20.42	16.00	23.00	21.00	24.00
24	13.17	24.00	19.50	23.00	11.50	22.00
25	15.17	23.17	7.83	20.17	14.50	24.00
26	21.00	24.00	16.75	24.00	12.83	24.00
27	11.42	17.30	9.25	23.00	12.50	19.67
28	9.33	23.00	8.00	22.00	10.00	20.83
29	14.00	18.90	9.17	24.00	14.67	21.67
30	19.58	23.50	9.50	22.50	16.00	16.17
31			5.00	16.00		
Total	342.08	637.78	395.33	642.57	440.25	638.60
	53.64		61.52		68.94	
Promedio de (set. + oc.t + nov. - 1999)	=				1,177.7	1,919.0
% Promedio de operación de relleno h.	=				61.37	
TMSPH (total relave)	=				116	
% en TMSD de relave a Relleno Hidráulico	=				43	

Tabla N° 45

DATOS DE MUESTREO – RELAVES DE ESPESADOR A CHINCHAN

No.1	Malla	Alimento al Espesador de Relaves			Descarga del Espesador de Relaves			Overflow del Hidrociclón D15 - Chinchán			Underflow del Hidrociclón D15 - Chinchán		
		Peso (grs)	%Peso	%Acum (-)	Peso (grs)	%Peso	%Acum(-)	Peso (grs)	%Peso	%Acum (-)	Peso (grs)	%Peso	%Acum (-)
1	16	4.99	1.29	98.71	10.35	1.57	98.43	0.15	0.03	99.97	5.92	2.38	97.61
2	20	1.33	0.34	98.37	3.08	0.47	97.96	0.09	0.02	99.95	2.23	0.90	96.71
3	28	3.59	0.93	97.44	10.62	1.61	96.35	0.29	0.06	99.89	5.36	2.15	94.56
4	48	31.91	8.23	89.22	66.06	10.03	86.32	5.36	1.12	98.77	44.49	17.88	76.68
5	65	34.84	8.98	80.23	56.93	8.64	77.67	15.83	3.30	95.47	42.60	17.12	59.56
6	100	37.24	9.60	70.63	59.44	9.03	68.65	33.15	6.92	88.55	33.85	13.60	45.96
7	150	31.95	8.24	62.39	52.92	8.04	60.61	42.40	8.85	79.71	44.29	17.80	28.16
8	200	39.56	10.20	52.19	65.71	9.98	50.64	61.44	12.82	66.89	17.03	6.84	21.32
9	270	25.05	6.46	45.73	44.08	6.69	43.94	48.94	10.21	56.68	4.50	1.81	19.51
10	400	28.81	7.43	38.30	43.41	6.59	37.35	46.68	9.74	46.94	8.34	3.35	16.16
11	- 400	148.55	38.30	-	246.00	37.35	-	225.03	46.94	-	40.21	16.16	-
		387.82	100.00		658.60	100.00		479.36	100.00		248.83	100.00	

Figura N° 19 A

CIRCUITO DE RELAVE CON RELLENO HIDRÁULICO

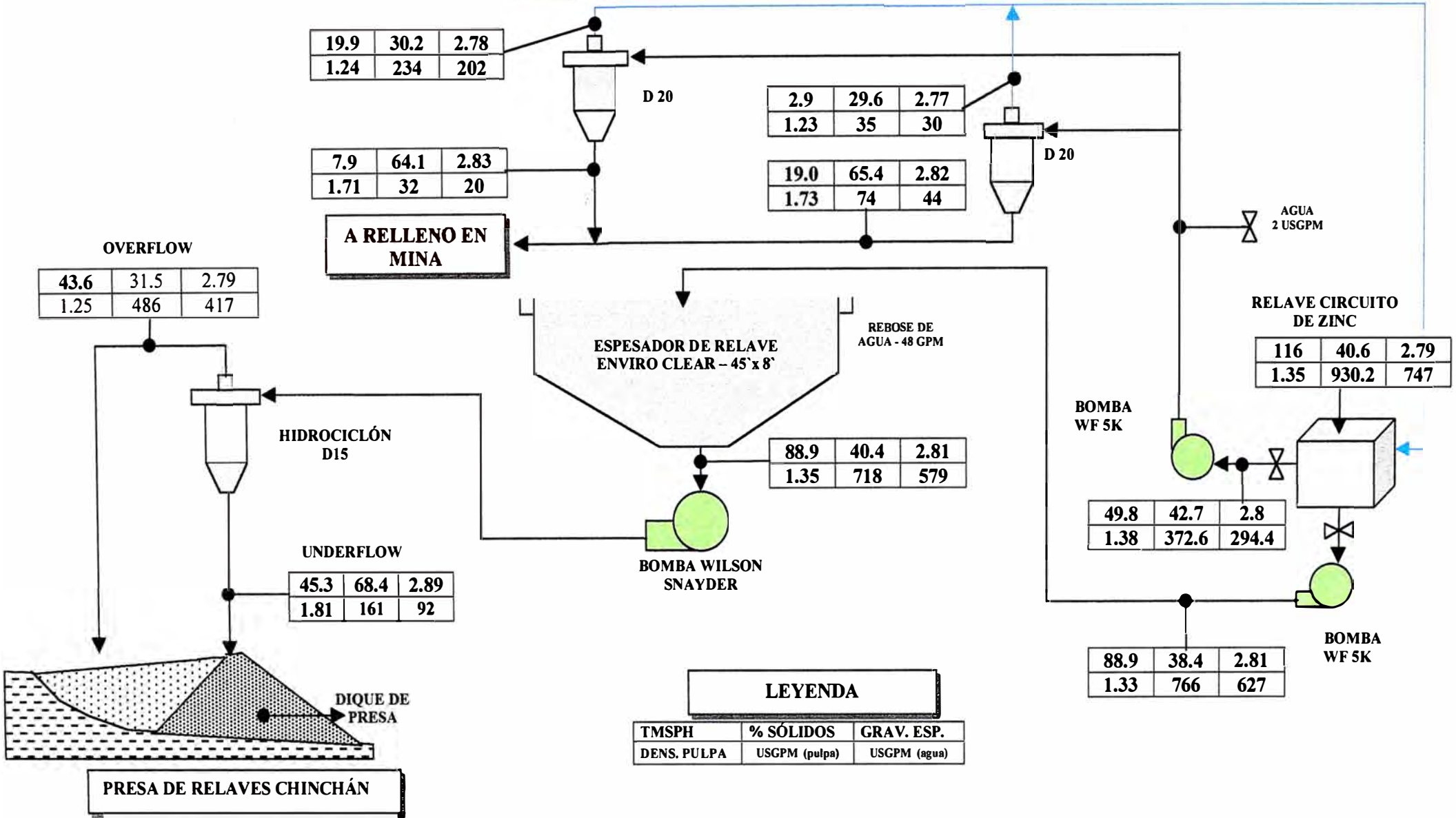


Figura N° 19 B

CIRCUITO DE RELAVE SIN RELLENO HIDRÁULICO.

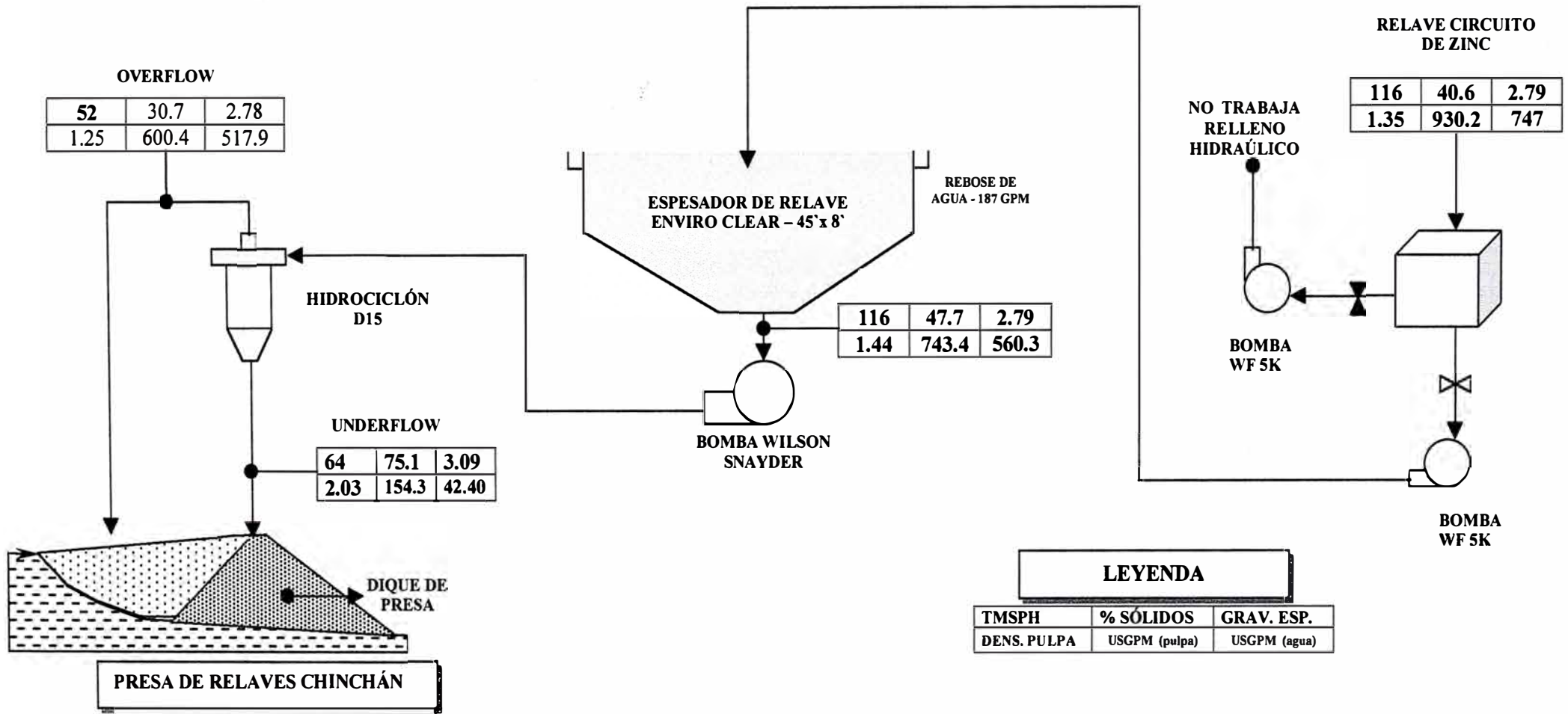


Tabla N° 46 – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MUESTRAS TOMADAS EN EL TALUD DEL DIQUE (Entre 10 cm a 45 cm) – Fecha 12-11-99

Malla	Abertura (micrones)	PUNTO 1			PUNTO 2			PUNTO 3			PUNTO 4		
		Peso	%peso	%Acum(-)	Peso	%peso	%Acum(-)	Peso	%peso	%Acum(-)	Peso	%peso	%Acum(-)
8	2380	0.11	0.01	99.99	0.79	0.10	99.90	1.09	0.14	99.86	0.39	0.05	99.95
10	2000	0.49	0.06	99.92	3.32	0.42	99.48	1.11	0.14	99.72	0.68	0.09	99.86
14	1410	5.95	0.75	99.17	15.77	1.99	97.49	4.65	0.59	99.14	1.33	0.17	99.70
16	1190	8.64	1.09	98.08	12.12	1.53	95.96	5.22	0.66	98.48	2.15	0.27	99.42
20	841	15.27	1.93	96.16	17.16	2.17	93.79	10.34	1.31	97.17	6.29	0.80	98.63
28	595	49.51	6.25	89.91	41.06	5.19	88.61	43.12	5.45	91.73	36.53	4.62	94.01
48	297	155.65	19.64	70.27	169.37	21.39	67.21	205.16	25.91	65.82	188.42	23.83	70.18
65	210	102	12.87	57.40	132.2	16.70	50.52	135.1	17.06	48.76	125.22	15.83	54.35
100	149	111.02	14.01	43.39	123.34	15.58	34.94	129.9	16.40	32.35	128.01	16.19	38.16
150	105	101.84	12.85	30.54	83.41	10.53	24.40	92.2	11.64	20.71	92.21	11.66	26.50
200	74	103.54	13.06	17.48	71.5	9.03	15.37	68.29	8.62	12.09	80.34	10.16	16.34
270	53	45.11	5.69	11.79	34.32	4.33	11.04	28.67	3.62	8.47	40.22	5.09	11.26
400	37	35.62	4.49	7.29	27.72	3.50	7.54	23.57	2.98	5.49	31.78	4.02	7.24
-400	-37	57.8	7.29	-	59.68	7.54	0.00	43.49	5.49	-	57.25	7.24	0.00
		792.55	100.00		791.76	100.00		791.91	100.00		790.82	100.00	
			-200 m	17.48		-200 m	15.37		-200 m	12.09		-200 m	16.34

Malla	Abertura (micrones)	PUNTO 5			PUNTO 6			PUNTO 7			PUNTO 8		
		Peso	%peso	%Acum(-)	Peso	%peso	%Acum(-)	Peso	%peso	%Acum(-)	Peso	%peso	%Acum(-)
8	2380	0.14	0.02	99.98	0.41	0.05	99.95	0.31	0.04	99.96	0.64	0.08	99.92
10	2000	0.36	0.05	99.94	0.32	0.04	99.91	0.43	0.05	99.91	3.07	0.39	99.53
14	1410	1.63	0.21	99.73	0.69	0.09	99.82	1.16	0.15	99.76	7.08	0.90	98.63
16	1190	3.28	0.41	99.32	1.16	0.15	99.67	1.36	0.17	99.59	5.66	0.72	97.92
20	841	8.75	1.10	98.22	3.72	0.47	99.21	3.12	0.39	99.20	8.03	1.02	96.90
28	595	41.03	5.16	93.06	36.81	4.64	94.56	21.42	2.70	96.50	25.54	3.23	93.67
48	297	211.33	26.59	66.47	209.29	26.41	68.15	176.01	22.19	74.31	186.17	23.56	70.11
65	210	142.76	17.96	48.51	130.06	16.41	51.74	133.87	16.88	57.43	145.79	18.45	51.67
100	149	129.9	16.34	32.17	117.87	14.87	36.87	136.92	17.26	40.17	121.82	15.41	36.25
150	105	87.4	11.00	21.17	97.5	12.30	24.57	103.5	13.05	27.12	84.48	10.69	25.56
200	74	70.89	8.92	12.26	86.02	10.85	13.71	90.3	11.38	15.74	80.25	10.15	15.41
270	53	28.56	3.59	8.66	35.37	4.46	9.25	41.87	5.28	10.46	36.18	4.58	10.83
400	37	22.62	2.85	5.82	27.04	3.41	5.84	29.45	3.71	6.75	27.8	3.52	7.31
-400	-37	46.25	5.82	-	46.26	5.84	-	53.54	6.75	0.00	57.81	7.31	0.00
		794.9	100.00		792.52	100.00		793.26	100.00		790.32	100.00	
			-200 m	12.26		-200 m	13.71		-200 m	15.74		-200 m	15.41

Conducción y Distribución de relave en la cresta del dique

- Se eliminó el inconveniente de contar con una línea tirada por el piso en el mismo borde libre.
- Se construyó una línea aérea de 420 m de longitud sobre castillos instalados cada 27 mt.
- Cada castillo cuenta con su instalación de fácil acoplado y desacoplado respectivo.
- Reparación e instalación de 5 hidrociclones más de tal modo que facilite mucho el avance homogéneo de distribución de relave.
- Instalación de dispersores a la salida de los O/F de los hidrociclones instalados.
- Habilitación de tendido de canales para la distribución de relaves en la base del dique.
- Entrenamiento al personal en manejo de relaves.

Clasificación de material de relave

De acuerdo a diseño se procuraría llegar al U_{60}/O_{40} , puesto que se necesita la proporción hasta llegar a contar con material suficiente para la construcción del dique.

Contar con una base de datos completa sirve para poder estimar el real porcentaje de material grueso para ser utilizado en la presa de relaves.

El balance másico de relaves general mostrado en las figuras N° 19-A y 19-B y las tablas N° 44 y 45. De estas se extrae que el 43 % de relave total es utilizado en el relleno hidráulico, siendo este la fracción más gruesa de relaves. En Chinchán la clasificación se podría calificar como buena dado que se tiene una recuperación del 50.95 % en el Underflow cuando trabaja en conjunto con el relleno en mina, y de una recuperación de 55.17 % en el Underflow cuando no trabaja relleno en mina versus el 33 % Underflow a fines de 1997.

Estos logros fueron gracias a las mejoras iniciales de arreglos en el sistema de distribución y clasificación de hidrociclones en Chinchán y sobre todo del entrenamiento impartido al personal que labora en la Presa de Relaves.

Adicionalmente se realiza un muestreo del dique donde recientemente fue depositado el material de relave grueso para verificar la efectividad de los primeros cambios efectuados,

estos se muestran en la tabla N° 46, efectuado en 8 puntos distribuidos en el talud del dique en los que se aprecia la mejor calidad de material grueso y un porcentaje casi sostenido de finos en promedio de **14.84 %** (en sondajes antiguos se encuentran hasta 70% de finos).

