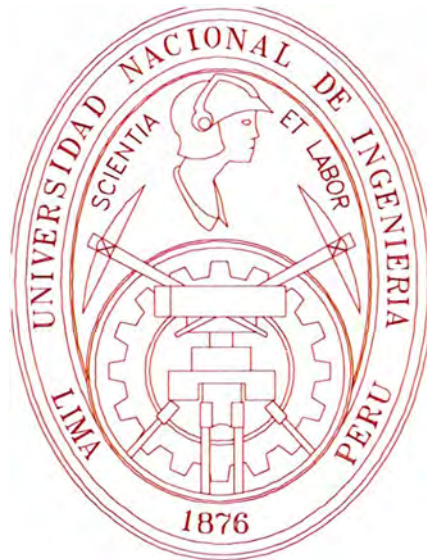


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL
RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE
RELAVES EXPLORADOR**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JUAN JOSÉ FRANCO ZENOZAIN

*Lima – Perú
2008*

ÍNDICE

ÍNDICE	2
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE ANEXOS	7
LISTA DE PLANOS	8

ÍNDICE

RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
I. GENERALIDADES	13
1.1 Objetivos	13
1.2 Ubicación del proyecto	13
1.3 Desarrollo del proyecto	14
II. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DE RELAVES	15
2.1 Generalidades	15
2.2 Características Físicas	15
2.2.1 Forma de Deposición	15
2.2.2 Granulometría del Relave Global	17
2.3 Características Estructurales	17
2.3.1 Ángulo de Fricción Interna	17
2.3.2 Permeabilidad	19
2.3.3 Densidad In Situ	19
2.4 Características Químicas	20
2.4.1 Relaves Sólidos	20
2.4.2 Drenaje Ácido de Relaves	20
2.5 Tipos de Depósitos de Relaves	23
2.5.1 Aguas Arriba	24
2.5.2 Aguas Abajo	24
2.5.3 Línea Central	24
III. ANTECEDENTES Y ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR	29
3.1 Generalidades	29
3.2 Antecedentes	30

3.2.1	Descripción del Proyecto – Primera Alternativa	31
3.2.2	Descripción del Proyecto – Segunda Alternativa	35
3.2.3	Evaluación de Alternativas de Recrecimiento	37
3.2.4	Criterios de Diseño	38
3.3	Investigaciones de Campo	39
3.3.1	Topografía	39
3.3.2	Geología	40
3.3.3	Geotécnia	40
3.4	Caracterización del Emplazamiento	43
3.4.1	Geología	44
3.4.2	Geotécnia	47
3.4.3	Sismicidad	51
3.4.4	Clima	51
3.4.5	Estudio Hidrológico	56
3.5	Balance de Agua y Masa	58
3.5.1	Generalidades	58
3.5.2	Ingresos y Salidas de Agua	59
IV.	DISEÑO DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR	62
4.1	Generalidades	62
4.2	Características del Recrecimiento de la Presa Explorador	63
4.3	Características de las Presas Laterales N° 1 y 2	65
4.4	Canal Vertedero de Emergencia	66
4.5	Nueva Instrumentación	67
4.6	Materiales de Construcción para el Recrecimiento	67
4.6.1	Material tipo “B”	68
4.6.2	Material tipo “C”	68
4.6.3	Capa de Rodadura	70
4.6.4	Geomembrana	70
4.6.5	Concreto	70
4.7	Análisis de Estabilidad Estática y Pseudo–Estática	72
4.7.1	Metodología Empleada	72
4.7.2	Secciones de Análisis	72
4.7.3	Aceleración Sísmica de Diseño	73

4.7.4	Nivel Freático	73
4.7.5	Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales	74
4.7.6	Riesgo de Licuación	75
4.7.7	Factores de Seguridad Mínimos Permisibles	76
4.7.8	Resultados de Análisis de la Estabilidad	76
4.8	Análisis Dinámico Bidimensional de Deformaciones	77
4.8.1	Acelerograma de Entrada	77
4.8.2	Propiedades Dinámicas del Material	78
4.8.3	Modelo de Elementos Finitos	80
4.8.4	Resultados y Conclusiones	80
4.9	Estimación del Costo de la Construcción	83
V.	CONTROL DE CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	85
5.1	Generalidades	85
5.2	Metodología	86
5.3	Control Topográfico	86
5.4	Control de Calidad de los Materiales de Construcción	87
5.4.1	Materiales de Relleno Compactado	87
5.4.2	Canteras de Préstamo	92
5.4.3	Geomembrana	93
5.4.4	Concreto	95
5.5	Mantenimiento y Monitoreo de la Obra	95
	CONCLUSIONES	96
	RECOMENDACIONES	100
	BIBLIOGRAFÍA	102
	ANEXOS	103
	PLANOS	195

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II: Características de los Depósitos de Relaves

Figura 2–1	Deposición Hidráulica y Características de Descarga.	11
Figura 2–2	Ángulo de Fricción de Arenas en Función del valor N de SPT.	18
Figura 2–3	Proceso de Generación e Infiltración de Drenaje Ácido de Mina.	21
Figura 2–4	Tipos de Depósitos de Relave Elevados.	25
Figura 2–5	Comparación de los Volúmenes de Relleno para los Distintos Tipos de Depósitos de Relave.	26

Capítulo III: Antecedentes y Estudios Básicos para el Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador

Figura 3–1	Huso Granulométrico de los Materiales de Relleno para la Conformación de la Presa de Arranque Explorador.	35
Figura 3–2	Relación Precipitación Media Anual – Altitud (Periodo 1964–1982).	53
Figura 3–3	Precipitaciones Anuales Estimadas para Años Secos y Húmedos.	54
Figura 3–4	Distribución Mensual de la Precipitación en Explorador (Precipitación Total Media Anual=1,054.4 mm).	55
Figura 3–5	Distribución Mensual de la Evaporación en la Estación El Pañe (Evaporación Total Media Anual= 1,324.7 mm).	56
Figura 3–6	Balace de Agua y Masa del Depósito de Relaves Explorador.	61

Capítulo IV: Diseño del Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador

Figura 4–1	Huso Granulométrico de los Materiales de Relleno para el Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador.	72
Figura 4–2	Zonificación del Coeficiente Sísmico en el Perú (Ruesta et al., 1998).	74
Figura 4–3	Acelerograma Modelo.	78
Figura 4–4	Módulo Cortante de Arenas (Seed e Idriss, 1970).	78
Figura 4–5	Amortiguamiento de Arenas (Seed e Idriss, 1970).	79
Figura 4–6	Módulo Cortante para Gravas (Seed, 1984).	79
Figura 4–7	Amortiguamiento de Gravas (Seed, 1984).	79

Figura 4–8	Malla de Elementos Finitos.	80
Figura 4–9	Desplazamiento Máximo en Dirección X.	81
Figura 4–10	Desplazamiento Máximo en Dirección Y.	81
Figura 4–11	Ubicación del Punto Representativo.	82
Figura 4–12	Respuesta del Punto Representativo (salida).	82

LISTA DE TABLAS

Capítulo II: Características de los Depósitos de Relaves

Tabla 2–1	Propiedades y Características de Arenas de Relave y Lamas.	22
Tabla 2–2	Resultados del Ensayo Balance Ácido – Base (ABA) de la Muestra de relave del Depósito Explorador.	22
Tabla 2–3	Análisis Mineralógico de la Muestra de relave del Depósito de Relaves Explorador.	23
Tabla 2–4	Incidencias por Tipos de Depósitos.	27
Tabla 2–5	Causas de Fallas y Accidentes en Depósitos de Tipo Aguas Arriba en el Mundo.	27

Capítulo III: Antecedentes y Estudios Básicos para el Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador

Tabla 3–1	Resumen de las Elevaciones de la Presa Explorador por Etapas.	34
Tabla 3–2	Calicatas y Trincheras para el Recrecimiento de la Presa Explorador y Obras Afines.	41
Tabla 3–3	Calicatas y Trincheras de las Canteras de Préstamo para el Recrecimiento de la Presa Explorador y Obras Afines.	42
Tabla 3–4	Resultados de los Ensayos de Carga Puntual en la Roca.	43
Tabla 3–5	Cuadro Resumen de Canteras Propuestas.	49
Tabla 3–6	Características Geotécnicas de las Canteras.	50
Tabla 3–7	Estaciones Hidrometeorológicas Empleadas.	52
Tabla 3–8	Precipitaciones Máximas Diarias, Caudales Máximos y Escorrentías Máximas.	58

Capítulo IV: Diseño del Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador

Tabla 4–1	Granulometría de los Materiales tipo “B” y “C”.	69
Tabla 4–2	Requisitos de los Materiales tipo “B” y “C”.	69
Tabla 4–3	Resumen de Metrados de los Materiales para el Recrecimiento del Depósito.	71
Tabla 4–4	Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales.	75
Tabla 4–5	Valores Mínimos Admisibles del Factor de Seguridad.	76
Tabla 4–6	Resumen de los Factores de Seguridad Obtenidos.	76
Tabla 4–7	Costo de Construcción Estimado por Tonelada de Relave Depositado.	83
Tabla 4–8	Presupuesto Estimado para la Construcción del Recrecimiento del Depósito Explorador.	84

Capítulo V: Control de Calidad de la Construcción

Tabla 5–1	Ensayos, Frecuencia y Especificación.	89
Tabla 5–2	Frecuencia de Ensayos Realizados en los Materiales de Relleno.	90
Tabla 5–3	Características de las Canteras Explotadas.	92
Tabla 5–4	Especificaciones Técnicas de la Geomembrana de HDPE, e=1.5 mm	93

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Perfiles Estratigráficos de Sondeos – Zona de Cimentación del Recrecimiento.	104
Anexo 2	Resultados de Ensayos de Laboratorio.	112
	Anexo 2.1 Zona de Cimentación del Recrecimiento.	113
	Anexo 2.2 Material Tipo B.	121
	Anexo 2.3 Material Tipo C.	127
	Anexo 2.4 Ensayos de Carga Puntual.	133
Anexo 3	Estudio Hidrológico.	135
	Anexo 3.1 Registros de Precipitación Total Mensual (mm) – Estaciones: Urayhuma, Antabamba, Chalhuanca y Abancay.	136
	Anexo 3.2 Estimación de la Precipitación Total Mensual (mm) de la Cuenca Explorador.	139
	Anexo 3.3 Evaporación Total Completada (mm) – Estación El Pañe.	141
	Anexo 3.4 Registro Histórico de Precipitación Máxima en 24 horas (mm) –	

	Estación Urayhuma.	143
Anexo 4	Análisis de Estabilidad Estática y Pseudo–Estática.	145
Anexo 5	Resumen de Ensayos Realizados.	154
	Anexo 5.1 Relleno del Dren con Material Tipo B.	155
	Anexo 5.2 Relleno General con Material Tipo C.	161
	Anexo 5.3 Geomembrana de HDPE (e=1.5 mm).	168
	Anexo 5.3.1 Certificado de Calidad de Fábrica de la Geomembrana.	169
	Anexo 5.3.2 Control de calidad de la Geomembrana.	171
Anexo 6	Registro Fotográfico.	174

LISTA DE PLANOS

Plano N° 1	Ubicación del Proyecto.
Plano N° 2	Arreglo General – Etapa I (Año 0) – Primera Alternativa.
Plano N° 3	Arreglo General – Etapa II (Año 3) – Primera Alternativa.
Plano N° 4	Arreglo General – Etapa III (Año 6) – Primera Alternativa.
Plano N° 5	Presa Explorador – Sección Típica – Primera Alternativa.
Plano N° 6	Topografía Inicial.
Plano N° 7	Área de Cuenca.
Plano N° 8	Arreglo General y Ubicación de Sondeos – Planta – Segunda Alternativa.
Plano N° 9	Ubicación de Canteras.
Plano N° 10	Geología Superficial Inicial – Planta.
Plano N° 11	Secciones Geológicas y Geotécnicas Iniciales: Presa Explorador.
Plano N° 12	Geología Superficial – Planta.
Plano N° 13	Secciones Geológicas y Geotécnicas: Presa Explorador – Progresivas: 0+080 – 0+120 – 0+180.
Plano N° 14	Secciones Geológicas y Geotécnicas: Presas Laterales N° 1 y 2 y Canal Vertedero de Emergencia.
Plano N° 15	Presa Explorador – Planta.
Plano N° 16	Presa Explorador – Sección Típica.
Plano N° 17	Presa Explorador – Secciones Transversales, Progresivas: 0+000 a 0+030.
Plano N° 18	Presa Explorador – Secciones Transversales, Progresivas: 0+040 a 0+090.
Plano N° 19	Presa Explorador – Secciones Transversales, Progresivas: 0+100 a 0+150.
Plano N° 20	Presa Explorador – Secciones Transversales, Progresivas: 0+160 a 0+210.

- Plano N° 21 Presa Explorador – Secciones Transversales, Progresivas: 0+220 a 0+290.
- Plano N° 22 Presa Laterales N° 1 y 2 – Planta.
- Plano N° 23 Presa Lateral N° 1 – Secciones Transversales, Progresivas: 0+000 a 0+49.318.
- Plano N° 24 Presa Lateral N° 2 – Secciones Transversales, Progresivas: 0+000 a 0+25.247.
- Plano N° 25 Canal Vertedero de Emergencia – Planta y Detalles.
- Plano N° 26 Alcantarilla Tipo Marco – Estructuras.
- Plano N° 27 Piezómetros de Tubo Abierto y Detalles.
- Plano N° 28 Instalación de Geomembranas – Planta.

A Jehová, por todo.

A mis Padres: Melanio y Margarita, por darme la vida, su amor y mi educación.

A mis hermanos: César, Celia, Francisco, Tania, María, Rita, Jesús, Guisela, Yuly, Kely y David, por su apoyo, comprensión y cariño.

A Pilar y Sebastián, mis dos amores que Dios me ha dado.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer primeramente a mis queridos padres, Melanio y Margarita, a quienes debo mi existencia, mi formación como persona y como profesional, ya que sin su apoyo incondicional y permanente hubiese sido más difícil mi camino emprendido.

A mi hermana Celia de manera muy especial, por su dedicación, amor, perseverancia y ayuda incasable, desde mis inicios en mi preparación académica hasta gran parte de mi vida universitaria.

A mis hermanos menores Jesús, Guisela, Yuly, Kely y David, por ser buenos de corazón y por su comprensión en el largo camino de mi formación.

A mis hermanos mayores María, Tania, Rita, César y Francisco, por su consejo, apoyo moral y cariño.

A mi compañera de toda la vida y la que Dios puso en mi camino, María del Pilar Aguilar Ramos A Sebastián, nuestro adorado hijo, fruto de nuestro amor y gran estímulo para mi vida.

A mis buenos amigos de años y de siempre: Yovana Ballestra, Miguel Chuquitanta y Jorge Carranza, por su amistad y comprensión.

Al Dr. Ing. Zenón Aguilar Bardales, por ser mi asesor, guía, gran profesional intachable y ejemplo para muchos jóvenes y profesionales, Dios le bendiga a él y a toda su familia.

Al Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID, por acogerme desde mis inicios como egresado y darme mis primeras experiencias en el campo profesional. A los doctores: Zenón Aguilar, Jorge Olarte y Carlos Zavala; a los ingenieros: Robert Aguilar, Milagros Castro Cuba, Martín Rodríguez, Carlos Huamán, Carlos Soto, Francisco Ríos, David Luna, Ronald Macazana, Fernando Lazares, Carlos Livia, Luis Gonzáles y Luis Chang; a mis buenos amigos de la universidad: Ramiro Piedra, César Luna, Silvia Alarcón, Yesenia Ninfa, Juan Pablo Almora, José Castro, José Tataje y Juan Velarde; a los técnicos: Bonifacio Pérez, Marco Rivera, Víctor Valenzuela, Julio Olavarria, Tomás Guerrero, Jackson

Fernandez y Larry; y demás amigos: Gladys Talaverano, Manuel Centurión, Carlos Cobos, Sra. Pilar Handabaca, Sra. Lucha Portal, Pamela Gonzáles y todos en general

A SVS Ingenieros SAC, empresa que me acogió y permitió desarrollarme más como persona y profesional, a los ingenieros: Carlos Soldi, Antonio Samaniego, Edwin Vásquez, Orlando Felix y Ego Maguiña; a mis amigos y colegas: Hugo Cruz Polo, Pavel Oyola, Edward Escudero, Joel Cabrera, Emiliano Maquera, Fabiola Serazo, Juan de Dios Meléndez, Martín Villanueva, Ruth Norhabuena; y a los demás amigos de dicha empresa: Liliana Lozano, Josué Tunki, Neils Alva y Hugo Calixto.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), por haberme formado y darme la profesión que tengo.

RESUMEN

El presente trabajo presenta las actividades a realizar para desarrollar el diseño del recrecimiento de un depósito de relaves, así como también el control de calidad de su construcción. Para ello, se consideró el Depósito de Relaves Explorador, correspondiente a la Unidad Operativa Explorador de la Compañía Minera Ares (CMA), ubicada en el departamento de Apurímac.

Para una mejor visión del informe, se hace una descripción de las características generales de los depósitos de relave, indicando además las características físicas, estructurales y químicas de los relaves y los tipos de depósitos de relaves que existen. Cabe indicar que los relaves depositados en el Depósito Explorador corresponden a los generados por el proceso de flotación.

Para el caso del diseño del recrecimiento del depósito, se evaluó inicialmente dos alternativas de recrecimiento, eligiéndose aquella que técnica y económicamente sea la mejor. Luego, teniendo en cuenta los estudios anteriores y actuales realizados, se propuso el diseño del recrecimiento del depósito, el mismo que debería de asegurar la estabilidad física y química del depósito.

En lo referido a la estabilidad física del depósito, se presentan los resultados del análisis estático, pseudo-estático y dinámico realizado. Este último, analizado para el análisis bidimensional considerando el sismo ocurrido en Moquegua (2001), lo cual nos sirve para el cálculo de los desplazamientos luego de ocurrido el sismo.

En lo referido al control de calidad de la obra, se plantea una metodología de trabajo, propia para estos tipos de estructuras, donde se tiene en cuenta principalmente el control topográfico, el control de calidad de los materiales de construcción y el mantenimiento y monitoreo de obra.

INTRODUCCIÓN

Muchos de los depósitos de relaves en el Perú están ubicados en las zonas altas de los Andes, a lo largo de quebradas, o en algunos casos, en cauces principales o tributarios de los ríos más cercanos. La Sierra de nuestro país presenta una alta actividad sísmica, que hace necesaria, que tanto los diseños como las construcciones de los depósitos de relaves se realicen de manera adecuada y acertada con la finalidad de asegurar la estabilidad física y química de estos, antes, durante y después de la etapa de operación del depósito; que se produzca el nulo o mínimo impacto ambiental posible sobre el ecosistema circundante; así como proteger la propiedad privada y la salud y subsistencia de las poblaciones aledañas.

En tal sentido, el presente informe titulado: **“DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR”**, tiene como objetivos establecer previamente la mejor alternativa de recrecimiento del depósito mencionado, luego desarrollar todos los estudios correspondientes que garanticen la estabilidad física y química del mismo y finalmente desarrollar una metodología para el control de calidad de su construcción, propia para estas tipos de estructuras.

El recrecimiento del depósito comprende la construcción de cuatro (4) estructuras: Sobre elevación del dique de arranque existente (Presa Explorador), Presas Laterales Nº 1 y 2 y un Canal Vertedero de Emergencia; permitiendo estas, la sobre elevación del depósito y el incremento de su capacidad de almacenamiento y vida útil.

En el Capítulo I, correspondiente a las generalidades, se presenta los objetivos del presente informe, la ubicación del proyecto y la descripción de este último, desde su concepción inicial hasta su recrecimiento final.

En el Capítulo II, correspondiente a las Características de los Depósitos de Relaves, se hace una descripción de las características generales de los depósitos de relave, indicando además las características físicas, estructurales y químicas de los relaves y los tipos de depósitos de relaves que existen.

En el Capítulo III, correspondiente a los antecedentes y estudios básicos se presenta en resumen los antecedentes del depósito, las dos alternativas de recrecimiento y los estudios preliminares, como son, los estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos, de sismicidad y geoquímicos.

En el Capítulo IV, correspondiente al diseño del recrecimiento, se presenta las características de las estructuras a construirse, la descripción de la nueva instrumentación del depósito y las características de los materiales de construcción para el recrecimiento. Finalmente, se presenta los análisis de estabilidad estático, pseudo-estático y dinámico, determinándose en este último las deformaciones que se pueden producir en la cresta de la Presa Explorador, ante la ocurrencia de un sismo.

En el Capítulo V, correspondiente al control de calidad de la construcción, se presenta la metodología empleada para ello, la cual consiste en hacer el control topográfico, el control de calidad de los materiales de construcción y el mantenimiento y monitoreo de obra.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones de este informe.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

Los objetivos principales del presente informe son: realizar el diseño del recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador y desarrollar el control de calidad de su construcción.

Dicho recrecimiento comprende la construcción de cuatro (4) estructuras: Sobre elevación del dique de arranque existente (Presa Explorador), Presas Laterales N° 1 y 2 y un Canal Vertedero de Emergencia; permitiendo de esta forma, la sobre elevación del depósito y el incremento de su capacidad de almacenamiento y vida útil. Para el diseño, se han desarrollado los estudios geológicos, geotécnicos, sísmicos e hidrológicos correspondientes, además de los análisis de estabilidad y análisis dinámico de deformaciones de las presas. En el control de calidad de la obra, se ha utilizado una metodología que consiste en el control topográfico y el control de calidad de los materiales de construcción, así como la verificación de los procedimientos constructivos más importantes en obra. Adicionalmente, se recomienda algunas medidas de control para el mantenimiento y monitoreo de obra, aplicables luego de concluida esta última.

En consecuencia, es de suma importancia el diseño, la construcción y el control de calidad de toda obra; siendo no ajeno de esto, los depósitos de relaves en el Perú.

1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Depósito de Relaves Explorador de la mina Selene, Unidad Operativa Explorador, está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera Occidental, muy cerca de la divisoria de aguas continental, en el departamento de Apurímac (cerca de la frontera con Ayacucho), provincia de Aymaraes, distrito de Cotaruse y a 46 km al Este de la ciudad de Chalhuanca. El área de estudio esta localizado entre las coordenadas 699,800 E, 8'378,500 N y 700,700 E, 8'379,300 N y a una altitud promedio de 4,500 msnm (ver Plano N° 1).

El acceso a la zona de estudio es siguiendo la ruta Lima–Nazca (Carretera Panamericana Sur), continuando luego por la carretera Nazca–Abancay–Cusco hasta la altura del pueblo de Izcahuaca (antes de Chalhuanca) y finalmente siguiendo por una trocha carrozable por un lapso de 1.5 horas aproximadamente, siendo la distancia total aproximada a la zona del proyecto de 850 km.

El Depósito de Relaves Explorador esta ubicado a aproximadamente 1.5 km al Este de la planta concentradora y tiene un área de embalse aproximada de 8.0 ha (ver Plano N° 9).

1.3 DESARROLLO DEL PROYECTO

Para desarrollar el proyecto del recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador, tuvo que realizarse varios pasos previos y actuales, los cuales describimos a continuación desde su diseño inicial hasta su recrecimiento final:

- a) Diseño Inicial realizado en Febrero de 2003, que comprendía tres etapas para la construcción del depósito. En la Etapa I se construiría un dique de arranque denominado Presa Explorador y para el recrecimiento del depósito se requeriría dos etapas posteriores (Etapas II y III).
- b) Construcción de la Etapa I del depósito, ejecutada entre Mayo y Setiembre de 2003.
- c) Informe de Ingeniería Conceptual, desarrollado en Mayo de 2005 para plantear una segunda opción de recrecimiento a lo indicado en el inciso “a”, la cual comprendía realizar el recrecimiento del depósito en una sola etapa.
- d) Aprobación del Diseño de la Ingeniería Conceptual del recrecimiento, por parte de la Compañía Minera Ares (CMA) en Abril de 2005.
- e) Diseño Definitivo del Recrecimiento del depósito, desarrollado en Julio de 2005.
- f) Construcción del recrecimiento del depósito (en una sola etapa), que comprendía la sobre elevación de la Presa Explorador y la construcción de las Presas Laterales N° 1 y 2 y del Canal Vertedero de Emergencia, ejecutadas entre Setiembre y Diciembre de 2005.

El presente informe comprende y se desarrolla preferentemente desde la parte conceptual del recrecimiento del depósito hasta la construcción del mismo (inciso “c” a inciso “f”).

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DE RELAVES

2.1 GENERALIDADES

El relave es un material residual sólido, cuyo tamaño varía entre la arena y limo, y proviene del proceso de concentración de minerales que son producidos, transportados y depositados en forma de lodo o pulpa al lugar destinado para su almacenamiento, denominado "Depósito de Relave", construido este en un lugar geográfico adecuado y contenido en muchos casos por uno o más diques. Los relaves contenidos por el Depósito de Relaves Explorador corresponden a los generados por el proceso de flotación en la extracción metalúrgica de los minerales de oro y plata (concentrados).

El proceso de concentración se inicia con el chancado del material proveniente de la mina, por medio de una serie de chancadoras (primaria, secundaria, etc) para ser reducido a tamaños menores a un milímetro. Seguidamente se añade agua al mineral molido, permaneciendo en forma de lodo (pulpa) a través del resto de la extracción. El paso siguiente se denomina flotación, donde pequeñas burbujas de aire adheridas a partículas que contienen el mineral que se desea extraer se elevan a la superficie de un tanque agitado. Finalmente el mineral es separado y el material de desecho que queda constituye el relave.

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las características físicas de los relaves dependen fundamentalmente de la forma hidráulica de deposición, siendo esto importante para comprender el comportamiento del depósito ante los efectos de carga, infiltración y movimiento sísmico.

2.2.1 Forma de deposición

En los depósitos de relaves, la pulpa es descargada desde la cresta del dique, ya sea a través de grifos en línea espaciados más o menos de 10 a 50 metros o por una reubicación periódica del extremo de la tubería de descarga, tal como se muestra en la Figura 2-1 (a).

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

De acuerdo al procedimiento de deposición de la pulpa se crean zonas de relave en el depósito, donde el material más grueso se asienta inicialmente y el más fino se coloca lejos de la playa. Se conocen estos materiales por la siguiente terminología:

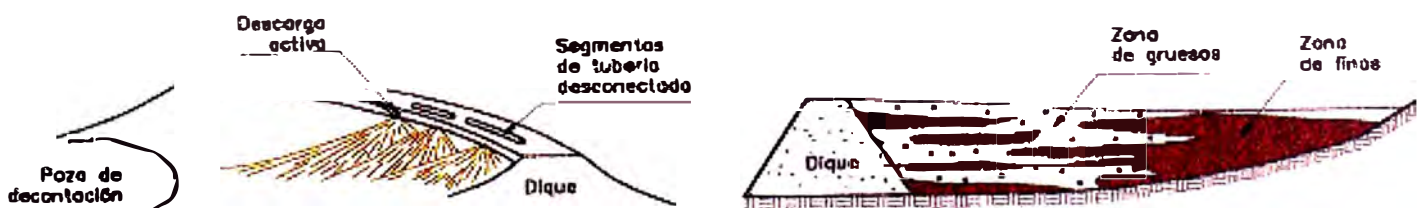
Arenas: Llamados también arenas de relaves, relaves arenosos o relaves gruesos. Son materiales de diámetro mayores de 0.074 mm.

Lamas: Llamados también relaves finos. Son materiales de diámetro menores de 0.074 mm.

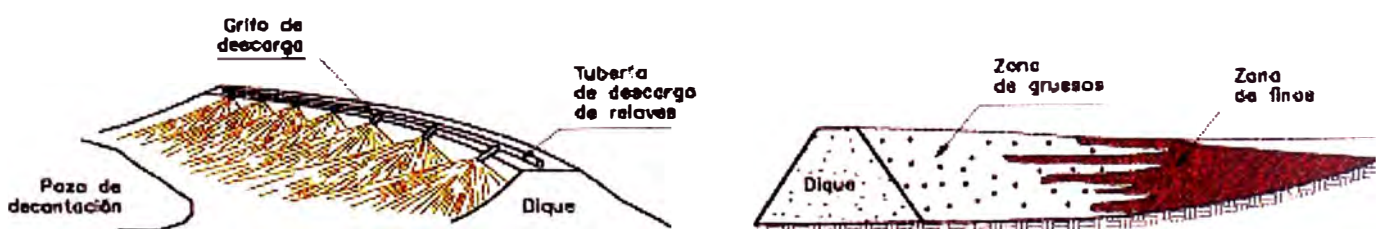
Debido a esta forma de deposición se generan modelos hipotéticos de segregación por tamaño y permeabilidad, mostrados en la Figura 2–1(b). Aunque este modelo en realidad es una figura más compleja y esta gobernado por los procedimientos de descarga. El grado actual de segregación por tamaño varía notablemente para cada depósito, de acuerdo a factores tales como la fineza de molienda, el contenido de sólidos, el caudal y el PH de la pulpa descargada. Además de influenciar en el talud y en la densidad in situ de los relaves.

Figura 2–1: Deposición Hidráulica y Características de Descarga.

i) Descarga por un solo punto



ii) Descarga por capas



(a)

(b)

2.2.2 Granulometría del Relave Global

La granulometría del relave global queda determinada por el proceso de molienda en la concentradora, el cual generalmente se optimiza para maximizar la recuperación del metal, esto puede ser contraproducente, ya que da lugar a relaves que tienen características menos favorables para deposición. El relave global es el material producido en la concentradora antes de la descarga.

Es importante para las minas en el Perú, que la molienda debe basarse no solamente en una óptima recuperación del material sino en la óptima combinación de la deposición del relave, el método de minado y los factores de recuperación.

2.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

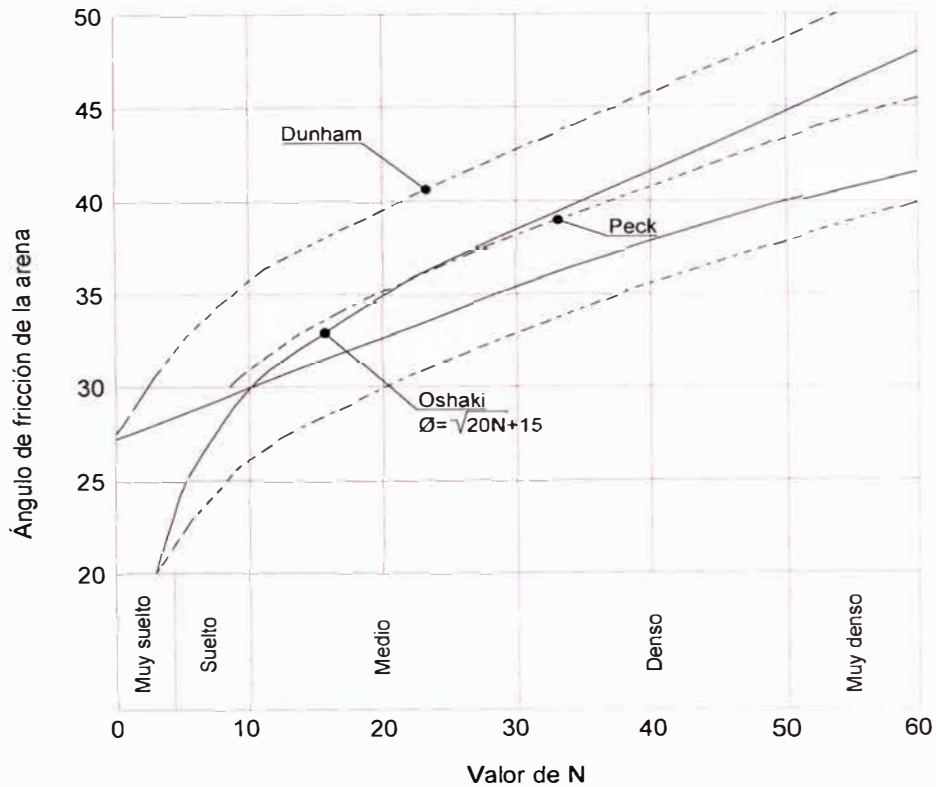
Son aquellas características geotécnicas de los depósitos de relave que gobiernan su comportamiento frente a la estabilidad, infiltración y deformación, dependiendo notablemente de la predominancia de las arenas o las lamas y del grado de interestratificación.

2.3.1 Ángulo de Fricción Interna

Representa la resistencia al corte de los relaves, siendo en el caso de los relaves arenosos mayor en relación a la mayoría de los suelos naturales, debido a la angularidad de las partículas producto de la molienda. Sin embargo, las lamas son débiles y compresibles, con una baja resistencia al corte en condiciones no drenadas.

El relave del Depósito Explorador está clasificado según SUCS como arenas limosas no plásticas (relave grueso), y arcillas limosas de baja plasticidad (relave fino). Para la determinación del ángulo de fricción interna de estos materiales se puede tener en cuenta correlaciones empíricas existentes para suelos arenosos, debido a las características de plasticidad nula de la mayoría de las arenas limosas, correspondiente a los relaves gruesos. La correlación presentada a continuación, puede servir de referencia para estimar el ángulo de fricción en este tipo de materiales. Estas correlaciones están basadas en los valores “*N*” de resistencia a la penetración del ensayo de penetración estándar (SPT) y son presentadas en la Figura 2–2.

Figura 2–2: Ángulo de Fricción de Arenas en Función del Valor de N del SPT.



En esta figura se puede observar que la correlación propuesta por Ohsaki (1950) proporciona una curva promedio a las otras presentadas por diversos autores. La fórmula empírica es la siguiente:

$$\bar{\phi} = \sqrt{20N_1} + 15$$

Donde:

$\bar{\phi}$ = Ángulo de fricción interna del suelo.

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

N_1 = Número de golpes corregido.

Los valores de N son corregidos por efecto de sobrecarga utilizando la siguiente expresión propuesta por Seed et al. (1984):

$$N_1 = N \times C_N$$

Donde:

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 sobrecarga de 1 kg/cm².

Liao y Whitman (1985) proponen la siguiente expresión para el cálculo del factor de corrección:

$$C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma_0}} \quad ; \quad C_N < 2.0$$

Donde:

$\overline{\sigma_0}$ = Esfuerzo efectivo vertical inicial en kg/cm².

2.3.2 Permeabilidad

Las arenas de relave drenan por gravedad como consecuencia de la alta porosidad generada por el proceso de cicloneo; las lamas no responden al drenaje por gravedad debido a las altas fuerzas de capilaridad asociadas por el pequeño tamaño de las partículas.

Dependiendo de la presión efectiva a que están sometidos, la permeabilidad de los relaves arenosos varía aproximadamente de 10⁻³ a 10⁻⁴ cm/s, mientras que en las lamas varían de 10⁻⁵ a 10⁻⁶ cm/s.

La permeabilidad esta dada por la fórmula de Hazen's:

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

Donde:

K = Permeabilidad en cm/s

d_{10} = Tamaño de la abertura en mm por donde pasa el 10% del material.

Esta relación ha probado ser muy exacta para relaves de metales básicos y metales preciosos de todos los tipos. Proporciona la permeabilidad de estratos individuales, y no necesariamente del relave en conjunto, ya que depende de la interestratificación.

2.3.3 Densidad In Situ

La deposición hidráulica ordinaria de arena de relave y lamas produce bajas densidades in situ y condiciones sueltas y blandas, tal como lo indican los resultados del ensayo SPT

(Seed et al.), con promedios típicos entre 5 a 10 golpes/30 cm para las playas de arenas recientemente depositadas y entre 1 a 3 golpes/30 cm para las lamas.

2.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Las características químicas pueden variar ampliamente de un yacimiento a otro, dependiendo del tipo de mineral extraído, ocasionando variaciones en las características químicas de los relaves extraídos.

2.4.1 Relaves Sólidos

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

Se ha observado que durante el procesamiento de la concentradora las partículas sulfurosas más pesadas eran separadas preferencialmente con las partículas más gruesas (Villachica y Parra, 1980), en tal razón ello ocasionaba la sobremolienda de los sulfuros a partículas mucho más finas. Esto tiende a concentrar los minerales más pesados tales como la galena y pirita en las partículas finas de los relaves.

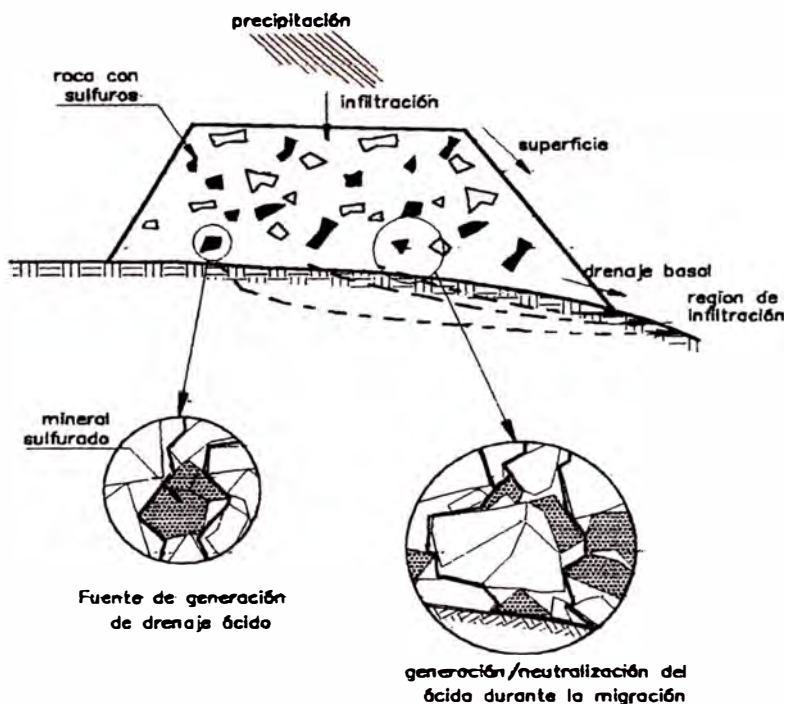
Este efecto de tamaño de partícula y densidad tiene influencia en la distribución granulométrica de la concentración del metal sólido dentro del depósito de relave, y las propiedades estructurales relacionadas con el tamaño de la partícula, tales como la permeabilidad y la retención de humedad por largo tiempo, también pueden afectar preferentemente la movilidad de cualquier especie metálica soluble así como la generación y movilidad de productos de los sulfuros.

2.4.2 Drenaje Ácido de Relaves

Es la ocurrencia de afluentes con PH bajos y ácidos (llegándose a niveles de PH cercanos a 2) y que son denominados también “aguas ácidas de mina”, que viene a ser el efluente contaminado que resulta de la oxidación de las piritas (sulfuros) y otros sulfuros de ganga, en presencia de agua y oxígeno u otro agente oxidante, estando originalmente presentes dichos metales en el relave. La oxidación de los sulfuros da lugar a ácido sulfúrico y sulfato férrico que a su vez constituyen los agentes lixiviantes y oxidantes que

disuelven otros metales y agravan el carácter contaminante de los efluentes generados en los depósitos de relave, tal como se esquematiza en la Figura 2–3.

Figura 2–3: Proceso de Generación e Infiltración de Drenaje Ácido de Mina.



Además de la posible formación de aguas ácidas en las canchas de relaves, también se pueden formar aguas ácidas en las operaciones de mina subterránea, al pasar el agua de infiltración por zonas mineralizadas y, en los botaderos de desmonte o mineral estéril a causa de las infiltraciones naturales y las precipitaciones.

Es casi imposible detener completamente el proceso una vez que se ha iniciado y los efectos de la acidificación pueden continuar por muchos siglos. Por ello, el tema del drenaje ácido de relaves es el problema más importante que afecta al medio ambiente (riachuelos, suelo, flora y fauna) causado por la industria minera, más aun, es el más dañino y difícil de tratar, y puede no ser evidente aun muchos años después del periodo de cierre de operaciones. Entre las técnicas disponibles (03) para mitigar los efectos de drenaje ácido en depósitos de relaves tenemos: Tratamiento de Flujos Superficiales, Disposición Subacuática y las Coberturas (ver Tesis de grado titulada: "Plan de Abandono de Depósitos de Relave en la Zona de Casapalca", UNI-FIC 2001, páginas 102, 103, 128 y 129).

En la Tabla 2–1, se resumen las propiedades importantes de arenas de relave y lamas.

Tabla 2–1: Propiedades y Características de Arenas de Relave y Lamas.

Propiedades	Arenas de Relave	Lamas
Resistencia al corte	Alta (esfuerzos efectivos)	Baja (no drenado)
Compresibilidad	Alta – moderada	Moderada – baja
Drenaje por gravedad (retención)	Relativamente rápido	Sin drenaje por gravedad
Compactación	Moderada a buena	Muy pobre
Susceptibilidad a la licuación	Alto cuando esta saturada y baja si es compactada	Alta
Susceptibilidad a la generación de ácidos (sólo físico)	<ul style="list-style-type: none"> – Muy alta – Drena rápidamente – Alto ingreso de O₂ – Mucha infiltración 	<ul style="list-style-type: none"> – Muy baja – Retiene la saturación – Poco ingreso de O₂ – Poca infiltración

En las Tablas 2–2 y 2–3 siguientes se resumen el ensayo de Balance Ácido–Base (ABA) y el ensayo mineralógico respectivamente, realizados al relave contenido por el Depósito Explorador y con sus correspondientes análisis de resultados mostrados en la parte inferior de dichos cuadros. Según el ensayo ABA, que permite determinar el potencial generador de aguas ácidas el PH de la pulpa es 7.15 y el potencial neto de neutralización (NNP) es 0.0. Además, de la Tabla 2–3 se puede observar que el relave prácticamente no tiene contenido de pirita (0.16%), por lo que se espera que no sean generadores de ácidos, sin embargo deberán hacerse en el futuro pruebas adicionales periódicas para corroborar esta afirmación (ensayo de lixiviado, ensayos ICP y granulometría de los relaves). Cabe precisar que la caracterización de los relaves es muy importante para el plan de cierre de los depósitos de relave.

Tabla 2–2: Resultados del Ensayo Balance Ácido – Base (ABA) de la Muestra de Relave del Depósito Explorador.

Parámetros	Resultados
PH de pulpa	7.15
Clasificación de siseo (Fizz)	Ninguno
Azufre total (%)	No tiene
Azufre–sulfato (%)	No tiene
Azufre–sulfuro calculado (%)	No tiene
Potencial Ácido (kg CaCO ₃ /T) = AP	0
Potencial de Neutralización (kg CaCO ₃ /T) = NP	0
Potencial Neto Neutralizante NNP = NP–AP	0
NP/AP	0

FUENTE: Laboratorio de Análisis Químicos de la Sección de Ingeniería de Minas de la PUCP.

Criterios de Análisis de Generación de Aguas Ácidas (J. Cárdenas, 2001):

a) **Primer Criterio:**

- Si el NNP > +20 kg de CaCO₃/TM → No habrá drenaje ácido.
- Si el NNP < -20 kg de CaCO₃/TM → Sí habrá drenaje ácido.
- Si el NNP > -20 y NNP < +20 kg de CaCO₃/TM → Puede o no haber drenaje ácido.

b) Segundo Criterio (Más exigente y aplicable):

- Si NP/AP ≥ 3.0 → No habrá drenaje ácido.
- Si NP/AP < 3.0 → Sí habrá drenaje ácido.

Tabla 2-3: Análisis Mineralógico de la Muestra de Relave del Depósito Explorador.

Miner. Libres	# Granos	# Gr. X P.E.	% Areal	Liberación	GGs	prt	OXsFe	py	ef	Au	cp	gn
Gangas	1790	4654	98.7	99.74	98.7							
Proustita	0	0	0	0		0						
Óxidos de Hierro	4	14.6	0.31	88.89			0.31					
Pirita	3	15.15	0.32	78.95				0.32				
Esfalerita	1	4	0.08	100					0.08			
Oro Nativo	0	0	0	0						0		
Calcopirita	1	4.2	0.09	61.73							0.09	
Galena ??	0	0	0	0								0
			99.5									
Min. Asociados				Asociaciones								
py-GGs	2	7.16	0.15	1e(I) (II)	0.07			0.09				
GGs-gn??	1	2.85	0.06	1e(IV)	0.05							0.01
GGs-cp	1	2.63	0.06	1e(I)	0.05						0	
GGs-OxsFe	1	3.13	0.07	1b(II)	0.03		0.04					
Cp-prt	1	4.76	0.1	1b(I)		0.05					0.05	
GGs-Au	1	2.68	0.06	1a(IV)	0.05					0		
Total	1806	4715.16	100		98.96	0.05	0.35	0.41	0.08	0	0.14	0.01
					GGs	prt	OXsFe	py	ef	Au	cp	gn

FUENTE: Laboratorio de Análisis Químicos de la Sección de Ingeniería de Minas de la PUCP.

Criterio de Severidad Relativa de Drenaje Ácido de Mina (J. Cárdenas, 2001)

Contenido de Pirita	Sulfuración Masiva	Reemplazo de Carbonatos
< 5%	–	Nada
5 – 15%	Moderado	Menor
15 – 25%	Serio	Moderado
> 25%	Severo	Serio

2.5 TIPOS DE DEPÓSITOS DE RELAVES

Usualmente los depósitos de relave son construidos de acuerdo con el incremento en altura de los relaves en varias fases, esto para distribuir los gastos de capital a lo largo de vida útil del depósito. Son básicamente 3 tipos de depósitos de relaves elevados y tienen en común la particularidad de iniciarse con el dique de arranque (presa), construido de tierra o de relleno rocoso, y luego son rellenados con los relaves descargados o rellenos de préstamo, tal como se observa en la Figura 2-4. A continuación se hace una breve descripción de cada tipo de depósito.

2.5.1 Aguas Arriba

Consiste en la construcción progresiva de diques perimétricos sobre la superficie de acumulación de relaves precedentes, de tal forma que cada dique avanza sucesivamente hacia el interior conforme es levantado el depósito. Los materiales de relaves colocados mediante este método de crecimiento no son compactados, por lo tanto, no se espera que permanezcan estables bajo cargas sísmicas importantes.

2.5.2 Aguas Abajo

Son construidos colocando el material de relleno de la presa de arranque en el talud de aguas abajo, pudiendo ser de un, o una combinación de materiales siguientes: material de préstamo, material de roca de desmonte y material de relaves cicloneados. Las propiedades de estos materiales de relleno pueden ser especificadas y controladas para asegurar que sus características sean las adecuadas. Estos depósitos son similares a las presas de retención de aguas.

El Depósito de Relaves Explorador, desarrollado en este informe, corresponde a este tipo de depósito, construido con un dique de arranque denominado Presa Explorador y sobre-elevado éste hacia Aguas Abajo, habiendo procedido los materiales de relleno del dique de arranque y de su recrecimiento, de canteras de préstamo cercanas.

2.5.3 Línea Central

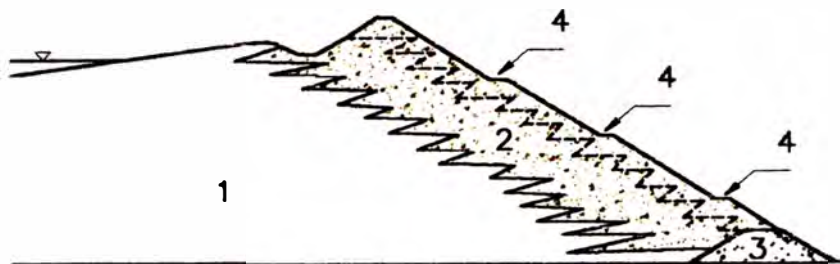
Se construye colocando el relleno de la presa de arranque en el talud de aguas abajo y sobre la cresta de elevación previa. Este método comparte muchos de las características estructurales de los depósitos tipo "Aguas Abajo", pero usa menos material de relleno para alcanzar la misma altura.

Los materiales utilizados para las elevaciones sobre la cresta de la presa de arranque generalmente consisten de la descarga de la porción gruesa de relaves cicloneados o en algunos casos de préstamo. Los materiales de descarga de los ciclones o de relleno que conforman el sector de aguas abajo de la presa son generalmente compactados para incrementar la estabilidad en zonas con alto nivel de sismicidad; sin embargo, las presas constituidas por el método de línea central deben ser meticulosamente analizadas para evaluar su estabilidad bajo condiciones sísmicas.

Figura 2–4: Tipos de Depósitos de Relave Elevados.

(a) Método de Construcción del tipo “Aguas Arriba”

- | | |
|-----------|--|
| 1. Lamas | 3. Dique de arranque |
| 2. Arenas | 4. Línea de descarga elevada por incrementos |



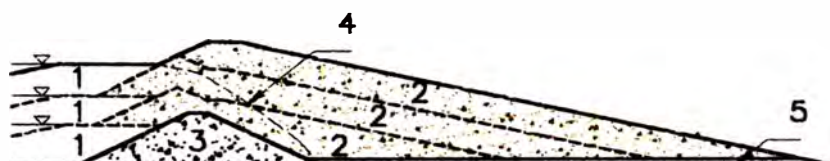
(b) Método de Construcción del tipo “Aguas Abajo”

1. Lamas
2. Arenas / Material de Préstamo / Material de Roca de Desmorte
3. Dique de arranque
4. Drenaje



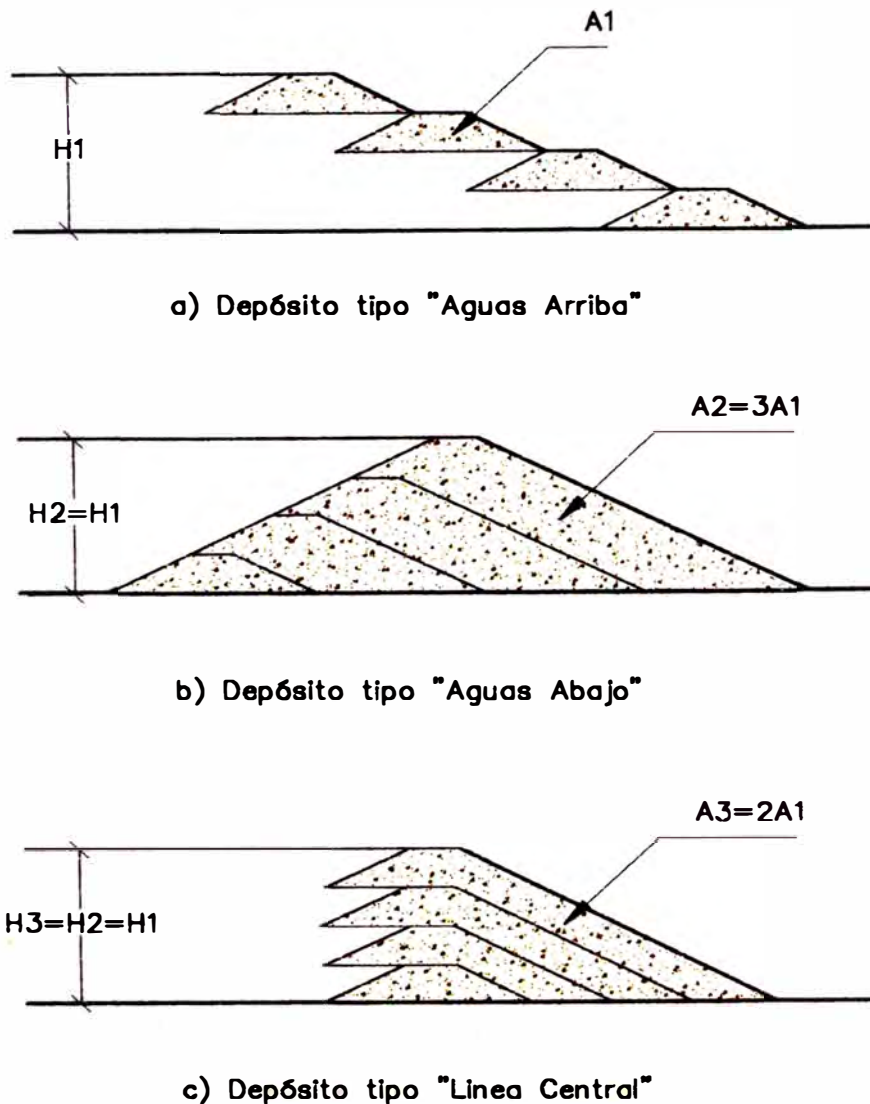
(c) Método de Construcción del tipo “Línea Central”

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| 1. Lamas | 4. Línea freática |
| 2. Arenas / Material de Préstamo | 5. Drenaje |
| 3. Dique de arranque | |



Son evidentes las diferencias entre las cantidades de material de relleno para la construcción de estos tres tipos de depósitos, siendo favorable en la mayoría de los casos la construcción de los depósitos utilizando el método "Aguas Arriba". En la Figura 2-5 se observa que la cantidad de material de relleno que se coloca en el depósito tipo "Aguas Arriba" constituye la tercera parte de lo que se usa en el depósito tipo "Aguas Abajo", pero hay que enfatizar, que estas son las más inestables de las tres anteriormente mencionadas y que contradictoriamente este proceso de construcción es el que aún se emplea en muchas minas del Perú.

Figura 2-5: Comparación de los Volúmenes de Relleno para los Distintos Tipos de Depósitos de Relave.



En la Tabla 2-4 se muestran los incidentes ocurridos en varios tipos de depósitos, incluyendo presas de almacenamiento de agua, donde se observa que los depósitos

construidos con el método “Aguas Arriba” tienen el mayor porcentaje de incidencia (42%) mientras que en los depósitos construidos con el método “Línea Central” tienen el menor porcentaje de incidencia (6%).

Tabla 2–4: Incidencias por Tipos de Depósitos.

Tipo de Depósito	Fallas	Accidentes	Agua Subterránea	Total
– Aguas Arriba	48	27	2	77
– Aguas Abajo	6	18	3	27
– Línea Central	1	9	1	11
– Retención de agua	16	9	6	31
– Desconocido	35	3	1	39
Total	106	66	13	185

FUENTE: USCOLD (United States Committee on Large Dams), 1994.

Por otro lado, en la Tabla 2–5 se muestran las causas de falla y accidentes ocurridos en los depósitos construidos con el método “Aguas Arriba”. De los 76 casos mencionados, la falla por inestabilidad del talud y efectos de sismo representan el 66%, lo cual nos da una idea del pobre comportamiento de este tipo de depósito.

Tabla 2–5: Causas de Fallas y Accidentes en Depósitos de Tipo Aguas Arriba en el Mundo

Causas	Fallas	Accidentes	Total	%
– Desbordamiento	7	0	7	9
– Inestabilidad del talud	17	8	25	33
– Sismo	14	11	25	33
– Cimentación	3	2	5	7
– Flujo de agua subterránea	4	4	8	11
– Estructural	2	1	3	4
– Erosión	0	1	1	1
– Desplome de mina	0	1	1	1
– Desconocido	1	0	1	1
Total	48	28	76	100

FUENTE: USCOLD (United States Committee on Large Dams), 1994.

Además los depósitos de relaves del tipo “Aguas Arriba” no son definitivamente recomendados para las condiciones sísmicas del Perú. Una revisión de las fallas por licuación de los diques de los depósitos del tipo “Aguas Arriba” en operación sugirió que las fallas pueden ocurrir bajo aceleraciones puntuales del suelo con valores superiores a 0.15 g (Vick 1990), lo cual corresponde aproximadamente a una intensidad de VII grados

en la escala modificada de Mercali (Trifunac y Brady 1975), esto demuestra lo dicho anteriormente.

De esta manera, con el propósito de evitar problemas de falla de depósitos de relaves, debe optarse por la utilización de tecnologías de deposición que garanticen su estabilidad, tanto física como química, a fin de poder cumplir de esta manera con los objetivos de protección ambiental.

Además, los diseños de depósitos de relave deben considerar todas las etapas de vida del depósito, incluyendo la construcción, operación, cierre y abandono. Desde el punto de vista ambiental, el periodo de abandono es el más crítico, ya que pueden ocurrir problemas de estabilidad debido a la precipitación o caudales excepcionales, así como el de drenaje ácido.

CAPÍTULO III:

ANTECEDENTES Y ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR

3.1 GENERALIDADES

Muchos de los depósitos de relaves en el Perú están ubicados en las zonas altas de los Andes, por conveniencia, muy cerca de las minas y de las plantas concentradoras, permitiendo la geografía del país en muchos casos la facilidad en el transporte del relave.

La elección del lugar de ubicación de un depósito de relave esta ligada a aspectos como su capacidad de almacenamiento, su potencial de expansión, la caracterización geológica del lugar, las condiciones climáticas e hidrológicas del área de interés, las condiciones sísmicas del sitio, la determinación de las condiciones geotécnicas, la selección del tipo de presa o presas (dique de arranque), la distancia máxima hasta la planta y la correspondiente longitud de la línea de conducción de relaves, la diferencia de elevación entre el depósito y la planta, el volumen de material de relleno de la presa o presas, etc. Todos los aspectos anteriores sumados a la evaluación técnica, económica, ambiental y social correspondientes, son las que determinan en definitiva, la localización final del depósito de relave.

Sin embargo, existe una disponibilidad limitada en la deposición, ubicándose los depósitos de relaves a lo largo de quebradas, o situándose en algunos casos, en cauces principales o tributarios de los ríos más cercanos. En estas circunstancias, los problemas de estabilidad física se complican, más aun si se considera la gran actividad sísmica de la Sierra del Perú.

Por otro lado, los depósitos debido a su extensa deposición se localizan en grandes áreas, pudiendo ubicarse dentro de fallas geológicas activas o potencialmente activas, o dentro de quebradas propensas a inundaciones en el caso de ocurrir eventos extraordinarios, que de producirse tales acontecimientos, se generarían problemas de estabilidad física, como fenómenos de licuación, tubificación y erosión; además de efectos ambientales como la generación de aguas ácidas.

En tal sentido, se requieren estudios básicos y preliminares para el diseño de depósitos de relaves, los mismos que deben de garantizar la estabilidad física y química de los mismos, antes, durante y después de la etapa de operación del depósito, cuidando en todo momento que se produzca el nulo y mínimo impacto ambiental sobre el ecosistema circundante.

En los acápite subsiguientes se presentan los antecedentes del proyecto de recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador, descritos desde su concepción original hasta la etapa de diseño definitivo. Luego se describe y evalúa las dos (2) alternativas de recrecimiento de dicho depósito, eligiéndose para ello la alternativa más conveniente, y finalmente se presenta todos los estudios básicos y preliminares efectuados entre Mayo y Julio de 2005 para su recrecimiento (en una sola etapa), cuya sobre-elevación conlleva la construcción de cuatro (4) estructuras: recrecimiento de la Presa Explorador, Presas Laterales N° 1 y 2 y un canal vertedero de emergencia.

3.2 ANTECEDENTES

Compañía Minera Ares S.A.C. (CMA) contrató en el año 2002 a la empresa consultora AMEC Perú S.A. para que desarrolle la ingeniería de detalle del Depósito de Relaves Explorador.

En febrero de 2003, AMEC presentó el informe final de dicho estudio, el mismo que contemplaba la construcción del depósito de relaves en tres etapas (Etapas I, II y III), para el almacenamiento de un total de 1.26 Mt (millones de toneladas) de relaves que serían producidos a una tasa de 126,000 t/año, con una capacidad de tratamiento de la planta concentradora de 500 t/d, un ciclo de operación de 252 d/año (21 d/mes) y con un tiempo de vida útil total de 10 años; 3 años para cada una de las dos primeras etapas y 4 años para la última etapa.

Entre mayo y setiembre de 2003 se dio inicio a la Etapa I del depósito, con la construcción de la Presa de Arranque Explorador.

Como consecuencia de la ampliación de la capacidad de tratamiento de la planta concentradora de 500 a 750 t/d, se incrementó la producción de relaves de 126,000 a 189,000 t/año, con lo cual la vida útil de la Etapa I se redujo en aproximadamente un año,

razón por la cual se vio la necesidad de dar inicio al recrecimiento del depósito a la brevedad posible.

A continuación describimos las dos (2) alternativas de recrecimiento para el Depósito de Relaves Explorador, la Primera Alternativa se refiere al diseño realizado por AMEC en febrero de 2003 (Etapas II y III), mientras que la Segunda Alternativa es la otra opción de recrecimiento del depósito realizado en Julio de 2005, de las cuales se elegirá la opción que técnica, económica y vialmente sea la mejor.

3.2.1 Descripción del Proyecto – Primera Alternativa

El proyecto desarrollado por AMEC (Feb, 2003) considera la construcción del Depósito de Relaves Explorador en tres etapas, las cuales describimos a continuación por cada una de las ellas:

I Etapa

- Construcción del dique de arranque o Presa Explorador, el mismo que tendrá una altura máxima de 19.5 m (medido en su eje) y una elevación de cresta a 4,561.5 msnm. Los taludes de la presa tendrán una inclinación hacia la cara de aguas arriba del dique de 2.0(H):1.0(V) y de 2.5(H):1.0(V) para la cara de aguas abajo.
- La sección de la presa de arranque se dividió en tres zonas, las mismas que deberían de proceder de canteras autorizadas, siendo: la zona de aguas arriba conformada por el núcleo de baja permeabilidad (Zona A), la zona inferior de aguas abajo hasta la elevación 4,548.0 msnm, conformada por el relleno de excavación y manto de drenaje (Zona B), y la zona superior de aguas abajo conformada por el relleno general del cuerpo de la presa (Zona C). En la Figura 3–1 se muestra el Huso Granulométrico de los materiales para la conformación del dique de arranque, referidas a las Zonas A, B y C mencionadas.
- Construcción de un Aliviadero de Emergencia ubicado cerca al estribo izquierdo de la Presa Explorador, con la finalidad de evacuar las aguas que eventualmente podrían ingresar al área de embalse, incluyendo el caudal de la avenida máxima probable (AMP). La cota de rasante del aliviadero estará a 4,560.5 msnm, 1.0 m por debajo de la elevación de la cresta del dique de arranque. El aliviadero tendrá 100 m de longitud y estará constituido por un canal trapezoidal excavado en terreno natural, que tiene una pendiente de 1.0%, siendo su sección transversal de 2.0 m de ancho, 0.4 m de altura y taludes de 0.25(H):1.0(V). Contará además con un encauzamiento al ingreso y a la

- salida con un ensanchamiento gradual e incremento de la pendiente a 5.0%, para reducir el tirante hidráulico de las aguas evacuadas, antes de su entrega a los cauces naturales.
- Para reducir las filtraciones a través de la Presa de Arranque Explorador, ésta será recubierta con una geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1.5 mm de espesor, la misma que se extenderá sobre la cara aguas arriba de la presa desde el anclaje en la cresta hasta 11 m del pie del talud de aguas arriba y anclada dentro del relleno de anclaje de núcleo (ver Plano N° 5).
 - Construcción de un sistema de derivación de aguas, consistente en dos canales de desvío ubicados en las márgenes derecha e izquierda del depósito, para reducir el área efectiva de captación que drena hacia el depósito de relaves, los mismos que fueron diseñados para el caudal de escorrentía de avenidas de 24 horas de duración, para un período de retorno de 1:500 años, para toda la vida útil del depósito. Las características geométricas de los canales derecho e izquierdo del depósito se muestran en el Plano N° 2. El agua de escorrentía captada por el canal derecho es evacuada por el estribo derecho, aguas abajo del eje de la presa, mientras que el agua de escorrentía captada por el canal izquierdo se evacua a través del extremo sureste del embalse.
 - Cabe indicar que durante el programa de investigación del diseño, se instalaron cuatro piezómetros de tubo abierto (Dic, 2002): dos en la eje de la presa de arranque, uno aguas abajo de dicha presa y uno en el eje del aliviadero de emergencia, los cuales tuvieron la finalidad de registrar los niveles de agua y permitir el muestreo de agua subterránea en la cimentación de las presas y aguas abajo de ésta.
 - Se deberán de realizar los trabajos de instrumentación del depósito siguientes:
 - Extensión de los tres piezómetros de tubo abierto, 0.5 m por encima del nivel final de relleno, ubicados en el eje y aguas abajo de la Presa Explorador. El piezómetro ubicado al costado del aliviadero no deberá ser extendido, por no ser necesario.
 - Instalación de cinco piezómetros de cuerda vibrante instalados en el núcleo de baja permeabilidad, a 8 m aguas arriba del eje de la presa, distribuidos a lo largo de la sección de mayor altura de relleno.
 - Instalación de dos piezómetros de cuerda vibrante instalados en la grava arcillosa de cimentación, a 8.0 m aguas arriba del eje de la presa, en las secciones de mayor altura de relleno.
 - Instalación de tres piezómetros de cuerda vibrante instalados en la roca de cimentación, aguas abajo de la presa, a aproximadamente la mitad del talud.

- Instalación de siete hitos de monitoreo a todo lo largo de la presa, en el extremo aguas abajo, a 1.5 m por debajo de la cresta. Estos hitos han sido instalados con la finalidad de monitorear el comportamiento de la presa y cualquier deformación que pudiera ocurrir.
- Capacidad de almacenamiento del depósito para 3 años.

II Etapa

- Recrecimiento de la Presa Explorador hasta la elevación de cresta a 4,564.5 msnm, con el método de sobre-elevación de línea central y conservando la geometría exterior del talud interior y exterior del dique de arranque (Etapa I).
- Construcción de la Presa Lateral N° 1, ubicado cerca al estribo izquierdo de la Presa Explorador, con una altura de dique de 1.0 m y hasta la elevación de cresta a 4,564.5 msnm (en la ubicación del aliviadero de emergencia). Los taludes de aguas abajo y aguas arriba de la presa serán de una inclinación de 2.0(H):1.0(V).
- Los materiales para el recrecimiento de la Presa Explorador y construcción de la Presa Lateral N° 1 serían ejecutados empleando los materiales de las Zonas A y C y provendrían de canteras de préstamo locales.
- Capacidad de almacenamiento del depósito para 3 años.

III Etapa

- Recrecimiento de la Presa Explorador, hasta la elevación final de cresta a 4,568.0 msnm, con el método de sobre-elevación de línea central y conservando la geometría exterior del talud interior y exterior del dique precedente (Etapa II).
- Recrecimiento de la Presa Lateral N° 1, por el método de línea central y hasta la elevación final de cresta a 4,568.0 msnm, conservando las mismas pendientes de talud interior y exterior que en la Etapa II.
- Construcción de la Presa Lateral N° 2, ubicado adyacente a la Presa Lateral N° 1, con pendientes de talud de aguas arriba y aguas debajo de 2.0(H):10(V) y hasta la elevación final de cresta a 4,568.0 msnm.
- Los materiales para el recrecimiento de la Presa Explorador y Presa Lateral N° 1, así como para la construcción de la Presa Lateral N° 2 serían ejecutados empleando los materiales de las Zonas A y C y provendrían de canteras de préstamo locales.
- Construcción del Canal Vertedero de Emergencia (estructura de concreto), ubicado adyacente a la Presa Lateral N° 2 y construido como medida de contingencia para

evacuar las aguas que eventualmente podrían ingresar al área de embalse, incluyendo el caudal de la avenida máxima probable (AMP).

- Capacidad de almacenamiento del depósito para 4 años.

En la Tabla 3–1 siguiente se muestran el resumen de las elevaciones de la Presa Explorador y la capacidad de almacenamiento del depósito por etapas y, en los Planos N° 2, 3 y 4 se muestran el arreglo general del Depósito Explorador para cada una de sus tres etapas previstas.

Tabla 3–1: Resumen de las Elevaciones de la Presa Explorador por Etapas.

Etapas – Año	Capacidad de Almacenamiento del Depósito (m³)*	Elev. Agua o Relaves (msnm)**	Elev. Presa (msnm)
Etapa I – Año 0 al 3	409,882	4,560.5	4,561.5
Etapa II – Año 3 al 6	665,563	4,563.5	4,564.5
Etapa III – Año 6 al 10	1'006,228	4,567.0	4,568.0

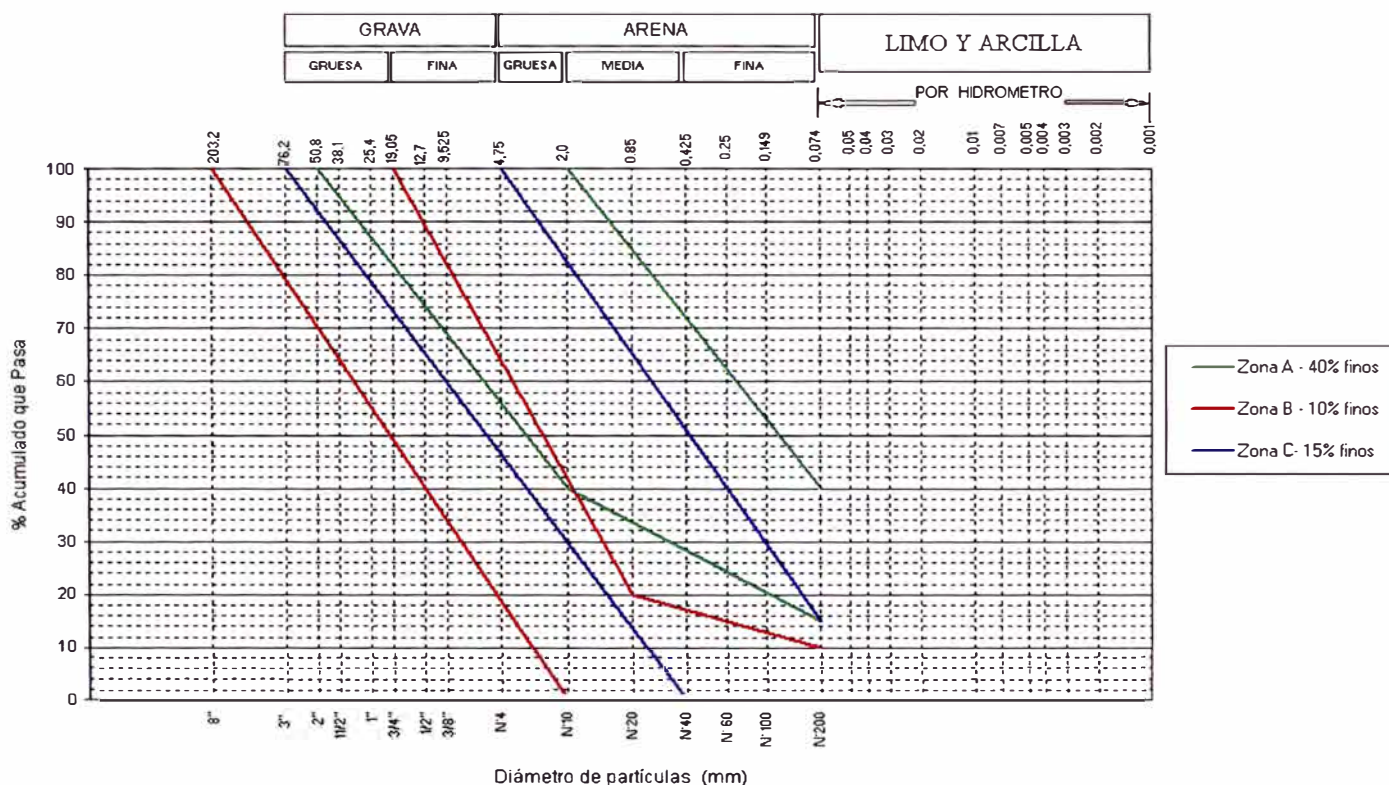
(*): Sin considerar el borde libre de 1.0 m (1.0 m por debajo de la elevación de la presa).

(**): No considera el almacenamiento del evento de 24 h en 1/100 años.

En el Plano N° 5 se muestra la sección típica de la Presa de Arranque Explorador y de su recrecimiento, con las zonas A, B y C descritas anteriormente para cada una de las tres etapas del depósito.

De las tres etapas previstas por AMEC (Feb, 2003), sólo la Etapa I fue construida íntegramente entre mayo y setiembre de 2003 (ver Plano N° 2) y, a partir del cual se ha realizado la Segunda Alternativa de recrecimiento del Depósito Explorador.

Figura 3–1: Huso Granulométrico de los Materiales de Relleno para la Conformación de la Presa de Arranque Explorador.



3.2.2 Descripción del Proyecto – Segunda Alternativa

Esta alternativa considera para el recrecimiento del Depósito Explorador la sobre-elevación del dique de arranque en una sola etapa, el cual permitirá prácticamente el mismo almacenamiento de 1.26 Mt (millones de toneladas) de relaves indicado por AMEC, que serían producidos a una tasa de 252,000 t/año, para una capacidad de tratamiento de la planta concentradora incrementada en 1,000 t/d, un ciclo de operación de 252 d/año (21 d/mes) y una vida útil total de 5 años. A parte se logrará el incremento del área de embalse de 8.0 a 10.5 ha.

La dique de arranque o Presa Explorador se construirá en una sola etapa desde la elevación de la cresta existente de 4,561.5 msnm hasta la elevación de cresta final a 4,568.0 msnm y con un ancho de cresta final de 5.0 m. El recrecimiento será por el método de aguas abajo, conservando el talud de aguas arriba de 2.0(H):1.0(V) y con un talud de aguas abajo proyectado de 2.0(H):1.0(V).

Además, este diseño al igual que la primera alternativa, incluye la construcción de dos (2) presas denominadas Presa Lateral N° 1 y Presa Lateral N° 2 y de un Canal Vertedero de

Emergencia. Dichas presas laterales serán construidas en una sola etapa hasta la elevación de cresta de 4,568.0 msnm y con taludes de aguas abajo y aguas arriba de 2.0(H):1.0(V). Los materiales de préstamo para el recrecimiento de la Presa Explorador serán tipo "B" y tipo "C", los cuales corresponden a la denominación original utilizada por AMEC en el año 2003. El material tipo "B" o material de dren será construido en la base de la Presa Explorador hasta la cota 4,545.0 msnm, a partir del cual se construirá con el material tipo "C" o material de relleno general hasta la cota de cresta final de 4,568.0 msnm. En el Plano N° 16 se muestra la sección típica del recrecimiento de la Presa Explorador según esta Segunda Alternativa, con sus respectivas zonas y materiales de relleno que lo conforman.

En el caso particular de la Presa Lateral N° 1, su configuración interna estará conformada también por materiales tipo "B" y tipo "C". El material tipo "B" se colocará en el extremo de aguas abajo de la base de la presa y cumplirá la función de dren de pie, mientras que el material tipo "C" se colocará sobre el dren de pie y constituirá el resto del cuerpo de la presa. Para el caso de la Presa Lateral N° 2, debido a sus reducidas dimensiones, se construirá solamente con material tipo "C". En los Planos N° 23 y 24 se muestran las secciones transversales de las Presas Laterales N° 1 y 2, respectivamente.

El talud de aguas arriba del recrecimiento de la Presa Explorador será impermeabilizada con geomembrana de HDPE (e=1.5 mm), uniéndose con la geomembrana existente (actual) del talud de aguas arriba de dique de arranque. Para el caso de las otras presas, solo el talud de aguas arriba de la Presa Lateral N° 1 será impermeabilizada con geomembrana de HDPE (e=1.5 mm).

La descripción detallada, tanto del Canal Vertedero de Emergencia así como de la Nueva Instrumentación para el depósito se muestran en el capítulo IV, sección 4.4 y 4.5 respectivamente.

En el Plano N° 8 se muestra en vista de planta las estructuras a construirse, según esta segunda alternativa de recrecimiento del depósito.

3.2.3 Evaluación de Alternativas de Recrecimiento

La metodología propuesta en la Primera Alternativa presenta las siguientes desventajas:

- Dificultad constructiva de la cresta de los recrecimientos, debido a que el pie del talud de aguas arriba del recrecimiento tendría que apoyarse sobre el relave almacenado, el mismo que por su constitución física y mecánica presenta condiciones desfavorables que harían difícil garantizar una adecuada compactación de los recrecimientos de la cresta.
- Como consecuencia del lastrado previo que habría que efectuar para mejorar las condiciones de cimentación del pie de aguas arriba del recrecimiento de la cresta, existiría el riesgo de dañar la geomembrana que actualmente cubre e impermeabiliza el talud de aguas arriba de la presa.
- Dificultad constructiva para lograr la extensión del recubrimiento impermeable con geomembrana del talud de aguas arriba de ambos recrecimientos de la presa, lo cual podría repercutir en desmedro de la estabilidad física de la presa.
- Riesgo de falla del talud de aguas arriba de los recrecimientos, debido a las condiciones poco favorables del material de cimentación (que en ese caso sería el relave).
- Mayores gastos generales y utilidades de obra, debido al requerimiento de una doble convocatoria e implementación de la obra (una para cada recrecimiento), además se debe tener en cuenta que por el incremento de la producción de relaves de la planta de 750 a 1,000 t/d, el tiempo de vida de las Etapas II y III del depósito se redujeron de tres a un año y medio y, de 4 a 2 años respectivamente.

Sin embargo, la Segunda Alternativa de recrecimiento presenta las siguientes ventajas:

- Facilidad constructiva de la cresta del recrecimiento, ya que el pie del talud de aguas arriba del recrecimiento estaría apoyado siempre sobre el cuerpo de la presa, facilitando la adecuada labor de compactación de los recrecimientos de la cresta.
- Se elimina el riesgo de daño a la geomembrana impermeable instalada sobre el talud de aguas arriba de la Etapa I de la presa, ya que no sería necesario efectuar el lastrado previo para mejorar las condiciones de cimentación del pie de aguas arriba del recrecimiento de la cresta.

- Se facilita el proceso constructivo para lograr la extensión del recubrimiento impermeable con geomembrana del talud de aguas arriba del recrecimiento de la presa, lo cual contribuirá a la estabilidad física de la misma.
- Se elimina el riesgo de falla del talud de aguas arriba del recrecimiento, toda vez que el material de cimentación del recrecimiento sería el mismo cuerpo de la presa y no los relaves, que por su naturaleza están expuestos a experimentar el fenómeno de licuación.
- Los volúmenes estimados de material de relleno para el recrecimiento de la Presa Explorador según la 1era. y 2da. alternativas son de 137,120 m³ y 124,235 m³ respectivamente, siendo la 2da. alternativa menor en 12,885 m³.
- Al efectuarse el recrecimiento de la presa en una sola etapa se tiene la posibilidad de contar en un plazo relativamente largo de la máxima capacidad de almacenamiento prevista para este depósito de relaves (3.5 años de vida útil) y, además, se reducirían los gastos generales y utilidades de obra, ya que no se requeriría de una doble convocatoria e implementación de la obra (una para cada recrecimiento).

Por tanto, la Segunda Alternativa es la que elegimos para la sobre-elevación final del Depósito de Relaves Explorador.

3.2.4 Criterios de Diseño

Los criterios de diseño empleados para el diseño de la ingeniería de detalle para el recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador han sido los siguientes:

A. Relaves

Tasa de producción de la planta concentradora	1,000 t/d
Producción anual de relaves	252,000 t
Proporción de relaves conducidos al depósito	100%
Porcentaje de sólidos en peso	40%
Densidad promedio in-situ (estimada)	1.3 t/m ³
Gravedad específica de los relaves	2.65 g/cm ³
Caudal de agua que ingresa al depósito de relaves	30 m ³ /h
Caudal de agua que se recircula desde el depósito	20.3 m ³ /h
Ciclo de operación de la planta concentradora	24 h/d y 252 d/año
Vida útil remanente del depósito	3.5 años a partir del 1° de noviembre de 2005
Borde libre	1 m por encima del nivel máximo de almacenamiento

B. Manejo de aguas

- Derivación de las aguas de escorrentía alrededor del depósito, a través de canales perimétricos con capacidad para conducir el caudal de 24 horas para un período de retorno de 500 años.
- Capacidad del depósito para almacenar el caudal de 24 horas para un período de retorno de 100 años, sin que sobrepase la presa.
- Aliviadero de descargas abierto excavado en roca, con capacidad para descargar un caudal de tránsito de la avenida máxima probable en 24 horas.

C. Estabilidad de la presa

- Factor de seguridad para condiciones estáticas 1.3
- Factor de seguridad para condiciones pseudo-estáticas 1.2

D. Diseño sísmico

- Aceleración sísmica de diseño para un período de retorno de 475 años: 0.30 g
- Coeficiente sísmico para el análisis pseudo-estático: 0.20.

3.3 INVESTIGACIONES DE CAMPO

Con la finalidad de evaluar las condiciones del terreno para el recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador, se efectuó un programa de investigación de campo de carácter topográfico, geológico y geotécnico, realizado entre mayo y junio de 2005 y que comprendió especialmente los sectores donde se construirán las estructuras para el recrecimiento, así como las zonas de canteras de materiales de préstamo. En las secciones siguientes se presenta la descripción de estos trabajos de campo.

3.3.1 Topografía

Se realizó el levantamiento topográfico de detalle del depósito y sus inmediaciones, con una extensión aproximada de 29.73 ha. El levantamiento topográfico cubrió el sector donde se emplazaban todas las instalaciones existentes antes del recrecimiento del Depósito Explorador (presa de arranque, aliviadero de emergencia, contorno actual del área del embalse y laderas adyacentes, canales de drenaje de escorrentía, vía de acceso y la instrumentación expuesta en superficie). Asimismo, incluyó los alrededores del depósito donde se ha previsto el recrecimiento de la Presa Explorador y la construcción de las Presas Laterales N° 1 y 2, así como del futuro canal vertedero de emergencia.

En el Plano N° 06 se presenta el levantamiento topográfico antes referido, con curvas de nivel espaciadas cada metro.

3.3.2 Geología

Previa revisión de la información geológica disponible del diseño inicial, los trabajos de campo llevados a cabo fueron orientados a la verificación de la dicha información y a la revisión de los planos de geología superficial del área del proyecto, elaborados por AMEC con ocasión del diseño definitivo de la Etapa I del Depósito Explorador. Para tal fin se efectuó la inspección visual del área comprometida y, mediante el uso de un navegador GPS, se delimitaron los diferentes contactos litológicos; asimismo, dicha inspección comprendió también la evaluación in-situ de las características geomecánicas de dichas unidades geológicas.

Para una mejor comprensión de la evaluación y del desarrollo de la geología del área del proyecto, se presenta en los Planos N° 10 y 11 la geología superficial inicial del Depósito Explorador y las secciones geológicas iniciales C-C', D-D' y E-E' de la Presa Explorador, ambos planos elaborados por AMEC y concebidos durante el diseño, en referencia a la Etapa I del Depósito Explorador.

Con la información obtenida en campo se efectuaron algunos ajustes menores a los contactos litológicos señalados por AMEC, elaborándose el Plano N° 12 de levantamiento geológico superficial.

La información recopilada en campo, conjuntamente con el levantamiento topográfico de detalle, sirvieron de base para elaborar las secciones geológicas definitivas, las mismas que se muestran en el Plano N° 13 (Presa Explorador) y Plano N° 14 (Presas Laterales N° 1 y 2 y Canal Vertedero de Emergencia).

3.3.3 Geotécnica

Se efectuaron 2 auscultaciones dinámicas, 8 calicatas y 4 trincheras en las zonas de cimentación del futuro recrecimiento de la Presa Explorador y obras afines (ver Tabla 3-2 y Plano N° 8), a través de las cuales se pudo identificar las características geotécnicas del subsuelo que han servido de base para el diseño definitivo del recrecimiento. Dichos

sondeos se extendieron hasta profundidades comprendidas entre 0.7 y 8.0 m con respecto a la superficie natural del terreno.

Tabla 3–2: Calicatas y Trincheras para el Recrecimiento de la Presa Explorador y Obras Afines.

Sondeo	Tipo	Coordenadas UTM		Profundidad (m)
		Este (m)	Norte (m)	
C-1	Calicata	700,015	8'378,909	2.20
C-2	Calicata	700,070	8'378,872	3.30
C-3	Calicata	700,076	8'378,873	2.40
C-4	Calicata	700,085	8'378,822	1.20
C-5	Calicata	700,430	8'378,795	2.15
C-6	Calicata	700,447	8'378,785	2.15
C-7	Calicata	700,514	8'378,825	1.10
C-8	Calicata	700,527	8'378,854	0.70
T-1	Trinchera	700,018	8'378,914	3.30
T-2	Trinchera	700,356	8'378,771	3.30
T-3	Trinchera	700,353	8'378,761	3.30
T-4	Trinchera	700,349	8'378,752	4.00
A-1	Auscultación	700,018	8'378,914	4.45 *
A-2	Auscultación	700,001	8'378,914	8.00 **

(*) : Efectuada en fondo de zanja de 3.30 m de profundidad.

(**) : Efectuada en fondo de zanja de 3.00 m de profundidad.

En el Anexo 1 se presentan los resultados de las auscultaciones realizadas (2) y los perfiles estratigráficos de las calicatas (8) y trincheras (4) efectuadas.

Asimismo, se extrajeron muestras representativas del mismo espaldón del la Presa Explorador, correspondiente a los materiales tipo "B" y "C" (Zona B y C, respectivamente). Cabe indicar que durante el diseño en referencia a la Etapa I del Depósito Explorador, se realizó un extenso programa de investigación geotécnica que comprendieron en resumen: perforaciones diamantinas (6), ensayos de penetración estándar (3), ensayos de permeabilidad horizontal Lefranc (1) y Lugeon (6), instalación de piezómetros de tubo abierto (4), calicatas para fines de cimentación (29), sondajes con cuchara Auger (14), ensayos de percolación (2) y calicatas para fines de material de cantera (14). Además, las muestras de suelo y roca extraídas de los sondajes fueron sometidas a los siguientes ensayos: Carga puntual (ASTM D-5731), Caracterización física de los suelos (granulometría ASTM D-422, humedad ASTM D-2216, límite líquido y límite plástico

ASTM D-4318 y gravedad específica ASTM D-854), próctor estándar (ASTM D-698) y permeabilidad en pared flexible (NTP 339.156).

El programa de exploración de campo tuvo también por objeto evaluar las características de los materiales de las potenciales canteras para la construcción de la obra. En total se excavaron 4 calicatas y 8 trincheras, las cuales se extendieron hasta profundidades comprendidas entre 0.80 y 2.60 m con respecto a la superficie natural del terreno (ver Tabla 3-3).

Tabla 3-3: Calicatas y Trincheras de las Canteras de Préstamo para el Recrecimiento de la Presa Explorador y Obras Afines.

Sondeo	Tipo	Cantera	Coordenadas UTM		Profundidad (m)
			Este (m)	Norte (m)	
TH-1	Trinchera	Huararaní	702,292	8'380,463	1.00
TH-2	Trinchera	Huararaní	702,396	8'380,476	1.50
TH-3	Trinchera	Huararaní	702,225	8'380,427	1.20
TH-4	Trinchera	Huararaní	702,141	8'380,378	1.40
TN-1	Trinchera	Explor. Norte	701,386	8'380,007	1.50
TN-2	Trinchera	Explor. Norte	701,319	8'379,917	1.60
CC-1	Calicata	Colpacorral	698,528	8'378,488	2.40
CC-2	Calicata	Colpacorral	698,713	8'378,436	2.45
CC-3	Calicata	Colpacorral	698,839	8'378,398	2.50
CC-4	Calicata	Colpacorral	698,973	8'378,417	2.60
TP-1	Trinchera	Polvorín	701,628	8'379,713	0.80
TP-2	Trinchera	Polvorín	701,608	8'379,670	1.20

En todas las calicatas y trincheras excavadas se registró el perfil estratigráfico del terreno, clasificándose visualmente los materiales encontrados, de acuerdo a los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), obteniéndose muestras alteradas representativas, las mismas que debidamente protegidas e identificadas, fueron remitidas al laboratorio para sus respectivos análisis y ensayos.

Con el propósito de precisar las características físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de la Etapa I de la presa (tipos "B" y "C"), así como de los materiales de canteras a utilizar en el recrecimiento de la misma y obras afines, se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio, indicados a continuación:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422),
- Límites de Atterberg (ASTM D-4318),

- Peso Específico de Sólidos (ASTM D–854),
- Contenido Natural de Humedad (ASTM D–2216),
- Compactación Proctor Estándar (ASTM D–698),
- Compactación Proctor Modificado (ASTM D–1557),
- Resistencia a la Compresión Triaxial CU (ASTM D–4767) y,
- Resistencia a Carga Puntual (ASTM D5731).

En el Anexo 2 se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelos extraídas de las calicatas (8) y trincheras (4) de la zona de cimentación del recrecimiento, así como de los materiales tipo “B” y “C” de la Presa Explorador y los resultados de los ensayos de carga puntual realizados a la roca de cimentación. En la Tabla 3–4 se resume los resultados de los ensayos de carga puntual en roca, ubicados por la zona de cimentación (aguas abajo) del recrecimiento de la Presa Explorador (ver Plano N° 8).

Tabla 3–4: Resultados de los Ensayos de Carga Puntual en la Roca.

Sondaje	Muestra	Profundidad (m)	Carga Puntual (MPa)
CP–1	M–1	Superficial	147.12
	M–2	Superficial	89.96
	M–3	Superficial	115.88
	M–4	Superficial	105.45
CP–2	M–1	Superficial	43.02
	M–2	Superficial	15.51
	M–3	Superficial	35.55
	M–4	Superficial	33.69
CP–3	M–1	1.2–	11.90
	M–2	1.2–	1.65
	M–3	1.2–	4.37
CP–4	M–1	Superficial	131.80
	M–2	Superficial	149.95
	M–3	Superficial	201.02
	M–4	Superficial	151.27

3.4 CARACTERIZACION DEL EMPLAZAMIENTO

Sobre la base de la información disponible del diseño inicial, complementada con las investigaciones de campo y de laboratorio realizadas en la zona del proyecto, se efectuó la caracterización del emplazamiento donde se ubica el Depósito Explorador, la misma que se describe en las secciones siguientes.

3.4.1 Geología

3.4.1.1 Geomorfología

La Unidad Operativa Explorador está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera Occidental, muy cerca de la divisoria de aguas continental. La morfología de la zona del proyecto es típica de un medio glacial con un modelado de valles de fondos amplios y secciones transversales en forma de U.

La Presa Explorador y el embalse están localizados en una quebrada lateral que se emplaza en el flanco derecho de la quebrada Huayunca, muy cerca de las cumbres, por lo que su cuenca hidrológica es muy pequeña.

Presenta altitudes que varían entre 4,500 y 4,800 msnm, con relieves moderados a fuertes relacionados con zonas de abra que se encuentran cubiertas por material morrénico y afloramientos lávicos de rocas competentes. Asimismo, se presentan zonas de pendientes suaves a moderadas debido a la erosión glacial de las rocas tobáceas.

3.4.1.2 Unidades Litológicas

En la zona de influencia del recrecimiento de la Presa Explorador afloran dos unidades litoestratigráficas del terciario medio. La primera, denominada formación Aniso está compuesta por tobas de color blanco verdoso, en tanto que la segunda, denominada formación Saycata está compuesta por andesitas lávicas.

Las tobas de la formación Aniso constituyen la litología principal por ser el material predominante sobre el cual se cimentará el recrecimiento de la presa (el estribo derecho y pie de aguas abajo de la Presa Explorador, así como los sectores de las Presas Laterales N° 1 y 2). Las andesitas lávicas de la formación Saycata afloran en el estribo izquierdo de la presa y presentan una textura porfirítica fluidal con fenocristales de plagioclasa.

El basamento rocoso en las inmediaciones del depósito de relaves se encuentra cubierto parcialmente por los siguientes depósitos superficiales:

Depósitos de Suelos Orgánicos (bofedales): El más importante se ubica en el sector de aguas abajo de la Presa Explorador, y está conformado

predominantemente por turba, saturada, de consistencia blanda a muy blanda, con espesores de hasta 9.0 m aproximadamente en las cercanías del área donde se cimentará el sector derecho del recrecimiento del pie de la presa.

Depósitos Morrénicos: Se ubican en la margen izquierda del embalse, en los sectores donde se construirá las Presas Laterales N° 1 y 2, así como el Canal Vertedero de Emergencia; están conformados predominantemente por grava arenosa arcillosa, medianamente densa, con presencia de bloques de hasta 8" de tamaño máximo, y se extienden hasta profundidades de hasta 3.1 m con respecto a la superficie del terreno.

Depósitos Coluviales: Se encuentran localizados en las laderas de la margen derecha del depósito de relaves y están conformados predominantemente por grava arenosa limosa, suelta, con presencia de bloques angulosos de naturaleza tobácea.

Depósitos Fluvioglaciales: Se ubican principalmente en el sector izquierdo del pie de aguas abajo de la Presa Explorador y están conformados predominantemente por grava arenosa, limosa y/o arcillosa, densa, con presencia de bloques angulosos de hasta 12" de tamaño máximo. Superficialmente presenta una cobertura de suelo vegetal de 0.20 m conformada por suelos arcillo-arenosos y raíces.

3.4.1.3 Geología Estructural

La secuencia volcánica del terciario no ha sufrido mayor deformación y solo está disturbada por algunas fallas menores y diaclasas. Según el estudio geológico efectuado el 2003 se reporta la presencia de una falla local en el fondo de la depresión que está ocupada por la presa y el embalse (ver Plano N° 10).

La geoestructura principal está constituida por juntas de tensión que presentan sistemas definidos. En la margen izquierda del embalse las tobas presentan juntas con rumbo N 81° E y buzamiento 25° NW, con fracturamiento moderado y dureza variable.

Las andesitas presentan dos sistemas de diaclasamiento definidos; el primero tiene un rumbo S 10° W y buzamiento 78° SE, con juntas predominantemente cerradas y

espaciadas entre 20 y 50 cm. El segundo sistema presenta un rumbo S 50° W y buzamiento 50° NW, con juntas espaciadas entre 50 y 70 cm aproximadamente.

3.4.1.4 Hidrogeología

La zona de bofedal ubicada en las cercanías del pie de la Presa Explorador presenta niveles de napa freática comprendidos entre 1.80 y 2.80 m con respecto a la superficie natural del terreno. Dicha napa es producto de la infiltración de las precipitaciones pluviales, así como de filtraciones procedentes de las laderas adyacentes. Esta presencia de agua actúa lentamente como agente de intemperismo, afectando a largo plazo la resistencia de las tobas subyacentes.

En el área de las Presas Laterales N° 1 y 2, también se detectó la presencia localizada de agua en los bofedales, registrándose la napa freática a una profundidad de 0.60 m.

3.4.1.5 Aspectos Ingenieriles

En el estribo izquierdo de la Presa Explorador la andesita porfírica de textura fluidal presenta una consistencia muy dura (resistencia a la compresión simple del orden de 150 MPa), se encuentra ligeramente meteorizada y moderadamente fracturada, y muestra juntas planas ligeramente rugosas, con aberturas menores que 1 mm.

En el estribo derecho de la Presa Explorador afloran tobas de color gris oscuro, de resistencia media a dura, ligeramente meteorizadas y moderadamente fracturadas.

En el pie de la Presa Explorador la toba tiene un color plomo blanquecino a plomo verdoso, presenta una consistencia blanda a media (resistencia a la compresión simple de 34 MPa), se encuentra moderadamente meteorizada y fracturada, con juntas planas ligeramente rugosas y rellenas de arena y arcilla, con espesores menores que 2 mm.

En el área de las presas laterales y canal vertedero, la toba presenta un color plomo verdoso y tiene una consistencia media a blanda (resistencia a la compresión simple de 34 MPa), se encuentra ligera a moderadamente meteorizada y fracturada, con juntas planas ligeramente rugosas y con aberturas menores a 1 mm, las cuales presentan espaciamientos comprendidos entre 20 y 30 cm.

Las tobas localizadas en la margen izquierda del embalse y en el pie de la Presa Explorador presentan un índice RMR (Rock mass rating=Relación de la calidad de la

masa de roca) que la describe como de calidad media, lo que indicaría su buena capacidad portante. Asimismo, el grado de fracturamiento moderado y la presencia de juntas con aberturas que varían desde cerradas a menores que 1 mm, le confieren a la roca una baja permeabilidad, concordantemente con los resultados de los ensayos de permeabilidad Lugeon obtenidos en las perforaciones efectuadas el 2002.

Según las consideraciones hidrogeológicas, litológicas y geoestructurales antes expuestas, se concluye que el vaso del Depósito Explorador es prácticamente estanco.

3.4.1.6 Geodinámica Externa

Debido al emplazamiento del depósito de relaves en la cabecera de la quebrada, los riesgos geológicos que podrían manifestarse estarían asociados a fenómenos geodinámicos de pequeña magnitud, sin mayor incidencia en la integridad del depósito.

El principal fenómeno identificado estaría constituido por eventuales desprendimientos menores de bloques de roca originados por la erosión pluvial, los cuales podrían colmatar los canales de desvío e interrumpir la evacuación de las aguas de escorrentía.

3.4.2 Geotécnia

3.4.2.1 Presa Explorador

Dadas las características geométricas del recrecimiento de la Presa Explorador, se tiene que el material sobre el que se cimentará dicha ampliación estará constituido principalmente por el espaldón de aguas abajo de la Etapa I de la presa, la cual ha sido construida en su totalidad con materiales gravo-arenosos, arcillosos, compactados al 100% del ensayo Próctor estándar.

No obstante, en el pie de aguas abajo del recrecimiento de la presa se presentan sectores de reducida extensión cuya proyección en planta excede el pie de talud de aguas abajo de la Etapa I de la presa, comprometiendo al terreno natural como material de cimentación, el mismo que en el sector central está constituido por un basamento de roca tobácea competente, en tanto que en el resto del terreno se presentan depósitos de origen fluvio glaciar y en menor proporción por bofedales.

Durante la fase de exploración de campo se efectuó la evaluación de las características geotécnicas de dichos depósitos inconsolidados, lo cual permitió definir los niveles de

cimentación para el recrecimiento de la Presa Explorador, las cuales son indicadas a través de las secciones transversales de la presa en los planos N° 17 a 21. En términos generales, el criterio utilizado para definir los niveles de cimentación ha sido alcanzar los estratos de suelos competentes o el basamento de roca.

En los sectores de ambos estribos del recrecimiento de la presa, al estar constituidos por basamentos de roca competente, no se advierten restricciones que comprometan la estabilidad física de la presa.

3.4.2.2 Presas Laterales N° 1 y 2

Los sectores donde se construirán las presas laterales presentan características similares, donde predomina la presencia prácticamente superficial del basamento de roca volcánica competente. No obstante, en ambos emplazamientos se ha determinado la presencia de depósitos superficiales de materiales inconsolidados que por su consistencia media a baja deberán ser retirados previamente a la construcción de las presas laterales.

En los Planos N° 23 y 24 se presentan las secciones transversales de ambas presas laterales, en donde se muestran los niveles de cimentación de dichas estructuras.

3.4.2.3 Canal Vertedero de Emergencia

Esta estructura se emplaza en un entorno similar al descrito para el caso de las presas laterales, donde también predomina la presencia prácticamente superficial del basamento de roca volcánica competente. Al respecto no se advierten mayores restricciones para la construcción de esta estructura, con excepción del requerimiento de voladura, principalmente en los tramos de corte en roca andesita.

En los Planos N° 25 y 26 se muestran los detalles referentes a esta estructura.

3.4.2.4 Evaluación de Canteras

Esta evaluación se basó en la inspección de campo y los resultados de los ensayos de mecánica de suelos efectuados con muestras representativas extraídas de las canteras potenciales de materiales de préstamo; asimismo, se tomó en consideración la información obtenida con ocasión del diseño de la Etapa I del Depósito Explorador. En la Tabla 3-5 se muestra las características volumétricas de las canteras propuestas, así

como su distancia al Depósito Explorador a lo largo de vías de acceso habilitadas. Asimismo, en la Tabla 3–6 se muestra un resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio e inspección de campo de las muestras mencionadas.

En el Plano N° 9 se muestra la ubicación de las canteras consideradas para la construcción del recrecimiento de la Presa Explorador y Presas Laterales. Posteriormente en el capítulo V (Sección 5.4.2), se describirán las canteras que realmente se utilizaron durante la ejecución de la obra.

Tabla 3–5: Cuadro Resumen de Canteras Propuestas.

Cantera	Volumen Útil Promedio sin Cobertura (m ³)	Distancia (km)	Potencia Útil Considerada (m)	Área Proyectada (m ²)	Tipo de Material
Huararani *	45,000	4.1	4.0	10,022	B
Polvorín	5,000	2.4	2.0	8,835	C
Explorador Norte *	50,000	2.6	1.9	24,500	C
Colpacorral **	48,000	1.5	1.5	27,659	C
Total	148,000		Total	71,016	

(*) Las canteras Huararani y Explorador Norte fueron explotadas parcialmente en la Etapa I del Depósito.

(**) La cantera Colpacorral requiere habilitación de acceso.

Tabla 3–6
Características Geotécnicas de las Canteras.

Cantera ⁽²⁾	Sondeo (Calicata/ Trinchera)	Prof. (m)	SUCS	Granulometría (%) ⁽¹⁾					Humedad (%)	Límites de Atterberg			Proctor Estándar	
				Bloques	Clastos	Grava	Arena	Finos		LL	LP	IP	Máxima Densidad Seca* (g/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad* (%)
Huararani	TH-1	–	GP-GC	5	15 – 25	57.3	32.3	10.4	12.1	30.3	20.9	12.1	1.94	12.9
	TH-2	–	GP-GC	5	15 – 25	58.2	31.9	9.9	12.2	29	20	9		
	TH-3	–	GP-GC	5	15 – 25	57.2	32.1	10.7	10.7	31	23	8	1.93	14.1
	TH-4	–	GW-GC	5	15 – 25	57.4	37.3	5.3	11.0	28	21	7		
Explorador Norte	TE-1	–	SC	2	10	31	37.1	31.9	9.7	36	21	15	1.93	11.0
	TE-2	–	GC	2	10	46.6	37.1	16.3	11.5	35	20	15		
Colpacorral	CC-1	1.00–2.40	SC-SM	5	30–40	39.3	40.6	20.1	15.0	22	18	4	1.91	12.3
	CC-2	1.00–2.45	GC	5	30–40	37.4	31.9	30.7	13.7	34	18	16		
	CC-3	1.40–2.50	SC	5	30–40	53.1	34.2	12.7	17.3	32	18	14		
	CC-4	0.60–1.10	GC	5	30–40	61.3	26.1	12.7	16.4	42	24	18		
Polvorin	TP-1	–	GP-GM	2	5	69.7	22.7	7.6	14.5	NP	NP	NP	1.80	12.7
	TP-2	–	GC	2	5	49.3	38.4	12.3	12.0	30	21	9	1.87	12.1

Nota:

- (1) Los porcentajes de grava, arena y finos corresponden al 100% de la muestra seleccionada y enviada al laboratorio. Los porcentajes de bloques y clastos son estimados de acuerdo a la clasificación visual realizada en campo. Los bloques, clastos y gravas provienen de rocas volcánicas tipo toba y andesitas.
- (2) Todos los materiales de cantera han provenido de depósitos coluviales de suelos.

3.4.3 Sismicidad

El objetivo de esta sección es predecir las aceleraciones máximas de terreno que podrían ocurrir en la zona de estudio, atribuible a eventos sísmicos, para lo cual se ha realizado el análisis del peligro sísmico mediante la utilización de métodos probabilísticos.

El método probabilístico predice las aceleraciones máximas que podrían ocurrir en el área de estudio. Se utiliza para éste las leyes de atenuación de aceleraciones y se correlacionan la sismicidad y la tectónica importantes de la zona de estudio, con lo cual se estima las aceleraciones máximas esperadas para eventos de diferentes etapas de retorno.

Método Probabilístico

Mediante este método podemos concluir que la aceleración máxima esperada en roca base de la zona del Depósito Explorador, para sismos con periodo de retorno de 475 años, es de 0.30g; este valor corresponde a un periodo de exposición sísmica de 50 años con una probabilidad de excedencia de 10%. Este valor de aceleración máxima debe considerarse como valor medio esperado en suelo firme o roca, donde no se considera la influencia de las condiciones locales del suelo, ni los efectos de la interacción suelo–estructura.

Para los análisis de estabilidad de equilibrio límite en condiciones pseudos–estáticas se recomienda emplear un coeficiente sísmico de 2/3 del valor de 0.30 g, es decir 0.20.

3.4.4 Clima

3.4.4.1 Generalidades

La zona donde se ubica el Depósito Explorador es en el lado Oeste de la cordillera Occidental, caracterizándose dicha zona por su altitud y su condición semi–árida, siendo la condición general del drenaje hacia el Océano Atlántico. La temporada de lluvia se encuentra bien definida entre los meses de noviembre y abril y la temporada de estiaje entre mayo y octubre. El clima y uso del terreno varía de acuerdo a su elevación y, en general, la precipitación se incrementa con la altura.

Los aspectos importantes del clima e hidrología del área del depósito se describen de manera resumida en las secciones subsiguientes 3.4.4.2 a 3.4.4.4 y 3.4.5.

3.4.4.2 Fuente de Información

La información hidro–meteorológica empleada para la evaluación del clima en la zona del estudio, corresponde a la registrada por las siete estaciones hidrometeorológicas más cercanas al depósito (ver Plano N° 1 y Tabla 3–7).

Además se ha empleado la información cartográfica consistente en la Carta Nacional Pacapausa (30–P), a escala 1/100,000 obtenida del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y mapas departamentales de Ayacucho y Apurímac.

Tabla 3–7: Estaciones Hidrometeorológicas Empleadas.

Estación	Periodo de Registro (años)	Distancia de Explorador (km)	Tipo	Ubicación de la Estación		
				Longitud Oeste	Latitud Sur	Altitud (msnm)
Cecchapampa	1967–1982	80	CO	74° 00'	14° 50'	3,900
Cecchapampa	1967–1976	80	HM	73° 59'	14° 48'	3,900
Urayhuma	1964–1982	40	PLU	73° 34'	14° 36'	4,170
Antabamba	1970–1975	45	CO	72° 53'	14° 22'	3,639
Chalhuanca	1970–1982	40	CO	73° 15'	14° 17'	2,902
Abancay	1965–1981	90	CP	72° 56'	13° 38'	2,377
El Pañe	1952–1970 y 1975–1997	240	CO	71° 04'	15° 25'	4,524

Nota: Las estaciones hidrometeorológicas son de propiedad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Leyenda: CO: Climatológica Ordinaria PLU: Pluviométrica
 CP: Climatológica Principal HM: Hidrométrica

3.4.4.3 Precipitación

La precipitación en la zona del depósito se presenta a través de lluvias y nieve. La temporada húmeda esta marcada entre los meses de noviembre a abril y la temporada seca entre los meses de mayo a octubre. Las estaciones utilizadas en la evaluación de la precipitación media anual fueron Urayhuma, Antabamba, Chalhuanca y Abancay.

Empleando la información disponible se analizó la variación de la precipitación media anual con relación a la altitud mediante varias correlaciones (lineal, potencial y exponencial), siendo la ecuación de regresión que mejor se ajusta a las estaciones citadas la siguiente:

$$P = 1.259 \times H^{0.798}$$

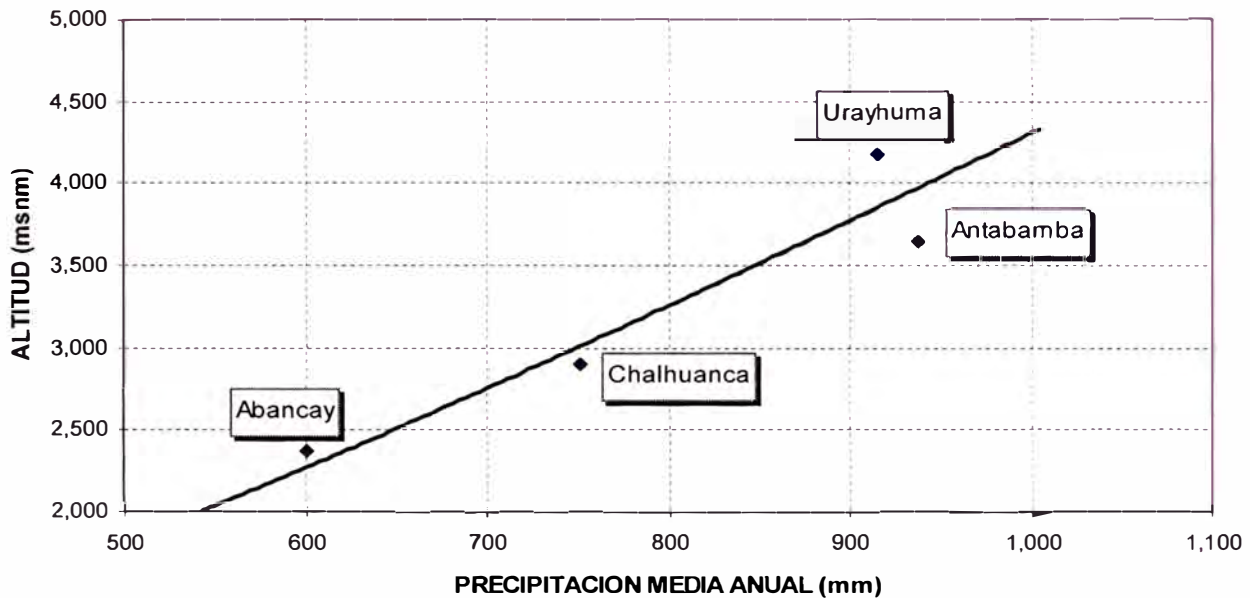
Donde:

P = Precipitación media anual (mm)

H = Altitud (msnm)

La Figura 3–2 muestra la relación de precipitación media anual – altitud para la zona del proyecto. Los valores de precipitación media anual para dichas estaciones se muestran en el Anexo 3.1.

Figura 3–2: Relación Precipitación Media Anual – Altitud (Periodo 1964–1982).



De la ecuación anterior se determinó que la precipitación media anual en la zona del embalse es 1,054.4 mm, considerando para ello una altitud promedio de 4,600 msnm.

Basada en los registros de la estación Urayhuma, ubicada a 4,170 msnm y la precipitación media anual calculada para la cuenca Explorador (1,054.4 mm), se estimó la precipitación mensual en la cuenca para el periodo 1964–1982 (ver Anexo 3.2), según la relación siguiente:

$$P_{i,j} = Pu_{i,j} \times P / Pu$$

Donde:

$P_{i,j}$ = Precipitación del mes i, año j en la cuenca de interés (mm)

$Pu_{i,j}$ = Precipitación del mes i, año j en la estación Urayhuma (mm)

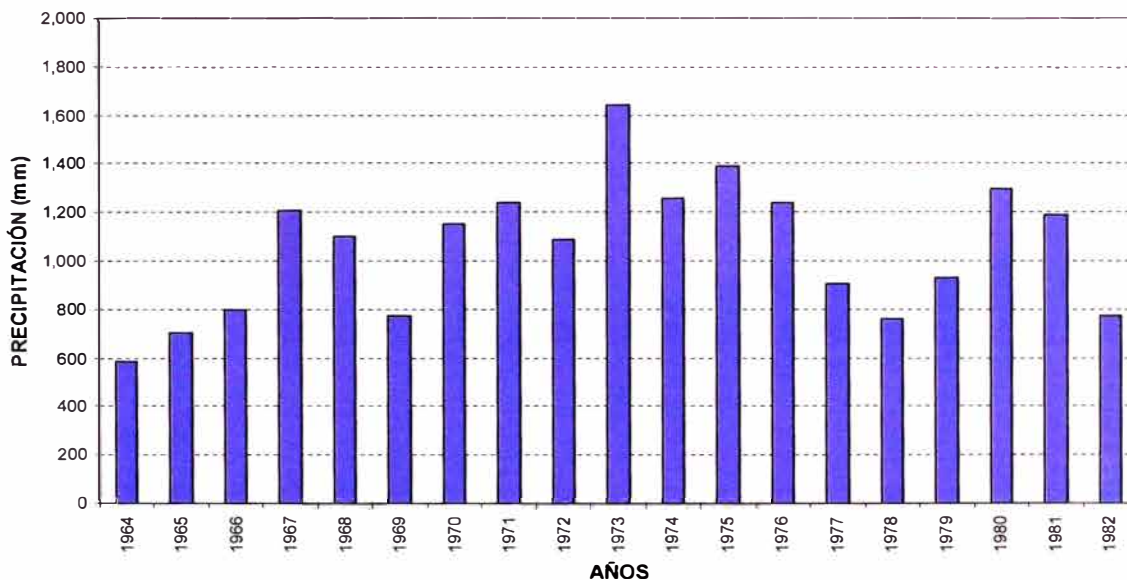
P = Precipitación media anual en la cuenca de interés (mm)

Pu = Precipitación media anual en la estación Urayhuma (mm)

Asimismo sobre la base de la información estadística disponible y representada a través de la Figura 3–3 siguiente, se puede observar que los valores de la precipitación media anual para un año húmedo han sido estimados en 1,444 mm para un período de retorno

de 10 años y en 1,768 mm para un período de retorno de 100 años. En lo que respecta a la precipitación máxima diaria para un período de retorno de 100 años, ésta ha sido estimada en 83 mm.

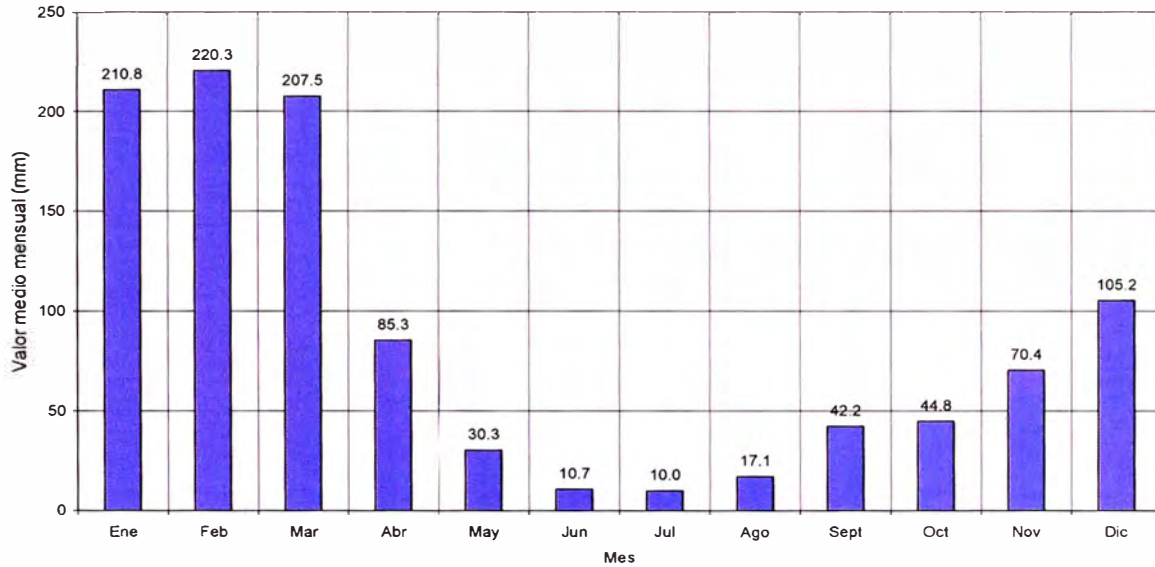
Figura 3–3: Precipitaciones Anuales Estimadas para Años Secos y Húmedos.



Se ha estimado para la zona de interés una precipitación máxima probable (PMP) de 240 mm en 24 horas, según el "Estudio Definitivo de la Presa Oruro", elaborado en 1980 por la Asociación OIST (Perú) e INTECSA (España), para el Ministerio de Agricultura. Dicho estudio, en base a la metodología propuesta por Hershfield, determinó la Precipitación Máxima Probable para tormentas de duraciones de 1, 2, 6 y 24 horas, empleando la información de 70 estaciones ubicadas en la sierra central y sur del país.

De los resultados de la precipitación promedio mensual del Anexo 3.2, se muestra en la Figura 3–4 siguiente la distribución mensual de la precipitación en la zona del proyecto, a lo largo de un año promedio.

**Figura 3–4: Distribución mensual de la precipitación en Explorador
 (Precipitación total media anual=1,054.4 mm)**

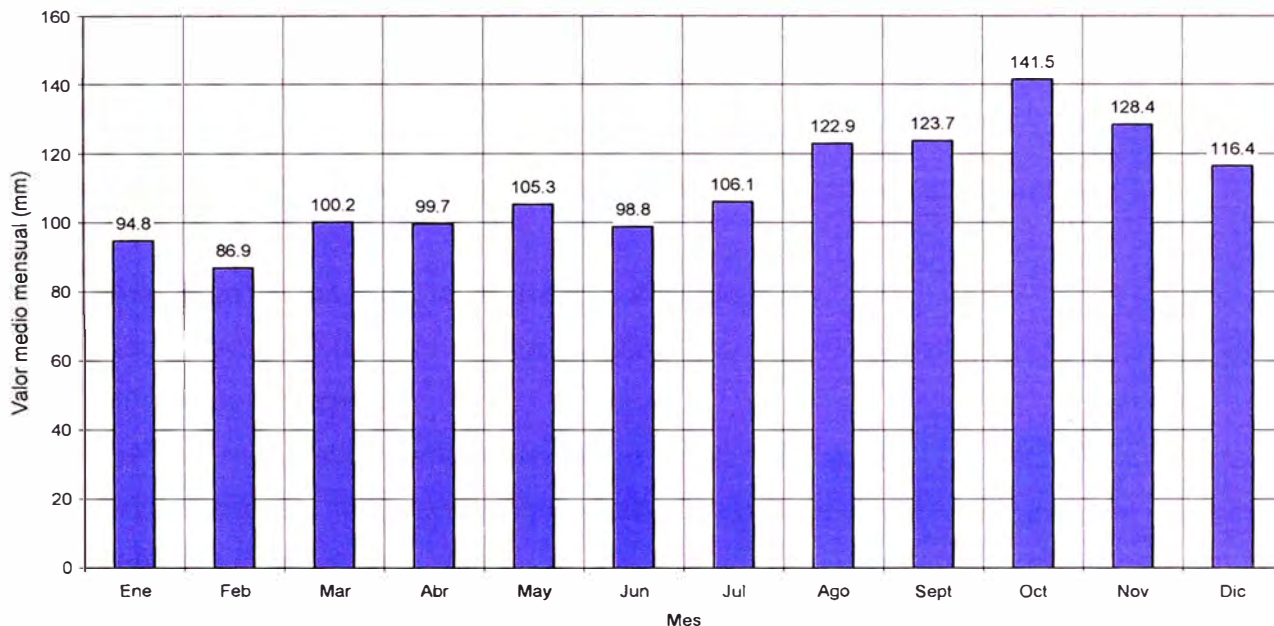


3.4.4.4 Evaporación

Dado que no se contó con información estadística sobre los niveles de evaporación en zonas próximas al proyecto, se empleó los registros de la estación El Pañe, que se ubica a 4,524 msnm (similar altitud a la del proyecto) y que cuenta con 46 años de registros de este parámetro para estimar la evaporación mensual promedio en la zona del depósito; muy a pesar de encontrarse a 240 km de la zona del embalse. En el Anexo 3.3 se muestran los registros de evaporación completados de la Estación El Pañe del periodo 1952–1997, a partir del cual, se ha realizado el gráfico de la variación promedio mensual de la evaporación (Ver Figura 3–5).

De la sección anterior se obtiene que la precipitación anual promedio para la zona del proyecto es 1,054.4 mm, mientras que la evaporación anual promedio estimada es 1,324.7 mm. Por lo tanto, en condiciones promedio, hay un flujo o transferencia neta de evaporación en la zona del proyecto.

**Figura 3–5: Distribución mensual de la evaporación en la Estación El Pañe.
(Evaporación total media anual= 1,324.7 mm)**



De esta información se desprende que la evaporación no presenta variaciones muy marcadas a lo largo del año y que para un año promedio, la evaporación media excede a la precipitación media en aproximadamente 26%.

Un coeficiente de 0.7 esta recomendado para convertir mediciones de evaporímetro a mediciones de laguna.

3.4.5 Estudio Hidrológico

3.4.5.1 Generalidades

El estudio de la hidrología de una determinada zona (área de proyecto) comprende el análisis de su régimen pluvial, el desarrollo de las características físicas de las cuencas o sub cuencas implicadas y la determinación de los caudales máximos a producirse en el área del proyecto o áreas adyacentes importantes a éste. Para el caso del área de emplazamiento de un depósito de relaves, el estudio hidrológico se orienta fundamentalmente a la determinación de los caudales máximos con el objeto de proyectar y diseñar las estructuras de captación y conducción (de drenaje) para derivar las descargas del cauce donde se ubica el depósito hacia cuencas o sub cuencas adyacentes. Asimismo mediante el estudio hidrológico se puede determinar la cantidad de agua disponible para el sistema de recirculación, proceso importante para el mecanismo de producción de las plantas concentradoras.

El dimensionamiento de las estructuras de captación y conducción esta condicionado por la magnitud de las descargas máximas del cauce principal en la sección de captación, por el riesgo de falla que puede admitirse y la vida útil que se espera para dichas estructuras.

El procedimiento seguido para realizar el estudio hidrológico es el siguiente:

- a) Selección de las estaciones hidrometeorológicas,
- b) Recopilación de la información cartográfica, pluviométrica y datos hidrometeorológicos,
- c) Análisis estadístico de la información pluviométrica,
- d) Determinación de las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno y,
- e) Cálculo de descargas máximas.

3.4.5.2 Hidrología

El emplazamiento propuesto para el Depósito Explorador consiste en una quebrada natural que descarga naturalmente hacia la quebrada Sullca, en dirección Sur–Oeste. La quebrada Sullca discurre en dirección Oeste adoptando el nombre de río Huayunca y luego río Cotani hasta su confluencia con el río Lindero, efluente del Colcabamba.

La cuenca propuesta y correspondiente al depósito tiene un área de 60.9 ha, con una longitud total de aproximadamente 1.5 km, pendiente promedio de 14% y una cuenca que se extiende entre las cotas 4,547.0 y 4,752.0 msnm. La base de la cuenca esta formada por bofedales y por lo tanto siempre existe un caudal base en la cuenca. En el Plano N° 7 se muestra el área de cuenca total y sub–cuencas para el depósito de relaves, con los respectivos parámetros de forma de la cuenca total.

El cálculo de caudales máximos se realiza a partir del análisis de frecuencia de los eventos hidrológicos máximos provenientes de caudales de avenida (ríos, quebradas) y precipitaciones máximas.

Para el caso del Depósito Explorador al no contarse con registros de aforo en el lugar del estudio, solo se tomó en cuenta las precipitaciones, realizándose el análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas de duración de una estación pluviométrica

vecina (Estación Urayhuma). El análisis de frecuencia se realiza mediante diferentes distribuciones de frecuencia (función de distribución probabilística), eligiéndose mediante una prueba de bondad de ajuste la distribución de frecuencia que mejor se ajuste a los registros históricos y finalmente se estima las precipitaciones máximas en 24 horas de duración para diferentes periodos de retorno. Luego, a partir de lo anterior se determina los caudales máximos para diferentes tiempos de retorno empleando métodos indirectos, esto, ante la carencia de registros hidrométricos que permitan su determinación directa.

En el Anexo 3.4 se muestra el registro histórico de precipitación máxima en 24 horas (mm) de la Estación Urayhuma.

3.4.5.3 Resumen de Resultados

Las precipitaciones máximas diarias de 24 horas de duración, los caudales máximos y escorrentías máximas calculados se resumen en la Tabla 3–8 siguiente.

Tabla 3–8: Precipitaciones Máximas Diarias, Caudales Máximos y Escorrentías Máximas.

Periodo de Retorno (años)	Precipitación Máxima Diaria (mm)	Caudales Máximos (m ³ /s)	Volumen de Escorrentía (miles de m ³)
1:2	30.5	0.25	5
1:5	44.6	0.50	10
1:10	54.0	0.68	15
1:20	63.0	0.85	19
1:25	65.8	0.91	21
1:50	74.6	1.07	25
1:100	83.3	1.25	30
1:500	103.4	1.65	41
1:1000	112.1	1.84	46
AMP*	240	4.48	122

(*) AMP: Avenida Máxima Probable.

3.5 BALANCE DE AGUA Y MASA

3.5.1 Generalidades

El balance de agua y masa es un análisis que en el caso de los depósitos de relaves permite evaluar la altura de la presa de arranque requerida y, establecer las elevaciones del recrecimiento de la presa y del embalse, calculados cada mes y durante el tiempo de vida estimado del depósito. El balance de agua y masa asimismo permite determinar los excesos y déficit de agua en el embalse, factor importante en las operaciones mineras.

Para realizar el balance de agua y masa de un depósito se necesita conocer los valores de ingreso y salida de agua al depósito, requiriéndose para ello de las siguientes informaciones:

- Características físicas del relave: porcentaje de sólidos en peso del relave, densidad in situ del relave, gravedad específica del relave y su relación de vacíos,
- Volumen de agua fresca disponible para la operación de la planta concentradora y para el transporte del relave de la planta hacia el depósito,
- Tasa y método de deposición del relave,
- Ciclo de operación diaria, mensual y anual de la planta,
- Vida útil del almacenamiento requerido,
- Borde libre del embalse e,
- Información climatológica (precipitación y evaporación) e hidrológica (escorrentía, agua subterránea, filtración) de la zona del depósito.

Los balances de agua y masa suelen desarrollarse a través de modelos matemáticos que se basan en ecuaciones, siendo un ejemplo el siguiente:

$$P - E + Q_i = Q_a + Q_r$$

Donde:

P = Precipitación media mensual

E = Evaporación media mensual

Q_i = Volumen de entrada que proviene de la planta concentradora

Q_a = Volumen de agua de salida

Q_r = Volumen de retención de los sólidos transportados más la infiltración

3.5.2 Entradas y Salidas de Agua

Para el caso del Depósito Explorador, el balance de agua y masa se efectuó en ocasión al diseño de la Etapa I del depósito (2003), e imprescindiblemente también tiene que realizarse en esta etapa de sobre-elevación del depósito, habiéndose asumido para este recrecimiento, que el tonelaje de relaves a ser descargado en el depósito se incrementará gradualmente de las 189,000 t/año que se producen actualmente a 252,000 t/año cuando la planta concentradora pase a tratar 1,000 t de mineral al día.

Una representación esquematizada mediante un diagrama de flujo del balance de agua y masa del recrecimiento del depósito se muestra en la Figura 3–6. Los valores de ingreso y salida de agua mostrados fueron tomados a partir de los criterios de diseño presentados en la Sección 3.2.4, Item A y B y, de la información climatológica e hidrológica presentada en las Secciones 3.4.4 y 3.4.5 respectivamente.

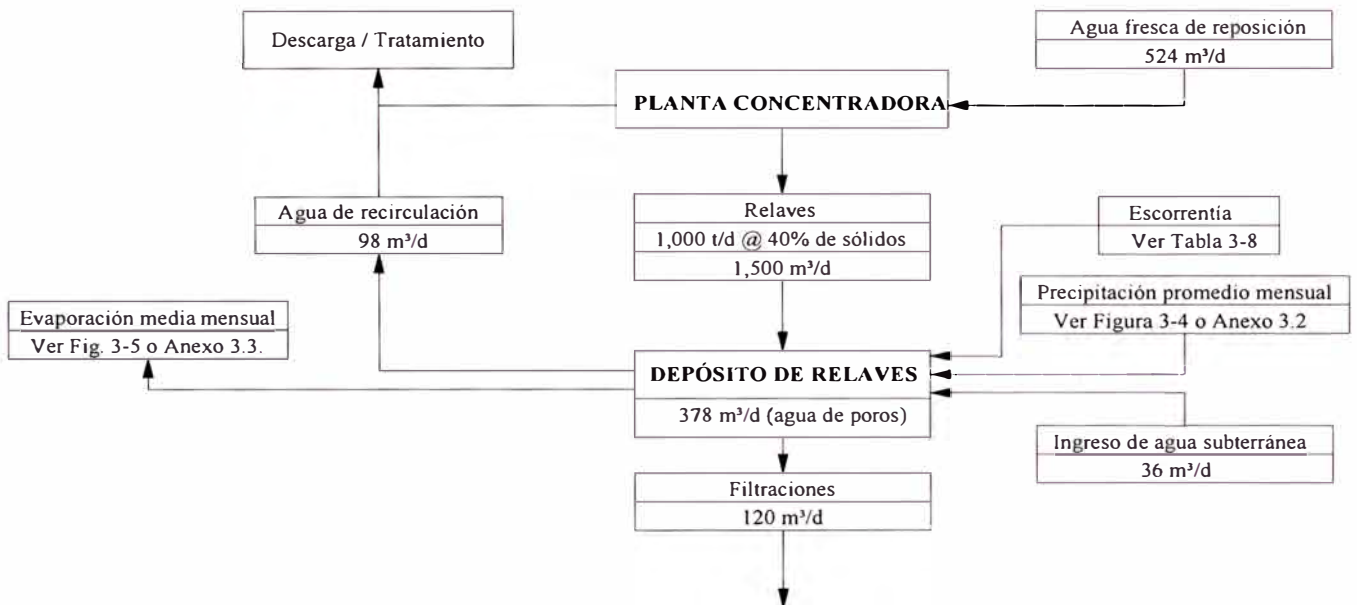
En tal sentido, los ingresos de agua al depósito estarán constituidos por:

- El agua de la pulpa (1,500 m³/d) que proviene de la planta,
- La precipitación directa sobre el depósito, estimado en base a la precipitación promedio mensual presentada en la Figura 3–4 o Anexo 3.2.
- La escorrentía superficial no captada por los canales: izquierdo y derecho de drenaje de escorrentía (Ver Tabla 3–8). Para la determinación de este volumen de agua se ha considerado un coeficiente de escorrentía de 0.8.
- Aguas subterráneas que pudieran ingresar al depósito a través del bofedal (estimada en 36 m³/d), calculado mediante pruebas de percolación durante el diseño original (Etapa I) del depósito.

Por otro lado, las salidas de agua están compuestas por:

- El agua de evaporación, estimado en base a la evaporación media mensual presentada en la Figura 3–5 o Anexo 3.3, pero afectados por un coeficiente de 0.7.
- El agua de filtración (estimada en 120 m³/d)
- El agua de poros retenida en los vacíos del relave del depósito (378 m³/d)
- El agua que es recirculada a través de la planta concentradora (98 m³/d) y la que es tratada y/o descargada al ambiente.

Figura 3–6: Balance de agua y masa del Depósito de Relaves Explorador.



CAPÍTULO IV:

DISEÑO DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR

4.1 GENERALIDADES

El diseño de un depósito de relaves se realiza con la finalidad de asegurar la estabilidad estática, dinámica y química del mismo, desde su etapa de operación (almacenamiento) hasta su etapa de abandono, de manera permanente.

El diseño debe asegurar la estabilidad estática y dinámica del depósito, de tal manera que no ocurran fallas, ya que de ocurrir éstas, significarían un altísimo impacto ambiental y pérdidas en vidas humanas y propiedades aledañas. Dichas estabilidades dependen de la forma de deposición, de las propiedades de los relaves descargados y de los materiales de relleno de la presa, de la morfología de la ubicación del depósito, de las características de la cimentación, del tipo de depósito y de la sismicidad de la zona; debiéndose realizar el cálculo y verificación de dichas estabilidades de manera oportuna si la evaluación de los datos de monitoreo presentan algún comportamiento anómalo.

La estabilidad química de un depósito esta relacionada directamente a la no generación de efluentes contaminantes, fundamentalmente las aguas ácidas y metales en solución. Para esto, la legislación ambiental en el Perú ha establecido los Límites Máximos Permisibles (LMP) que los efluentes deben contener antes de ser vertidos al medio receptor natural. Por tanto, la estabilidad química de un depósito de relaves comprende una etapa de remediación o control para reducir las concentraciones de metales (además de PH, turbidez, etc) por debajo de los LMP, seguida por la adopción de medidas para preservar esta situación de manera permanente.

El diseño de un depósito de relaves generalmente comprende construir una presa de arranque, antes del comienzo de las operaciones mineras, usando para ello, materiales de rellenos adecuados y disponibles localmente, luego se eleva la presa de arranque empleando relaves cicloneados (producto de la operación de la planta), material de desmonte de roca (producto de las labores mineras) o materiales de préstamo

(proveniente de canteras cercanas), según sea el tipo de depósito definido. Mediante el diseño de la presa se busca cumplir los siguientes objetivos:

- Satisfacer los criterios de estabilidad internacionalmente aceptados para la construcción de presas en áreas de alta sismicidad,
- Minimizar el riesgo de infiltración en el subsuelo,
- Incorporar materiales disponibles localmente para la construcción cuyo costo sea económicamente ventajoso pero sin comprometer la seguridad y,
- Satisfacer todos los requisitos reglamentarios del Perú en relación con la construcción del depósito de relaves.

Para el caso del Depósito Explorador, se realizará el diseño de su recrecimiento, el cual conlleva el recrecimiento de la presa de arranque o Presa Explorador (en una sola etapa), la construcción de dos presas pequeñas denominadas Presa Lateral N° 1 y Presa Lateral N° 2 y un canal vertedero de emergencia, los mismos que se detallarán en las secciones subsiguientes.

Además, en el presente capítulo se desarrolla el análisis de estabilidad de la Presa Explorador y de las Presas Laterales N° 1 y 2, para las condiciones estáticas, pseudo-estáticas y dinámicas.

Es importante señalar que de acuerdo a los resultados del ensayo mineralógico y ensayo ABA del relave procedente del Depósito Explorador no se generarán aguas ácidas, llegándose a la conclusión que existe estabilidad química en el depósito, pero se recomienda hacer (durante la etapa de operación del depósito) ensayos periódicos adicionales para corroborar esta afirmación (ver capítulo II, sección 2.4.2). Asimismo el agua del relave cumple con los LMP exigidos por el MEM, según los resultados entregados por CMA.

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL RECRECIMIENTO DE LA PRESA EXPLORADOR

En el diseño se propone construir el recrecimiento de la cresta de la presa (en una sola etapa) desde la cota 4,561.5 msnm hasta la cota final de 4,568.0 msnm, empleando el método de aguas abajo. El talud de aguas arriba del recrecimiento tendrá una inclinación de 2.0(H):1.0(V) y será una prolongación del talud de aguas arriba de la Etapa I de la

presa, lo cual permitirá efectuar cómodamente la extensión de la cobertura impermeable de dicho talud con geomembrana. Para éste último fin se ha previsto la instalación de una geomembrana de HDPE de 1.5 mm de espesor (60 mil), lisa por ambas caras, similar a la instalada en la Etapa I de la presa, para lo cual se ha evaluado que se requerirá un total de 4,920 m² de geomembrana.

Cabe indicar que la colocación de la cobertura de geomembrana ha sido planteada desde la Etapa I del depósito, con la única finalidad de reducir y controlar las filtraciones del agua de la pulpa de relave y de esta forma, proteger la estabilidad de la presa.

El talud de aguas abajo del recrecimiento ha sido definido en 2.0(H):1.0(V), siendo ligeramente mayor que el talud de la presa existente. Se ha previsto la colocación de una capa de cobertura de tierra vegetal sobre la superficie final de dicho talud, a fin de favorecer el crecimiento de pastos, lo cual formaría parte de las obras de cierre del depósito y se podría ir haciendo progresivamente, mientras el depósito se encuentra en servicio. Para tal fin, se instalará posteriormente sobre la superficie del talud de aguas abajo una geocelda sintética de 4" de espesor, necesitándose para esto un total de 17,352 m² de geoceldas.

El ancho de la cresta del recrecimiento será igual a 5 m, en tanto que la longitud de la misma será igual a 293.28 m. El volumen total de material de préstamo compactado, requerido para la construcción del recrecimiento de la Presa Explorador ha sido cuantificado en 124,235 m³. Sobre la cresta del recrecimiento de la presa se colocará una capa de rodadura de 20 cm de espesor, con una pendiente de 1.5 % hacia aguas arriba, la misma que servirá como protección de la cresta de la presa para protegerla del tránsito vehicular y la erosión.

El recrecimiento de la presa estará conformado por dos tipos de materiales denominados "B" y "C", los cuales corresponden a la denominación utilizada en ocasión al diseño de la Etapa I del depósito en el año 2003. El material tipo "B" – a ser colocado en la base de la presa y que cumplirá la función de dren de pie – tendrá un volumen de 27,754 m³ y consistirá de una grava arenosa compactada y será conformada hasta la cota de 4,545.0 msnm. En tanto que el material tipo "C" – que se colocará sobre el dren de pie hasta la cota final de 4,568.0 msnm – tendrá un volumen de 96,481 m³ y constituirá el material de

relleno general semi-impermeable y estará compuesto por grava arenosa limo-arcillosa compactada.

En el Plano N° 8 se presenta la planta del recrecimiento proyectado, en el Plano N° 16 se muestra la sección transversal típica de dicho recrecimiento (Presa Explorador) y en los Planos N° 17 a 21 se presentan las secciones transversales de detalle, espaciadas cada 10 m a partir de la progresiva 0+000 del eje de la cresta del recrecimiento terminado y en donde se puede observar los materiales tipo "B" y "C" a utilizarse.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS PRESAS LATERALES N° 1 Y 2

Al igual que la Presa Explorador, las crestas de las Presas Laterales N° 1 y 2 se construirán hasta la cota 4,568.0 msnm, con un ancho de 5 m, en tanto que la longitud de las mismas serán de 49.32 m y 25.25 m respectivamente. Sobre la cresta de ambas presas se colocará una capa de rodadura de 0.20 m de espesor, con una pendiente de 1.5 % hacia aguas arriba, la misma que servirá como protección de la cresta de la presa para protegerla del tránsito vehicular y/o la erosión.

Los taludes de aguas abajo y de aguas arriba de dichas presas tendrán una inclinación de 2.0(H):1.0(V). En el caso particular de la Presa Lateral N° 1, se ha previsto la instalación de una cobertura impermeable sobre el talud de aguas arriba, mediante una geomembrana de HDPE de 1.5 mm de espesor (60 mil), lisa por ambas caras, similar a la proyectada para el talud de aguas arriba de la Presa Explorador, para lo cual se ha evaluado que se requerirá un total de 632 m² de geomembrana.

En el caso del talud de aguas abajo de ambas presas laterales se ha previsto la colocación de una capa de cobertura de tierra vegetal sobre la superficie final de dichos taludes, a fin de favorecer el crecimiento de pastos, lo cual formará parte de las obras de cierre del depósito de relaves.

En el caso particular de la Presa Lateral N° 1, la configuración interna de ésta estará conformada también por los materiales tipo "B" y "C". El material tipo "B" – a ser colocado en el extremo de aguas abajo de la base de la presa y que cumplirá la función de dren de pie – tendrá un volumen de 258 m³ y consistirá de una grava arenosa compactada, mientras que material tipo "C" – que se colocará sobre el dren de pie y constituirá el resto

del cuerpo de la presa – tendrá un volumen de $3,655 \text{ m}^3$ y estará compuesto por grava arenosa limo–arcillosa compactada.

Para el caso de la Presa Lateral N° 2, debido a sus reducidas dimensiones (477 m^3), se ha considerado que la construcción de la misma se podrá realizar utilizando solamente el material tipo “C”, conformado por un material semi–impermeable constituido por grava arenosa limo–arcillosa compactada.

Adicionalmente, para el caso particular de la Presa Lateral N° 1 se ha considerado que la cresta de la misma servirá como parte de la vía de acceso a la cresta de la Presa Explorador, la cual requerirá de una ligera modificación en el trazo actualmente existente a través de los Tramos N° 1 y 2 (ver Plano N° 8).

Asimismo, en el Plano N° 22 se presenta las distribuciones en planta de las Presas Laterales N° 1 y 2, y en los Planos N° 23 y 24 se muestran las secciones transversales de detalle, espaciadas cada 10 m a partir de la progresiva 0+000 del eje de las crestas de ambas presas laterales y donde se puede observar los materiales tipo “B” y/o “C” a utilizarse.

4.4 CANAL VERTEDERO DE EMERGENCIA

Con la finalidad de evacuar las aguas que pudieran ingresar en demasía al depósito de relaves, se ha previsto la construcción de un canal vertedero de emergencia cuya cota de fondo ha sido fijada a 4,567.0 msnm. Esta estructura de drenaje tendrá una sección rectangular de 1.50 m de ancho y altura variable entre 0.60 y 1.00 m, en tanto que su longitud será de 52.1 m y tendrá pendientes comprendidas entre 1% al inicio y 5% en su tramo final. En el área anterior a la toma de captación deberá de construirse un emboquillado de piedra de espesor 0.30 m. Adicionalmente, dado que su desarrollo intercepta la trocha de acceso a la zona de la presa, se ha previsto la construcción de una alcantarilla de concreto armado de 5.50 m de longitud, la cual permitirá el tránsito de camiones.

En el Plano N° 8 se muestra la ubicación en planta de esta estructura dentro del arreglo general de la obra y en el Plano N° 25 se presenta la planta, perfil longitudinal y detalles

de dicha estructura, en tanto que en el Plano N° 26 se muestra los detalles de la alcantarilla propuesta.

4.5 NUEVA INSTRUMENTACIÓN

Con el objetivo de monitorear las condiciones que se desarrollarán durante la etapa de operación del depósito se plantea una nueva instrumentación, la cual se instalará luego de concluido el recrecimiento de la Presa Explorador. La información y datos obtenidos de dicha instrumentación servirán de comparación entre las condiciones reales y aquellas asumidas en este diseño, realizados de manera oportuna y periódica, donde de haber un cambio en las condiciones, servirá para modificar la operación del depósito o tomar alguna medida importante que no afecte la estabilidad de la presa.

La instrumentación consistirá de piezómetros de tubo abierto e hitos de monitoreo, los mismos que se detallan a continuación:

- Dos (02) piezómetros de tubo abierto. El primero de ellos, a ser denominado PZ-01 tendrá una longitud aproximada de 37.0 m y se instalará sobre la cresta del recrecimiento de la presa; el segundo piezómetro, a ser denominado PZ-02 tendrá una longitud aproximada de 16 m y se instalará sobre la ladera de aguas abajo de la presa.
- Diez (10) hitos de concreto para el monitoreo topográfico de eventuales desplazamientos del cuerpo de la Presa Explorador. Los hitos se instalarán sobre el talud de aguas abajo del recrecimiento (espaciados cada 30 m), cinco hitos sobre la parte superior del talud y los cinco hitos restantes a medio talud.

En el Plano N° 8 se muestra la ubicación de la instrumentación propuesta, en tanto que el Plano N° 27 se indica las dimensiones y los requisitos de instalación.

4.6 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA EL RECRECIMIENTO

Los materiales de relleno a ser utilizados para el recrecimiento de las presas son de tipo "B" y "C", los mismos que procederán de las canteras autorizadas.

No se previo recrecer el depósito con el mismo relave descargado, para las razones de no tener ningún problema futuro de contaminación ambiental y por la inseguridad que significa recrecer una presa con estos materiales, dado el bajo valor de su densidad relativa ($DR \approx 40\%$). Por otro lado, se necesitaría una mayor inclinación del talud aguas abajo del recrecimiento, el cual nos llevaría más hacia la zona de bofedal, aguas abajo de la Presa Explorador.

4.6.1 Material tipo “B”

Los suelos que se deberán emplear en la construcción de la capa de dren consistirán de grava arenosa, con tamaño máximo de partículas igual a 6” y con un contenido de finos (% en peso que pasa la malla ASTM # 200) máximo de 15%, a ser extraída de la cantera Huararani. Los suelos no deberán tener vegetación, detritos, material orgánico u otros materiales inadecuados, asimismo las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables.

El material utilizado para la construcción de la capa de dren deberá ser colocado en capas de espesor máximo suelto igual a 40 cm y deberá ser compactado a una densidad mínima del 100% de la densidad máxima seca obtenida mediante el ensayo Proctor estándar (ASTM D-698). Al ser colocado y compactado, su contenido de humedad deberá estar dentro del +2% y -2% de la humedad óptima obtenida mediante el ensayo Proctor estándar.

El material tipo “B” que se utilizará para el relleno compactado del recrecimiento de la Presa Explorador y construcción de la Presa Lateral N° 1, será un volumen de 28,012 m³.

4.6.2 Material tipo “C”

Los suelos que se deberán emplear en la construcción de la capa de relleno general, ubicada encima de la capa de dren, consistirán en una grava arenosa arcillosa, con tamaño máximo de partículas igual a 6” y con un contenido de finos (% en peso que pasa la malla ASTM # 200) máximo de 30%, a ser extraída de las canteras Colpacorral, Explorador Norte y Polvorín. Los suelos no deberán tener vegetación, detritos, material orgánico u otros materiales inadecuados, asimismo las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables.

El material utilizado para el relleno general deberá ser colocado en capas de espesor máximo suelto igual a 40 cm y deberá ser compactado a una densidad mínima del 100% de la densidad máxima seca obtenida mediante el ensayo Proctor estándar (ASTM D-698). Al ser colocado y compactado, su contenido de humedad deberá estar dentro del +2% y -1% de la humedad óptima obtenida mediante el ensayo Proctor estándar.

El material tipo "C" que se utilizará para el relleno compactado del recrecimiento de la Presa Explorador y construcción de las Presas Laterales N° 1 y 2, será de un volumen de 100,613 m³.

Los materiales tipo "B" y "C" deberán cumplir con los requisitos indicados en las Tablas 4-1 y 4-2 siguientes.

Tabla 4-1: Granulometría de los Materiales tipo "B" y "C".

Abertura de la Malla	% que pasa	
	Tipo B	Tipo C
6" (152.4 mm)	100	100
¾" (19.05 mm)	40 – 100	64 – 100
# 4 (4.75 mm)	0 – 63	41 – 100
# 10 (2.0 mm)	0 – 40	27 – 85
# 40 (0.84 mm)	0 – 28	0 – 59
# 200 (0.074 mm)	0 – 15	0 – 30

Tabla 4-2: Requisitos de los Materiales tipo "B" y "C".

Características	Material de Préstamo	
	Tipo B	Tipo C
Tamaño máximo.	6"	6"
Índice de plasticidad	< 15 %	< 15 %
Porcentaje de compactación.	≥ 100 %	≥ 100 %

Asimismo, en la Figura 4-1 se muestra el huso granulométrico de los materiales tipo "B" y "C", realizado a partir de los valores mostrados en la Tabla 4-1 y que servirá para dar conformidad a la granulometría de los materiales de relleno de las presas.

Para verificar las características y requisitos descritos de los materiales "B" y "C", se deberán realizar una serie de ensayos de laboratorio y de campo (durante la etapa de construcción), los cuales se desarrollarán en el capítulo V.

4.6.3 Capa de Rodadura

Sobre las crestas de la Presa Explorador y Presas Laterales N° 1 y 2 se colocará una capa de rodadura de 20 cm de espesor sobre encima del material tipo "C", con una pendiente de 1.5 % hacia aguas arriba, las mismas que servirán como protección de la crestas de las presas para protegerlas del tránsito vehicular y/o la erosión. La capa de rodadura deberá de estar conformada por materiales granulares seleccionados de TM 3" y procedentes de la Cantera Huararani.

La cantidad de material que se colocará en las crestas de las tres presas será de un volumen de 368 m³.

4.6.4 Geomembrana

Sobre los taludes de aguas arriba del recrecimiento de la Presa Explorador y Presa Lateral N° 1 de inclinaciones 2(H):1(V) se ha previsto la instalación de una cobertura impermeable, mediante una geomembrana de HDPE de 1.5 mm de espesor (60 mil), lisa por ambas caras, similar a la colocada en el talud de aguas arriba de la presa de arranque (Etapa I). Las geomembranas colocadas en el talud de aguas arriba de la presa de arranque y del recrecimiento de la Presa Explorador serán empalmadas 0.50 m y soldadas adecuadamente, tal como se aprecia en el Plano N° 16, Presa Explorador – Sección Típica.

La geomembrana será de polietileno de alta densidad (HDPE) y deberá cumplir con los requerimientos señalados por el ASTM y la norma GM-13 del GRI (Geosynthetic Research Institute) y deberán ser suministrados e instalados por un contratista especializado y de acuerdo con los procedimientos, plan, control y aseguramiento de la calidad contenidos en el capítulo V (sección 5.4.3).

La cantidad de geomembrana neta que se instalará en los taludes de aguas arriba del recrecimiento de la Presa Explorador (4,920 m²) y Presa Lateral N° 1 (632 m²) será de un total de 5,552 m².

4.6.5 Concreto

Las estructuras de concreto previstas para el diseño del recrecimiento son las siguientes:

- Canal vertedero de emergencia, el cual estará conformado por un canal de concreto simple de 175 kg/cm² (15.0 m³) y una alcantarilla tipo marco de concreto armado de 210 kg/cm² (8.60 m³). Además de concreto ciclópeo de 175 kg/cm² + 20% PM en la cimentación del canal vertedero (7.35 m³). En el plano N° 25 se muestra el canal vertedero de emergencia, su planta y detalles, y en el plano N° 26 la alcantarilla tipo marco de dicha estructura.
- Diez (10) hitos de concreto de 175 kg/cm² para el monitoreo topográfico de eventuales desplazamientos del cuerpo de la presa (0.45 m³). En el Plano N° 8 se indican las ubicaciones de estos hitos, mientras que en el Plano N° 27 se muestra su esquema y dimensiones.

Las características de los materiales para el concreto, es decir el cemento, aditivos, agregados gruesos, agregados finos y el agua, así como los requerimientos de construcción como son la dosificación, la mezcla, el vaciado, el acabado, el curado, la protección del concreto y las probetas a tomar (testigos) deben de ser según las indicaciones contenidas en las especificaciones técnicas del proyecto.

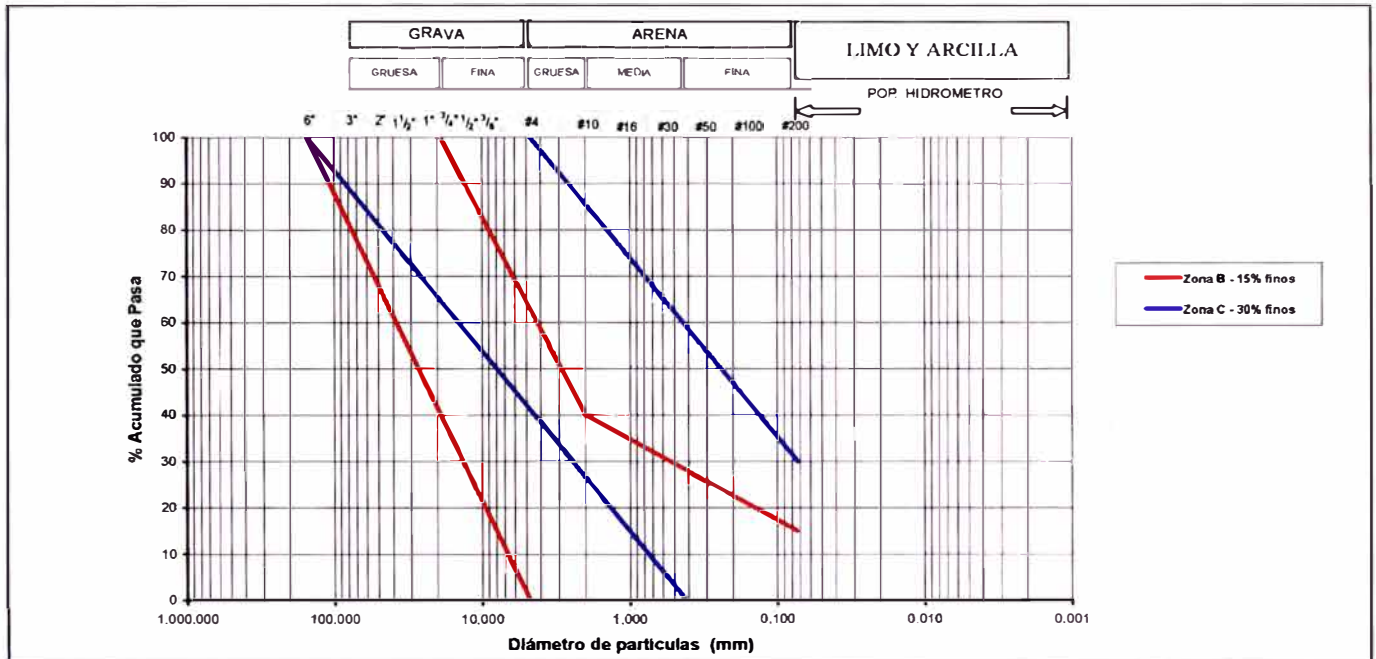
En la Tabla 4–3 siguiente se muestra el resumen de metrados de los materiales para la construcción del recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador.

Tabla 4–3: Resumen de Metrados de los Materiales para el Recrecimiento del Depósito.

ESTRUCTURAS	MATERIALES	UND.	METRADO
PRESA EXPLORADOR	Material tipo "B"	m ³	27,754.0
	Material tipo "C"	m ³	96,481.0
	Concreto (Hitos de Monitoreo)	m ³	0.45
	Geomembrana de HDPE (e=1.5 mm) *	m ²	4,920.0
	Geocelda tipo 4/300 de Tenax o similar (e=4").	m ²	17,352.0
	Piezómetros de Tubo Abierto	Glb	2.0
	Capa de rodadura	m ³	294.0
PRESA LATERAL N° 1	Material tipo "B"	m ³	258.0
	Material tipo "C"	m ³	3,655.0
	Geomembrana de HDPE (e=1.5 mm) *	m ²	632.0
	Capa de rodadura	m ³	49.0
PRESA LATERAL N° 2	Material tipo "C"	m ³	477.0
	Capa de rodadura	m ³	25.0
CANAL VERTEDERO DE EMERGENCIA	Piedra Emboquillada (e=0.30 m)	m ²	5.0
	Concreto ciclópeo f'c=175 kg/cm ² + 20% P.G.	m ³	7.35
	Concreto simple f'c=175 kg/cm ² .	m ³	15.14
	Concreto f'c=210 kg/cm ² .	m ³	8.60

(*): El metrado corresponde al área de geomembrana expuesta y al área de geomembrana colocada en las zanjas de anclajes; sin considerar los traslapes ni pérdidas por desperdicios.

Figura 4–1: Huso Granulométrico de los Materiales de Relleno para el Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador.



4.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ESTÁTICA Y PSEUDO-ESTÁTICA

4.7.1 Metodología Empleada

La evaluación de la estabilidad física del recrecimiento de la Presa Explorador, así como de las Presas Laterales N° 1 y 2, se ha llevado a cabo para las condiciones de análisis estáticas y pseudo-estáticas.

- El análisis estático evalúa la estabilidad de la presa en condiciones normales de operación, donde las únicas fuerzas desestabilizantes están constituidas por el peso propio del material y las presiones de poros presentes en el cuerpo de la presa.
- El análisis pseudo-estático, por otro lado, constituye una forma simplificada de evaluar la estabilidad del depósito, en caso de la ocurrencia de un sismo.

Para el análisis estático y pseudo-estático, se ha utilizado el método de equilibrio límite de Bishop simplificado, cuyo algoritmo de cálculo está contenido en el programa Slide ® (versión 5.0).

4.7.2 Secciones de Análisis

Para el recrecimiento de la Presa Explorador se han analizado tres secciones transversales representativas de dicho recrecimiento, siendo estas referidas a las

progresivas del eje de la cresta del recrecimiento las siguientes: 0+080, 0+120 y 0+180 (ver Planos N° 12 y 13).

Para el caso de las Presas Laterales N° 1 y 2, las secciones de análisis seleccionadas y que constituyen las más desfavorables, son las que se ubican respectivamente en las progresivas 0+025 y 0+010 del eje de cresta de dichas presas (ver Plano N° 14).

4.7.3 Aceleración Sísmica de Diseño

De acuerdo con la evaluación de la sismicidad de la zona del proyecto y a la Zonificación del Coeficiente Sísmico para Presas de Tierra y Enrocado en el Perú (Ruesta et al., 1988) – ver Figura N° 4–2 – el coeficiente sísmico de diseño empleado en el presente análisis de estabilidad ha sido 0.20g, valor que equivale a 2/3 de la aceleración máxima correspondiente al sismo de diseño que, según el análisis probabilístico efectuado (ver capítulo III, sección 3.4.3), se considera que podría afectar a la zona del proyecto, correspondiente a un sismo con periodo de retorno de 475 años.

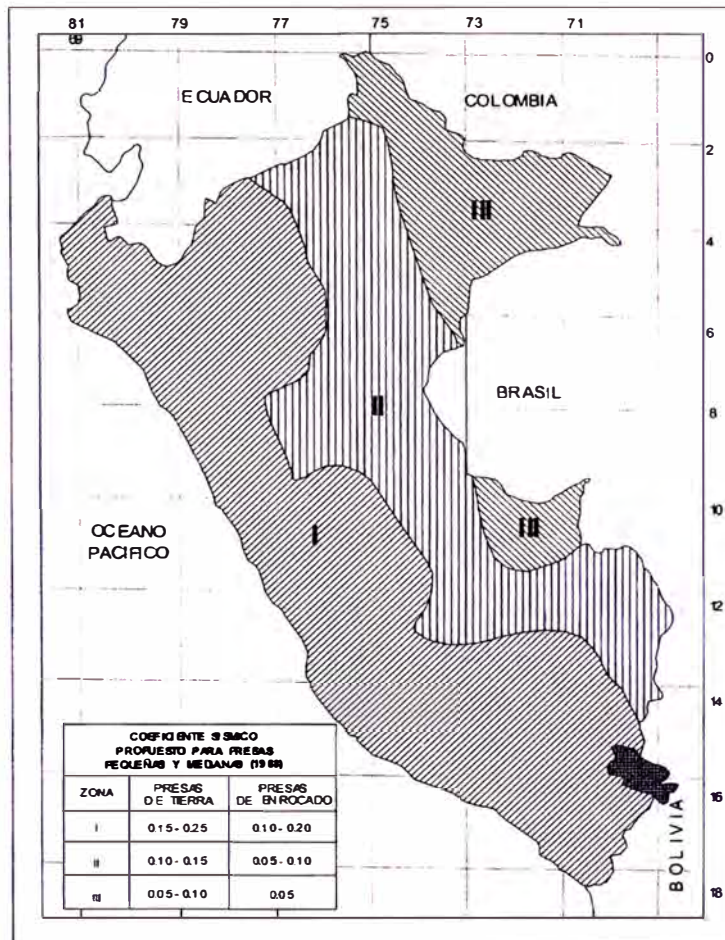
4.7.4 Nivel Freático

Los registros diarios del monitoreo de los piezómetros de tubo abierto existentes BH–02–01 y BH–02–02 (ver Plano N° 6), ubicados respectivamente en el talud de aguas abajo y sobre la cresta de la presa, indican que para el periodo comprendido entre fines de agosto de 2003 (al término de la construcción de la presa) y mayo de 2005, el nivel freático en el emplazamiento de la Etapa I de la Presa Explorador presenta el siguiente comportamiento:

- Durante dicho periodo de registro, el nivel freático se ha mantenido prácticamente constante en ambos piezómetros.
- En el piezómetro BH–02–01 (talud de aguas abajo), el nivel freático se ubica por debajo de la base del cuerpo de la presa, a la cota 4,539.05 msnm.
- En el piezómetro BH–02–02 (cresta de la presa), el nivel freático se ubica por debajo del límite superior del dren de la presa, a una altitud de 4,547.10 msnm, coincidentemente con el mismo nivel que tenía en dicho sector la superficie original del terreno natural (4,547.03 msnm).

En consecuencia, se puede concluir que el nivel freático en la zona de la presa se encuentra significativamente deprimido y estable y no parece verse afectado durante el periodo anual de lluvias.

Figura 4–2: Zonificación del Coeficiente Sísmico en el Perú (Ruesta et al., 1988).



4.7.5 Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales

La caracterización geotécnica de los materiales involucrados en el análisis de estabilidad de las presas ha sido efectuada sobre la base de los resultados del programa de ensayos de laboratorio de muestras representativas obtenidas de las canteras de geomateriales disponibles y de los geomateriales tipo “B” y “C” obtenidas del cuerpo de la Presa Explorador (Etapa I) y, que corresponden respectivamente al dren de la presa y al espaldón de aguas abajo de la misma (relleno general). Ver Tabla 4–4 y Anexo 2.

Como resultado de la ejecución del referido programa de ensayos de laboratorio se reajustaron los valores de los parámetros geotécnicos que intervienen en el análisis de estabilidad de la presa y que fueron estimados conservadoramente en el diseño de la

Etapa I del depósito en 2003. Estos valores reajustados de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman la presa se presentan en la Tabla 4–4 siguiente:

Tabla 4–4: Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales.

Material	Peso Unitario (kN/m ³)	Ángulo de Fricción (°)	Cohesión (kPa)
Relave	18.0 *	28 *	0 *
Depósito Glacial (Cimentación)	19.0 *	32 *	0 *
Basamento de Toba (Cimentación)	25.0 *	38 *	100 **
Espaldón de Aguas Arriba (Material A)	20.0 **	35 **	10 **
Dren de la Presa (Material B)	20.0 **	40 **	5 **
Espaldón de Aguas Abajo (Material C)	20.0 **	38 **	10 **
Recrecimiento del Dren (Material B)	20.0 **	40 **	5 **
Recrecimiento del Espaldón de Aguas Abajo (Material C)	20.0 **	38 **	10 **

(*) : Valores estimados en la Etapa I del depósito (2003).

(**) : Valores obtenidos en base a resultados de ensayos de laboratorio (2005)

4.7.6 Riesgo de Licuación

En suelos granulares finos y saturados, las solicitaciones sísmicas pueden manifestarse mediante el fenómeno denominado licuación, el cual consiste en la pérdida momentánea de la resistencia al corte del suelo como consecuencia de la presión de poros que se genera en el agua contenida en sus vacíos y originada por la vibración violenta que produce el sismo.

Para que un suelo granular sea susceptible de licuar durante un sismo, debe presentar simultáneamente las siguientes características:

- Estar constituido por arena fina, arena limosa, arena arcillosa y/o limo arenoso no plástico,
- Encontrarse sumergido, y
- Su densidad relativa debe ser baja.

Para el caso de la Presa Explorador, si bien los registros piezométricos indican la presencia de un nivel freático deprimido en el cuerpo de la presa (ver sección 4.7.4), el alto grado de compactación de los materiales en los que se encuentra la napa permite

descartar la posibilidad de la ocurrencia del fenómeno de licuación en el cuerpo de la presa.

Para el caso del material de relave, que por sus características físicas y mecánicas puede experimentar licuación como consecuencia de la ocurrencia de eventos sísmicos, al encontrarse éste totalmente confinado por el vaso del valle y la Presa Explorador, la posible ocurrencia del fenómeno de licuación en los relaves no revestirá riesgo alguno.

4.7.7 Factores de Seguridad Mínimos Permisibles

Los factores de seguridad mínimos considerados en este estudio son los especificados en la “Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Residuos Sólidos Provenientes de Actividades Mineras” del Ministerio de Energía y Minas (DGAA, Vol. XVI – 1998), y son los que se indican en la Tabla 4–5 siguiente:

Tabla 4–5: Valores Mínimos Admisibles del Factor de Seguridad.

Caso	Factor de Seguridad Mínimo Aceptable *	Factor de Seguridad Mínimo Aceptable **
Análisis estático	1.5	1.3
Análisis pseudo–estático	1.3	1.2

(*) : Cuando existen condiciones de alto riesgo aguas abajo de la presa.

(**) : Cuando el riesgo aguas abajo de la presa es moderado a bajo.

4.7.8 Resultados del Análisis de Estabilidad

Los resultados obtenidos en los análisis de estabilidad se resumen en la Tabla 4–6 siguiente, y el detalle de los mismos se presenta en el Anexo 4.

Tabla 4–6: Resumen de los Factores de Seguridad Obtenidos.

Estructura	Sección de Análisis	Factor de Seguridad	
		Estático	Pseudo–Estático
Recrecimiento de la Presa Explorador	0+080	1.893	1.211
	0+120	1.930	1.254
	0+180	1.958	1.260
Presa Lateral N° 1	0+025	2.554	1.648
Presa Lateral N° 2	0+010	4.659	1.712

Los resultados de los factores de seguridad obtenidos, tanto para el recrecimiento de la Presa Explorador como para las Presas Laterales N° 1 y 2, son todos mayores que los factores de seguridad mínimos exigidos por la legislación vigente, lo que permite concluir

que tanto para condiciones estáticas como pseudo-estáticas, dichas estructuras serían físicamente estables.

4.8 ANÁLISIS DINÁMICO BIDIMENSIONAL DE DEFORMACIONES

A fin de evaluar la respuesta dinámica del recrecimiento de la Presa Explorador durante un evento sísmico, se realizó un análisis dinámico bidimensional usando un modelo de elementos finitos (MEF) con la ayuda del programa Quake/W, el cual fue desarrollado por GEO-SLOPE Internacional Ltd. Al utilizar el MEF lo que se obtiene es el campo de esfuerzos y de deformaciones del talud, pero no un FS.

Este análisis fue ejecutado usando el método lineal-equivalente desarrollado inicialmente por H.B. Seed et al. Este método es representado por un modelo bidimensional de elementos finitos, un acelerograma de entrada y las ecuaciones de movimiento son resueltas para cada frecuencia de las series, sumando después los resultados para obtener la respuesta total de la estructura.

La Presa Explorador luego de ser recrecida tendrá una altura total aproximadamente de 28 m (medido en su eje), esta presa descansa en su mayor parte sobre una roca volcánica tipo Toba y un delgado estrato de gravas arcillosas de procedencia fluvioglacial. El material usado para la construcción de la presa (Etapa I) fue una grava arcillosa, variando el contenido de finos según el requerimiento del núcleo impermeable, dren y cuerpo de la presa. Los relaves depositados están clasificados como una arena fina limosa, en condiciones saturadas.

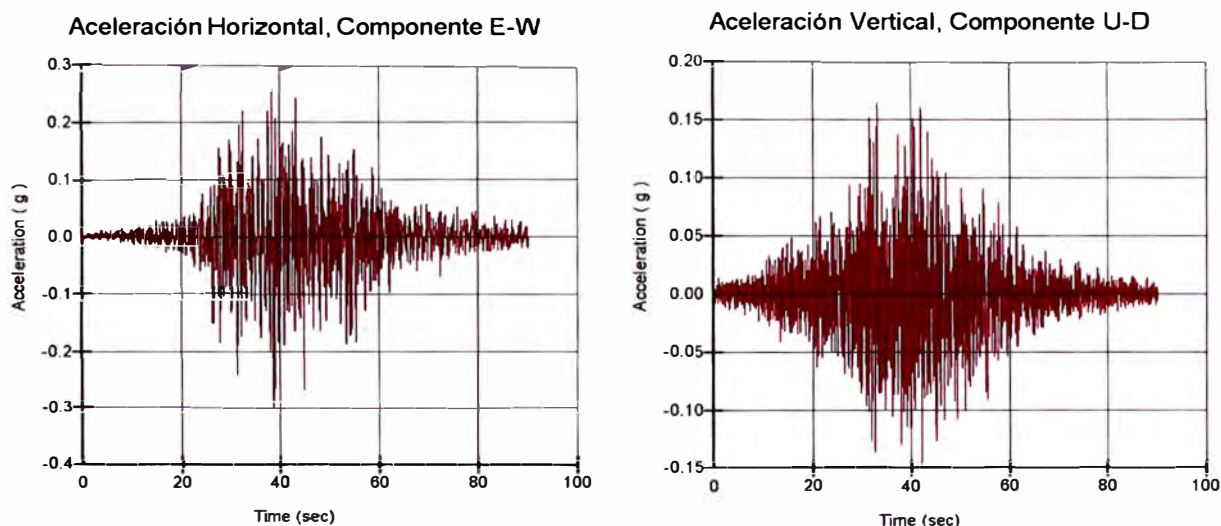
4.8.1 Acelerograma de Entrada

El resultado del análisis de peligro sísmico (ver capítulo III, sección 3.4.3) indica que la aceleración pico del terreno (APT), estimada mediante el método probabilístico para un periodo de retorno de 475 años y 10% de probabilidad de excedencia, es igual a 0.30g.