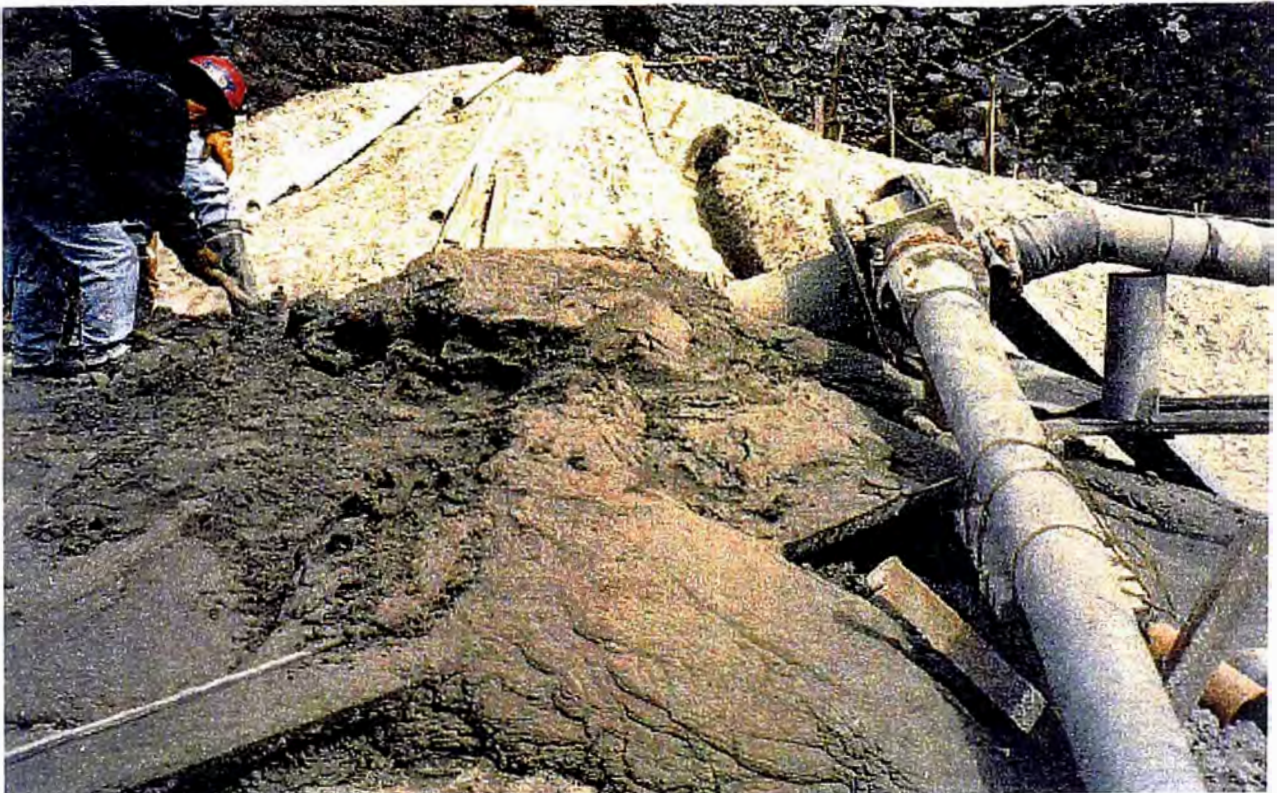
Bajo las condiciones actuales se tiene una recuperación del U_{53}/O_{47} , para alcanzar o llegar lo más próximo a la separación teórica de diseño, se realizaron pruebas bajo cambios de parámetros de operación, es necesario realizar un muestreo de un hidrociclón piloto con partes de operación conocidas y realizar los cambios necesarios para llegar al óptimo o ideal.

Esta solución resulta temporal puesto que luego de realizar el cambio definitivo de las nuevas bombas de impulsión Wirth, instalación de la nueva tubería de conducción, e inicios y mejora en la performance del sistema de relleno pasta, se tendría que realizar una nueva evaluación y posterior a cualquier otro cambio que se presente. A continuación se muestran las fotografías 24 A y B, respecto a la situación inicial y condiciones inapropiadas de trabajo observadas en 1997. Las fotografías 25 A y B muestran el estado de avance en la mejora del sistema de clasificación y distribución de relaves en la cresta del dique.

Sistema de clasificación en la presa de relaves - Antes (1,997)



Fotografía N° 24 A - No existe técnica alguna de clasificación y no tiene borde libre



Fotografía N° 24 B - Observase al hidrociclón sepultado

Sistema de clasificación y distribución de relave en Chinchán - Después (1,999)



Fotografía N° 25 A - Observase la nueva línea de conducción y el nuevo borde libre



Fotografía N° 25 B - Vista general del nuevo sistema de clasificación y borde libre

G. RETIRO DE MATERIAL ORGÁNICO DE LA BASE DEL DIQUE E IMPLEMENTACIÓN DE UN TERRAPLÉN FILTRANTE. RECUPERACIÓN Y PROLONGACIÓN DE LOS DRENES TIPO FRANCÉS UBICADOS EN LA BASE DEL DIQUE.

Parte importante del diseño de la presa de relaves fue el de remover el material limo arcilloso ubicado en la base del dique antes de su emplazamiento.

Luego de realizar los sondajes se pudo evaluar las zonas aproximadas de retiro de material orgánico y limo arcillosos altamente comprensibles. Esta se realizaría en dos etapas debido a la magnitud de volumen por remover. Como es particularidad de los depósitos de relaves tipo aguas abajo, el retiro se estaría realizando periódicamente a medida que avance el crecimiento de la presa como se observa en el plano N° 4 (anexo – 9.1.Planos), la explanada al frente y al pie del dique.

El material que constituiría el terraplén filtrante y que se aproxima al recomendado en el diseño original es el que se ubica en el lecho de los riachuelos cercanos. Actualmente se cuenta con material de desmonte minero el cual fue considerado conveniente puesto que se elimina un botadero de desmonte minero y se beneficia por contar con una gran fuente de material de préstamo para la mejora de la pendiente del dique, y por lo mismo, con la estabilidad de la presa de relaves.

Drenes tipo Francés

La base y diseño que se toma corresponde al diseño original de construcción de drenes, este se muestra a continuación en la figura N° 20, la presa de relaves cuenta con 07 drenes actualmente y dos tuberías de drenaje.

En las fotografías N° 26 A y B los trabajos de remoción de la turba orgánica y arcilla en la base del dique de contención. Así mismo se las fotografías N° 27 A y B los trabajos de instalación de los drenes tipo francés.

Retiro de Turba orgánica - Base del Dique de la Presa de relaves (1,998 - 1,999)



Fotografía N° 26 A - Retiro de la turba orgánica



Fotografía N° 26 B - Reemplazo con material filtro resistente

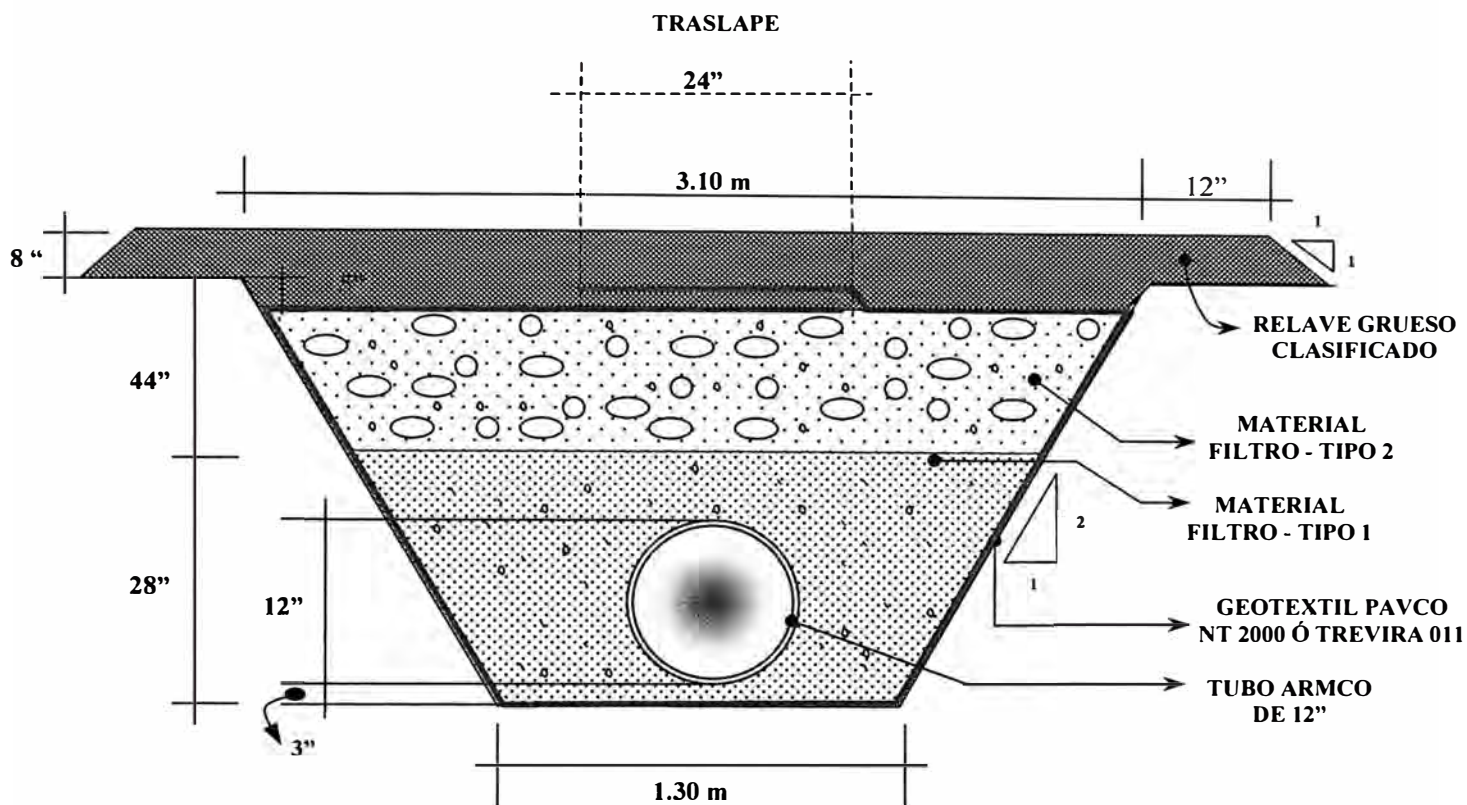
Recuperación y Prolongación de los drenes tipo Francés existente en la base del dique



Fotografía N° 27 A - Instalación de un dren interceptor en la base del dique



Fotografía N° 27 B - Prolongación de un dren colector en la base del dique



Material de filtro N° 1:		Material de filtro N° 2	
ABERTURA ESTÁNDAR ASTM	% PASANTE	ABERTURA ESTÁNDAR ASTM	% PASANTE
1"	90,0 - 100,0	6"	100
3/4"	70,0 - 95,0	3"	74,0 - 94,0
1/2"	35,0 - 70,0	2"	65,0 - 90,0
3/8"	25,0 - 60,0	1"	45,0 - 80,0
1/4"	10,0 - 48,0	1/2"	20,0 - 62,0
m4	07,0 - 40,0	1/4"	10,0 - 44,0
m8	05,0 - 25,0	m4	06,0 - 36,0
m10	04,0 - 22,0	m10	03,0 - 22,0
m16	0,0 - 15,0	m10 - m200	0,0 - 20,0

Figura N° 20

DISEÑO DE DRENES TIPO FRANCÉS
RECUPERACIÓN Y PROLONGACIÓN DE LOS DRENES INTERIORES
EN LA PRESA DE RELAVES CHINCHÁN

H. TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS PROVENIENTES DE LA PRESA DE RELAVES

En el desarrollo del marco ambientalista que se encuentra inmerso la Empresa Minera Yauliyacu S.A., se encuentra también el de tratamiento y acondicionamiento de los efluentes de la Presa de Relaves Chinchán para su disposición final, como cumplimiento de una de las metas fijadas en el Programa de Adecuación del Manejo Ambiental.

La calidad física y química de los efluentes de las canchas de Relaves Chinchán, recolectados de las informaciones de calidad de Laboratorio, han permitido conocer en forma preliminar la caracterización de los efluentes procedentes de la presa de relaves, los mismos que servirán para aplicar el tratamiento adecuado para su disposición final a las aguas del río Rimac.

La actualización de la calidad se realizó mediante muestreos puntuales, que en el caso de la Presa de Chinchán, se efectuaron del rebose de la cancha, de los afluentes en la parte alta de la cancha (agua limpia y termal), de los diferentes drenajes existentes y de un ojo de manantial.

Estas evaluaciones de calidad se realizaron a nivel de Laboratorio y los resultados se compararon con los Estándares de Emisión de Efluentes Líquidos Minero - Metalúrgicos contemplados en la R.M. 011-96- EM/VMM del 13 de Enero de 1996, como se mostrará en la tabla 47.

Tabla N° 47 : ESTANDARES DE EMISION TEMPORALES PARA OPERACIONES ANTIGUAS

PARAMETROS	CONCENTRACIONES mg/L	
	EN CUALQUIER MOMENTO	PROMEDIO ANUAL
pH unidades	Mayor que 5.5 y Menor que 10.50	Mayor que 5.5. y Menor que 10.50
SÓLID. EN SUSPENSIÓN	100	10.50
PLOMO (mg/l)	1	50
COBRE (mg/l)	2	0.5
ZINC (mg/l)	6	1
HIERRO (mg/l)	5	3
ARSENICO (mg/l)	1	2
CIANUROS TOTAL (mg/l)	2	0.5

El tratamiento y acondicionamiento a Nivel de Laboratorio, aplicando el proceso de sedimentación determinó la eficiencia de remoción necesaria para la óptima calidad de efluente a ser vertido en el curso del río Rimac.

Como objetivos a cumplir se mencionan los siguientes:

- Evaluar la calidad físico y química de los efluentes de la Presa de relaves Chinchán y efectuar el la propuesta de tratamiento, a fin de que estos efluentes cumplan con los Estándares de calidad establecidos en la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM de N.M.P. de Emisión de Efluentes Líquidos Minero – Metalúrgicos.
- Evaluar la calidad física y química de los efluentes - Rebose y drenajes de la Presa de Relaves Chinchán.
- Efectuar el tratamiento físico y químico necesario que permita el cumplimiento de los estándares de calidad fijados para Emisiones de Efluentes Líquidos Minero Metalúrgicos.
- Efectuar la determinación de los parámetros para el diseño básico de tratamiento.

Los puntos de muestreo con las coordenadas de ubicación son las siguientes :

Punto N° 1 - (P - 301) : Agua Industrial CHINCHAN

Coordenadas U.T.M. : 8717680/E-365720

Punto N° 2 - (P - 302) : Rebose de Cancha de Relaves CHINCHAN

Coordenadas U.T.M. : 8717650/E - 365550

Tabla N° 48: PRESA DE RELAVES CHINCHAN – CALIDAD DE AGUA INDUSTRIAL (P - 301)

AGUA INDUSTRIAL CHINCHAN (P - 301)						
LAB. YAULIYACU						
PARAMETROS	Abril	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre	Rango de Variación
pH unidades	8.60	6.50	7.90	8.60	8.60	6.50 - 8.60
Sólidos Totales mg/L	23	11	9	<1	6	<1 - 23
Plomo disuuelto mg/L	<0.01	0.05	0.08	0.05	0.12	<0.01 - 0.08
Cobre disuelto mg/L	0.01	0.03	0.01	0.01	-----	0.01 - 0.01
Zinc disuuelto mg/L	0.08	0.10	0.13	0.06	0.19	0.06 - 0.19
Hierro disuelto mg/L	0.17	0.15	0.02	0.22	0.25	0.02 - 0.25
Arsénico disuelto mg/L	0.01	<0.005	<0.005	0.005	<0.005	<0.005 - 0.010
Cianuro Total mg/L	-----	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02 - <0.02
Plata mg/L	<0.01	0.00	-----	<0.01	0.01	0.00 - <0.01
Conductividad us/cm	277	185	-----	-----	-----	185 - 277
Temperatura ° C	3.3	4.5	1.0	2	2	2 - 4.5
Coloración	Incoloro	Incoloro	-----	-----	-----	Incoloro
Caudal (m ³ /día)	2.392	2.320	2.200	2.315	2.227	2.200 - 2.392

Los datos o valores hallados en forma puntual se encuentran por debajo de los máximos permisibles establecidos en los Estándares de calidad para Efluentes Minero Metalúrgicos.

Es necesario indicar que las concentraciones de los metales se encuentran expresados a partir de su forma disuelta, requiriéndose evaluar la forma total presentada (disueltos y particulados)

Tabla N° 49 : PRESA DE RELAVES CHINCHÁN – CALIDAD DE EFLUENTES LÍQUIDOS (P – 302)

**AGUA DE DRENAJE CHINCHÁN (P - 302)
LAB. YAULIYACU**

PARAMETROS	Abril	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre	Rango de Variación
PH unidades	8.30	8.00	9.00	8.00	8.20	8.00 - 9.00
Sólidos Totales mg/L	29	23	109	6	10	6 - 109
Plomo disuelto mg/L	0.11	0.08	0.45	0.12	0.15	0.08 - 0.45
Cobre disuelto mg/L	0.05	0.04	0.09	0.06	-----	0.04 - 0.09
Zinc disuelto mg/L	0.27	0.28	0.56	0.24	0.30	0.24 - 0.56
Hierro disuelto mg/L	0.34	0.45	0.40	0.50	0.20	0.20 - 0.50
Arsénico disuelto mg/L	0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005 - 0.01
Cianuro Total mg/L	-----	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02 - <0.02
Plata mg/L	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01 - 0.01
Conductividad us/cm	670	640	-----	-----	-----	640 - 670
Temperatura °C	7.8	6.7	8	6	7	6 - 8
Coloración	Incoloro	Incoloro	-----	-----	-----	Incoloro
Caudal m ³ /día	5.020	4.815	4.750	4.634	4.739	4.634 - 5.020

Los valores registrados de los muestreos puntuales se encuentran por debajo de los máximos permisibles establecidos en los Estándares de calidad para Efluentes Minero Metalúrgicos.

Se observa que para el caso de plomo, se presenta concentraciones muy próximas al máximo permisible.

Igualmente, las concentraciones se encuentran expresadas en su forma disuelta para el caso de los metales.

Observaciones:

- Las concentraciones de los metales en su forma disuelta, se encuentra muy por debajo del valor máximo permisible de los estándares de calidad.
- Los valores de pH obtenidos en las muestras puntuales, se encuentran en el rango establecido por el LMP.
- La presencia de sólidos suspendidos, para algunos casos supera el valor máximo admisible, establecido en el estándar de calidad para Efluentes Minero Metalúrgicos.

Este comportamiento presentado da paso a implementar un sistema **de sedimentación por simple gravedad**, dado que los metales disueltos se mantienen por debajo de los límites permisibles y no requieren de tratamiento complejo alguno.

1. TRATAMIENTO QUIMICO PARA SIMPLE SEDIMENTACIÓN

En búsqueda del más óptimo tratamiento y/o acondicionamiento se realizó pruebas de para sedimentación, teniéndose en cuenta que los efluentes de Chinchán son efluentes de muy baja turbiedad, se utilizaron agentes químicos para ayudar a conseguir el objetivo esperado.

Tabla N° 50 Aplicación Optima: Cloruro Férrico /Floculante no iónico: N-300

Muestra: Agua de efluentes de la Presa Chinchán (P – 302)

Muestra	Agua de efluente Chinchán
FeCl ₃ (mg/l)	15
N-300 (mg/l)	0.2
Zn (mg/l) Total	0.320
Disuelto	0.016
Cu (mg/l) Total	<0.003
Disuelto	<0.003
Fe (mg/l) Total	2.114
Disuelto	0.212
CN (mg/l) Total	< 0.02
Disuelto	< 0.02
Pb (mg/l) Total	<0.010
Disuelto	<0.010

La dosis combinadas de cloruro férrico y floculante N-300 produjeron una mayor eficiencia de remoción de turbiedad, sin embargo se observa incremento en el contenido de hierro residual.

Diagnóstico para el Tratamiento de los efluentes de la Presa de Relaves Chinchán:

- La calidad física y química de los efluentes de la Presa de Relaves CHINCHAN es de calidad aceptable, de baja turbiedad y bajo contenido de metales, cumpliendo los Estándares para Efluentes líquidos minero metalúrgicos.
- Por el contenido de sólidos suspendidos, el tratamiento químico efectuado, si bien es cierto remueve parcialmente estas concentraciones, pero presenta como desventaja, la incorporación de metales no deseados en la calidad de los efluentes, en especial del fierro.
- Se concluye que para esta calidad de efluentes, no requiere tratamiento químico alguno, siendo necesario aplicar el tratamiento físico de Sedimentación.

- Se requiere por lo tanto para el Efluente de la Presa de Relaves de Chinchán, exclusivamente rebose de agua decantada, realizar el diseño de Unidades que permitan la sedimentación natural de la materia particulada, sin adición alguna de reactivos.

La característica más notoria mostrada por los efluentes para el caso de los provenientes de la Presa relaves de Chinchán, en los puntos de muestreo específicamente para los drenes N° 1 y 2, es la presencia de sólidos en suspensión en concentraciones que pudieran elevarse en un futuro.

Esta calidad de agua del efluente final correspondiente al punto P - 302, se puede mejorar con la sedimentación de las partículas en suspensión presentes contando o acondicionando unidades de mayor tiempo de retención, que cuenten a su vez con un simple ingreso que amorticen las turbulencias del efluente a estas unidades, así como también el acondicionamiento del sistema de evacuación o descarga del efluente tratado a las aguas del río evitando el arrastre de los sólidos sedimentados.

Dada las características mostradas por los efluentes de la Presa de Relaves Chinchán, la alternativa de tratamiento para su disposición final se simplifican en solo acondicionar reservorios denominados como “Decantadores” con capacidad de retención de 2 horas.

2. CRITERIOS DE DISEÑO

El objetivo principal del dimensionamiento de los Decantadores, es la eliminación de los sólidos en suspensión de los Efluentes de la Presa de Relaves Chinchán, lo que se conseguirá con la sedimentación por gravedad y decantación del efluente para su descarga final al río Rimac, cumpliendo los requisitos de calidad establecidos por la R.M. 011-96 EM / VMM.

La velocidad de ingreso del efluente en el Decantador, será lo suficientemente lenta y la distribución del caudal sea uniforme, por consiguiente tendrá velocidad uniforme.

Tomando en cuenta que el agua clarificada se encuentra en los niveles superiores, la evacuación de ésta se hará por medio de aliviaderos cuya carga sobre la cresta estén iguales o menores a los límites recomendados (menores a 0.20 mt).

Los Decantadores se deberán construir en terreno natural, una parte en excavación y otra en

Los Decantadores se deberán construir en terreno natural, una parte en excavación y otra en relleno, de forma que el material de excavación sea utilizado en el relleno de los terraplenes a fin de disminuir el costo de obra.

En la geometría de los Decantadores, se ha obviado en lo posible los ángulos, redondeándolos para evitar “zonas muertas” que produzcan sedimentaciones preferenciales.

Para el caso del efluentes de Chinchán, el caudal total estimado de los efluentes es de 75 litros/seg con un margen de seguridad del 15%, se ha considerado que la capacidad de las Unidades de Decantación sería de 25 l/s cada una, que permite ser operado de acuerdo a las necesidades, en forma parcial o total, permitiendo el mantenimiento y operación de los decantadores en forma alterna, sin interrupción del sistema.

3. UBICACIÓN DE LAS POZAS DE DECANTACION

La ubicación propuesta de las pozas de decantación, se encuentra en el terreno donde se ubicó un campamento antiguo abandonado, estimándose una área disponible de 3750 m², conformado por un terreno en su mayoría plano, fuera de las líneas de cruce del tren y carretera – acceso vehicular a la Presa de relaves, así como próximo al curso de las aguas de manantiales que son conducidas al río Rimac.

Para la construcción de estas pozas de decantación, será necesario la excavación en el terreno natural, y utilizar para los terraplenes el material extraído y probablemente otros de la zona, que por estudios de suelos efectuado para la Presa de relaves de Chinchán próxima, en su mayoría es suelo gravoso arcilloso, ofreciendo cierto grado de permeabilidad de la zona.

Parámetros Hidráulicos de diseño

Para el diseño de las pozas de decantación se ha optado por el tipo de flujo horizontal, considerándose el tiempo de retención de 2 horas.

Carga hidráulica	C_H	=	Q / A
Tiempo de retención	T_r	=	V / Q

Caudal total de efluente

para el Diseño $Q = 75 \text{ l/s} = 0.075 \text{ m}^3/\text{s}$

Número de Decantadores = **03 unidades**

Capacidad de cada Decantador (q_u) = **25 l/s = 0.025 m³/s**

Donde

C_H : Carga hidráulica ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$)

A : Superficie (área) horizontal del Decantador en m^2

T_r : Tiempo de retención (2 h)

V : Volumen de la poza de decantación (m^3)

Q_s : Carga superficial ($20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$)

v_{sc} : Velocidad de sedimentación = 0.023 cm/s

Volumen de la unidad de Decantación

$$V = q_u \times T_r$$

$$V = 0.025 \text{ m}^3/\text{s} \times 2 \text{ hr} \times 3,600 \text{ seg/hr}$$

$$V = 180 \text{ m}^3$$

Superficie de Sedimentación (S_s)

$$S_s = q_u / Q_s$$

$$S_s = [(0.025 \text{ m}^3 / \text{seg}) / (20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia})] \times 86,400 \text{ seg/dia}$$

$$S_s = 108 \text{ m}^2$$

Profundidad del Decantador (H)

$$H = V / S_s$$

$$H = 180 \text{ m}^3 / 108 \text{ m}^2$$

$$H = 1.7 \text{ m}$$

Longitud del Decantador (L)

La sección será rectangular, cuya relación entre ancho (b) y el largo (L) será:

$$\begin{aligned} S_s &= L \times b = \frac{L}{2b} \times b^2 = 2b^2 \\ b &= (S_s/2)^{1/2} \\ b &= (108/2)^{1/2} \\ b &= 7.5 \text{ mt} \\ L &= 15 \text{ mt} \end{aligned}$$

Considerando un factor de seguridad de $f = (2)^{1/2} = 1.41$

y manteniendo el mismo ancho ($b = 7.5 \text{ m}$) se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Longitud final} &: L' = 1.41 \times 15 = 21.15 \text{ m} \\ \text{Profundidad final} &: H' = 1.41 \times 1.7 = 2.40 \text{ m} \end{aligned}$$

Borde libre: Se considera un borde libre de 0.60 mt, la altura total del decantador será de 3mt.

Pendiente de fondo (p):

$$\begin{aligned} p &= H' / L' \\ p &= 2.40 \text{ m} / 21.15 \text{ m} \\ p &= 0.1134 \text{ ó } 11.34 \% \end{aligned}$$

4. COSTO ESTIMADO DE OBRAS

El costo estimado para las obras de habilitación de terreno y obras civiles se muestra en la tabla N° 51.

Tabla N° 51

Costos Para la Construcción de las Pozas de Decantación – Presa de Relaves Chinchán

Moneda : Dolares Americanos

Fecha: Junio 1999

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES				
	1.1. Campamento	m2	25	100	2500
	1.2. Replanteo	Estudio		1500	1500
2.0	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
	2.1. Excavación de material suelto	m3	1,398	6.2	8,667.6
	2.2. Relleno compactado con material de préstamo		1,931	3.3	6,372.3
	2.3. Relleno con material granular o Arena	m3	16	27.5	440
	2.4. Relleno con material de préstamo	m3	533	6.5	3,464.5
3.0	OBRAS DE CONCRETO				
	3.1. Concreto f'c 100 Kg/cm2	m3	21.0	52.9	1,110
	3.2. Concreto f'c 210 Kg/cm2 (cimentación)	m3	100	100.8	10,080
	3.3. Concreto f'c de 175 Kg/cm2	m3	51	61.7	3,146.7
	3.4. Acero f'c 4200 Kg/cm2	m3	3,125	1.26	3,937.5
	3.5. Encofrados	m2	704	12.6	8,870.4
4.0	TUBERIAS				
	4.1. Tuberías de PVC 8", 5Kg/cm2 presión de trabajo	MI	230	34.2	7,866.0
	4.2. Tuberías de PVC 10", 5Kg/cm2 presión de trabajo	MI	170	53.3	9,061.0
	4.3. Tuberías de PVC 6", 5Kg/cm2 presión de trabajo	MI	35	20.2	707.0
	4.4. Accesorio de tuberías (codos)	unid.	8	471.0	3,768.0
5.0	COMPUERTAS METALICAS DESLIZANTES				
	5.1. Compuerta deslizante de 0.4 x 0.4 con isaje.	m2	01	400	400
SUB- TOTAL 1					74,611.50
GASTOS GENERALES Y UTILIDADES 20%					14922.30
SUB- TOTAL 2					89,533.80
IMPUESTOS DE LEY (18% I.G.V.)					16,116.08
TOTAL (DOLARES AMERICANOS)					105,649.88

h. CONSIDERACIONES FINALES

El efluente de esta Planta de Sedimentación, podemos afirmar que, si se mantiene las condiciones de operación actual, mantendrían la calidad afirmada la cual está por debajo de los límites permisibles.

Sin embargo el contenido de elementos metálicos podría incrementarse. Este hecho planteó la siguiente alternativa.

La toma de agua industrial muy cercana a la Presa de relaves Chinchán conduce las aguas de las quebradas Yuracocha y Antajasha por medio de tuberías de concreto hasta un sedimentador y desde este punto es trasladado hasta la Planta Concentradora (como se puede ver en el Plano N° 4 – anexo 9.1.Planos).

La salida del efluente de la Planta de sedimentación se encuentra cercana a la estructura de sedimentación de agua industrial y a un desnivel aceptable, este efluente podría ser ingresado a dicha derivación y ser recirculada a Planta Concentradora permitiendo sólo el ingreso necesario de agua de las quebradas para compensar la demanda de Planta.

De este modo se contaría con una mitigación integral del efluente de la Presa de Relaves a la vez que se contaría con una fuente más de agua industrial, dado que época de estío el agua de las quebradas no logra abastecer por momentos a la demanda de Planta Concentradora.

Para tal efecto se planteó pruebas de flotación con las mezclas de agua del efluente de aguas decantadas (planta de decantación del efluente de la presa de relaves) y el agua industrial (provenientes de las quebradas Yuracocha y Antajasha).

Las pruebas a nivel industrial se realizarían en épocas de estío cuando la concentración de elementos metálicos disueltos es mayor y exista mayor demanda de agua en Planta Concentradora.

Los resultados de las pruebas se muestran a continuación:

Tabla N° 52 A

MINERAL DE LA FAJA 7 (Del 13, 14, 16 de diciembre de 1999)

PRUEBAS METALURGICAS CON MINERAL NORMAL Y MEZCLA DE AGUA INDUSTRIAL CON AGUA DEL DRENAJE DE LA PRESA DE RELAVES CHINCHAN

Drenajes Interiores – Chinchán (pH =7.69)

**PRUEBA No. 1 -Flotación estándar
Agua Industrial – 100 %**

NOMBRE	ANÁLISIS QUÍMICO						CONTENIDO METALICO FINO				DISTRIBUCIÓN %					
	% Peso	% Zn	% Pb	% Cu	oz/TM Ag	% Fe	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO
Rougher .	7.46	15.2	13.01	2.59	43.36	12.45	1.13	0.97	0.19	323.3	0.93	33.02	84.34	78.98	82.40	15.37
Scav.	6.26	8.88	0.81	0.27	3.45	26.26	0.56	0.05	0.02	21.6	1.64	16.19	4.41	6.91	5.50	27.21
Relave	86.28	2.02	0.15	0.04	0.55	4.02	1.74	0.13	0.03	47.5	3.47	50.78	11.25	14.11	12.09	57.42
Cab. Calc.	100	3.43	1.15	0.24	3.92	6.04	3.43	1.15	0.24	392.4	6.04	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Cab. Ens.	100	3.70	1.31	0.26	4.01	6.29										

PRUEBA No. 2 – Flotación estándar

Agua de Drenajes – Chinchán (100%)

NOMBRE	ANÁLISIS QUÍMICO						CONTENIDO METALICO FINO				DISTRIBUCIÓN %					
	% Peso	% Zn	% Pb	% Cu	oz/TM Ag	% Fe	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO
Rougher.	13.57	12.35	9.73	1.71	26.71	15.68	1.68	1.32	0.23	362.4	2.13	44.45	88.87	83.08	87.64	32.50
Scav.	7.93	7.9	0.6	0.2	2.19	30.49	0.63	0.05	0.02	17.4	2.42	16.61	3.20	5.68	4.20	36.92
Relave	78.51	1.87	0.15	0.04	0.43	2.55	1.47	0.12	0.03	33.8	2.00	38.94	7.93	11.24	8.16	30.58
Cab. Calc.	100	3.77	1.49	0.28	4.14	6.55	3.77	1.49	0.28	413.5	6.55	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Cab. Ens.	100	3.51	1.23	0.25	3.95	6.18										
		2.85	3.28	0.88	16.65	-3.23	-0.54	-0.35	-0.04	-39.08	-1.20	-11.42	-4.53	-4.10	-5.24	

Tabla N° 52 B

PRUEBA No. 3 – Flotación estándar

50% Agua Industrial + 50% de agua de Drenajes – Chinchán

		ANÁLISIS QUÍMICO					CONTENIDO METALICO FINO					DISTRIBUCIÓN %				
NOMBRE	% Peso	% Zn	% Pb	% Cu	oz/TM Ag	% Fe	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO
Rougher	19.41	11.01	6.22	1.2	18.56	21.09	2.14	1.21	0.23	360.2	4.09	55.49	89.00	86.95	88.20	67.92
Scav.	5.68	8.16	0.78	0.22	2.82	16.38	0.46	0.04	0.01	16.0	0.93	12.02	3.26	4.66	3.92	15.42
Relave	74.92	1.67	0.14	0.03	0.43	1.34	1.25	0.10	0.02	32.2	1.00	32.49	7.73	8.39	7.89	16.66
Cab.Calc.	100	3.85	1.36	0.27	4.08	6.03	3.85	1.36	0.27	408.5	6.03	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Cab. Ens.	100	3.51	1.23	0.25	3.95	6.18										
		4.19	6.79	1.39	24.80		-1.00	-0.24	-0.04	-36.90	-3.17	-22.46	-4.66	-7.97	-5.79	