En base a dichos resultados se efectuó una búsqueda en el catálogo de acelerogramas del CISMID (2005), con el fin de seleccionar el acelerograma más representativo de la zona, encontrándose que el sismo ocurrido el 23 de junio de 2001, con coordenadas epicentrales 16.08°S y 73.77°W (Moquegua), registró una aceleración pico de 0.30g en la

componente horizontal y 0.16g en la componente vertical, por lo cual fue seleccionado como modelo para la presente simulación, ver Figura 4–3 siguiente.

Figura 4–3: Acelerograma Modelo.



Una práctica común es escalar linealmente el acelerograma a fin de asegurar que la aceleración pico sea igual al APT, en vista que el acelerograma seleccionado es igual al requerido, no fue necesario realizar dicho ejercicio.

4.8.2 Propiedades Dinámicas del Material

Las propiedades dinámicas requeridas del material para el análisis sísmico de la Presa Explorador son mostradas en las Figuras 4–4, 4–5, 4–6 y 4–7 a continuación:

Figura 4–4: Módulo Cortante de Arenas (Seed e Idriss, 1970).

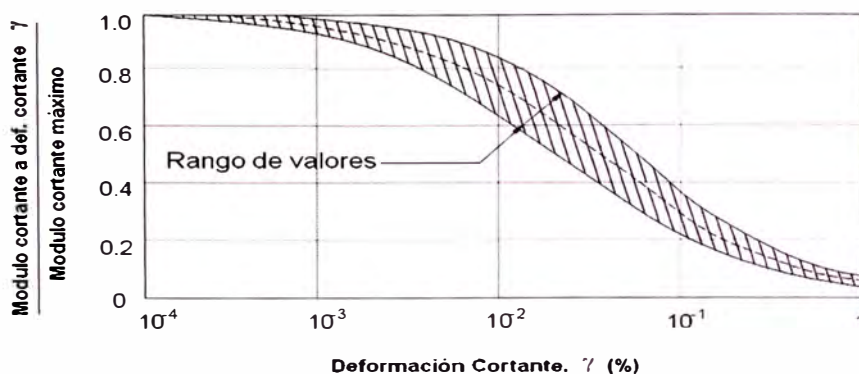


Figura 4-5: Amortiguamiento de Arenas (Seed e Idriss, 1970).

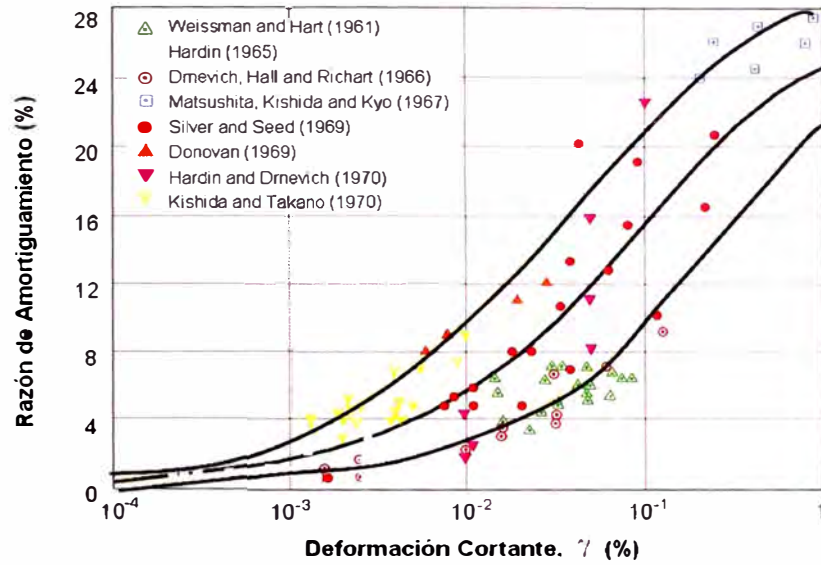


Figura 4-6: Módulo Cortante para Gravas (Seed, 1984).

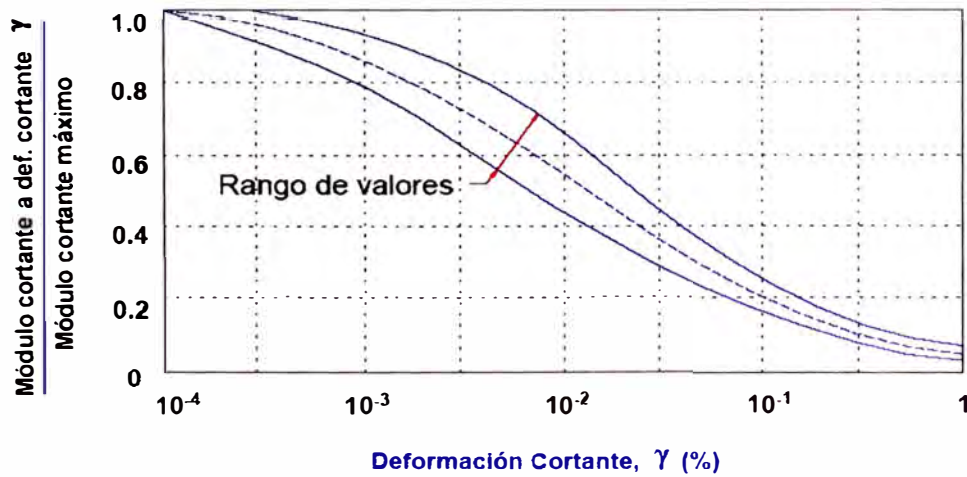
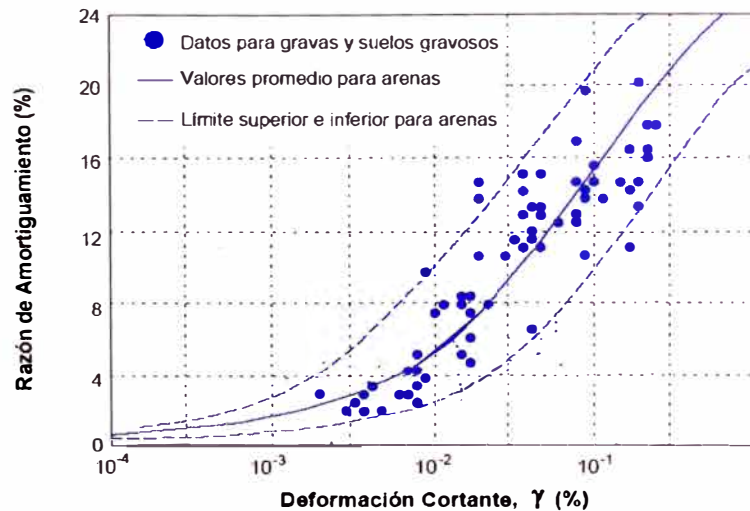


Figura 4-7: Amortiguamiento de Gravas (Seed, 1984).

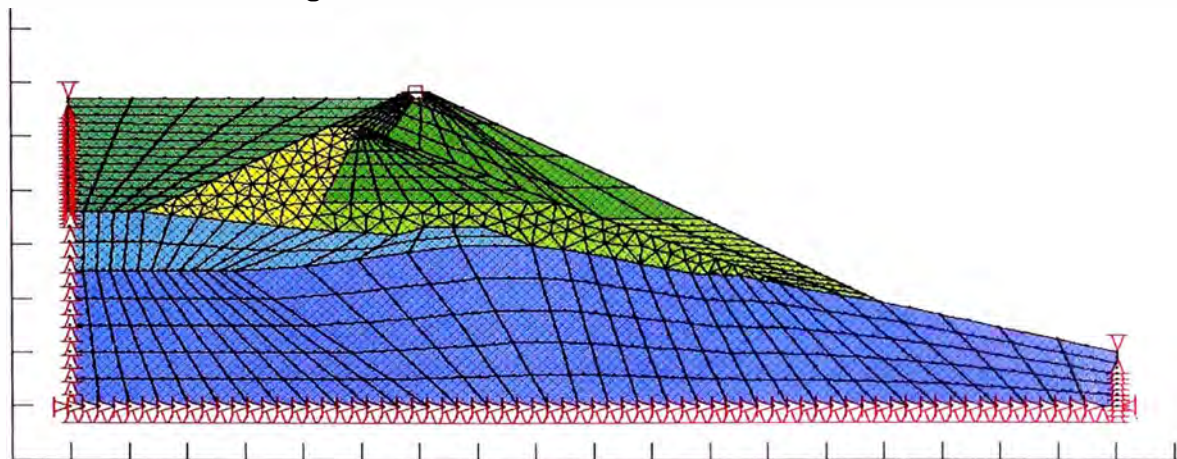


4.8.3 Modelo de Elementos Finitos

Un modelo de elementos finitos de la sección transversal más profunda de la presa y el suelo subyacente fue utilizado para el análisis dinámico. El modelo constó de 1943 puntos nodales y 643 elementos de esfuerzo de plano de cuatro y tres nodos. Todas las zonas materiales en la presa y el suelo de fundación fueron representados en el modelo, lo cual tuvo en conjunto 6 zonas. El modelo de elementos finitos de la Presa Explorador es mostrado en la Figura 4–8.

Los grados de libertad horizontal y vertical fueron fijos a lo largo de la base (o sea la superficie de la roca) y los lados del modelo.

Figura 4–8: Malla de Elementos Finitos.



4.8.4 Resultados y Conclusiones

1. Los contornos de desplazamientos máximos en dirección X e Y, muestran una clara incidencia en la parte superior de la presa de aproximadamente 0.23 m en la componente horizontal y 0.12 m en la componente vertical, ver Figuras 4–9 y 4–10.

Figura 4–9: Desplazamiento Máximo en Dirección X.

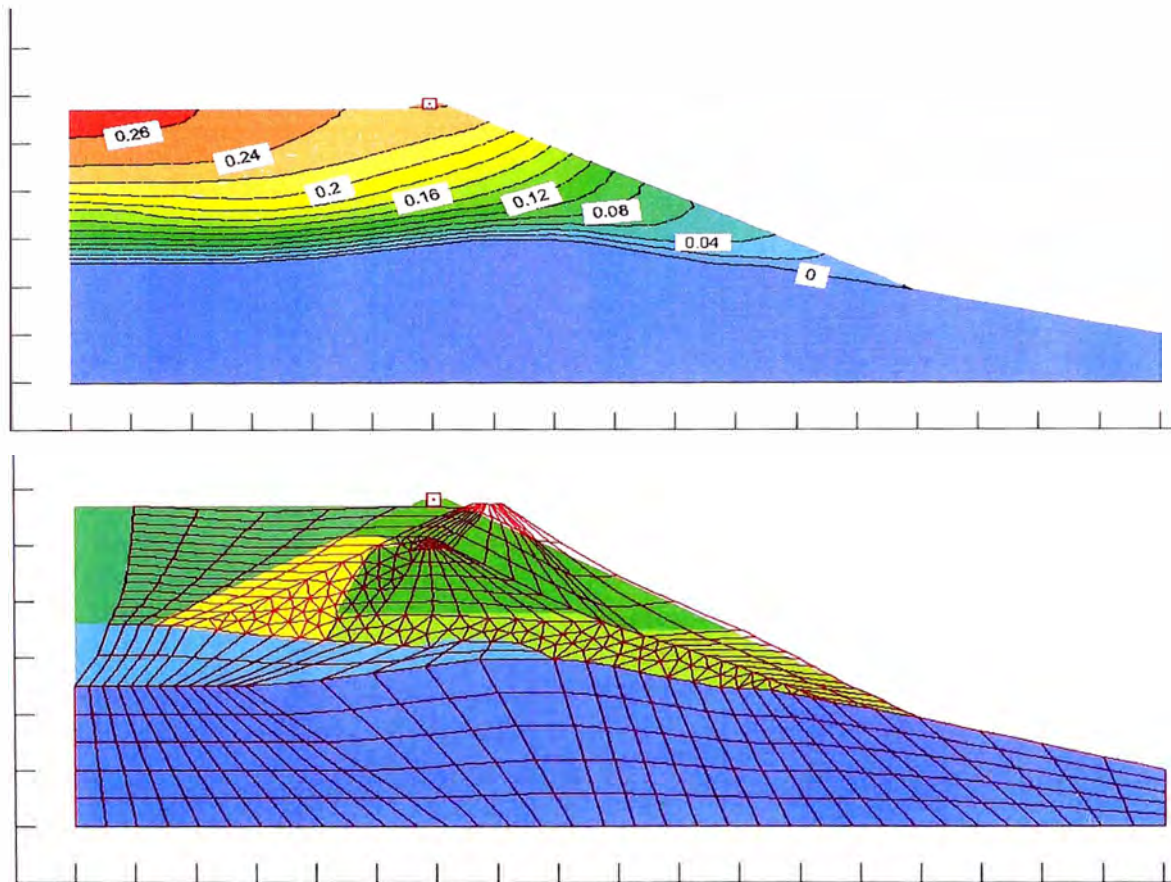
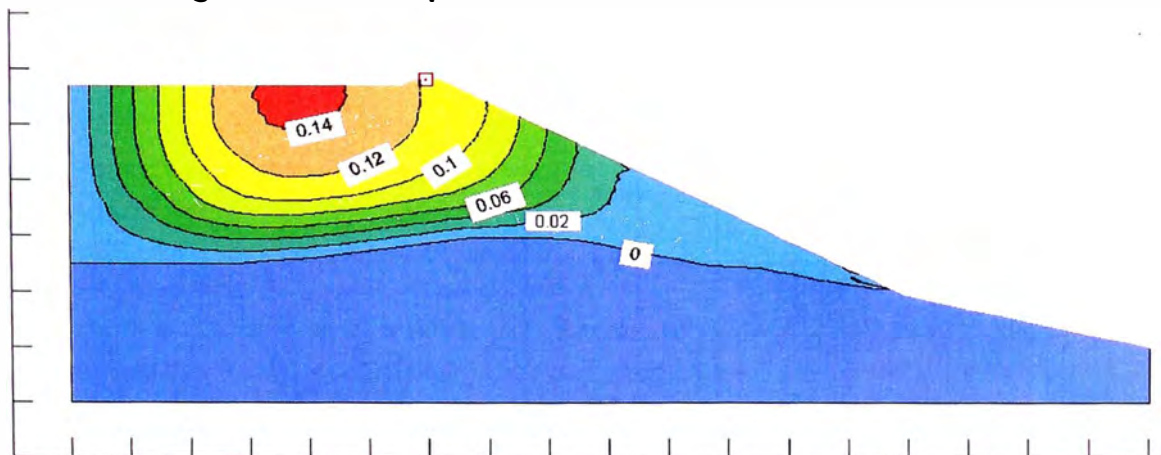


Figura 4–10: Desplazamiento Máximo en Dirección Y.



2. Para medir la respuesta sísmica de la estructura se ha ubicado un punto en la cresta de la Presa Explorador, que representa la condición más desfavorable de la misma (ver Figura 4–11). En la Figura 4–12, se muestran los acelerogramas estimados para la superficie de la cresta.

Figura 4–11: Ubicación del Punto Representativo.

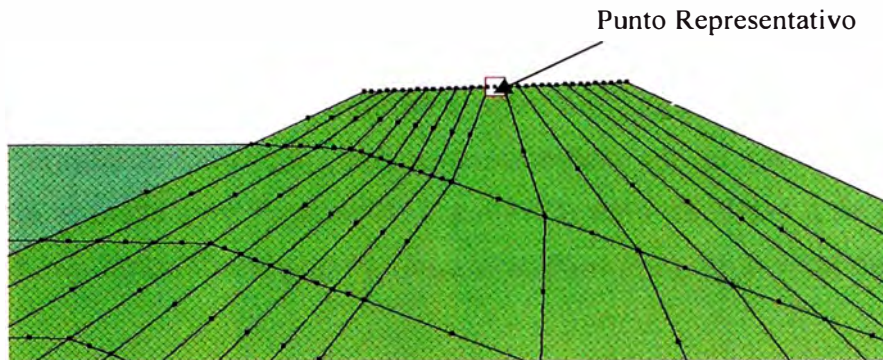
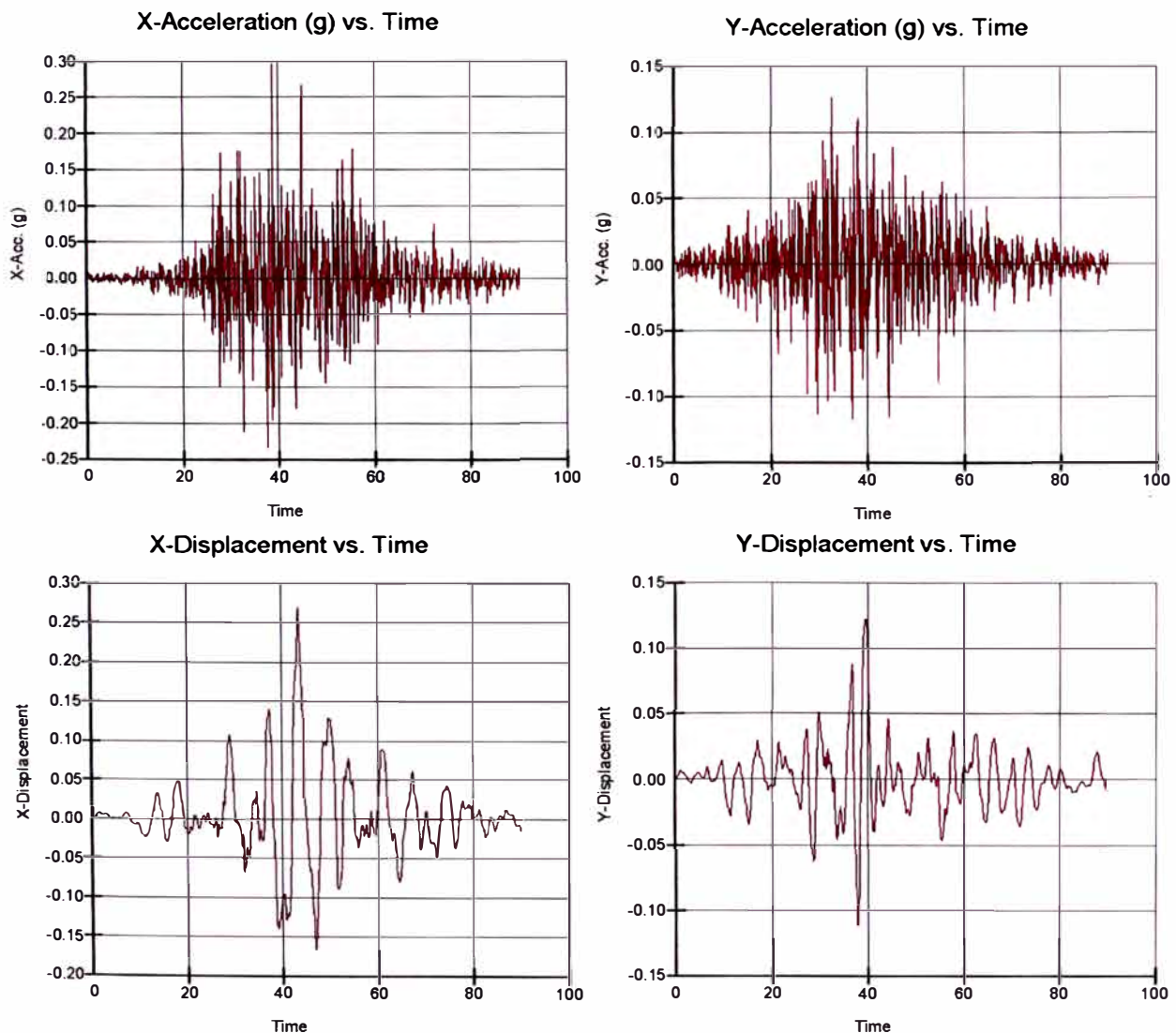


Figura 4–12: Respuesta del Punto Representativo (salida).



Como resultado del análisis dinámico efectuado se determinó que durante la ocurrencia de un evento sísmico con una APT del orden de 0.30g se podrían desarrollar desplazamientos horizontales del orden de 0.25 a 0.30 m y desplazamientos verticales comprendidos entre 0.10 y 0.15 m, los cuales podrían tener lugar a lo largo de los taludes

de la presa en las cercanías de la cresta, los mismos que sin embargo no ocasionarían daños severos que pudieran comprometer la estabilidad global de la presa.

Del análisis del punto representativo de la cresta, se puede apreciar que la función de transferencia o amplificación de la roca a la superficie no es considerable respecto al acelerograma de entrada (ver Figuras 4–3 y 4–12), esto se debe a la poca altura que tiene la presa, las características geométricas y propiedades dinámicas del mismo.

4.9 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA CONSTRUCCIÓN

El costo estimado por tonelada de relave depositado asciende a un promedio de \$ 1.38 por tonelada, considerando todo el recrecimiento del depósito. En la Tabla 4–7 se resume la cantidad de almacenamiento logrado con el recrecimiento y el costo asociado para su ejecución.

Tabla 4–7: Costo de Construcción Estimado por Tonelada de Relave Depositado.

Etapa	Almacenamiento (t)	Costo de Construcción (\$)	Costo por Tonelada (\$/t)
Recrecimiento	882,000*	1,219,176.20**	1.38

(*) : Corresponde al tonelaje de la Etapas II y III del diseño original.

(**) : El costo no incluye el 19% correspondiente al IGV.

El detalle de los costos estimados para la construcción, gerencia de contrato y supervisión técnica del recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador se muestra en la Tabla 4–8.

Tabla 4–8
Presupuesto para la Construcción del Recrecimiento del Depósito Explorador.

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	P.U. \$	Parcial \$
I. CONSTRUCCIÓN					
1.00	Obras Provisionales				26,260.00
1.10	Habilitación de oficinas, campamentos, SSHH, almacenes	glb	1.00	26,260.00	26,260.00
2.00	Obras Preliminares				138,457.13
2.10	Movilización y desmovilización de equipos.	glb	1.00	74,600.00	74,600.00
2.20	Trazo y replanteo.	glb	1.00	14,800.46	14,800.46
2.30	Mantenimiento de caminos.	glb	1.00	18,263.52	18,263.52
2.40	Habilitación de canteras.	ha	7.88	3,907.76	30,793.15
3.00	Movimiento de Tierras				374,931.66
3.11	Excavación de suelo orgánico no apto para cimentación. (03 Presas)	m3	2,632.00	1.56	4,105.92
3.12	Conformación del suelo de cimentación del recrecimiento (03 Presas).	m3	3,832.00	1.18	4,521.76
3.20	Relleno compactado				
3.21	Relleno compactado con material de préstamo tipo B.	m3	28,012.00	2.84	79,554.08
3.22	Relleno compactado con material de préstamo tipo C.	m3	100,613.00	2.85	286,747.05
4.00	Transporte				280,490.00
4.10	Transporte hasta 1 km	m3-km	133,983.16	1.30	174,178.11
4.20	Transporte después de 1 km	m3-km	265,779.72	0.40	106,311.89
5.00	Obras de Arte (Alcantarilla y Aliviadero)				7,310.89
5.10	Excavación para estructuras				
5.11	Excavación no clasificada.	m3	22.00	9.64	212.08
5.12	Excavación en roca.	m3	84.00	17.82	1,496.88
5.20	Relleno compactado para estructuras.	m3	34.00	15.00	510.00
5.30	Encofrado y desencofrado.	m2	99.05	11.34	1,123.23
5.40	Concreto				
5.41	Concreto ciclópeo f _c =175 kg/cm ² + 20% P.G.	m3	7.35	55.04	404.54
5.42	Concreto simple f _c =175 kg/cm ² .	m3	15.14	57.07	864.04
5.43	Concreto f _c =210 kg/cm ² .	m3	8.60	106.05	912.03
5.50	Acero de refuerzo.	kg	1,173.80	1.13	1,326.39
5.60	Junta elastomérica.	ml	48.62	4.78	232.40
5.70	Piedra emboquillada (e=0.30m).	m2	5.00	45.86	229.30
6.00	Geosintéticos				34,662.46
	<u>Geomembrana de HDPE</u>				
6.10	Excavación de zanja para anclaje.	m3	218.00	8.17	1,781.06
6.20	Instalación de geomembrana de HDPE.	m2	5,552.00	5.54	30,758.08
6.30	Relleno compactado de zanja de anclaje.	m3	218.00	9.74	2,123.32
7.00	Instrumentación				13,926.15
7.10	Instalación de piezómetros de tubo abierto	glb	1.00	13,926.15	13,926.15
8.00	Mitigación de Impacto Ambiental				14,948.60
8.10	Restauración de canteras.	ha	7.88	1,897.03	14,948.60
9.00	Acceso				17,281.94
9.10	Excavaciones				
9.11	Excavación de material suelto (acceso)	m3	140.00	9.64	1,349.60
9.12	Excavación de roca (acceso)	m3	852.00	17.82	15,182.64
9.20	Relleno compactado con material propio (acceso)	m3	490.00	1.53	749.70
	Total Costo Directo \$				908,265.98
	Gastos Generales \$		14.82%		134,580.00
	Utilidades \$		4%		36,330.75
	Total costo construcción \$				1,079,176.20
II. GERENCIA DE CONTRATO Y SUPERVISIÓN					
	Gerencia del contrato \$	glb			75,000.00
	Supervisión técnica \$	glb			60,000.00
	Informe como construido \$	glb			5,000.00
	Total costo gerencia del contrato y Supervisión \$				140,000.00
	SUBTOTAL	Sub-Total costo para la ejecución del proyecto \$			1,219,176.20
	IGV \$		19%		231,644.12
	COSTO TOTAL	Costo total para la ejecución del proyecto \$			1,310,819.68
	Son: Un Millón Trescientos Diez Mil Ochocientos Diez y Nueve con 68/100 Dólares Americanos.				

Nota: El tiempo estimado para la construcción es de 96 días calendario.

CAPÍTULO V:

CONTROL DE CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

5.1 GENERALIDADES

Es evidente que a pesar que estén bien realizados los proyectos y que signifiquen estos una construcción necesaria, ambiciosa y costosa, no bastan para garantizar la existencia de una obra útil, económica y duradera. Entre el proyecto y la obra o entre la construcción y la obra existen todo un conjunto de procedimientos y criterios que serán precisos garantizar para llegar a un buen resultado. Pero el asunto no radica en controlar cada uno de los pasos a seguir en cada procedimiento, ya que esto podría conducir a un proceso inconveniente y, a un perfeccionamiento rígido inapropiado con las realidades de la construcción. Lo que debe hacerse es definir los puntos o aspectos vitales y ejercer en ellos un control razonable y científico, siendo esto el secreto del control exitoso de la obra.

El Control de Calidad de la Construcción (CQC, por sus siglas en inglés) de una obra, denominada también Plan de Garantía de Calidad / Control de Calidad (QA/QC) se ha convertido hoy en una compleja ciencia; es un nuevo campo que tiene su propia metodología y criterios específicos. En el caso de la construcción de depósitos de relaves, la mecánica de suelos interviene como una disciplina de apoyo, en forma muy relevante. Los procesos que hay que controlarse como las pruebas de campo o laboratorio se fundamentan en dicha disciplina.

Luego podemos decir que el CQC es un conjunto de sistemas de control necesario y conveniente que se realiza durante la construcción de una obra, con la finalidad de garantizar la buena construcción, funcionalidad y durabilidad de la obra; implementándose para esto metodologías y criterios específicos.

La metodología desarrollada para el CQC del Recrecimiento del Depósito Explorador se ha basado en el control topográfico y control de los materiales de construcción; de acuerdo a las especificaciones técnicas (EETT) del proyecto, normas de entidades como

la ASTM (American Society for Testing Materials) y el GRI (Geosynthetic Research Institute) y otros a buen criterio de los ingenieros responsables.

Finalmente, en este capítulo se describe algunas recomendaciones importantes para la subsistencia de las estructuras y/o elementos construidos.

5.2 METODOLOGÍA

La metodología empleada para el CQC del Recrecimiento del Depósito Explorador se ha basado en los siguientes controles:

- **Control topográfico**, ver Sección 5.3 subsiguiente.
- **Control de calidad de los materiales construcción**, referidos a los materiales de relleno tipo B y C, concreto y geomembrana, controlados mediante ensayos de laboratorio y de campo y realizado estos de acuerdo a lo estipulado por las EETT, las normas ASTM y GRI y/o a buen criterio.

Estos controles se han realizado de manera permanente y cuando ha sido necesario se han efectuado las recomendaciones pertinentes en cada una de ellas.

5.3 CONTROL TOPOGRÁFICO

Dicho control ha sido realizado de acuerdo a lo estipulado en los planos de diseño, EETT y/o a buen criterio, siendo estos los siguientes:

- Exigencia de la calibración de los equipos de topografía usados.
- Replanteo de los ejes, niveles y pies de las presas.
- Control de los espesores (suelto y compactado) y niveles de las capas de terraplén.
- Control de la geometría de las presas (eje, niveles, taludes, ancho, longitud, etc) y del canal vertedero de emergencia.

5.4 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

5.4.1 Materiales de Relleno Compactado

Para controlar la calidad de los materiales de relleno tipo B y C se debieron realizar ensayos periódicos de campo y laboratorio y controles diversos.

5.4.1.1 Laboratorios

Para efectuar los controles y ensayos periódicos de los materiales de relleno, se implementó un laboratorio de suelos (por la zona de ingreso al depósito de relaves) equipado especialmente para tal fin. Además, adyacentemente a los trabajos de relleno, se instaló una caseta para poder operar adecuadamente el equipo de control de densidad in-situ con Cono de Arena (ASTM D 1556). Todos los ensayos fueron realizados de acuerdo a las normas ASTM correspondientes.

La ejecución de los ensayos de suelos estuvo a cargo de dos técnicos de suelos, uno de parte del contratista y el otro de la supervisión. Estos ensayos se efectuaron en forma coordinada entre el Ing. Residente y el Ing. Supervisor y los resultados fueron calculados, revisados y aprobados por este último.

La relación del equipo de laboratorio de suelos empleado durante la ejecución de la obra fue el siguiente:

- 1 juego de tamices tamaño US 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", ⅜", #4, #10, #20, #40, #60, #100 y #200, con tapa y fondo de tamices.
- 3 Balanzas Mecánicas OHAUS: 1 balanza de 21 kg ± 1 g, 1 balanza de 2,610 g ± 0.1 g y 1 balanza de 311 g ± 0.01 g.
- Moldes y martillo de compactación de 4" y 6".
- 1 Copa de Casagrande y acanalador.
- Probetas graduadas de 500 y 1,000 ml.
- 1 Equipo de densidad de campo con cono de arena de 8" de diámetro.
- 1 Horno eléctrico para el secado de los materiales en el laboratorio.
- 1 Equipo de medición del contenido de humedad (Speedy).
- Accesorios varios como cocinas, bandejas, espátulas, combas, cinceles, etc.

Los ensayos de suelos realizados a los materiales de relleno en el laboratorio fueron:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422-63)
- Límites Líquido y Plástico (ASTM D-4318-00)
- Contenido de Humedad de Suelos (ASTM D-2216-98) y
- Proctor Estándar (ASTM D-698-00)

5.4.1.2 Programa de Muestreo y Ensayos

Para comprobar la calidad de los materiales de relleno (tipo B y C) se realizó un programa de muestreo y ensayos, que fue establecido en base a sus características e importancia dentro de la obra.

Los muestreos de los materiales se efectuaron principalmente de manera alternada, procurando que sean representativos de la cantera y terraplén de compactación que estaban siendo trabajados, donde fueron muestreados previo cuarteo. Cabe indicar que cuando fue necesario se realizó el muestreo aleatorio.

El programa de muestreo y ensayos de los materiales de relleno se realizó de acuerdo a una frecuencia establecida en las EETT y mostradas en la Tabla 5-1 a continuación, donde además se indica la especificación que se debía de cumplir en cada uno de los ensayos.

En la Tabla 5-2 se muestra la frecuencia de ensayos requerida y realizada en obra para el control y aseguramiento de la calidad. En todos los ensayos se puede observar que se ha cumplido con la frecuencia de ensayos requerida según las EETT del proyecto.

**Tabla 5-1:
Ensayos, Frecuencia y Especificación.**

Ensayo	Norma ASTM	Especificación	Material	Frecuencia	Lugar de ensayo/muestreo
Análisis granulométrico por tamizado.	D422-63	Dentro del huso granulométrico (ver Figura 4-1)	B y C	1 vez por día ó cada 2,500 m ³	Cantera y punto de acopio en obra, alternadamente.
	D1140-00	Contenido de finos ≤ 15%	B		
		Contenido de finos ≤ 30%	C		
Límite líquido (LL) y límite plástico (LP).	D4318-00	IP < 15%	B y C	1 vez por día ó cada 2,500 m ³	Cantera y punto de acopio en obra, alternadamente.
Contenido de humedad de suelos.	D2216-98	Humedad óptima -2%, +1%*	C	1 por cada 1,000 m ² ó cada 350 m ³	Terraplén construido.
		Humedad óptima -2%, +2%*	B		
Densidad de suelos in-situ.	D2922-01 D1556-00	≥ 100% de la densidad máxima seca obtenida en el ensayo de compactación Proctor Estándar.	B y C	1 por cada 1,000 m ² ó cada 350 m ³	Terraplén construido.
Ensayo de compactación Proctor Estándar	D698-00a	Según los valores de densidad y humedad determinados para el material aprobado.	B y C	1 por semana ó cada 8,000 m ³	Cantera y punto de acopio en obra, alternadamente.

(*): Los rangos de humedad óptima del material de relleno están referidas al Optimo Contenido de Humedad (OCH), obtenido mediante el ensayo Proctor estándar.

Tabla 5–2: Frecuencia de Ensayos Realizados en los Materiales de Relleno.

Ensayo	Norma ASTM	Material / Zona	Volumen Ejecutado (m ³)	Cantidad de Ensayos Ejecutados	Frecuencia Requerida	Frecuencia Ejecutada (m ³ /ensayo)
Análisis Granulométrico Por Tamizado	D 422–63	Zona B	29,014.51	26	1 vez por día ó cada 2,500 m ³	1,116
	D1140–00	Zona C	105,520.70	59		1,788
Límites líquido y límite plástico	D4318–00	Zona B	29,014.51	26	1 vez por día ó cada 2,500 m ³	1,116
		Zona C	105,520.70	59		1,788
Contenido de humedad	D2216–98	Zona B	29,014.51	178	1 por cada 1,000 m ² ó cada 350 m ³	163
		Zona C	105,520.70	369		286
Ensayo de compactación Próctor Estándar	D698–00a	Zona B	29,014.51	9	1 por semana ó cada 8,000 m ³	3,224
		Zona C	105,520.70	24		4,397
Densidad de suelos in-situ	D 2922–01	Zona B	29,014.51	152	1 por cada 1,000 m ² ó cada 350 m ³	191
		Zona C	105,520.70	310		340
	Y	Zanjas de Anclaje	209.23	10		21
	D1556–00	Canal Vertedero de Emergencias	34.0	7		5
		Acceso	2,219.71	2		1,110

5.4.1.3 Controles

Entre los controles importantes realizados a los materiales de relleno están los siguientes:

- Una vez alcanzada los niveles de cimentación de las presas y, aprobada la nivelación, conformación y compactación del área de cimentación, recién se procedió al relleno compactado con material de préstamo.
- Se verificó visualmente (en cantera y terraplén) que el material de relleno no presentara segregaciones, que las partículas de los agregados sean duras, resistentes y durables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras materiales ajenos. Cuando se presentaba segregaciones de material grueso en algunas zonas de cantera, se mezclaba estas con otras zonas adecuadas de la misma cantera (para balancear el material) o en su defecto se descartaba. Cuando las segregaciones se presentaba en terraplén se escarificaba dicha zona, se retiraba los materiales gruesos no especificados y se mezclaba con otros materiales adecuados o en su defecto se retiraban.
- Se controló de manera oportuna y periódica que la humedad natural del material de relleno en terraplén (antes de compactarse) y en cantera (realizada eventualmente) estén dentro de los rangos definidos en el diseño (ver Tabla 5–1). Cuando la humedad era menor a lo permitido, se realizaba el riego en cantera o en terraplén y

cuando la humedad era menor se oreaba y/o batía el material o en su defecto se descartaba.

- Se controló manualmente el espesor suelto (40 cm) de la capa de terraplén, mediante pequeñas calicatas de exploración o pequeñas trincheras ejecutadas en el talud del terraplén de trabajo.
- El lugar del ensayo de control de densidad in situ con el método de Cono de Arena del terraplén de compactación era elegido de manera sistemática o en zonas evidentes de falta de compactación. En campo, se estableció un número de 10 y 8 pasadas de rodillo liso vibratorio de 10 t por los materiales tipo B y C respectivamente, el cual debía de ser uniforme a lo largo de todo el terraplén de compactación.
- Se verificó que los traslapes lateral y longitudinal de las capas de terraplén (trabajos de compactación y rodillado) sean como mínimo 0.5 m y 2.0 m respectivamente.
- Se verificó que el tamaño máximo de las partículas gruesas en el terraplén sea 6"; cabe indicar que de acuerdo al diseño se dispuso la extracción manual de éstas, por tanto, se controló en lo posible que se realice con éxito esta labor.
- Cuando había presencia de acolchonamientos en el terraplén de compactación (debido al exceso de humedad del material respecto al OCH) se realizaba el oreado y/o batido del material o, en su defecto se reemplazaba por otros materiales adecuados.
- Se controló que la construcción de rellenos se realizara sin lluvias y bajo una temperatura ambiente que no sea inferior a dos grados Celsius (2° C).
- Se controló que una vez aprobado una capa de terraplén se procediera a escarificarla y regarla (cuando se requería), para lograr una mejor adherencia con la capa de terraplén superior.
- Se controló que el endentado o engrampamiento entre la capa de terraplén y el dique de arranque sea ejecutado de acuerdo a lo indicado en el Plano N° 16.
- Calibración de la arena empleada para la ejecución del ensayo de control de densidad in situ por el Método del Cono de Arena. Dicha calibración era realizada con cierta frecuencia y cuando era necesaria.

El resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio y de campo, efectuados a los materiales de relleno tipo "B" y "C" se adjunta en los Anexos 5.1 y 5.2 respectivamente.

5.4.2 Canteras de Préstamo

Antes de dar inicio a los trabajos de explotación de las canteras, se efectuaron numerosos muestreos y ensayos de laboratorio con los materiales de préstamo con la finalidad de determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales. El control de calidad y granulometría de los materiales en las canteras de préstamo fueron realizados periódicamente mediante inspecciones visuales en las cuales se descartaban las zonas cuyo material no se ajustaba a las especificaciones técnicas (Ver Tabla 5–1).

Se efectuaron controles de:

- Limpieza y desbroce aislado de las áreas de préstamo.
- Procesos de explotación requeridos como extracción, acarreo, acopio, carguío y transporte.
- Granulometría e inspección visual de los materiales obtenidos, incluyendo tamaño y forma de las partículas gruesas.
- Determinación de límites líquido y plástico.
- Ensayos de relación densidad–humedad Proctor estándar.
- Estimación de volúmenes.

Los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados a los materiales de cantera se adjuntan en los Anexos 5.1 y 5.2.

Se evaluaron y prepararon seis áreas de préstamo, de las cuales solamente una corresponde a las canteras contempladas en el proyecto (Huararani) y cinco corresponden a canteras adicionales que se utilizaron para la obtención de materiales de la Tipo “C”. Las características de las canteras de préstamo que se utilizaron durante la ejecución de la obra se describen a continuación en el orden que fueron explotadas en la Tabla 5–3 siguiente.

Tabla 5–3: Características de las Canteras Explotadas.

Cantera	Distancia (km)	SUCS	IP (%)	% Finos	% Clastos	% Bloques	Humedad Natural (%)	Volumen Útil Compactado (m ³)	Tipo de Material
Huararani	4.1	GP-GC	5 a 12	5 a 17	15 a 25	5	12	29,015	B
Polvorín	2.4	GP-GC/GC	9 a 16	8 a 12	10 a 20	–	13	2,816	C
Cerro Negro 1	4.0	GP-GC/GC	5 a 16	8 a 23	15 a 20	6	12	45,471	C

Cantera	Distancia (km)	SUCS	IP (%)	% Finos	% Clastos	% Bloques	Humedad Natural (%)	Volumen Útil Compactado (m ³)	Tipo de Material
Cerro Negro 2	3.75	GP-GC/GC	4 a 12	7 a 19	15 a 20	6	12	30,588	C
Parcachata	2.64	GM/GC	3 a 14	16 a 18	10 a 15	–	15	9,172	C
Cerro Negro 3	5.0	GC	5 a 12	15 a 23	15 a 20	–	12	21,348	C
Total:								138,410	

Notas:

- Todos los materiales de cantera han provenído de depósitos coluviales del lugar.
- Las gravas, cantos y bloques presentan forma angular y están constituidas por rocas volcánicas del tipo andesitas y tobas, presentando buenas propiedades resistentes.

5.4.3 Geomembrana

Para controlar la calidad e instalación de la geomembrana se debieron realizar diversas consideraciones, descritas a continuación.

5.4.3.1 Certificados de Calidad de Fábrica

Para comprobar la calidad de la geomembrana se verificó que los certificados de calidad de fábrica (mill certificates) de los rollos de geomembrana utilizados (06), estén de acuerdo a las exigencias de las especificaciones técnicas del proyecto (ver Tabla 5–4).

En el Anexo 5.3.1 se muestra el certificado de calidad de fábrica de un rollo de geomembrana instalado.

Tabla 5–4: Especificaciones Técnicas de la Geomembrana de HDPE, e=1.5 mm.

PROPIEDAD	Método de ensayo	Valor mínimo
Espesor (mm)	ASTM D–5199	1.5
Textura	—	Lisa ambas caras
Densidad (g/cm ³)	ASTM D–1505	≥ 0.94
Índice de fusión	ASTM D–1238	≤ 0.50
Resistencia de tracción en cedencia (kN/m)	ASTM D–638	15
Resistencia de tracción en rotura (kN/m)	ASTM D–638	27
Elongación en cedencia (%)	ASTM D–638	12
Elongación en rotura (%)	ASTM D–638	700
Resistencia al punzonamiento (N)	ASTM D–4883	320
Fragilidad a baja temperatura °C	ASTM D–746	- 70
Contenido de negro de humo (%)	ASTM D–1603	2 – 3

5.4.3.2 Programa de Inspecciones

El programa de inspecciones comprendió las siguientes labores:

- Inspección y aprobación de la superficie acabada del talud aguas arriba de la Presa Explorador y Presa Lateral N° 1, realizado antes de iniciar el tendido de las geomembranas, teniéndose en cuenta que dicha superficie sea uniforme, debidamente perfilada y compactada, sin presentar fragmentos de partículas angulosas que podrían dañar la geomembrana como gravas y/o clastos.
- Inspección visual de los rollos de geomembrana (a pie de obra), con la finalidad de identificar posibles defectos de fabricación o daños producidos durante el transporte, aceptándose solamente los rollos que estuvieron debidamente empacados e identificados. Asimismo se verificó de la operatividad de los equipos y la solicitud de los certificados de calibración de equipos importantes como el tensiómetro y manómetros.
- Se supervisó el despliegue de los rollos de geomembrana, traslape y limpieza de los paneles, su fijación en las zanjas de anclaje, así como los trabajos de soldaduras de los paneles (temperatura, velocidad, calibración, etc) y sus correspondientes controles de calidad. El tendido de los paneles se realizó manualmente, tratando que todas las soldaduras estén orientadas en el sentido del talud y considerando un traslape mínimo de 10 cm.
- Se verificó que las dimensiones de los especímenes de geomembrana, utilizados para la realización de los ensayos de corte y de pelaje (ensayos destructivos) tengan sus dimensiones correctas.

5.4.3.3 Calidad de la Soldadura de la Geomembrana

La calidad de las soldaduras (termofusión y extrusión) de los paneles de geomembranas se realizó mediante los ensayos de control de calidad de geomembrana, clasificados en “no destructivos” y “destructivos”. Todos los ensayos y resultados de estos, se ciñeron a las EETT y a los requerimientos de las normas ASTM y GRI.

Entre los ensayos “no destructivos” realizados tenemos: el ensayo de presión de aire y el ensayo caja de vacío. Para el caso de los ensayos “destructivos” se realizaron: los ensayos de calibración de los equipos de soldadura (pre-soldado) y los ensayos de control de calidad.

En el Anexo 5.3.2 se presentan un extracto de los ensayos “no destructivos” y “destructivos” efectuados en la Presa Explorador, en tanto que en el Plano N° 28 se muestra la instalación y detalles de la capa de geomembrana instalada en el talud de aguas arriba de la Presa Explorador y Presa Lateral N° 1, así la cantidad total de ensayos de control de calidad realizados.

5.4.4 Concreto

Se supervisó y verificó los materiales, la dosificación de mezcla y el vaciado del concreto colocado en el canal vertedero y la alcantarilla. La arena y la piedra empleadas fueron extraídas del río Huallunca y el cemento empleado fue SOL Tipo I, en bolsa.

Se realizaron ensayos granulométricos con la arena y piedras empleadas en la fabricación de concreto. Asimismo, las briquetas de control fueron vaciadas, curadas y ensayadas en un laboratorio acreditado; a los 14 días de curado en el caso del canal vertedero, y a los 16 días en el caso de la alcantarilla, cumpliendo el concreto con las exigencias de las resistencias a la compresión simple, estipuladas por las especificaciones técnicas.

5.5 MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE LA OBRA

Para asegurar la subsistencia de las estructuras y/o elementos construidos se recomienda efectuar las siguientes medidas de control:

- Un adecuado control del manejo de relaves.
- Control permanente de los niveles de los piezómetros instalados.
- Control permanente de los hitos de monitoreo para registrar posibles asentamientos y/o desplazamientos de la presa.
- Medición del caudal de agua de filtraciones producidas aguas abajo de la presa, al igual que la calidad del agua.
- Eliminar las posibles gravas y/o clastos que puedan haber quedado sobre el talud aguas arriba de la capa de rodadura, a fin de evitar el deterioro de la geomembrana por la posible caída de estos.
- Mantenimiento continuo del canal vertedero de emergencia y canales de coronación, con la finalidad de evitar obstrucciones por caída de piedras o acumulación de sedimentos, sobre todo después de la temporada de lluvias.

CONCLUSIONES

1. Para el recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador se requirió la construcción de 4 estructuras: Sobre-elevación del dique de arranque existente (Presa Explorador), construcción de las Presas Laterales N° 1 y 2 y construcción de un canal vertedero de emergencia; permitiendo de esta forma el recrecimiento del depósito y el incremento de su capacidad de almacenamiento y vida útil. La Presa Explorador sería recrecida desde su cota de cresta inicial de 4,561.5 a 4,568.0 msnm, para lo cual hubieron dos alternativas de sobre-elevación. La Primera Alternativa plantea recrecer la presa por el método de línea central en dos etapas, 3.0 m y 3.5 m, total 6.5 m de sobre-elevación de la presa; mientras que la Segunda Alternativa plantea el recrecer la Presa Explorador en una sola etapa y por el método de aguas abajo, es decir los 6.5 m. De las dos alternativas se eligió la segunda, debido principalmente porque el método de recrecimiento de aguas abajo es el que mejor garantiza la estabilidad física de la presa, además por la facilidad constructiva y por la reducción de costos (gastos generales y utilidades) de obra, ya que no se requeriría de una doble convocatoria e implementación de la misma (caso de la Primera Alternativa).
2. Los depósitos de relaves de tipo “aguas abajo” son los más recomendables y estables para la Costa y Sierra en el Perú, debido a la alta sismicidad del país marcada principalmente por fenómeno de subducción de la Placa de Nazca y la Placa Continental. Además, el procedimiento constructivo para el recrecimiento en este tipo de depósitos es el más adecuado y práctico.
3. Hay que tener presente que ante la escasez de información hidrológica y meteorológica abundante a lo largo de todo el país, se considerada las estaciones hidrometeorológicas cercanas y otras relativamente cercanas, sin embargo lo anterior puede originar tal vez, ciertas imprecisiones en el diseño de los depósitos de relaves y en las estructuras de captación y derivación de aguas.
4. La impermeabilización con geomembrana de HDPE (e=1.5 mm) en el talud de aguas arriba de la Presa Explorador y Presa Lateral N° 1 permite reducir las filtraciones a

través del cuerpo de la presa, manteniendo de esta forma el nivel freático deprimido, reduciendo así, las presiones de poros y tubificación de las presas.

5. La caracterización de los materiales que conforman el dique de arranque, el material de relave depositado, los materiales de cantera y los materiales de cimentación son muy importantes. La caracterización de dichos materiales debe realizarse de manera cuidadosa y responsable, mediante ensayos de laboratorio, fórmulas empíricas comprobadas y estimaciones tomadas con mucho criterio y experiencia.
6. Según el análisis sísmico realizado por el método probabilístico, se concluye que la aceleración máxima esperada en roca base de la zona del Depósito Explorador, para sismos con periodo de retorno de 475 años, es de 0.30 g, valor que corresponde a un periodo de exposición sísmica de 50 años con una probabilidad de excedencia de 10%. Este valor de aceleración no considera la influencia de las condiciones locales del suelo, ni los efectos de la interacción suelo-estructura.
7. Los resultados del análisis de estabilidad se resume en el siguiente cuadro:

Estructura	Sección de Análisis	Factor de Seguridad	
		Estático	Pseudo-Estático
Recrecimiento de la Presa Explorador	0+080	1.893	1.211
	0+120	1.930	1.254
	0+180	1.958	1.260
Presa Lateral N° 1	0+025	2.554	1.648
Presa Lateral N° 2	0+010	4.659	1.712

De lo anterior podemos afirmar, que los factores de seguridad obtenidos para el recrecimiento de la Presa Explorador como para las Presas Laterales N° 1 y 2, son todos mayores que los factores de seguridad mínimos exigidos por la legislación vigente, por tanto para las condiciones estáticas y pseudos estáticas, dichas estructuras son físicamente estables.

8. Para el análisis dinámico de deformaciones se utilizó el acelerograma más representativo de la Sierra Sur del Perú, correspondiente al sismo de Moquegua, ocurrido el 23/Jun/01, cuya aceleración pico fue 0.30 g en la componente horizontal y 0.16 g en la componente vertical. Del análisis de la Presa Explorador se concluye

- que los desplazamientos máximos en la dirección x e y , muestran una clara incidencia en la parte superior de la presa de aproximadamente 0.23 m en la componente horizontal y 0.12 m en la componente vertical.
9. Para medir la respuesta sísmica de la Presa Explorador, se determinó el acelerograma para el punto más desfavorable de la superficie de cresta de la presa, llegándose a la conclusión que para un evento sísmico con una aceleración pico del orden de 0.30 g se podrían desarrollar desplazamientos horizontales del orden de 0.25 a 0.30 m y desplazamientos verticales comprendidos entre 0.10 y 0.15 m, los cuales tendrían lugar en a lo largo de los taludes de la presa en las cercanías de la cresta, los mismos que sin embargo no ocasionarían daños severos que pudieran comprometer la estabilidad global de la presa. Del análisis del punto representativo de la cresta, se puede apreciar que la función de transferencia o amplificación de la roca a la superficie no es considerable, respecto al acelerograma de entrada, esto se debe a la poca altura que tiene la presa, las características geométricas y propiedades dinámicas del mismo.
 10. La instrumentación de los depósitos de relaves son muy importantes e imprescindibles para realizar el mantenimiento y monitoreo de obra. Estas instrumentaciones deberían de determinar las condiciones actuales de las presas (nivel freático y asentamientos) y con esto, determinar las verificaciones de estabilidad física del depósito. Durante la etapa de construcción del recrecimiento del depósito se extendió el piezómetro BH-02-06, ubicado en la zona de la Presa Lateral N° 1, lográndose con esto el monitoreo de dicha presa y la verificación futura de su estabilidad.
 11. El control de calidad para la construcción del recrecimiento del depósito se basó en el control topográfico y control de los materiales de construcción, los cuales están desarrollados en el capítulo V, sección 5.3 y 5.4.
 12. La extracción y eliminación de materiales gruesos (tamaño máximo de 6") para el material de relleno, permiten lograr una compactación correcta y homogénea en todo el volumen de relleno de la presa.

13. En estructuras de tierra es importante realizar el control de espesor suelto de las capas de terraplén, según lo especificado por el diseño, ya que espesores mayores a lo permitido estarían generando zonas en las capas de terraplén no debidamente compactadas.

14. Se ha cumplido con la frecuencia de ensayos de mecánica de suelos requerida, para el control y aseguramiento de calidad de la obra; garantizando de esta manera la calidad de los materiales de relleno tipos "B" y "C".

RECOMENDACIONES

1. Los depósitos de relaves deben ser diseñados realizando todos los estudios necesarios que garanticen su estabilidad física y química, antes, durante y después de la etapa de operación del depósito.
2. Los estudios geotécnicos y geológicos deberían de incluir los métodos de exploración geotécnica (directos e indirectos), ensayos de campo y ensayos de laboratorio, suficientes y necesarios para la determinación de los niveles de cimentación de presas, para asegurar la estabilidad de estas, para la mejor determinación de los metrados de excavación y relleno de las presas, y para tener una buena aproximación en los costos de obra.
3. El ancho de cresta de una presa, ya sea dique de arranque o presa final debería de ser como mínimo de 6.0 m, por razones estrictamente de facilidad constructiva, y por la seguridad del personal, los equipos y maquinarias.
4. En estructuras de tierra como son las presas, carreteras y terraplenes, es muy importante establecer y cumplir con el espesor suelto de las capas de terraplén, con el tamaño máximo de las partículas gruesas y, con un programa de muestreo y ensayos de suelos a los materiales de cantera de préstamo. Este último permitirá comprobar la calidad de los materiales de relleno involucrados, establecido de acuerdo a las características de los materiales de relleno y según la importancia de la obra.
5. El estudio de canteras de materiales de préstamo debe realizarse de manera correcta y adecuada, ya que la calidad e insuficiencia de estas, podría producir atrasos de obra, costos inesperados por la explotación en otras canteras y malas relaciones entre el cliente, la supervisión y el contratista.
6. Para el control de compactación de las capas de terraplén se recomienda realizar además del ensayo de cono de arena (ASTM D 1556), el ensayo de densidad por el método de la calicata (ASTM D 5030), aplicable este último a materiales gruesos.

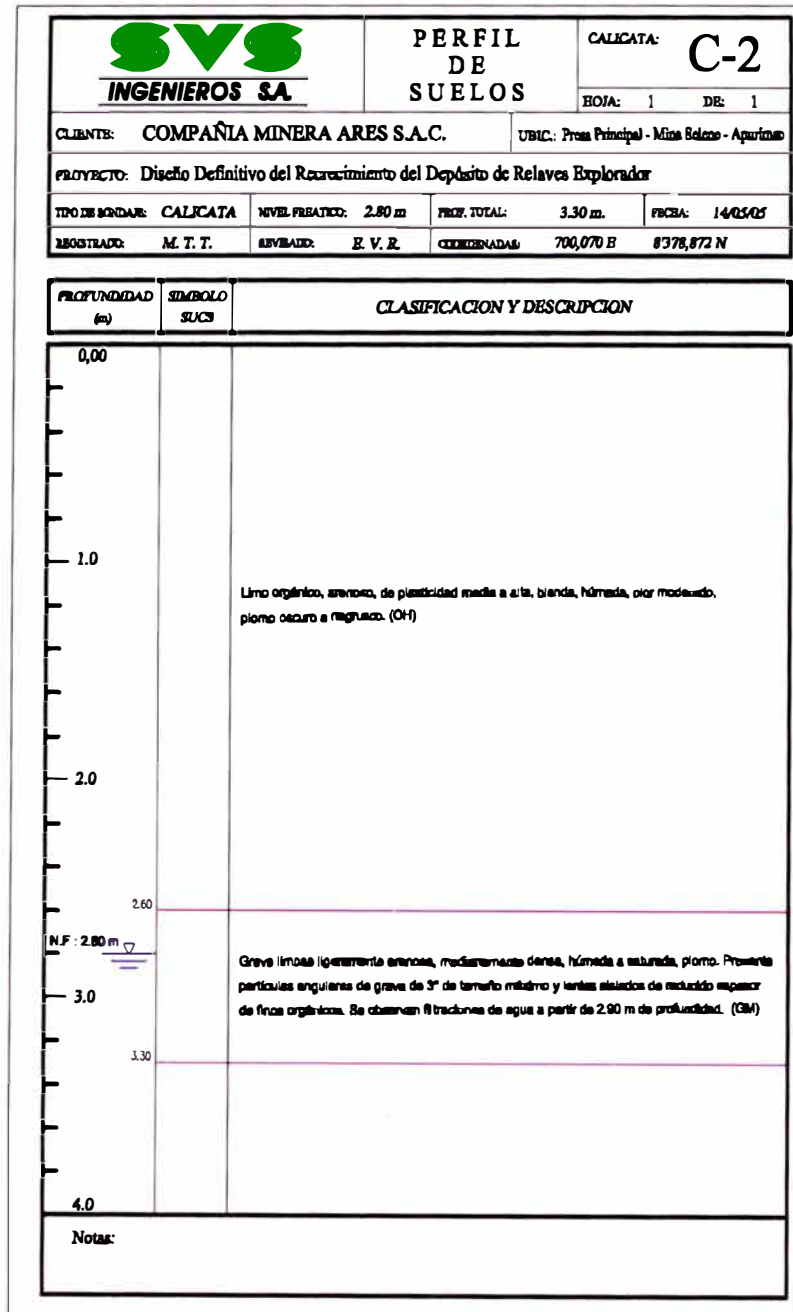
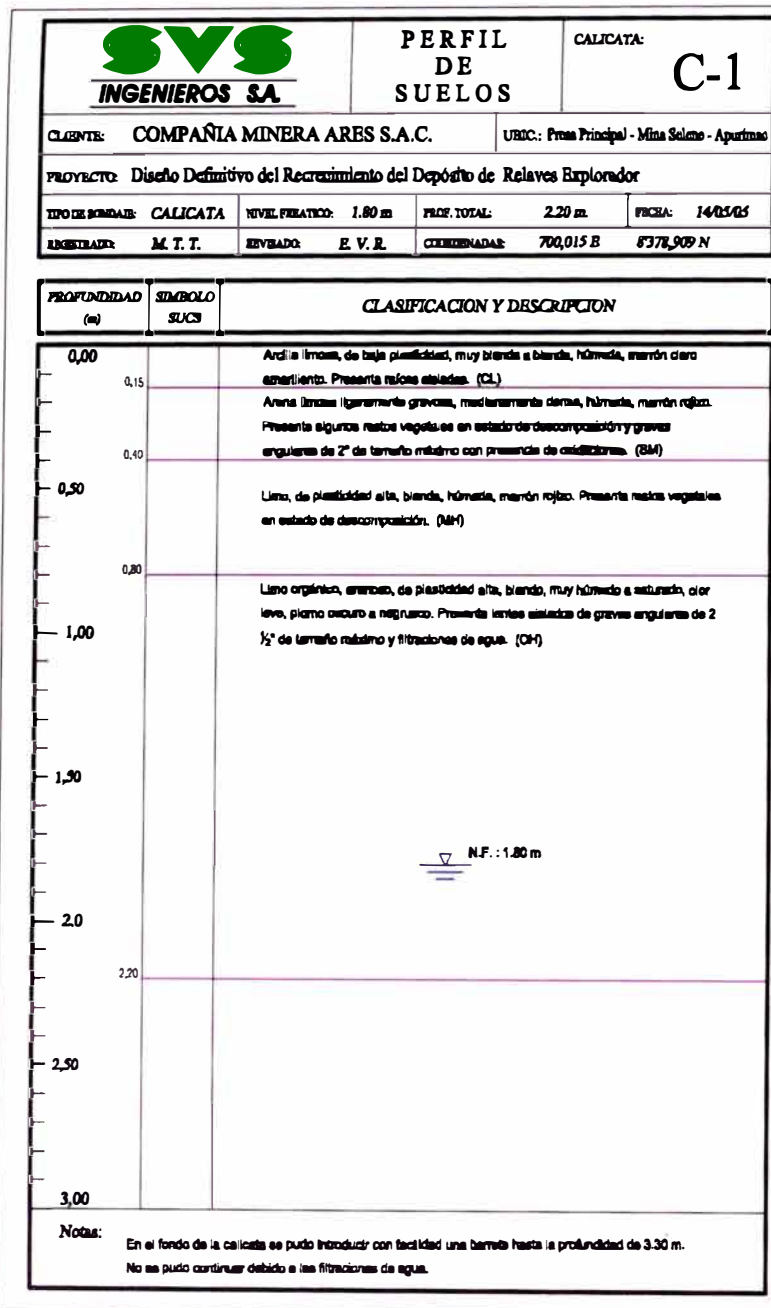
7. Si la evaluación de los datos de monitoreo reportan algún comportamiento anómalo se deberá realizar de manera oportuna el cálculo y verificación de la estabilidad física del depósito, es decir, los análisis de estabilidad estática, pseudo-estática y dinámica. De no cumplirse dichas estabilidades, tomar medidas de control como modificar la operación del depósito, entre ellas: echar el relave grueso en toda la zona aguas arriba y adyacentemente a la presa, echar el relave fino en parte posterior del depósito, modificar el sistema de deposición de relave, cambiar el tipo de relave, etc. Otra opción podría ser reforzar la presa de contención o en el peor de los casos dejar de echar relave al depósito.
8. Concluido la construcción del recrecimiento del Depósito Explorador, se recomienda realizar actividades de mantenimiento y monitoreo de obra, señaladas en el capítulo V, sección 5.5.
9. Verificar la estabilidad química del depósito, mediante la ejecución de ensayos periódicos al relave depositado, entre ellos: ensayo ABA, ensayo de lixiviado, ensayo ICP y granulometría del relave; cuidando que no se generen aguas ácidas y metales en solución.

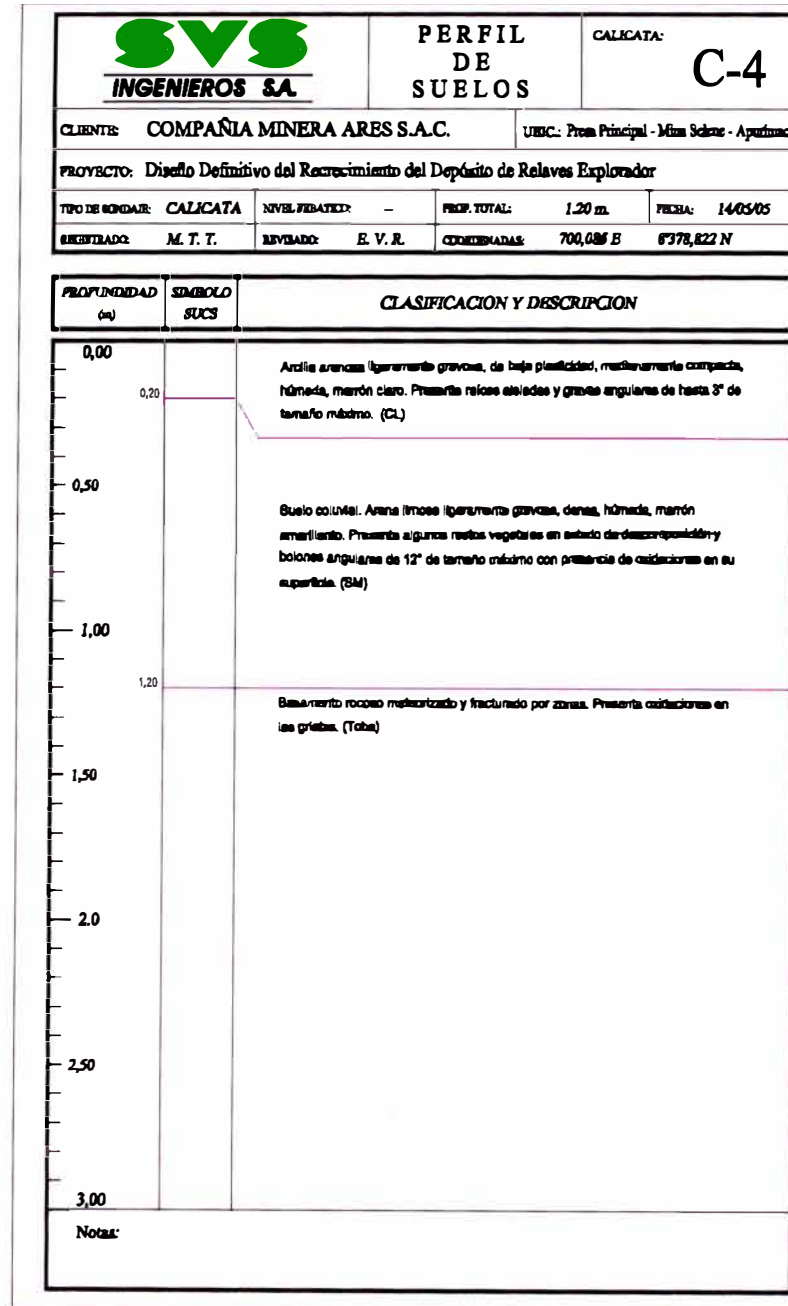
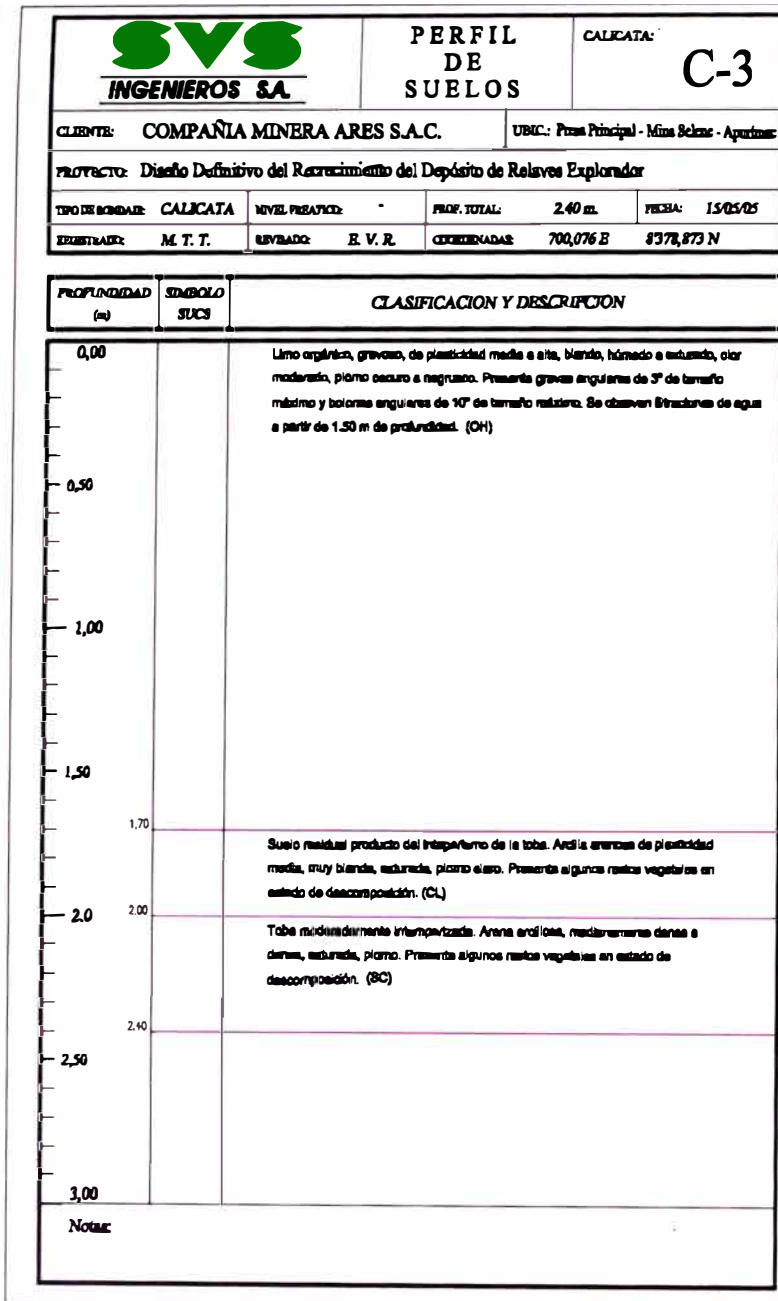
BIBLIOGRAFÍA

- AMEC (Perú) S.A. (Febrero 2003). Ingeniería de Detalle de la Presa de Relaves Explorador, Mina Selene, Apurímac.
- AMEC (Perú) S.A. (Diciembre 2003). Informe Como Construido – Presa de Relaves Explorador, Mina Selene, Apurímac.
- SVS Ingenieros S.A.C. (Mayo 2005). Recrecimiento de la Presa de Relaves Explorador de la Mina Selene – Informe de Ingeniería Conceptual.
- SVS Ingenieros S.A.C. (Julio 2005). Recrecimiento de la Presa de Relaves Explorador de la Mina Selene – Informe de Ingeniería de Detalle.
- Jorge Cárdenas (2001). Plan de Abandono de Depósitos de Relave en la Zona de Casapalca. Lima, Perú.
- Castillo, J. y Alva, J. (1993). Peligro Sísmico en el Perú, VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, Lima.
- Asociación OIST (Perú) e INTECSA (España) - 1980. "Estudio Definitivo de la Presa Oruro". Ministerio de Agricultura.
- DGAA/MEM (1998). Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Residuos Sólidos Provenientes de Actividades Mineras.
- DGAA/MEM (1994). Guía Ambiental de Cierre de Mina.
- DGAA/MEM (1994). Guía Ambiental de Manejo de Relaves Mineros.
- DGAA/MEM (1994). Guía Ambiental de Manejo de Drenaje Ácido.
- Duncan, J.M., Byrne, P., Wong, K.S. and Mabry, P. (1980). Strength, Stress-Strain and Bulk Modulus Parameters for Finite Element Analyses of Stresses and Movements in Soils Masses, Geotechnical Engineering Research Report No UCB/GT 80-01, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley.
- Duncan, J.M. and Chang, C.Y. (1970). Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soils, JSMFD, ASCE, Vol. 96, No SM5, pp. 1629-1652.
- Liao, K. and Whitman, R. (1985). Overburden Corrections Factors for SPT in Sand, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 112, N° 3, pp. 373-377.
- Seed, H.B. and Idriss I.M. (1969). Influence of Soils Conditions on Ground Motions During Earthquakes, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 95, No. SM1, pp. 99-137.
- Ruesta, P., Díaz, J. y Alva J. (1988). El Coeficiente Sísmico en el Diseño de Presas de Tierra y Enrocado. VII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, pp. 197-218.

ANEXOS

ANEXO 1
PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DE SONDEOS
ZONA DE CIMENTACIÓN DEL RECRECIMIENTO





SVS INGENIEROS S.A.		PERFIL DE SUELOS	CALICATA: C-5
CLIENTE: COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.		UBIC.: Pampa Lateral 2 - Mina Selene - Apurimac	
PROYECTO: Diseño Definitivo del Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador			
TIPO DE BORDAR: CALICATA	NIVEL FIBRADO: -	PROF. TOTAL: 2.15 m.	FECHA: 15/05/05
REGISTRADO: M. T. T.	REVISADO: E. V. R.	COORDENADAS: 700,430 E	8378,795 N

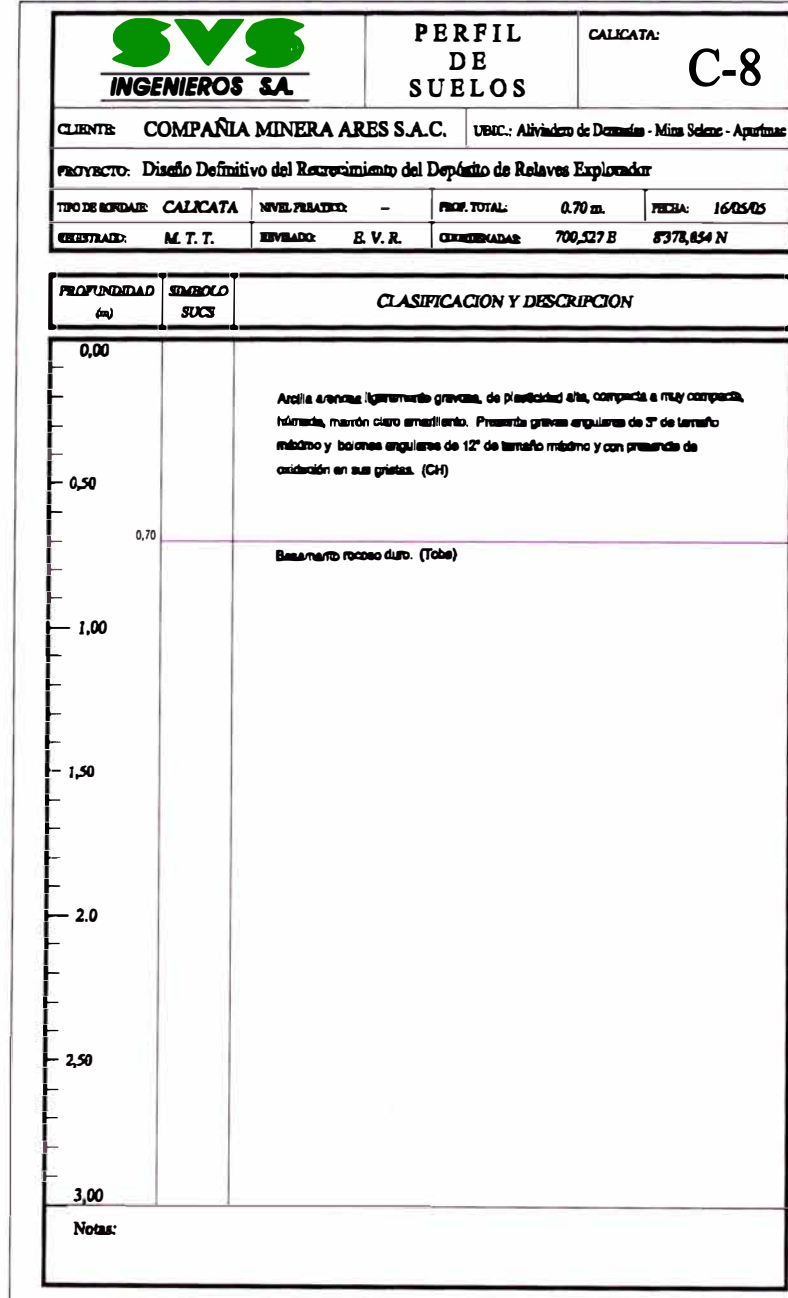
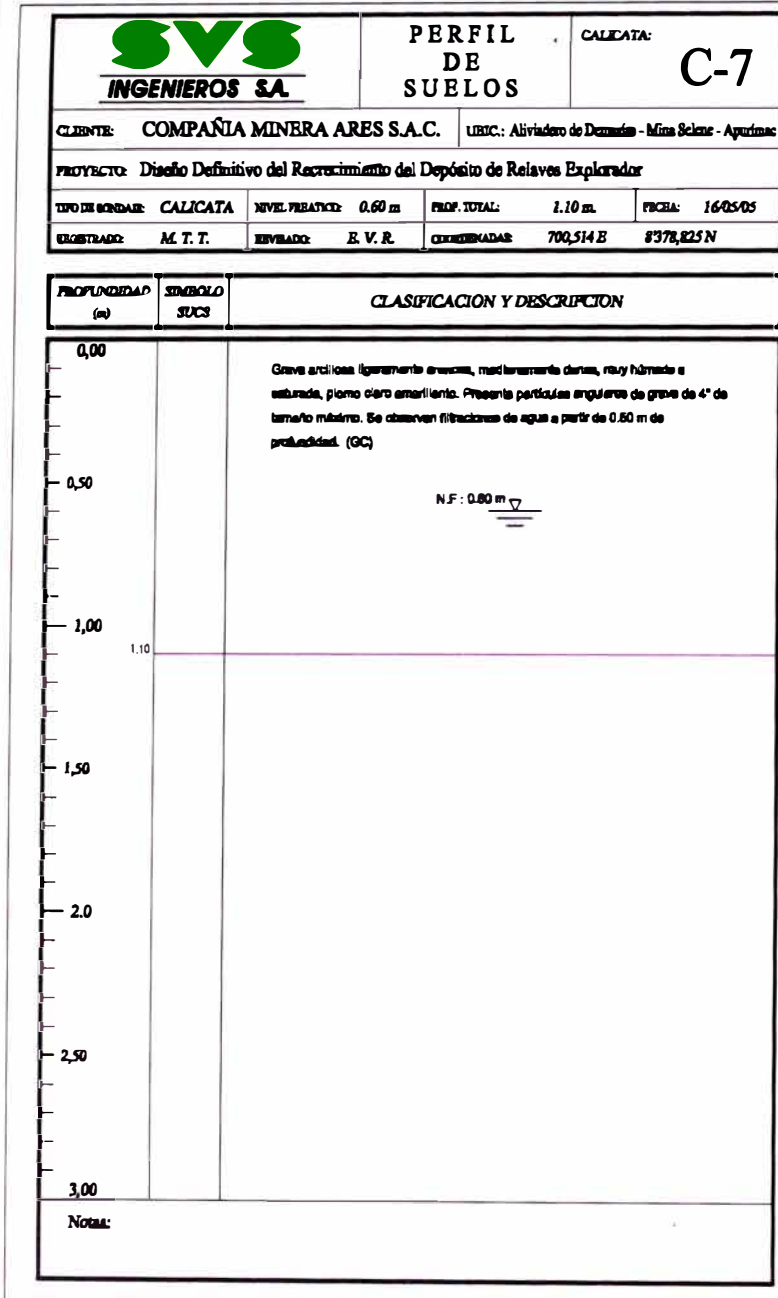
PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLO SUCS	CLASIFICACION Y DESCRIPCION
0,00		Arena media a gruesa, mal graduada, ligeramente arcillosa, gravosa, suelta, húmeda, plomo. Presenta algunas raíces vegetales en estado natural y gravas angulares de hasta 1" de tamaño máximo. (SP-SC)
0,30		
0,50		
1,00		Arcilla arenosa ligeramente gravosa, de plasticidad alta, compacta a muy compacta, húmeda, marrón claro amarillento. Presenta bolones subredondeados de 6" de tamaño máximo. (CH)
1,50		
2,00		Arena media a gruesa arcillosa, ligeramente gravosa, mediana/mediana densa a densa, húmeda, plomo claro. Presenta gravas subangulares de 3" de tamaño máximo y bolones subredondeados de 6" de tamaño máximo. (SC)
2,15		
2,50		
3,00		

Notas:

SVS INGENIEROS S.A.		PERFIL DE SUELOS	CALICATA: C-6
CLIENTE: COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.		UBIC.: Pampa Lateral 2 - Mina Selene - Apurimac	
PROYECTO: Diseño Definitivo del Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador			
TIPO DE BORDAR: CALICATA	NIVEL FIBRADO: -	PROF. TOTAL: 2.15 m.	FECHA: 16/05/05
REGISTRADO: M. T. T.	REVISADO: E. V. R.	COORDENADAS: 700,447 E	8378,785 N

PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLO SUCS	CLASIFICACION Y DESCRIPCION
0,00		Arena media a gruesa arcillosa, ligeramente gravosa, suelta, húmeda, plomo. Presenta gravas angulares de 1" de tamaño máximo. (SC)
0,20		
0,50		Grava arcillosa ligeramente arenosa. Grava fina a gruesa, angular, 2" de tamaño máximo. Mediana/mediana densa, húmeda, plomo claro. (GC)
0,80		
1,00		
1,50		Arcilla arenosa ligeramente gravosa, compacta a muy compacta, húmeda, marrón claro amarillento. Presenta bolones angulares de hasta 6" de tamaño máximo con oxidaciones en su superficie. (CH)
2,00		
2,15		
2,50		
3,00		

Notas:



SVS INGENIEROS S.A.		PERFIL DE SUELOS		TRINCHERA: T-1	
				HOJA: 1	DE: 1
CLIENTE: COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.			UBIC.: Prom Principal - Mina Selva - Apurimac		
PROYECTO: Diseño Definitivo del Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador					
TIPO DE BORDAJE: TRINCHERA	NIVEL PESADO: -	PROF. TOTAL: 3.30 m.	FECHA: 14/05/05		
REGISTRADO: M. T. T.	REVISADO: E. V. R.	COORDENADAS: 700,018 E 8378,914 N			

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO SUCS	CLASIFICACION Y DESCRIPCION
0,00		
1.0		Arena limosa ligeramente gravosa, medianamente densa, húmeda, marrón rojizo. Presenta bolones angulares de 4" de tamaño máximo. (SM)
1.40		
2.0		
3.0		Limo orgánico, arenoso, de plasticidad alta, blando, color leve, pardo oscuro a negroazulado. Presenta algunas lentes de grava de 10 cm de espesor. (OH)
3.30		
4.0		Limo orgánico, arenoso, de plasticidad alta, blando, color leve, pardo oscuro a negroazulado. Presenta algunas lentes de grava de 10 cm de espesor. (OH)
Notas:		

SVS INGENIEROS S.A.		PERFIL DE SUELOS		TRINCHERA: T-2	
				HOJA: 1	DE: 1
CLIENTE: COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.			UBIC.: Prom Lateral 1 - Mina Selva - Apurimac		
PROYECTO: Diseño Definitivo del Recrecimiento del Depósito de Relaves Explorador					
TIPO DE BORDAJE: TRINCHERA	NIVEL PESADO: -	PROF. TOTAL: 3.30 m.	FECHA: 15/05/05		
REGISTRADO: M. T. T.	REVISADO: E. V. R.	COORDENADAS: 700,356 E 8378,771 N			

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO SUCS	CLASIFICACION Y DESCRIPCION
0,00		Arena media a gruesa ligeramente gravosa, mal graduada, suelta, húmeda, pardo.
0.30		Presenta graves angulares de 1½" de tamaño máximo y raíces alveoladas. (SP)
1.0		
2.0		Grava arenosa, mal graduada, ligeramente arcillosa, medianamente densa, húmeda, marrón claro amarillento. Presenta partículas angulares de 3" de tamaño máximo. (GP-GC)
2.30		
3.0		Arena arcillosa ligeramente gravosa, medianamente densa a densa, húmeda, pardo claro. (SC)
3.0	3.00	
3.30		Suelo residual producto del Intemperismo de la toba. Arcilla, de plasticidad alta, compacta, húmeda, pardo claro. (CH)
4.0		
Notas:		



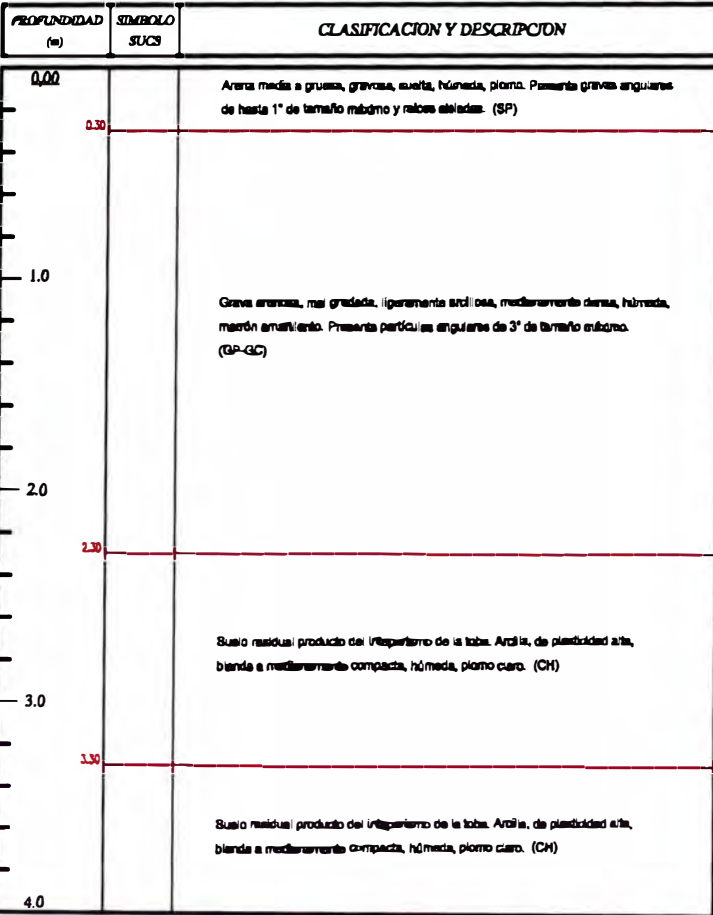
PERFIL DE SUELOS

TRINCHERA: T-3
BOJA: 1 DE: 1

CLIENTE: COMPAÑIA MINERA ARBS S.A.C. UBIC.: Pisos Laterales 1 - Mina Selene - Apurimac

PROYECTO: Diseño Definitivo del Recreimiento del Depósito de Relaves Explorador

TIPO DE BONDAR: TRINCHERA NIVEL FREÁTICO: - PROF. TOTAL: 3.30 m. FECHA: 15/05/15
REGISTRADO: M. T. T. GEÓMETRO: E. V. R. COORDENADAS: 700,353 E 8378,761 N



Notas:



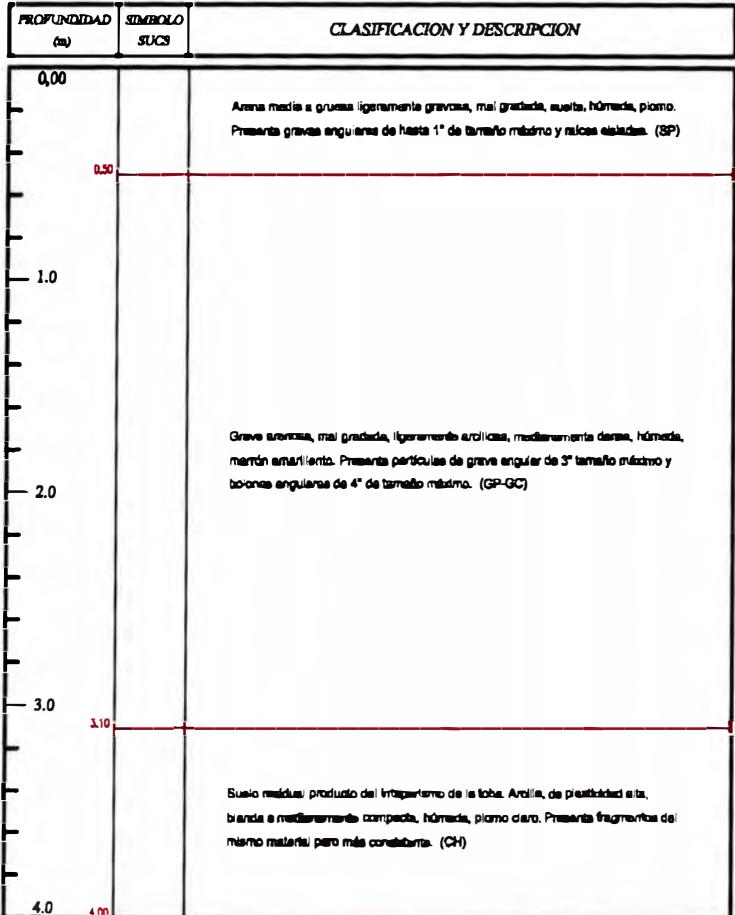
PERFIL DE SUELOS

TRINCHERA: T-4
BOJA: 1 DE: 1

CLIENTE: COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C. UBIC.: Pisos Laterales 1 - Mina Selene - Apurimac

PROYECTO: Diseño Definitivo del Recreimiento del Depósito de Relaves Explorador

TIPO DE BONDAR: TRINCHERA NIVEL FREÁTICO: - PROF. TOTAL: 4.00 m. FECHA: 15/05/15
REGISTRADO: M. T. T. GEÓMETRO: E. V. R. COORDENADAS: 700,349 E 8378,752 N



Notas:



REGISTRO DE AUSCULTACION

AUSCULTACION: A-1

CLIENTE: COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.