PRUEBA No. 4 – Flotación estándar

75% Agua Industrial + 25% de agua de Drenajes - Chinchán

		ANÁLISIS QUÍMICO					CONTENIDO METALICO FINO					DISTRIBUCIÓN %				
NOMBRE	% Peso	% Zn	% Pb	% Cu	oz/TM Ag	% Fe	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO
Rougher.	12.88	13.88	9.03	1.77	27.03	14.25	1.79	1.16	0.23	348.1	1.83	47.19	87.59	83.31	84.00	28.86
Scav.	8.31	6.71	0.56	0.17	2.19	28.90	0.56	0.05	0.01	18.2	2.40	14.73	3.51	5.17	4.39	37.79
Relave	78.81	1.83	0.15	0.04	0.61	2.69	1.44	0.12	0.03	48.1	2.12	38.08	8.90	11.52	11.60	33.34
Cab.Calc.	100	3.79	1.33	0.27	4.14	6.36	3.79	1.33	0.27	414.3	6.36	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Cab. Ens.	100	3.51	1.23	0.25	3.95	6.18										
		1.32	3.98	0.82	16.33		-0.65	-0.19	-0.03	-24.72	-0.91	-14.17	-3.25	-4.33	-1.60	

Tabla N° 52 C

PRUEBA No. 5 .-Flotación estándar

90% Agua Industrial + 10% de agua de Drenaje – Chinchán

ANÁLISIS QUÍMICO							CONTENIDO METALICO FINO					DISTRIBUCIÓN %				
NOMBRE	% Peso	% Zn	% Pb	% Cu	oz/TM Ag	% Fe	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO
Rougher.	12.98	12.43	8.53	1.64	24.75	13.72	1.61	1.11	0.21	321.3	1.78	43.96	87.72	82.55	85.98	28.65
Scav.	8.50	7.29	0.53	0.16	2.19	28.99	0.62	0.05	0.01	18.6	2.47	16.89	3.57	5.28	4.98	39.65
Relave	78.52	1.83	0.14	0.04	0.43	2.51	1.44	0.11	0.03	33.8	1.97	39.15	8.71	12.18	9.03	31.70
Cab. Calc.	100	3.67	1.26	0.26	3.74	6.22	3.67	1.26	0.26	373.7	6.22	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Can Ens.	100	3.51	1.23	0.25	3.95	6.18										
		2.77	4.48	0.95	18.61		-0.48	-0.14	-0.02	2.04	-0.85	-10.94	-3.38	-3.57	-3.58	

PRUEBA No. 6 .-Flotación estándar

95% Agua Industrial + 5% de agua de Drenajes – Chinchán

ANÁLISIS QUÍMICO							CONTENIDO METALICO FINO					DISTRIBUCIÓN %				
NOMBRE	% Peso	% Zn	% Pb	% Cu	oz/TM Ag	% Fe	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO
Rougher.	14.10	12.35	7.83	1.55	25.08	11.66	1.74	1.10	0.22	353.6	1.64	47.52	88.47	83.12	87.04	25.02
Scav.	7.15	6.52	0.58	0.18	2.19	24.18	0.47	0.04	0.01	15.7	1.73	12.73	3.33	4.90	3.86	26.33
Relave	78.74	1.85	0.13	0.04	0.47	4.06	1.46	0.10	0.03	37.0	3.20	39.75	8.20	11.98	9.11	48.65
Cab. Calc.	100	3.66	1.25	0.26	4.06	6.57	3.66	1.25	0.26	406.3	6.57	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Cab. Ens.	100	3.51	1.23	0.25	3.95	6.18										
		2.85	5.18	1.04	18.28		-0.61	-0.13	-0.03	-30.31	-0.72	-14.49	-4.13	-4.15	-4.63	

Tabla N° 52 D

RESÚMEN – MEZCLA DE AGUA INDUSTRIAL Y EL EFLUENTE DE LA PRESA DE RELAVES CHINCHÁN

% Agua Industrial	ANÁLISIS QUÍMICO					CONTENIDO METALICO FINO						DISTRIBUCIÓN %			
	% Zn	% Pb	% Cu	oz/TM Ag	% Fe	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO	ZINC	PLOMO	COBRE	PLATA	FIERRO
100	12.35	9.73	1.71	26.71	15.68	1.68	1.32	0.23	362.41	2.13	44.45	88.87	83.08	87.64	32.50
50	11.01	6.22	1.20	18.56	21.09	2.14	1.21	0.23	360.24	4.09	55.49	89.00	86.95	88.20	67.92
25	13.88	9.03	1.77	27.03	14.25	1.79	1.16	0.23	348.06	1.83	47.19	87.59	83.31	84.00	28.86
10	12.43	8.53	1.64	24.75	13.72	1.61	1.11	0.21	321.29	1.78	43.96	87.72	82.55	85.98	28.65
5	12.35	7.83	1.55	25.08	11.66	1.74	1.10	0.22	353.64	1.64	47.52	88.47	83.12	87.04	25.02
0	15.20	13.01	2.59	43.36	12.45	1.13	0.97	0.19	323.36	0.93	33.02	84.34	78.98	82.40	15.37

La variación de agua de las muestras tomadas fueron de 100%, 50%, 25%, 10% y 5% y completada al 100% con agua industrial como se pudo observar, simulando las diferentes etapas de estio a la que es sometida la Zona involucrada. De los resultados obtenidos se puede comentar lo siguiente:

- ***FLOTACION ESTANDAR CON 100% DE AGUA DE DRENAJE DE CHINCHAN***

- a) Disminución en el grado de plomo en 3.28%, cobre en 0.88%, plata en 16.65 Oz/TMS y en zinc en 2.85% (activación).
- b) Mejora en la recuperación de plomo en 4.53%, en cobre en 4.10%, en plata en 5.24% y en zinc en 11.42% (activación).

- ***FLOTACION ESTANDAR CON 50% DE AGUA DE DRENAJE DE CHINCHAN***

- a) Disminución en el grado de plomo en 6.79%, cobre en 1.39%, y plata en 24.80 Oz/TMS y en zinc en 4.80% (activación).
- b) Incremento en recuperación de plomo en 4.66%, de cobre en 7.97, de plata en 5.79% y zinc en 22.46% (activación).

- ***FLOTACION ESTANDAR CON 75% DE AGUA DE DRENAJE DE CHINCHAN***

- a) Disminución en el grado de plomo en 3.98%, cobre en 0.82%, y plata en 16.33 Oz/TMS y en zinc en 1.32% (activación).
- b) Incremento en recuperación de plomo en 3.25%, cobre en 4.33%, plata en 1.60%, y en zinc en 14.17% (activación).

- ***FLOTACION ESTANDAR CON 90% DE AGUA DE DRENAJE DE CHINCHAN***

- a) Disminución en el grado de plomo en 4.48%, cobre en 0.95%, plata en 18.61 Oz/TMS y en la activación de zinc en 2.77%.
- b) Incremento en recuperación de plomo en 3.38%, cobre en 3.57%, plata en 3.58%, y en la activación de zinc en 10.94%.

- ***FLOTACION ESTANDAR CON 95% DE AGUA DE DRENAJE DE CHINCHAN***

- a) Disminución en el grado de plomo en 5.18%, cobre en 1.04%, plata en 18.28 Oz/TMS y en la activación de zinc en 2.85%.
- b) Incremento en recuperación de plomo en 4.13%, cobre en 4.15%, plata en 4.63%, y en la activación de zinc en 14.49%.

Conclusiones respecto a las pruebas realizadas:

- Existe un incremento notorio en la activación de zinc hasta en un 22.46% en distribución y acompañado en una mejora en la recuperación de plomo hasta 4.66%, cobre hasta en 7.97% y plata hasta en 5.79%.
- Los grados de plomo, cobre y plata sufren variaciones principalmente por el efecto de la activación de zinc y que podría ser compensado con incrementos de depresores como bisulfito de sodio y sulfato de zinc.
- El agua de drenaje de Chinchán de los puntos P-1 a P-9 puede ser utilizado en la Planta Concentradora en cualquier proporción para evaluar el efecto a nivel industrial ya que su efecto no es nocivo a nivel de laboratorio.
- De utilizarse esta agua como agua Industrial se debe enviar los flujos de agua que se encuentra cerca del dique (Sedimentador de agua industrial).
- Para realizar las pruebas a nivel industrial se tomaría mayor interés a la mezcla ocurrida en las épocas de estio. Las pruebas de 50% y 40% de mezcla para el flujo de drenajes, muestran una aproximación a la demanda antes indicada dando buenos resultados.

I. CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE RELAVES CHINCHAN - BASADO AL DISEÑO ORIGINAL

Parte de los problemas presentados en el manejo y construcción de la Presa de Relaves se debía al desconocimiento y complicado concepto que implica este.

Parte clave y fundamental de una relavera cualesquiera que sea el tipo de construcción, es el personal que opera en esta. Los comúnmente llamados relaveros, personal obrero. No existe error alguno en afirmar que es este el problema básico por donde se debe comenzar.

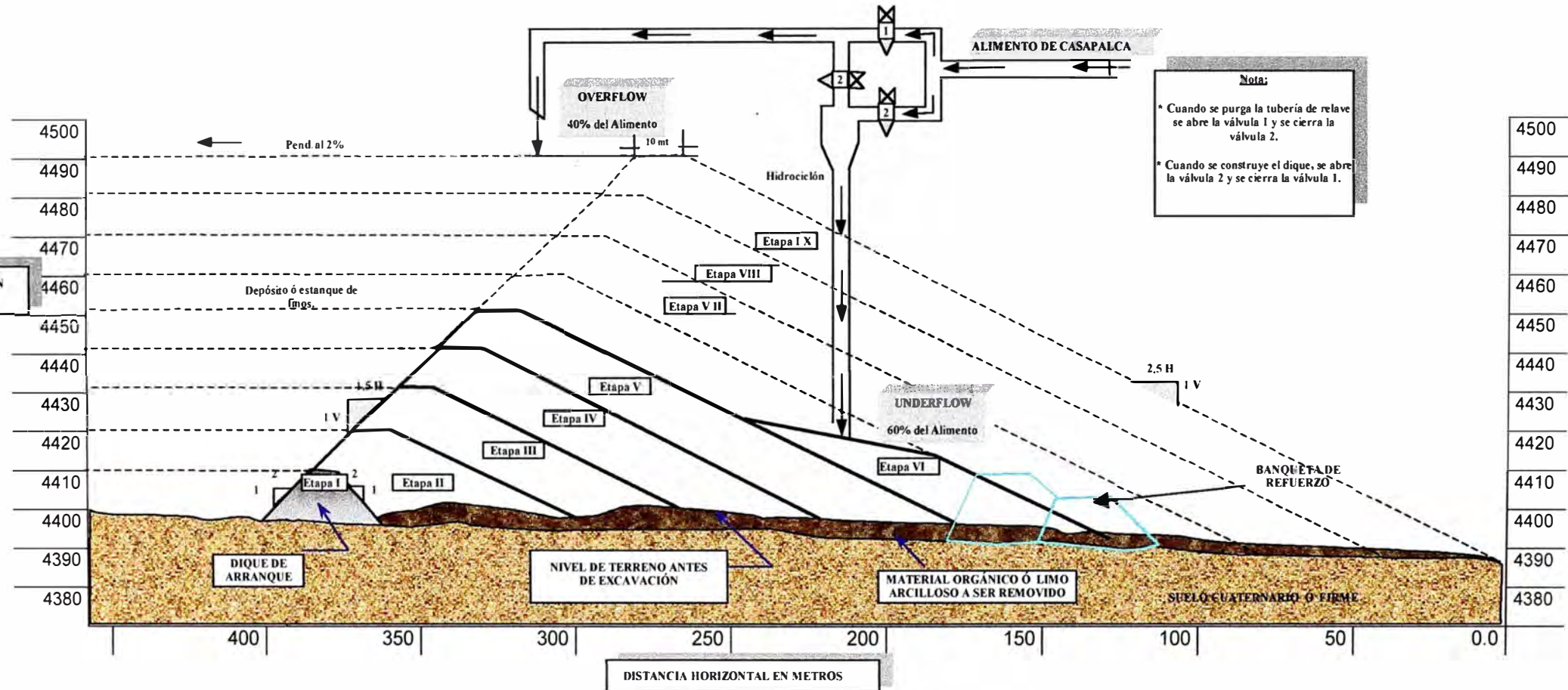
Un objetivo de nuestra gestión fue la de realizar una recopilación de información necesaria que permita retomar el concepto teórico de diseño original, dado que luego de la transferencia administrativa no se contaba con suficiente información sobre las presas de relave.

Gracias a los estudios e investigaciones realizadas podemos contar con un perfil de construcción, control y mitigaciones necesarias para garantizar su estabilidad ambiental y de seguridad requeridos.

Se confecciona un primer corte longitudinal del dique de la Presa hasta su etapa final de construcción. Esta se muestra esquemáticamente en la figura N° 21 y en una primera vista topográfica en la figura N° 22.

OPERACIONES EN LA PRESA DE RELAVES CHINCHAN

Pedro A. Solís Salazar



Nota:

- * Cuando se purga la tubería de relave se abre la válvula 1 y se cierra la válvula 2.
- * Cuando se construye el dique, se abre la válvula 2 y se cierra la válvula 1.

Figura N° 21
Sección Máxima del Dique
Desarrollo Conceptual

* SIN ESCALA - LA QUE SE INDICA

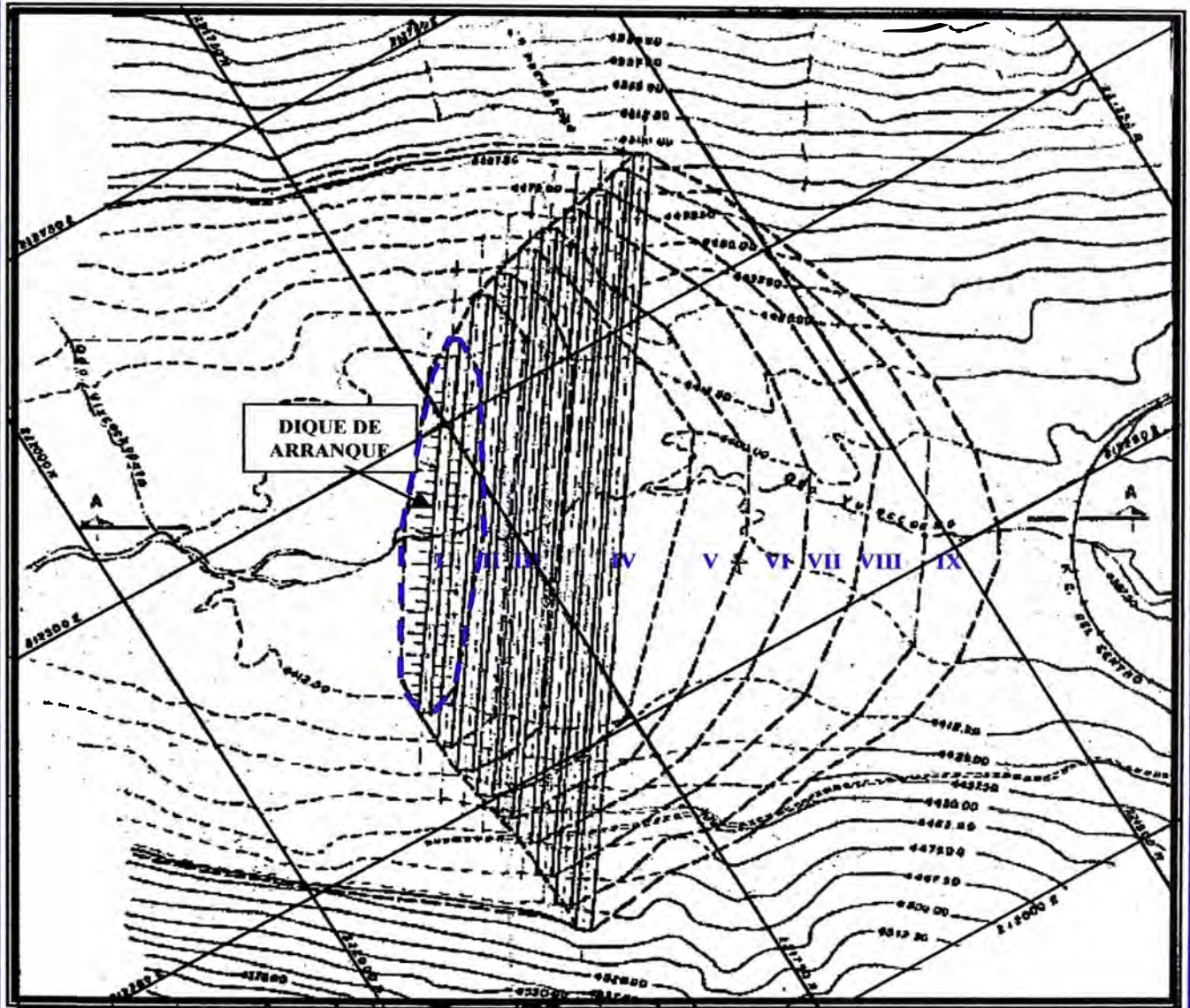


Figura N° 22

Vista de Planta - Desarrollo Conceptual del Dique de la Presa de Relaves Chinchán

Como se muestra en la figura N° 21, se divide por etapas al crecimiento del dique, cada etapa definida en dimensiones y altura, esto permite conocer con cierta precisión como construir el dique determinándose con certeza el material necesario para la construcción del dique.

También se muestra las dimensiones aproximadas de cómo se desplazará y culminará el dique hasta la última etapa de crecimiento y el punto máximo que alcanzará el pie del dique, topográficamente ubicado.

Las figuras N° 7 y 8 (páginas 42 y 43), muestran la demanda de material para la construcción del dique, el cual debe ser corroborado con la altura correspondiente, estos cuadros son muy importante pues denota si posiblemente existiere déficit de material para la construcción del dique y éste se encuentre por saturarse, la producción de material necesario por parte del trabajo de concentración en Planta.

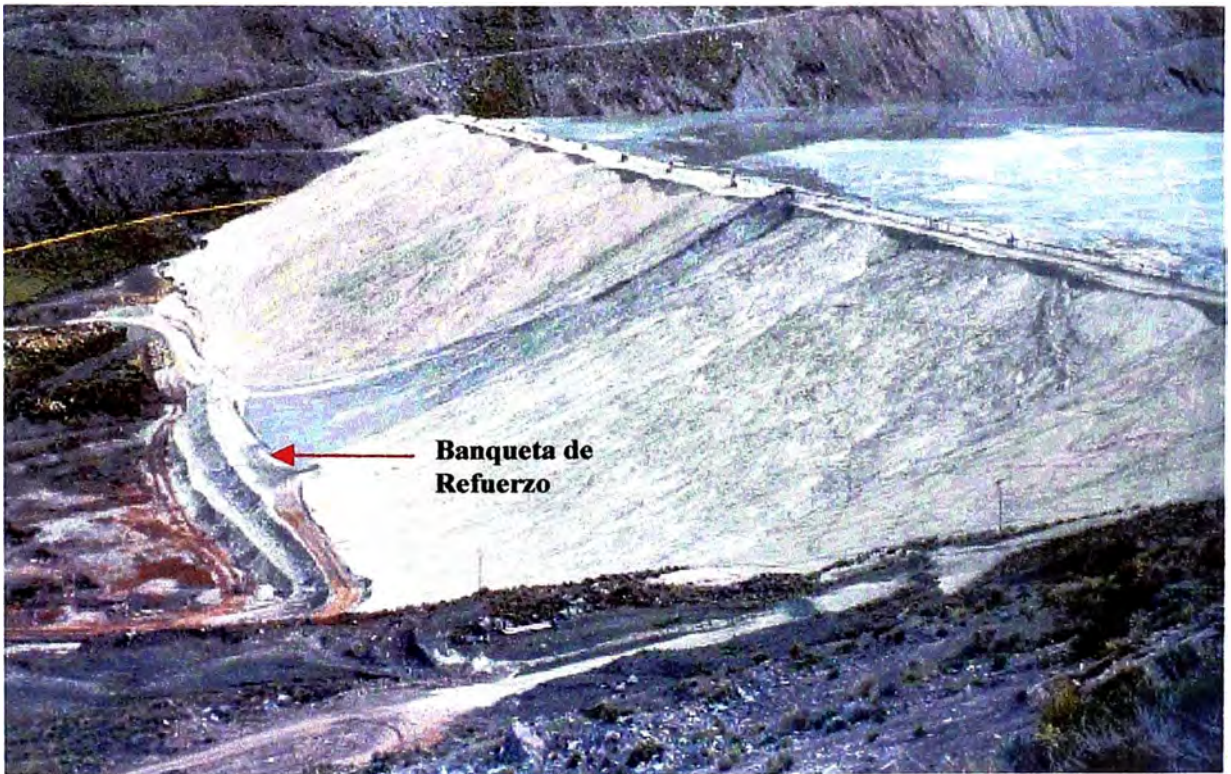
BANQUETA DE REFUERZO

La disponibilidad de material de desmonte minero y la falta de lugares indicados para botaderos de desmonte promovieron que dicho material se considerara para ser dispuesto en la base de la relavera a modo de banquetta de refuerzo del dique de contención tal como se muestra en las fotografías N° 28 (A y B) y 29 (A y B). Se consideran las siguientes características:

- El cierre de la presa de relave se haría en conjunto con el material de desmonte ya instalado.
- La banquetta con diseño tipo aguas arriba contribuye de modo muy significativo a la estabilidad de la presa de relaves puesto que esta se construye desde la base, en suelo despejado de material orgánico y arcilloso.
- La granulometría del material de desmonte es mostrada en la tabla N° 53, es material rocoso angulosos cuyo NNP es inferior al mostrado por el relave mismo.
- Los resultados del NNP del material de desmonte se muestran en la tabla N° 53, muestra que el material de desmonte contiene en promedio 6.12 % de azufre versus el 9.1 % del relave mismo y que el NNP del desmonte es en promedio - 29, mientras que el relave en el dique mantiene un NNP = - 81.



Fotografía N° 28 A - Vista frontal de la Banqueta de refuerzo en construcción.



Fotografía N° 28 B - Vista superior de la Banqueta en construcción



Fotografía N° 29 A - Descarga del desmote minero en la banqueta y el extremo inferior del dique de la presa.



Fotografía N° 29 B - Nivelado y compactado de la banqueta con cargador frontal.

Tabla N° 53

ANALISIS DE MALLAS - DESMONTE MINERO

EMPRESA MINERA YAULIYACU S.A.

Muestra de Desmonte para Banqueta de Refuerzo

Análisis Granulométrico y resultados Potencial Neto de Neutralización

Fecha: 15/02/2000

Muestra N° 1				
Mallas	W (Kg)	%	A.c. (+)	A.c. (-)
6"	5,078	4,30	4,30	95,70
4"	6,748	5,71	10,00	90,00
2"	32,226	27,26	37,26	62,74
3/4"	25,076	21,21	58,47	41,53
1/4"	25,998	21,99	80,47	19,53
1/8"	7,272	6,15	86,62	13,38
1Cm	1,031	0,87	87,49	12,51
14 m	1,491	1,26	88,75	11,25
20 m	1,728	1,46	90,21	9,79
25 m	0,593	0,50	90,71	9,29
35 m	0,984	0,83	91,54	8,46
50 m	1,369	1,16	92,70	7,30
70 m	0,660	0,73	93,43	6,57
100 m	0,829	0,70	94,13	5,87
140 m	0,695	0,58	94,72	5,28
200 m	0,847	0,55	95,27	4,73
270 m	0,724	0,61	95,88	4,12
400 m	0,444	0,38	96,25	3,75
- 400 m.	4,429	3,75	100,00	0,00
	118,22	100,00		
% S	NP	AP	NNP	
5,46	119	171	- 52	

Muestra N° 2				
Mallas	W (Kg)	%	A.c. (+)	A.c. (-)
6"	3,12	3,04	3,04	96,96
4"	9,156	8,92	11,96	88,04
2"	21,608	21,05	33,00	67,00
3/4"	25,598	24,93	57,93	42,07
1/4"	22,314	21,73	79,67	20,33
1/8"	5,762	5,61	85,28	14,72
1Cm	1,545	1,50	86,78	13,22
14 m	1,497	1,46	88,24	11,76
20 m	1,57	1,53	89,77	10,23
25 m	0,536	0,52	90,29	9,71
35 m	0,882	0,86	91,15	8,85
50 m	1,186	1,16	92,31	7,69
70 m	0,747	0,73	93,03	6,97
100 m	0,731	0,71	93,75	6,25
140 m	0,643	0,63	94,37	5,63
200 m	0,639	0,62	94,99	5,01
270 m	0,704	0,69	95,68	4,32
400 m	0,403	0,39	96,07	3,93
- 400 m.	4,032	3,93	100,00	0,00
	102,67	100,01		
% S	NP	AP	NNP	
6,61	183	207	- 24	

Muestra N° 3				
Mallas	W (Kg)	%	A.c. (+)	A.c. (-)
6"	16,97	7,49	7,49	92,51
4"	34,422	15,19	22,68	77,32
2"	42,138	18,60	41,28	53,72
3/4"	33,154	14,63	55,91	44,09
1/4"	44,198	19,51	75,42	24,58
1/8"	14,34	6,33	81,75	18,25
1Cm	4,127	1,82	83,57	16,43
14 m	3,979	1,76	85,32	14,68
20 m	4,364	1,93	87,25	12,75
25 m	1,559	0,69	87,94	12,06
35 m	2,387	1,05	88,99	11,01
50 m	3,115	1,37	90,37	9,63
70 m	1,927	0,85	91,22	8,78
100 m	1,899	0,84	92,05	7,95
140 m	1,63	0,72	92,77	7,23
200 m	1,728	0,76	93,54	6,46
270 m	2,021	0,89	94,43	5,57
400 m	1,132	0,50	94,93	5,07
- 400 m.	11,493	5,07	100,00	0,00
	226,58	100,00		
% S	NP	AP	NNP	
6,29	186	197	- 11	

J. DESARROLLO CONCEPTUAL DEL PLAN DE CIERRE PARA LA PRESA DE RELAVES CHINCHÁN

El ciclo normal de vida de una presa de relaves consta de tres etapas diferentes:

1. Etapa de Construcción u operación.
2. Etapa de stand –by.
3. Etapa de abandono.

Cada etapa representa una serie de problemas particulares de específicos requerimientos de diseño, mantenimiento y operación.

El objetivo del diseño es proveer, tan económicamente como se pueda, una facilidad segura y ambientalmente conveniente según las regulaciones oficiales existentes.

Donde la vida de la mina exceda a la del depósito de relaves, debe considerarse la necesidad de reemplazar esa estructura cuando su capacidad se complete.

a. Etapa Operativa

Los relaves provenientes de diferentes minerales toman varias formas que van desde un material granular a uno arcilloso, aunque generalmente consisten de arenas finas y limos con algunos minerales arcillosos que salen de Planta Concentradora bajo forma de pulpa.

Los relaves producidos en Yauliyacu contienen algunas partículas muy finas que requieren tiempo de sedimentación. Por ello la estructura de retención está diseñada con dos elementos:

- Retención o Dique.
- Depósito de sedimentación.

El principal problema operativo es el equilibrio entre la disponibilidad de material del “underflow” para el dique y la capacidad del reservorio para almacenar los materiales finos del “overflow”.

Los problemas de erosión e inestabilidad requieren protección durante la construcción. La forma más económica de proveer la necesaria seguridad para el control de la erosión y la estabilidad es hacerlo después de que se han completado las operaciones de deposición de los relaves. Por consiguiente, la etapa de construcción es una etapa operativa, permitiendo atender inmediatamente las necesidades que se presenten, esto permite mayor seguridad, flexibilidad y economía. Estos ya representan un control efectivo en la etapa operativa en nuestra Presa de relaves.

b. Etapa Stand – By

A menudo las facilidades de deposición de relaves se completan cuando la mina todavía está operativa. Cuando este es el caso el depósito puede abandonarse a mantenerse operativo.

Cuando se presente el caso antes sugerido, el depósito puede abandonarse o puede ponerse operativo como stand-by mientras se reemplaza por otra presa u otro método de disposición.

El estado de stand-by es muy útil y efectivo si el dique puede completarse con la reserva que queda de capacidad del reservorio, preferible un año antes del cierre definitivo. Si se efectúa como se indica el costo de operaciones futuro puede reducirse y el dique estabilizarse para su abandono.

Se tendrían que instalarse, en esta etapa, facilidades de estabilización permanente del dique, estanque y controles de agua de modo de reducir los costos que se requerirían para mantener dichas facilidades en etapa operativa.

A medida que el estanque de finos se va secando, ya sea por filtración ó evaporación, el dique también se va secando y la estabilidad de la presa generalmente va en aumento por que baja el nivel y el grado de saturación en el estanque.

Sin embargo se puede anotar el perjuicio que podría causar una presa de relaves seco. La generación de material particulado, a causa del viento sería muy grande.

Cuando el depósito está en stand-by, no es muy deseable tomar medidas permanentes para estabilizar la superficie del reservorio. En este caso, podrá mantenerse una capa delgada de agua o rociarse estabilizadores químicos para minimizar la generación de material particulado, el cual fuera analizado y previsto para aplicación como es el Soil Sement.

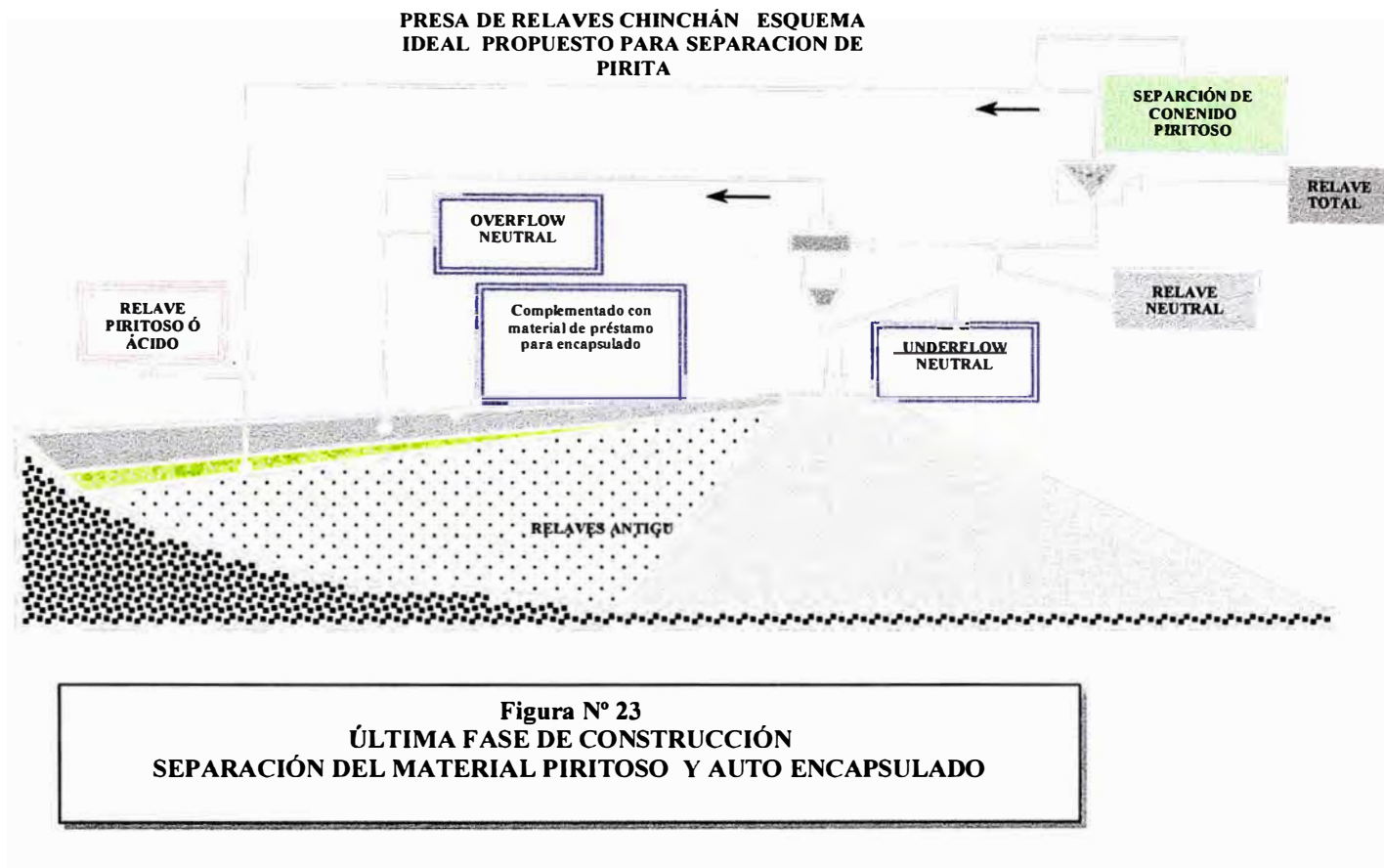
c. Reemplazo:

Al ritmo de producción actual a la Presa de relaves Chinchán trabajaría entre 8 a 10 años, dependiendo de la demanda de relleno en mina, de acuerdo a como se lleve el crecimiento y estabilidad del dique, etc.

Debe considerarse en planificar su reemplazo con suficiente anticipación de modo que pueda usarse en una etapa de stand-by durante un tiempo prudencial antes de su abandono.

Existe una posible razón específica que impida actuar prematuramente, aclarando un incremento de la demanda de relleno en mina, sea este por necesidad explícita operativo ó por tratarse de la implementación de un nuevo método de disposición de relaves (Relleno Pasta, demanda el 100% de relave), la falta de material grueso para la construcción y estabilización del dique ó la construcción de otra presa, en cuyo caso se tendría que recurrir a material de préstamo.

Una consideración oportunamente evaluado e implementado, es el de realizar la separación de la pirita del relave por medio de espiral ó flotación en una última etapa de separación. Esto nos permitiría contar con material prácticamente inerte para la cobertura final de la Presa de Relaves y que la pirita separada quede depositada en el fondo del estanque de finos y autoencapsulada o enviada con la pulpa de relleno hidráulico a interior mina, conceptualmente se muestra la figura N° 23



d. Abandono:

Las estructuras de relaves mineros se conciben y construyen para ser abandonadas. Estas estructuras son las facilidades de deposición final de relaves y desperdicios del procesamiento de mineral y operaciones de concentración. Estos sin embargo estarán sometidas a fuerzas de la naturaleza propias de la zona y por consiguiente no estarán allí por siempre.