UBICACION: 700,018.41E
8°37'8.91426N

PROYECTO: Desarrollo de la Ing. de Detalle del Recrecimiento de la Presa de Relaves Explorador - Mina Selene

TIPO DE AUSCULTACION: Como Ordinario

NIVEL FREATICO: Superficial

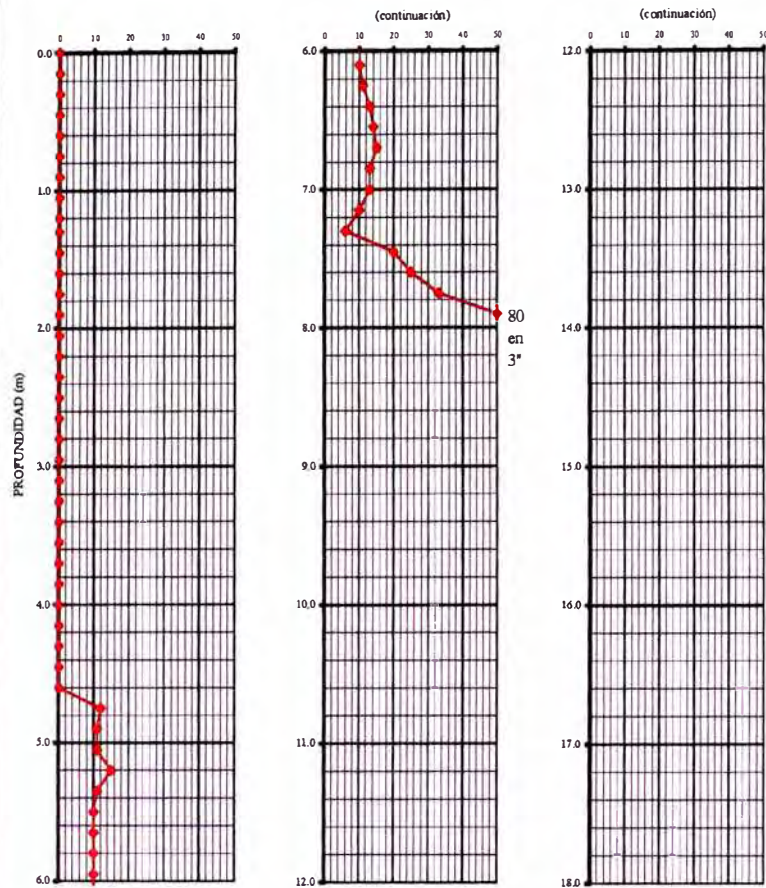
COTA TERRENO: ---

EJECUTADO POR: M. T. T.

REVISADO: J.C.L.

FECHA: Mayo, 2005

GOLPES / 15 cm de penetración



Nota: Golpes con comba de 5 libras.



REGISTRO DE AUSCULTACION

AUSCULTACION: A-2

CLIENTE: COMPAÑIA MINERA ARES S.A.C.

UBICACION: 700,002.45E
8°37'8.91539N

PROYECTO: Desarrollo de la Ing. de Detalle del Recrecimiento de la Presa de Relaves Explorador - Mina Selene

TIPO DE AUSCULTACION: Como Ordinario

NIVEL FREATICO: Superficial

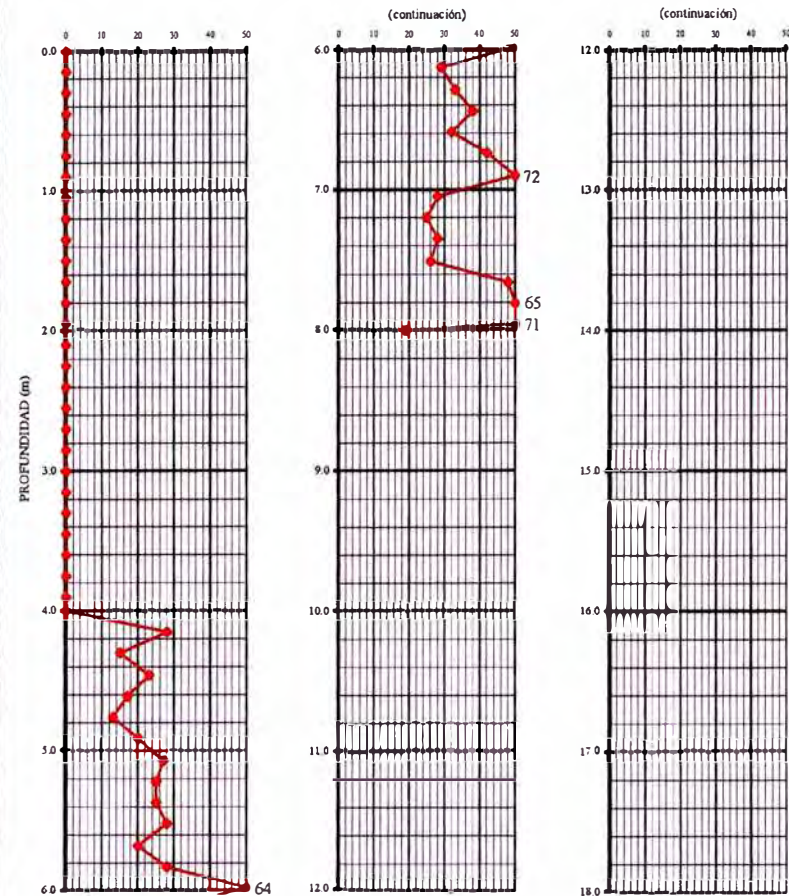
COTA TERRENO: ---

EJECUTADO POR: M. T. T.

REVISADO: J.C.L.

FECHA: Junio, 2005

GOLPES / 6" de penetración



Nota: de 0.00 m a 2.15 m la varilla fue introducida por presión manual

ANEXO 2

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Anexo 2.1 - Zona de Cimentación del Recrecimiento

Anexo 2.2 - Material Tipo B

Anexo 2.3 - Material Tipo C

Anexo 2.4 - Ensayos de Carga Puntual

ANEXO 2.1
ZONA DE CIMENTACIÓN DEL RECRECIMIENTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO

Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cinimad.unp.edu.pe



ENSAYOS DE LABORATORIO

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Mayo, 2005

GRAVEDAD ESPECIFICA RELATIVA DE SÓLIDOS

Sondaje	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Gravedad de Sólidos (Gs)
-----	Tipo B	-----	GP - GC	2.416
-----	Tipo C	-----	GC	2.397
C - 1	M - 1	0.25 - 0.40	SM	2.551
C - 1	M - 2	0.60 - 0.80	MH	2.673
C - 1	M - 3	1.60 - 1.80	OH	2.301
C - 2	M - 1	2.80 - 3.10	GM	2.429
C - 3	M - 1	1.80 - 2.00	CL	2.656
C - 3	M - 2	2.10 - 2.40	SC	2.586
C - 4	M - 1	0.70 - 1.00	SM	2.458
C - 5	M - 1	1.00 - 1.30	CH	2.466
C - 5	M - 2	1.70 - 2.00	SC	2.547
C - 6	M - 1	0.60 - 0.80	GC	2.398
C - 8	M - 1	0.50 - 0.70	CH	2.542
Cantera Colpacorral	-----	-----	SC	2.431
Cantera Explorador Nort	-----	-----	SC	2.475
Cantera Huararani	-----	-----	GM	2.431
Desmonte de Mina	-----	-----	GP - GC	2.355
Trinchera T-2	M - 1	2.50 - 2.70	SC	2.408
Trinchera T-2	M - 2	5.10 - 5.30	CH	2.697

Observaciones

Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante


DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL, CIP 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO

Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cinimad.unp.edu.pe



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 1
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.25 - 0.40

Contenido de humedad: ASTM - D2216	
Humedad (%)	14.1

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318	
Límite líquido (%)	50
Límite plástico (%)	32
Índice de plasticidad (%)	18
Límite de contracción (%)	---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282	
Coefficiente de: - Uniformidad (Cu)	---
- Curvatura (Cc)	---

Material: - Grava [N° 4 < φ < 3"] (%)	27.6
- Arena [N° 200 < φ < N° 4] (%)	49.8
- Finos [φ < N° 200] (%)	22.6

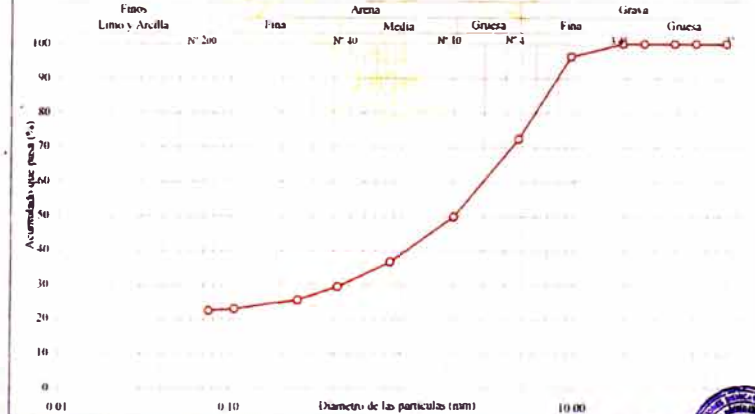
Clasificación: - AASHTO	A-2-7 (01)
- S.U.C.S	SM

Nombre de grupo
 Arena limosa con grava

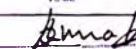
Granulometría por tamizado: ASTM - D422

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
1/2"	9.525	96.3
N° 004	4.750	72.4
N° 010	2.000	49.9
N° 020	0.850	36.7
N° 040	0.425	29.7
N° 060	0.250	25.9
N° 140	0.106	23.1
N° 200	0.075	22.6

CURVA GRANULOMETRICA



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


DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL, CIP 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO

Av. Túpac Amaru N° 1159, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@unin.edu.pe



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Mayo, 2005

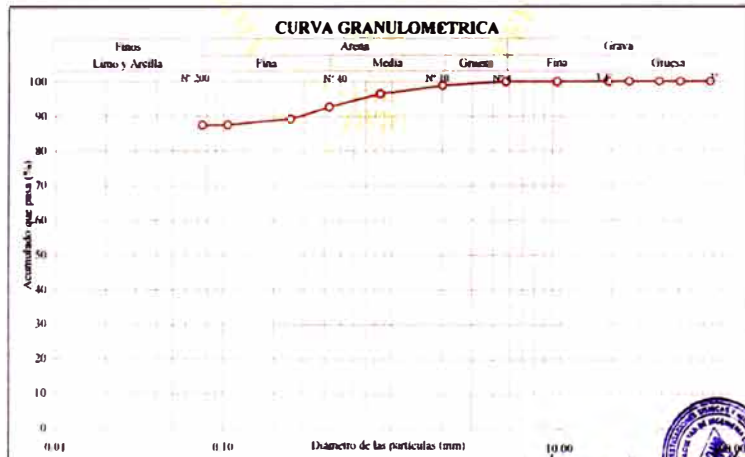
Sondaje : C - 1
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 0.60 - 0.80

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
1/2"	9.525	100.0
N° 004	4.750	100.0
N° 010	2.000	98.9
N° 020	0.850	96.4
N° 040	0.425	92.7
N° 060	0.250	89.3
N° 140	0.106	87.6
N° 200	0.075	87.5

Contenido de humedad: ASTM - D2216
Humedad (%) 44.8

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318
Límite líquido (%) 59
Límite plástico (%) 35
Índice de plasticidad (%) 24
Límite de contracción (%) ---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282
Coefficiente de: - Uniformidad (Cu) ---
- Curvatura (Cc) ---
Material: - Grava [N° 4 < φ < 3"] (%) 0.0
- Arena [N° 200 < φ < N° 4] (%) 12.5
- Finos [φ < N° 200] (%) 87.5
Clasificación: - AASHTO A-7.5 (26)
- S U C S MH
Nombre de grupo Limo elástico



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

DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43984
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO

Av. Túpac Amaru N° 1159, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@unin.edu.pe



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Mayo, 2005

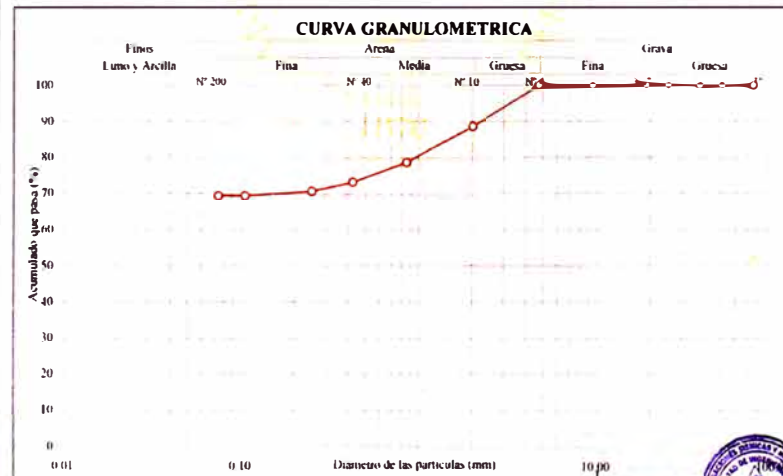
Sondaje : C - 1
Muestra : M - 3
Profundidad (m) : 1.60 - 1.80

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
1/2"	9.525	100.0
N° 004	4.750	100.0
N° 010	2.000	88.7
N° 020	0.850	78.8
N° 040	0.425	73.4
N° 060	0.250	70.9
N° 140	0.106	69.7
N° 200	0.075	69.7

Contenido de humedad: ASTM - D2216
Humedad (%) 166.9

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318
Límite líquido (%) 90
Límite plástico (%) NP
Índice de plasticidad (%) NP
Límite de contracción (%) ---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282
Coefficiente de: - Uniformidad (Cu) ---
- Curvatura (Cc) ---
Material: - Grava [N° 4 < φ < 3"] (%) 0.0
- Arena [N° 200 < φ < N° 4] (%) 30.3
- Finos [φ < N° 200] (%) 69.7
Clasificación: - AASHTO ---
- S U C S OH
Nombre de grupo Limo orgánico arenoso



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

DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43984
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@conicmi.unp.edu.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

INFORME : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
 FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 2
 Muestra : M - 1
 Profundidad (m) : 2.80 - 3.10

Contenido de humedad: ASTM - D2216

Humedad	(%)	41.6
---------	-----	------

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318

Límite líquido	(%)	54
Límite plástico	(%)	44
Índice de plasticidad	(%)	10
Límite de contracción	(%)	---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282

Coefficiente de : - Uniformidad (Cu) ---

- Curvatura (Cc) ---

Material : - Grava [N° 4 < φ < 3"]	(%)	43.9
- Arena [N° 200 < φ < N° 4]	(%)	30.0
- Finos [φ < N° 200]	(%)	26.0

Clasificación : - AASHTO A-2-5 (10)

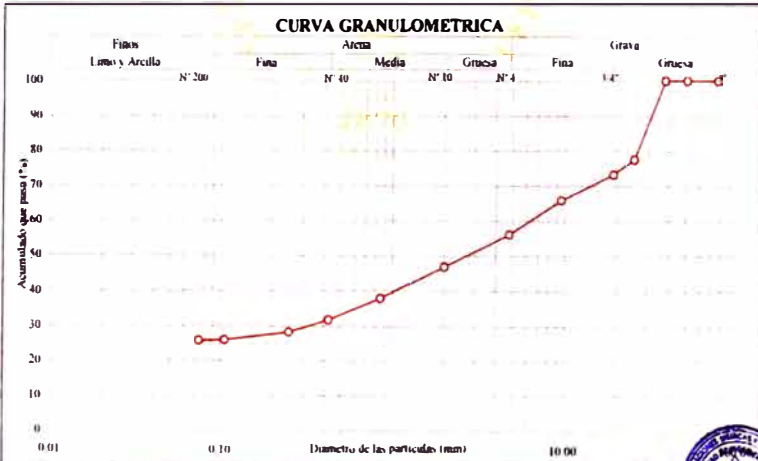
- S.U.C.S. GI/M

Nombre de grupo

Grava limosa con arena

Granulometría por tamizado: ASTM - D422

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q. Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	77.8
3/4"	19.05	73.3
1/2"	9.525	65.9
N° 004	4.750	56.1
N° 010	2.000	46.9
N° 020	0.850	37.8
N° 040	0.425	31.8
N° 060	0.250	28.4
N° 140	0.106	26.2
N° 200	0.075	26.0



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

David Luna Duran
 DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL, CIP 43048



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@conicmi.unp.edu.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

INFORME : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
 FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 3
 Muestra : M - 1
 Profundidad (m) : 1.80 - 2.00

Contenido de humedad: ASTM - D2216

Humedad	(%)	13.0
---------	-----	------

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318

Límite líquido	(%)	46
Límite plástico	(%)	18
Índice de plasticidad	(%)	28
Límite de contracción	(%)	---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282

Coefficiente de : - Uniformidad (Cu) ---

- Curvatura (Cc) ---

Material : - Grava [N° 4 < φ < 3"]	(%)	1.7
- Arena [N° 200 < φ < N° 4]	(%)	36.4
- Finos [φ < N° 200]	(%)	61.9

Clasificación : - AASHTO A-7-6 (15)

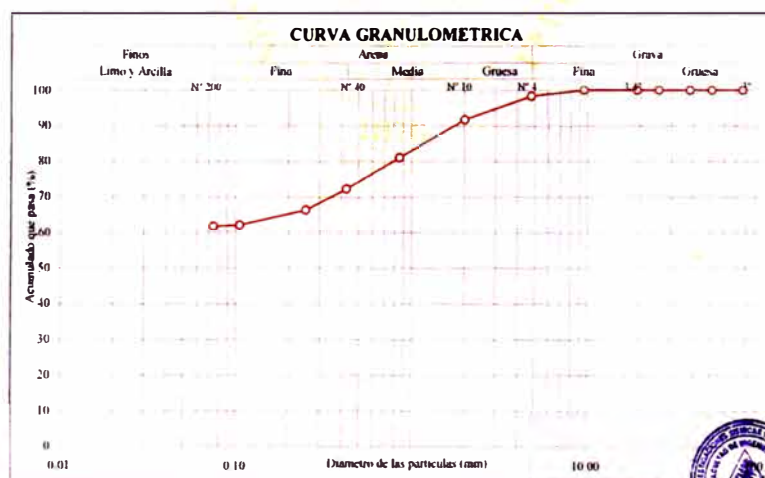
- S.U.C.S. CI

Nombre de grupo

Arcilla delgada arenosa

Granulometría por tamizado: ASTM - D422

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q. Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
1/2"	9.525	100.0
N° 004	4.750	98.3
N° 010	2.000	91.8
N° 020	0.850	81.1
N° 040	0.425	72.4
N° 060	0.250	66.5
N° 140	0.106	62.3
N° 200	0.075	61.9



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

David Luna Duran
 DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL, CIP 43048





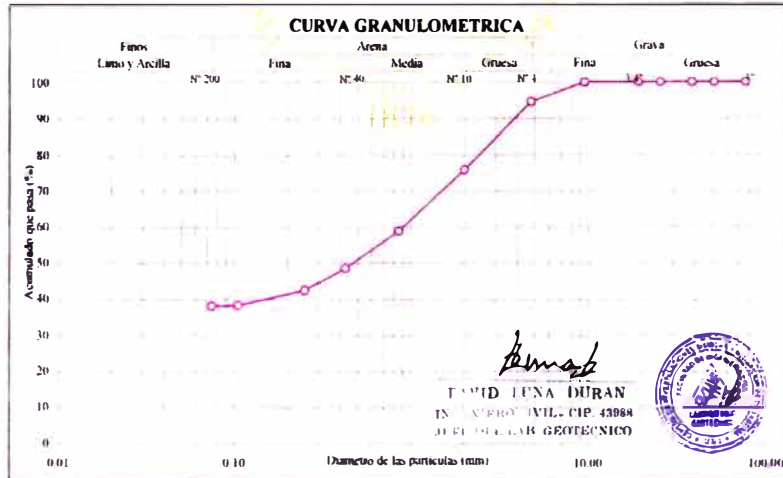
ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 3
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 2.10 - 2.40

Granulometría por tamizado: ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
1/2"	9.525	100.0
N° 004	4.750	94.6
N° 010	2.000	75.9
N° 020	0.850	58.9
N° 040	0.425	48.6
N° 060	0.250	42.5
N° 140	0.106	38.5
N° 200	0.075	38.3

Contenido de humedad: ASTM - D2216		
Humedad (%)		14.6
Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido (%)		47
Límite plástico (%)		25
Índice de plasticidad (%)		22
Límite de contracción (%)		---
Resultados: ASTM - D2487 / D3282		
Coeficiente de: - Uniformidad (Cu)		---
- Curvatura (Cc)		---
Material: - Grava [N° 4 < φ < 3"] (%)		5.4
- Arena [N° 200 < φ < N° 4] (%)		56.3
- Finos [φ < N° 200] (%)		38.3
Clasificación: - AASHTO		A-7-6 (4)
- S.U.C.S.		SC
Nombre de grupo		
Arena arcillosa		



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



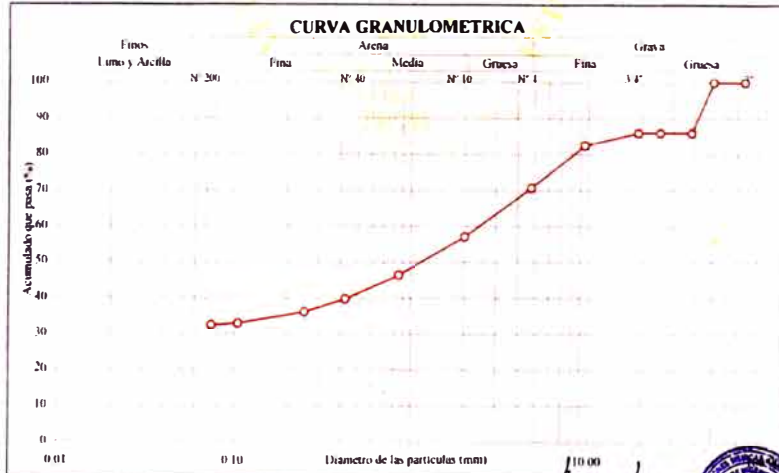
ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 4
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.70 - 1.00

Granulometría por tamizado: ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	85.9
1"	25.40	85.9
3/4"	19.05	85.9
1/2"	9.525	82.4
N° 004	4.750	70.6
N° 010	2.000	57.0
N° 020	0.850	46.4
N° 040	0.425	39.8
N° 060	0.250	36.2
N° 140	0.106	33.1
N° 200	0.075	32.6

Contenido de humedad: ASTM - D2216		
Humedad (%)		19.0
Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido (%)		49
Límite plástico (%)		30
Índice de plasticidad (%)		19
Límite de contracción (%)		---
Resultados: ASTM - D2487 / D3282		
Coeficiente de: - Uniformidad (Cu)		---
- Curvatura (Cc)		---
Material: - Grava [N° 4 < φ < 3"] (%)		29.4
- Arena [N° 200 < φ < N° 4] (%)		38.0
- Finos [φ < N° 200] (%)		32.6
Clasificación: - AASHTO		A-2-7 (1)
- S.U.C.S.		SM
Nombre de grupo		
Arena limosa con grava		



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

David Luna Durán
INGENIERO CIVIL, CIP. 43088
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recreimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 5
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 1.00 - 1.30

Contenido de humedad: ASTM - D2216		
Humedad	(%)	18.8

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido	(%)	66
Límite plástico	(%)	25
Índice de plasticidad	(%)	41
Límite de contracción	(%)	---

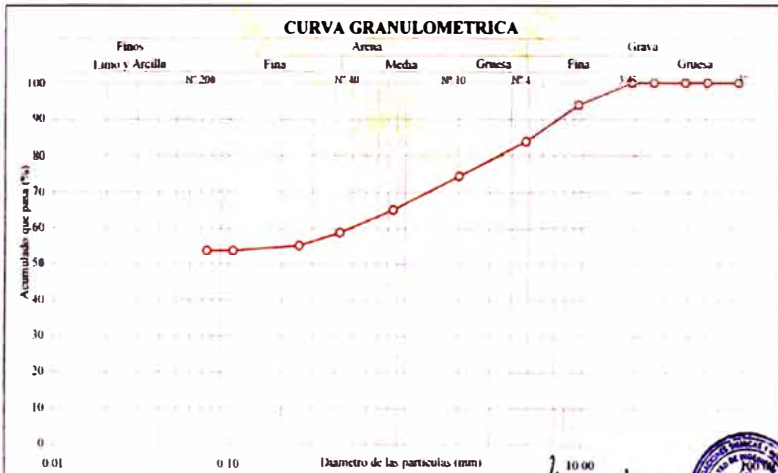
Resultados: ASTM - D2487 / D3282		
Coeficiente de: - Uniformidad (Cu) ---		
- Curvatura (Cc) ---		

Material: - Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) 16.4		
- Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) 29.7		
- Finos [φ < Nº 200] (%) 54.0		

Clasificación: - AASHTO A-7-6 (118)		
- SUCS CH		

Nombre de grupo		
Arcilla gruesa arenosa con grava		

Granulometría por tamizado: ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
1/2"	9.525	93.9
Nº 004	4.750	83.6
Nº 010	2.000	74.4
Nº 020	0.850	65.2
Nº 040	0.425	59.0
Nº 060	0.250	55.4
Nº 140	0.106	54.0
Nº 200	0.075	54.0



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

DAVID LUNA HURA
INGENIERO CIVIL, CIP 4394
JEFE DEL LAB. GEO



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recreimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 5
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 1.70 - 2.00

Contenido de humedad: ASTM - D2216		
Humedad	(%)	15.8

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318		
Límite líquido	(%)	50
Límite plástico	(%)	19
Índice de plasticidad	(%)	31
Límite de contracción	(%)	---

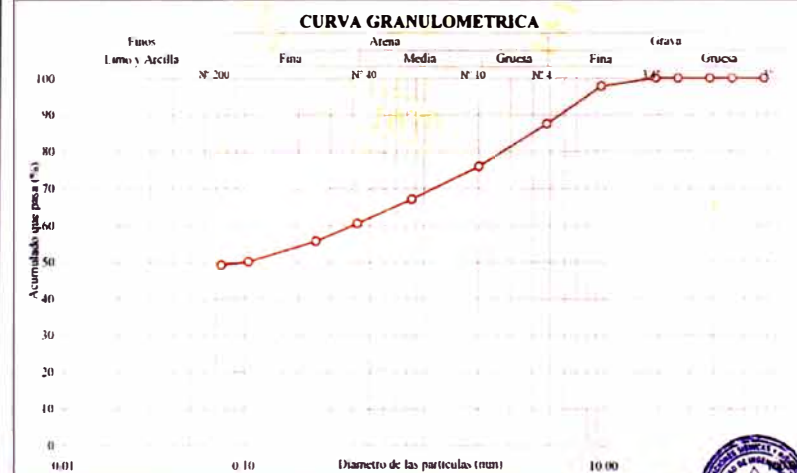
Resultados: ASTM - D2487 / D3282		
Coeficiente de: - Uniformidad (Cu) ---		
- Curvatura (Cc) ---		

Material: - Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) 12.5		
- Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) 38.1		
- Finos [φ < Nº 200] (%) 49.4		

Clasificación: - AASHTO A-7-6 (11)		
- SUCS SC		

Nombre de grupo		
Arena arcillosa		

Granulometría por tamizado: ASTM - D422		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
1/2"	9.525	97.8
Nº 004	4.750	87.5
Nº 010	2.000	76.0
Nº 020	0.850	67.2
Nº 040	0.425	60.7
Nº 060	0.250	55.9
Nº 140	0.106	50.3
Nº 200	0.075	49.4



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

DAVID LUNA HURA
INGENIERO CIVIL, CIP 4394
JEFE DEL LAB. GEO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cinimil.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
 FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 6
 Muestra : M - 1
 Profundidad (m) : 0.60 - 0.80

Contenido de humedad: ASTM - D2216	
Humedad	(%) 25.2

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318	
Límite líquido	(%) 74
Límite plástico	(%) 33
Índice de plasticidad	(%) 41
Límite de contracción	(%) ---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282	
Coeficiente de: - Uniformidad (Cu) ---	
- Curvatura (Cc) ---	

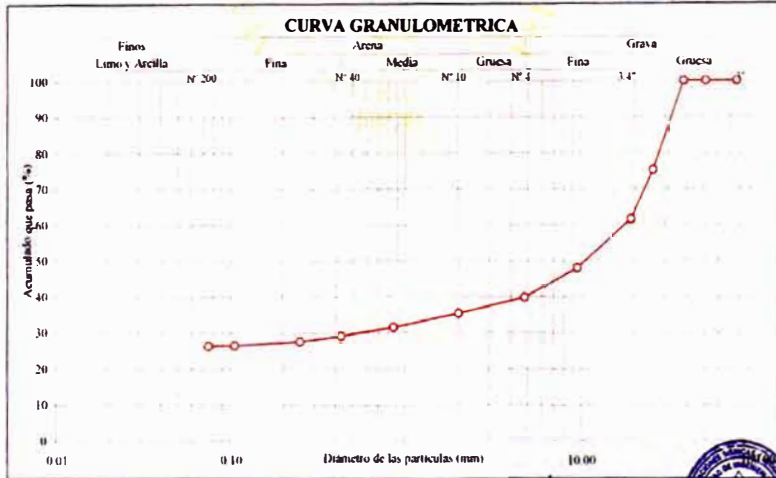
Material: - Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) 60.3	
- Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) 13.3	
- Finos [φ < Nº 200] (%) 26.4	

Clasificación: - AASHTO A-2-7 (0)	
- S.U.C.S. G.C.	

Nombre de grupo	
Grava arcillosa	

Granulometría por tamizado: ASTM - D422

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	75.0
3/4"	19.05	61.4
1/2"	9.525	48.0
Nº 004	4.750	39.7
Nº 010	2.000	35.3
Nº 020	0.850	31.5
Nº 040	0.425	29.0
Nº 060	0.250	27.6
Nº 140	0.106	26.5
Nº 200	0.075	26.4



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

David Luna Durán
 DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL, CIP 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@cinimil.uni.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
 FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : C - 8
 Muestra : M - 1
 Profundidad (m) : 0.50 - 0.70

Contenido de humedad: ASTM - D2216	
Humedad	(%) 12.2

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318	
Límite líquido	(%) 59
Límite plástico	(%) 25
Índice de plasticidad	(%) 34
Límite de contracción	(%) ---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282	
Coeficiente de: - Uniformidad (Cu) ---	
- Curvatura (Cc) ---	

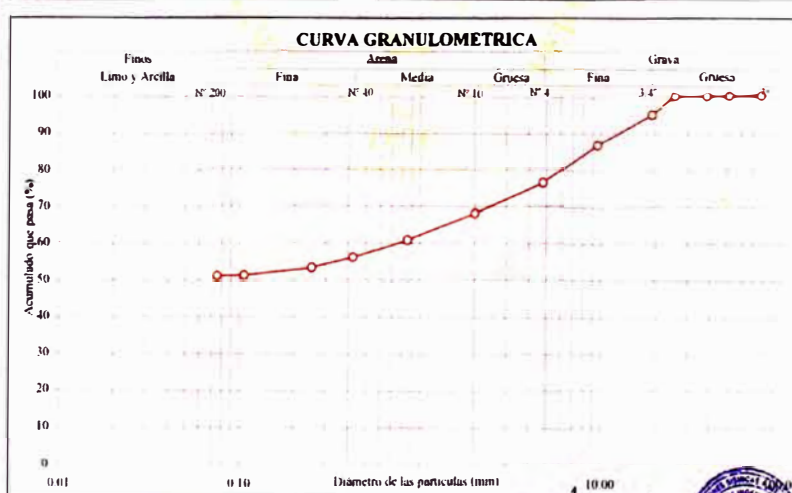
Material: - Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) 23.5	
- Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) 25.5	
- Finos [φ < Nº 200] (%) 51.0	

Clasificación: - AASHTO A-7-6 (13)	
- S.U.C.S. CH	

Nombre de grupo	
Arcilla gruesa arenosa con grava	

Granulometría por tamizado: ASTM - D422

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	95.2
1/2"	9.525	86.8
Nº 004	4.750	76.5
Nº 010	2.000	68.1
Nº 020	0.850	60.8
Nº 040	0.425	56.1
Nº 060	0.250	53.3
Nº 140	0.106	51.2
Nº 200	0.075	51.0



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

David Luna Durán
 DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL, CIP. 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : Trinchera T-2
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 2.50 - 2.70

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	97.6
1/2"	9.525	87.7
Nº 004	4.750	65.7
Nº 010	2.000	51.9
Nº 020	0.850	42.2
Nº 040	0.425	36.5
Nº 060	0.250	33.1
Nº 140	0.106	30.5
Nº 200	0.075	30.2

Contenido de humedad: ASTM - D2216
Humedad (%) : 11.3

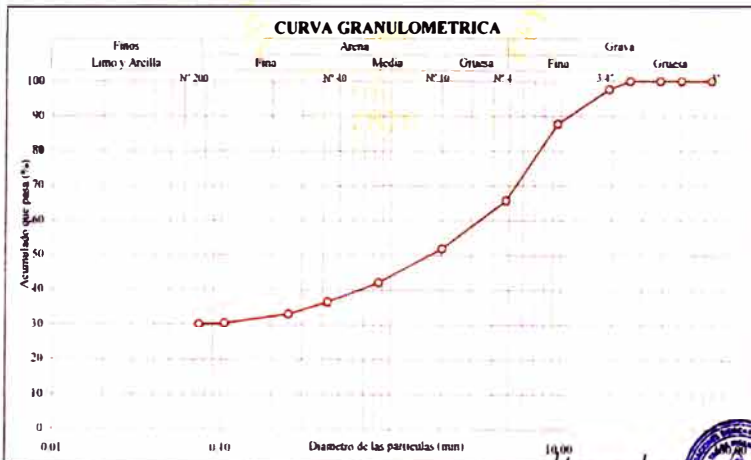
Limites de consistencia: ASTM - D427 / D4318
Límite líquido (%) : 50
Límite plástico (%) : 23
Índice de plasticidad (%) : 27
Límite de contracción (%) : ---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282
Coefficiente de : - Uniformidad (Cu) : ---
- Curvatura (Cc) : ---

Material : - Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) : 34.3
- Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) : 35.5
- Finos [φ < Nº 200] (%) : 30.2

Clasificación : - AASHTO : A-2-7 (1)
- S.U.C.S. : SC

Nombre de grupo
Arena arcillosa con grava



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

DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43088
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : Trinchera T-2
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 5.10 - 5.30

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	100.0
1 1/2"	38.10	100.0
1"	25.40	100.0
3/4"	19.05	100.0
1/2"	9.525	100.0
Nº 004	4.750	100.0
Nº 010	2.000	100.0
Nº 020	0.850	99.1
Nº 040	0.425	97.7
Nº 060	0.250	96.2
Nº 140	0.106	93.8
Nº 200	0.075	93.4

Contenido de humedad: ASTM - D2216
Humedad (%) : 19.7

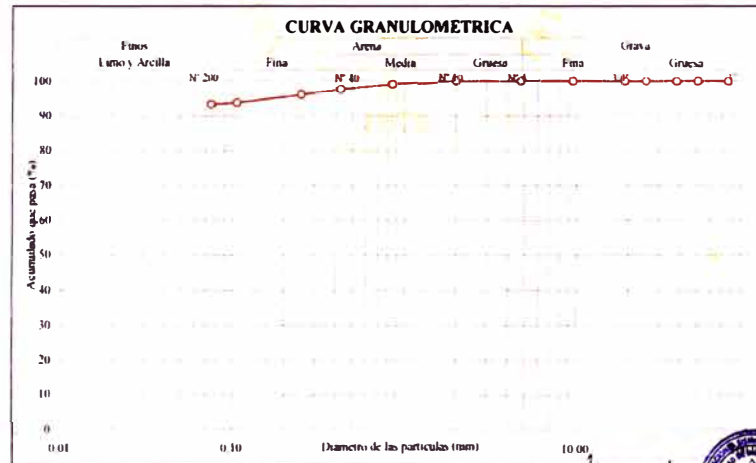
Limites de consistencia: ASTM - D427 / D4318
Límite líquido (%) : 71
Límite plástico (%) : 30
Índice de plasticidad (%) : 41
Límite de contracción (%) : ---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282
Coefficiente de : - Uniformidad (Cu) : ---
- Curvatura (Cc) : ---

Material : - Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) : 0.0
- Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) : 6.6
- Finos [φ < Nº 200] (%) : 93.4

Clasificación : - AASHTO : A-7-6 (45)
- S.U.C.S. : CH

Nombre de grupo
Arcilla gruesa



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

DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43088
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



ANEXO 2.2
MATERIAL TIPO B



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@unin.edu.pe

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : ---
Muestra : Tipo B
Profundidad (m) : ---

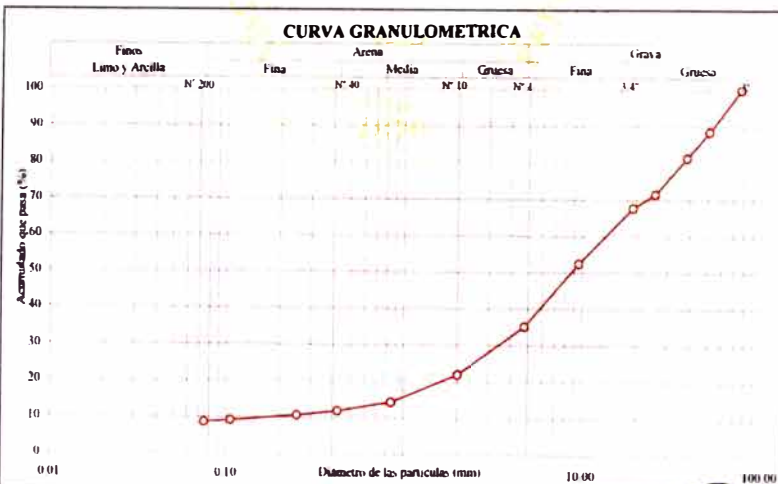
Contenido de humedad; ASTM - D2216	
Humedad (%)	7.3

Límites de consistencia; ASTM - D427 / D4318	
Límite líquido (%)	33
Límite plástico (%)	21
Índice de plasticidad (%)	12
Límite de contracción (%)	---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282	
Coefficiente de: - Uniformidad (Cu)	75.5
- Curvatura (Cc)	4.9
Material: - Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%)	64.9
- Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%)	26.5
- Finos [φ < Nº 200] (%)	8.6

Clasificación: - AASHTO	A-2-6 (0)
- S.U.C.S.	GP - GC
Nombre de grupo	
Grava mal graduada con arcilla y arena	

Granulometría por tamizado: ASTM - D422		
Tamiz (mm)	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	88.5
1 1/2"	38.10	81.4
1"	25.40	71.5
3/4"	19.05	67.7
1/2"	9.525	52.4
Nº 004	4.750	35.1
Nº 010	2.000	21.9
Nº 020	0.850	14.4
Nº 040	0.425	11.8
Nº 060	0.250	10.6
Nº 140	0.106	9.1
Nº 200	0.075	8.6



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

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



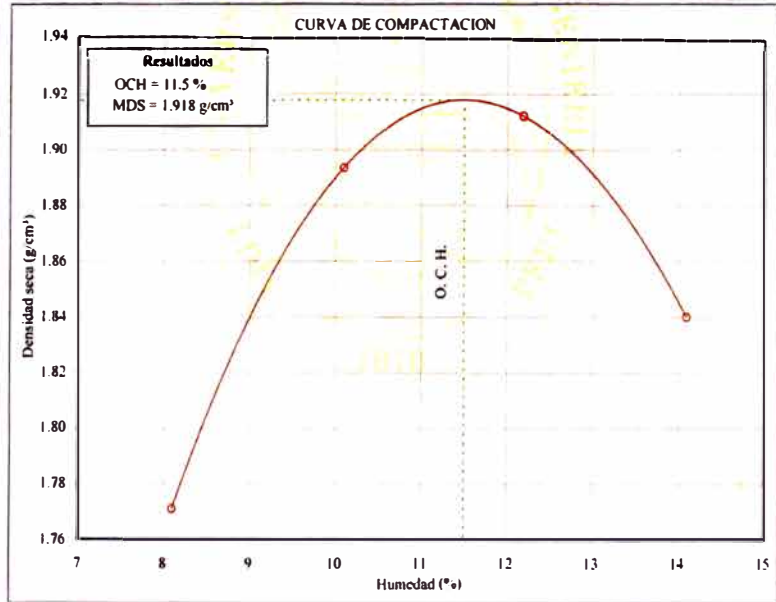
Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Apartado postal 31-250, Lima 31 - Teléfono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail: labgeo@unin.edu.pe

PROCTOR ESTANDAR
(ASTM - D698 C)

INFORME Nº : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : --- AASHTO : A-2-6 (0)
Muestra : Tipo B SUCS : GP - GC / Grava mal graduada con arcilla y arena
Profundidad (m) : ---

ENSAYO PRELIMINAR : PROCTOR ESTANDAR (ASTM -D698 C)				
Humedad (%)	8.10	10.09	12.18	14.09
Densidad seca (g/cm³)	1.77	1.89	1.91	1.84



Fracción gruesa
Retenido en el tamiz 3/4" : 67.7 %
Gravedad de sólidos : 2.32
Contenido de humedad : 5 %

Corrección por Grava
Norma ASTM - D 4718
Humedad Corregida : 7.1 %
Densidad Seca Corregida : 2.17 g/cm³

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

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196

SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.

PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador

UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac

FECHA : Junio, 2005

Sondaje : ---

Muestra : Tipo B

Profundidad (m) : ---

Clasificación - SUCS : GP - GC

Estado de la muestra : Remoldeado

Velocidad del ensayo : 0.35 mm/min

ESPECIMEN 01

Condiciones	Inicial	Final
Altura (cm)	10.00	9.99
Diámetro (cm)	5.00	4.99
Densidad seca (g/cm³)	1.93	1.94
Humedad (%)	11.0	12.9

Datos del ensayo		
Parámetro "B"	(%)	95.0
Presión de Celda (σ ₃)	(kg/cm²)	3.00
Contra Presión	(kg/cm²)	2.00
Esf. Efectivo Inicial (σ ₁)	(kg/cm²)	1.00

Deform. (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	Pres. Poros (kg/cm²)	σ ₃ (kg/cm²)	σ ₁ (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Oblicuidad (σ ₁ /σ ₃)
0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.20	0.10	0.90	1.10	1.00	0.10	0.10	1.23
0.10	0.51	0.18	0.82	1.33	1.08	0.26	0.24	1.62
0.25	1.07	0.22	0.78	1.85	1.32	0.54	0.41	2.37
0.35	1.79	0.28	0.72	2.51	1.61	0.89	0.55	3.48
0.50	2.55	0.33	0.67	3.22	1.94	1.27	0.66	4.80
0.75	4.41	0.36	0.64	5.05	2.85	2.21	0.78	7.89
1.00	5.34	0.35	0.65	5.99	3.32	2.67	0.80	9.22
1.25	6.71	0.23	0.77	7.48	4.13	3.36	0.81	9.72
1.50	7.40	0.08	0.92	8.32	4.62	3.70	0.80	9.04
1.75	8.28	0.01	0.99	9.27	5.13	4.14	0.81	9.36
2.00	8.82	-0.22	1.22	10.04	5.63	4.41	0.78	8.23
2.50	9.75	-0.47	1.47	11.22	6.35	4.88	0.77	7.63
3.00	10.39	-0.79	1.79	12.18	6.98	5.19	0.74	6.80
3.50	10.78	-0.90	1.90	12.68	7.29	5.39	0.74	6.67
4.00	11.07	-1.03	2.03	13.10	7.57	5.54	0.73	6.46
4.50	11.04	-1.38	2.38	13.42	7.90	5.52	0.70	5.64
5.00	11.09	-1.49	2.49	13.58	8.03	5.54	0.69	5.45
6.00	11.09	-1.57	2.57	13.66	8.11	5.54	0.68	5.31
7.00	11.14	-1.68	2.68	13.82	8.25	5.57	0.68	5.16
8.00	11.09	-1.76	2.76	13.85	8.30	5.54	0.67	5.02
9.00	11.04	-1.78	2.78	13.82	8.30	5.52	0.67	4.97
10.00	11.17	-1.80	2.80	13.97	8.39	5.59	0.67	4.99
11.00	11.22	-1.81	2.81	14.03	8.42	5.61	0.67	4.99
12.00	11.22	-1.81	2.81	14.03	8.42	5.61	0.67	4.99

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 3/8", densidad seca = 1.92 g/cm³, humedad = 11.5 %, remoldeado al 100 % de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad, obtenidos del ensayo de compactación Proctor Estandar, asumido por el

Almab
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196

SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.

PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador

UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac

FECHA : Junio, 2005

Sondaje : ---

Muestra : Tipo B

Profundidad (m) : ---

Clasificación - SUCS : GP - GC

Estado de la muestra : Remoldeado

Velocidad del ensayo : 0.35 mm/min

ESPECIMEN 02

Condiciones	Inicial	Final
Altura (cm)	10.00	9.97
Diámetro (cm)	5.00	4.99
Densidad seca (g/cm³)	1.92	1.94
Humedad (%)	11.02	12.56

Datos del ensayo		
Parámetro "B"	(%)	95.0
Presión de Celda (σ ₃)	(kg/cm²)	4.0
Contra Presión	(kg/cm²)	2.0
Esf. Efectivo Inicial (σ ₁)	(kg/cm²)	2.00

Deform. (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	Pres. Poros (kg/cm²)	σ ₃ (kg/cm²)	σ ₁ (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Oblicuidad (σ ₁ /σ ₃)
0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.56	0.15	1.85	2.41	2.13	0.28	0.13	1.30
0.10	1.28	0.25	1.75	3.03	2.39	0.64	0.27	1.73
0.25	2.14	0.38	1.62	3.76	2.69	1.07	0.40	2.32
0.35	3.28	0.55	1.45	4.73	3.09	1.64	0.53	3.26
0.50	4.41	0.63	1.37	5.78	3.58	2.21	0.62	4.22
0.75	6.42	0.67	1.33	7.75	4.54	3.21	0.71	5.83
1.00	8.23	0.60	1.40	9.63	5.52	4.12	0.75	6.88
1.25	9.70	0.45	1.55	11.25	6.40	4.85	0.76	7.26
1.50	10.83	0.31	1.69	12.52	7.10	5.41	0.76	7.41
1.75	11.47	0.16	1.84	13.31	7.58	5.74	0.76	7.23
2.00	12.29	0.01	1.99	14.28	8.13	6.14	0.76	7.17
2.50	13.25	-0.26	2.26	15.51	8.88	6.62	0.75	6.86
3.00	14.02	-0.48	2.48	16.50	9.49	7.01	0.74	6.65
3.50	14.50	-0.66	2.66	17.16	9.91	7.25	0.73	6.45
4.00	14.78	-0.81	2.81	17.59	10.20	7.39	0.72	6.26
4.50	15.02	-0.92	2.92	17.94	10.43	7.51	0.72	6.15
5.00	15.17	-1.03	3.03	18.20	10.61	7.58	0.71	6.01
6.00	15.36	-1.21	3.21	18.57	10.89	7.68	0.71	5.79
7.00	15.46	-1.34	3.34	18.80	11.07	7.73	0.70	5.63
8.00	15.41	-1.43	3.43	18.84	11.13	7.70	0.69	5.49
9.00	15.41	-1.47	3.47	18.88	11.17	7.70	0.69	5.44
10.00	15.41	-1.51	3.51	18.92	11.21	7.70	0.69	5.39
11.00	15.26	-1.64	3.64	18.90	11.27	7.63	0.68	5.19
12.00	15.22	-1.69	3.69	18.91	11.30	7.61	0.67	5.12

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 3/8", densidad seca = 1.92 g/cm³, humedad = 11.5 %, remoldeado al 100 % de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad, obtenidos del ensayo de compactación Proctor Estandar, asumido por el

Almab
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recreimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
 FECHA : Junio, 2005

Sondaje : --- Clasificación - SUCS : GP - GC
 Muestra : Tipo B Estado de la muestra : Remoldeado
 Profundidad (m) : --- Velocidad del ensayo : 0.35 mm/min

ESPECIMEN 03

Condiciones	Inicial	Final
Altura (cm)	10.00	9.98
Diámetro (cm)	5.00	4.98
Densidad seca (g/cm³)	1.93	1.95
Humedad (%)	10.88	12.45

Datos del ensayo		
Parámetro "B"	(%)	95.0
Presión de Celda (σ_3)	(kg/cm²)	6.0
Contra Presión	(kg/cm²)	2.0
Esf. Efectivo Inicial ($\bar{\sigma}_1$)	(kg/cm²)	4.00

Deform. (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	Pres. Poros (kg/cm²)	$\bar{\sigma}_3$ (kg/cm²)	$\bar{\sigma}_1$ (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Oblicuidad ($\bar{\sigma}_1/\bar{\sigma}_3$)
0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	1.00
0.05	2.25	0.23	3.77	6.02	4.90	1.13	0.23	1.60
0.10	2.84	0.29	3.71	6.55	5.13	1.42	0.28	1.77
0.25	3.43	0.39	3.61	7.04	5.33	1.72	0.32	1.95
0.35	4.85	0.48	3.52	8.37	5.95	2.43	0.41	2.38
0.50	6.17	0.57	3.43	9.60	6.52	3.09	0.47	2.80
0.75	8.33	0.66	3.34	11.67	7.51	4.17	0.55	3.49
1.00	10.78	0.69	3.31	14.09	8.70	5.39	0.62	4.26
1.25	11.76	0.67	3.33	15.09	9.21	5.88	0.64	4.53
1.50	13.01	0.59	3.41	16.42	9.91	6.50	0.66	4.81
1.75	14.02	0.50	3.50	17.52	10.51	7.01	0.67	5.00
2.00	15.02	0.36	3.64	18.66	11.15	7.51	0.67	5.13
2.50	16.13	0.13	3.87	20.00	11.93	8.06	0.68	5.17
3.00	16.90	-0.10	4.10	21.00	12.55	8.45	0.67	5.12
3.50	17.38	-0.33	4.33	21.71	13.02	8.69	0.67	5.01
4.00	17.81	-0.52	4.52	22.33	13.42	8.90	0.66	4.94
4.50	18.10	-0.69	4.69	22.79	13.74	9.05	0.66	4.86
5.00	18.29	-0.84	4.84	23.13	13.98	9.14	0.65	4.78
6.00	18.43	-1.08	5.08	23.51	14.30	9.22	0.64	4.63
7.00	18.38	-1.26	5.26	23.64	14.45	9.19	0.64	4.50
8.00	18.19	-1.38	5.38	23.57	14.48	9.10	0.63	4.38
9.00	18.05	-1.49	5.49	23.54	14.51	9.02	0.62	4.29
10.00	18.10	-1.57	5.57	23.67	14.62	9.05	0.62	4.25
11.00	17.86	-1.63	5.63	23.49	14.56	8.93	0.61	4.17
12.00	17.71	-1.69	5.69	23.40	14.55	8.86	0.61	4.11

Observaciones : La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante. Material menor de 3.8", densidad seca = 1.92 g/cm³, humedad = 11.5 %, remoldeado al 100 % de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad, obtenidos del ensayo de compactación Proctor Estándar, asumido por el

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
 JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO

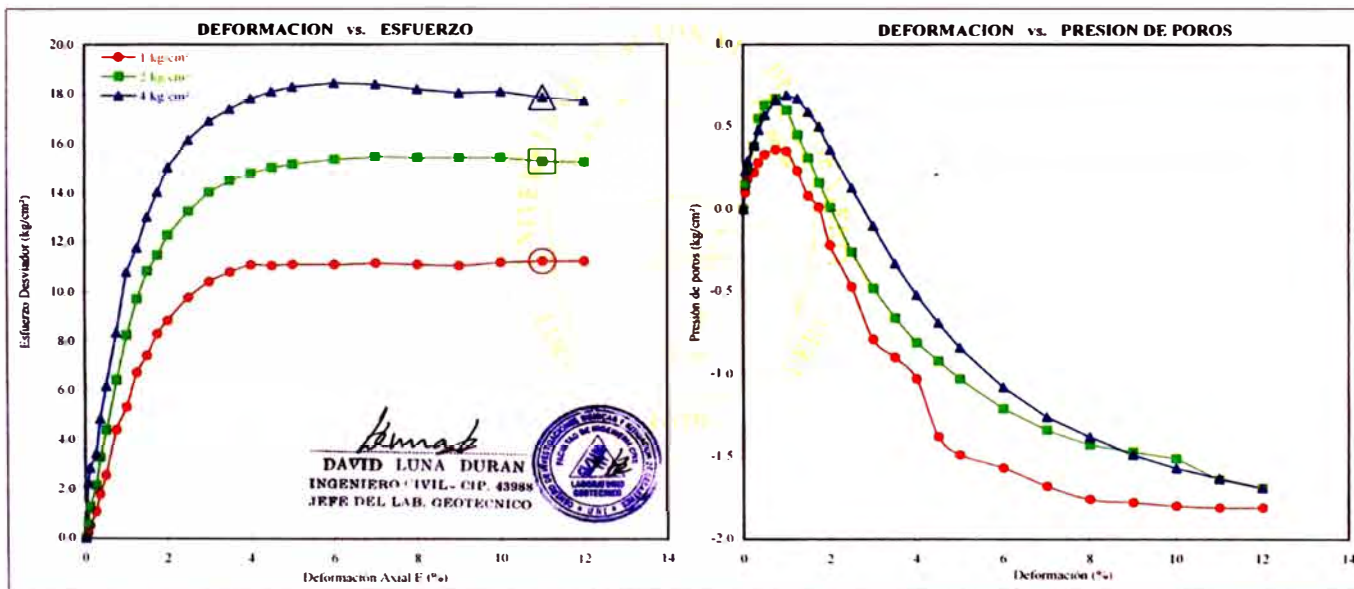




ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACIÓN : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Junio, 2005

Sondaje : ---
Muestra : Tipo B
Profundidad (m) : ---
Clasificación - S.U.C.S. : GP - GC
Estado de la muestra : Remoldado

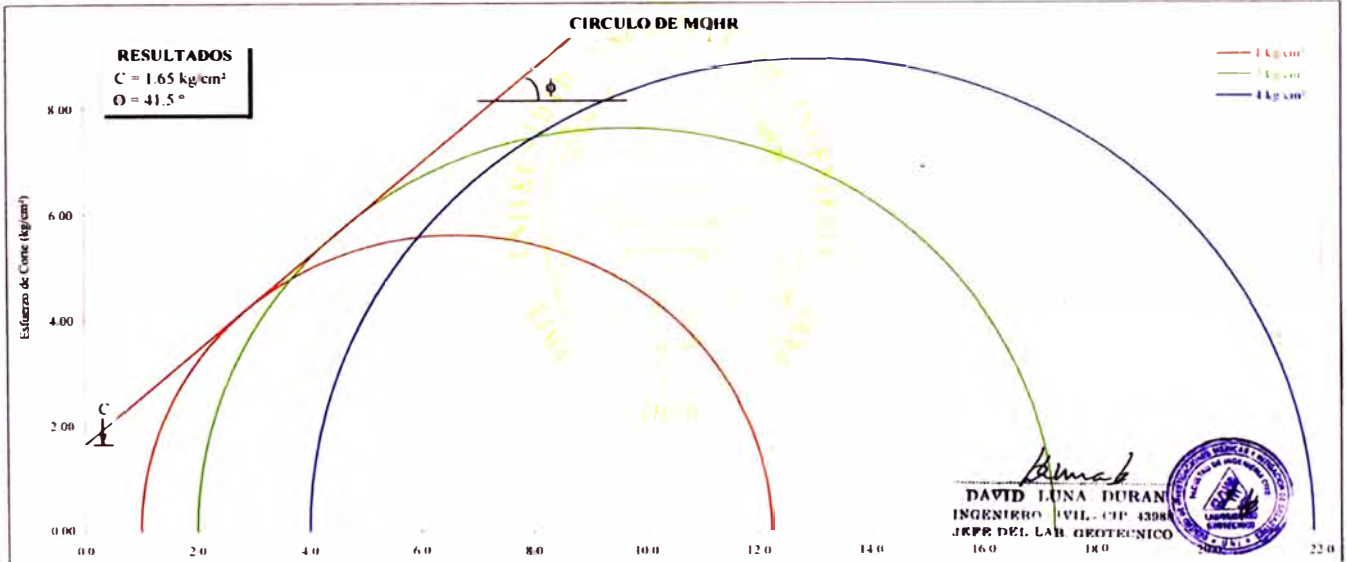




ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
 Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACIÓN : Mina Selene - Dpto. Apurímac
 FECHA : Junio, 2005

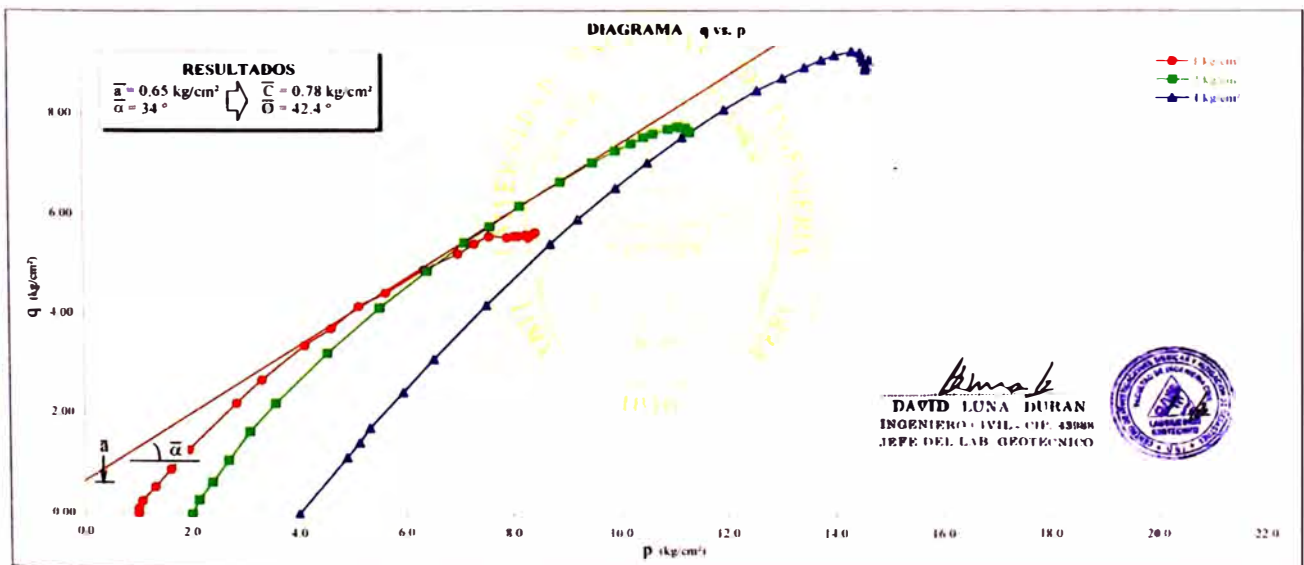
Sondaje : ---
 Muestra : Tipo B
 Profundidad (m) : ---
 Clasificación - S.U.C.S. : GP - GC
 Estado de la muestra : Remoldeado



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
 Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACIÓN : Mina Selene - Dpto. Apurímac
 FECHA : Junio, 2005

Sondaje : ---
 Muestra : Tipo B
 Profundidad (m) : ---
 Clasificación - S.U.C.S. : GP - GC
 Estado de la muestra : Remoldeado



ANEXO 2.3
MATERIAL TIPO C



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

INFORME : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recreimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
 FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : ---
 Muestra : Tipo C
 Profundidad (m) : ---

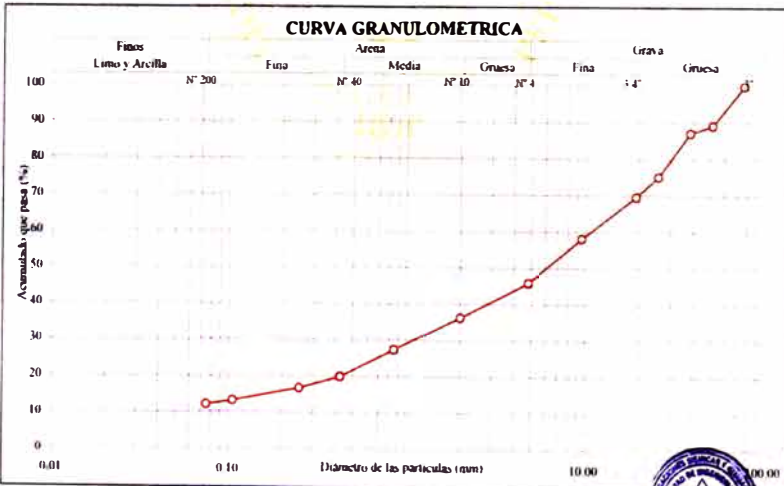
Contenido de humedad: ASTM - D2216	
Humedad (%)	9.7

Límites de consistencia: ASTM - D427 / D4318	
Límite líquido (%)	36
Límite plástico (%)	22
Índice de plasticidad (%)	14
Límite de contracción (%)	---

Resultados: ASTM - D2487 / D3282	
Coeficiente de: - Uniformidad (Cu) ---	
- Curvatura (Cc) ---	
Material: - Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%)	54.2
- Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%)	33.7
- Finos [φ < Nº 200] (%)	12.2
Clasificación: - AASHTO	A-2-6 (f1)
- SUCS	GC
Nombre de grupo	
Grava arcillosa con arena	

Granulometría por tamizado: ASTM - D422

Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.20	100.0
2"	50.80	89.1
1 1/2"	38.10	87.1
1"	25.40	75.1
3/4"	19.05	69.5
1/2"	9.525	58.1
Nº 004	4.750	45.8
Nº 010	2.000	36.2
Nº 020	0.850	27.3
Nº 040	0.425	19.9
Nº 060	0.250	16.8
Nº 140	0.106	13.3
Nº 200	0.075	12.2



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

DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43088
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO

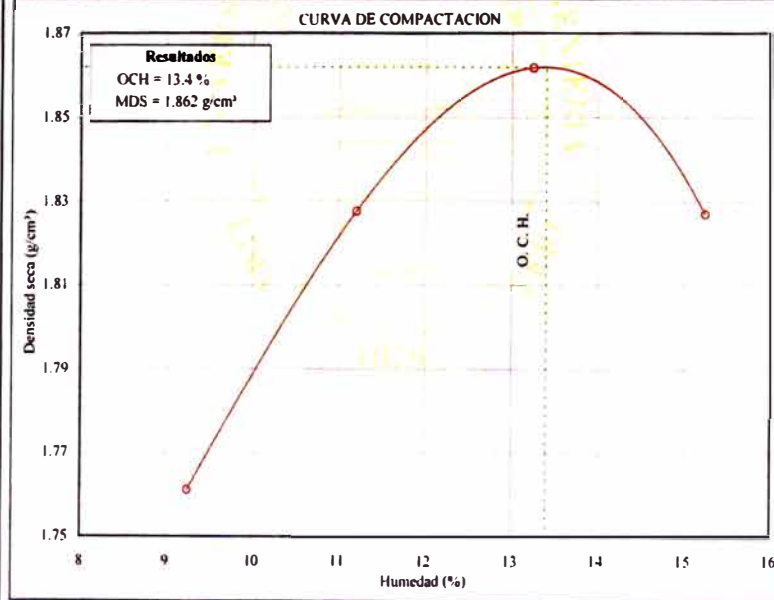


PROCTOR ESTANDAR
 (ASTM - D698 C)

INFORME Nº : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recreimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
 FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : --- AASHTO : A-2-6 (f1)
 Muestra : Tipo C SUCS : GC / Grava arcillosa con arena
 Profundidad (m) : ---

ENSAYO PRELIMINAR: PROCTOR ESTANDAR (ASTM - D698 C)				
Humedad (%)	9.24	11.20	13.25	15.24
Densidad seca (g/cm³)	1.76	1.83	1.86	1.83



Fracción gruesa
 Retenido en el tamiz 3/4" : 69.5 %
 Gravedad de sólidos : 2.28
 Contenido de humedad : 6.2 %

Corrección por Grava
 Norma ASTM - D 4718
 Humedad Corregida : 8.4 %
 Densidad Seca Corregida : 2.13 g/cm³

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

DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43088
 JEFE DEL LAB. GEOTECNICO





ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : ---
Muestra : Tipo C
Profundidad (m) : ---

Clasificación - SUCS : GC
Estado de la muestra : Remoldeado
Velocidad del ensayo : 0.1 mm/min

ESPECIMEN 01

Condiciones	Inicial	Final
Altura (cm)	10.00	9.97
Diámetro (cm)	5.00	4.96
Densidad seca (g/cm³)	1.86	1.90
Humedad (%)	13.3	15.1

Datos del ensayo		
Parámetro "B"	(%)	95.0
Presión de Celda (σ_3)	(kg/cm²)	2.50
Contra Presión	(kg/cm²)	2.00
Esf. Efectivo Inicial ($\bar{\sigma}_1$)	(kg/cm²)	0.50

Deform. (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	Pres. Poros (kg/cm²)	$\bar{\sigma}_3$ (kg/cm²)	$\bar{\sigma}_1$ (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Obllicuidad ($\bar{\sigma}_1/\bar{\sigma}_3$)
0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	1.00
0.05	0.17	0.04	0.46	0.63	0.55	0.09	0.16	1.37
0.10	0.24	0.06	0.44	0.68	0.56	0.12	0.21	1.55
0.25	0.35	0.09	0.41	0.76	0.59	0.18	0.30	1.86
0.35	0.42	0.11	0.39	0.81	0.60	0.21	0.35	2.08
0.50	0.53	0.12	0.38	0.91	0.65	0.27	0.41	2.41
0.75	0.69	0.13	0.37	1.06	0.72	0.35	0.48	2.87
1.00	0.87	0.14	0.36	1.23	0.80	0.44	0.55	3.43
1.25	1.08	0.14	0.36	1.44	0.90	0.54	0.60	3.99
1.50	1.28	0.13	0.37	1.65	1.01	0.64	0.63	4.46
1.75	1.51	0.12	0.38	1.89	1.13	0.75	0.66	4.97
2.00	1.71	0.09	0.41	2.12	1.27	0.86	0.68	5.17
2.50	2.14	0.05	0.45	2.59	1.52	1.07	0.70	5.76
3.00	2.50	-0.04	0.54	3.04	1.79	1.25	0.70	5.63
3.50	2.75	-0.10	0.60	3.35	1.98	1.38	0.70	5.58
4.00	2.98	-0.16	0.66	3.64	2.15	1.49	0.69	5.51
4.50	3.11	-0.21	0.71	3.82	2.27	1.56	0.69	5.38
5.00	3.23	-0.25	0.75	3.98	2.36	1.61	0.68	5.30
6.00	3.43	-0.33	0.83	4.26	2.54	1.71	0.67	5.13
7.00	3.59	-0.39	0.89	4.48	2.68	1.79	0.67	5.03
8.00	3.72	-0.44	0.94	4.66	2.80	1.86	0.66	4.96
9.00	3.84	-0.50	1.00	4.84	2.92	1.92	0.66	4.84
10.00	3.88	-0.54	1.04	4.92	2.98	1.94	0.65	4.73
12.00	3.95	-0.61	1.11	5.06	3.08	1.97	0.64	4.56
14.00	3.99	-0.68	1.18	5.17	3.18	2.00	0.63	4.30

Observaciones : Material menor de 3.8", densidad seca = 1.86 g/cm³, humedad = 13.4 %, remoldeado al 100 % de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad (MDS = 1.86 g/cm³, OCH = 13.4 %), obtenidos del ensayo de compactación Proctor Estándar, asumido por el solicitante.

Amab
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurimac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : ---
Muestra : Tipo C
Profundidad (m) : ---

Clasificación - SUCS : GC
Estado de la muestra : Remoldeado
Velocidad del ensayo : 0.1 mm/min

ESPECIMEN 02

Condiciones	Inicial	Final
Altura (cm)	10.00	9.95
Diámetro (cm)	5.00	4.97
Densidad seca (g/cm³)	1.86	1.89
Humedad (%)	13.24	14.67

Datos del ensayo		
Parámetro "B"	(%)	95.0
Presión de Celda (σ_3)	(kg/cm²)	3.0
Contra Presión	(kg/cm²)	2.0
Esf. Efectivo Inicial ($\bar{\sigma}_1$)	(kg/cm²)	1.00

Deform. (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	Pres. Poros (kg/cm²)	$\bar{\sigma}_3$ (kg/cm²)	$\bar{\sigma}_1$ (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Obllicuidad ($\bar{\sigma}_1/\bar{\sigma}_3$)
0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.17	0.09	0.91	1.08	1.00	0.09	0.09	1.19
0.10	0.33	0.15	0.85	1.18	1.02	0.17	0.16	1.39
0.25	0.60	0.25	0.75	1.35	1.05	0.30	0.29	1.80
0.35	0.78	0.31	0.69	1.47	1.08	0.39	0.36	2.13
0.50	0.87	0.33	0.67	1.54	1.11	0.44	0.39	2.30
0.75	1.17	0.37	0.63	1.80	1.21	0.58	0.48	2.85
1.00	1.42	0.40	0.60	2.02	1.31	0.71	0.54	3.36
1.25	1.71	0.41	0.59	2.30	1.45	0.86	0.59	3.90
1.50	2.09	0.39	0.61	2.70	1.66	1.05	0.63	4.43
1.75	2.32	0.38	0.62	2.94	1.78	1.16	0.65	4.74
2.00	2.59	0.36	0.64	3.25	1.94	1.30	0.67	5.05
2.50	3.07	0.28	0.72	3.79	2.25	1.53	0.68	5.26
3.00	3.34	0.22	0.78	4.12	2.45	1.67	0.68	5.28
3.50	3.63	0.14	0.86	4.49	2.68	1.82	0.68	5.22
4.00	3.84	0.08	0.92	4.76	2.84	1.92	0.68	5.17
4.50	4.04	0.02	0.98	5.02	3.00	2.02	0.67	5.12
5.00	4.22	-0.03	1.03	5.25	3.14	2.11	0.67	5.10
6.00	4.40	-0.11	1.11	5.51	3.31	2.20	0.66	4.97
7.00	4.54	-0.18	1.18	5.72	3.45	2.27	0.66	4.85
8.00	4.61	-0.23	1.23	5.84	3.53	2.30	0.65	4.74
9.00	4.65	-0.27	1.27	5.92	3.60	2.33	0.65	4.66
10.00	4.72	-0.30	1.30	6.02	3.66	2.36	0.64	4.63
12.00	4.81	-0.36	1.36	6.17	3.76	2.40	0.64	4.54
14.00	4.81	-0.43	1.43	6.24	3.83	2.40	0.63	4.36

Observaciones : Material menor de 3.8", densidad seca = 1.86 g/cm³, humedad = 13.4 %, remoldeado al 100 % de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad (MDS = 1.86 g/cm³, OCH = 13.4 %), obtenidos del ensayo de compactación Proctor Estándar, asumido por el solicitante.

Amab
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME Nº : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACION : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : --- Clasificación - SUCS : GC
Muestra : Tipo C Estado de la muestra : Remoldeado
Profundidad (m) : --- Velocidad del ensayo : 0.1 mm min

ESPECIMEN 03

Condiciones	Inicial	Final
Altura (cm)	10.00	9.93
Diámetro (cm)	5.00	4.92
Densidad seca (g/cm³)	1.87	1.94
Humedad (%)	13.06	14.51

Datos del ensayo		
Parámetro "B"	(%)	95.0
Presión de Celda (σ_3)	(kg/cm²)	4.0
Contra Presión	(kg/cm²)	2.0
Esf. Efectivo Inicial ($\bar{\sigma}_1$)	(kg/cm²)	2.00

Deform. (%)	Esf. Desv. (kg/cm²)	Pres. Poros (kg/cm²)	$\bar{\sigma}_3$ (kg/cm²)	$\bar{\sigma}_1$ (kg/cm²)	p (kg/cm²)	q (kg/cm²)	q/p	Oblicuidad ($\bar{\sigma}_1/\bar{\sigma}_3$)
0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00
0.05	0.58	0.11	1.89	2.47	2.18	0.29	0.13	1.31
0.10	0.76	0.18	1.82	2.58	2.20	0.38	0.17	1.42
0.25	1.19	0.38	1.62	2.81	2.22	0.60	0.27	1.73
0.35	1.39	0.46	1.54	2.93	2.24	0.70	0.31	1.91
0.50	1.67	0.57	1.43	3.10	2.26	0.83	0.37	2.16
0.75	2.07	0.70	1.30	3.37	2.34	1.04	0.44	2.59
1.00	2.46	0.78	1.22	3.68	2.45	1.23	0.50	3.01
1.25	2.82	0.83	1.17	3.99	2.58	1.41	0.55	3.41
1.50	3.23	0.87	1.13	4.36	2.74	1.61	0.59	3.85
1.75	3.45	0.87	1.13	4.58	2.86	1.73	0.60	4.05
2.00	3.77	0.87	1.13	4.90	3.01	1.88	0.63	4.53
2.50	4.22	0.84	1.16	5.38	3.27	2.11	0.65	4.64
3.00	4.58	0.80	1.20	5.78	3.49	2.29	0.66	4.82
3.50	4.83	0.75	1.25	6.08	3.67	2.42	0.66	4.87
4.00	5.08	0.70	1.30	6.38	3.84	2.54	0.66	4.91
4.50	5.19	0.66	1.34	6.53	3.94	2.60	0.66	4.88
5.00	5.33	0.62	1.38	6.71	4.04	2.66	0.66	4.86
6.00	5.53	0.56	1.44	6.97	4.21	2.77	0.66	4.84
7.00	5.69	0.51	1.49	7.18	4.34	2.85	0.66	4.82
8.00	5.80	0.46	1.54	7.34	4.44	2.90	0.65	4.77
9.00	5.92	0.41	1.59	7.51	4.55	2.96	0.65	4.72
10.00	6.01	0.37	1.63	7.64	4.63	3.00	0.65	4.69
11.00	6.08	0.33	1.67	7.75	4.71	3.04	0.65	4.64
13.00	6.19	0.25	1.75	7.94	4.84	3.09	0.64	4.54

Observaciones : Material menor de 3.8", densidad seca = 1.86 g/cm³, humedad = 13.4 %, remoldeado al 100 % de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad (MDS = 1.86 g/cm³, OCH = 13.4 %), obtenidos del ensayo de compactación Proctor Estandar, asumido por el solicitante.

David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL, CIP. 45888
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO

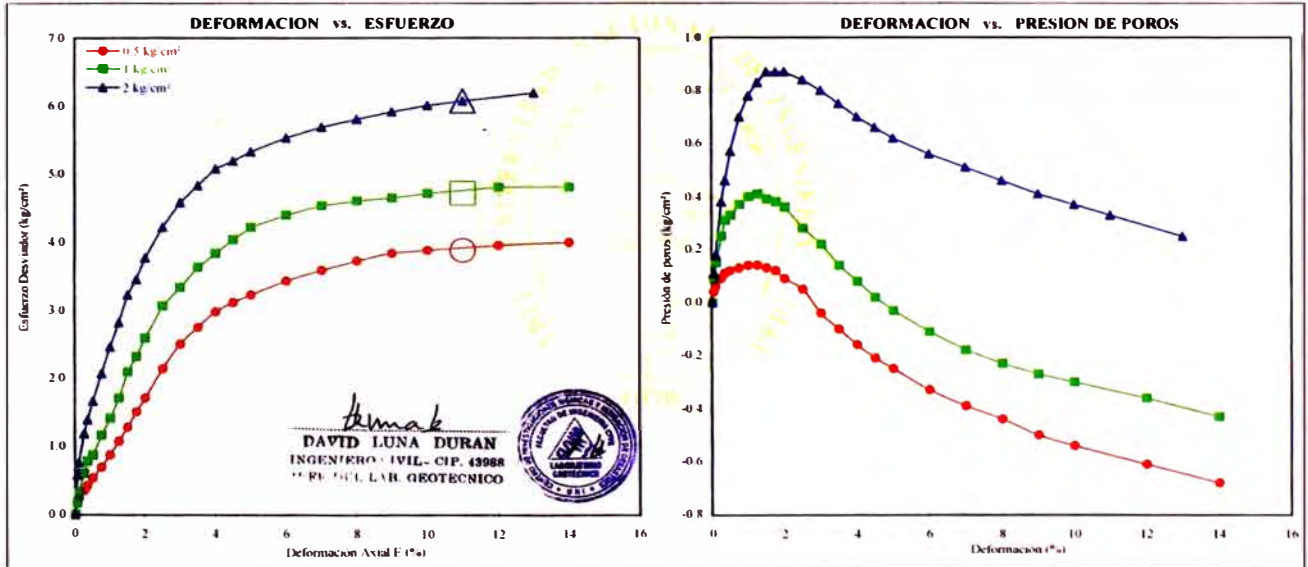




ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
 Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACIÓN : Mina Selene - Dpto. Apurímac
 FECHA : Mayo, 2005

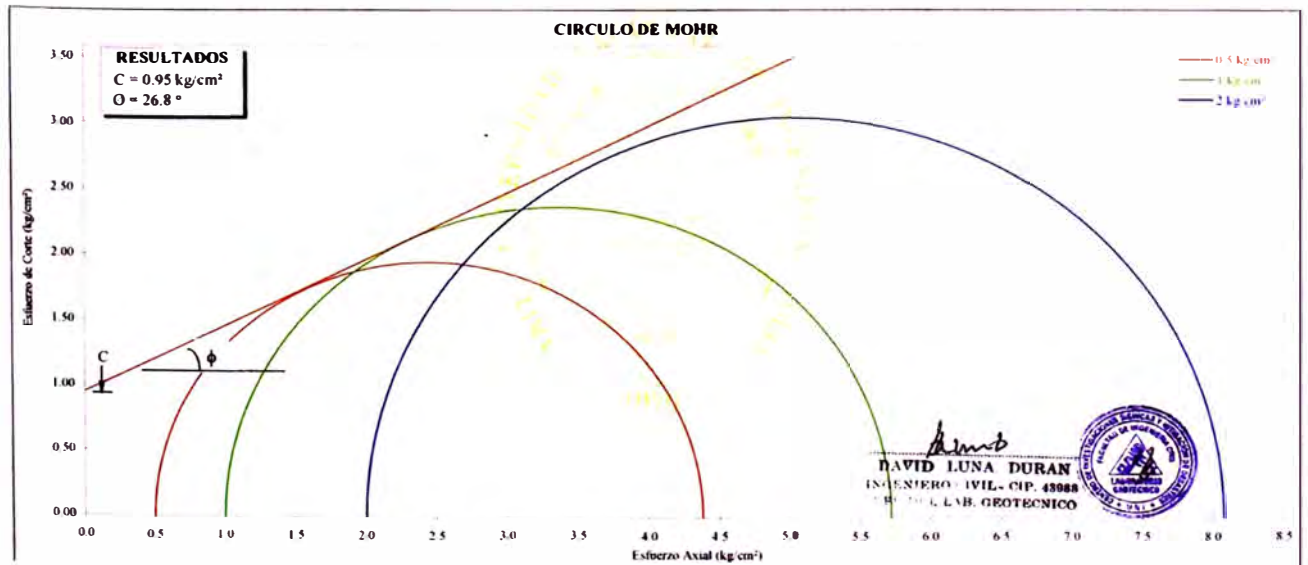
Sondaje : ---
 Muestra : Tipo C
 Profundidad (m) : ---
 Clasificación - S.U.C.S. : GC
 Estado de la muestra : Remoldeado



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
 Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
 SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
 PROYECTO : Estudio Definitivo de Recrecimiento Presa de Relaves Explorador
 UBICACIÓN : Mina Selene - Dpto. Apurímac
 FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : ---
 Muestra : Tipo C
 Profundidad (m) : ---
 Clasificación - S.U.C.S. : GC
 Estado de la muestra : Remoldeado

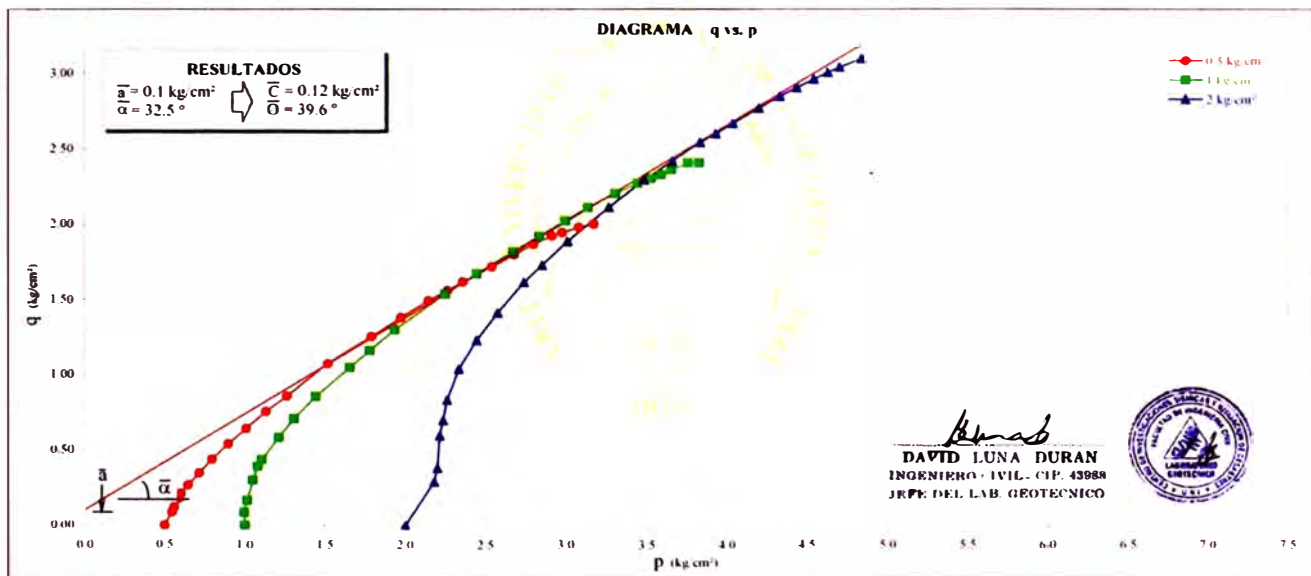




ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
Consolidado - No Drenado (CU) // ASTM - D4767

INFORME N° : LG05-196
SOLICITANTE : SVS INGENIEROS S. A.
PROYECTO : Estudio Definitivo de Recreimiento Presa de Relaves Explorador
UBICACIÓN : Mina Selene - Dpto. Apurímac
FECHA : Mayo, 2005

Sondaje : ---
Muestra : Tipo C
Profundidad (m) : ---
Clasificación - S.U.C.S. : G.C
Estado de la muestra : Remoldeado



ANEXO 2.4
ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL



PROYECTO: Recrecimiento de la Presa de Relaves Explorador - Mina Selene

HOJA: 1 DE 1

CLIENTE: Compañía Minera Ares S.A.C.