Históricamente, las operaciones mineras no se han interesado por este problema. Fue necesaria presiones sociales y legales las que obligan a ocuparse de él por medio de las autoridades del gobierno.

No es económico ni práctico el llevar a un estado tan consistente como una roca por compactación, incrementaría el costo de los minerales y operación, por ende al comprador. Tampoco es racional el mantener estable la Presa de Relaves en la etapa operativa y después despreocuparse y perjudique a las poblaciones cercanas. Lo más razonable es practicar el

abandono en el estado que probablemente no fallará brusca y peligrosamente, sino que irá desapareciendo aproximadamente al mismo ritmo que la erosión ataca a las laderas naturales de la zona. Ello requiere que los taludes básicos sean estables y que el control efectivo de los causes superficiales impida la erosión rápida.

Las estructuras que pueden drenar cuando no reciben más fangos, tenderán, después de su abandono, a desarrollar taludes más estables para las condiciones estática y sísmicas, debido a la depresión del nivel y grado de saturación del relleno. La estructura de Chinchán a sido diseñada para drenar cuando el reservorio no está en operación.

La práctica común de protección contra la erosión es la impermeabilización, y sembrío de vegetación nativa reduciendo los efectos de la lluvia y el viento.

El aspecto más crítico del abandono es el control continuo, durante largo plazo, de las corrientes superficiales destinado a evitar que, aún en avenidas grandes, sobrepasen la coronación de la presa causando rápida erosión de los taludes, o que erosionen el pie de la presa causando inestabilidad del talud. Por ello, las zonas críticas deben protegerse con enrocados, el desvío y vertedero deberán protegerse con enrocado, el desvío y vertedero deberán construirse para operar efectivamente sin mantenimiento. Esta es la mayor preocupación que queda para su futura solución.

Como se propone en la figura N° 23 (página 168), la última fase de construcción de la Presa sería implementada un sistema de separación del material piritoso el cual permita una reducción considerable del NNP. Este material piritoso quedaría autoencapsulado, mientras que el material neutral cubriría el total de la Presa estabilizándola químicamente por lo menos en la superficie.

Esto reduciría drásticamente el usar agentes químicos de neutralización, material de préstamo y otros. Se indica que el material orgánico retirado de la base del dique, necesario para el crecimiento de la Presa, se deposita y guarda para el mismo encapsulado de la Presa de Relaves, reduciendo aún más los costos por buscar, extraer y transportar material orgánico de préstamo.

Como alternativas se plantea realizar, luego del estabilizado y cobertura respectiva, una revegetación que permita establecer una granja de crianza de animales cuyo responsable sería integrantes de la comunidad de San Mateo, puesto que permitiría el mantenimiento de todas las infraestructuras existentes tales como las derivaciones, canales y el Wetland, de considerarse su implementación, la ubicación de una piscigranja aguas abajo, etc. El sistema sería mantenido por los interesados (pobladores nativos o de la Comunidad de San Mateo).

7.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL AÑO 1998 AL AÑO 2000

Para el cumplimiento de las obras por realizar se presenta el cronograma de actividades las cuales implican en la estabilidad y mejora continua de la Presa de Relaves.

Estas se detallan en la Tabla N° 54.

Tabla N° 54 – CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y COSTOS

DESCRIPCIÓN	AÑO			COSTO \$ / Unid	CANTI-DAD	TOTAL US \$
	1998	1999	2000			
Trimestres	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4			
1. Mantenimiento de accesos	—			20.3 \$/m	1.8 Km	36,540
2. Mantenimiento de Sistemas de Derivación	—————			12.4 \$/m ³	1030 m ³	12,772
3. Vertedero y Reinstalación de Quena	—————			38 \$/m ³	220	8,360
4. Mitigación Eólica	—————			0.4 \$/m ²	26,637 m ²	10,655
5. Instrumentación	—————			230 \$/unid	09	2,070
6. Sistema de Clasificación		—————		96 \$/m	420	40,320
7. Retiro de Material orgánico e implementación de terraplén filtrante	—————			2.65 \$/m ³	52,000 m ³	138,000
8. Rehabilitado y prolongación de los drenes tipo francés	—————			209.33 \$/m	300	62,800
9. Tratamiento de Efluentes Líquidos			—————	8,603	-	8,603
10. Desarrollo conceptual de Cierre Presa de Relaves Chinchán		—————		2,880	-	2,880
	GRAN	TOTAL				323,000

Los trabajos de futuros retiros de material orgánico, prolongación de drenes interiores, prolongación de quena del vertedero, mantenimientos de infraestructura en general y operaciones estarán bajo la administración de Planta Concentradora como costos operativos, el departamento de Medio Ambiente Supervisará y realizará inspecciones periódicas para la correcta operación en la Presa de Relaves.

7.4. Cronograma de Inversiones del año 1,998 al año 2000

El desarrollo y datalles a nivel de Ejecución para la Planta de tratamiento de efluentes de la Presa de relaves Chinchán se efectuarán bajo costos del área de Proyectos y no del Departamento de Medio Ambiente, quienes se encargarían de la ejecución y nuestro departamento de la Inspección y seguimiento de Obras.

Las inversiones realizadas se distribuyen del siguiente modo (Tabla N° 55), de acuerdo al Plan General de Inversión PAMA.

Tabla N° 55

**DISTRIBUCIÓN MENSUAL Y ANUAL DE LA INVERSIÓN EN LA PRESA DE
RELAVES CHINCHÁN
(En miles US \$)**

AÑO MES	1998	1999	2000
Enero	10	8	10
Febrero	10	10	15
Marzo	10	5	4
Abril	10	3	3
Mayo	2	5	3
Junio	3	8	5
Julio	10	2	4
Agosto	10	5	4
Setiembre	5	11	24
Octubre	5	40	12
Noviembre	8	36	12
Diciembre	7	2	2
Total	90	135	98
Gran Total			323

8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

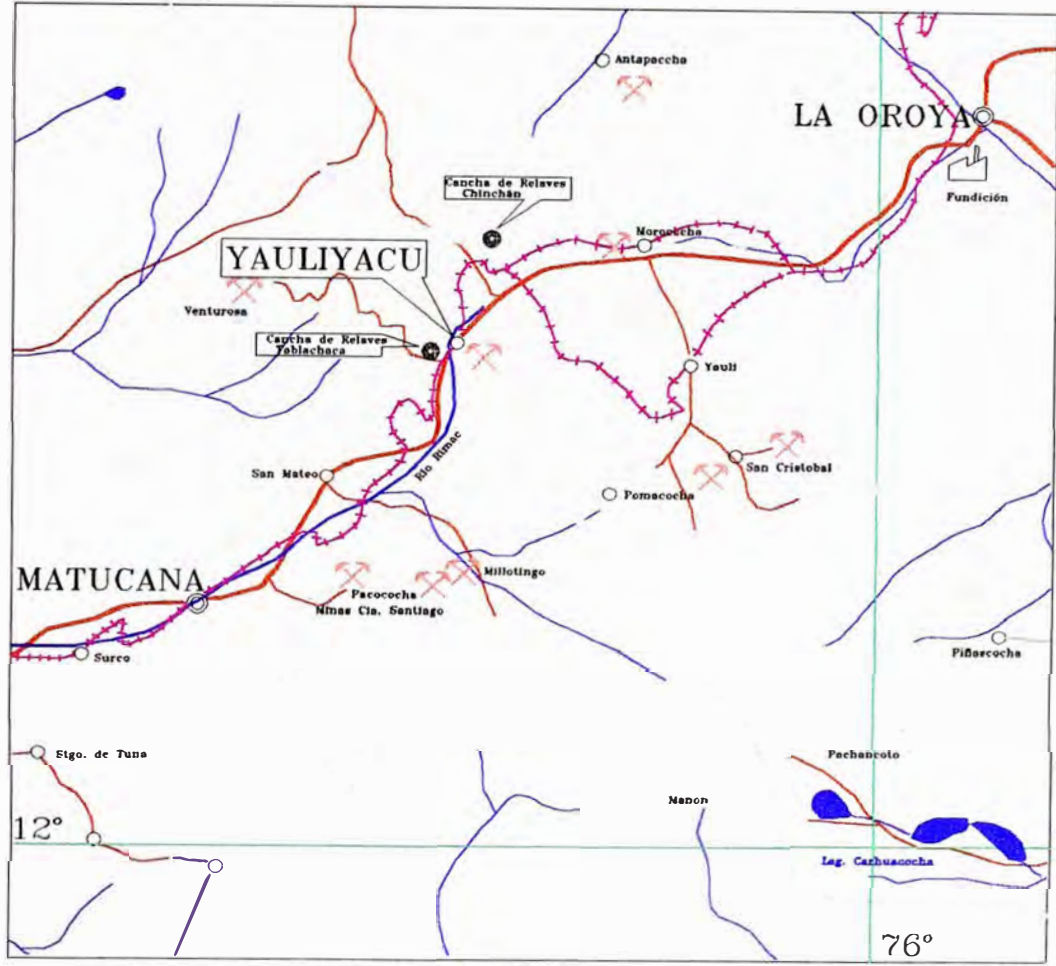
- La Presa de relaves Chinchán nace por la necesidad de la búsqueda de una solución segura, de vida prolongada y económico para disposición de los relaves producidos en Planta Concentradora. Esta da origen al proyecto de Relleno Hidráulico y que por lo mismo el diseño de Chinchán siempre dependió de la demanda para Relleno Hidráulico en mina.
- Otro factor Importante para el diseño y posterior operación de la presa de relaves, es la granulometría del relave final. Actualmente, el relave generado mantiene un rango de gruesos relativamente mayor a otras Plantas Concentradoras similares del país, favoreciendo este aporte a la Construcción del Dique.
- La selección y ubicación de la Presa de Relaves Chinchán fue muy bien evaluada. Se encuentra en una zona de cumbres nacientes con la menor cuenca entre las otras propuestas, con un valle estrecho que se abre rápidamente aguas abajo y una amplia explanada, lejos de poblaciones cercanas. Para exigencias actuales de control ambiental también presenta una menor agresividad geológica.
- El diseño tipo “Aguas Abajo” es el mejor recomendado para zonas sísmicas como en la que se encuentran las operaciones de Yauliyacu.
- Luego de la evaluación de estabilidad física, la Presa de Relaves Chinchán es estable Estáticamente ($FS = 1.44$) y pseudo estática ($FS = 1$)., ello implica que a pesar de haber tenido deficiencias en las operaciones es **Estable Físicamente**. Después de los trabajos realizados para la mejora de pendiente del dique, material grueso clasificado y un borde libre actual de 2 mt, mantienen una buena estabilidad.
- La Presa de Relaves Chinchán se caracterizó por contar con 6 clases de suelos en la Presa de Relaves (Tabla N° 14-A, después de la página 73), clasificados de acuerdo a la categoría SUCS, este comportamiento es característico donde la operación es marcadamente diferente, tanto en operaciones propias de control hasta por la calidad de mineral tratado. Esta clasificación sirvió para determinar el factor de seguridad sísmico.

- Los planos de falla que pasan por la base del dique, donde se encontraba aún material orgánico indicaban el límite de estabilidad dinámica (Factor de Seguridad = 1), estos fueron retirados y reemplazados por material filtroresistente y rehabilitado los drenes tipo francés interiores. Este hecho nos permite afirmar que la estabilidad física aceptable pasaría a ser buena.
- Se construye una banquetta de refuerzo con material de desmonte minero, las características del material de desmonte son de menor productor de drenaje ácido, mucho mayor estabilidad y contribuyente de la estabilidad de la presa de relaves. Este hecho reafirma definitivamente la estabilidad de la presa de relaves.
- Los sistemas de Derivación Principal y Secundario (Yuracpampa y Yuracocha respectivamente), para el análisis de máximas avenidas a 500 años, son suficientes. Los mantenimientos e inspecciones necesarias son continuamente efectuados, garantizando su operatividad.
- La Presa de Relaves Chinchán es **Estable Químicamente**, como se demuestra en la evaluación de estabilidad química. Las condiciones operativas actuales mantienen este nivel de calidad en sus efluentes y estructura. De variar los parámetros operacionales en Relleno hidráulico ó molienda se tendrá que realizar una nueva evaluación de la implicancia sobre Chinchán. El cambio es positivo de incrementarse el tonelaje.
- En la evaluación química, el relave es un potencial generador de drenaje ácido. Este se evidenciaría principalmente después del abandono de la presa, tal como lo demuestra la evidencia de las otras relaveras abandonadas pertenecientes a la misma mina. Se pretende realizar una separación de material piritoso del mismo relave y disponerlo con relleno hidráulico en mina, recubriéndolo en su última capa a la presa de material considerado como neutral.
- La eliminación del vertedero antiguo e implementación de la nueva quena tipo Casapalca Modificada a permitido la disminución sustancial del nivel freático interior de la Presa, disminuyendo sustancialmente la presión de poros interna y estabilizando aún más a la estructura de la presa.

- El material clasificado se encuentra en plena etapa de pruebas, muestreo y evaluaciones. La calidad de material grueso clasificado es mucho mejor al encontrado en capas inferiores, encontrándose actualmente en U_{55}/O_{45} , contribuyendo a su estabilidad.
- Los efluentes de la presa, mantiene una calidad aceptable, tal como se mostró en los análisis de muestras de relave, el margen existente para la generación ácida es mucho. Al no existir la suficiente precipitación pluviométrica, la alta transpiración y evaporación de la presa y el recubrimiento continuo del dique y estanque mantienen aceptablemente los drenajes. Es necesario una simple sedimentación de partículas de arrastre, dado que la calidad del efluente se mantiene por debajo del Límite Máximo Permisible.
- La evaluación de actividad bacteriana ha permitido descubrir que se cuenta con una cantidad aceptable de bacterias sulfato reductoras, sobre todo en el estanque de sedimentación, esto permite evitar la generación ácida y nos plantea la posibilidad de implementar un sistema de tratamiento pasivo mediante un Wetland.
- Se plantea la posibilidad de recircular el agua del efluente de Chinchán para Planta Concentradora. Las respuestas a las pruebas de flotación dieron buenos resultados. Es probable que se realice pruebas a nivel industrial a mediados del año 2000.
- El entrenamiento de personal de operaciones resulta vital para mantener la seguridad y calidad en la Presa de Relaves Chinchán. Se han realizado selecciones y entrenamientos, permitiéndonos contar con personal calificado para trabajos en la Presa de Relaves Chinchán.
- El Plan de inversiones presentado corresponde al compromiso PAMA, sin embargo, los trabajos que demanden más, serán incrementados de acuerdo a previos estudios y evaluaciones
- Para la certificación de las condiciones actuales de la Presa de Relaves Chinchán se sugiere una nueva evaluación física e instalación de 02 piezómetros modernos, el resultado afirmaría el grado de estabilidad del depósito para sustentos oficiales.