REVISADO: E.V.R.

UBICACIÓN: Mina Selene-Apurimac

FECHA: 27/05/05

Sondaje: CP-1

UBICACION: 8'378,885N , 700,051E (Superficial)

Muestra	Espesor D (mm)	Longitud L (mm)	Ancho W (mm)	Carga P (KN)	De (mm)	Is (50) (Mpa)	σc (MPA)	Observaciones
M-1	55	90	60	25	64.82	6.69	147.12	TOBAS
M-2	50	95	70	16	66.76	4.09	89.96	TOBAS
M-3	42	100	65	17	58.96	5.27	115.88	TOBAS
M-4	48	65	50	14	55.28	4.79	105.45	Muestra Irregular

Sondaje: CP-2

UBICACION: 8'378,861N 700,082E (Superficial)

Muestra	Espesor D (mm)	Longitud L (mm)	Ancho W (mm)	Carga P (KN)	De (mm)	Is (50) (Mpa)	σc (MPA)	Observaciones
M-1	48	105	65	7	63.03	1.96	43.02	TOBAS
M-2	45	105	65	2.4	61.03	0.70	15.51	TOBAS
M-3	47	100	55	5	57.37	1.62	35.55	TOBAS
M-4	45	90	60	4.9	58.63	1.53	33.69	TOBAS

Sondaje: CP-3

UBICACION: 8'378,821N , 700,084E (Fondo de la Calicata 04)

Muestra	Espesor D (mm)	Longitud L (mm)	Ancho W (mm)	Carga P (KN)	De (mm)	Is (50) (Mpa)	σc (MPA)	Observaciones
M-1	46	130	80	2.2	68.45	0.54	11.90	TOBAS HUMEDAS
M-2	45	130	80	0.3	67.70	0.08	1.65	TOBAS HUMEDAS
M-3	47	105	65	0.7	62.37	0.20	4.37	TOBAS HUMEDAS

Sondaje: CP-4

UBICACION: 8'378,800N , 700,113E (Superficial)

Muestra	Espesor D (mm)	Longitud L (mm)	Ancho W (mm)	Carga P (KN)	De (mm)	Is (50) (Mpa)	σc (MPA)	Observaciones
M-1	56	145	75	27	73.13	5.99	131.80	ANDESITAS
M-2	46	95	70	25	64.03	6.82	149.95	ANDESITAS
M-3	61	11	75	44	76.32	9.14	201.02	ANDESITAS
M-4	58	95	65	28.5	69.28	6.88	151.27	ANDESITAS

$$D_e = \sqrt{\frac{4WD}{\pi}}$$

$$I_{s(50)} = \left(\frac{D_e}{50}\right)^{0.45} \left(\frac{P}{D_e^2}\right)$$

$$\sigma_c = 22 I_{s(50)}$$

P = Carga de falla
 De = Diametro equivalente
 Is(50) = Indice de carga puntual
 σc = Resistencia a la compresión uniaxial

SVS Ingenieros S.A.

Jr. Grimaldo del Solar N° 875 - Lima 18 - Perú

Telf. (51-1) 241-4077

Fax (51-1) 4465892

ANEXO 3

ESTUDIO HIDROLÓGICO

- Anexo 3.1 Registros de Precipitación Total Mensual (mm) - Estaciones: Urayhuma, Antabamba, Chalhunca y Abancay.
- Anexo 3.2 Estimación de la Precipitación Total Mensual (mm) de la Cuenca Explorador.
- Anexo 3.3 Evaporación Total Mensual Completada (mm) – Estación El Pañe.
- Anexo 3.4 Registro Histórico de Precipitación Máxima en 24 horas (mm) - Estación Urayhuma.

ANEXO 3.1
REGISTROS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM) -
ESTACIONES: URAYHUMA, ANTABAMBA, CHALHUANCA Y
ABANCAY

**REGISTROS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)
ESTACIÓN URAYHUMA**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	65,0	97,8	58,5	58,8	20,8	0,6	0,0	0,3	16,7	28,7	30,5	92,6	510,3
1965	116,1	183,5	96,7	47,0	12,7	5,0	3,1	13,5	36,0	16,4	2,3	74,1	611,4
1966	129,5	104,2	102,8	27,0	56,8	0,0	0,0	6,7	19,8	75,7	83,0	90,5	696,0
1967	178,7	287,8	284,7	111,4	11,2	0,3	26,8	21,6	32,5	40,4	15,0	37,4	1.047,8
1968	207,7	138,1	209,4	37,0	37,2	24,4	5,6	20,3	30,8	49,7	87,4	108,7	956,3
1969	131,0	67,0	108,3	73,6	2,3	3,1	12,6	16,1	27,3	55,7	54,8	120,9	672,7
1970	292,2	187,7	141,4	77,3	56,3	6,0	9,7	0,0	82,5	39,2	30,5	76,9	999,7
1971	218,1	309,5	229,7	120,6	2,9	7,4	0,0	0,0	0,0	32,9	31,7	125,5	1.078,3
1972	282,3	184,1	313,2	31,0	7,9	0,0	0,0	0,0	28,8	5,4	0,0	93,6	946,3
1973	259,2	177,2	236,6	204,9	59,4	0,0	3,9	27,9	84,1	10,0	233,2	130,7	1.427,1
1974	246,6	333,4	189,3	68,3	23,7	30,9	7,8	19,0	0,0	0,0	77,8	93,5	1.090,3
1975	323,5	312,4	276,6	6,7	59,0	59,4	7,4	0,0	0,0	0,0	30,5	128,9	1.204,4
1976	191,6	211,0	269,3	52,2	10,2	15,4	36,9	42,7	180,9	0,0	18,2	45,9	1.074,3
1977	9,1	211,0	21-3,3	87,3	6,6	0,0	10,6	4,5	35,0	44,0	113,8	48,6	788,8
1978	198,5	106,7	81,7	25,3	40,7	0,4	1,1	31,1	20,1	23,9	23,9	105,8	659,2
1979	110,1	162,9	148,5	144,6	11,4	0,9	5,6	3,8	10,8	75,8	60,0	71,3	805,7
1980	115,5	267,8	160,8	77,4	20,7	0,0	0,1	73,1	20,3	159,9	135,4	93,7	1.124,7
1981	243,3	227,2	152,0	97,8	50,6	2,4	21,9	1,2	46,8	0,0	53,1	136,3	1.033,1
1952	159,0	65,0	105,4	59,1	8,8	19,7	6,9	0,0	23,7	80,7	80,8	60,6	669,7
PROM.	183,0	191,3	180,2	74,1	26,3	9,3	8,7	14,8	36,6	38,9	61,2	91,3	915,6
D. STD.	79,4	82,5	73,0	48,6	21,7	15,6	10,1	19,2	42,8	40,3	56,9	30,9	224,5
C. VAR.	0,434	0,431	0,405	0,657	0,826	1,683	1,158	1,295	1,168	1,050	0,931	0,338	0,245
MAX.	323,5	333,4	313,2	204,9	59,4	59,4	36,9	73,1	180,9	159,9	233,2	136,3	1427,1
MIN.	9,1	65,0	81,7	6,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,4	510,3

**REGISTROS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)
ESTACIÓN ANTABAMBA**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	227,7	237,5	121,0	11,4	7,6	0,8	0,0	1,9	69,1	12,9	36,2	107,5	833,6
1965	196,5	213,4	110,6	29,3	14,8	44,5	0,9	2,0	65,9	17,6	21,1	149,6	866,2
1966	189,5	222,2	112,8	24,8	17,4	0,1	0,0	2,8	39,2	141,7	76,8	81,3	908,6
1967	201,4	215,3	186,9	55,2	4,4	0,1	2,5	78,8	41,6	47,7	44,4	99,5	977,8
1968	290,7	206,5	152,8	25,8	5,5	19,7	5,5	38,6	34,9	4,6	51,1	115,5	951,2
1969	190,2	222,0	123,5	39,1	5,3	6,0	0,5	23,2	12,5	12,4	63,1	120,2	818,0
1970	260,1	129,5	136,5	18,3	10,3	1,8	6,6	4,2	68,3	45,9	59,0	132,7	873,2
1971	188,0	268,3	155,1	73,7	4,7	8,0	0,0	0,0	4,4	35,7	28,7	160,7	927,3
1972	337,2	212,9	201,4	41,0	14,0	0,0	0,8	14,2	67,0	81,0	42,7	97,8	1.110,0
1973	226,6	243,5	167,6	60,3	7,4	6,7	9,1	24,4	62,6	21,0	69,2	102,9	1.001,3
1974	288,7	280,5	141,2	71,7	14,8	29,8	0,8	95,5	20,3	23,8	58,9	72,5	1.098,5
1975	167,8	168,2	177,7	29,6	38,4	19,3	0,0	10,5	32,9	40,4	41,1	159,4	885,3
1976	219,8	237,5	176,4	33,3	12,2	38,1	0,8	24,5	132,6	1,8	36,5	143,4	1.056,9
1977	171,9	132,8	160,1	29,1	1,8	0,0	4,6	2,3	77,9	1,9	71,5	131,8	785,7
1978	251,6	189,5	106,6	12,1	12,7	2,2	0,2	38,3	60,9	223,6	67,3	85,4	1.050,4
1979	178,2	213,9	132,9	31,9	10,0	17,9	0,7	87,0	51,5	8,7	55,6	120,0	908,3
1980	173,6	150,2	138,0	30,9	2,3	2,3	0,4	28,7	27,5	26,3	62,0	116,6	758,8
1981	225,3	262,4	136,3	57,5	5,1	0,0	0,6	34,7	81,2	201,5	77,7	128,9	1.211,2
1982	209,6	175,0	121,4	36,7	4,5	4,0	0,0	3,6	75,5	3,1	63,4	90,5	787,3
PROM.	220,8	209,5	145,2	37,5	10,2	10,6	1,8	27,1	54,0	50,1	54,0	116,6	937,3
D. STD.	47,8	43,9	27,6	17,7	8,5	14,0	2,7	30,0	30,5	67,7	16,2	26,5	125,7
C. VAR.	0,217	0,209	0,190	0,471	0,834	1,323	1,508	1,108	0,564	1,351	0,301	0,227	0,134
MAX.	337,2	280,5	201,4	73,7	38,4	44,5	9,1	95,5	132,6	223,6	77,7	160,7	1211,2
MIN.	167,8	129,5	106,6	11,4	1,8	0,0	0,0	0,0	4,4	1,8	21,1	72,5	758,8

**REGISTROS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)
ESTACIÓN CHALHUANCA**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	100,3	360,2	15,3	18,6	19,9	0,9	0,0	9,6	6,1	25,0	17,2	60,1	633,2
1965	69,5	147,6	60,3	31,9	8,5	23,5	17,6	0,7	17,5	68,8	3,6	72,0	521,5
1966	105,1	120,2	77,3	27,3	13,0	0,4	0,0	11,0	15,9	13,9	92,0	52,6	528,7
1967	209,5	120,6	161,2	47,5	3,7	0,9	14,2	11,8	43,1	88,7	31,3	32,0	764,5
1968	238,4	138,0	184,3	27,9	7,3	24,3	12,9	14,6	33,2	64,9	49,7	70,8	866,3
1969	98,5	209,2	63,2	42,3	2,7	2,4	3,6	15,8	48,1	98,2	59,5	102,3	745,8
1970	167,1	145,4	162,1	30,4	20,3	5,3	6,2	4,3	51,2	43,0	38,3	72,0	745,6
1971	152,5	177,3	113,1	54,4	2,7	10,7	0,1	13,4	11,2	32,8	9,4	118,5	696,1
1972	305,6	222,9	240,1	32,8	3,8	1,0	15,8	5,7	36,2	58,6	50,9	54,8	1.028,2
1973	251,5	185,0	178,7	87,4	8,5	4,1	13,6	19,5	58,8	25,0	60,0	83,0	975,1
1974	260,9	278,2	178,0	99,9	5,7	26,5	5,7	95,6	64,9	27,0	38,9	93,0	1.174,3
1975	160,1	177,1	196,2	31,3	28,1	3,4	0,0	11,3	21,3	30,9	21,5	141,2	822,4
1976	171,6	144,5	177,4	33,3	12,9	14,5	3,6	21,4	125,8	1,8	8,2	52,8	767,8
1977	57,6	316,8	145,4	28,2	0,0	0,0	13,0	0,7	27,2	29,1	104,9	35,3	758,2
1978	193,7	66,8	41,9	24,6	11,6	12,5	2,3	3,2	17,2	37,9	85,8	113,2	610,7
1979	40,9	90,4	95,2	41,9	4,2	2,1	5,8	23,2	9,8	25,5	33,0	74,1	446,1
1980	76,7	48,3	175,2	27,3	4,4	0,7	5,0	1,5	34,2	103,2	55,1	44,0	575,6
1981	184,4	246,3	80,4	87,1	4,5	3,8	0,3	75,0	35,1	38,1	81,2	128,3	964,5
1982	111,7	90,4	104,1	26,1	0,2	25,8	0,0	29,1	86,3	86,7	57,4	32,4	650,2
PROM.	155,6	172,9	128,9	42,1	8,5	8,6	6,3	19,3	39,1	47,3	47,3	75,4	751,3
D. STD.	76,4	72,2	56,7	23,6	7,2	9,8	6,2	25,4	29,3	30,1	29,2	33,7	192,3
C. VAR.	0,491	0,417	0,440	0,561	0,844	1,139	0,979	1,314	0,750	0,637	0,619	0,447	0,256
MAX.	305,6	360,2	240,1	99,9	28,1	26,5	17,6	95,6	125,8	103,2	104,9	141,2	1.174,3
MIN.	40,9	48,3	15,3	18,6	0,0	0,0	0,0	0,7	6,1	1,8	3,6	32,0	446,1

**REGISTROS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)
ESTACIÓN ABANCAY**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	92,1	130,7	82,8	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	27,4	43,2	24,4	450,7
1965	93,9	151,1	98,3	39,3	4,0	5,0	13,4	0,0	14,7	0,0	1,4	86,4	507,5
1966	73,9	103,0	79,8	5,5	43,8	0,0	0,0	7,6	23,0	95,1	90,5	45,3	567,5
1967	119,1	160,4	246,5	27,6	6,4	0,8	13,5	11,4	20,6	67,0	15,1	61,5	749,9
1968	139,6	76,8	108,7	10,1	8,6	1,2	13,0	9,9	14,2	40,3	86,0	39,1	547,5
1969	83,0	85,6	105,3	68,8	0,4	9,4	1,2	7,1	2,7	51,2	53,5	88,3	556,5
1970	153,5	67,0	79,5	38,7	8,4	2,7	15,0	0,0	31,7	71,2	39,4	90,7	597,8
1971	109,0	180,2	89,2	41,0	3,9	16,8	0,2	2,6	2,2	30,2	40,8	47,9	564,0
1972	198,9	127,6	100,0	25,0	2,2	0,0	22,7	18,6	16,2	33,9	55,0	87,6	687,7
1973	125,3	202,6	120,1	68,9	10,8	0,0	10,8	25,9	26,9	21,8	102,0	82,6	797,7
1974	152,3	178,1	109,0	52,0	0,0	11,9	3,9	35,6	1,9	33,0	68,3	28,4	674,4
1975	53,4	100,1	98,7	8,7	30,8	11,4	1,7	10,3	15,4	44,0	69,5	142,3	586,3
1976	154,7	131,6	145,3	53,4	10,7	20,9	3,1	21,1	55,0	14,6	6,2	96,5	713,1
1977	58,4	105,6	90,6	5,0	3,5	0,4	11,4	0,0	28,0	26,9	107,2	95,5	532,5
1978	171,7	59,9	86,2	18,5	31,0	0,0	1,6	0,4	32,4	62,8	84,0	73,0	621,5
1979	89,7	122,8	137,0	67,8	8,2	1,4	2,8	6,9	39,4	22,4	61,6	94,4	654,4
1980	100,9	91,4	75,4	2,5	0,9	0,0	14,3	0,0	9,8	49,7	40,9	24,3	410,1
1981	142,1	144,2	77,0	49,5	3,4	0,5	5,1	18,0	29,1	57,1	76,0	132,4	734,4
1982	87,1	43,8	80,3	12,0	2,3	1,4	1,1	43,2	14,2	46,9	72,3	58,8	463,4
PROM.	115,7	119,1	105,8	32,0	9,4	4,4	7,1	11,5	21,8	41,9	58,6	73,7	600,9
D. STD.	40,5	44,8	40,1	23,4	12,3	6,5	6,8	12,7	13,8	22,9	31,0	32,5	103,6
C. VAR.	0,350	0,376	0,379	0,730	1,308	1,483	0,954	1,108	0,636	0,548	0,529	0,441	0,172
MAX.	198,9	202,6	246,5	68,9	43,8	20,9	22,7	43,2	55,0	95,1	107,2	142,3	797,7
MIN.	53,4	43,8	75,4	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	1,4	24,3	410,1

ANEXO 3.2
ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM) DE LA
CUENCA EXPLORADOR.

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM) DE LA CUENCA EXPLORADOR

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	74.9	112.6	113.4	67.7	24.0	0.7	0.0	0.3	19.2	33.1	35.1	106.6	587.7
1965	133.7	211.3	111.4	54.1	14.6	5.8	9.3	15.5	41.5	18.9	2.6	85.3	704.1
1966	149.1	120.0	118.4	31.1	65.4	0.0	0.0	7.7	22.8	87.2	95.6	104.2	801.5
1967	205.8	331.4	327.9	128.3	12.9	0.3	30.9	24.9	37.4	46.5	17.3	43.1	1,206.6
1968	239.2	159.0	241.1	42.6	42.8	28.1	6.4	23.4	35.5	57.2	100.6	125.2	1,101.3
1969	150.9	77.2	124.7	84.8	2.6	3.6	14.5	18.5	31.4	64.1	63.1	139.2	774.7
1970	336.5	216.2	162.8	89.0	64.8	6.9	11.2	0.0	95.0	45.1	35.1	88.6	1,151.2
1971	251.2	356.4	264.5	138.9	3.3	8.5	0.0	0.0	0.0	37.9	36.5	144.5	1,241.8
1972	325.1	212.0	360.7	35.7	9.1	0.0	0.0	0.0	33.2	6.2	0.0	107.8	1,089.8
1973	298.5	204.1	272.5	236.0	68.4	0.0	4.5	32.1	96.8	11.5	268.6	150.5	1,643.4
1974	284.0	383.9	218.0	78.7	27.3	35.6	9.0	21.9	0.0	0.0	89.6	107.7	1,255.6
1975	372.5	359.8	318.5	7.7	67.9	68.4	8.5	0.0	0.0	0.0	35.1	148.4	1,387.0
1976	220.6	243.0	310.1	60.1	11.7	17.7	42.5	49.2	208.3	0.0	21.0	52.9	1,237.2
1977	10.5	243.0	251.4	100.5	7.6	0.0	12.2	5.2	40.3	50.7	131.1	56.0	908.4
1978	228.6	122.9	94.1	29.1	46.9	0.5	1.3	35.8	23.1	27.5	27.5	121.8	759.1
1979	126.8	187.6	171.0	166.5	13.1	1.0	6.4	4.4	12.4	87.3	69.1	82.1	927.8
1980	133.0	308.4	185.2	89.1	23.8	0.0	0.1	84.2	23.4	184.1	155.9	107.9	1,295.2
1981	280.8	261.6	175.0	112.6	58.3	2.8	25.2	1.4	53.9	0.0	61.1	157.0	1,189.7
1982	183.1	74.9	121.4	68.1	10.1	22.7	7.9	0.0	27.3	92.9	93.0	69.8	771.2
PROM.	210.8	220.3	207.5	85.3	30.3	10.7	10.0	17.1	42.2	44.8	70.4	105.2	1,054.4
D. STD	91.4	95.0	84.1	56	25	17.9	11.5	22.1	49.3	47.0	65.5	35.6	258.5
C. VAR.	0.434	0.431	0.405	0.657	0.826	1.683	1.158	1.295	1.168	1.050	0.931	0.338	0.245
MAX.	372.5	383.9	360.7	236.0	68.4	68.4	42.5	84.2	208.3	184.1	268.6	157.0	1,643.4
MIN.	10.5	74.9	94.1	7.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.1	587.7

ANEXO 3.3
EVAPORACIÓN TOTAL COMPLETADA (MM) – ESTACIÓN EL PAÑE.

EVAPORACIÓN TOTAL COMPLETADA (MM) – ESTACIÓN EL PAÑE

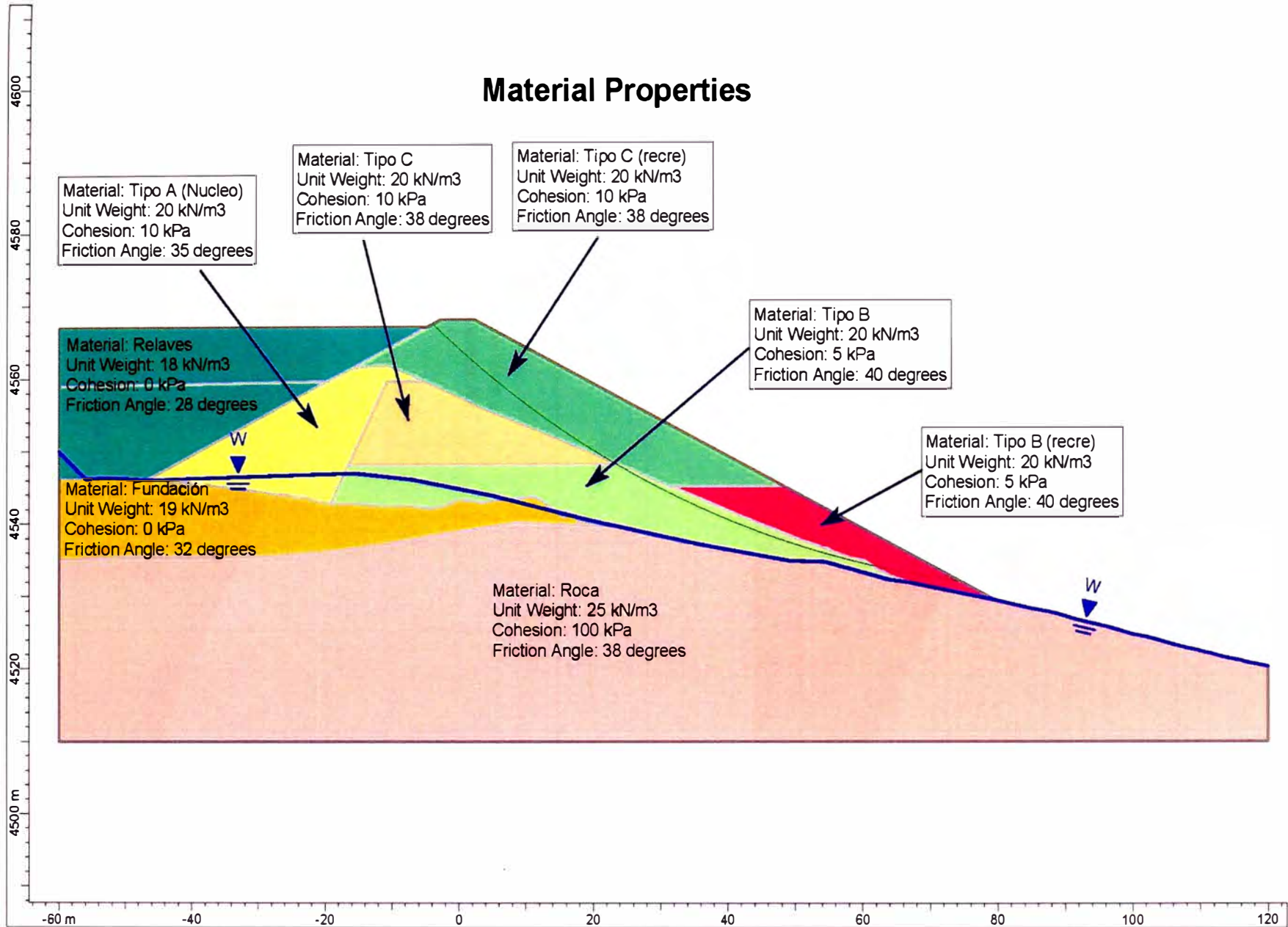
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1952	102.4	83.5	99.8	103.4	111.1	81.5	82.5	100.3	105.7	150.1	126.1	106.7	1,253.1
1953	95.0	74.5	94.5	92.0	101.1	91.7	102.8	115.2	91.4	107.2	91.3	85.2	1,141.9
1954	89.8	89.6	100.2	99.7	105.3	98.8	106.1	122.9	123.7	141.5	128.4	116.4	1,322.4
1955	94.8	86.9	100.2	99.7	105.3	98.8	106.1	122.9	76.2	141.5	151.7	84.7	1,268.8
1956	75.0	77.9	109.7	119.0	105.3	98.8	106.1	122.9	123.7	141.5	128.4	150.0	1,358.3
1957	92.5	75.1	94.0	82.8	105.3	98.8	106.1	122.9	123.7	130.2	136.9	121.9	1,290.2
1958	97.8	86.8	116.9	107.9	83.6	93.0	87.7	126.2	136.9	134.3	139.3	135.7	1,346.1
1959	111.8	77.1	81.9	85.7	71.9	72.2	91.0	115.0	127.6	144.8	127.9	98.6	1,205.5
1960	77.5	78.3	128.0	94.7	85.7	108.5	105.5	130.6	107.4	115.3	128.4	115.3	1,275.2
1961	73.5	84.5	105.7	77.0	75.5	97.0	111.0	109.4	103.7	138.6	97.9	87.4	1,161.2
1962	77.9	67.6	79.0	77.5	93.8	88.3	93.4	115.8	99.1	147.0	43.8	91.2	1,074.4
1963	73.9	61.6	77.5	76.4	80.3	88.2	93.0	105.8	91.5	115.3	129.2	107.3	1,100.0
1964	118.6	81.0	86.0	91.6	83.1	75.0	106.1	122.9	123.7	141.5	128.4	116.4	1,274.3
1965	94.8	86.9	100.2	99.7	86.0	91.2	99.4	118.0	120.6	153.0	136.8	97.1	1,283.7
1966	121.4	75.7	94.4	118.4	97.1	104.0	119.0	144.0	143.8	121.8	106.8	109.9	1,356.3
1967	111.6	81.2	69.6	100.5	101.2	108.8	96.6	105.6	109.7	136.7	166.8	120.1	1,308.4
1968	86.2	74.8	75.7	97.5	100.7	112.4	109.1	130.1	133.2	132.2	86.8	114.6	1,253.3
1969	81.0	92.3	98.2	98.9	122.0	106.6	107.8	124.3	131.6	148.5	143.7	121.9	1,376.8
1970	60.1	86.7	75.8	91.8	95.8	95.5	96.3	126.8	114.9	149.4	156.6	101.4	1,251.1
1971	94.8	86.9	100.2	99.7	105.3	98.8	106.1	122.9	123.7	141.5	128.4	116.4	1,324.7
1972	94.8	86.9	100.2	99.7	105.3	98.8	106.1	122.9	123.7	141.5	128.4	116.4	1,324.7
1973	94.8	86.9	100.2	99.7	105.3	98.8	106.1	122.9	123.7	141.5	128.4	116.4	1,324.7
1974	94.8	86.9	100.2	99.7	105.3	98.8	106.1	122.9	123.7	141.5	128.4	116.4	1,324.7
1975	110.8	85.2	79.4	102.1	102.8	104.5	94.9	116.7	119.2	149.8	150.3	86.8	1,302.5
1976	69.7	54.9	157.3	118.4	89.5	79.5	87.8	114.4	91.1	97.0	118.5	111.6	1,189.7
1977	94.8	70.4	100.2	99.7	105.3	98.8	104.6	141.1	124.6	128.6	108.5	127.2	1,303.8
1978	85.2	121.3	131.9	107.4	123.2	94.0	108.3	139.6	139.2	133.2	105.2	95.6	1,384.1
1979	81.6	93.9	102.2	97.1	102.0	115.6	102.5	127.8	147.4	143.8	143.7	89.8	1,347.4
1980	131.8	99.7	73.0	114.4	107.7	113.9	112.7	132.4	133.5	110.3	142.0	132.1	1,403.5
1981	81.0	108.5	109.0	104.2	102.0	105.7	108.1	104.4	101.7	143.2	131.4	120.4	1,319.6
1982	84.1	82.7	86.8	123.0	143.2	106.2	126.8	116.4	109.1	140.1	103.0	161.2	1,382.6
1983	153.8	136.7	159.5	110.5	114.0	91.6	121.3	125.1	107.7	168.7	175.5	130.3	1,594.7
1984	68.0	96.0	103.8	107.5	141.0	93.2	110.4	111.4	149.2	130.0	107.5	123.5	1,341.5
1985	119.5	70.5	96.0	100.8	86.3	61.8	123.5	110.9	114.2	160.0	108.6	117.4	1,269.5
1986	112.5	90.5	112.2	105.2	111.9	113.3	100.8	102.4	108.2	171.7	161.3	112.4	1,402.4
1987	91.5	127.5	131.9	118.5	124.6	122.0	100.1	141.0	163.6	175.6	138.0	175.7	1,610.0
1988	93.2	115.3	83.0	88.6	102.7	119.7	121.8	158.6	153.3	165.5	177.3	112.8	1,491.8
1989	63.7	54.0	54.0	92.3	90.8	88.4	99.8	109.9	145.1	159.1	159.9	163.5	1,280.5
1990	88.9	93.9	120.3	115.9	117.7	48.2	121.7	129.8	128.5	100.4	120.3	91.3	1,276.9
1991	93.8	73.8	77.1	90.1	135.9	78.3	107.6	125.0	113.2	106.5	95.6	137.0	1,233.9
1992	102.6	93.6	121.6	110.3	154.6	139.4	114.0	105.7	149.6	141.7	121.2	130.9	1,485.2
1993	103.5	96.7	107.5	74.2	117.0	121.7	93.9	136.9	148.8	138.7	126.1	102.8	1,367.8
1994	98.0	82.0	96.9	90.3	117.3	113.9	113.9	148.2	138.0	190.9	109.4	124.8	1,423.6
1995	121.2	107.8	105.3	112.8	120.9	100.6	125.9	141.1	143.7	185.7	164.6	148.6	1,578.2
1996	118.4	100.6	120.3	103.4	99.6	117.4	124.8	118.5	156.1	171.3	140.5	94.2	1,465.1
1997	76.7	74.1	91.7	87.4	101.0	113.5							
PROM.	94.8	86.9	100.2	99.7	105.3	98.8	106.1	122.9	123.7	141.5	128.4	116.4	1,324.7
D. STD	18.8	16.8	20.9	12.1	17.3	16.4	10.7	12.9	19.6	20.9	25.3	21.1	114.6
C. VAR.	0.199	0.193	0.209	0.121	0.164	0.166	0.101	0.105	0.158	0.148	0.197	0.182	0.087
MAX.	153.8	136.7	159.5	123.0	154.6	139.4	126.8	158.6	163.6	190.9	177.3	175.7	1,610.0
MIN.	60.1	54.0	54.0	74.2	71.9	48.2	82.5	100.3	76.2	97.0	43.8	84.7	1,074.4

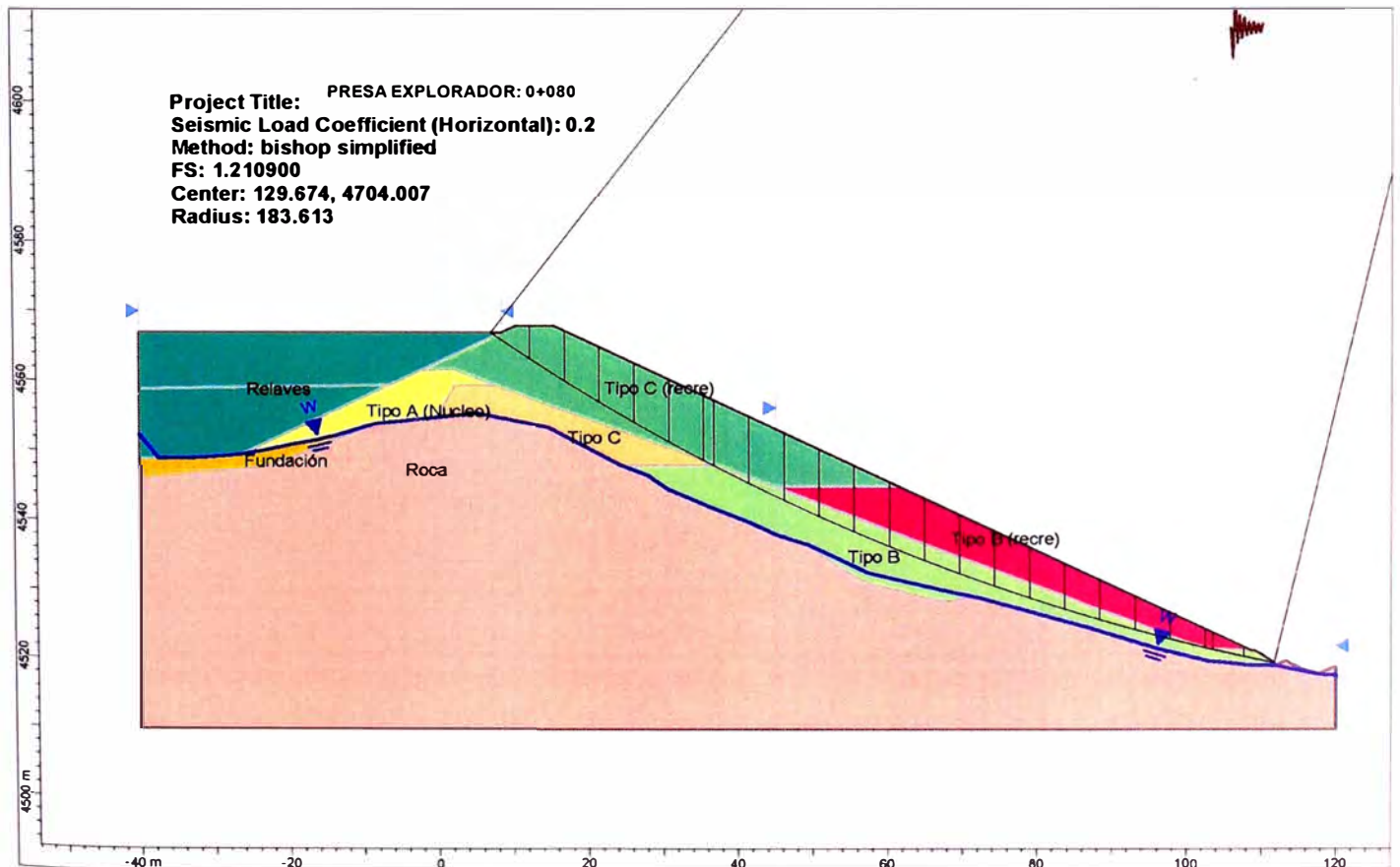
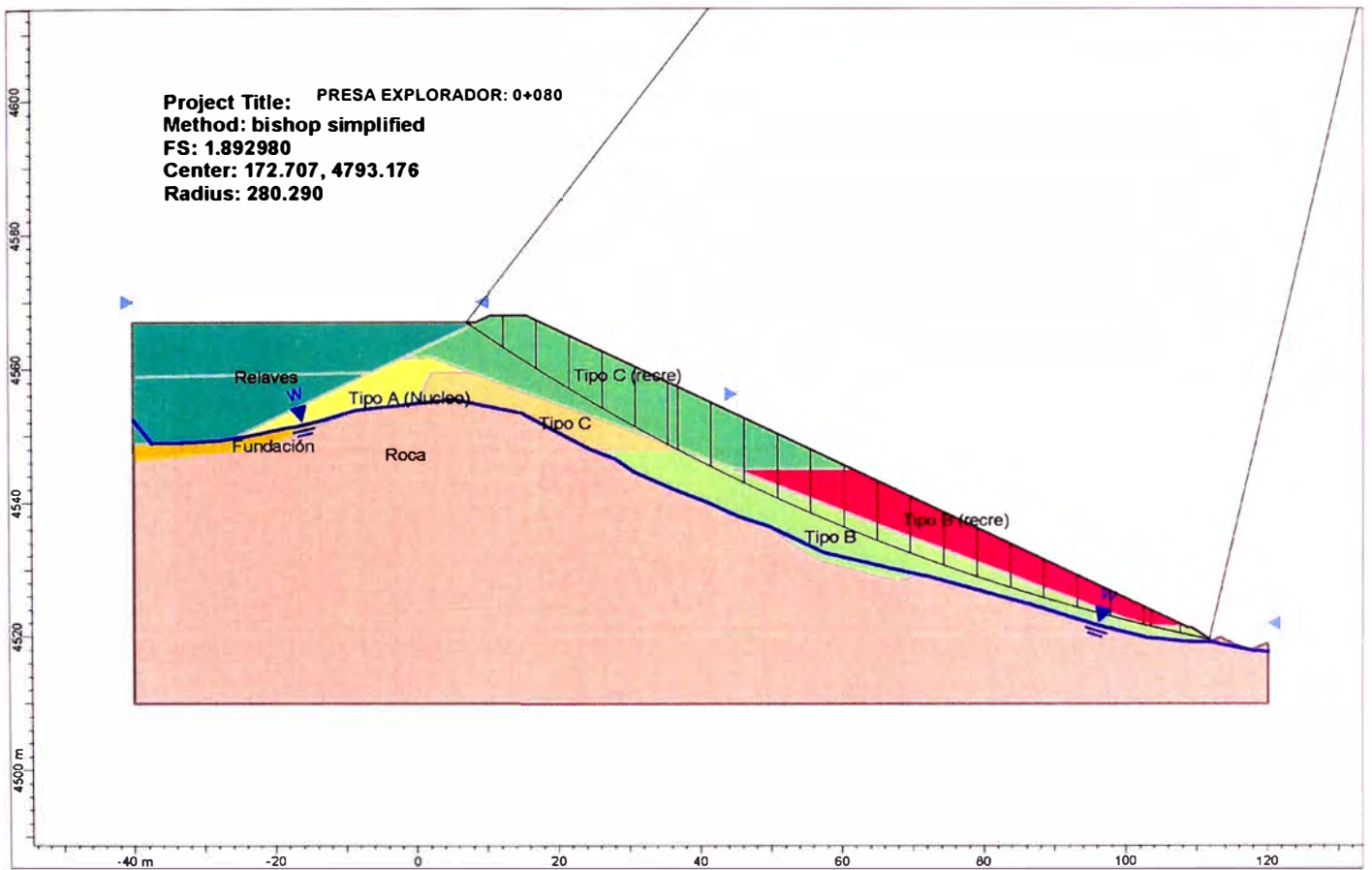
ANEXO 3.4
REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS
(MM) - ESTACIÓN URAYHUMA

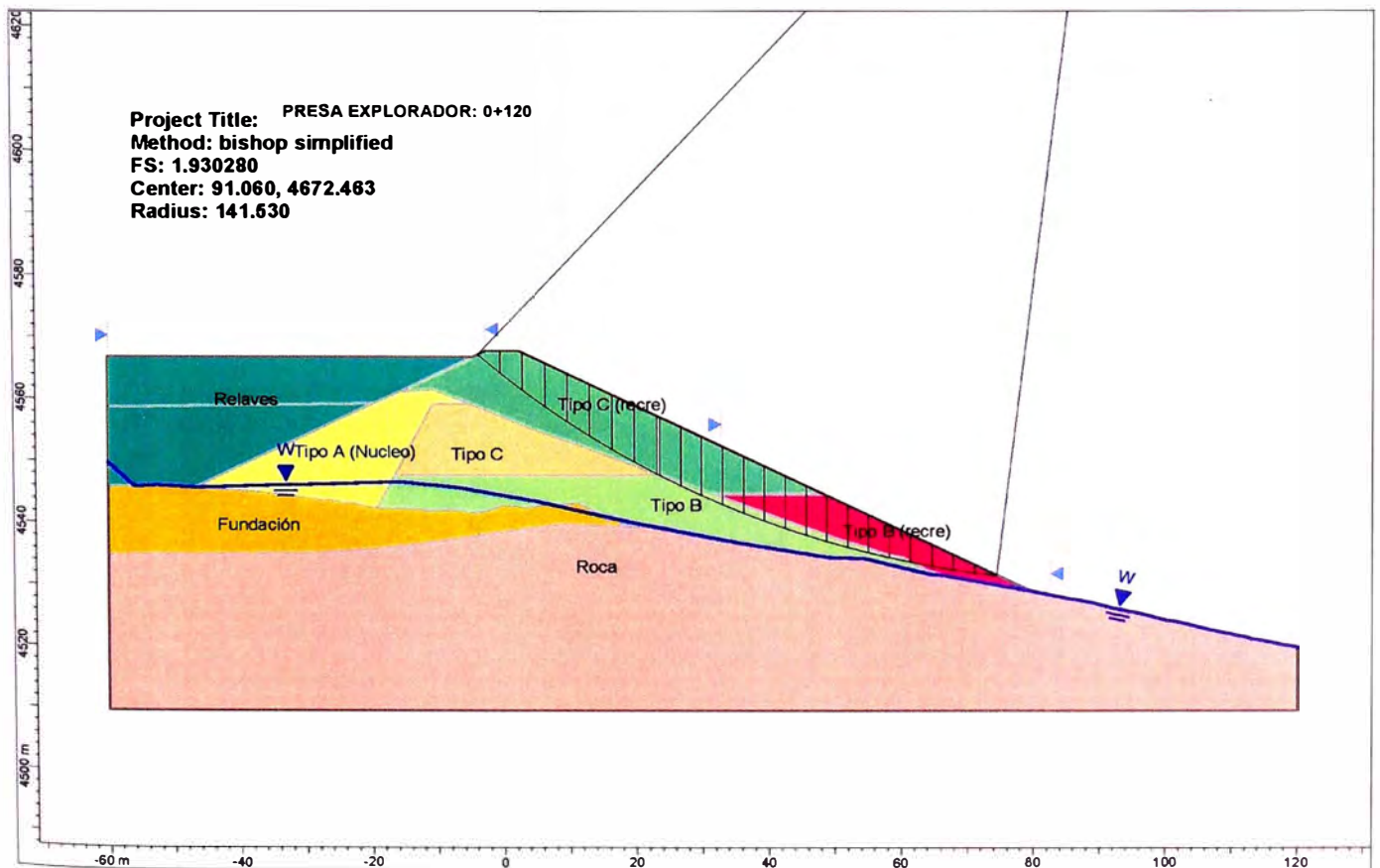
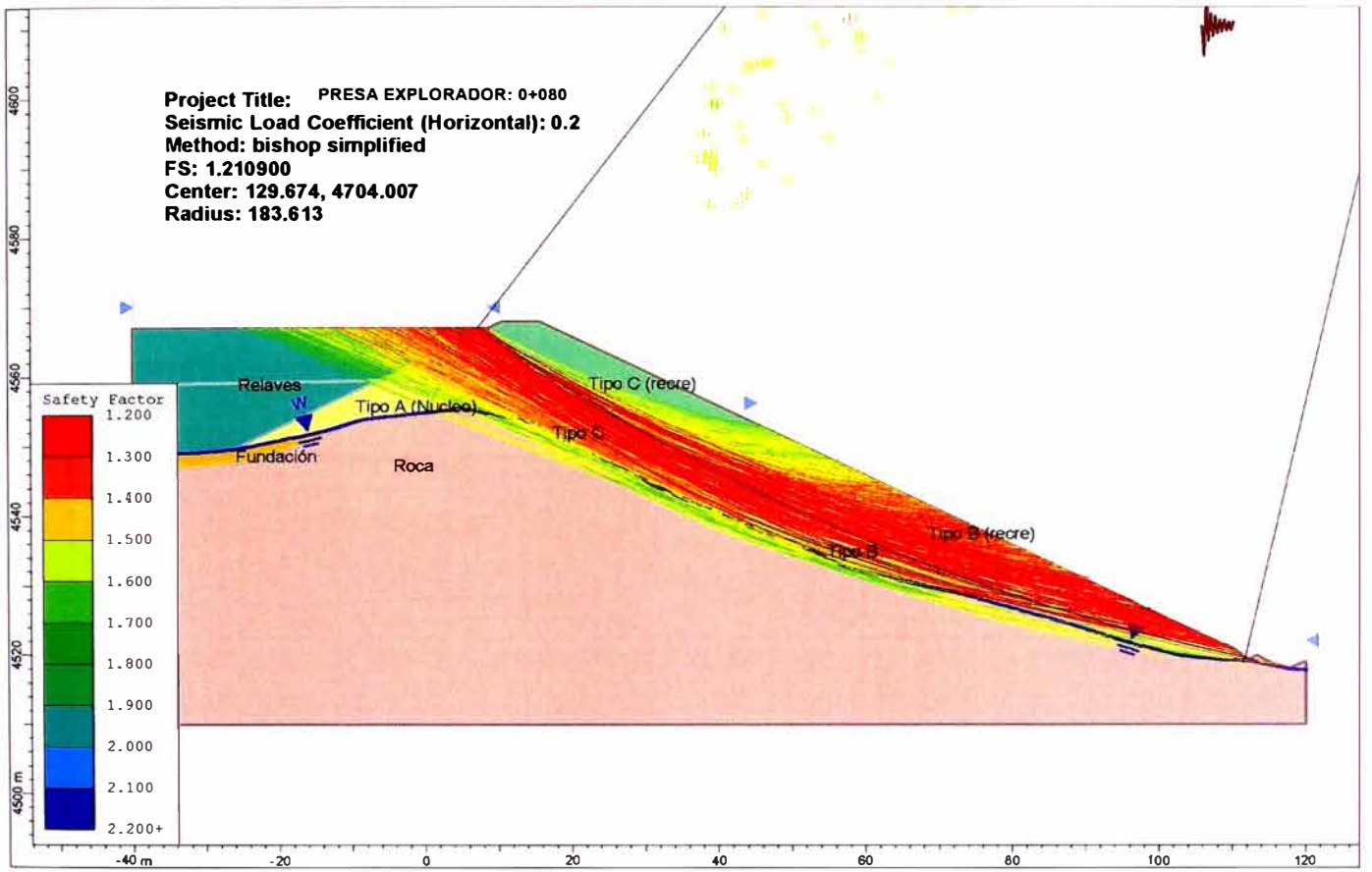
**REGISTRO HISTORICO DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)
ESTACION URAYHUMA**

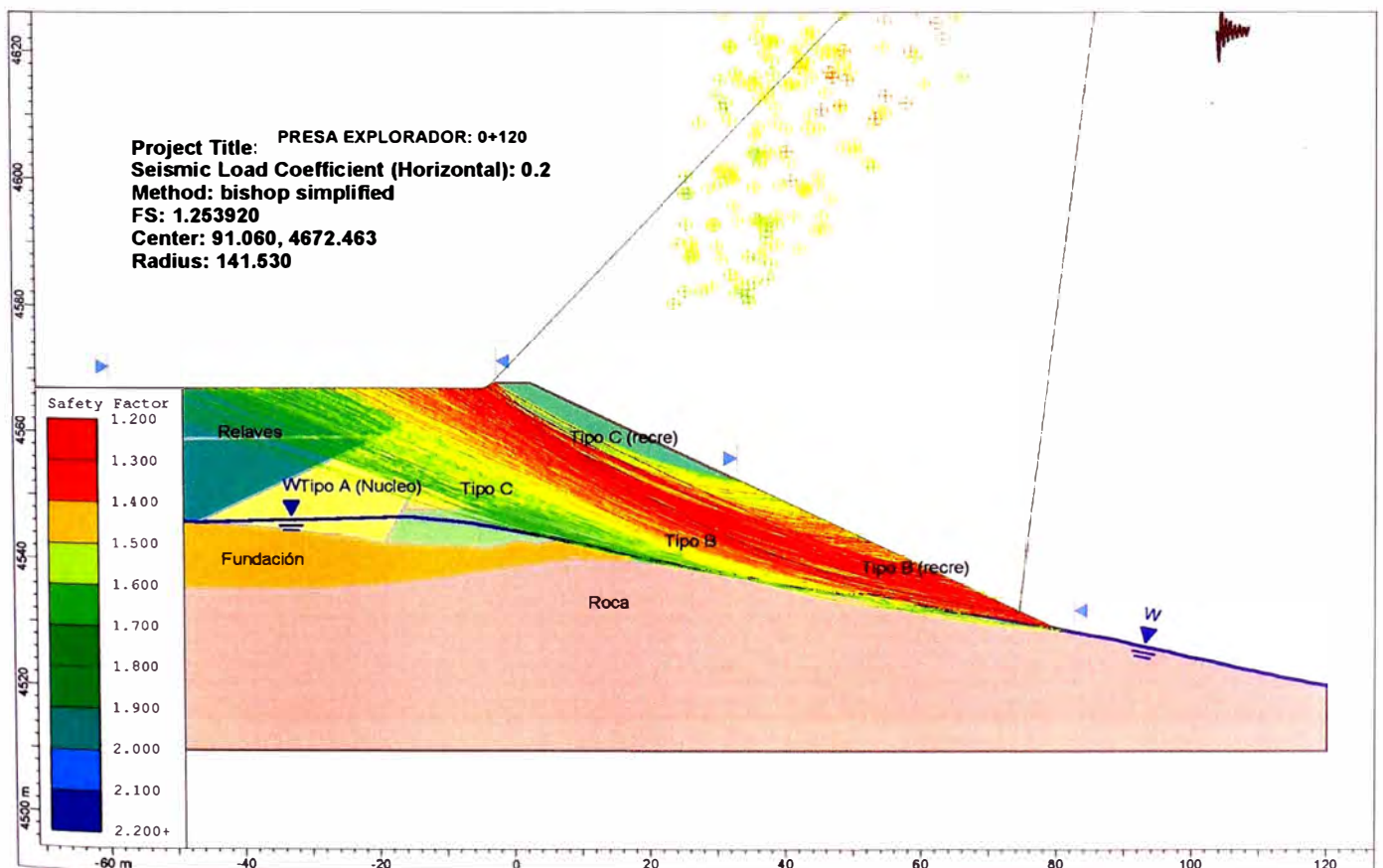
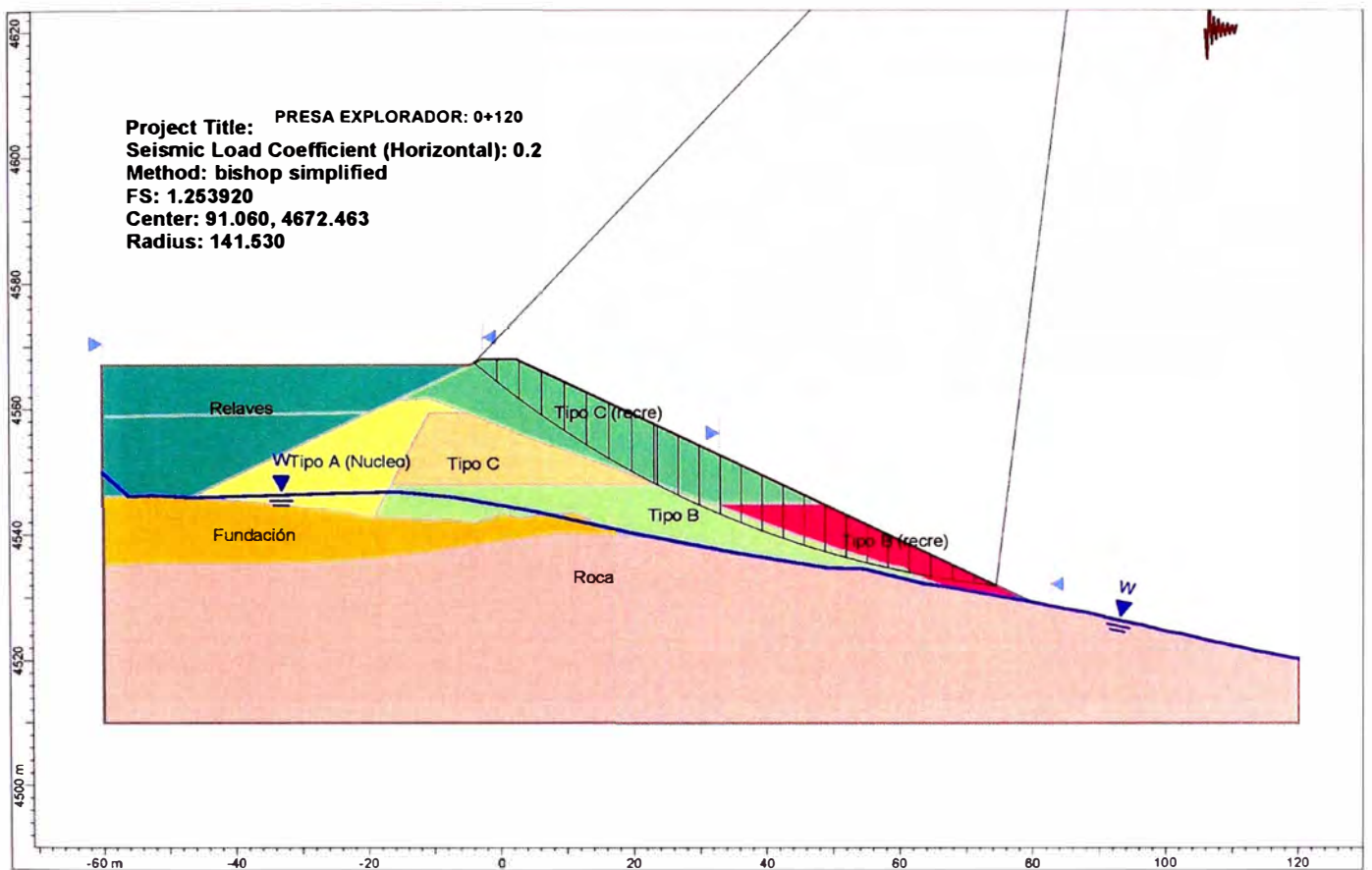
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1964	18.0	13.2	13.6	9.5	10.5				6.8	6.7	5.5	33.2	33.2
1965	22.1	19.6	18.1	7.6	3.2	4.3	5.0	6.2	14.3	7.6		10.9	22.1
1966	20.4	22.5	21.9	8.3	21.8	0.0	0.0	5.8	4.3	14.0	17.0	22.0	22.5
1967	24.4	25.1	31.9	24.6	3.7	0.3	6.1	7.2	11.2	7.6	6.7	9.2	31.9
1968	23.2	20.1	28.5	23.3	11.9	7.7	5.1	15.8	12.6	9.2	19.7	19.8	28.5
1969	15.1	14.5	11.4	17.1	2.3	1.9	4.7	7.4	5.8	12.6	11.6	17.0	17.1
1970	23.7	25.3	18.5	14.2	17.9	4.6	6.5	0.0	12.0	10.7	7.5	16.5	25.3
1971	38.6	18.0	27.6	31.4	2.9	3.5	0.0	0.0	0.0	17.3	26.3	18.0	38.6
1972	32.1	25.7	32.5	11.0	7.9	0.0	0.0	0.0	10.7		0.0	14.2	32.5
1973	35.7	25.2	27.0	21.6	19.7	0.0	3.9	20.2	26.0	2.8	42.9	21.2	42.9
1974	64.1	60.7	67.2	50.9	9.1	30.7	77.0	11.1	0.0	0.0	66.9	81.0	81.0
1975	26.5	89.3	84.5	6.7	30.1	44.4	3.5	0.0	17.9	0.0	11.6	15.0	89.3
1976	22.9	25.7	20.1	13.9	6.7	6.5		10.3	10.7	0.0	8.4	6.5	25.7
1977	5.3	25.7	29.6	19.0	6.6	0.0	6.4	4.5	0.0	16.3	21.5	11.4	29.6
1978	13.1	8.1	8.4	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	10.9	13.3
1979	0.0	14.1	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	4.5	0.0	14.1
MAX.	64.1	89.3	84.5	50.9	30.1	44.4	77.0	20.2	26.0	17.3	66.9	81.0	89.3

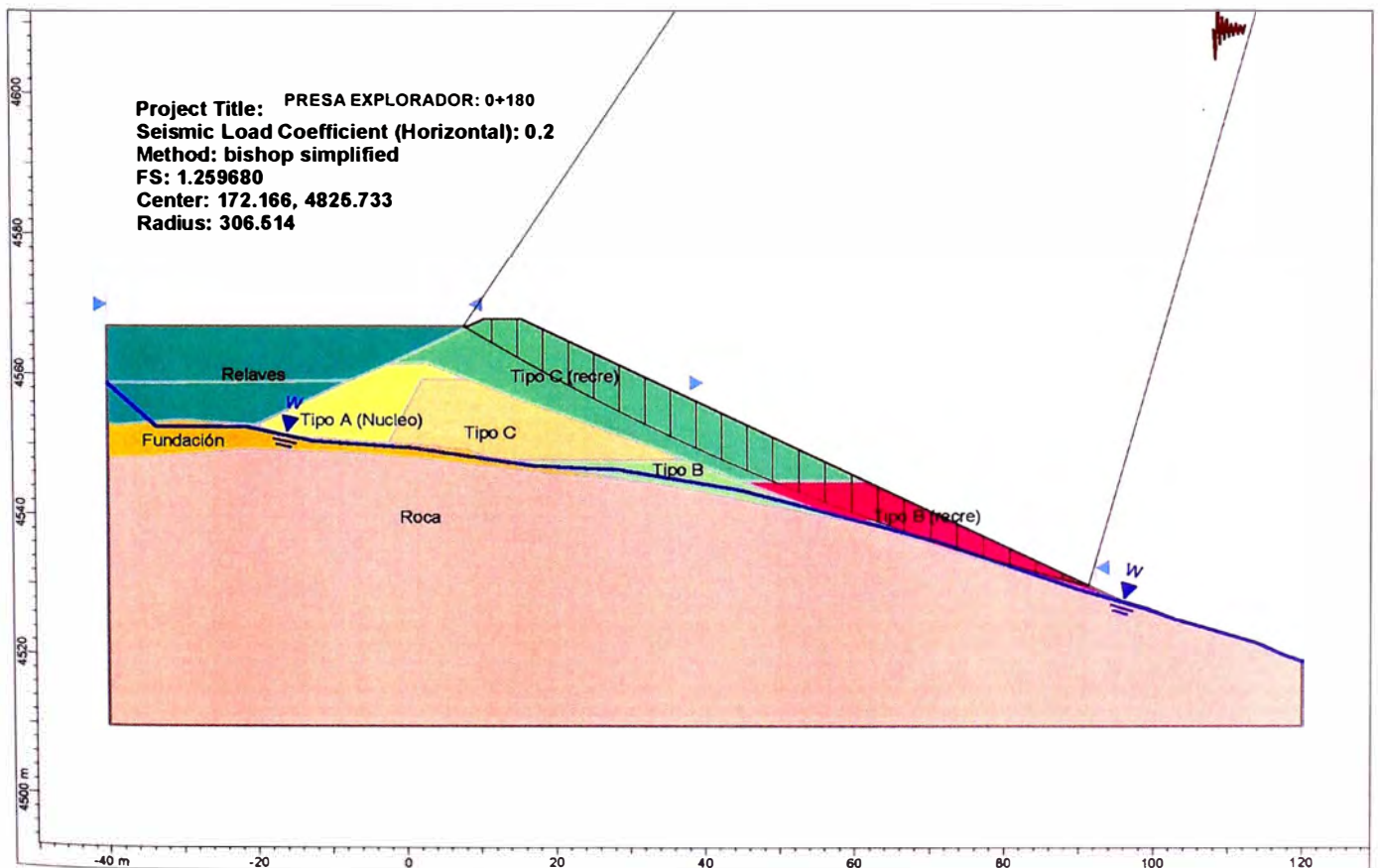
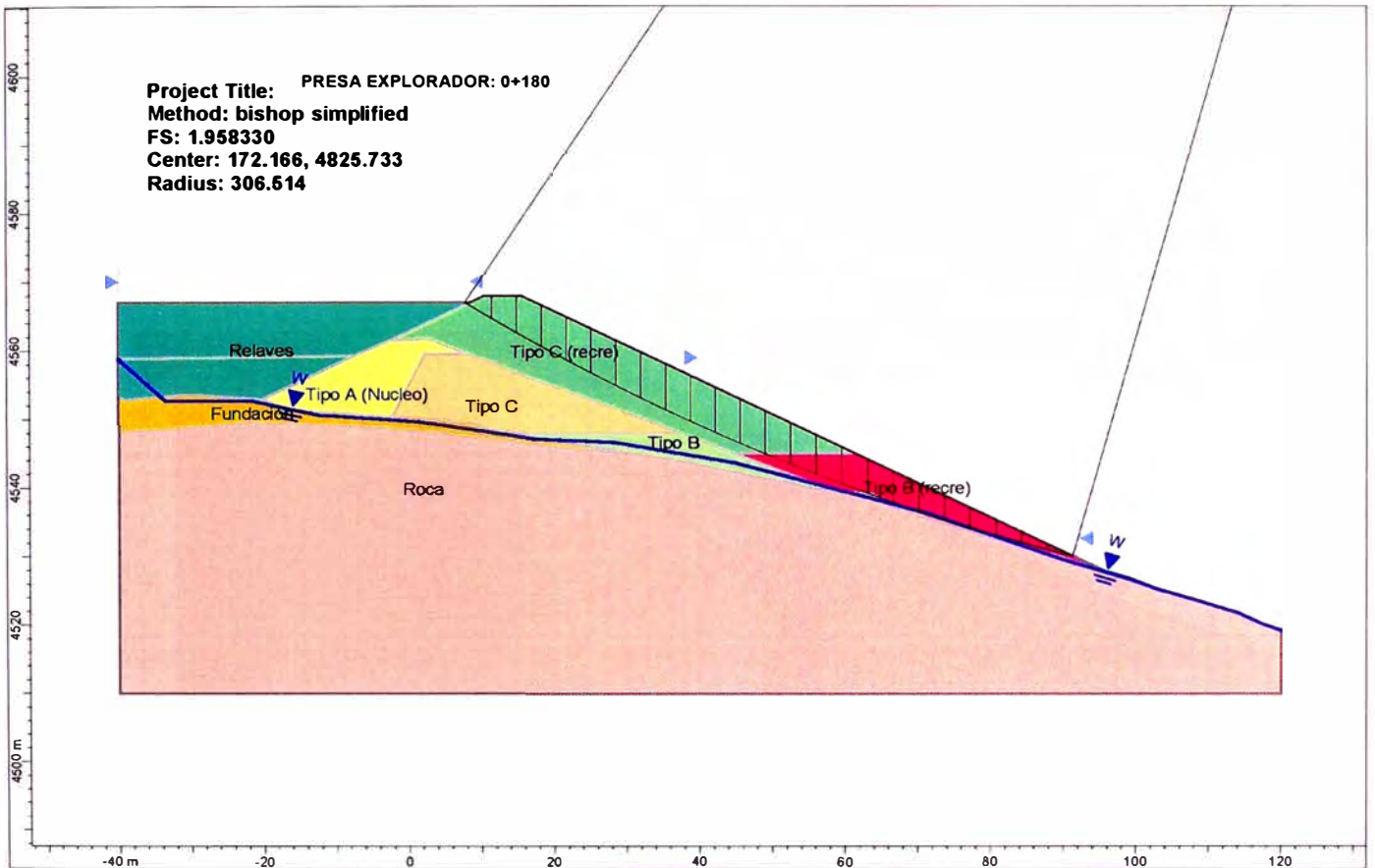
ANEXO 4
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ESTÁTICA Y
PSEUDO-ESTÁTICA

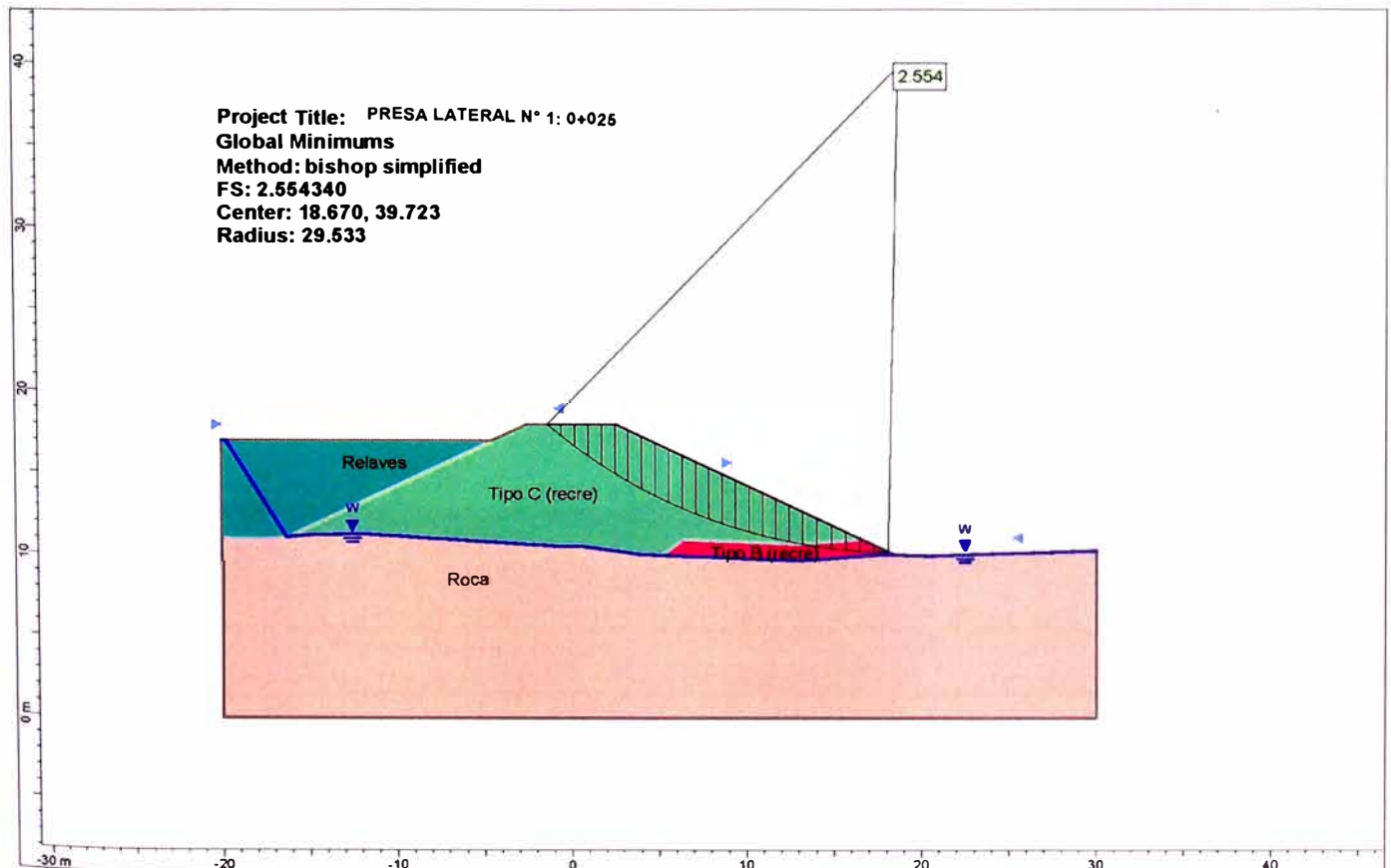
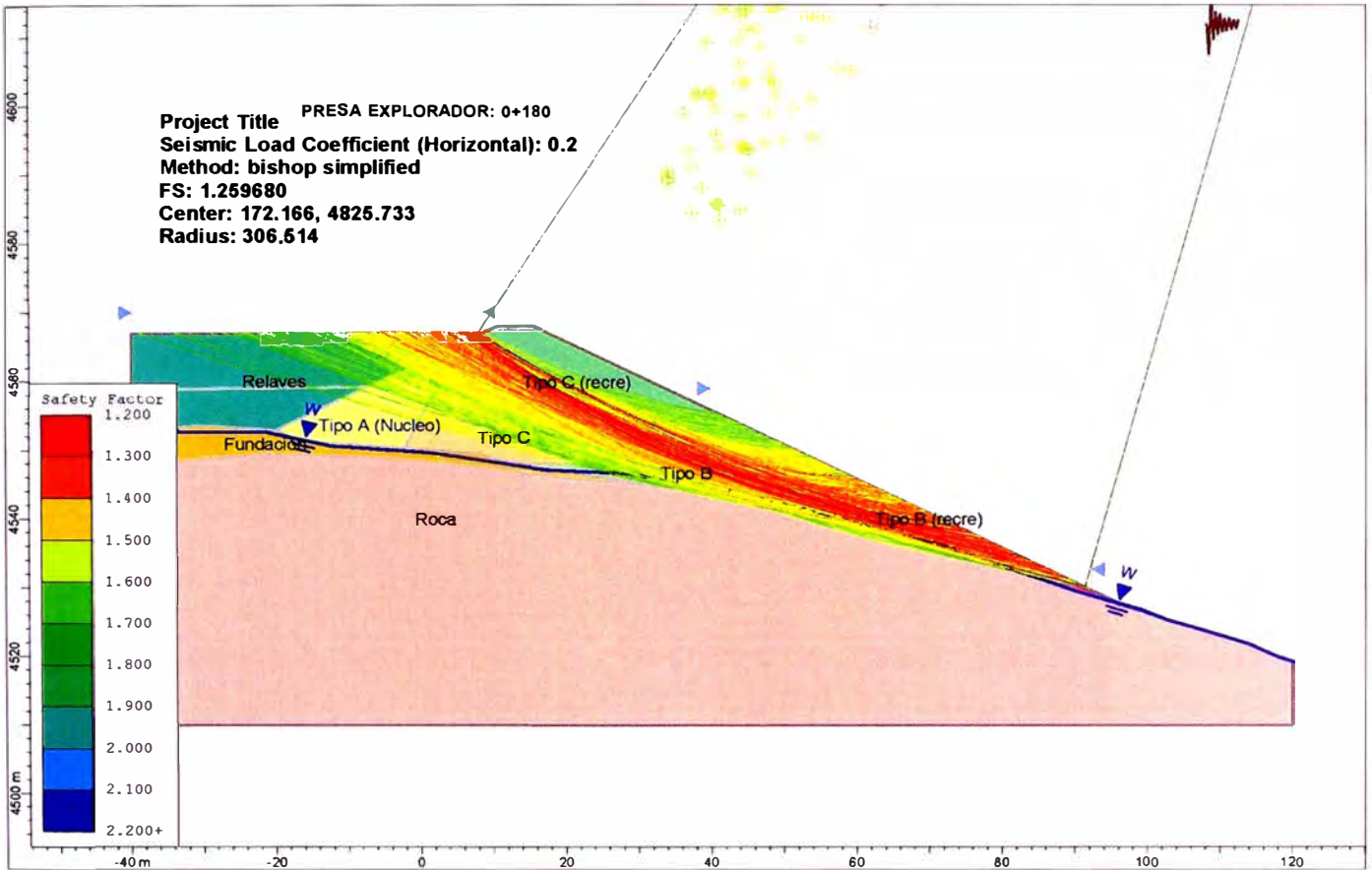


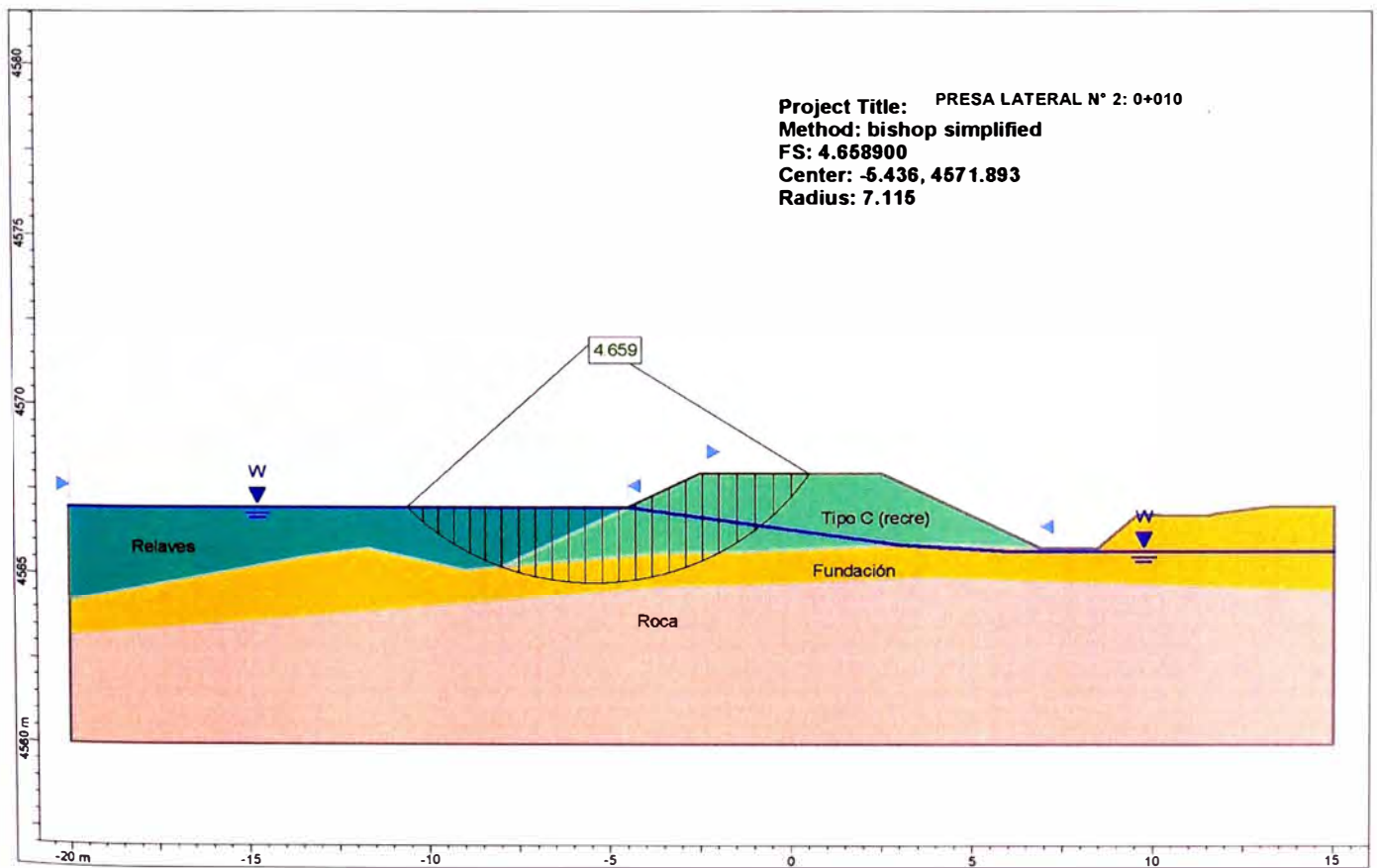
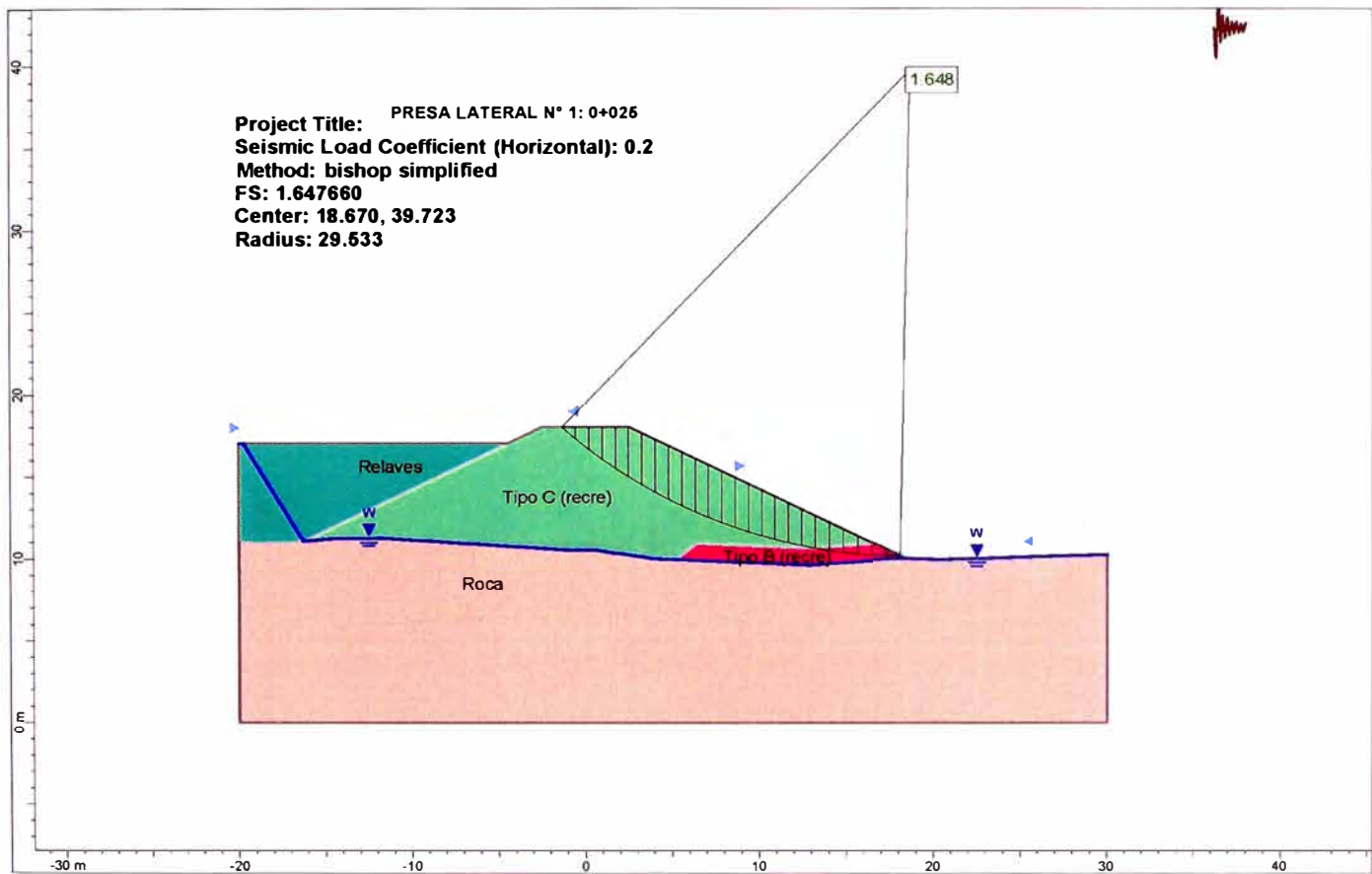


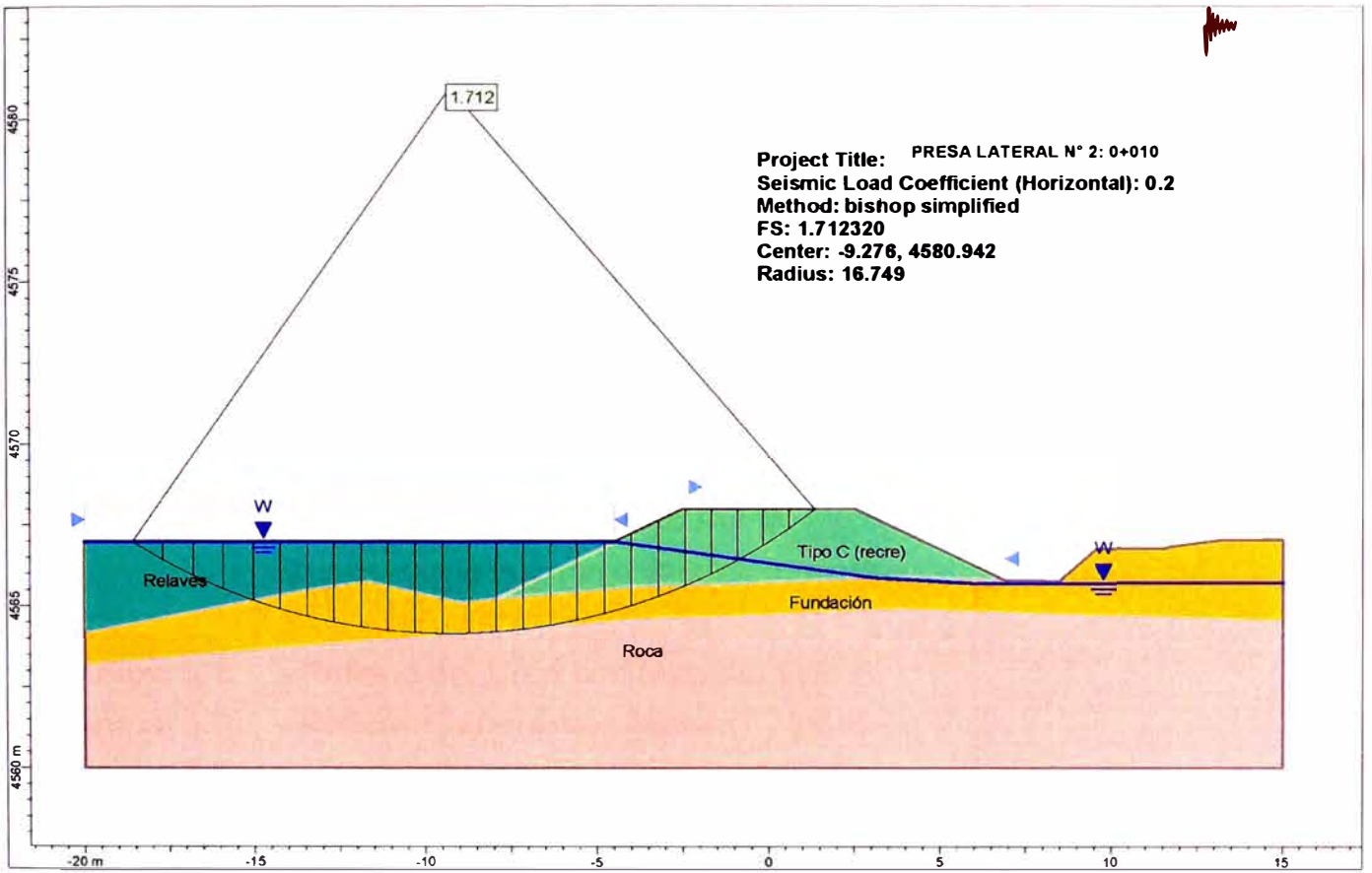












ANEXO 5

RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

Anexo 5.1 - Relleno del Dren con Material Tipo B.

Anexo 5.2 - Relleno General con Material Tipo C.

Anexo 5.3 - Geomembrana de HDPE (e=1.5 mm).

Anexo 5.3.1 – Certificados de Calidad de Fábrica de la Geomembrana

Anexo 5.3.2 – Ensayos de Control de Calidad de Geomembrana.

ANEXO 5.1
RELLENO DEL DREN CON MATERIAL TIPO B



RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CARACTERIZACIONES FISICAS ASTM-D422-83, ASTM-D4318-00, ASTM-D2218-98

HOJA: 1

DE: 2

OBRA: RECRCIMIENTO DE LA PRESA DE RELAVES EXPLORADOR **MATERIAL:** TIPO B **N° PROYECTO:** 1-M-154-002 **UBICACION:** Mina Sene-Apurimac **FECHA:** Feb-06

CLIENTE: CIA MINERA ARES S.A.C. **OPERADOR:** F.E.T./J.D.G. **CALCULADO:** J.J.F.Z. **REVISADO:** J.J.F.Z./E.V.R. **APROBADO:** C.S.S.

Código Muestra	Fecha Muestreo (m)	Cantera	Lugar de Muestreo	N° Capa	Porcentaje Acumulado que Pasa la Malla ASTM														LL	LP	IP	W	SUCS	% PASA SEGUN ESPECIFICACION				
					3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#60	#100	#200						%	3" 80-100	3/4" 40-100	N° 4 0-63	N° 10 0-40
H-01	19-09-05	Huararani	Cantera	-		100.0	96.5	92.1	88.7	79.8	71.0	52.8	31.5	21.1	17.3	15.5	13.8	11.9	21.0	12.0	9.0	13.7	GP-GC	100.0	88.7	52.8	31.5	11.9
H-02	19-09-05	Huararani	Cantera	-	100.0	97.6	97.6	93.9	89.3	79.0	69.0	45.1	25.1	16.2	12.8	11.2	9.8	8.7	25.0	19.0	6.0	12.4	GP-GC	100.0	89.3	45.1	25.1	8.7
H-03	19-09-05	Huararani	Cantera	-	100.0	85.5	81.9	70.1	61.3	50.3	42.8	29.8	17.7	11.7	9.4	8.4	7.2	5.9	26.0	16.0	10.0	10.7	GW-GC	100.0	61.3	29.8	17.7	5.9
H-04	19-09-05	Huararani	Cantera	-	100.0	94.3	91.3	80.9	73.7	63.8	57.3	45.0	34.1	26.1	21.5	19.1	16.6	14.1	38.0	14.0		12	GC	100.0	73.7	45.0	34.1	14.1
H-05	19-09-05	Huararani	Cantera	-		100.0	92.4	72.6	63.2	52.8	46.3	37.0	28.5	22.2	17.9	15.4	12.9	11.2	42.0	35.0	7.0	17	GP-GM	100.0	63.2	37.0	28.5	11.2
H-06	19-09-05	Huararani	Cantera	-	100.0	91.4	84.8	73.1	64.5	51.5	43.9	33.3	23.2	17.3	14.3	12.7	11.2	9.6	37.0	29.0	8.0	18.8	GP-GM	100.0	64.5	33.3	23.2	9.6
H-07	29-09-05	Huararani	Terraplén	1-5 (A)	100.0	97.6	96.4	84.2	78.3	69.7	62.1	50.3	34.4	25.6	21.8	19.9	18.0	15.7	28.0	20.0	8.0	11.2	GC	100.0	78.3	50.3	34.4	15.7
H-08	30-09-05	Huararani	Cantera	6-11 (A)	100.0	95.6	92.3	79.5	72.7	63.9	58.4	46.4	32.5	24.9	21.0	19.1	17.1	15.2	34.0	22.0	12.0	13.9	GC	100.0	72.7	46.4	32.5	15.2
H-09	01-10-05	Huararani	Terraplén	12-16 (A)	100.0	97.4	93.4	86.5	76.9	64.1	56.1	41.8	30.0	22.1	17.6	14.9	12.4	9.9	29.0	20.0	9.0	12.2	GP-GC	100.0	76.9	41.8	30.0	9.9
H-10	02-10-05	Huararani	Cantera	17-22 (A)	100.0	94.7	90.9	82.0	73.2	59.8	52.8	39.9	25.8	19.2	15.9	14.1	12.3	10.5	24.0	17.0	7.0	10.4	GP-GC	100.0	73.2	39.9	25.8	10.5
H-11	03-10-05	Huararani	Terraplén	23-27 (A) 1-3 (C)	100.0	92.1	89.3	79.1	70.2	55.6	46.5	33.0	21.7	15.9	12.9	11.3	9.9	8.3	30.0	22.0	8.0	11.3	GP-GC	100.0	70.2	33.0	21.7	8.3
H-12	04-10-05	Huararani	Cantera	28-31 (A) 4-7 (C)	100.0	96.4	94.5	87.7	80.3	69.1	60.9	46.8	29.3	19.2	15.0	13.0	11.1	9.4	31.0	22.0	9.0	12.4	GP-GC	100.0	80.3	46.8	29.3	9.4
H-13	05-10-05	Huararani	Terraplén	32-33 (A), 1 (B), 8-9 (C)	100.0	96.9	91.7	78.8	69.0	58.9	48.7	35.7	26.4	19.3	15.5	13.7	11.9	10.2	36.0	24.0	12.0	11.9	GP-GC	100.0	69.0	35.7	26.4	10.2
H-14	06-10-05	Huararani	Cantera	34-35 (A), 2-6 (B), 10-14 (C)		100.0	96.8	93.2	86.4	74.5	66.3	49.4	31.7	21.2	17.0	14.9	12.9	10.9	33.0	23.0	10.0	11.2	GP-GC	100.0	86.4	49.4	31.7	10.9
H-15	07-10-05	Huararani	Terraplén	36-39 (A), 7-10 (B), 15-17 (C)	100.0	96.2	91.6	81.9	71.5	58.5	50.0	38.8	27.0	20.0	16.4	14.4	12.1	10.7	32.0	23.0	9.0	12	GP-GC	100.0	71.5	38.8	27.0	10.7
H-16	08-10-05	Huararani	Cantera	40-42 (A), 11-14 (B), 18-20 (C)		100.0	96.3	87.9	77.7	64.3	56.7	42.8	29.6	20.5	16.5	14.4	12.4	10.7	31.0	23.0	8.0	10.7	GP-GC	100.0	77.7	42.8	29.6	10.7
H-17	09-10-05	Huararani	Terraplén	43-45 (A), 25-17 (B), 21-24 (C)		100.0	98.0	91.4	86.7	77.0	69.3	52.3	29.3	19.1	15.6	13.8	11.9	10.3	28.0	20.0	8.0	11.2	GP-GC	100.0	86.7	52.3	29.3	10.3
H-18	10-10-05	Huararani	Cantera	46 (A), 18-19 (B), 25 (C)		100.0	96.0	91.3	85.3	74.3	66.5	50.4	32.7	22.7	18.5	16.2	13.8	11.8	27.0	19.0	8.0	11.2	GP-GC	100.0	85.3	50.4	32.7	11.8
H-19	11-10-05	Huararani	Terraplén	47-48 (A), 20-22 (B), 26-27 (C)	100.0	98.6	92.5	84.9	74.7	61.5	52.1	37.2	25.2	18.0	14.6	12.9	11.0	9.2	29.0	20.0	9.0	11.5	GP-GC	100.0	74.7	37.2	25.2	9.2
H-20	12-10-05	Huararani	Cantera	49 (A), 23-26 (B), 28-30 (C)		100.0	97.3	89.1	79.8	68.9	60.4	42.9	27.3	18.7	15.1	13.3	11.6	10.0	29.0	18.0	11.0	11.6	GP-GC	100.0	79.8	42.9	27.3	10.0
H-21	13-10-05	Huararani	Terraplén	NV-01 a NV-03	100.0	98.5	92.5	85.5	75.7	64.1	53.3	40.6	25.1	17.7	14.3	12.4	10.5	8.7	29.0	20.0	9.0	11.3	GP-GC	100.0	75.7	40.6	25.1	8.7
H-22	14-10-05	Huararani	Cantera	NV-03 a NV-04	100.0	97.3	94.0	83.1	73.9	62.0	47.3	44.0	35.5	26.6	24.0	21.6	19.4	16.8	33.0	21.0	12.0	11	GC	100.0	73.9	44.0	35.5	16.8



RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CARACTERIZACIONES FISICAS
ASTM-D422-83,ASTM-D4318-00,ASTM-D2218-98

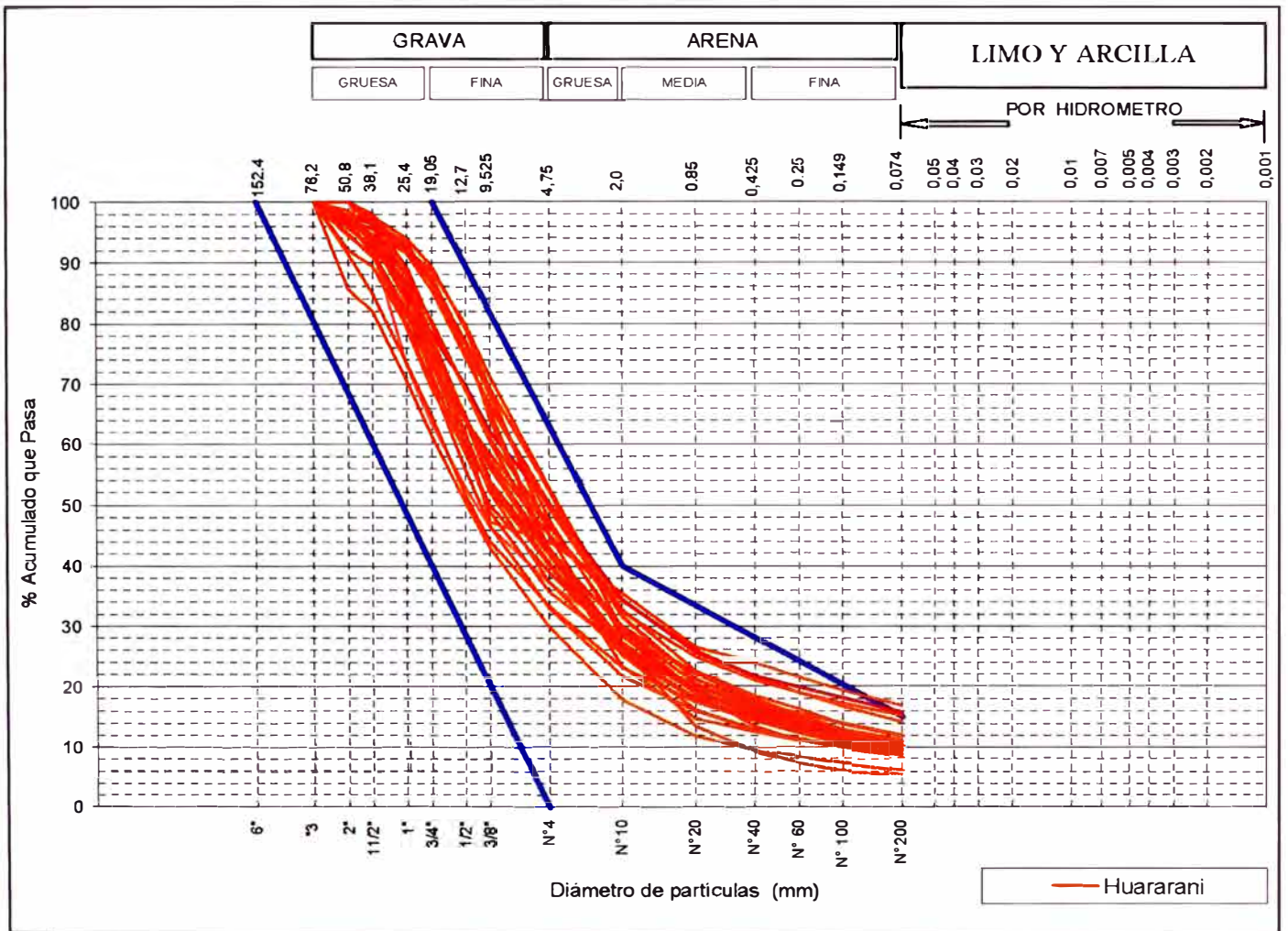
HQJA: 2
 DE: 2

OBRA :	RECRECIMIENTO DE LA PRESA DE RELAVES EXPLORADOR	MATERIAL:	TIPO B	N° PROYECTO:	1-M-154-002	UBICACION:	Mina Selene-Apurímac	FECHA:	Feb-06
CLIENTE :	CIA MINERA ARES S.A.C.	OPERADOR:	F.E.T./J.D.G.	CALCULADO:	J.J.F.Z.	REVISADO :	J.J.F.Z./E.V.R.	APROBADO:	C.S.S.

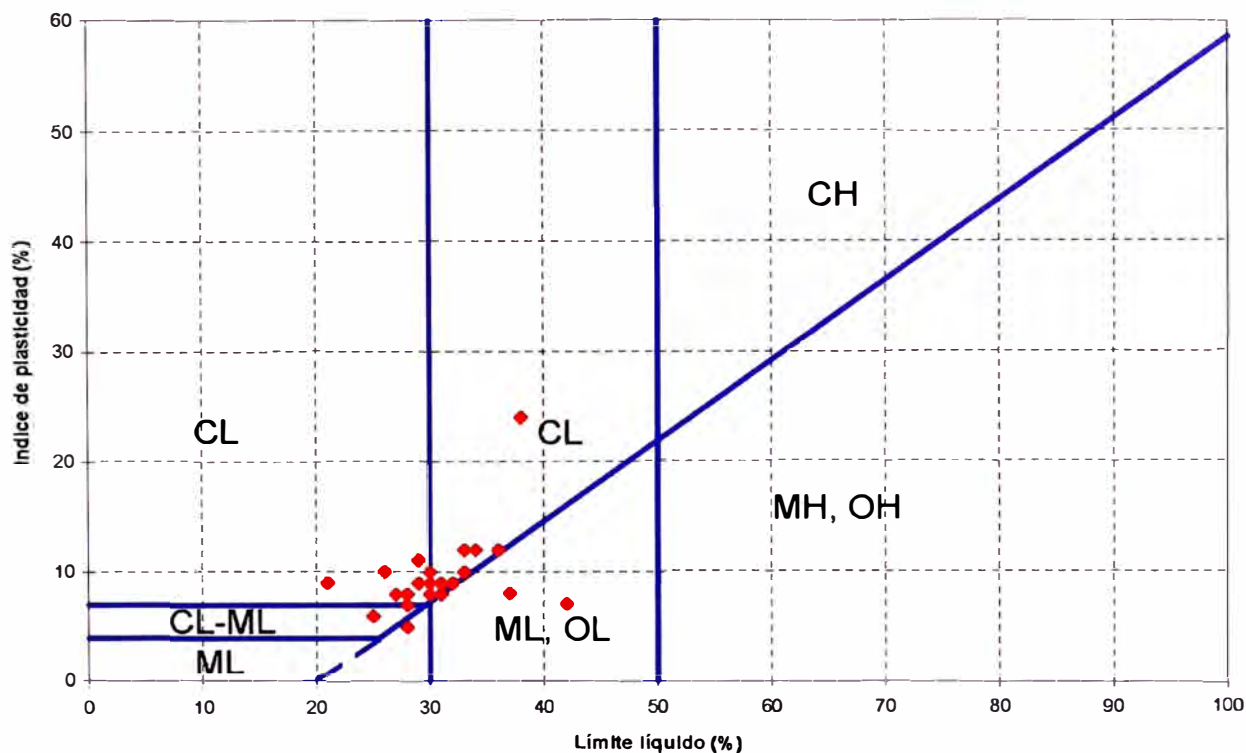
Código Muestra	Fecha Muestreo (m)	Cantera	Lugar de Muestreo	N° Capa	Porcentaje Acumulado que Pasa la Malla ASTM															LL	LP	IP	w	SUCS	% PASA SEGUN ESPECIFICACION					
					3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#60	#100	#200	3"						3/4"	N° 4	N° 10	N° 200		
					%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%						%	%	%			
H-23	15-10-05	Huararani	Terraplén	NV-05 a NV-06	100.0	97.1	95.4	92.8	86.9	76.8	63.9	42.6	26.4	13.3	9.3	7.3	6.0	5.3	28.0	21.0	7.0	11	GW-GC	100.0	86.9	42.6	26.4	5.3		
H-24	17-10-05	Huararani	Terraplén	NV-06 a NV-09	100.0	97.8	94.3	91.6	87.6	75.0	65.4	42.3	23.3	14.7	12.4	11.1	9.8	9.0	28.0	23.0	5.0	10.3	GP-GM	100.0	87.6	42.3	23.3	9.0		
H-25	18-10-05	Huararani	Cantera	NV-10 a NV-12	100.0	97.2	94.6	91.6	87.5	76.6	67.9	47.5	28.3	18.8	13.5	11.0	9.8	8.3	30.0	21.0	9.0	11.4	GP-GC	100.0	87.5	47.5	28.3	8.3		
H-26	19-10-05	Huararani	Terraplén	NV-11 a NV-14	100.0	98.6	93.6	86.6	76.3	64.7	54.0	41.7	25.5	18.0	14.7	12.8	11.0	9.3	30.0	20.0	10.0	11.9	GP-GC	100.0	76.3	41.7	25.5	9.3		
Especificación					81-100				40-100			0.63	0.40					0-15	<50%						81-100	40-100	0-63	0-40	0-15	
Promedio					100.0	97.0	93.3	85.1	77.4	66.0	57.3	42.7	28.0	19.6	16.0	14.0	12.2	10.4	30.3	20.9	8.8	12.1				100.0	77.4	42.7	28.0	10.4
Máximo					100.0	100.0	98.0	93.9	89.3	79.8	71.0	52.8	35.5	26.6	24.0	21.6	19.4	16.8	42.0	35.0	12.0	18.8				100.0	89.3	52.8	35.5	16.8
Mínimo					100.0	85.5	81.9	70.1	61.3	50.3	42.8	29.8	17.7	11.7	9.3	7.3	6.0	5.3	21.0	12.0	5.0	10.3				100.0	61.3	29.8	17.7	5.3
Desviación Estándar					0.000	3.316	3.737	6.702	8.174	8.723	8.566	6.037	4.221	3.751	3.499	3.300	3.033	2.667	4.550	4.390	1.780	1.932				0.000	8.174	6.037	4.221	2.667

Nota: X-Y (A): Capa X a la capa Y, Zona A. M-N (B): Capa M a la capa N, Zona B. P-Q (C): Capa P a la capa Q, Zona C. NV-X a NV-Y: Capa Nivelada X a la Capa Nivelada Y.

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422-63)
MATERIAL TIPO "B"



**CARTA DE PLASTICIDAD
MATERIAL TIPO "B"**



**RESUMEN DE PROCTOR ESTANDAR (ASTM D698-00a)
MATERIAL TIPO "B" - PRESA EXPLORADOR**

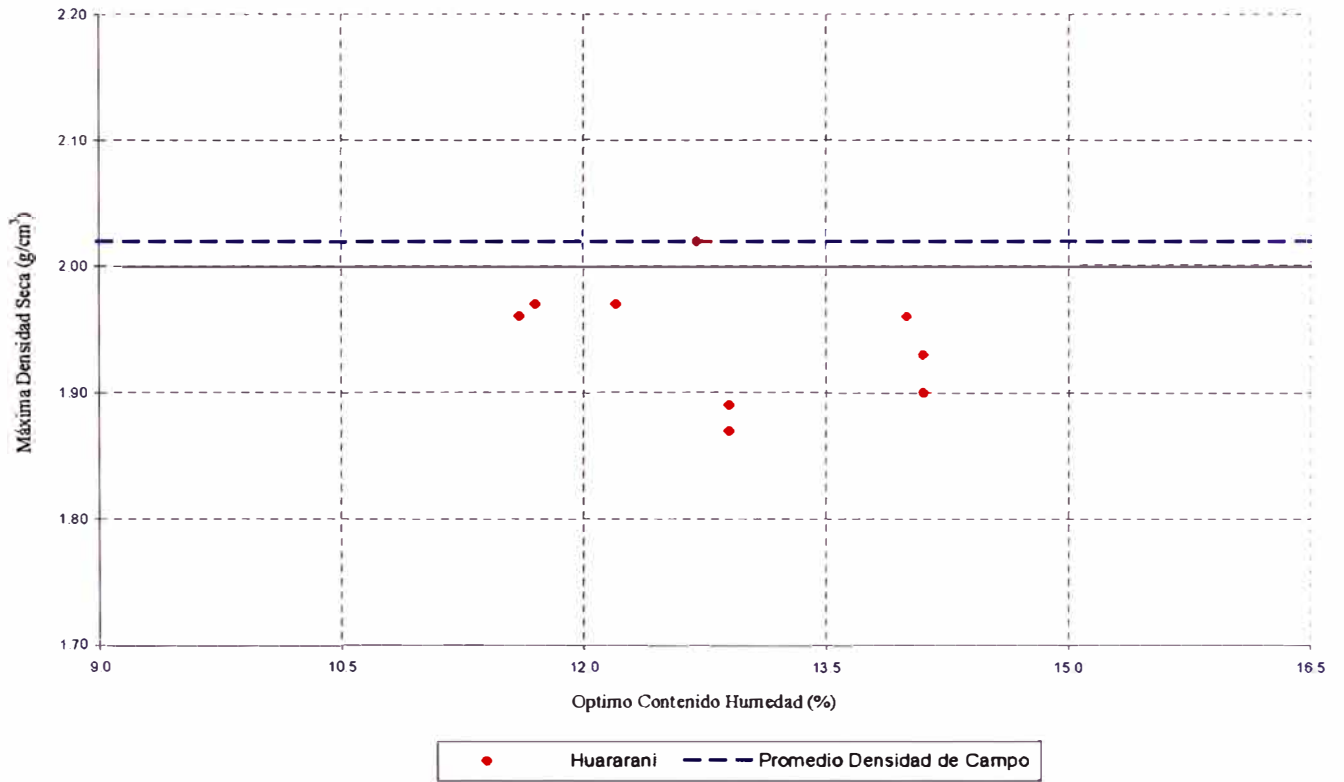
Ítem	Datos de la Muestra					Resultados del Ensayo		Contenido Humedad	
	Código Proctor	Código Muestra	Fecha Muestreo	Procedencia (Cantera / Obra)	SUCS	M.D.S. Corregida ** (g/cm ³)	O.C.H. Corregido * (%)	Contenido Humedad Natural (%)	Variación Humedad (%)
01	PH-01	H-01	19-Sep-05	Huararani	GP-GC	1.96	14.0	13.71	0.3
02	PH-02	H-02	19-Sep-05	Huararani	GP-GC	1.87	12.9	12.38	0.5
03	PH-03	H-03	19-Sep-05	Huararani	GW-GC	2.02	12.7	10.71	2.0
04	PH-04	H-04	19-Sep-05	Huararani	GC	1.97	11.7	12.02	-0.3
05	PH-05	H-05	19-Sep-05	Huararani	GP-GM	1.97	12.2	17.03	-4.8
06	PH-06	H-06	19-Sep-05	Huararani	GP-GM	1.90	14.1	18.82	-4.7
07	PH-07	H-11	3-Oct-05	Obra	GP-GC	1.96	11.6	11.30	0.3
08	PH-08	H-16	8-Oct-05	Huararani	GP-GC	1.83	14.1	10.74	3.4
09	PH-09	H-25	18-Oct-05	Huararani	GP-GC	1.89	12.9	11.43	1.5
Promedio						1.94	12.9		
Máximo						2.02	14.1		
Mínimo						1.87	11.6		
Desviación Estándar						0.048	0.984		

Nota: Los resultados de los proctores de PH-1 a PH-6 sirvieron para definir antes de la explotación de la cantera el valor más conservador de la M.D.S. y O.C.H., ambos corregidos para el control de compactación en campo.

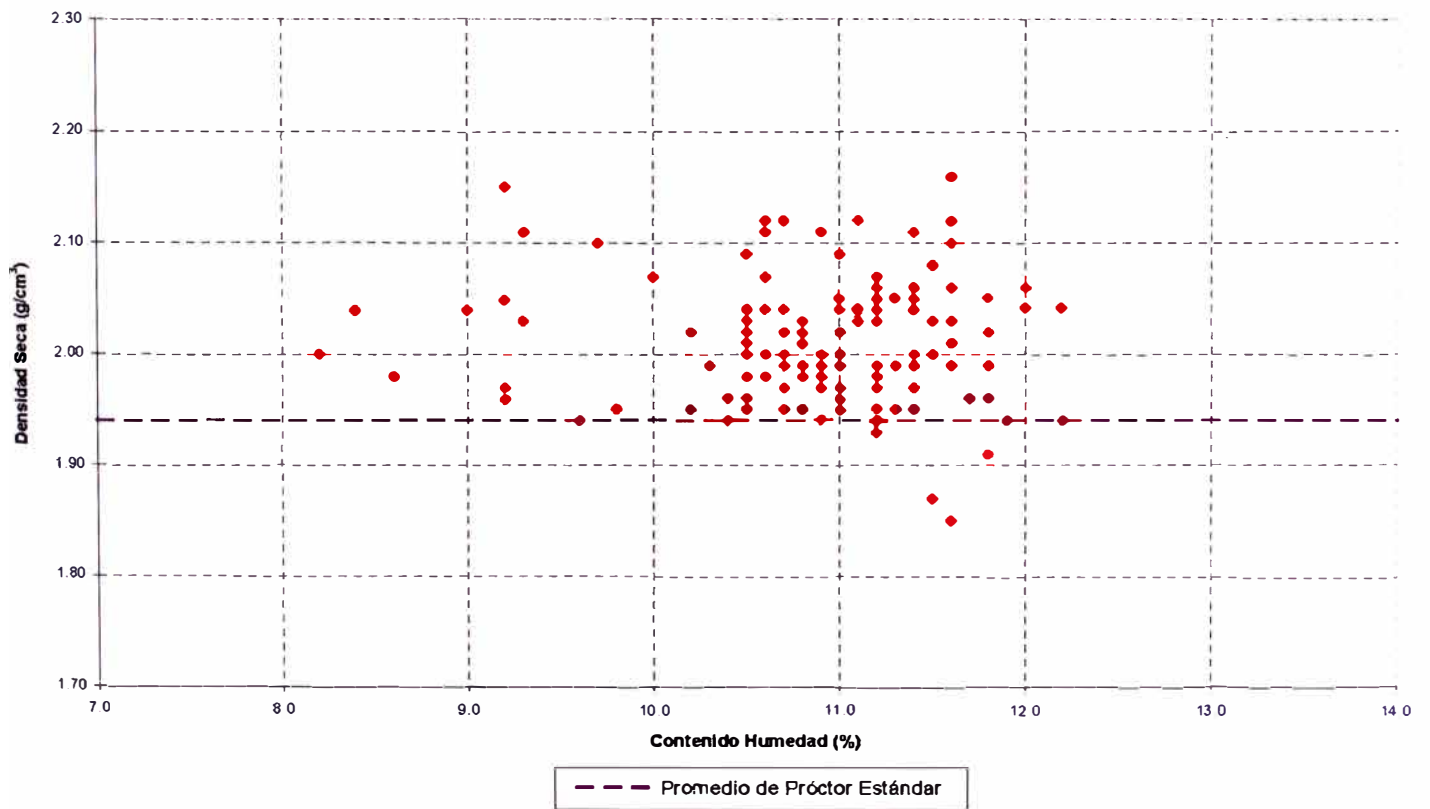
(*): Optimo Contenido de Humedad Corregido.

(**): Máxima Densidad Seca Corregida.

Resumen de Resultados - Proctor Estándar ASTM D698-00a
MATERIAL TIPO "B"-CANTERA HUARARANI



Resumen de Resultados - Densidad de Campo ASTM D 1556-00
MATERIAL TIPO "B"-CANTERA HUARARANI



ANEXO 5.2
RELLENO GENERAL CON MATERIAL TIPO C



**RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CARACTERIZACIONES FISICAS
ASTM-D422-03,ASTM-D4918-00,ASTM-D2210-00**

HOJA : 1
DE : 3

OBRA :	RECRCIMIENTO DE LA PRESA DE RELAVES EXPLORADOR	MATERIAL:	TIPO C	N° PROYECTO	1-M-154-002	UBICACION :	Mina Selene-Apurimac	FECHA	Feb-06
CLIENTE :	CIA MINERA ARES S.A.C.	OPERADOR :	F.E.T./I.D.G.	CALCULADO:	J.J.F.Z.	REVISADO :	J.J.F.Z./E.V.R.	APROBADO:	C.S.S.

N° Muestra	Fecha Muestreo (m)	Cantera	Lugar de Muestreo	N° Capa	Porcentaje Acumulado que Pasa la Malla ASTM														LL %	LP %	IP %	w %	SUCS	% PASA SEGUN ESPECIFICACION				
					3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#60	#100	#200						3" 88-100	3/4" 64-100	N° 4 41-100	N° 10 27-85	N° 200 0-30
P-01	13-10-05	Polvorin	Cantera	-		100.0	98.7	92.5	82.7	63.8	49.1	30.3	18.9	13.2	10.8	9.5	8.5	7.6	NP	NP	NP	19.0	GP-GM	100.0	82.7	30.3	18.9	7.6
P-02	13-10-05	Polvorin	Cantera	-	100.0	95.9	95.8	90.6	85.0	76.5	68.9	50.7	34.7	23.4	18.5	16.0	13.9	12.3	30.0	21.0	9.0	12.0	GC	100.0	85.0	50.7	34.7	12.3
P-03	20-10-05	Polvorin	Cantera	NV-15 a NV-16			100.0	94.3	84.6	68.8	57.3	40.5	26.7	19.8	16.7	15.0	13.5	11.8	40.0	24.0	16.0	13.8	GP-GC	100.0	84.6	40.5	26.7	11.8
CN1-01	17-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	-	100.0	93.0	89.2	85.3	79.2	72.0	64.6	45.9	23.7	14.1	11.0	9.7	8.6	7.7	29.0	22.0	7.0	8.7	GW-GC	100.0	79.2	45.9	23.7	7.7
CN1-02	17-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	-		100.0	93.3	87.8	79.0	71.0	62.8	49.0	34.7	22.4	15.8	12.4	9.7	7.8	31.0	21.0	10.0	9.6	GW-GC	100.0	79.0	49.0	34.7	7.8
CN1-03	21-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-17	100.0	97.2	95.0	88.3	81.8	73.3	66.9	53.2	36.6	24.4	18.9	16.1	13.7	12.0	30.0	21.0	9.0	9.6	GP-GC	100.0	81.8	53.2	36.6	12.0
CN1-04	23-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Obra	NV-18 a NV-21		100.0	97.8	96.2	92.1	84.6	78.5	62.6	42.0	28.6	23.4	21.0	18.8	16.7	28.0	21.0	7.0	11.3	SC-SM	100.0	92.1	62.6	42.0	16.7
CN1-05	24-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-22 a NV-24	100.0	93.2	91.1	85.4	80.6	68.8	61.0	44.5	28.9	18.2	14.4	12.8	11.3	10.0	33.0	23.0	10.0	7.7	GP-GC	100.0	80.6	44.5	28.9	10.0
CN1-06	24-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-22 a NV-24	100.0	93.9	84.7	81.5	72.9	65.2	59.0	49.0	32.9	22.3	17.5	15.3	13.6	12.2	41.0	25.0	16.0	14.5	GC	100.0	72.9	49.0	32.9	12.2
CN1-07	24-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-22 a NV-24		100.0	96.8	93.5	86.2	75.4	67.6	54.4	45.5	35.7	29.1	25.6	22.3	19.0	34.0	20.0	14.0	8.5	GC	100.0	86.2	54.4	45.5	19.0
CN1-08	25-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Obra	NV-24 a NV-26	100.0	98.8	93.8	85.8	78.9	72.3	62.6	46.1	29.6	20.5	14.5	12.5	10.8	9.1	32.0	23.0	9.0	9.2	GP-GC	100.0	78.9	46.1	29.6	9.1
CN1-09	26-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-26 a NV-28		100.0	95.0	86.3	80.5	71.3	64.0	48.1	29.8	19.4	15.5	13.3	11.9	10.6	31.0	21.0	10.0	9.0	GP-GC	100.0	80.5	48.1	29.8	10.6
CN1-10	27-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-28 a NV-29	100.0	87.0	86.9	79.9	74.8	68.1	62.0	48.8	31.8	21.5	16.4	14.5	12.4	10.7	32.0	20.0	12.0	8.9	GP-GC	100.0	74.8	48.8	31.8	10.7
CN1-11	28-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-30 a NV-31		100.0	89.4	88.4	84.6	79.9	76.1	67.3	51.3	37.7	29.2	25.3	21.3	18.8	33.0	25.0	8.0	14.0	SM	100.0	84.6	67.3	51.3	18.8
CN1-12	29-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-32 a NV-34	100.0	98.8	90.6	87.6	82.5	76.8	73.7	56.2	42.2	31.0	23.6	20.3	17.0	14.7	31.0	22.0	9.0	14.0	GC	100.0	82.5	56.2	42.2	14.7
CN1-13	30-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Obra	NV-34 a NV-36	100.0	97.7	95.1	89.9	84.0	81.4	78.3	60.0	38.7	26.9	19.0	15.9	14.7	13.4	31.0	22.0	9.0	12.1	SC	100.0	84.0	60.0	38.7	13.4
CN1-14	31-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-34 a NV-36			100.0	97.7	93.2	84.5	76.5	57.2	38.2	25.1	20.1	18.2	16.3	14.7	31.0	21.0	10.0	12.0	GC	100.0	93.2	57.2	38.2	14.7
CN1-15	01-10-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Obra	NV-36 a NV-38		100.0	97.0	91.2	83.9	73.3	62.2	47.9	33.5	22.7	17.8	15.6	13.8	12.1	30.0	21.0	9.0	11.5	GC	100.0	83.9	47.9	33.5	12.1
CN1-16	02-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-38 a NV-39		100.0	97.6	92.0	84.4	74.2	64.6	43.2	31.2	22.7	17.4	14.8	13.1	11.5	29.0	21.0	8.0	11.6	GP-GC	100.0	84.4	43.2	31.2	11.5
CN1-17	03-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Obra	NV-39 a NV-40		100.0	98.7	93.1	87.6	79.6	68.8	55.3	41.0	29.1	23.4	20.7	18.7	16.7	31.0	21.0	10.0	11.8	GC	100.0	87.6	55.3	41.0	16.7
CN1-18	04-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Obra	NV-41 a NV-42		100.0	98.7	94.0	88.5	80.4	71.2	59.6	43.6	31.5	25.7	23.2	20.9	18.6	31.0	21.0	10.0	10.8	SC	100.0	88.5	59.6	43.6	18.6
CN1-19	05-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-42 a NV-44		100.0	96.9	93.3	84.3	74.7	66.1	49.8	34.7	24.1	19.1	16.8	14.6	12.4	30.0	22.0	8.0	12.4	GC	100.0	84.3	49.8	34.7	12.4
CN1-20	06-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-44 a NV-45	100.0	96.0	91.8	84.2	76.8	64.1	56.7	44.9	30.9	21.5	17.4	15.6	13.9	12.2	31.0	22.0	9.0	12.9	GC	100.0	76.8	44.9	30.9	12.2



RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CARACTERIZACIONES FISICAS
ASTM-D422-03,ASTM-04910-00,ASTM-D2210-00

HUJA : 2
 DE : 3

OBRA :	RECRECIMIENTO DE LA PRESA DE RELAVES EXPLORADOR	MATERIAL:	TIPO C	N° PROYECTO:	1-M-154-002	UBICACION :	Mina Selene-Apurimac	FECHA :	Feb-06
CLIENTE :	CIA MINERA ARES S.A.C.	OPERADOR :	F.E.T./J.D.G.	CALCULADO:	J.J.F.Z.	REVISADO	J.J.F.Z./E.V.R.	APROBADO	C.S.S.

N° Muestra	Fecha Muestreo (m)	Cantera	Lugar de Muestreo	N° Capa	Porcentaje Acumulado que Pasa la Malla ASTM														LL	LP	IP	w	SUCS	% PASA SEGUN ESPECIFICACION				
					3"	2"	1 1/2"	1"	3/8"	1/2"	3/16"	#4	#10	#20	#40	#60	#100	#200						3"	3/4"	N° 4	N° 10	N° 200
					88-100	64-100	41-100	27-85	0-30																			
CN1-21	07-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Obra	NV-45	100.0	95.0	94.9	88.8	81.1	67.3	59.4	44.2	28.6	19.3	15.4	13.8	12.1	10.9	32.0	24.0	8.0	11.9	GP-GM	100.0	81.1	44.2	28.6	10.9
CN1-22	08-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-45 a NV-47		100.0	93.4	91.0	89.5	84.0	80.1	71.3	48.1	33.1	26.6	23.5	20.6	17.6	31.0	21.0	10.0	13.8	SC	100.0	89.5	71.3	48.1	17.6
CN1-23	09-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Cantera	NV-46		100.0	96.8	93.9	92.1	87.2	81.1	67.6	46.4	30.0	23.1	20.2	17.5	14.8	31.0	21.0	10.0	14.2	SC	100.0	92.1	67.6	46.4	14.8
CN1-24	10-11-05	Cerro Negro 1 (Alto)	Obra	NV-46	100.0	98.7	93.9	87.1	79.3	69.7	61.3	48.3	38.6	25.6	17.7	14.5	12.1	10.2	25.0	20.0	5.0	12.0	GP-GC	100.0	79.3	48.3	38.6	10.2
CN2-01	25-09-05	Cerro Negro 2 (Derecho)	Cantera	-	100.0	97.0	94.8	89.2	86.8	81.3	74.9	58.1	32.9	20.4	15.8	13.8	12.2	10.6	26.0	19.0	7.0	11.0	SP-SC	100.0	86.8	58.1	32.9	10.6
CN2-02	25-09-05	Cerro Negro 2 (Derecho)	Cantera	-		100.0	98.8	92.2	85.1	78.6	72.8	60.1	35.4	23.2	18.8	16.6	14.2	12.0	22.0	18.0	4.0	10.5	SP-SC	100.0	85.1	60.1	35.4	12.0
CN2-03	27-09-05	Cerro Negro 2 (Derecho)	Cantera	-	100.0	96.9	93.3	86.0	73.5	62.4	56.1	46.5	35.6	26.5	21.1	18.1	15.5	13.2	33.0	22.0	11.0	12.9	GC	100.0	73.5	46.5	35.6	13.2
CN2-04	11-11-05	Cerro Negro 2 (Derecho)	Cantera	NV-46 a NV-47		100.0	95.3	87.7	80.7	71.0	63.5	51.8	39.2	25.9	19.0	15.7	13.2	11.2	25.0	21.0	4.0	11.5	GP-GC	100.0	80.7	51.8	39.2	11.2
CN2-05	12-11-05	Cerro Negro 2 (Derecho)	Obra	NV-48 a NV-49		100.0	95.9	86.1	75.2	65.4	58.1	45.4	31.6	20.8	15.5	13.3	11.2	9.9	26.0	21.0	5.0	12.2	GP-GC	100.0	75.2	45.4	31.6	9.9
CN2-06	13-11-05	Cerro Negro 2 (Derecho)	Cantera	NV-49 a NV-50			100.0	94.0	83.4	66.7	55.7	40.4	26.1	16.9	13.3	11.5	9.8	8.6	31.0	19.0	12.0	12.2	GP-GC	100.0	83.4	40.4	26.1	8.6
CN1-25	14-11-05	Cerro Negro 1 (Bajo)	Cantera	NV-51	100.0	92.7	92.5	89.6	88.7	85.2	83.1	78.3	69.1	50.9	36.4	31.3	26.4	23.0	33.0	20.0	13.0	17.0	SC	100.0	88.7	78.3	69.1	23.0
CN2-07	14-11-05	Cerro Negro 2 (Derecho)	Obra	NV-51	100.0	91.6	91.6	82.6	73.9	60.3	50.7	36.2	24.0	15.5	11.6	10.1	8.3	6.9	25.0	19.0	6.0	12.3	GW-GC	100.0	73.9	36.2	24.0	6.9
CN2-08	15-11-05	Cerro Negro 2 (Izquierdo)	Cantera	NV-52	100.0	97.6	97.5	96.3	94.9	91.4	86.9	70.7	52.8	37.7	28.6	24.9	21.3	18.9	27.0	19.0	8.0	12.9	SC	100.0	94.9	70.7	52.8	18.9
CN2-09	16-11-05	Cerro Negro 2 (Izquierdo)	Obra	NV-53			100.0	95.1	86.4	79.7	72.2	56.8	38.9	25.8	20.1	17.4	14.9	13.5	29.0	20.0	9.0	12.5	SC	100.0	86.4	56.8	38.9	13.5
CN2-10	17-11-05	Cerro Negro 2 (Izquierdo)	Cantera	NV-54 a NV-55		100.0	96.6	89.9	77.8	61.6	51.3	38.7	20.4	12.8	10.1	8.9	7.6	6.5	32.0	25.0	7.0	12.5	GW-GM	100.0	77.8	38.7	20.4	6.5
CN2-11	18-11-05	Cerro Negro 2 (Izquierdo)	Obra	NV-55 a NV-57		100.0	97.1	94.1	90.7	84.4	78.6	61.6	39.3	25.8	21.0	19.2	17.2	15.4	28.0	20.0	8.0	11.0	SC	100.0	90.7	61.6	39.3	15.4
CN2-12	19-11-05	Cerro Negro 2 (Izquierdo)	Cantera	NV-57 a NV-58		100.0	95.8	91.6	87.6	78.7	70.0	52.4	33.7	21.4	17.5	15.7	14.1	12.8	28.0	22.0	6.0	11.2	GC-GM	100.0	87.6	52.4	33.7	12.8
PCH-01	15-11-05	Parcachata	Cantera	-		100.0	96.5	94.6	92.3	89.8	86.3	73.8	54.7	37.6	29.0	25.3	21.4	17.8	NP	NP	NP	20.3	SM	100.0	92.3	73.8	54.7	17.8
PCH-02	16-11-05	Parcachata	Cantera	-	100.0	95.2	95.1	89.5	85.4	78.7	72.0	60.6	46.4	31.3	24.4	21.4	18.4	15.9	36.0	22.0	14.0	17.0	SC	100.0	85.4	60.6	46.4	15.9
PCH-03	20-11-05	Parcachata	Cantera	NV-58 a NV-59	94.9	94.8	92.8	90.1	88.7	84.5	80.0	68.1	47.4	32.2	25.6	22.4	19.4	17.2	33.0	22.0	11.0	15.2	SC	94.9	88.7	68.1	47.4	17.2
PCH-04	21-11-05	Parcachata	Obra	NV-59 a NV-60	100.0	93.7	92.0	87.3	84.8	78.4	72.9	60.8	46.0	31.8	24.7	21.4	18.6	16.3	25.0	22.0	3.0	13.5	SM	100.0	84.8	60.8	46.0	16.3
PCH-05	22-11-05	Parcachata	Cantera	NV-60 a NV-61		100.0	97.0	97.0	96.0	93.1	90.3	80.6	56.9	35.8	27.1	23.8	20.9	18.0	NP	NP	NP	15.3	SM	100.0	96.0	80.6	56.9	18.0
CN2-13	23-11-05	Cerro Negro 2 (Izquierdo)	Obra	NV-61 a NV-62		100.0	96.3	90.0	77.6	61.5	49.7	34.3	21.1	14.0	11.2	9.8	8.5	7.1	30.0	21.0	9.0	11.6	GP-GC	100.0	87.7	66.9	52.0	23.2



RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CARACTERIZACIONES FISICAS
ASTM-D422-03,ASTM-D4310-00,ASTM-D2210-08

HOJA : 3

DE : 3

OBRA : RECRECIMIENTO DE LA PRESA DE RELAVES EXPLORADOR MATERIAL: TIPO C N° PROYECTO: 1-M-154-002 UBICACION: Mina Selene-Apurimac FECHA: Feb-06

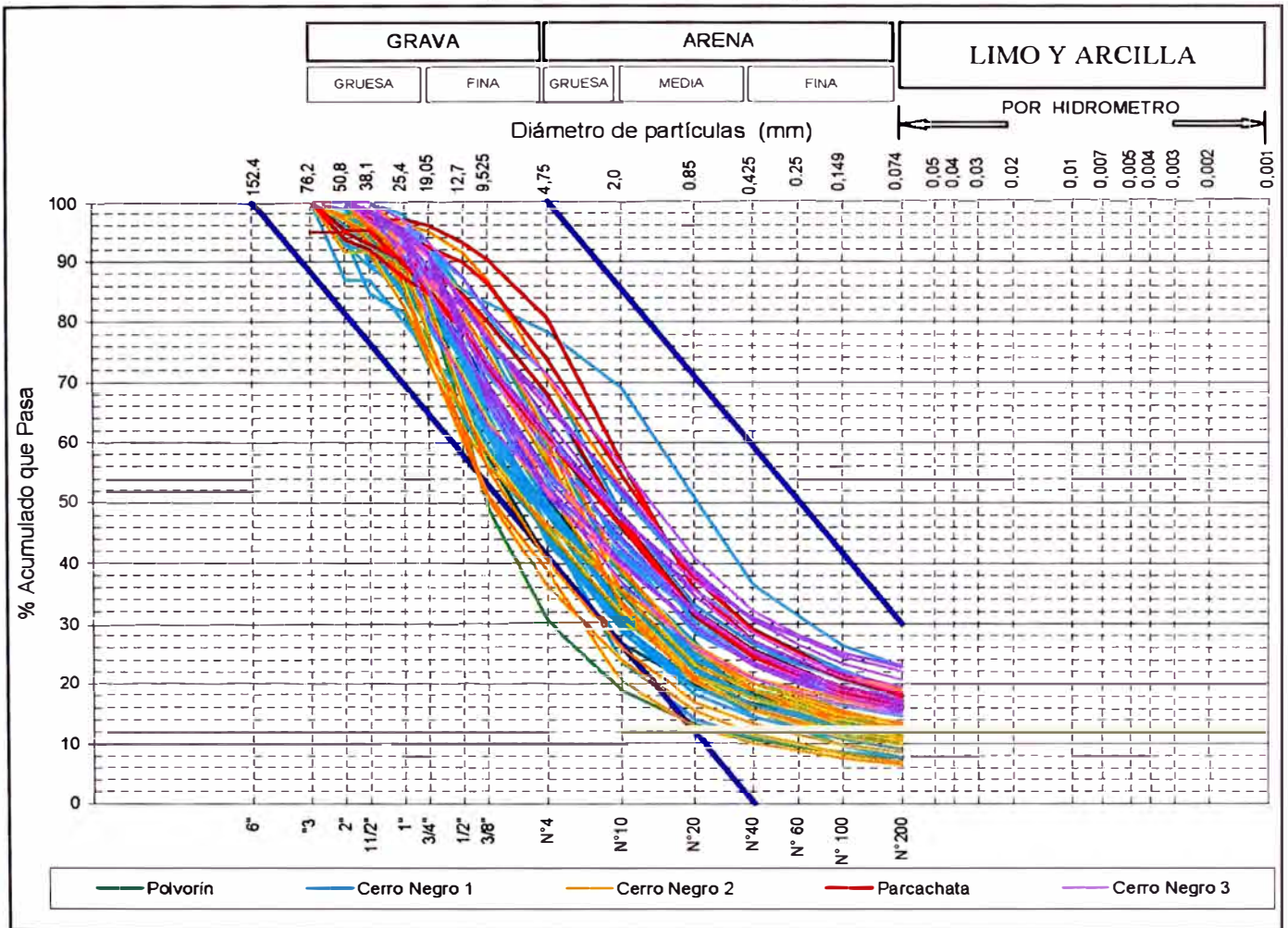
CLIENTE: CIA MINERA ARES S.A.C. OPERADOR: F.E.T./J.D.G. CALCULADO: J.J.F.Z. REVISADO: J.J.F.Z./E.V.R. APROBADO: C.S.S.

N° Muestra	Fecha Muestreo (m)	Cantera	Lugar de Muestreo	N° Capa	Porcentaje Acumulado que Pasa la Malla ASTM												LL	LP	IP	w	SUJCS	% PASA SEGUN ESPECIFICACION							
					3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#60						#100	#200	3"	3/4"	N° 4	N° 10	N° 200	
					88-100	64-100	41-100	27-85	0-30	<50%																			
CN3-01	23-11-05	Cerro Negro 3	Cantera	-		100.0	98.4	93.8	87.7	82.4	77.2	66.9	52.0	38.2	30.4	27.7	25.0	23.2	24.0	19.0	5.0	13.5	SC-SM	100.0	87.7	66.9	52.0	23.2	
CN3-02	23-11-05	Cerro Negro 3	Cantera	-		100.0	98.2	90.6	85.4	75.7	67.7	52.5	36.9	26.0	20.9	18.6	16.6	15.0	29.0	20.0	9.0	11.5	GC	100.0	85.4	52.5	36.9	15.0	
CN3-03	24-11-05	Cerro Negro 3	Cantera	NV-63		100.0	98.2	95.6	90.6	80.3	73.0	60.5	47.6	35.6	28.4	24.6	21.9	19.4	30.0	20.0	10.0	12.1	SC	100.0	90.6	60.5	47.6	19.4	
CN3-04	25-11-05	Cerro Negro 3	Obra	NV-64 a NV-65		100.0	98.4	93.4	86.8	79.9	73.3	61.9	47.5	37.1	31.0	27.7	24.4	22.1	26.0	18.0	8.0	13.8	SC	100.0	86.8	61.9	47.5	22.1	
CN3-05	26-11-05	Cerro Negro 3	Cantera	NV-65 a NV-66			100.0	96.8	93.1	87.4	81.7	71.2	56.4	41.0	32.1	28.1	25.2	22.8	28.0	19.0	9.0	12.0	SC	100.0	93.1	71.2	56.4	22.8	
CN3-06	27-11-05	Cerro Negro 3	Obra	NV-66 a NV-68		100.0	96.2	92.7	85.2	75.8	67.1	55.0	43.0	30.7	23.9	20.7	18.1	16.2	28.0	19.0	9.0	11.8	GC	100.0	85.2	55.0	43.0	16.2	
CN3-07	28-11-05	Cerro Negro 3	Cantera	NV-68 a NV-70		100.0	98.5	95.1	91.2	83.6	77.6	63.7	48.2	34.6	27.1	23.9	21.1	18.5	31.0	21.0	10.0	11.7	SC	100.0	91.2	63.7	48.2	18.5	
CN3-08	29-11-05	Cerro Negro 3	Obra	NV-70 a NV-72			100.0	93.7	80.4	70.4	63.0	52.7	40.5	29.8	23.0	20.6	17.8	16.0	33.0	23.0	10.0	11.2	GC	100.0	80.4	52.7	40.5	16.0	
CN3-09	30-11-05	Cerro Negro 3	Cantera	NV-73		100.0	98.6	95.5	91.5	82.6	76.8	65.9	52.6	38.9	30.5	26.5	23.4	20.7	33.0	21.0	12.0	12.5	SC	100.0	91.5	65.9	52.6	20.7	
CN3-10	01-12-05	Cerro Negro 3	Obra	NV-74 y 01 a 05: P.L.1		100.0	96.7	94.4	89.1	78.5	71.8	58.7	44.3	32.2	25.1	21.7	18.8	16.6	28.0	20.0	8.0	13.6	SC	100.0	89.1	58.7	44.3	16.6	
CN3-11	02-12-05	Cerro Negro 3	Cantera	06 a 11 (P.L. 1)		100.0	96.8	92.3	85.2	75.0	68.8	54.2	40.5	29.4	23.0	20.0	17.7	15.4	30.0	21.0	9.0	13.4	GC	100.0	85.2	54.2	40.5	15.4	
CN3-12	03-12-05	Cerro Negro 3	Obra	12 a 17 (P.L. 1)		100.0	98.1	95.6	91.7	78.7	69.8	55.3	42.5	31.8	25.4	22.2	19.6	17.3	29.0	20.0	9.0	13.2	GC	100.0	91.7	55.3	42.5	17.3	
CN3-13	04-12-05	Cerro Negro 3	Cantera	18 a 22 (P.L. 1)		100.0	97.8	94.7	90.8	76.8	66.5	51.1	39.8	29.6	23.6	21.0	18.8	16.8	29.0	20.0	9.0	12.4	GC	100.0	90.8	51.1	39.8	16.8	
Especificación					81-100				64-100			41-100	27-85					0-30	<50%						88-100	64-100	41-100	27-85	0-30
Promedio					99.7	98.2	95.7	91.0	84.9	76.1	68.8	54.9	39.1	27.2	21.2	18.6	16.2	14.3	30.1	21.1	9.0	12.4			99.9	85.1	55.5	39.6	14.5
Máximo					100.0	100.0	100.0	97.7	96.0	93.1	90.3	80.6	69.1	50.9	36.4	31.3	26.4	23.2	41.0	25.0	16.0	20.3			100.0	96.0	80.6	69.1	23.2
Mínimo					94.9	87.0	84.7	79.9	72.9	60.3	49.1	30.3	18.9	12.8	10.1	8.9	7.6	6.5	22.0	18.0	3.0	7.7			94.9	72.9	30.3	18.9	6.5
Desviación Estándar					1.148	2.923	3.334	4.116	5.685	7.927	9.616	10.765	10.034	7.832	6.074	5.387	4.768	4.299	3.439	1.623	2.649	2.320			0.669	5.614	10.521	9.886	4.347

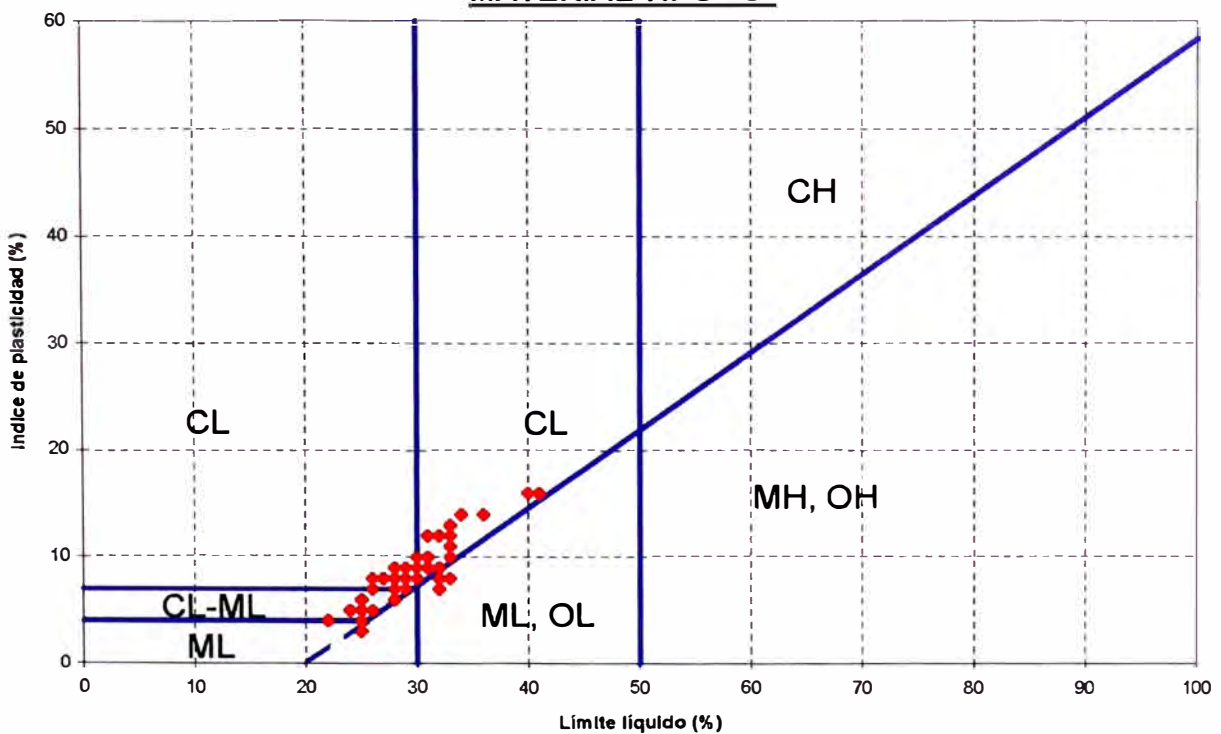
Nota: X-Y (A) NV-X a NV-Y: Capa Nivelada X a la Capa Nivelada Y

Las muestras de suelos siguientes: P-01 a P-02, CN1-01 a CN1-02, CN2-01 a CN2-03, PCH-01 PCH-02 y CN3-01 a CN3-02 sirvieron para definir los O.C.H. y M.D.S. ambos corregidos para el control de compactación respectivo

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422-63)
MATERIAL TIPO "C"



CARTA DE PLASTICIDAD
MATERIAL TIPO "C"



RESUMEN DE PROCTOR ESTANDAR (ASTM D698-00a)

MATERIAL TIPO "C"

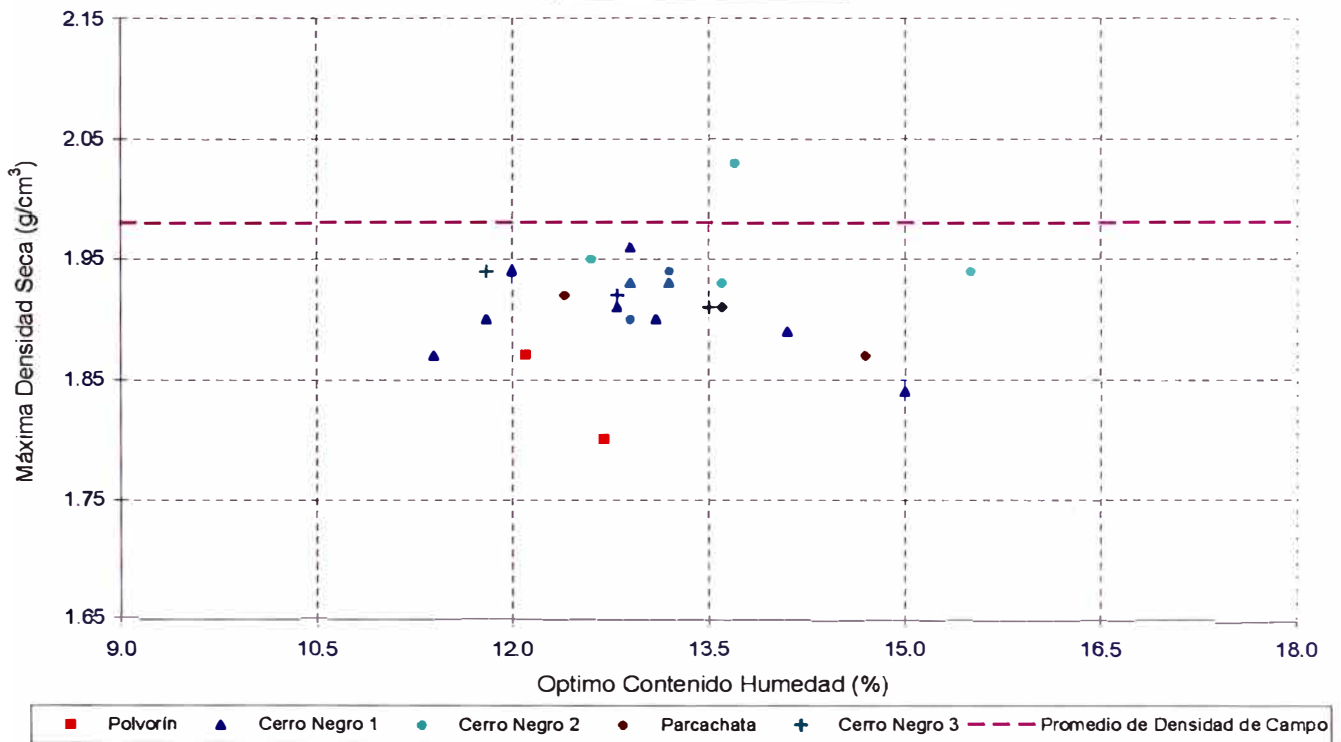
Item	Datos de la Muestra					Resultados del Ensayo		Contenido Humedad	
	Código Proctor	Codigo Muestra	Fecha Muestreo	Procedencia (Cantera / Obra)	SUCS	M.D.S. Corregida ** (g/cm ³)	O.C.H. Corregido * (%)	Contenido Humedad Natural (%)	Variación Humedad (%)
01	PP-01	P-01	13-Oct-05	Polvorín	GP-GM	1.80	12.7	19.0	-6.3
02	PP-02	P-02	13-Oct-05	Polvorín	GC	1.87	12.1	12.0	0.1
03	PCN1-01	CN1-01	17-Oct-05	Cerro Negro 1 (Alto)	GW-GC	1.87	11.4	8.7	2.7
04	PCN1-02	CN1-02	17-Oct-05	Cerro Negro 1 (Alto)	GW-GC	1.90	11.8	9.6	2.2
05	PCN1-03	CN1-04	23-Oct-05	Obra (Cerro Negro 1)	SC-SM	1.93	13.2	11.3	1.9
06	PCN1-04	CN1-06	24-Oct-05	Cerro Negro 1 (Alto)	GC	1.96	12.9	14.5	-1.6
07	PCN1-05	CN1-07	24-Oct-05	Cerro Negro 1 (Alto)	GC	1.89	14.1	8.5	5.6
08	PCN1-06	CN1-12	29-Oct-05	Cerro Negro 1 (Alto)	GC	1.93	12.9	14.0	-1.1
09	PCN1-07	CN1-13	30-Oct-05	Obra (Cerro Negro 1, Alto)	SC	1.90	13.1	12.1	1.0
10	PCN1-08	CN1-19	5-Nov-05	Cerro Negro 1 (Alto)	GC	1.91	12.8	12.4	0.4
11	PCN1-09	CN1-20	6-Nov-05	Cerro Negro 1 (Alto)	GC	1.94	12.0	12.9	-0.9
12	PCN2-01	CN2-01	25-Sep-05	Cerro Negro 2 (S.D.)	SP-SC	2.03	13.7	11.0	2.7
13	PCN2-02	CN2-02	25-Sep-05	Cerro Negro 2 (S.D.)	SP-SC	1.94	15.5	10.5	5.0
14	PCN2-03	CN2-03	27-Sep-05	Cerro Negro 2 (S.D.)	GC	1.93	13.6	12.9	0.7
15	PCN2-04	CN2-04	11-Nov-05	Cerro Negro 2 (S.D.)	GP-GC	1.95	12.6	11.5	1.1
16	PCN1-10	CN1-25	14-Nov-05	Cerro Negro 1 (Bajo)	SC	1.84	15.0	17.0	-2.0
17	PCN2-05	CN2-08	15-Nov-05	Cerro Negro 2 (S.I.)	SC	1.90	12.9	12.9	0.0
18	PCN2-06	CN2-12	19-Nov-05	Cerro Negro 2 (S.I.)	GC-GM	1.94	13.2	11.2	2.1
19	PPCH-01	PCH-01	15-Nov-05	Parcachata	SM	1.87	14.7	20.3	-5.6
20	PPCH-02	PCH-02	16-Nov-05	Parcachata	SC	1.92	12.4	17.0	-4.6
21	PPCH-03	PCH-04	21-Nov-05	Obra (Parcachata)	SM	1.91	13.6	13.5	0.1
22	PCN3-01	CN3-01	23-Nov-05	Cerro Negro 3	SC-SM	1.91	13.5	13.5	0.0
23	PCN3-02	CN3-02	23-Nov-05	Cerro Negro 3	GC	1.94	11.8	11.5	0.3
24	PCN3-03	CN3-06	27-Nov-05	Obra (Cerro Negro 3)	GC	1.92	12.8	11.8	1.0
Promedio						1.91	13.1		
Máximo						2.03	15.5		
Mínimo						1.80	11.4		
Desviación Estándar						0.0446	1.0140		

Nota: En las Presas Laterales 1 y 2 se utilizó el material procedente de la cantera Cerro Negro 3.

(*): Optimo Contenido de Humedad Corregido.

(**): Máxima Densidad Seca Corregida.

Resumen de Resultados - Proctor Estándar ASTM D698-00a
MATERIAL TIPO "C"



ANEXO 5.3
GEOMEMBRANA DE HDPE (E=1.5 MM)

ANEXO 5.3.1
CERTIFICADOS DE CALIDAD DE FÁBRICA DE LA
GEOMEMBRANA



Laboratorio Polytex de Investigación y Ensayos de Materiales Plásticos

Certificado de Calidad

Rollo N°: 439-7

Producto	Geomembrana Lisa Negra HDPE	Cliente	TECNOLOGIA DE MATERIALES S.A.
N° Validación	GE-150070Na11-1001-012	Factura Exportación	N° 0095
Longitud	150 [m]		
Ancho	7 01 [m]		
Fecha Fabricación	30/10/2005		

Propiedades		Norma	Frecuencia	GM13	Promedio
Espesor Promedio	[mm]	D 5199	Por Rollo	1 500	1 533
Mínimo	[mm]	D 5199	Por Rollo	1 350	1 475
Densidad	[gr/cc]	D 792	Por Lote	0 941	0 947
Propiedades Tensiles		D 6693	9 000 [kg]		
Tensión de Fluencia	[KN/m]	Tipo IV		22	31
Tensión de Rotura	[KN/m]			40	58
Elongación de Fluencia	[%]			12	14
Elongación de Rotura	[%]			700	828
Resistencia al Rasgado	[N]	D 1004	20 000 [kg]	187	235
Resistencia al Punzonado	[N]	D 4833	20 000 [kg]	480	633
Resistencia al Agrietamiento	[hr]	D 5397	Por Lote	300	Pendiente
Contenido de Carbón	[%]	D 1603	9 000 [kg]	2 0 - 3 0	2 7
Dispersión de Carbón	[Categoría]	D 5596	20 000 [kg]	1 - 2	2
Tiempo de Inducción Oxidativa (OIT)	[min]	D 3895	Por Lote	100	100
Envejecimiento en horno a 85 [°C]		D 5721	Por Lote		
Standard OIT (90 días)	[%]	D 3895		55	Pendiente
Resistencia UV (Alta Presión OIT)	[%]	D 5885	Por Lote	50	Pendiente

Observaciones:

Certifico que el rollo de geomembrana cumple o excede las especificaciones de Industrias Polytex Ltda

Jefe Laboratorio y Control Calidad



Santa Rosa de Huará N°29 Barrio Industrial, Iquique, Chile
Teléfono: (56-57) 429000. Fax (56-57)422823
E-mail: info@iqpolytex.cl www.polytex.cl



ANEXO 5.3.2
ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LA GEOMEMBRANA

REPORTE DE ENSAYOS DE PRE-SOLDADO
ENSAYO DE CORTE (Shear Test) Y ENSAYO DE PELAJE (Peel Test), ASTM 4437, 6392
SOLDADURA DE DOBLE CUÑA CALIENTE Y SOLDADURA POR EXTRUSION

P R E S A E X P L O R A D O R																							
DATOS DEL ENSAYO				Tensiómetro	Velocidad Tensiómetro (pulg/min)	Temp. Ambiente (°C)	SOLDADURA					Peel 1		Peel 2		Peel 3		Obs.	Shear 1	Shear 2	Shear 3	Obs.	
Fecha	Hora	Entre Paneles	Progresiva				Equipo Soldadura	Temp. Máquina (°C)	Velocidad Soldadura (m/min)	Técnico Soldador	Tipo Soldadura	A	B	A	B	A	B						
4-Dic-05	12:36 a.m.	1/2	0+018.32	W05	2.5	8	PWT-2677	438	2.2	H.M.	Fusión	48	58	54	57	64	68	Ok	100	89	-	Ok	
5-Dic-05	10:10 a.m.	6/7	0+033.84	W05	2.5	8	PWT-2677	450	2.0	J.P.	Fusión	68	67	67	69	71	70	Ok	91	97	-	Ok	
6-Dic-05	09:10 a.m.	12/13	0+074.70	W05	2.5	12	PWT-2677	450	2.0	J.P.	Fusión	67	62	67	65	69	65	Ok	89	76	83	Ok	
11-Dic-05	8:15 p.m.	38/39	0+237.51	W05	2.5	5	X2-030	260/270	-	H.M.	Extrusión	41	-	43	-	45	-	Ok	97	92	101	Ok	
12-Dic-05	6:42 p.m.	22/E	0+140.00	W05	2.5	6	X2-030	260/270	-	H.M.	Extrusión	42	-	41	-	47	-	Ok	72	55	102	Ok	
12-Dic-05	2:30 p.m.	06/E	0+029.83	W05	2.5	4	X2-030	260/270	-	H.M.	Extrusión	45	-	49	-	47	-	Ok	91	105	96	Ok	
13-Dic-05	7:40 p.m.	10/11	0+061.13	W05	2.5	4	X2-030	260/270	-	H.M.	Extrusión	44	-	45	-	36	-	Ok	77	77	80	Ok	

SOLDADURA POR FUSION	
Min. Peel :	45 Kgf
Min. Shear :	55 Kgf
Espesor :	1.5 mm

SOLDADURA POR EXTRUSION	
Min. Peel :	35 Kgf
Min. Shear :	55 Kgf
Espesor :	1.5 mm

REPORTE DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS
ENSAYO DE CORTE (Shear Test) Y ENSAYO DE PELAJE (Peel Test), ASTM 4437, 6392
SOLDADURA DE DOBLE CUÑA CALIENTE O DOBLE SOLDADURA

P R E S A E X P L O R A D O R																												
DATOS DEL ENSAYO					Tensiómetro	Temp. Ambiente (°C)	SOLDADURA					Peel 1		Peel 2		Peel 3		Peel 4		Peel 5		Obs.	Shear 1	Shear 2	Shear 3	Shear 4	Shear 5	Obs.
Fecha	Entre Paneles	Progresiva	Cota (m s n m.)	Distancia Respecto Eje Presa			Equipo Soldadura	Temp. Máquina (°C)	Velocidad Soldadura (m/min)	Técnico Soldador	Tipo Soldadura	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B							
4-Dic-05	6/7	0+033.88	4567.99	1.51	W05	8	PWT-2677	450	2.0	H.M.	Fusión	74	69	66	64	68	56	66	54	56	58	Ok	90	86	85	100	88	Ok
5-Dic-05	10/11	0+061.05	4567.81	2.70	W05	8	PWT-2677	450	2.0	H.M.	Fusión	75	65	70	66	59	52	56	62	70	71	Ok	88	95	94	88	90	Ok
6-Dic-05	14/15	0+088.29	4567.6	3.10	W05	8	PWT-2677	450	2.0	H.M.	Fusión	62	60	54	61	48	60	54	52	57	65	Ok	90	81	91	82	85	Ok
6-Dic-05	19/20	0+122.59	4567.73	2.95	W05	8	PWT-2677	450	2.0	H.M.	Fusión	62	62	48	62	72	51	65	66	62	72	Ok	82	81	83	96	97	Ok
5-Dic-05	23/24	0+149.70	4567.75	2.96	W05	9	PWT-2677	450	2.0	H.M.	Fusión	58	52	62	56	68	69	57	64	71	71	Ok	88	94	83	93	88	Ok
7-Dic-05	27/28	0+177.08	4567.79	2.97	W05	8	PWT-2677	450	2.0	J.P.	Fusión	54	62	64	62	49	57	71	75	51	64	Ok	95	97	98	91	91	Ok
8-Dic-05	32/33	0+210.92	4564.65	9.21	W05	8	PWT-2677	450	2.0	J.P.	Fusión	63	65	62	62	71	70	64	61	60	68	Ok	108	107	99	102	104	Ok
8-Dic-05	41/42	0+256.19	4567.86	3.02	W05	8	PWT-2677	450	2.0	J.P.	Fusión	46	64	50	61	54	39	50	67	44	60	Ok	98	99	92	106	97	Ok

SOLDADURA POR FUSION	
Min. Peel :	45 Kgf
Min. Shear :	55 Kgf
Espesor :	1.5 mm

SOLDADURA POR EXTRUSION	
Min. Peel :	35 Kgf
Min. Shear :	55 Kgf
Espesor :	1.5 mm

REPORTE DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS
ENSAYO DE PRESION DE AIRE (PRESSURIZATION TEST)
SOLDADURA DE DOBLE CUÑA CALIENTE O DOBLE SOLDADURA

P R E S A E X P L O R A D O R													
DATOS DEL ENSAYO					SOLDADURA			RESULTADOS DEL ENSAYO					Obs.
Fecha	Entre Paneles	Progresiva	Cota (m.s.n.m.)	Distancia Respecto Eje Presa	Técnico Soldador	Tipo Soldadura	Longitud Soldadura	Hora Inicio	Presión Inicio (PSI)	Hora Término	Presión Término (PSI)	Disminución Presión (PSI)	
7-Dic-05	1/2	0+017.91	4561.37	18.82	H.M.	Fusión	16.80	10.00 a.m.	32	10.05 a.m.	29	3	Ok
7-Dic-05	2/3	0+018.84	4561.55	17.03	H.M.	Fusión	17.00	10.28 a.m.	39	10.33 a.m.	36	3	Ok
7-Dic-05	3/4	0+020.45	4561.48	16.28	H.M.	Fusión	16.28	10.34 a.m.	38	10.34 a.m.	35	3	Ok
7-Dic-05	4/5	0+023.28	4561.47	15.59	H.M.	Fusión	17.87	10.40 a.m.	37	10.45 a.m.	35	2	Ok
7-Dic-05	5/6	0+026.88	4561.47	15.64	H.M.	Fusión	18.00	10.49 a.m.	40	10.54 a.m.	37	3	Ok
7-Dic-05	6/7	0+037.73	4561.45	15.77	H.M.	Fusión	18.13	10.55 a.m.	38	11.00 a.m.	36	2	Ok
7-Dic-05	1/E	0+017.75	4561.17	20.25	H.M.	Fusión	1.30	11.00 a.m.	32	11.05 a.m.	29	3	Ok
7-Dic-05	1/E	0+018.33	4561.22	18.99	H.M.	Fusión	4.50	11.06 a.m.	35	11.11 a.m.	32	3	Ok
7-Dic-05	2/E	0+018.41	4561.34	18.46	H.M.	Fusión	1.60	11.12 a.m.	36	11.11 a.m.	33	3	Ok
7-Dic-05	3/E	0+020.69	4561.25	16.40	H.M.	Fusión	1.60	11.22 a.m.	34	11.27 a.m.	31	3	Ok

REPORTE DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS
ENSAYO DE CAJA DE VACIO (VACUUMBOX) - ASTM D 4437
SOLDADURA POR EXTRUSION

P R E S A E X P L O R A D O R									
DATOS DEL ENSAYO						SOLDADURA			Obs.
Fecha	Parche N°	Entre Paneles	Progresiva	Cota (m.s.n.m.)	Distancia Respecto Eje Presa	Técnico Soldador	Tipo Soldadura	Dimensiones Soldadura bxh	
13-Dic-05	P-01	1/E	0+015.98	4560.52	24.35	J.P.	Extrusión	0.45x0.35	Ok.
13-Dic-05	P-02	1/E	0+017.78	4561.23	20.27	J.P.	Extrusión	0.46x0.38	Ok.
13-Dic-05	P-03	1/2	0+018.32	4561.28	18.74	J.P.	Extrusión	0.76x0.95	Ok.
13-Dic-05	P-04	2/3	0+019.06	4561.42	17.03	J.P.	Extrusión	0.79x0.79	Ok.
13-Dic-05	P-05	3/4	0+020.67	4561.47	16.29	J.P.	Extrusión	0.74x0.68	Ok.
13-Dic-05	P-06	4/5	0+023.40	4561.41	15.69	J.P.	Extrusión	0.68x0.63	Ok.
13-Dic-05	P-07	5/6	0+026.59	4561.31	15.67	J.P.	Extrusión	1.30x0.70	Ok.
13-Dic-05	P-08	6/E	0+029.82	4561.24	15.93	J.P.	Extrusión	0.58x0.45	Ok.
13-Dic-05	P-09	6/7	0+033.84	4561.40	15.88	J.P.	Extrusión	0.65x0.69	Ok.
13-Dic-05	P-10	7/E	0+037.08	4561.45	15.76	J.P.	Extrusión	0.43x0.40	Ok.

ANEXO 6
REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto N° 1: Inicio de la obra. Vista panorámica de la excavación del Top Soil (material orgánico), al pie de talud aguas abajo de la Presa Explorador, entre las prog. 0+110 a 0+135 aproximadamente.



Foto N° 2: Excavación y acopio del suelo no apto para cimentación de la Presa Explorador, ubicado al pie de talud aguas abajo, entre las prog. 0+140 a 0+190 aproximadamente).

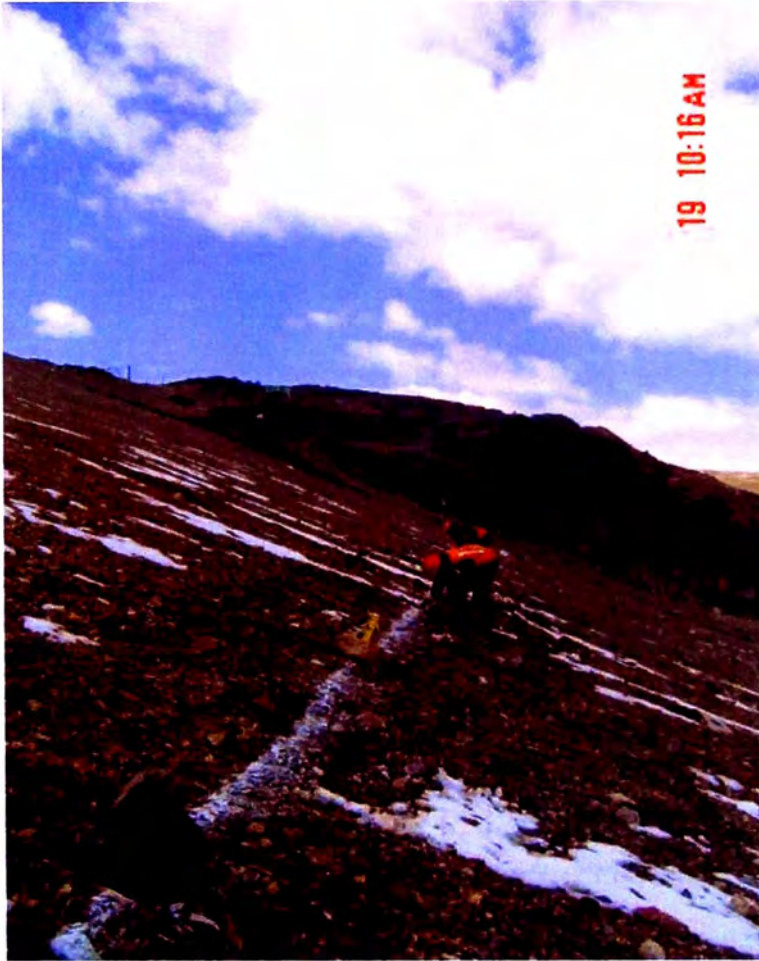


Foto N° 3: Trazo y replanteo del nivel 4545.0 m.s.n.m., límite superior del material de relleno tipo "B", en el talud aguas abajo de la Presa Explorador.



Foto N° 4: Vista panorámica de los trabajos de conformación y nivelación de las primeras capas del terraplén.



Foto N° 5: Excavación del hueco en la capa de terraplén compactada para la realización del ensayo de control de densidad con el método del cono de arena.



Foto N° 6: Trazo y replanteo para la conformación de siguiente capa de terraplén.



Foto N° 7: Excavación y acopio de suelo orgánico para eliminación, al pie de talud aguas abajo de la Presa Explorador, entre las prog. 0+110 a 0+135 aproximadamente.



Foto N° 8: Vista panorámica del recrecimiento de la Presa Explorador al 01/11/05.



Foto N° 9: Extensión de los cables de los piezómetros de cuerda vibrante ubicados aguas abajo de la Presa Explorador.

1. Caseta de control antigua.
2. Lectura con el Slope Indicator (Data Logger).
3. Conexión de cables piezométricos.
4. Cables nuevo y antiguo unidos y cubiertos.
5. Zanja para el extensión del cable.
6. Compactación.
7. Tubería de protección de cables.
8. Lectura de datos en la nueva caseta de control.



Foto N° 10: Terraplén del recrecimiento de la Presa Explorador al 04/11/05.