9.0. ANEXO

9.1. Planos



LEYENDA

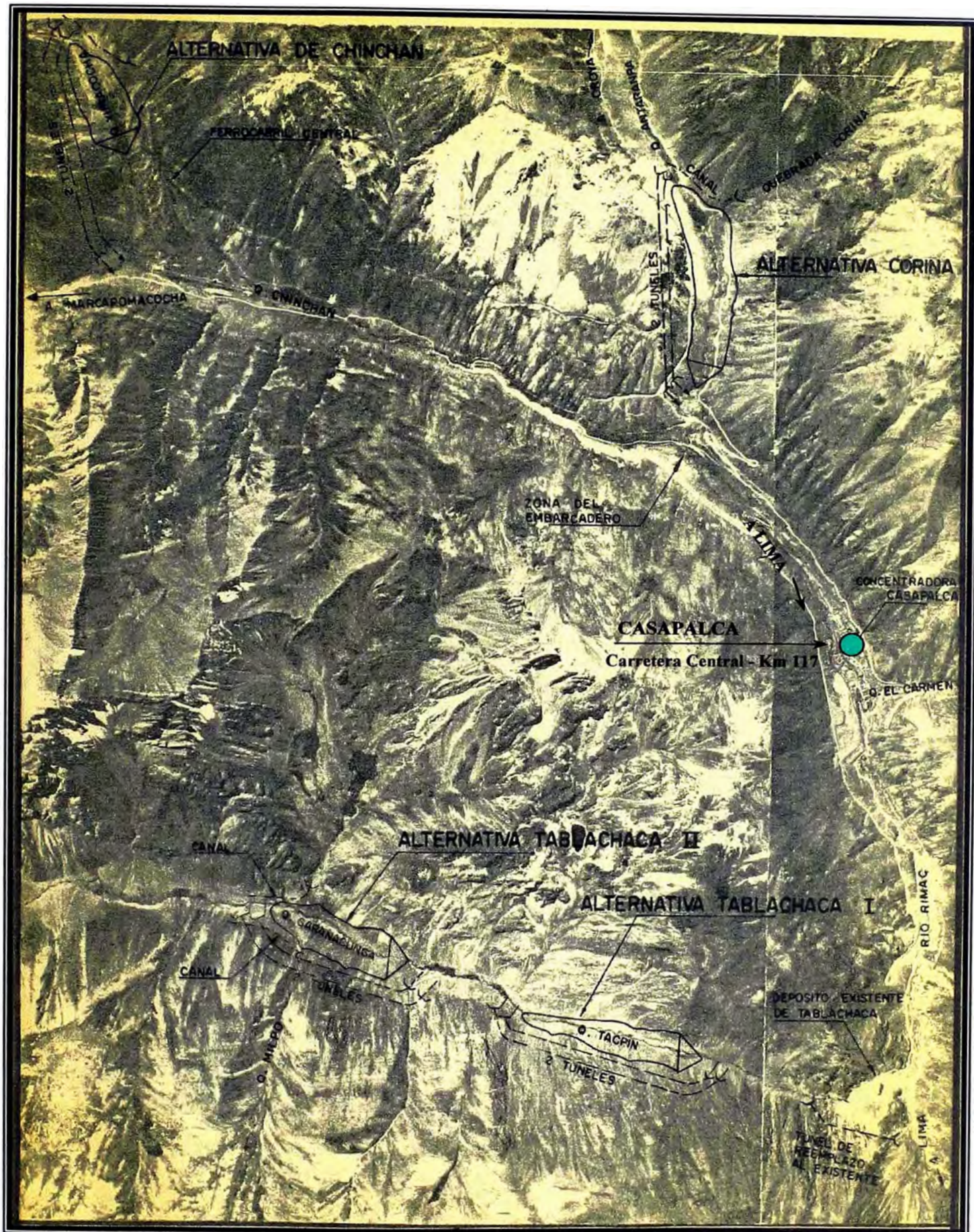
- CARRETERA CENTRAL
- CARRETERA AFIRMADA
- RIO - QUEBRADA
- - - - - FERROCARRIL CENTRAL
- CANCHA DE RELAVES
- LIMITE DEPARTAMENTAL



PLANO N° 1
 Draw.: E.A.C.
 REV.: Pedro A. Solis
 Aprov.: F. Pajuelo

PLANO DE UBICACION
 YAULIYACU

Fecha: Set - 1998
 Esc.: S/E



PLANO N° 3
PLANO AERO FOTOGRAFICO - UBICACION DE ALTERNATIVAS PARA LA NUEVA
PRESA DE RELAVES EN CASAPALCA (1,978)

PLANO 01

8'719,000 N

8'718,800 N

8'718,600 N

8'718,400 N

8'718,200 N

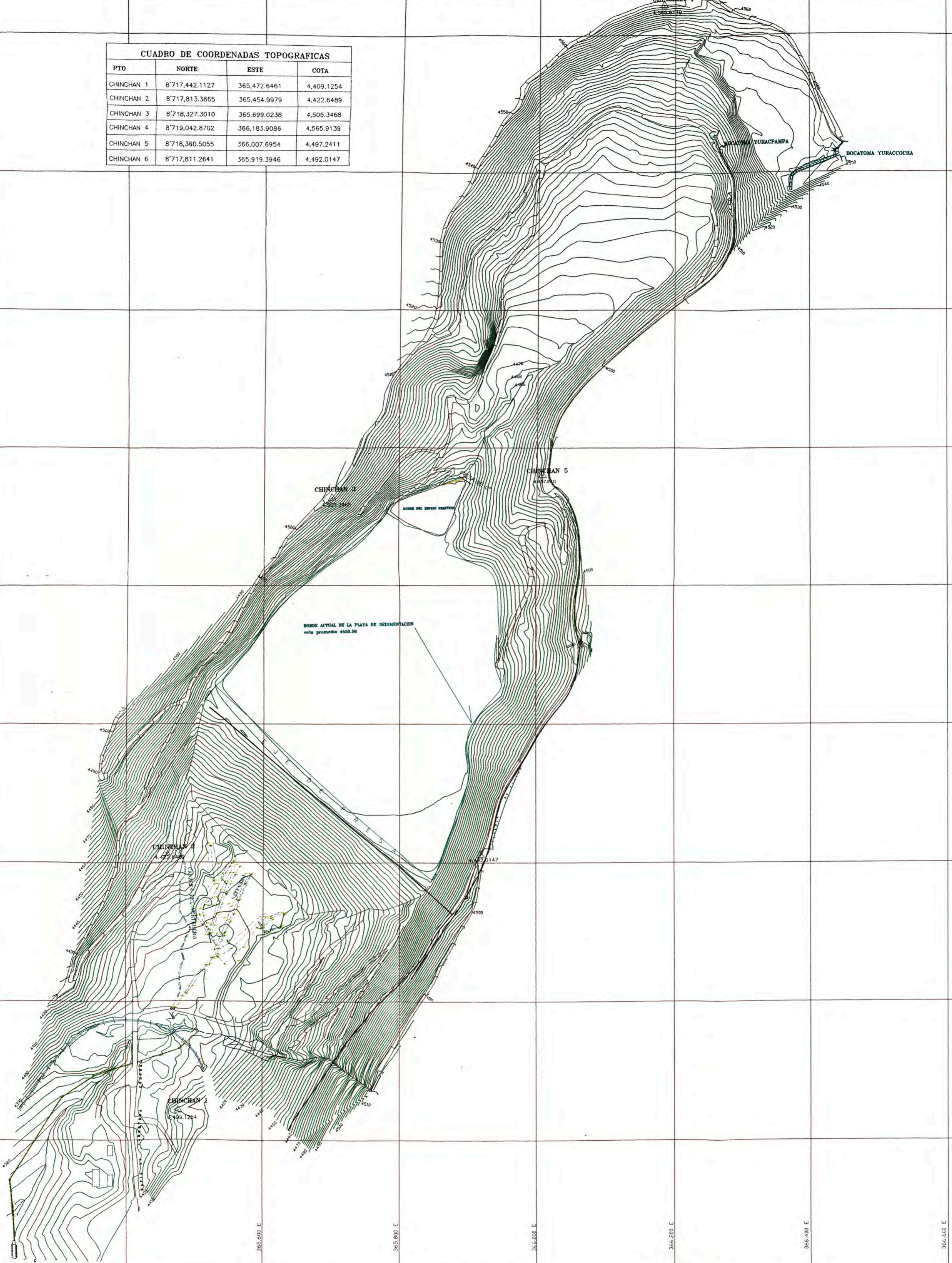
8'718,000 N

8'717,800 N

8'717,600 N

8'717,400 N

CUADRO DE COORDENADAS TOPOGRAFICAS			
PTO	NORTE	ESTE	COTA
CHINCHAN 1	8'717,442.1127	365,472.6461	4,409.1254
CHINCHAN 2	8'717,813.3865	365,454.9979	4,422.6489
CHINCHAN 3	8'718,327.3010	365,699.0238	4,505.3468
CHINCHAN 4	8'719,042.8702	366,183.9086	4,565.9139
CHINCHAN 5	8'718,360.5055	366,007.6954	4,497.2411
CHINCHAN 6	8'717,811.2641	365,919.3946	4,492.0147

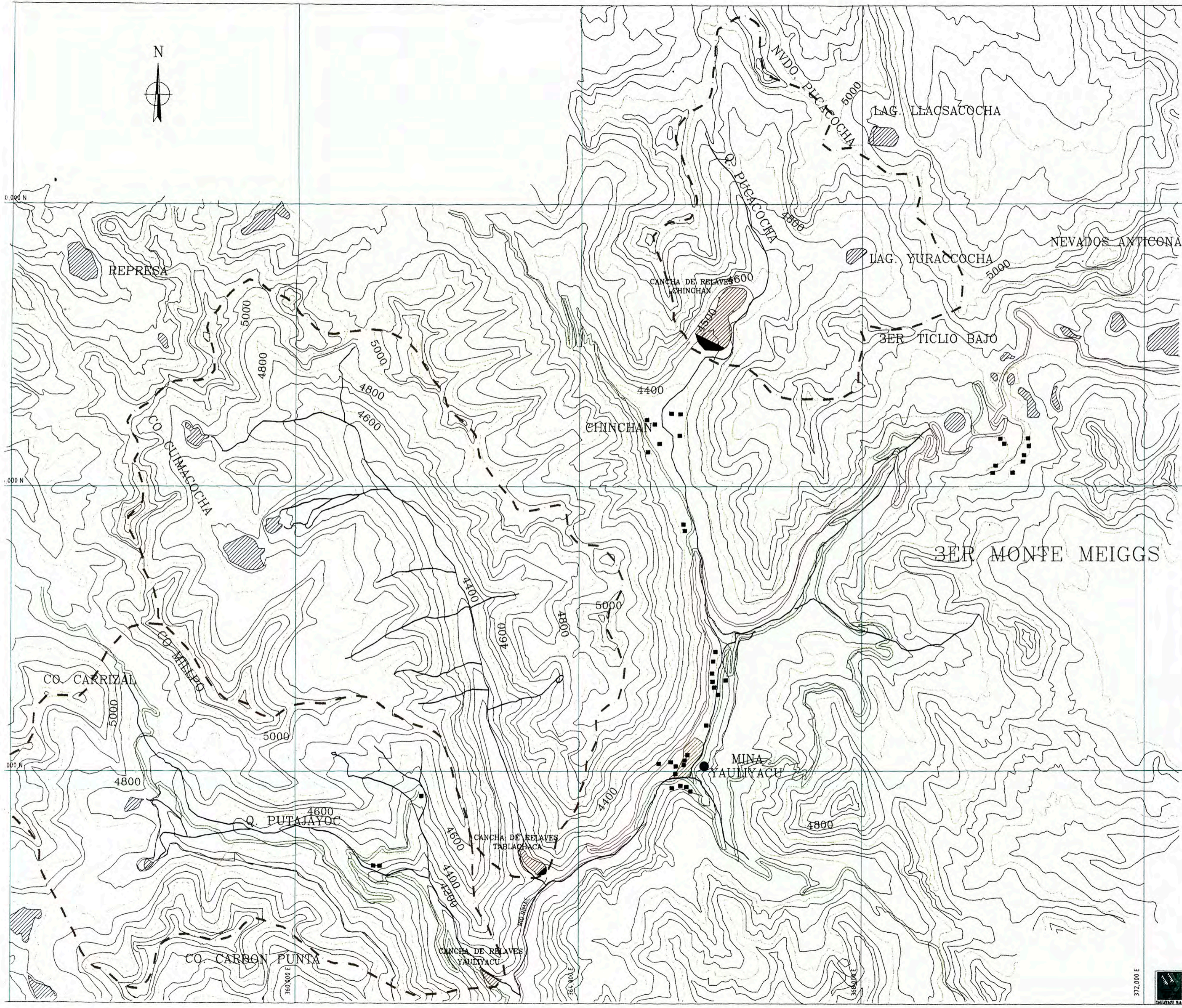


PLANO N° 4
 REV: Pedro A. Solís S.
 APROB:

LEVANTAMIENTO GENERAL
 PRESA DE RELAVES CHINCHAN

Fecha: OCTUBRE 1999
 Escala: 1 / 4000
 Referencia:
 SISTEMA UTM-TOPOGRAFICO

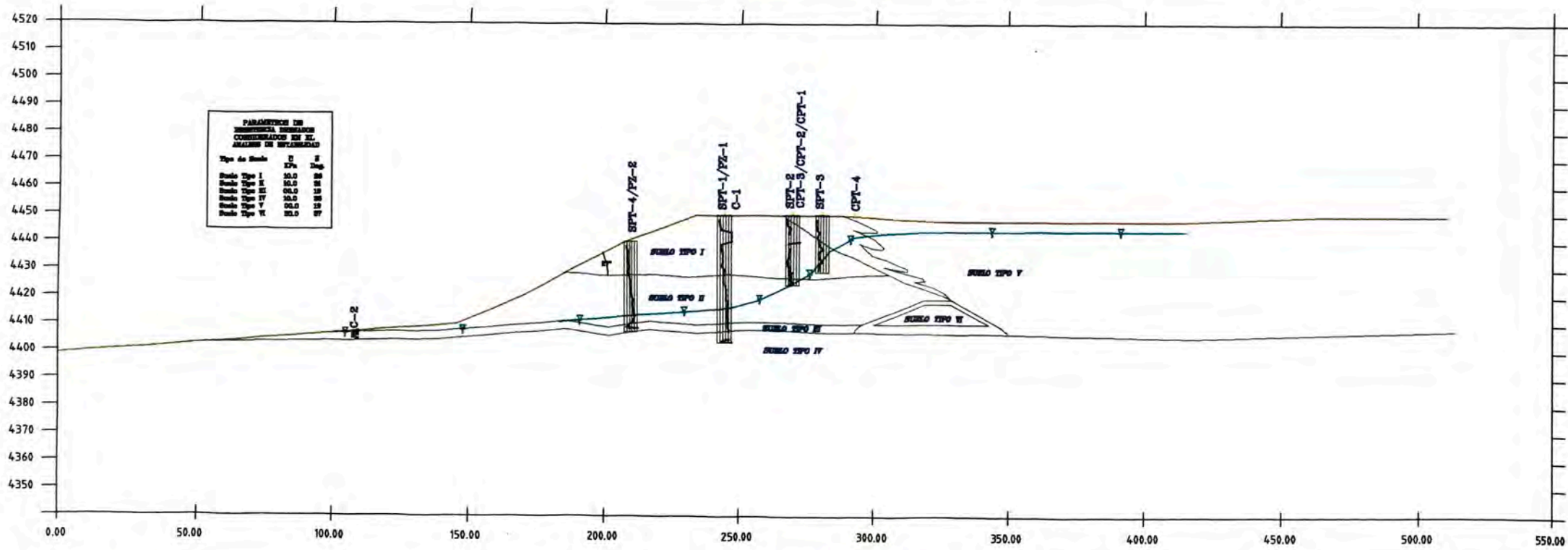
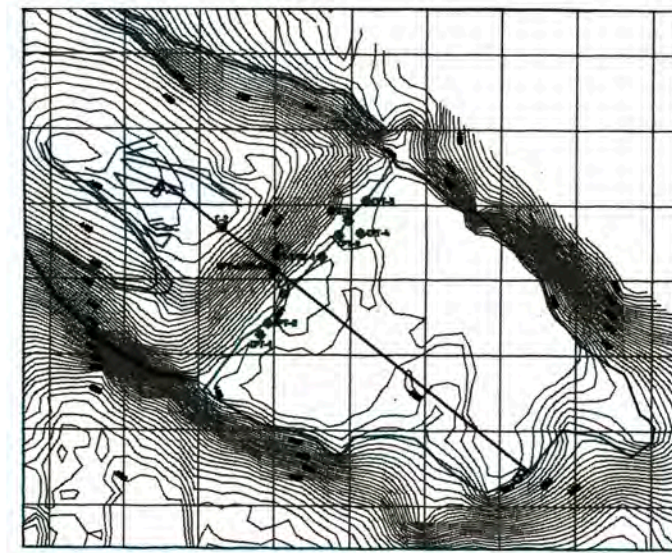
PLANO 02



LEYENDA	
	CARRETERA CENTRAL
	CARRETERA AFIRMADA
	CURVAS DE NIVEL
	PTO QUEBRADA
	LAGUNA
	LIMITE DE CUENCA
	DEPOSITO DE RELAVES
	MINA YAULIYACU

PLANO 03

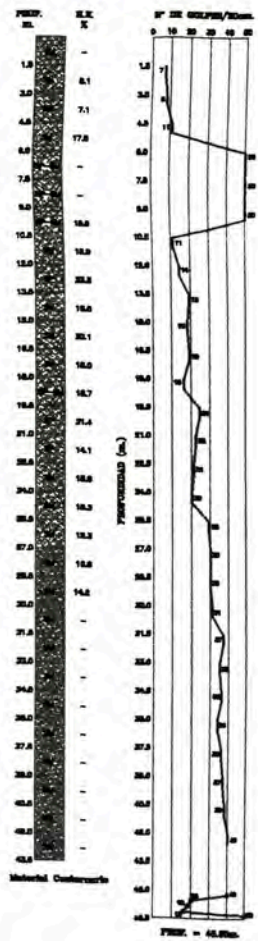
CORTE TRANSVERSAL DE LA PRESA CHINCHAN CORTE B - B'



PARAMETROS DE ESTABILIDAD CONSIDERADOS EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD			
Tip. de Bank	φ	c	log
1	30.0	0.0	0.0
2	30.0	0.0	0.0
3	30.0	0.0	0.0
4	30.0	0.0	0.0
5	30.0	0.0	0.0