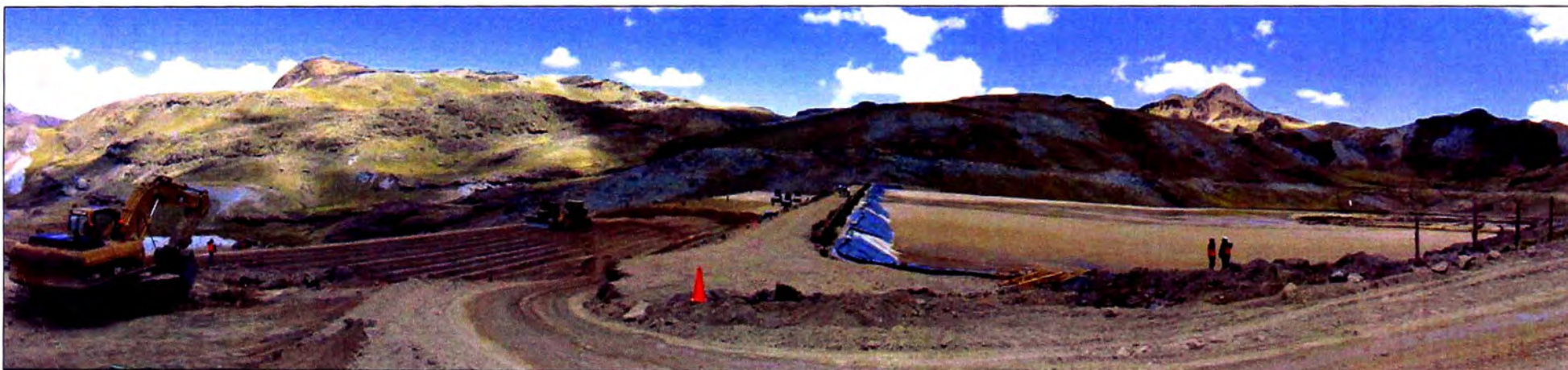


Foto N° 11: Vista panorámica de la Presa Explorador al 05/11/05.



Foto N° 12: Recrecimiento de la Presa Explorador al 16/11/05.



Foto N° 13: Vista panorámica de la Presa Explorador al 18/11/05. Obsérvese los trabajos de conformación para el desarrollo de la curva del recrecimiento.



Foto N° 14: Geomembrana HPDE existente cortada y anclada en el talud de aguas arriba de la Presa Explorador.



Foto N° 15: Vista panorámica del la Presa Explorador al 23/11/05, véase al fondo el perfilado mecánico del talud aguas arriba de la presa.



Foto N° 16: Perfilado y peinado del talud aguas abajo del recrecimiento de la Presa Explorador.



Foto N° 17: Vista panorámica de la Presa Explorador al 30/11/05, véase la compactación de las últimas capas del recrecimiento.



Foto N° 18: Trabajos de conformación y compactación del terraplén de relleno de la Presa Lateral N° 2.



Foto N° 19: Trabajos de conformación y compactación del suelo de cimentación de la Presa Lateral N° 1.



Foto N° 20: Presa Lateral N° 2 terminada. Cota de cresta 4568.0 msnm.



Foto N° 21: Compactación de una capa de relleno de la Presa Lateral N° 1. Obsérvese la extensión del piezómetro BH-02-06 (PZ-03).



Foto N° 22: Construcción del canal vertedero de emergencia.

1. Excavación en roca con equipo portatil.
2. Compactación del suelo de cimentación.
3. Encofrado y enfierrado de la alcantarilla.
4. Alcantarilla.
5. Encofrado de las paredes del canal.
6. Compactación de relleno de la alcantarilla.
7. Captación del canal vertedero de emergencia.
8. Tramo final del canal vertedero de emergencia.
9. Canal vertedero de emergencia.



Foto N° 23: Excavación de la zanja de anclaje de la geomembrana en la cresta y trabajos de limpieza, rastrillado y eliminación de todo material punzo-cortante de la superficie del talud de aguas arriba de la Presa Explorador.

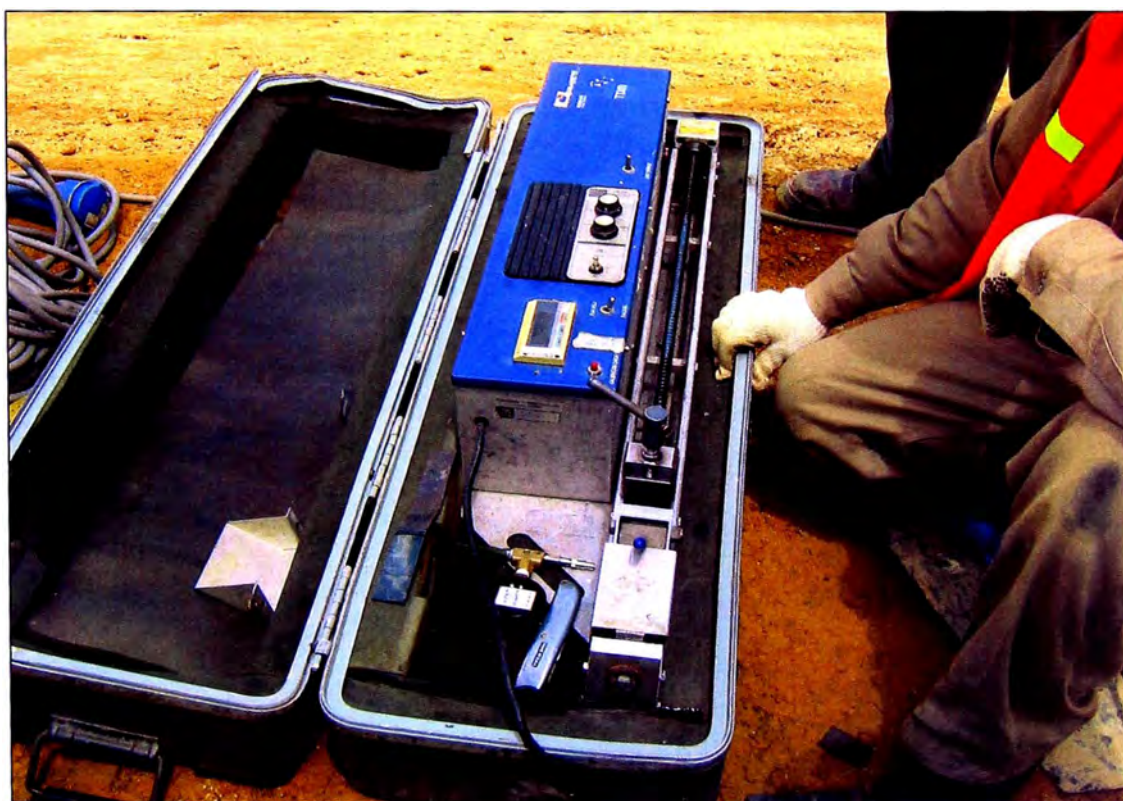


Foto N° 24: Tensiómetro WO5 utilizado en los ensayos de corte y ensayos de pelaje de muestras de soldadura de geomembrana.



Foto N° 25: Compactación del relleno de la zanja de anclaje de la geomembrana, Presa Explorador.



Foto N° 26: Ejecución del ensayo de presión de aire en el canal intermedio de la soldadura de doble cuña caliente.



Foto N° 27: Instalación de los piezómetros de tubo abierto PZ-01 y PZ-02. 1. Perforación para la instalación del piezómetro PZ-01. 2. Tubería de PVC de $\varnothing = 2''$ ranurada cada 1 cm. 3. Instalación del piezómetro PZ-01. 4. Tubería de PVC de $\varnothing = 2''$ y tubería Casing de 5". 5. Piezómetro PZ-02 instalado totalmente. 6. Perforación para la instalación del piezómetro PZ-01. 7. Medición del nivel freático en el piezómetro PZ-02.

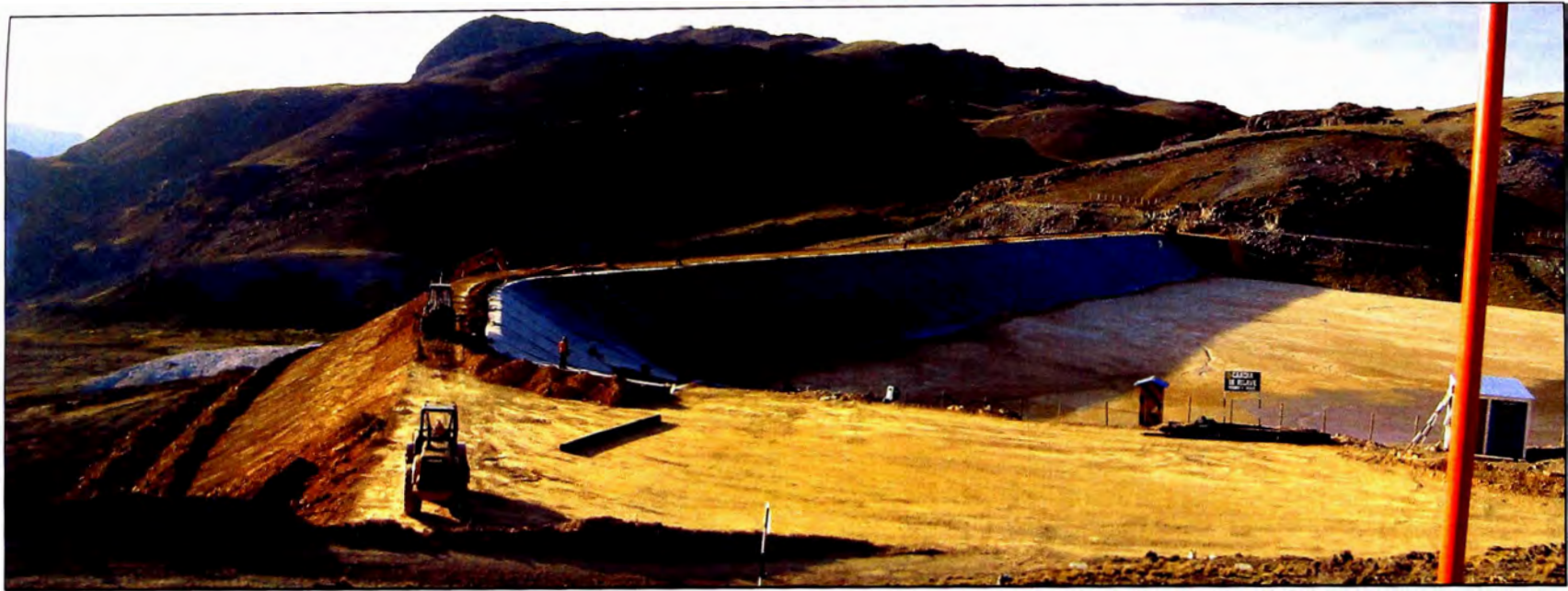


Foto N° 28: Presa Explorador al 08/12/05.



Foto N° 29: Presa Lateral N° 1 al 09/12/05. Obsérvese los trabajos de instalación de la geomembrana de HDPE.



Foto N° 30: Instalación de parches mediante soldadura por extrusión.



Foto N° 31: Ejecución del ensayo caja de vacío en el extremo de los parches.



Foto N° 32: Colocación de la capa de rodadura sobre la cresta de la Presa Explorador.



Foto N° 33: Presas Laterales N° 1 y 2 terminadas al 15/12/05.



Foto N° 34: Recrecimiento de la Presa Explorador. Fecha 15/12/05.



Foto N° 35: Canal vertedero de emergencia terminado. Fecha 15/12/05.

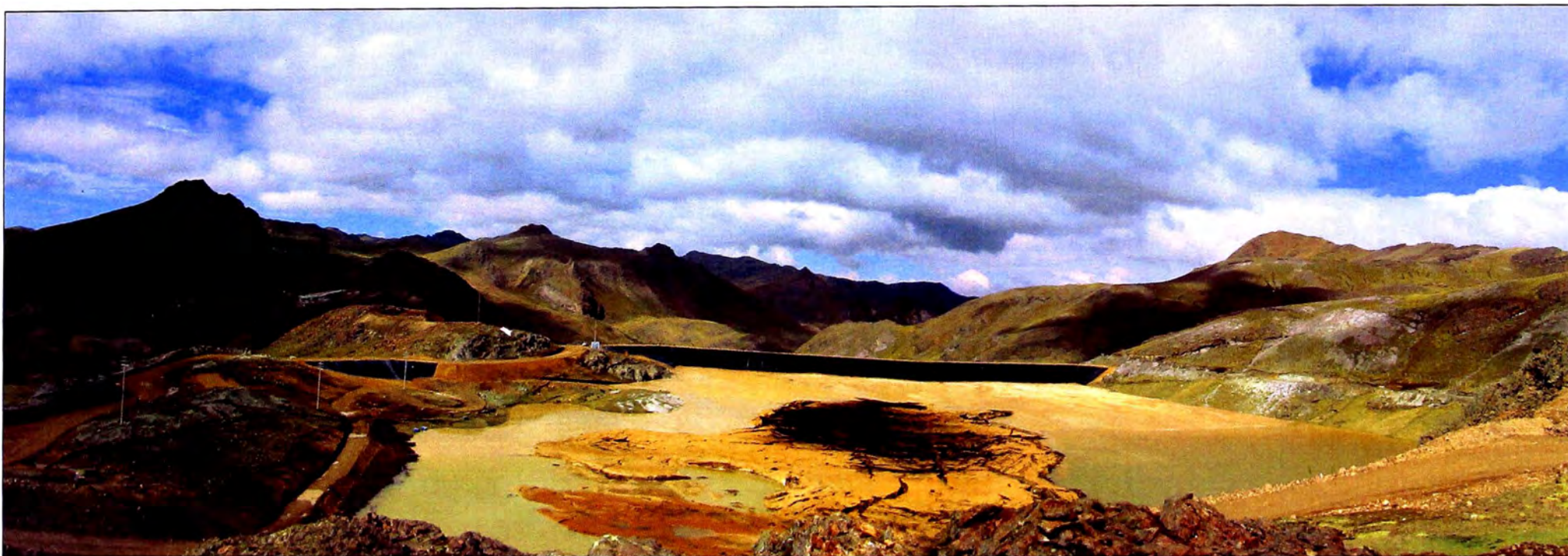


Foto N° 36: Depósito de Relaves Explorador, en su fase terminada, apréciase las tres presas construidas y el canal vertedero de emergencia. Fecha 15/12/05.

PLANOS



LEYENDA

- ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL (CP)
- ▲ ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ORDINARIA (CO)
- ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA (PIU)
- CAPITALES DE PROVINCIA

N 8'520,000

N 8'470,000

N 8'420,000

N 8'370,000

N 8'320,000



E 629,000

E 679,000

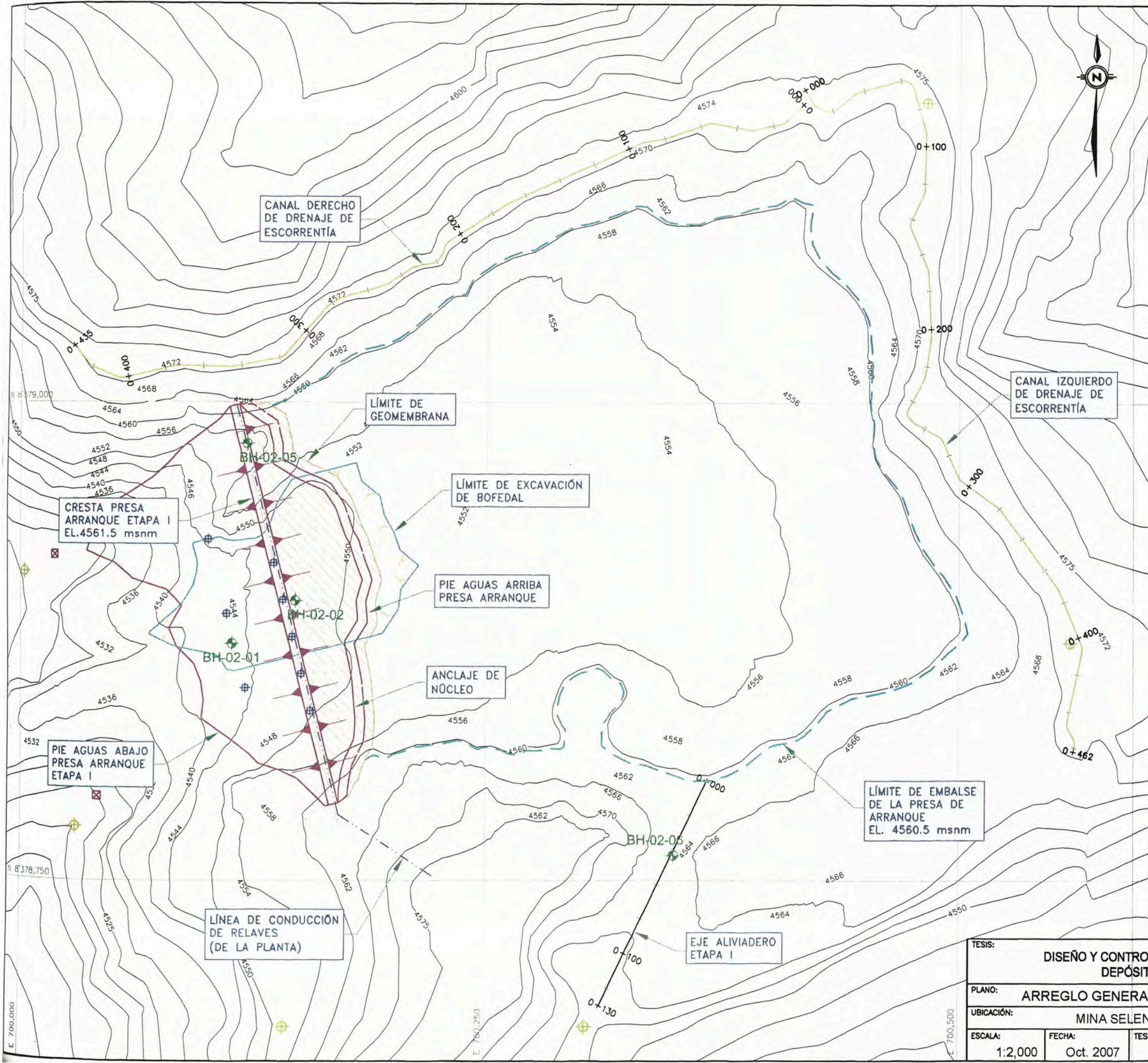
E 729,000

E 779,000

E 829,000

Ubicación del Proyecto

TESIS:				
DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO:				
UBICACIÓN DEL PROYECTO				
UBICACIÓN:				
MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAEAS - APURÍMAC				
ESCALA:	FECHA:	TESISTA:	ASESOR:	PLANO N°:
1:1'000,000	Oct. 2007	Juan Franco Z.	Dr. Zenón Aguilar B.	1



CARACTERÍSTICAS DE LOS CANALES DE DRENAJE DE ESCORRENTÍA:

CANAL DERECHO	
Longitud (m)	435.0
Pendiente (%)	0.3
Concreto	Simple
f'c (kg/cm ²)	175
Sección Transversal	Rectangular
Dimensiones	Ancho: 0.50 m Altura: 0.35 m Espesor: 0.10 m

CANAL IZQUIERDO	
Longitud (m)	462.0
Pendiente (%)	0.2
Concreto	Simple
f'c (kg/cm ²)	175
Sección Transversal	Trapezoidal
Dimensiones	Ancho: 0.70 m (base) Altura: 1.15 m Taludes: 1.0(H):1.0(V) Espesor: 0.10 m

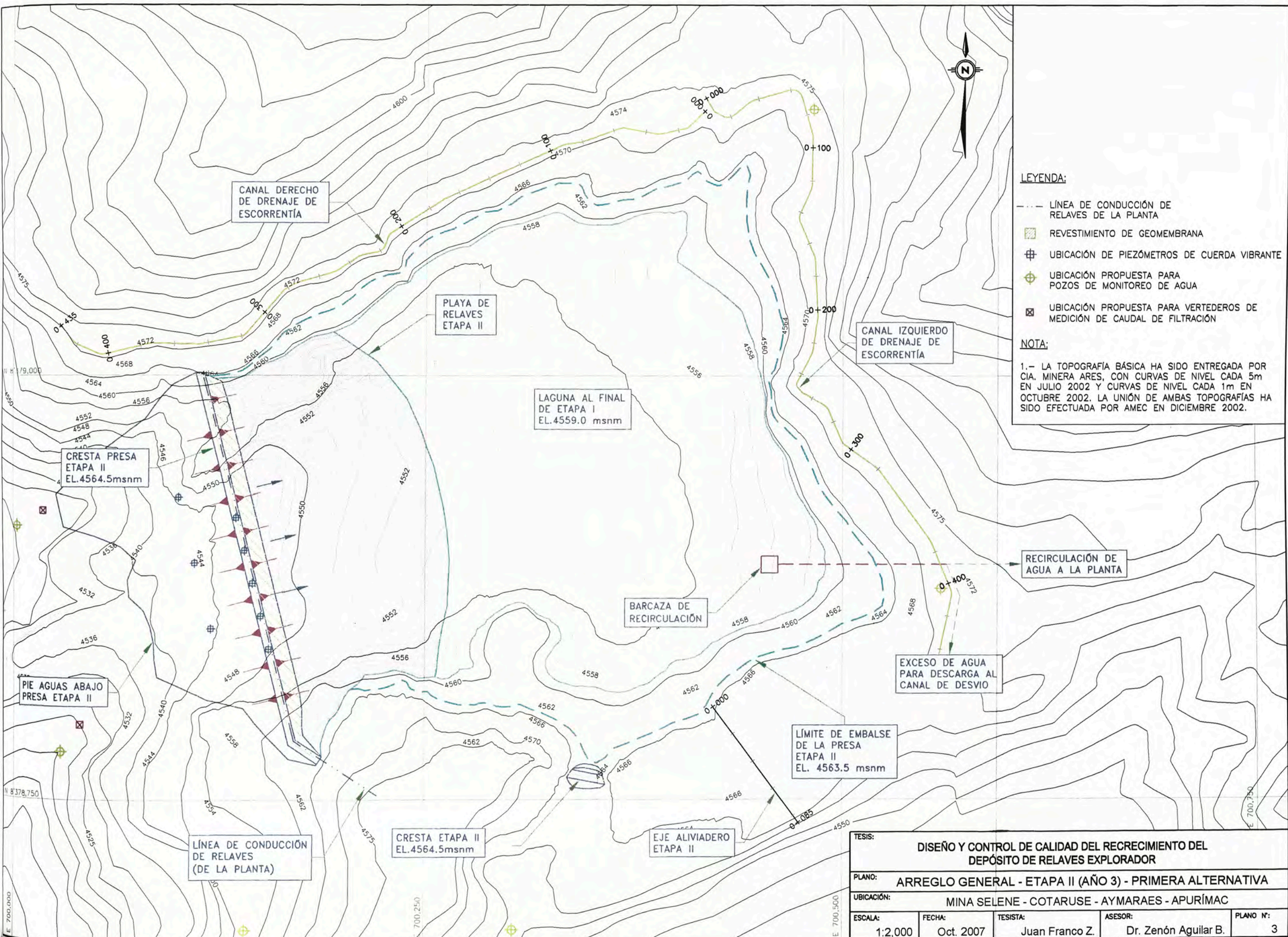
LEYENDA:

- LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE RELAVES DE LA PLANTA
- ▭ REVESTIMIENTO DE GEOMEMBRANA
- ⊕ UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE
- ⊕ UBICACIÓN PROPUESTA PARA POZOS DE MONITOREO DE AGUA
- ⊗ UBICACIÓN PROPUESTA PARA VERTEDEROS DE MEDICIÓN DE CAUDAL DE FILTRACIÓN
- ⊕ PIEZÓMETRO DE TUBO ABIERTO

NOTA:

1.- LA TOPOGRAFÍA BÁSICA HA SIDO ENTREGADA POR CIA. MINERA ARES, CON CURVAS DE NIVEL CADA 5m EN JULIO 2002 Y CURVAS DE NIVEL CADA 1m EN OCTUBRE 2002. LA UNIÓN DE AMBAS TOPOGRAFÍAS HA SIDO EFECTUADA POR AMEC EN DICIEMBRE 2002.

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: ARREGLO GENERAL - ETAPA I (AÑO 0) - PRIMERA ALTERNATIVA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA:	FECHA:	TESISTA:	ASESOR:	PLANO N°:
1:2,000	Oct. 2007	Juan Franco Z.	Dr. Zenón Aguilar B.	2



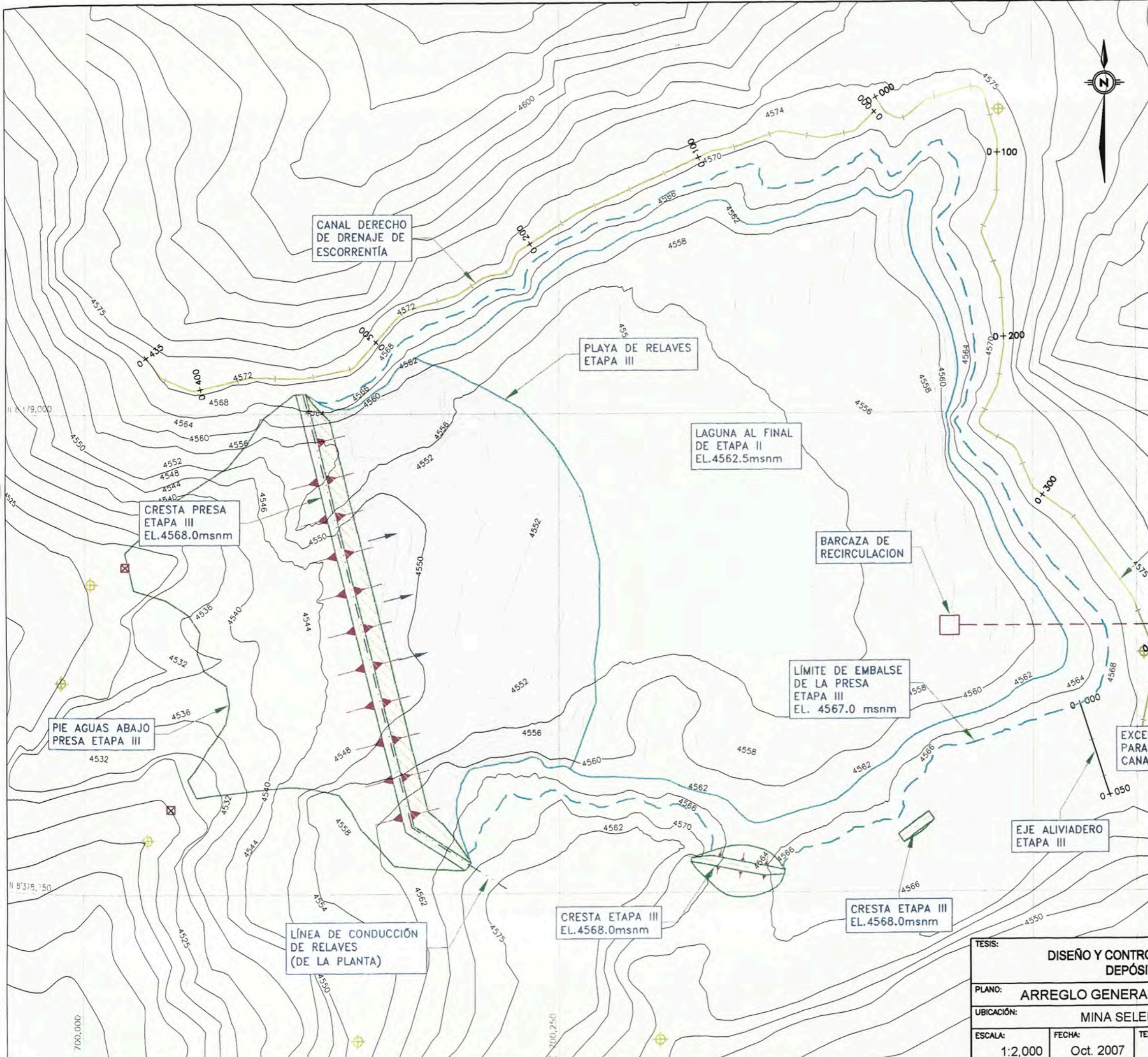
LEYENDA:

- LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE RELAVES DE LA PLANTA
- ▨ REVESTIMIENTO DE GEOMEMBRANA
- ⊕ UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE
- ⊕ UBICACIÓN PROPUESTA PARA POZOS DE MONITOREO DE AGUA
- ⊗ UBICACIÓN PROPUESTA PARA VERTEDEROS DE MEDICIÓN DE CAUDAL DE FILTRACIÓN

NOTA:

1.- LA TOPOGRAFÍA BÁSICA HA SIDO ENTREGADA POR CIA. MINERA ARES, CON CURVAS DE NIVEL CADA 5m EN JULIO 2002 Y CURVAS DE NIVEL CADA 1m EN OCTUBRE 2002. LA UNIÓN DE AMBAS TOPOGRAFÍAS HA SIDO EFECTUADA POR AMEC EN DICIEMBRE 2002.

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: ARREGLO GENERAL - ETAPA II (AÑO 3) - PRIMERA ALTERNATIVA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:2,000	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 3



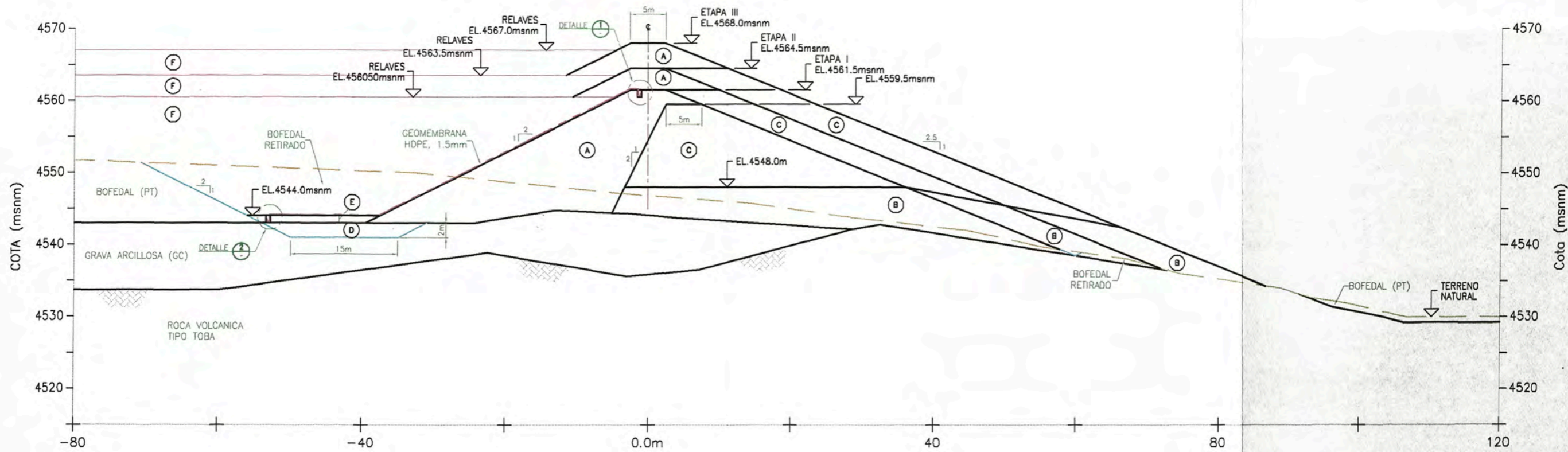
LEYENDA:

- LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE RELAVES DE LA PLANTA
- ▨ REVESTIMIENTO DE GEOMEMBRANA
- ⊕ UBICACIÓN PROPUESTA PARA POZOS DE MONITOREO DE AGUA
- ⊗ UBICACIÓN PROPUESTA PARA VERTEDEROS DE MEDICIÓN DE CAUDAL DE FILTRACIÓN

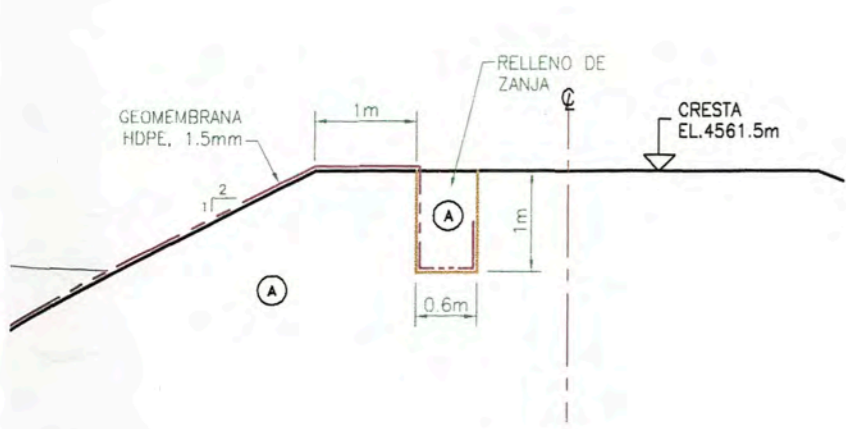
NOTA:

1.- LA TOPOGRAFÍA BÁSICA HA SIDO ENTREGADA POR CIA. MINERA ARES, CON CURVAS DE NIVEL CADA 5m EN JULIO 2002 Y CURVAS DE NIVEL CADA 1m EN OCTUBRE 2002. LA UNIÓN DE AMBAS TOPOGRAFÍAS HA SIDO EFECTUADA POR AMEC EN DICIEMBRE 2002.

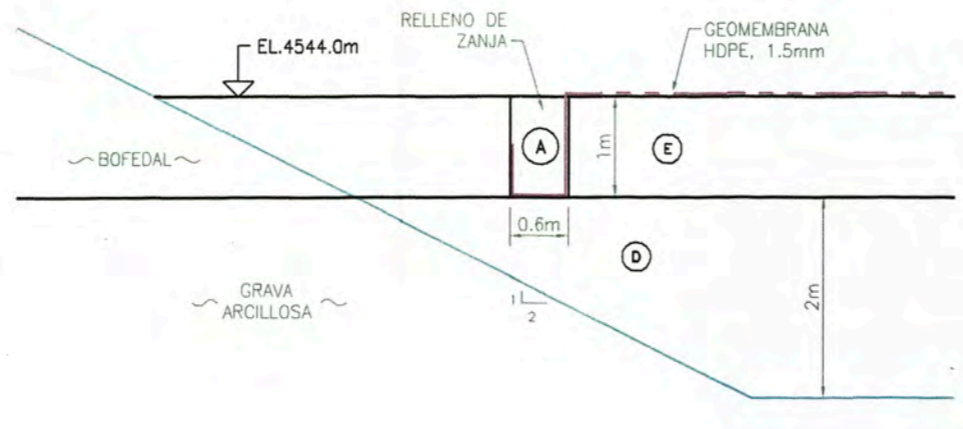
TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: ARREGLO GENERAL - ETAPA III (AÑO 6) - PRIMERA ALTERNATIVA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:2,000	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 4



SECCIÓN TÍPICA - PRESA EXPLORADOR
ESC: 1/600



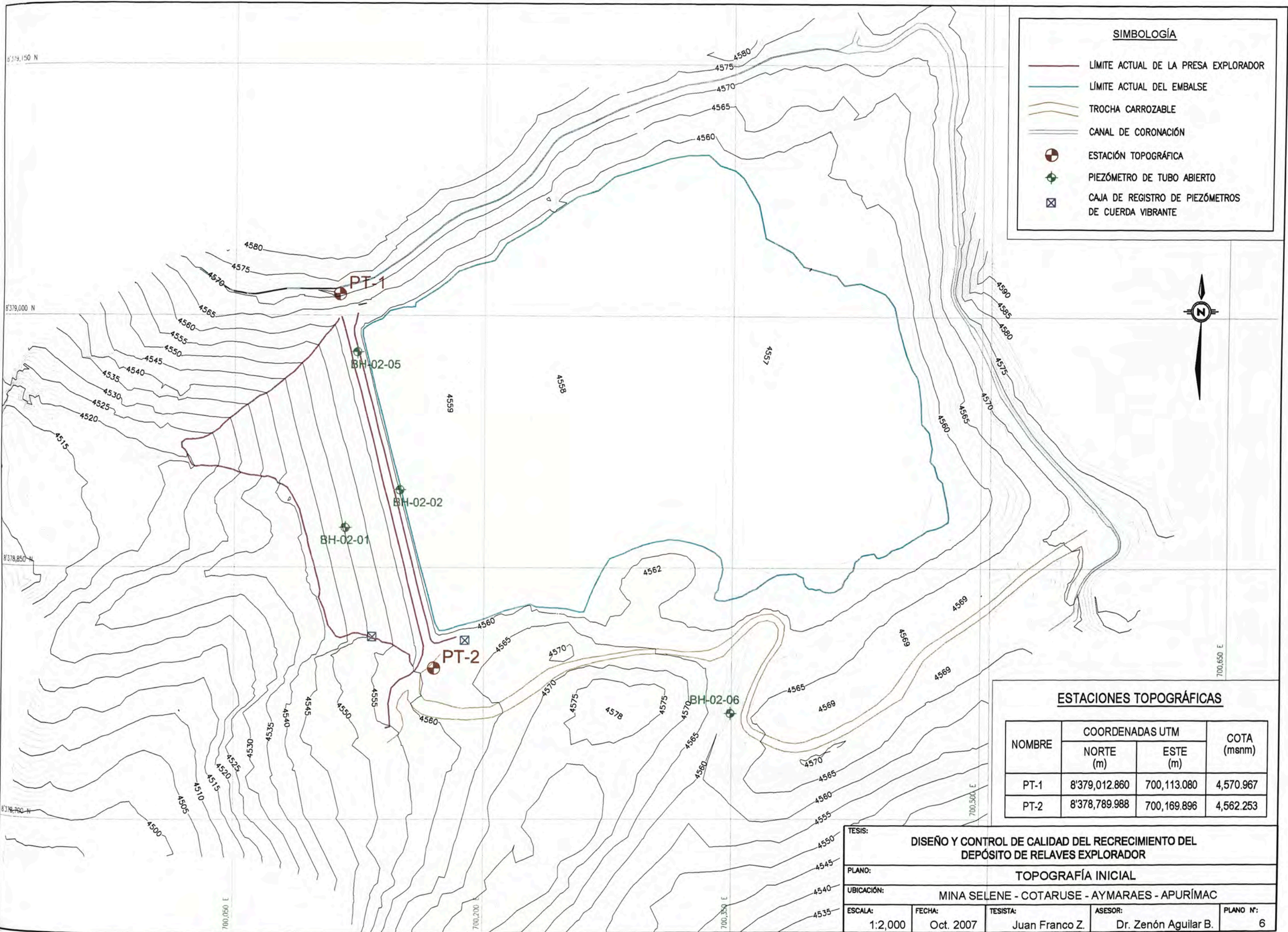
DETALLE 1
ESC: 1/75



DETALLE 2
ESC: 1/75

ZONA	ESTRUCTURA
(A)	NÚCLEO DE BAJA PERMEABILIDAD
(B)	DREN
(C)	RELLENO GENERAL
(D)	ANCLAJE DE NÚCLEO
(E)	RELLENO DE CUNETAS
(F)	RELAVES

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA EXPLORADOR - SECCION TÍPICA - PRIMERA ALTERNATIVA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: Indicada	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 5



SIMBOLOGÍA

	LÍMITE ACTUAL DE LA PRESA EXPLORADOR
	LÍMITE ACTUAL DEL EMBALSE
	TROCHA CARROZABLE
	CANAL DE CORONACIÓN
	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
	PIEZÓMETRO DE TUBO ABIERTO
	CAJA DE REGISTRO DE PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE



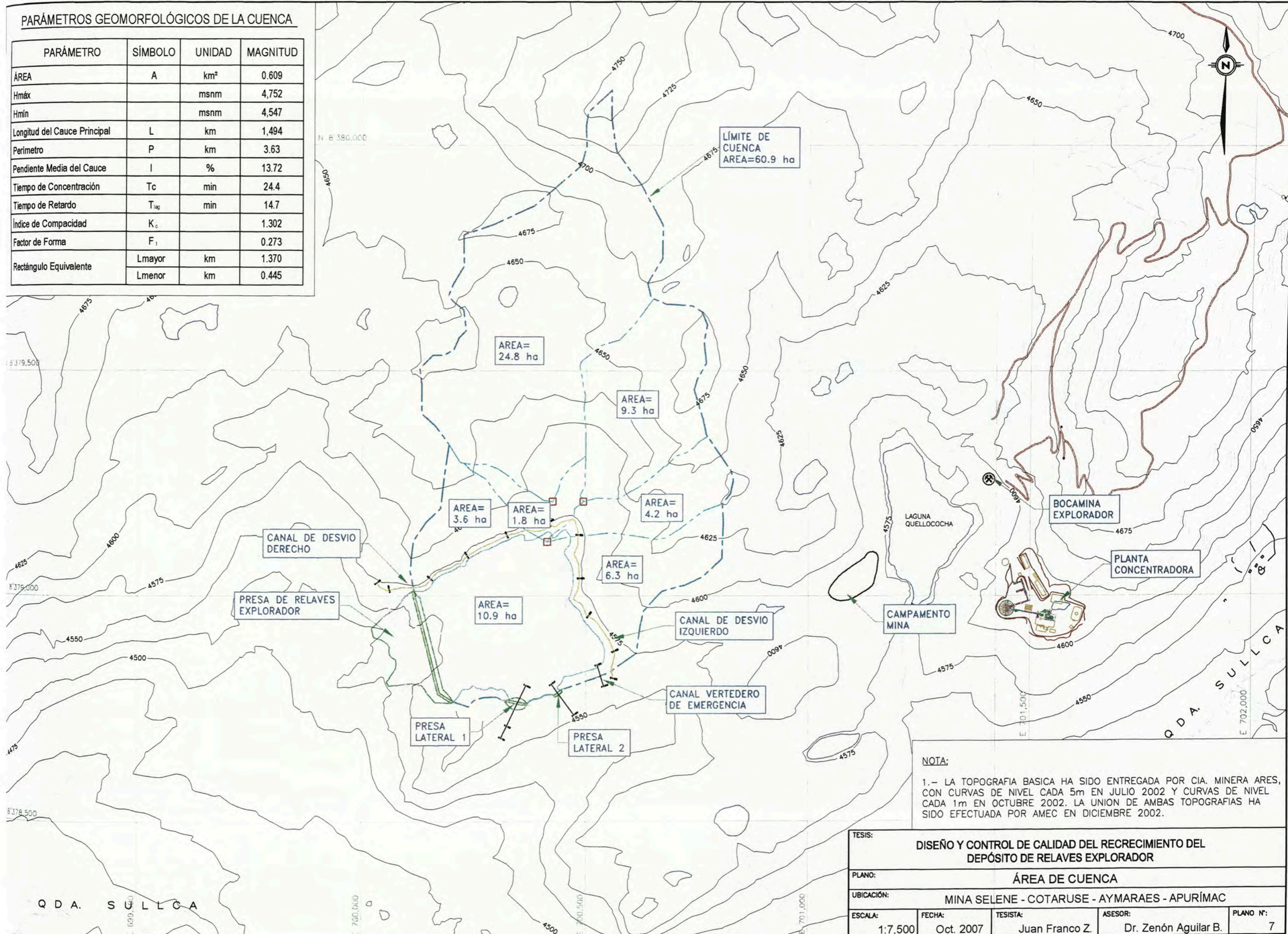
ESTACIONES TOPOGRÁFICAS

NOMBRE	COORDENADAS UTM		COTA (msnm)
	NORTE (m)	ESTE (m)	
PT-1	8'379,012.860	700,113.080	4,570.967
PT-2	8'378,789.988	700,169.896	4,562.253

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: TOPOGRAFÍA INICIAL				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:2,000	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 6

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MAGNITUD
ÁREA	A	km ²	0.609
H _{máx}		msnm	4,752
H _{mín}		msnm	4,547
Longitud del Cauce Principal	L	km	1,494
Perímetro	P	km	3.63
Pendiente Media del Cauce	I	%	13.72
Tiempo de Concentración	T _c	min	24.4
Tiempo de Retardo	T _{lag}	min	14.7
Índice de Compacidad	K _c		1.302
Factor de Forma	F ₁		0.273
Rectángulo Equivalente	L _{mayor}	km	1.370
	L _{menor}	km	0.445



NOTA:
 1.- LA TOPOGRAFIA BASICA HA SIDO ENTREGADA POR CIA. MINERA ARES, CON CURVAS DE NIVEL CADA 5m EN JULIO 2002 Y CURVAS DE NIVEL CADA 1m EN OCTUBRE 2002. LA UNION DE AMBAS TOPOGRAFIAS HA SIDO EFECTUADA POR AMEC EN DICIEMBRE 2002.

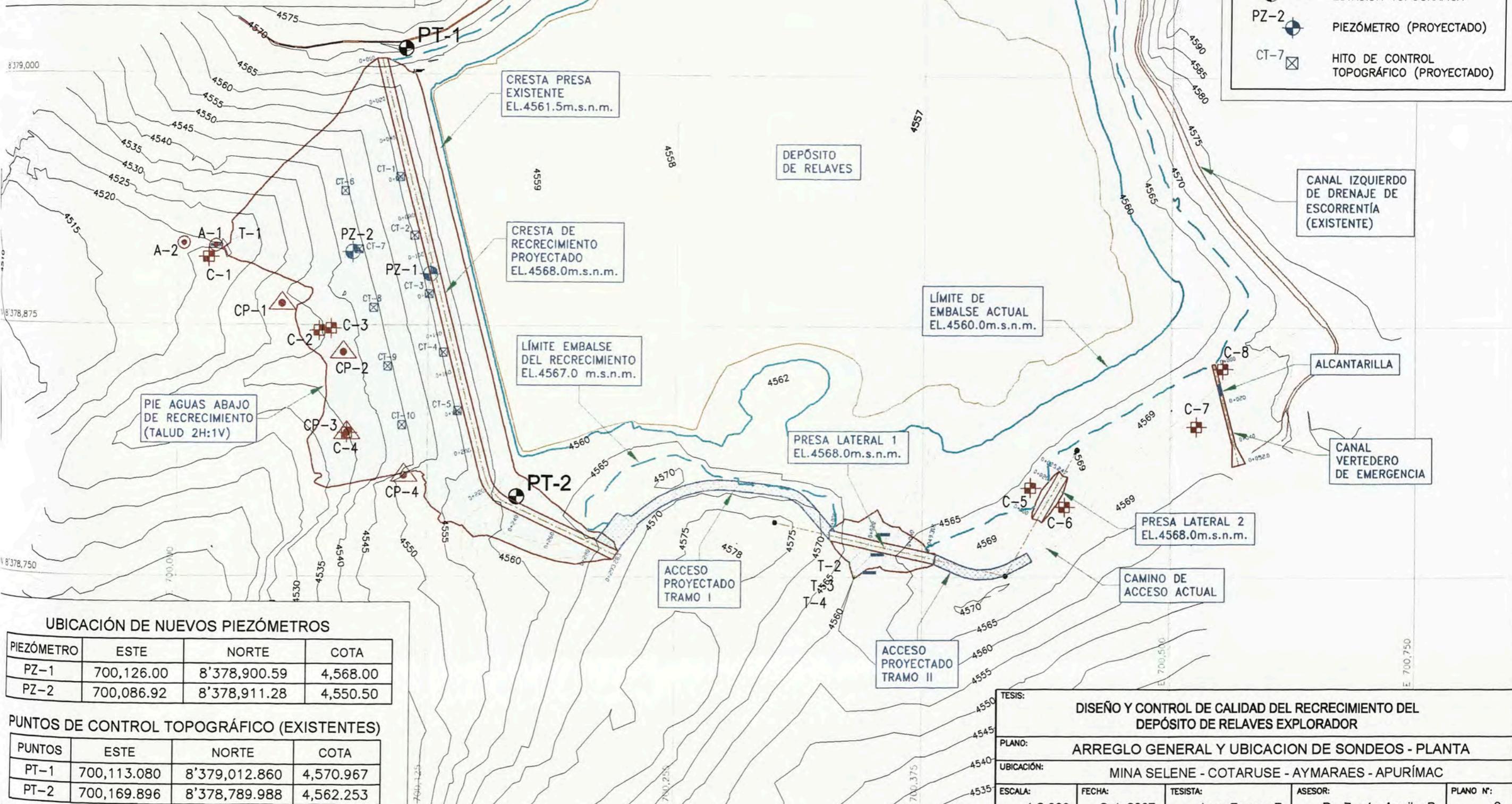
TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: ÁREA DE CUENCA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA:	FECHA:	TESISTA:	ASESOR:	PLANO N°:
1:7,500	Oct. 2007	Juan Franco Z.	Dr. Zenón Aguilar B.	7

UBICACIÓN DE NUEVOS HITOS DE MONITOREO TOPOGRÁFICO SUPERFICIAL

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
CT-1	700,112.63	8'378,948.78	4567.60
CT-2	700,120.04	8'378,919.71	4567.60
CT-3	700,127.46	8'378,890.64	4567.60
CT-4	700,134.84	8'378,861.57	4567.60
CT-5	700,142.25	8'378,832.50	4567.60
CT-6	700,084.82	8'378,941.70	4553.00
CT-7	700,092.22	8'378,912.63	4553.00
CT-8	700,099.65	8'378,883.56	4553.00
CT-9	700,107.03	8'378,854.48	4553.00
CT-10	700,114.44	8'378,825.41	4553.00

SIMBOLOGÍA

- LÍMITE DE EMBALSE ETAPA 1
- LÍMITE DE EMBALSE DEL RECRECIMIENTO
- LÍMITE DE EMBALSE ACTUAL
- T-1 TRINCHERAS
- C-1 CALICATAS
- CP-1 PUNTOS DE MUESTREO (ENSAYO DE CARGA PUNTUAL)
- A-1 AUSCULTACIONES
- PT-1 ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
- PZ-2 PIEZÓMETRO (PROYECTADO)
- CT-7 HITO DE CONTROL TOPOGRÁFICO (PROYECTADO)



UBICACIÓN DE NUEVOS PIEZÓMETROS

PIEZÓMETRO	ESTE	NORTE	COTA
PZ-1	700,126.00	8'378,900.59	4,568.00
PZ-2	700,086.92	8'378,911.28	4,550.50

PUNTOS DE CONTROL TOPOGRÁFICO (EXISTENTES)

PUNTOS	ESTE	NORTE	COTA
PT-1	700,113.080	8'379,012.860	4,570.967
PT-2	700,169.896	8'378,789.988	4,562.253

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR

PLANO: ARREGLO GENERAL Y UBICACION DE SONDEOS - PLANTA

UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAE - APURÍMAC

ESCALA: 1:2,000	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 8
-----------------	------------------	-------------------------	------------------------------	-------------

CUADRO RESUMEN DE CANTERAS PROPUESTAS

CANTERA	VOLUMEN ÚTIL PROMEDIO SIN COBERTURA (m³)	DISTANCIA (Km)	POTENCIA ÚTIL CONSIDERADA (m)	AREA PROYECTADA (m²)	USO DE MATERIAL
Huararani	45,000	3.90	4.0	10,022	Zona B
Explorador Norte	50,000	2.60	1.9	24,500	Zona C
Colpacorral *	48,000	1.50	1.5	27,659	Zona C
Polvorín	5,000	2.40	2.0	8,835	Zona C

(*) Requiere habilitación de acceso.

NOTA:

1.- LOS VOLÚMENES DISPONIBLES DE LAS CANTERAS SON ESTIMADOS PRELIMINARES. SE RECOMIENDA EFECTUAR CALICATAS ADICIONALES PARA DEFINIR LOS VOLÚMENES REALES.

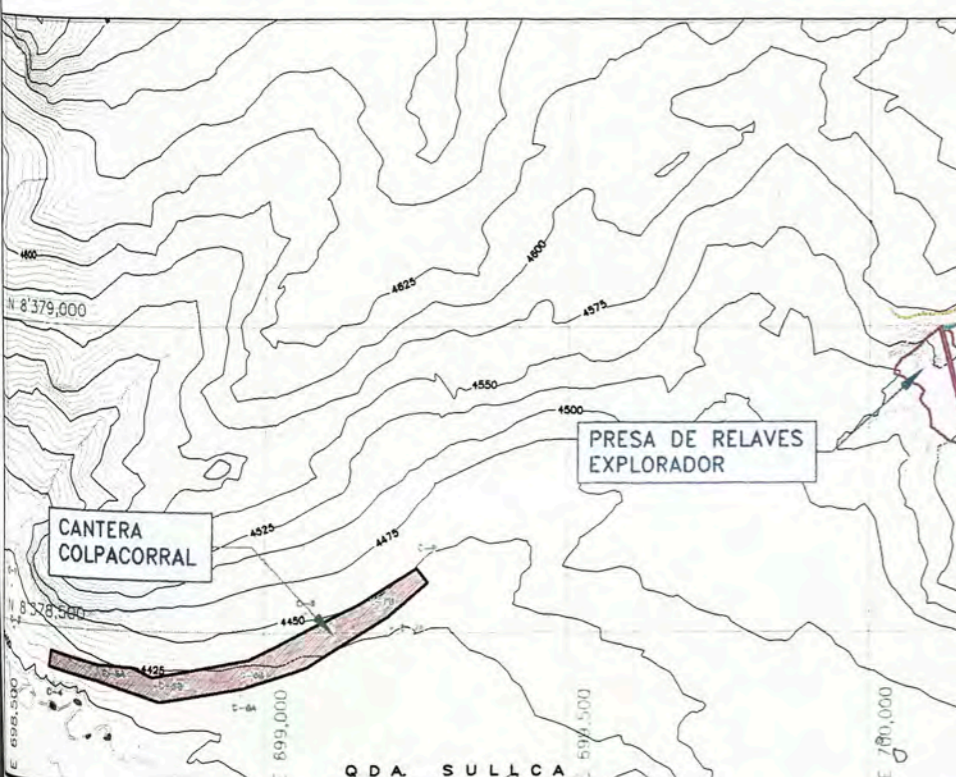
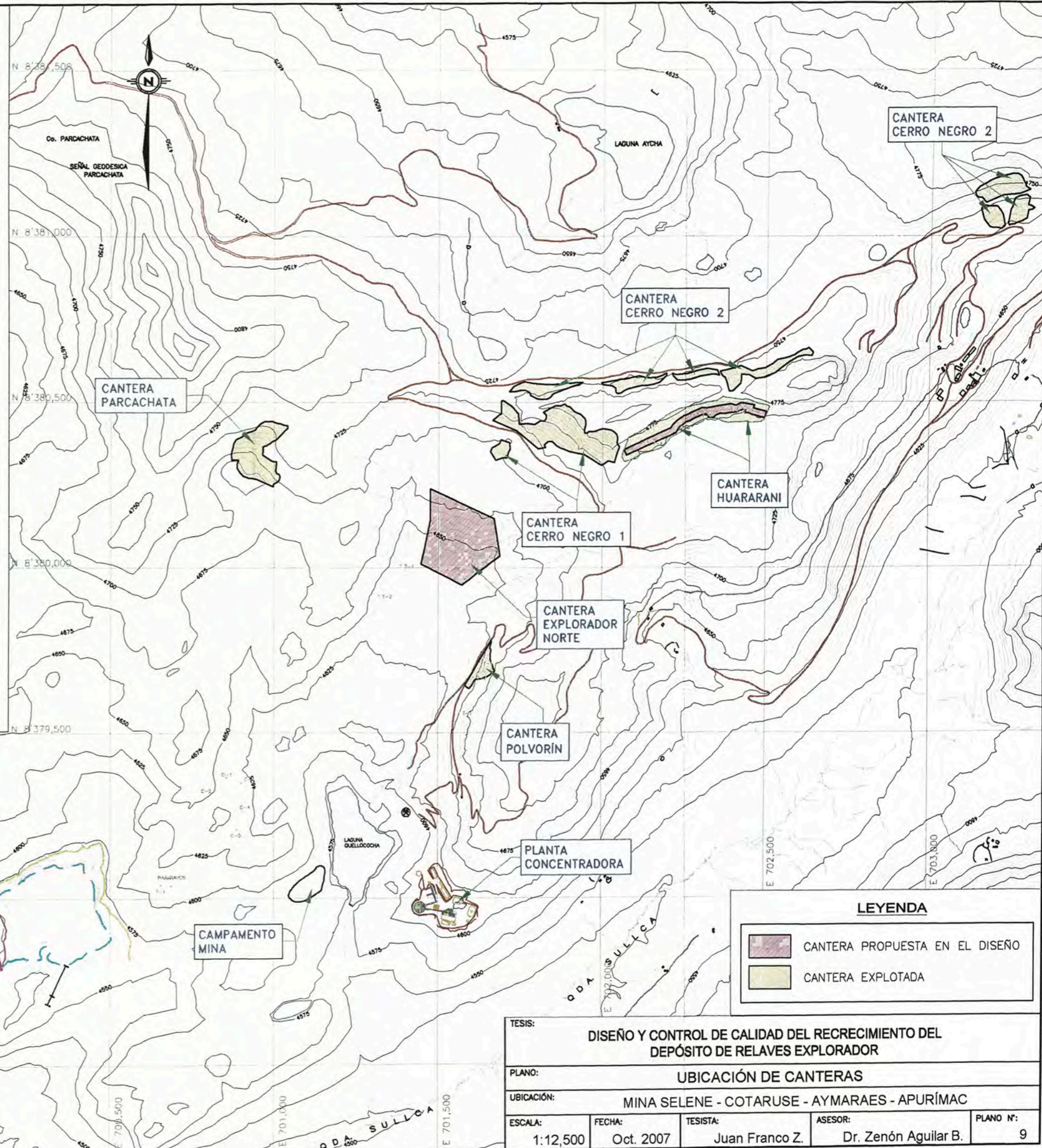
CUADRO RESUMEN DE CANTERAS EXPLOTADAS

CANTERA	VOLUMEN ÚTIL EXPLOTADO SIN COBERTURA (m³) *	DISTANCIA (Km)	ÁREA EXPLOTADA (m²)	USO DE MATERIAL
Huararani	29,014.51	4.10	29,279.3	Zona B
Polvorín	2,816.00	2.40	4,453.9	Zona C
Cerro Negro 1	45,470.52	4.00	34,411.9	Zona C
Cerro Negro 2	30,588.48	3.75	20,359.4	Zona C
Parcachata	9,172.18	2.64	18,896.6	Zona C
Cerro Negro 3	21,348.16	5.00	16,003.9	Zona C

(*) Volumen compactado en las presas (no incluye el material natural de cobertura de las canteras).

NOTA:

1.- LOS DATOS DE DISTANCIA A LAS CANTERAS, ÁREAS Y VOLÚMENES EXPLOTADOS DE ESTAS, CORRESPONDEN A LAS ÚLTIMAS VALORIZACIONES APROBADAS POR CIA MINERA ARES S.A.C.



LEYENDA

- CANTERA PROPUESTA EN EL DISEÑO
- CANTERA EXPLOTADA

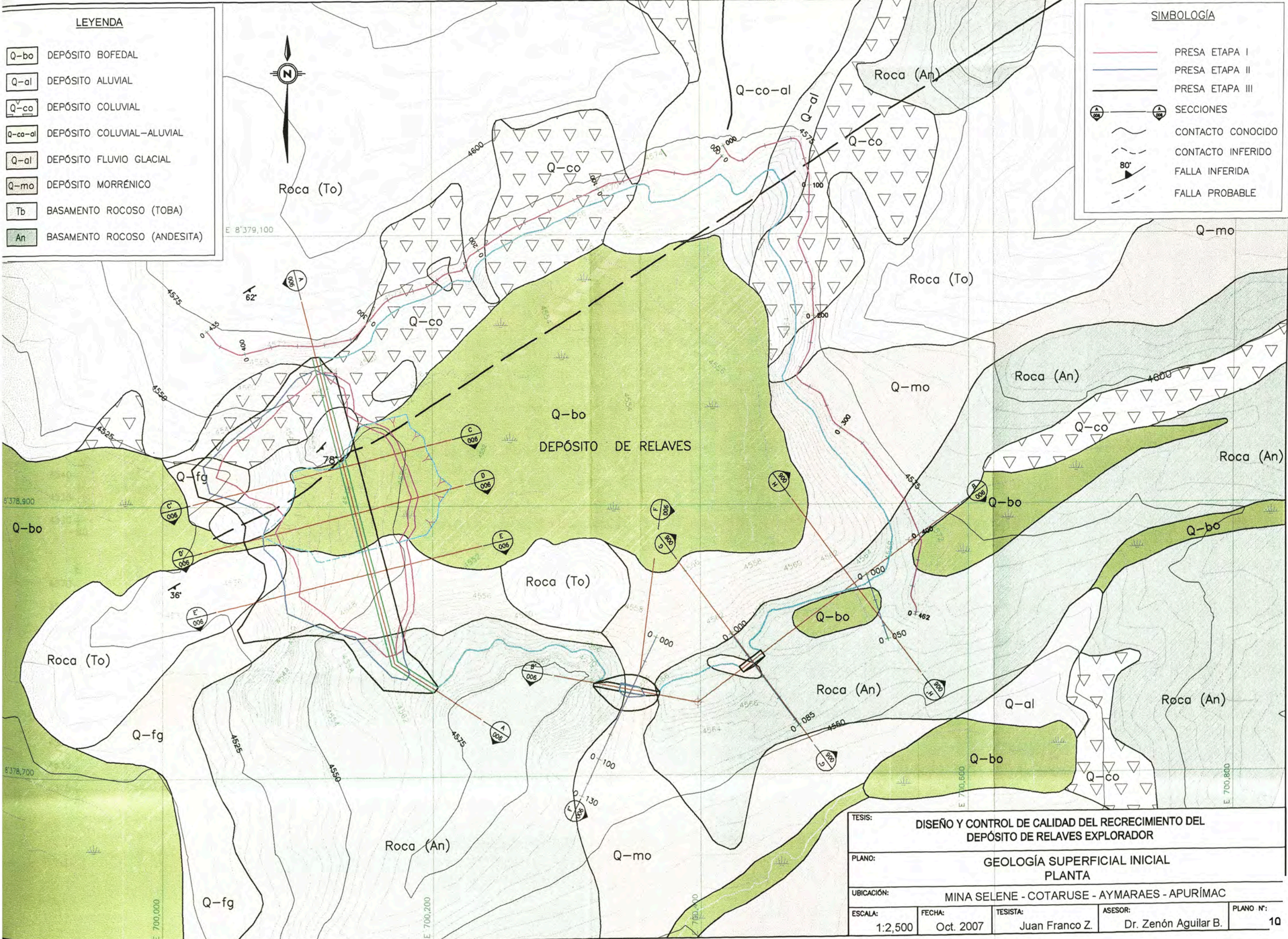
TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: UBICACIÓN DE CANTERAS				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:12,500	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 9

LEYENDA

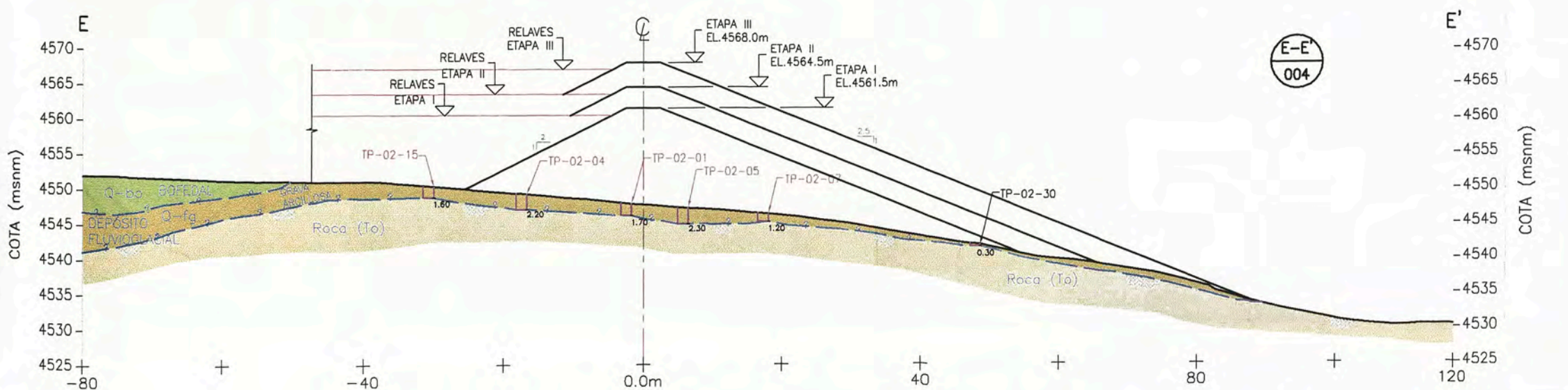
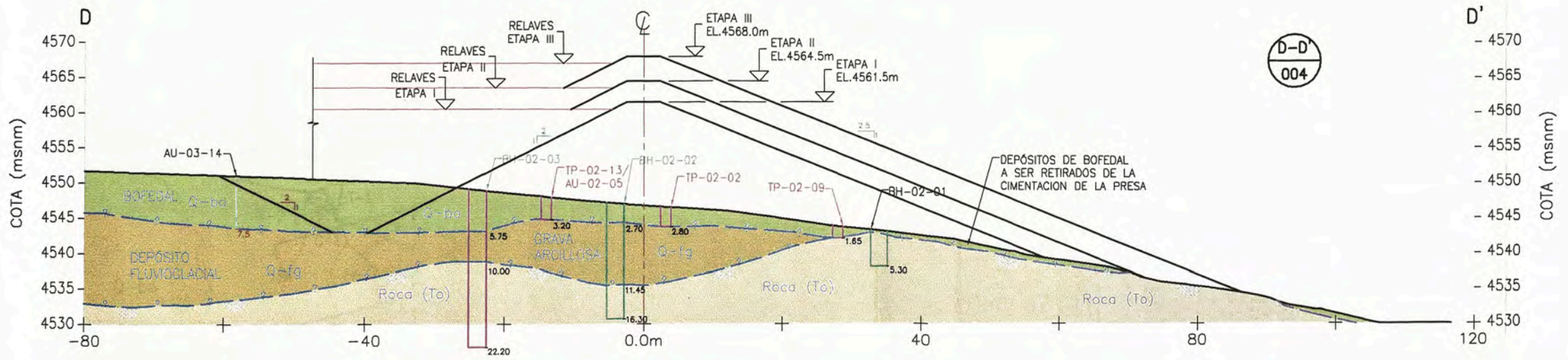
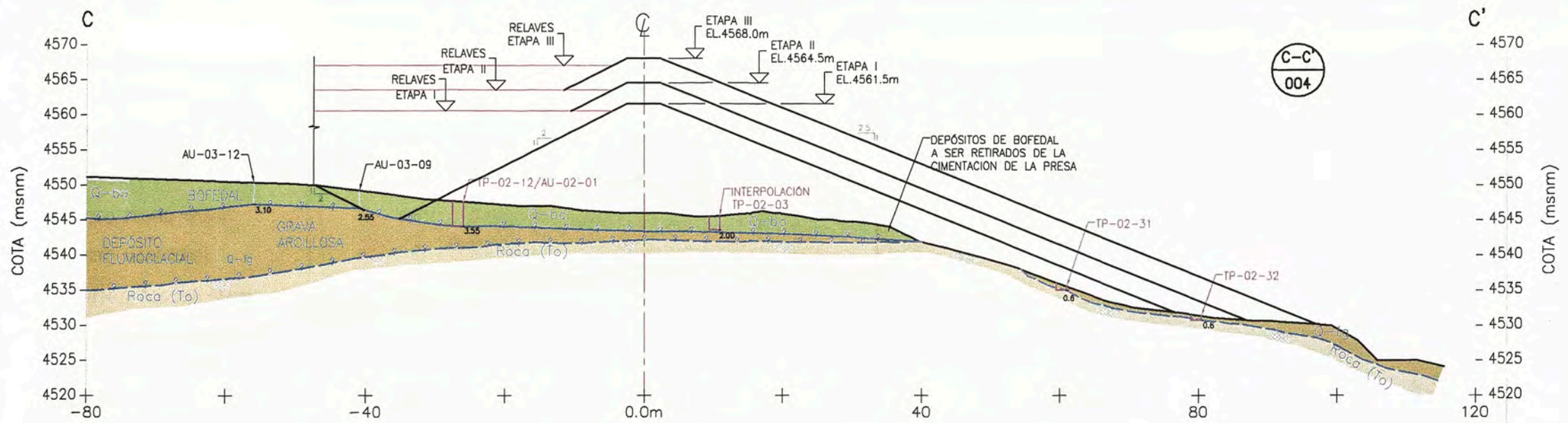
- Q-bo DEPÓSITO BOFEDAL
- Q-al DEPÓSITO ALUVIAL
- Q-co DEPÓSITO COLUVIAL
- Q-co-al DEPÓSITO COLUVIAL-ALUVIAL
- Q-al DEPÓSITO FLUVIO GLACIAL
- Q-mo DEPÓSITO MORRÉNICO
- Tb BASAMENTO ROCOSO (TOBA)
- An BASAMENTO ROCOSO (ANDESITA)

SIMBOLOGÍA

- PRESA ETAPA I
- PRESA ETAPA II
- PRESA ETAPA III
- ⊙ SECCIONES
- CONTACTO CONOCIDO
- - - CONTACTO INFERIDO
- ↘ FALLA INFERIDA
- - - FALLA PROBABLE



TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: GEOLOGÍA SUPERFICIAL INICIAL PLANTA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA:	1:2,500	FECHA:	Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.
			ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 10



SIMBOLOGÍA

	CONTACTO CONOCIDO
	CONTACTO INFERIDO
	PERFORACIÓN DIAMANTINA
	CALICATA
	AUGER

LEYENDA

	DEPÓSITO BOFEDAL
	DEPÓSITO COLUVIAL
	DEPÓSITO FLUVIOGLACIAL
	BASAMENTO ROCOSO (TOBA)

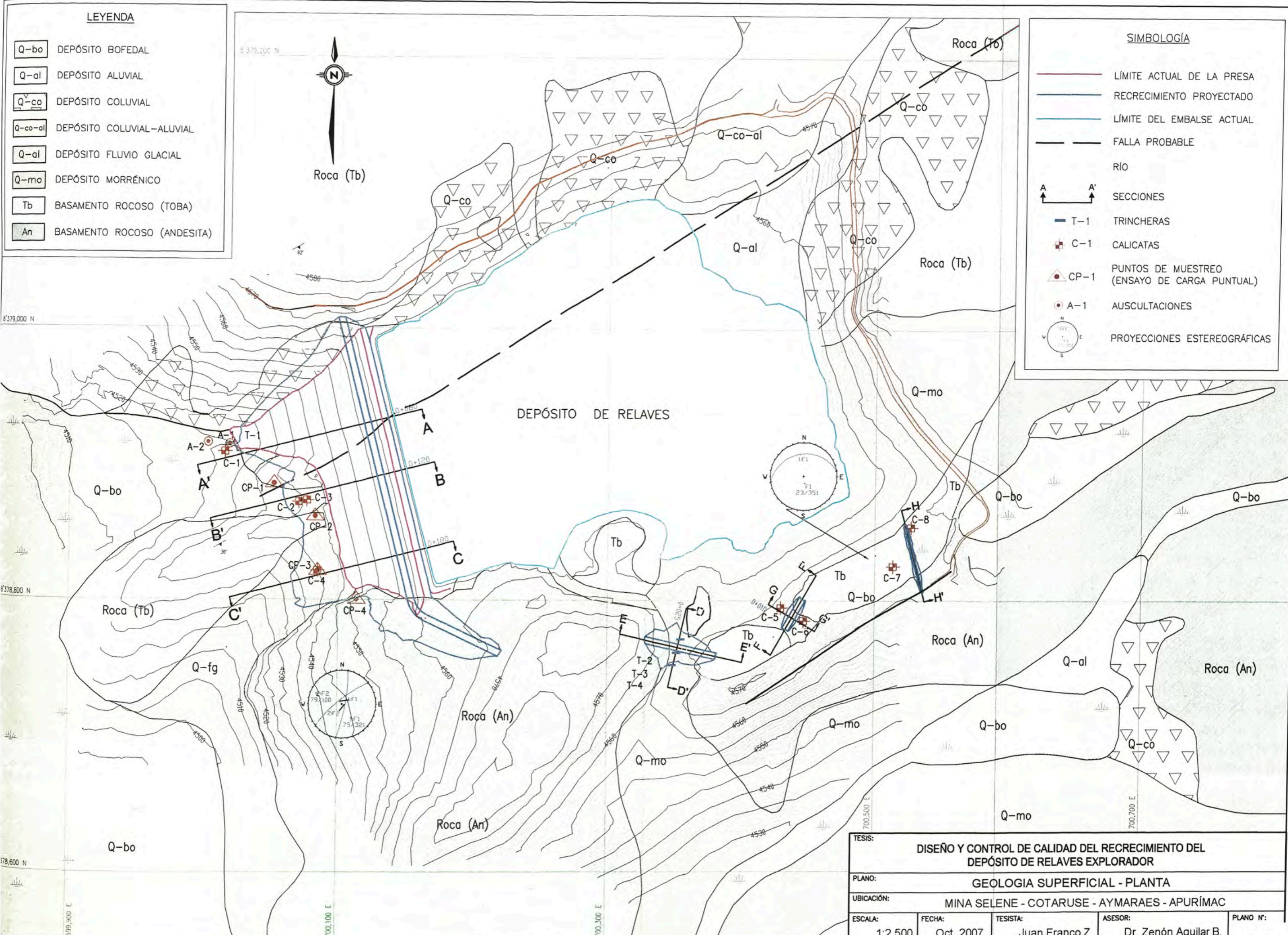
TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: SECCIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS INICIALES PRESA EXPLORADOR				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAEES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:750	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 11

LEYENDA

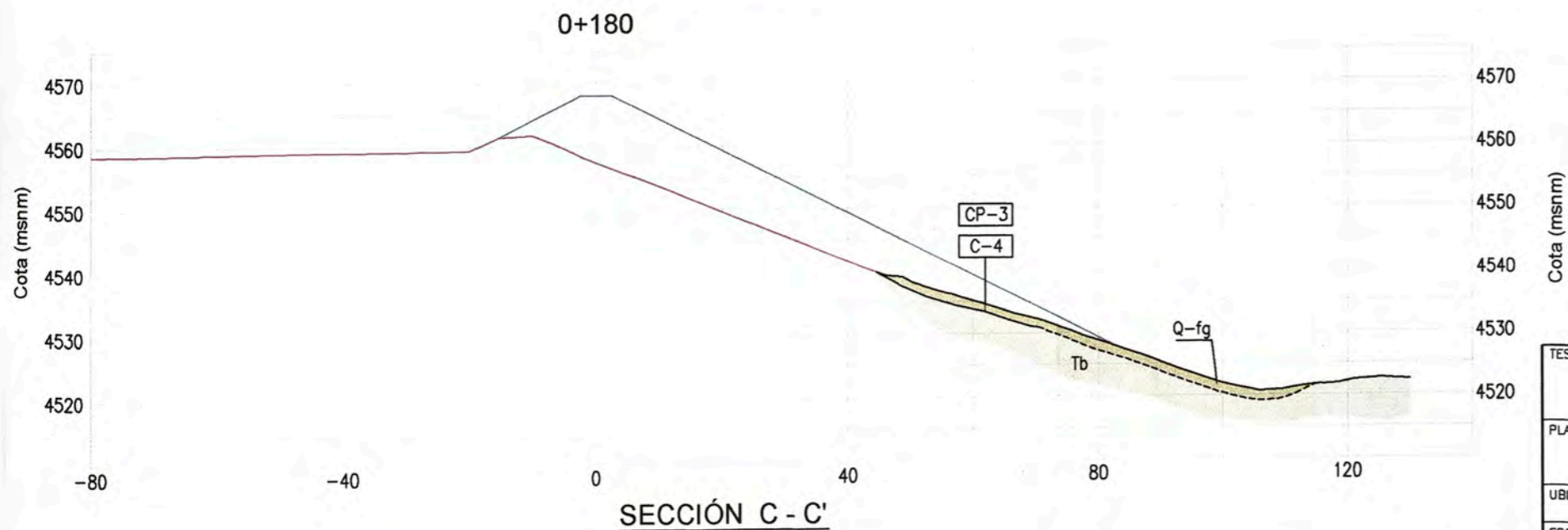
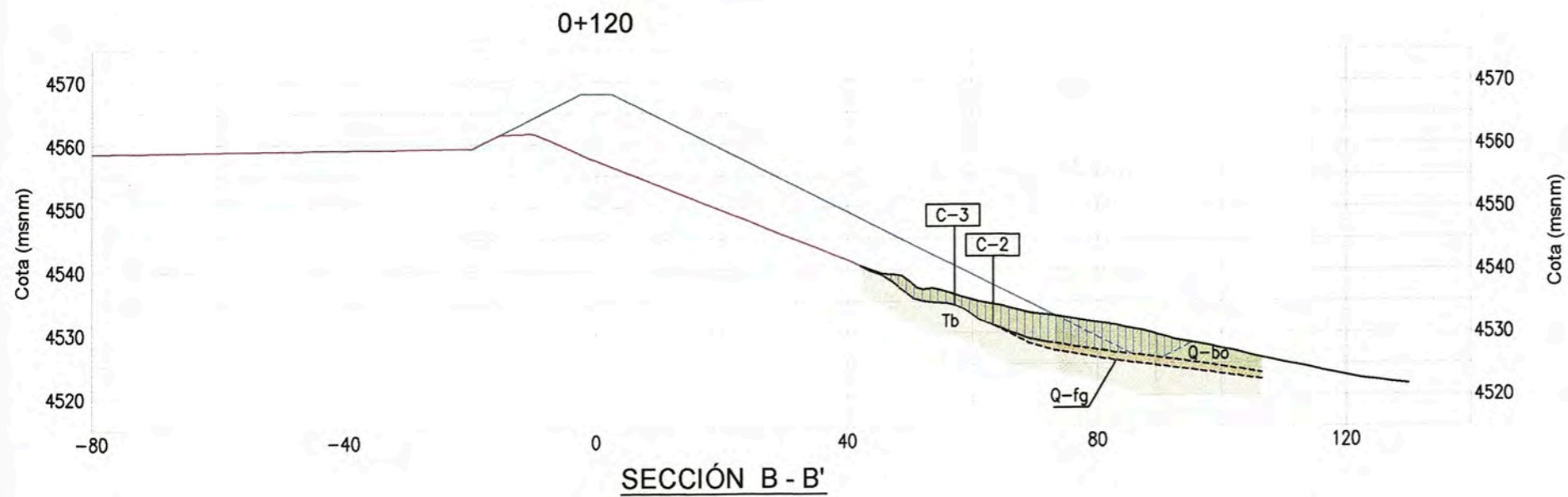
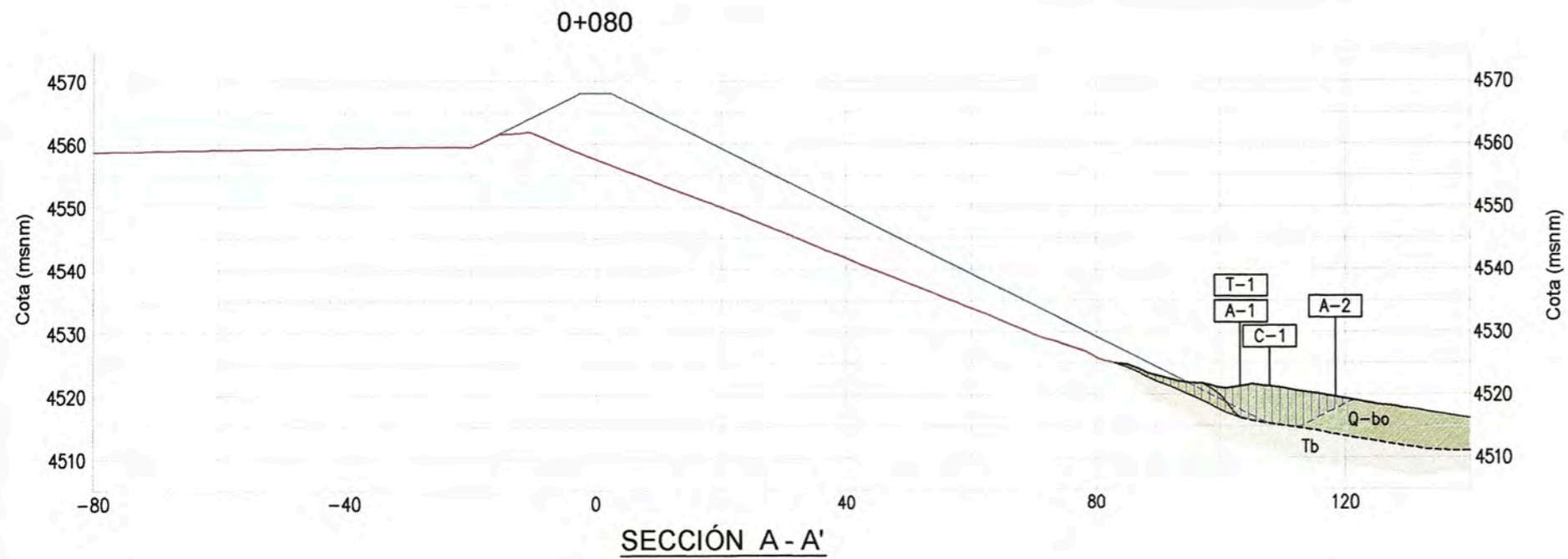
- Q-bo DEPÓSITO BOFEDAL
- Q-al DEPÓSITO ALUVIAL
- Q-co DEPÓSITO COLUVIAL
- Q-co-al DEPÓSITO COLUVIAL-ALUVIAL
- Q-al DEPÓSITO FLUVIO GLACIAL
- Q-mo DEPÓSITO MORRÉNICO
- Tb BASAMENTO ROCOSO (TOBA)
- An BASAMENTO ROCOSO (ANDESITA)

SIMBOLOGÍA

- LÍMITE ACTUAL DE LA PRESA
- RECRECIMIENTO PROYECTADO
- LÍMITE DEL EMBALSE ACTUAL
- FALLA PROBABLE
- RÍO
- A A'
- ↑ ↑
- SECCIONES
- T-1 TRINCHERAS
- + C-1 CALICATAS
- CP-1 PUNTOS DE MUESTREO (ENSAYO DE CARGA PUNTUAL)
- A-1 AUSCULTACIONES
- PROYECCIONES ESTEREOGRÁFICAS



TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: GEOLOGIA SUPERFICIAL - PLANTA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA:	FECHA:	TESISTA:	ASESOR:	PLANO N°:
1:2,500	Oct. 2007	Juan Franco Z.	Dr. Zenón Aguilar B.	