ESC : 1 / 100

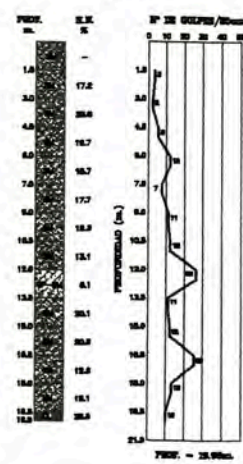
SPT-1/PZ-1



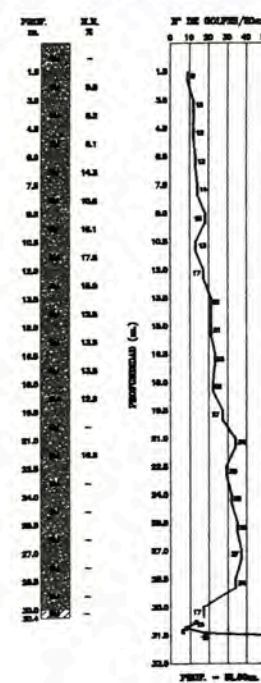
SPT-2



SPT-3



SPT-4/PZ-2



C-2



C-1

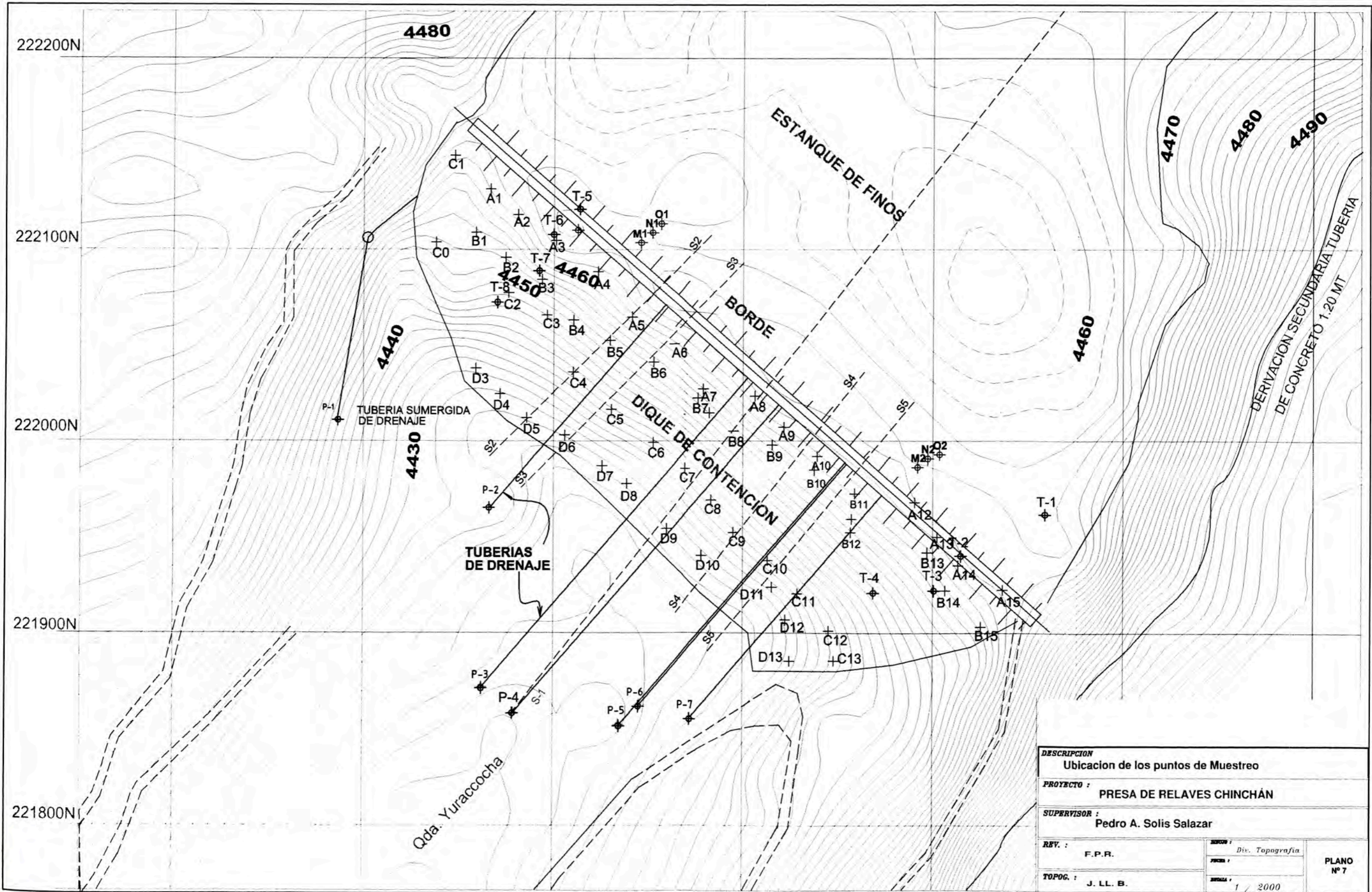


LEYENDA

- SM
Arena Lamosa
- SP - SM
Arena Lamosa mal graduada
- CH
Arcilla de alta plasticidad
- ML
Limo de baja plasticidad
- Pt
Turba
- NIVEL FREATICO

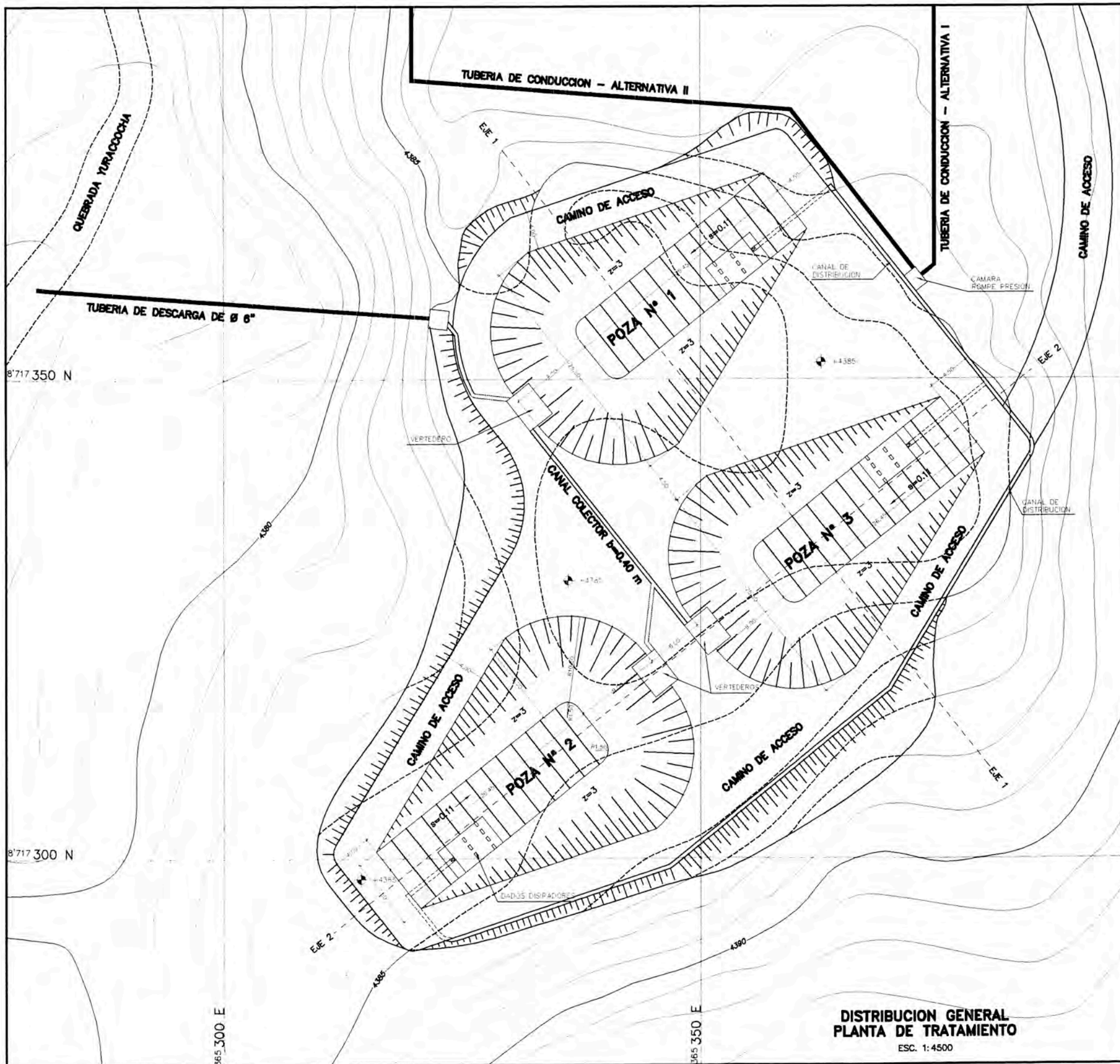
PLANO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA PRESA CHINCHAN				A.C.R. MAYO 1988 1 : 5000
PROYECTO: EVALUACION Y RESPUESTA A LA ESTABILIDAD FISICA Y QUIMICA DE LA PRESA DE RELAYES CHINCHAN				PLANO N°
DISEÑADO POR: FREDO A. SOLAN	REVISADO POR: M.C.S - L.M.C.	APROBADO POR: Dr. I.A.H.	APROBADO POR: Ing. A.O.A.	Plano N° 6

PLANO 04

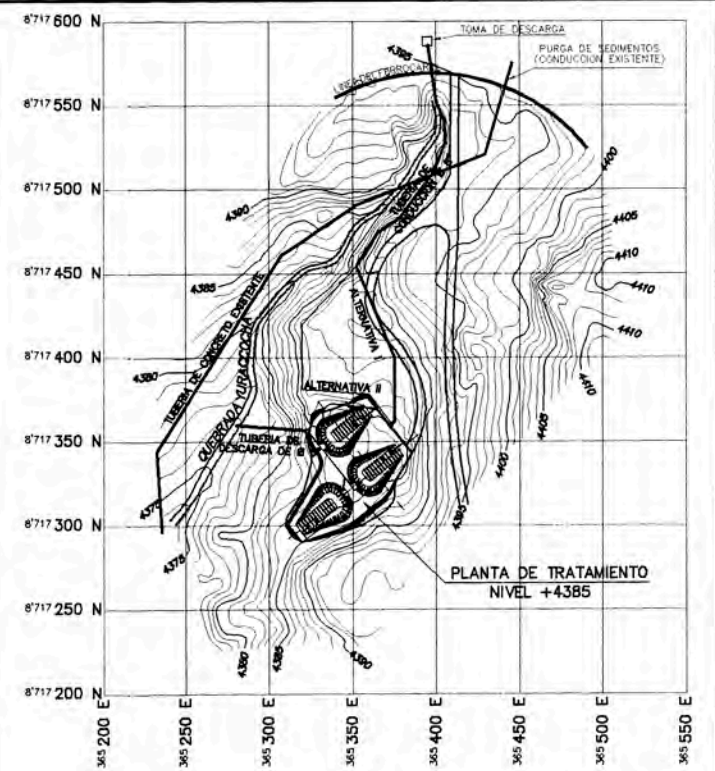


DESCRIPCION Ubicacion de los puntos de Muestreo		
PROYECTO : PRESA DE RELAVES CHINCHÁN		
SUPERVISOR : Pedro A. Solis Salazar		
REV. : F.P.R.	ENCARGO : Div. Topografia	PLANO Nº 7
TOPOG. : J. LL. B.	ESCALA : 1 / 2000	

PLANO 05



**DISTRIBUCION GENERAL
PLANTA DE TRATAMIENTO**
ESC. 1:4500



UBICACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO
ESC. 1:2000

EMPRESA MINERA YAULIYACU S.A.				
PLANTA DE TRATAMIENTO PARA DEPOSITO DE EFLUENTES DE RELAVES CHINCHAN				
PLANO :				
UBICACION Y DISTRIBUCION GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO				
TOPOGRAFIA :	GEODESIA :	DISEÑO :	FECHA :	PLANO N° :
GEODESIA PERUANA		Ing. E. LINARES	JUNIO 1999	8
AUTORIZACION :	ESCALA :	REVISION :	APROBACION :	
technigraph	INDICADA	Pedro A. Solís S.		

10.0. GLOSARIO DE SIGLAS

1. TMSD Toneladas métricas secas por día.
2. TMSH Toneladas métricas secas por hora.
3. TMS Toneladas métricas secas.
4. TCSD Toneladas cortas secas por día.
5. TCS Toneladas cortas secas.
6. Km Kilómetros.
7. mt Metros.
8. mm Milímetros.
9. m.s.n.m. Metros sobre el nivel del mar.
10. N/D, NN No determinado y No se sabe, respectivamente.
11. NA No analizado
12. U/F₆₀ ó U₆₀ Clasificación gruesa de relaves con recuperación al 60% del total del alimento inicial.
13. O/F₄₀ ó O₄₀ Clasificación fina de relaves con recuperación al 40% del total del alimento inicial.
14. U₅₀, U₃₀, U₂₀, etc. Clasificación gruesa de relaves con recuperación al 50%, 30%, 20%, etc. respectivamente del total de relave alimentado.
15. U₆₀/O₄₀ Relación de recuperación de relave en 60% de gruesos y 40% en los finos.
16. SPT Prueba estándar de penetración (Sondaje geotécnico).
17. LMP Límites Máximo Permisibles para elementos metálicos disueltos en efluentes líquidos industriales mineros.
18. T.S.D Total de sólidos disueltos en muestras líquidas.
19. T.S.S. Total de sólidos en suspensión en muestras líquidas.
20. 2.5H : 1V Inclinación de talud del dique en 2.5 unidades lineales en la horizontal versus 1 unidad lineal en la vertical (aprox. 22°).
21. Km², m², m³ Kilómetros cuadrados, metros cuadrados y metros cúbicos resp.
22. USGPM Galones americanos por minuto.
23. m³/seg Metros cúbicos por segundo.
24. lt/seg Litros por segundo.
25. mg/lt Miligramos por litro.
26. Kg/TMS Kilogramos por tonelada métrica seca.

11.0. BIBLIOGRAFÍA

- 1. EVAP de la Empresa Minera Yauliyacu S.A. – 1995**
- 2. PAMA de la Empresa Minera Yauliyacu S.A. - 1996**
- 3. Estudio de Impacto Ambiental, Nuevo Botadero de Desmonte, Mina Yauliyacu**
Empresa Minera Yauliyacu S.A. – D.M.A. / Golder Associates Perú S.A.
Borrador Final / Diciembre 1999.
- 4. Estudio de Estabilidad Física de la Presa de Relaves Chinchán**
Consulcont S.A. e Hidroenergía S.A.
Preparado para Empresa Minera Yauliyacu S.A.
1998.
- 5. Estudio de Estabilidad Química de la Presa de Relaves Chinchán**
Consulcont S.A. e Hidroenergía S.A.
Preparado para Empresa Minera Yauliyacu S.A.
1998.
- 6. Diseño Definitivo – Presa de Relaves Chinchán**
Bustamante & Williams.
Preparado para Centromín Perú S.A. (1981)
Revisión - Actualización por Empresa Minera Yauliyacu S.A. – D.M.A (1999).
- 7. Disposición de Desmonte Minero en la Presa de Relaves Chinchán**
Empresa Minera Yauliyacu S.A. – D.M.A. / Golder Associates Perú S.A.
Enero – 2000.
- 8. Plan de Cierre Conceptual – Unidad Minera Yauliyacu S.A.**
Empresa Minera Yauliyacu S.A. – D.M.A. / Vector Perú & Smallvill S.A.
Diciembre – 1999.

9. Guía Ambiental Para el Manejo de Drenaje de Mina

República del Perú – M.E.M.

Sub Sector de Minería - D.G.A.

Dra. Linda Sammers Broughton

Ing. Julio Bonelli Arenas

10. Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua

República del Perú – M.E.M.

Sub Sector de Minería - D.G.A.

Dra. Linda Sammers Broughton

11. Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones

República del Perú – M.E.M.

Sub Sector de Minería - D.G.A.

Ing. William Marlatt

12. Guía Ambiental de Manejo de Agua en Operaciones Minero – Metalúrgicas

República del Perú – M.E.M.

Sub Sector de Minería - D.G.A.

Dr. Thomás Shephard, Dr. Juan Carlos Huyhua, Ing. José Mogrovejo Castillo,

Ing. Luis Calzado Palomino

13. Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros

República del Perú – M.E.M.

Sub Sector de Minería - D.G.A.

Ing. Steven Vick, Ing. Carlos Villachica, Ing. José Mogrovejo, Ing. Luis Calzado P.

14. Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Residuos

Sólidos Provenientes de Actividades Mineras

República del Perú – M.E.M.

Sub Sector de Minería - D.G.A.

Erick Rennat

15. Guía para el Cierre y Abandono de Minas

República del Perú – M.E.M.

Sub Sector de Minería - D.G.A.

Dr. Dirk Van Zy, Ing. Carlos Villachica, Ing. José Mogrovejo

16. Compendio de Normas Ambientales para las Actividades Minero Energéticas

República del Perú – M.E.M.

Sub Sector de Minería - D.G.A.

1997

17. Proyecto Tratamiento para efluentes de la Presa de Relaves Chinchán

Empresa Minera Yauliyacu S.A. / Consultores Servicios Hídricos. S.R.L.

Enero – 1999.

18. Seminario Taller - Estabilidad Física de Depósitos de Relaves

C.I.P - Universidad Nacional de Ingeniería F.I.C. & CISMID

Dr. Jorge Alva, M.s. C. Villachica, M.s. Denys Parra

Junio 1998.

19. Seminario Taller – Presas de Relaves

UNI – FIGMM.

Ing. Abel Ordóñez.

Nov. 1997

20. Seminario – Medidas Correctivas para Mejorar la Estabilidad de Presas de Relaves

Ing. Miguel de la Torre S.

Junio – 1996.

21. Diseño y Evaluación del Comportamiento Físico de Presas de Relaves

Primer Simposium Nacional de Medio Ambiente. - C.I.P.

Dr. Vinod Garga – Univ. de Ottawa Canadá

Junio 1997.