LEYENDA

Q-bo	DEPÓSITO BOFEDAL
Q-fg	DEPÓSITO FLUVIOGLACIAL
Tb	BASAMENTO ROCOSO (TOBA)

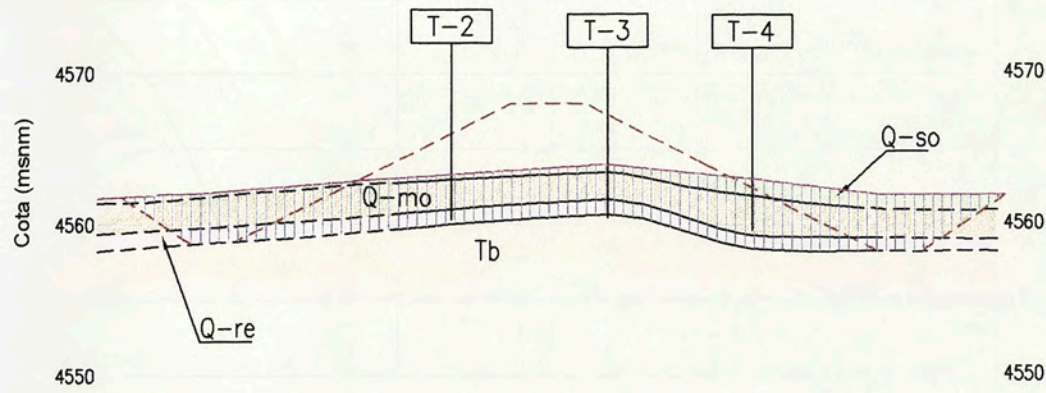
SIMBOLOGÍA

C-1	CALICATA
T-1	TRINCHERA
A-1	AUSCULTACIÓN
[Hatched Box]	MATERIAL A SER REMOVIDO Y RETIRADO
[Solid Line]	RECRECIMIENTO PROYECTADO
[Dashed Line]	PRESA EXISTENTE
[Wavy Line]	CONTACTO CONOCIDO
[Dashed Wavy Line]	CONTACTO INFERIDO

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: SECCIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS: PRESA EXPLORADOR PROGRESIVAS: 0+080 - 0+120 - 0+180				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAE - APURÍMAC				
ESCALA: 1:1,000	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 13

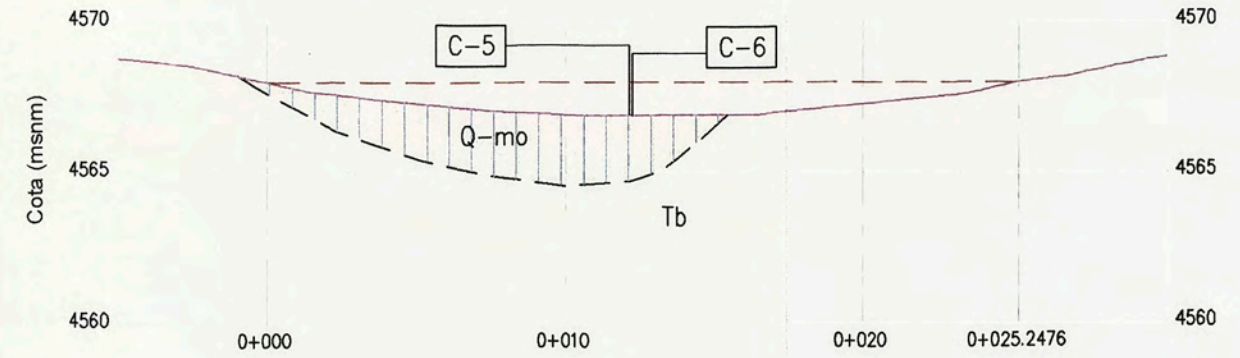
PRESA LATERAL N° 1
SECCIÓN TRANSVERSAL D-D' (PROG : 0+025)

ESC: 1/500



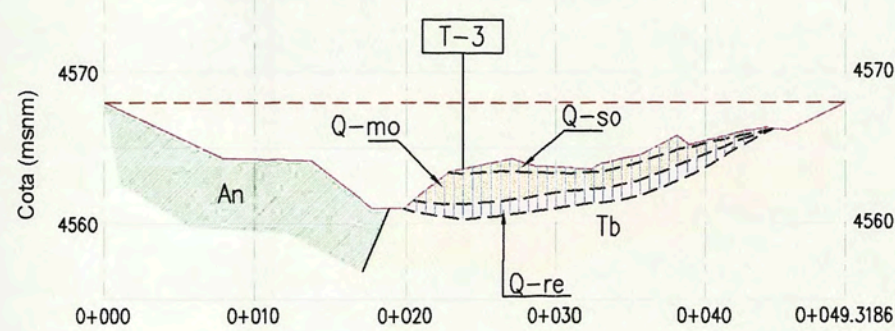
PRESA LATERAL N° 2
PERFIL LONGITUDINAL (SECCIÓN F-F')

ESC: 1/250



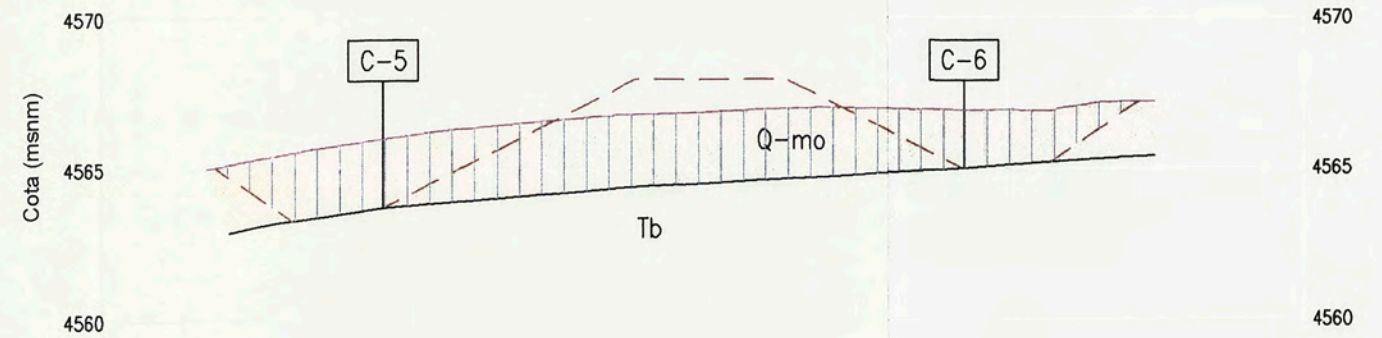
PRESA LATERAL N°1
PERFIL LONGITUDINAL (SECCIÓN E-E')

ESC: 1/500



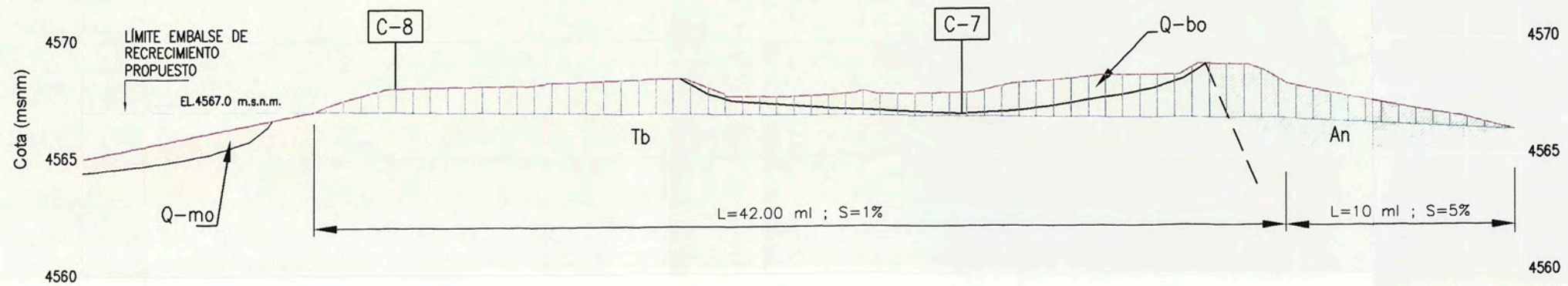
PRESA LATERAL N° 2
SECCIÓN TRANSVERSAL G-G' (PROG : 0+010)

ESC: 1/250



CANAL VERTEDERO DE EMERGENCIA
PERFIL LONGITUDINAL (SECCIÓN H-H')

ESC: 1/250



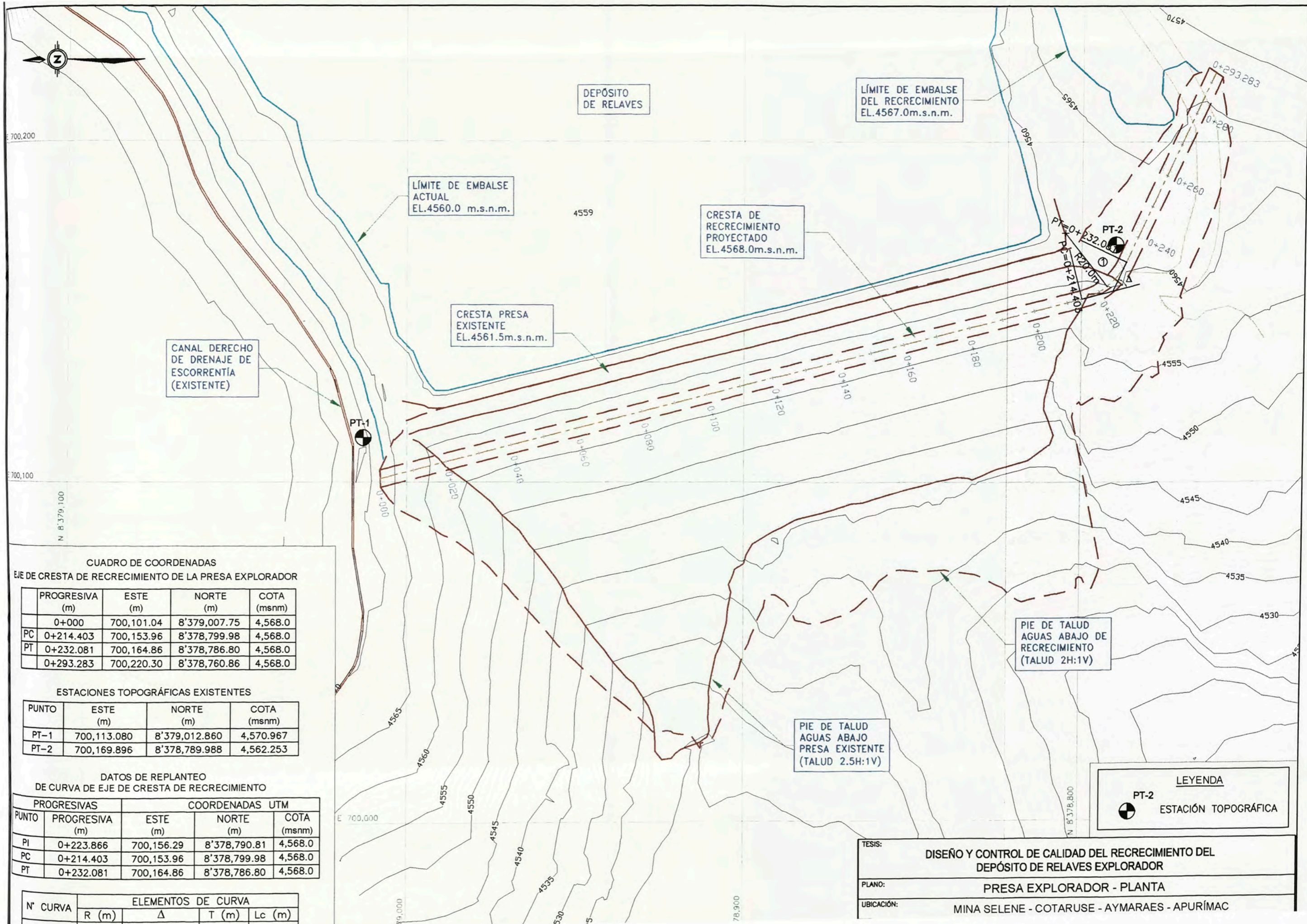
SIMBOLOGÍA

C-5	CALICATA	- - -	RECRECIMIENTO PROYECTADO
T-2	TRINCHERA	—	CONTACTO CONOCIDO
[Hatched Box]	MATERIAL A SER REMOVIDO Y RETIRADO	- - -	CONTACTO INFERIDO

LEYENDA

Q-SO	SUELO ORGÁNICO	Q-re	ROCA INTEMPERIZADA (TOBA)
Q-bo	DEPÓSITO BOFEDAL	Tb	BASAMENTO ROCOSO (TOBA)
Q-mo	DEPÓSITO MORRÉNICO	An	BASAMENTO ROCOSO (ANDESITA)

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: SECCIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS: PRESAS LATERALES N° 1 Y 2 Y CANAL VERTEDERO DE EMERGENCIA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAE - APURÍMAC				
ESCALA:	FECHA:	TESISTA:	ASESOR:	PLANO N°:
	Oct 2007	Juan Flores	Dr. Zorán Aguilar	14



CUADRO DE COORDENADAS
EJE DE CRESTA DE RECRECIMIENTO DE LA PRESA EXPLORADOR

PROGRESIVA (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (msnm)
0+000	700,101.04	8'379,007.75	4,568.0
PC 0+214.403	700,153.96	8'378,799.98	4,568.0
PT 0+232.081	700,164.86	8'378,786.80	4,568.0
0+293.283	700,220.30	8'378,760.86	4,568.0

ESTACIONES TOPOGRÁFICAS EXISTENTES

PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (msnm)
PT-1	700,113.080	8'379,012.860	4,570.967
PT-2	700,169.896	8'378,789.988	4,562.253

DATOS DE REPLANTEO
DE CURVA DE EJE DE CRESTA DE RECRECIMIENTO

PUNTO	PROGRESIVAS		COORDENADAS UTM	
	PROGRESIVA (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (msnm)
PI	0+223.866	700,156.29	8'378,790.81	4,568.0
PC	0+214.403	700,153.96	8'378,799.98	4,568.0
PT	0+232.081	700,164.86	8'378,786.80	4,568.0

N° CURVA	ELEMENTOS DE CURVA			
	R (m)	Δ	T (m)	Lc (m)
1	100	90	63.7	100

LEYENDA

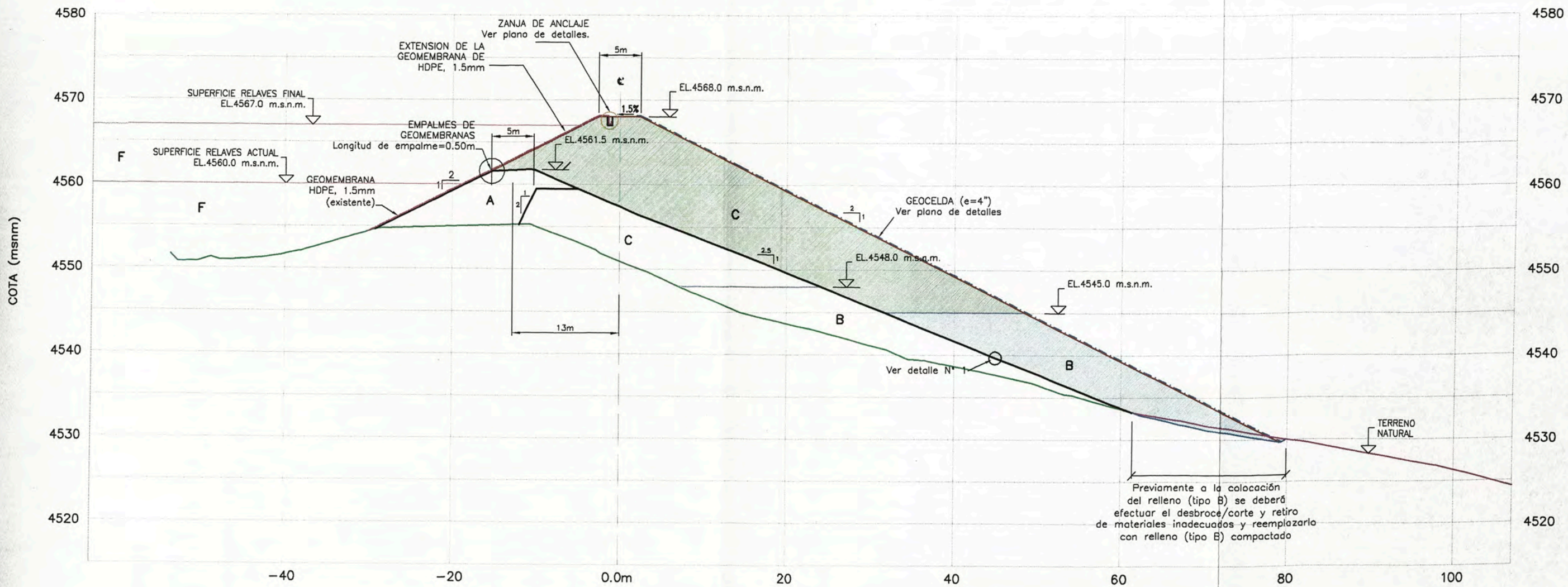
PT-2 ESTACIÓN TOPOGRÁFICA

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR

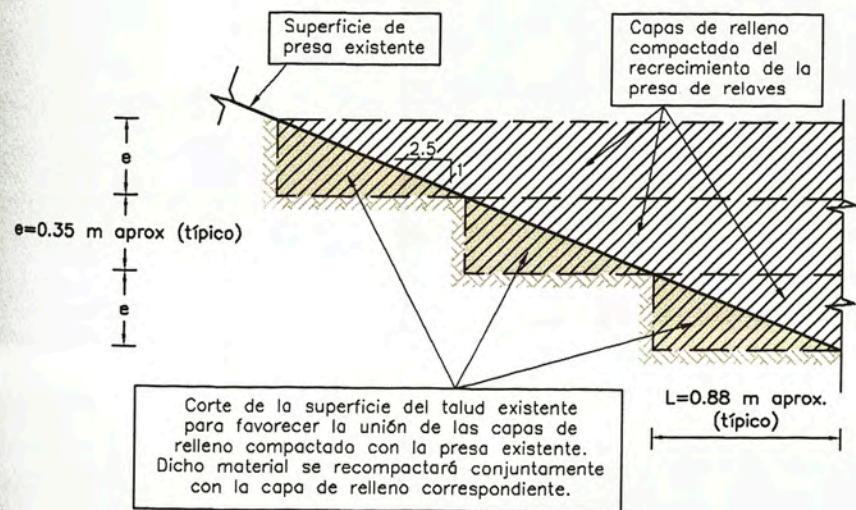
PLANO: PRESA EXPLORADOR - PLANTA

UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC

SECCIÓN TÍPICA DEL RECRECIMIENTO DE LA PRESA EXPLORADOR



DETALLE Nº 1
S/E

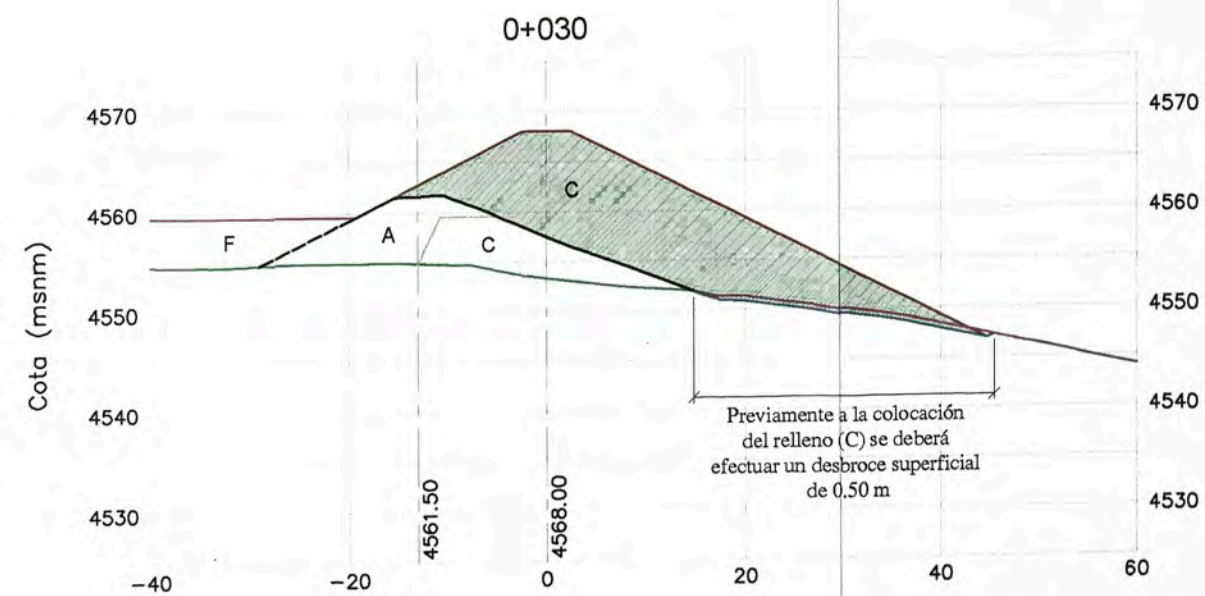
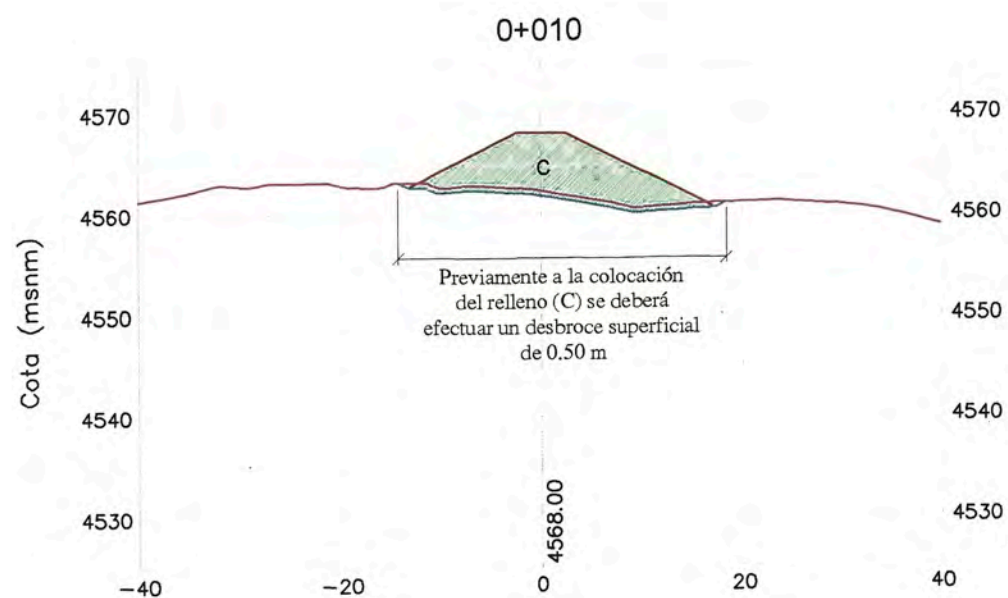
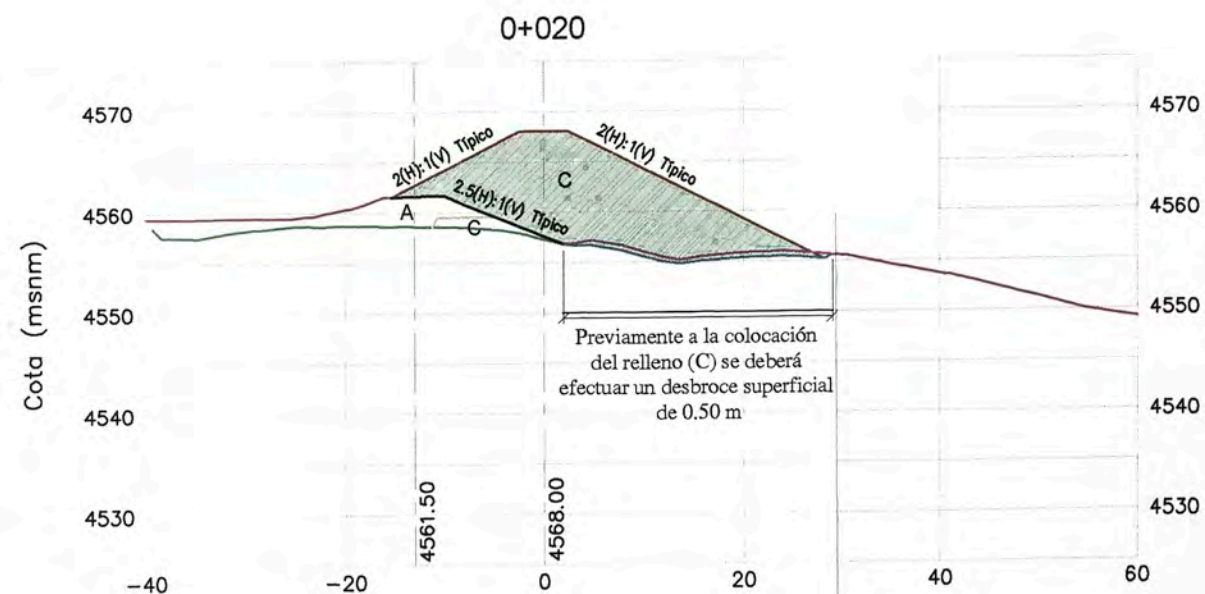
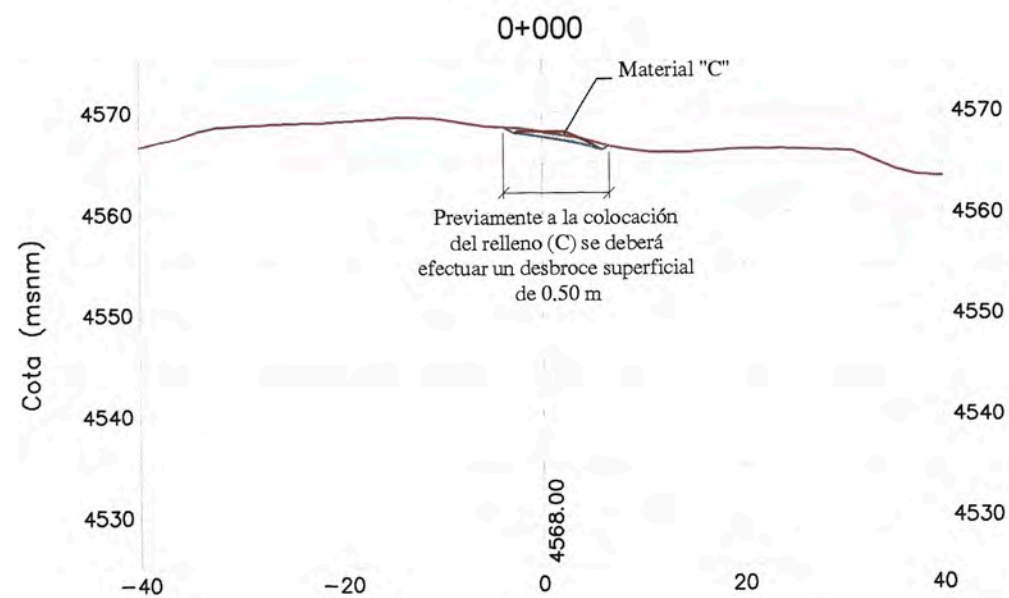


LEYENDA	
	RECRECIMIENTO PROYECTADO
	PRESA EXISTENTE
	NIVEL DE TERRENO
	NIVEL DE CIMENTACIÓN
	RELLENO DE DREN (MATERIAL TIPO "B")
	RELLENO GENERAL (MATERIAL TIPO "C")

METRADOS	
VOLUMEN TOTAL DE CORTE PARA CIMENTACION	4,692 m ³
VOLUMEN DE RELLENO PARA DREN (MATERIAL TIPO B)	27,754 m ³
VOLUMEN DE RELLENO GENERAL (MATERIAL TIPO C)	96,481 m ³
VOLUMEN TOTAL DE RELLENO DEL RECRECIMIENTO (B+C)	124,235 m ³
GEOMEMBRANA DE HDPE 1.5 mm	4,920 m ²
GEOCELDA (e = 4")	17,352 m ²

ZONA	ESTRUCTURA
A	NÚCLEO DE BAJA PERMEABILIDAD
B	DREN
C	RELLENO GENERAL
F	RELAVE

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA EXPLORADOR - SECCION TÍPICA				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:500	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO Nº: 16



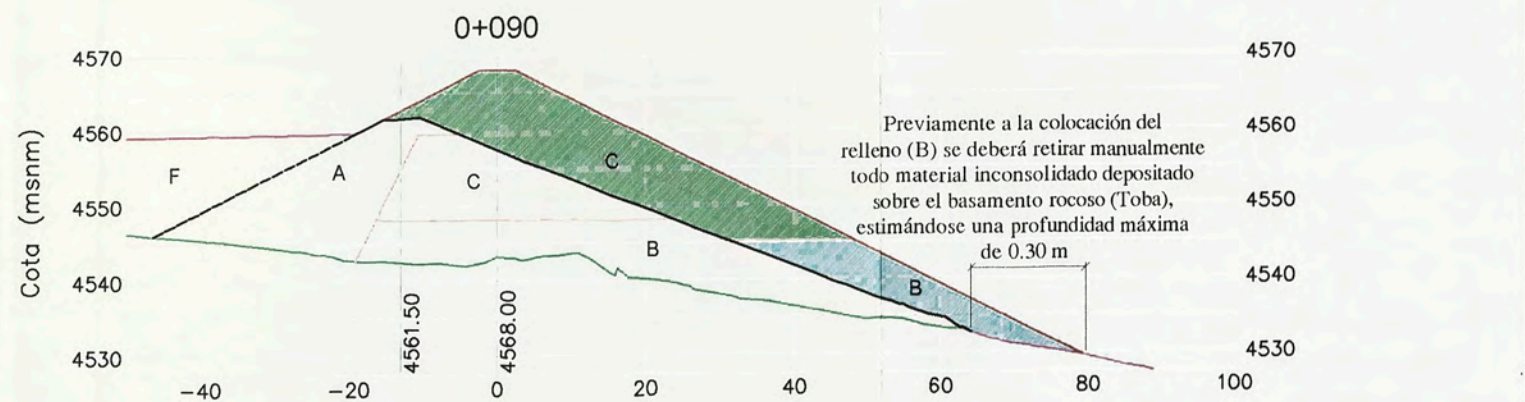
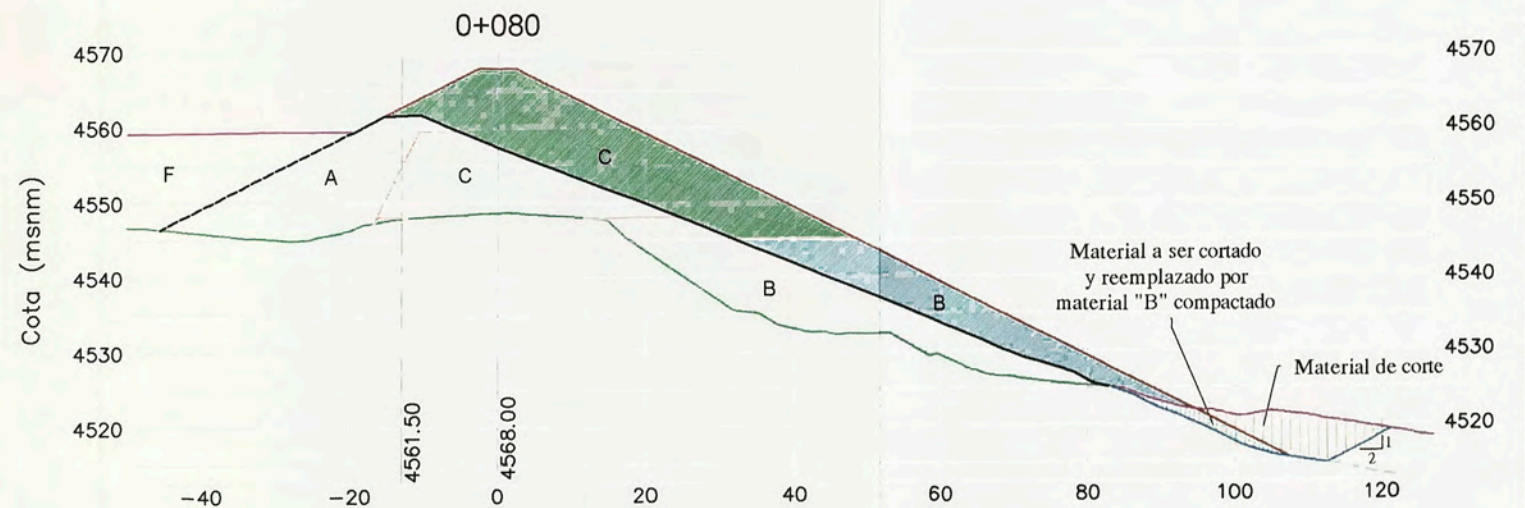
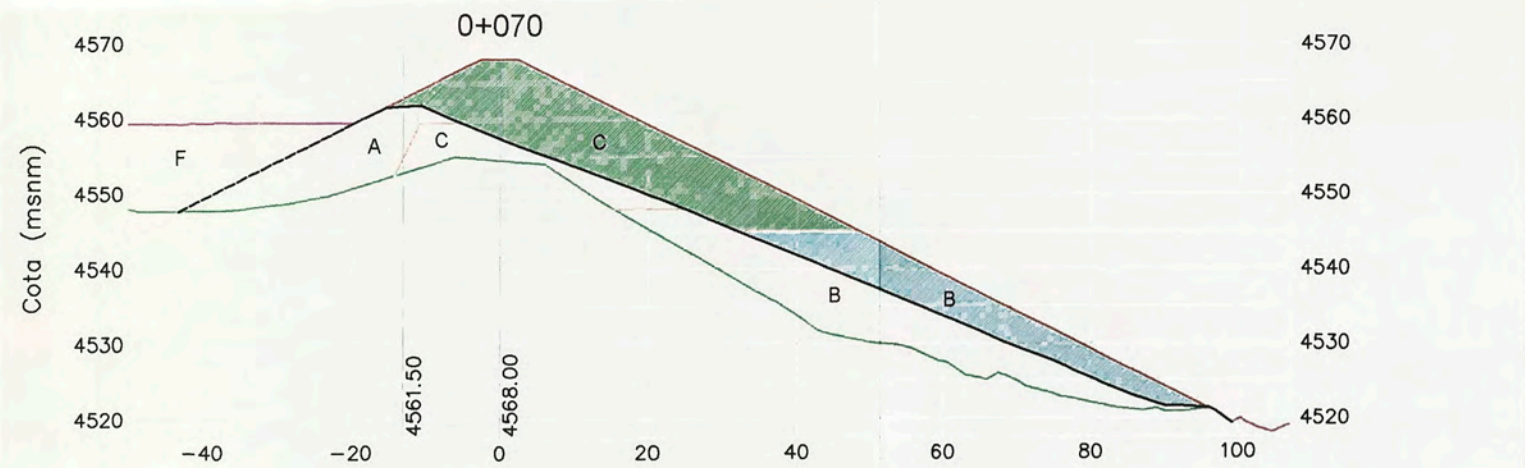
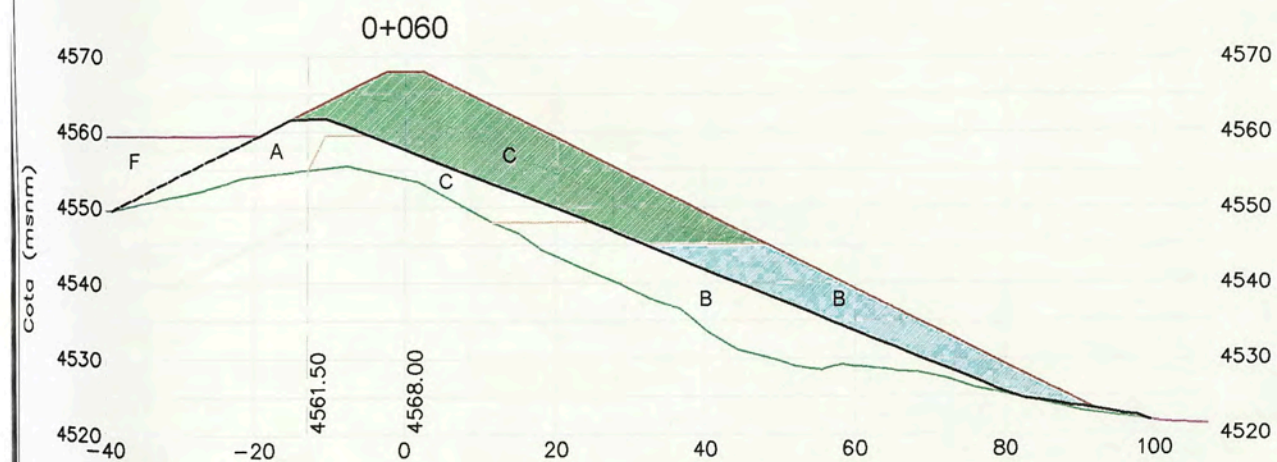
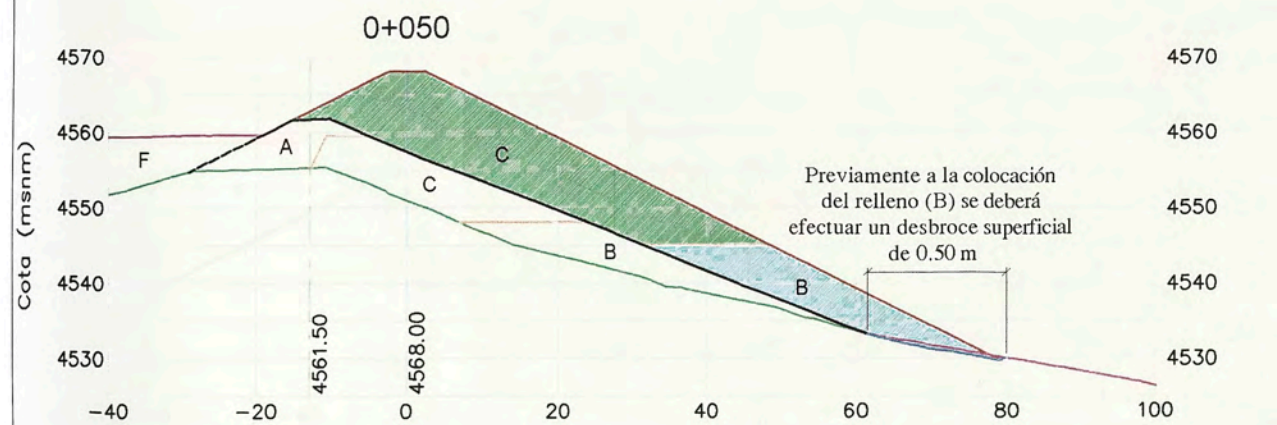
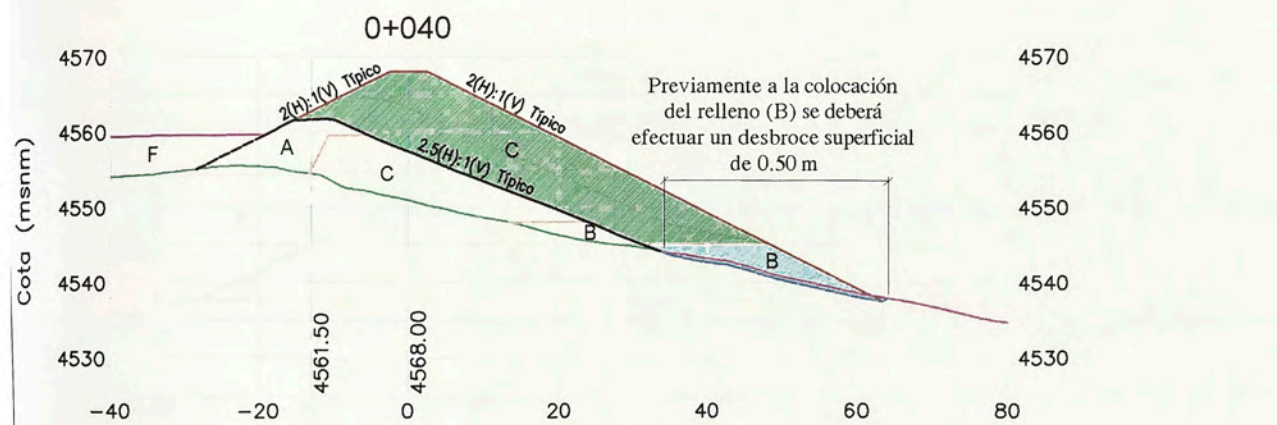
LEYENDA

- RECRECIMIENTO PROYECTADO
- NIVEL TERRENO
- PRESA EXISTENTE
- NIVEL CIMENTACIÓN PROPUESTO
- NIVEL CIMENTACIÓN
- EJE PRESA EXISTENTE
- EJE RECRECIMIENTO PROYECTADO

RELLENO GENERAL MATERIAL "C"

ZONA	ESTRUCTURA
A	NÚCLEO DE BAJA PERMEABILIDAD
B	DREN
C	RELLENO GENERAL
F	RELAVE

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA EXPLORADOR - SECCIONES TRANSVERSALES: PROGRESIVAS: 0+000 A 0+030				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:750	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 17



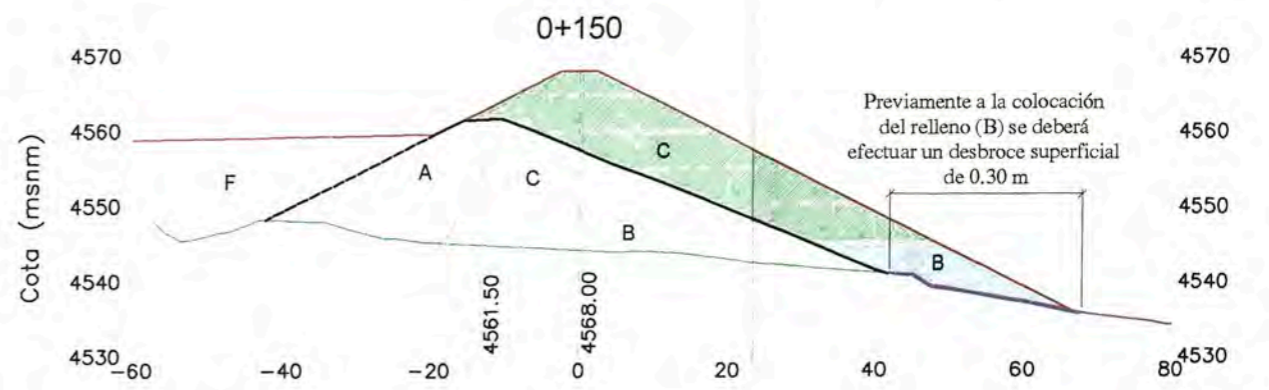
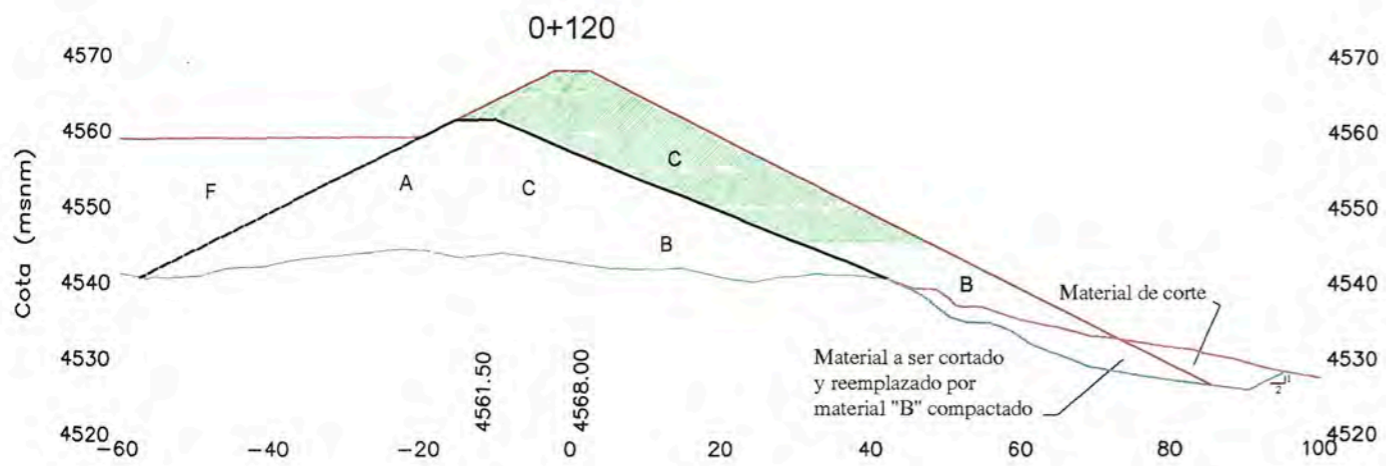
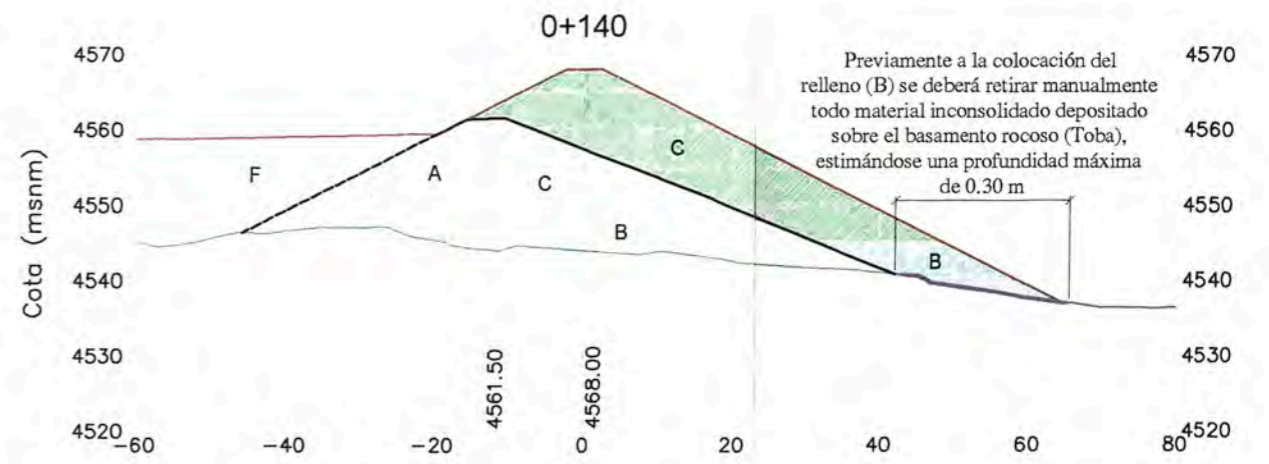
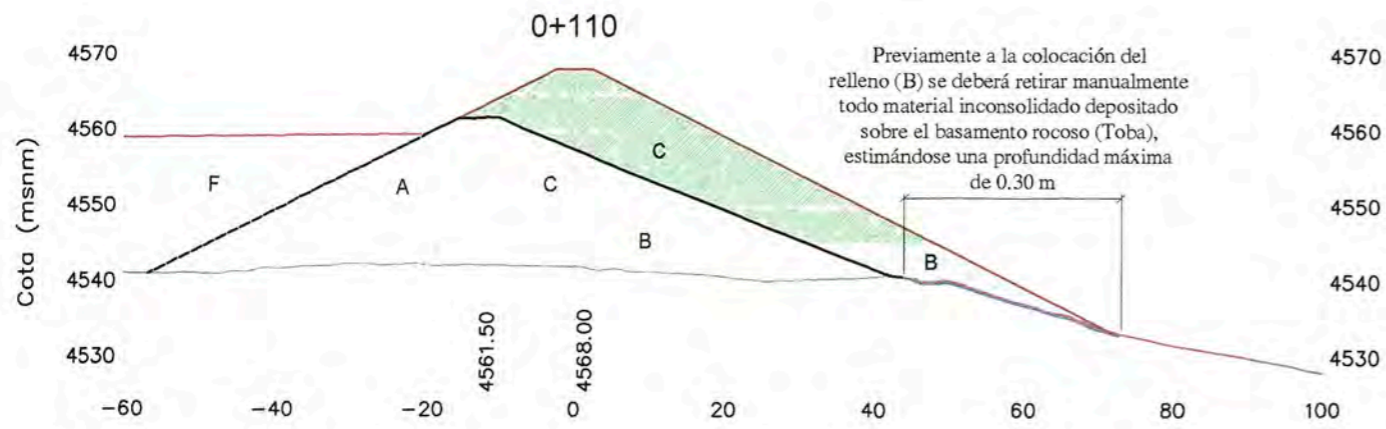
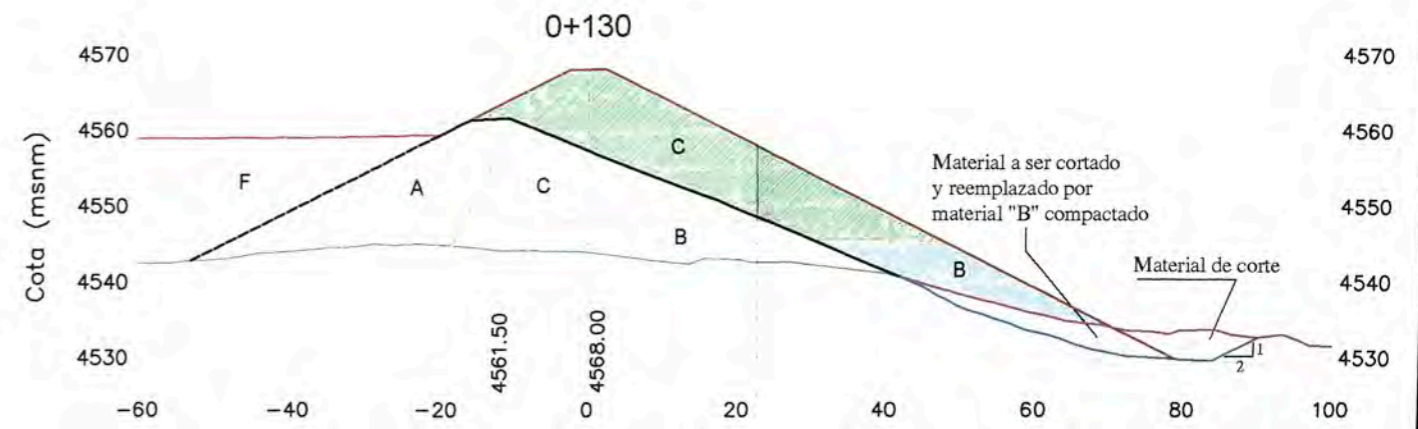
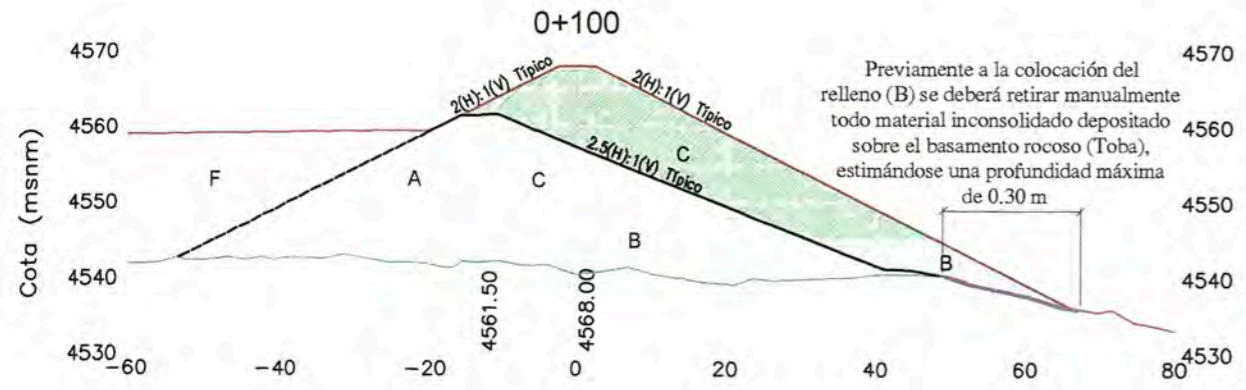
RELLENO GENERAL MATERIAL "C"
 RELLENO DE DREN MATERIAL "B"

ZONA	ESTRUCTURA
A	NÚCLEO DE BAJA PERMEABILIDAD
B	DREN
C	RELLENO GENERAL
F	RELAVE

LEYENDA

- RECRECIMIENTO PROYECTADO
- PRESA EXISTENTE
- NIVEL TERRENO
- NIVEL CIMENTACIÓN PROPUESTO
- NIVEL CIMENTACIÓN
- EJE PRESA EXISTENTE
- EJE RECRECIMIENTO PROYECTADO

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA EXPLORADOR - SECCIONES TRANSVERSALES: PROGRESIVAS: 0+040 A 0+090				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:1,000	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 18

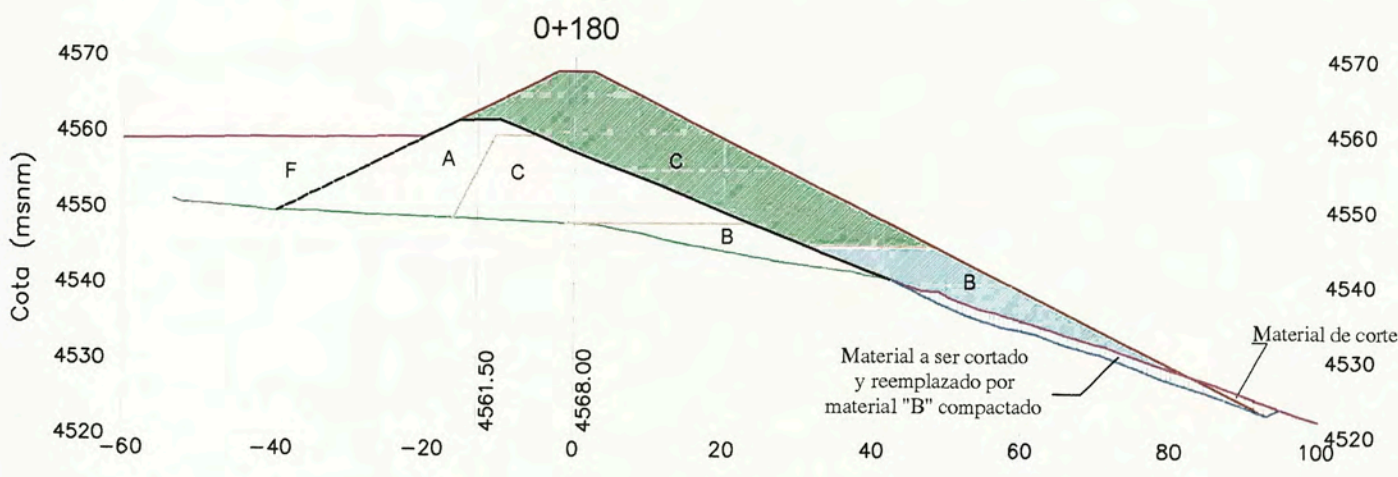
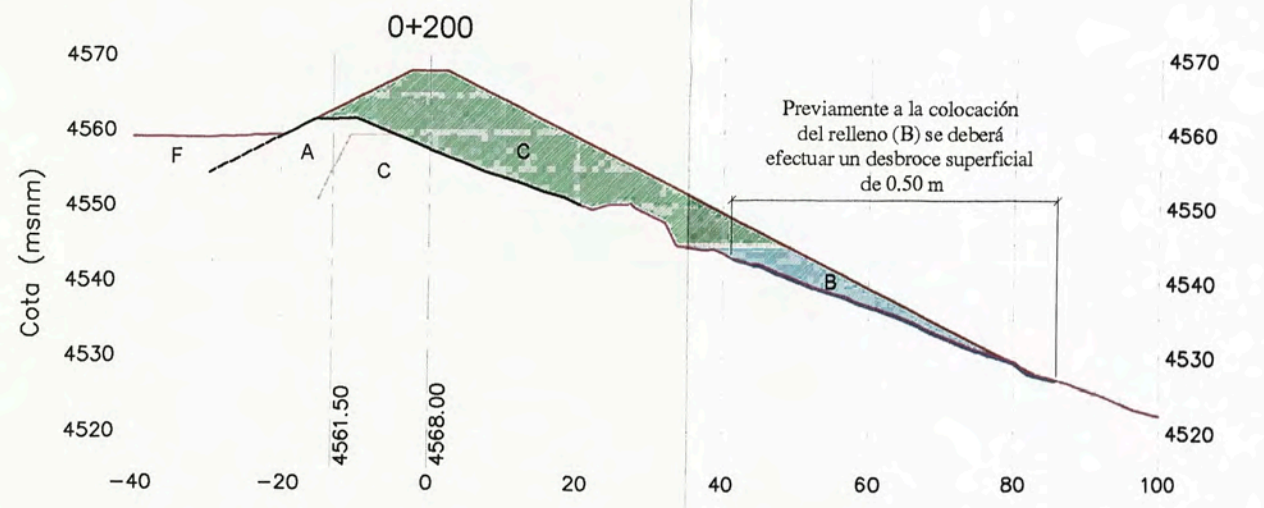
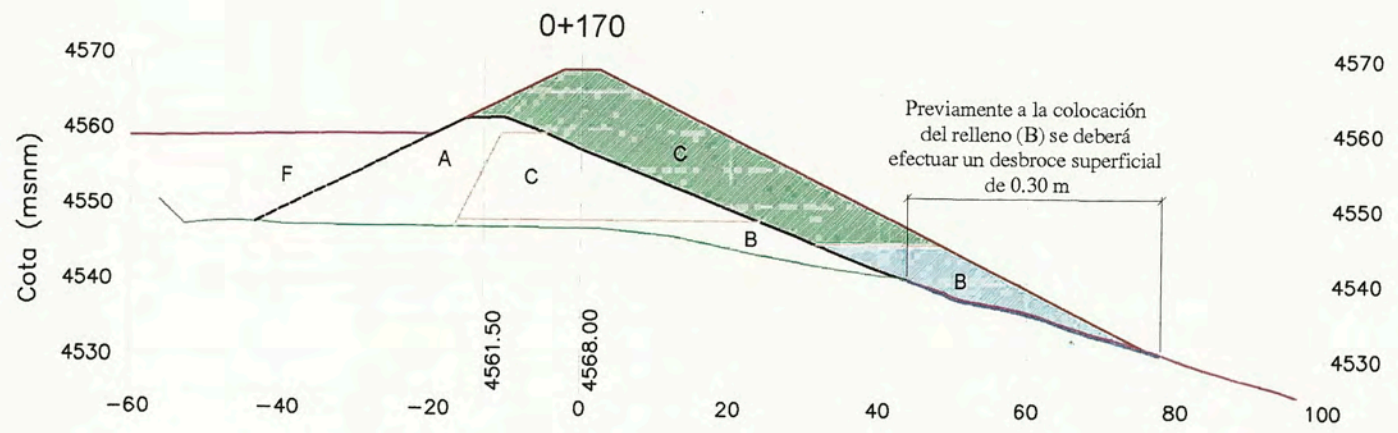
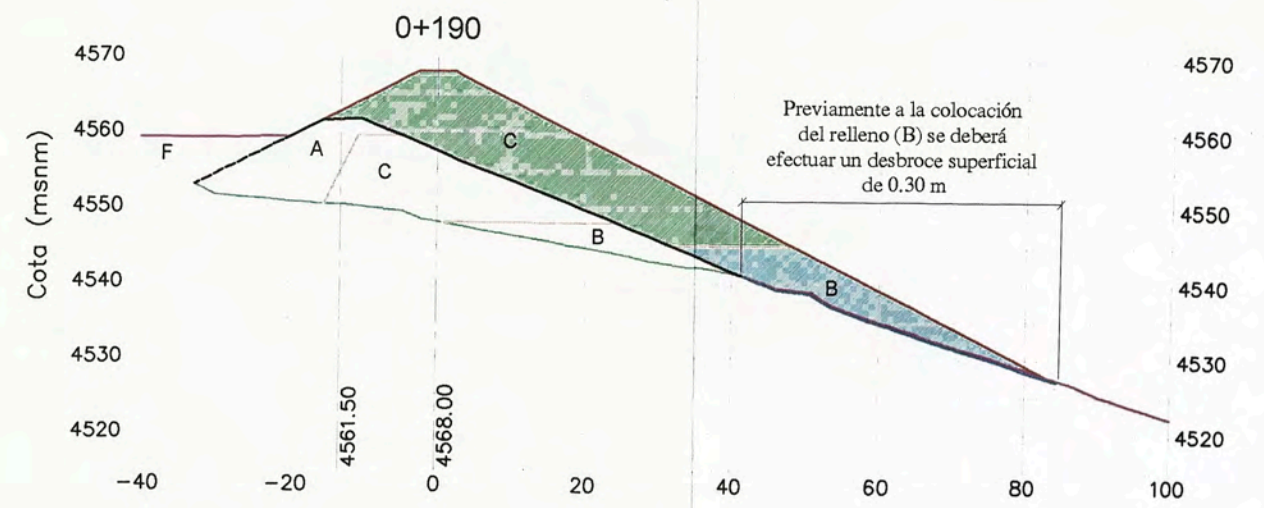
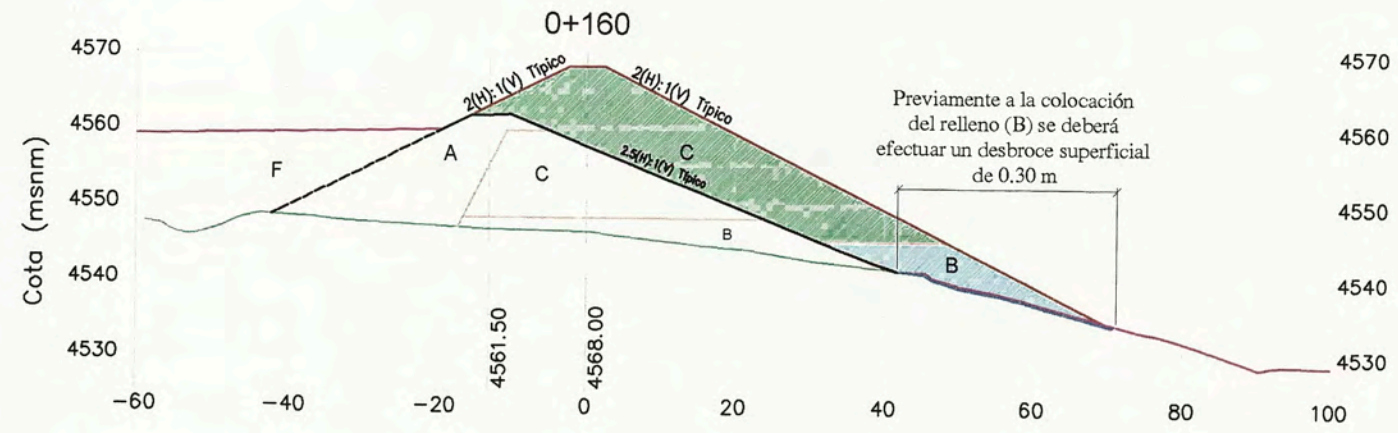


RELLENO GENERAL MATERIAL "C"
 RELLENO DE DREN MATERIAL "B"

ZONA	ESTRUCTURA
A	NÚCLEO DE BAJA PERMEABILIDAD
B	DREN
C	RELLENO GENERAL
F	RELAVE

LEYENDA	
—	RECRECIMIENTO PROYECTADO
—	PRESA EXISTENTE
—	NIVEL TERRENO
—	NIVEL CIMENTACIÓN PROPUESTO
—	NIVEL CIMENTACIÓN
—	EJE PRESA EXISTENTE
—	EJE RECRECIMIENTO PROYECTADO

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA EXPLORADOR - SECCIONES TRANSVERSALES: PROGRESIVAS: 0+100 A 0+150				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAE - APURÍMAC				
ESCALA: 1:1,000	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 19

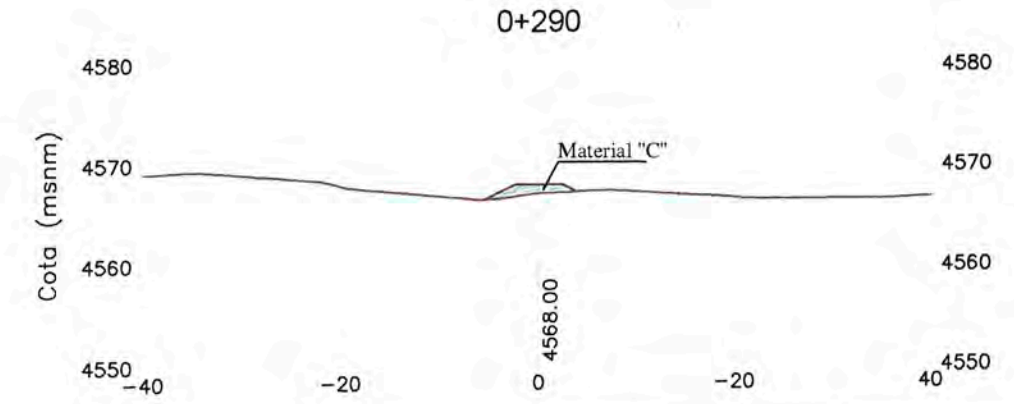
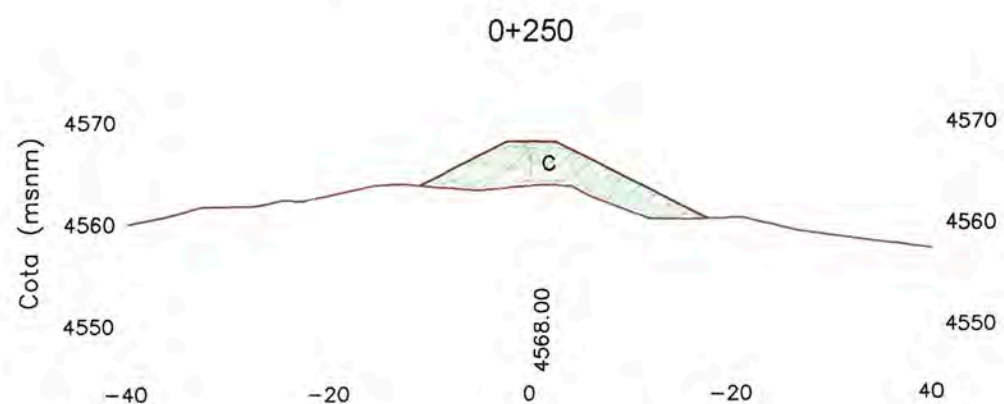
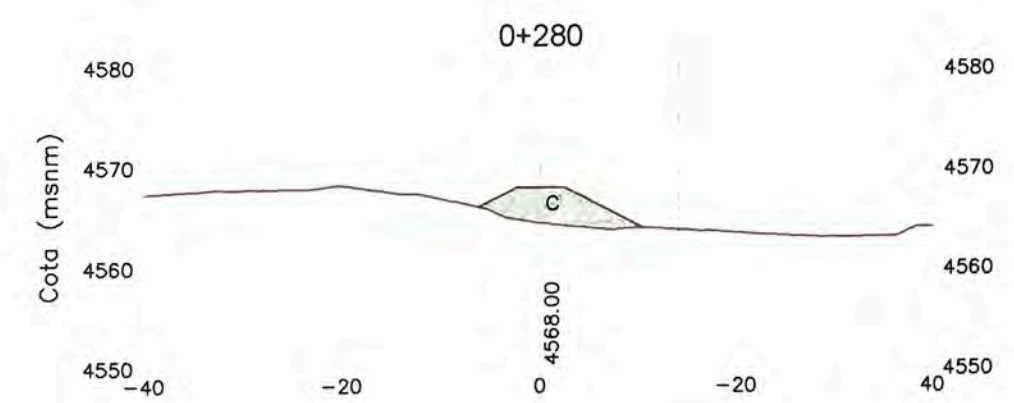
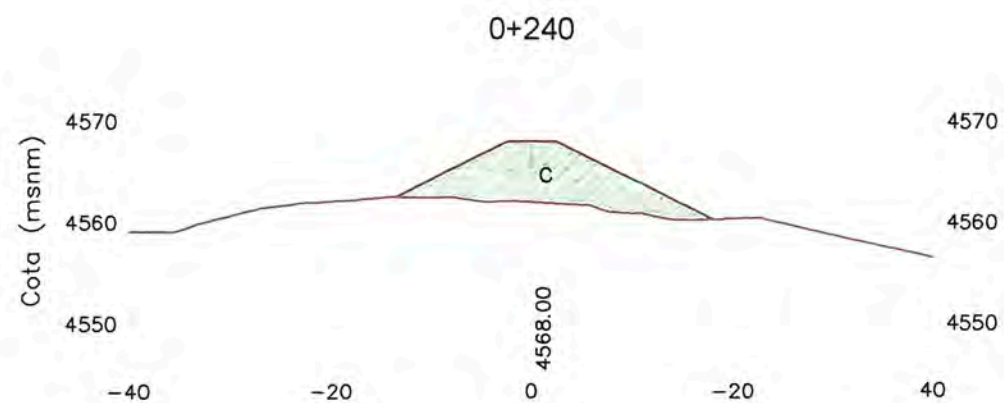
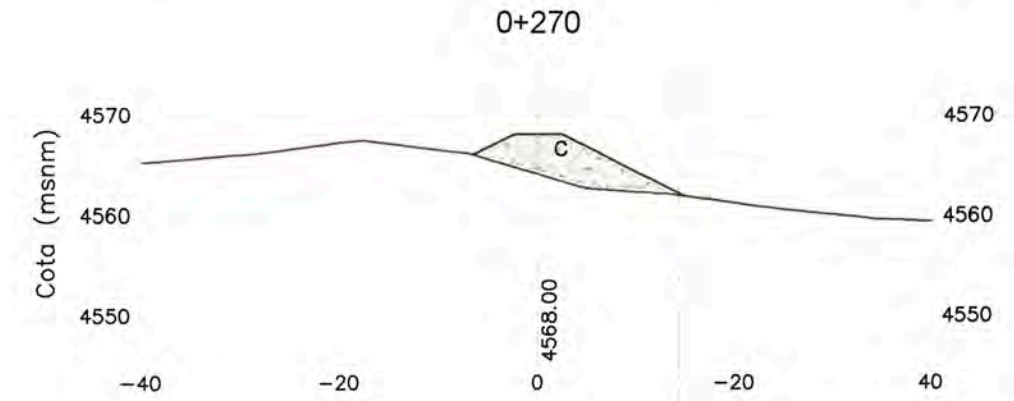
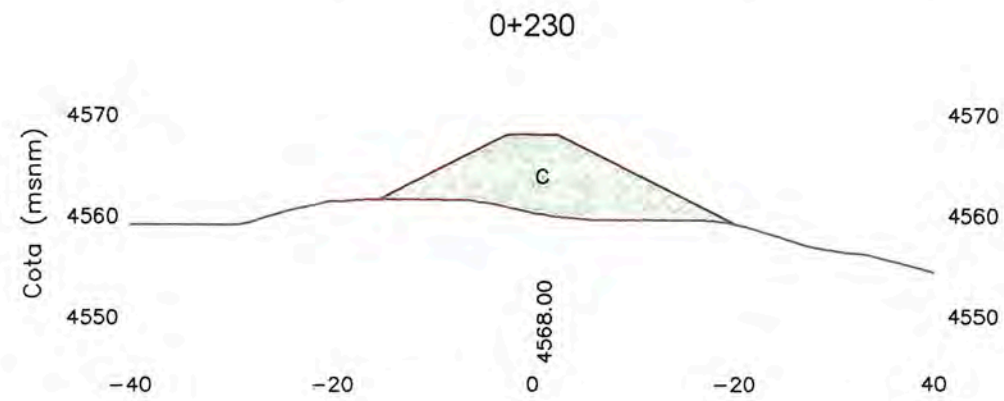
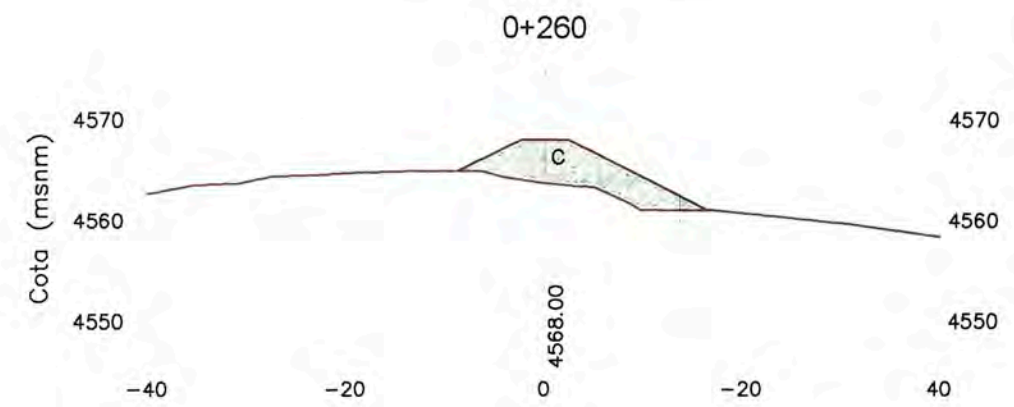
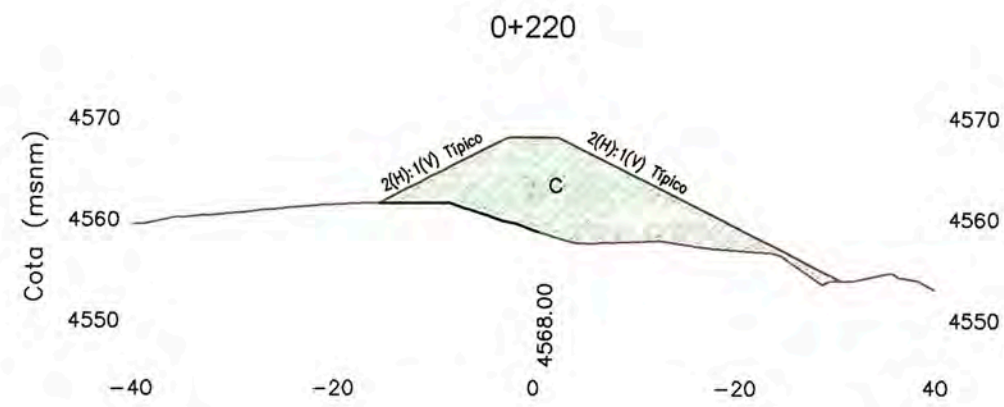


- RELLENO GENERAL MATERIAL "C"
- RELLENO DE DREN MATERIAL "B"

ZONA	ESTRUCTURA
A	NÚCLEO DE BAJA PERMEABILIDAD
B	DREN
C	RELLENO GENERAL
F	RELAVE

LEYENDA	
	RECRECIMIENTO PROYECTADO
	PRESA EXISTENTE
	NIVEL TERRENO
	NIVEL CIMENTACIÓN PROPUESTO
	NIVEL CIMENTACIÓN
	EJE PRESA EXISTENTE
	EJE RECRECIMIENTO PROYECTADO

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA EXPLORADOR - SECCIONES TRANSVERSALES: PROGRESIVAS: 0+160 A 0+210				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAEES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:1,000	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 20



RELLENO GENERAL MATERIAL "C"

LEYENDA	
	RECRECIMIENTO PROYECTADO
	NIVEL TERRENO
	EJE RECRECIMIENTO PROYECTADO

ZONA	ESTRUCTURA
C	RELLENO GENERAL

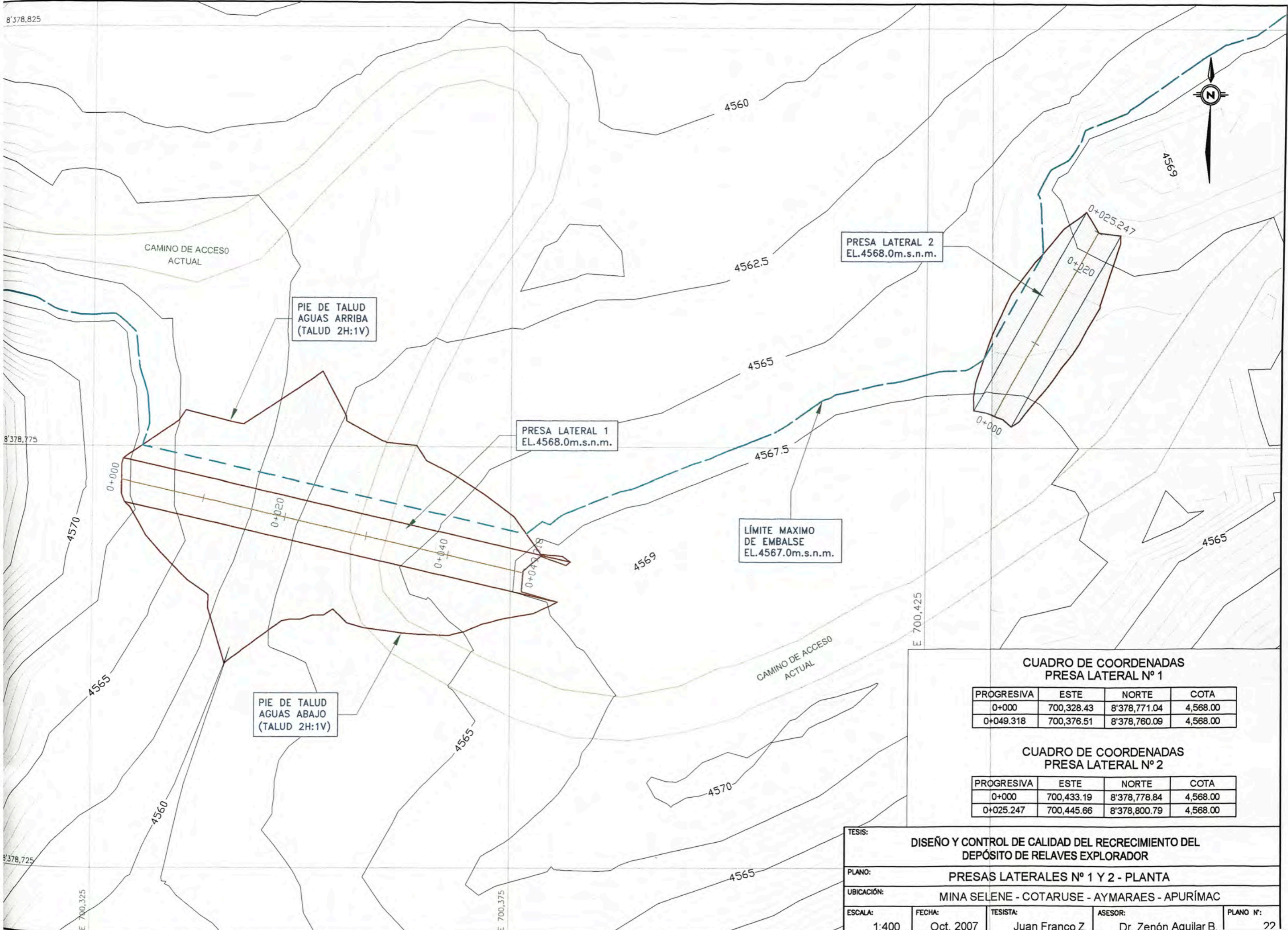
TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA EXPLORADOR - SECCIONES TRANSVERSALES: PROGRESIVAS: 0+220 A 0+290				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:750	FECHA: Oct 2007	TESISTA: Juan Franco Z	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B	PLANO N°: 21

8'378,825

8'378,775

8'378,725

8'378,725



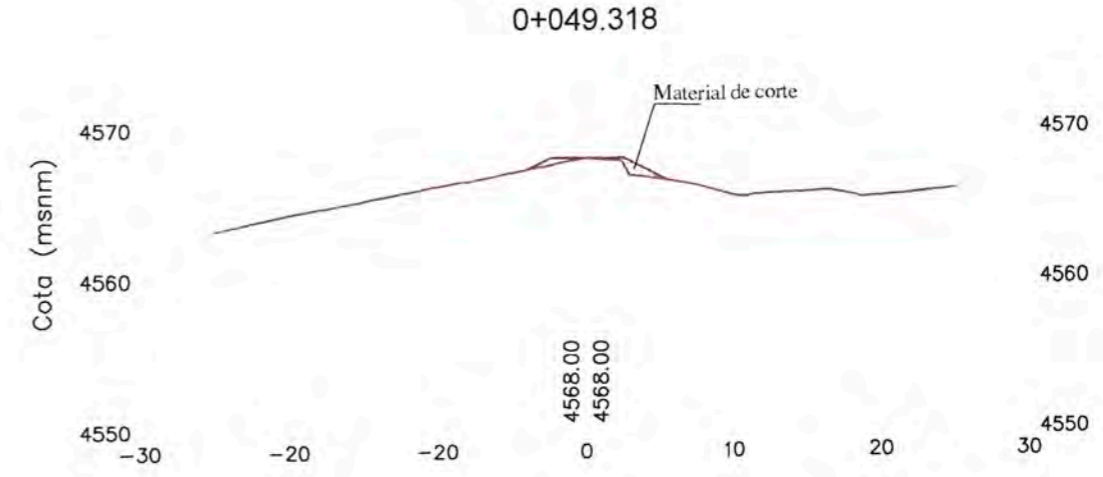
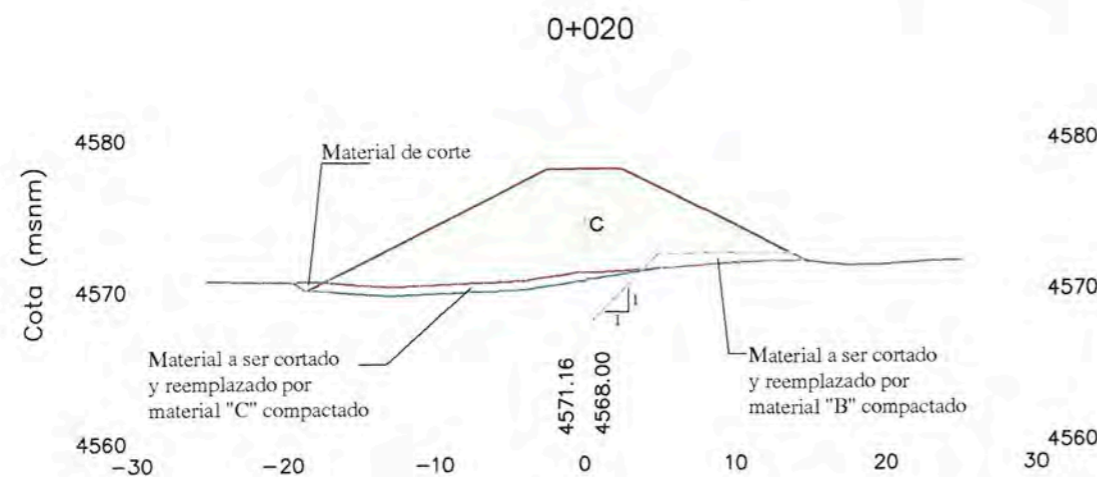
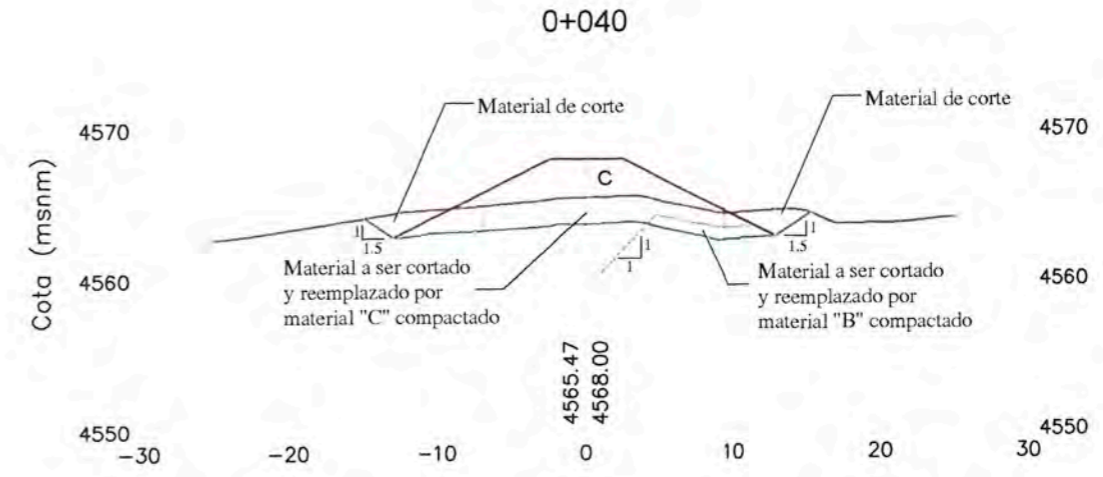
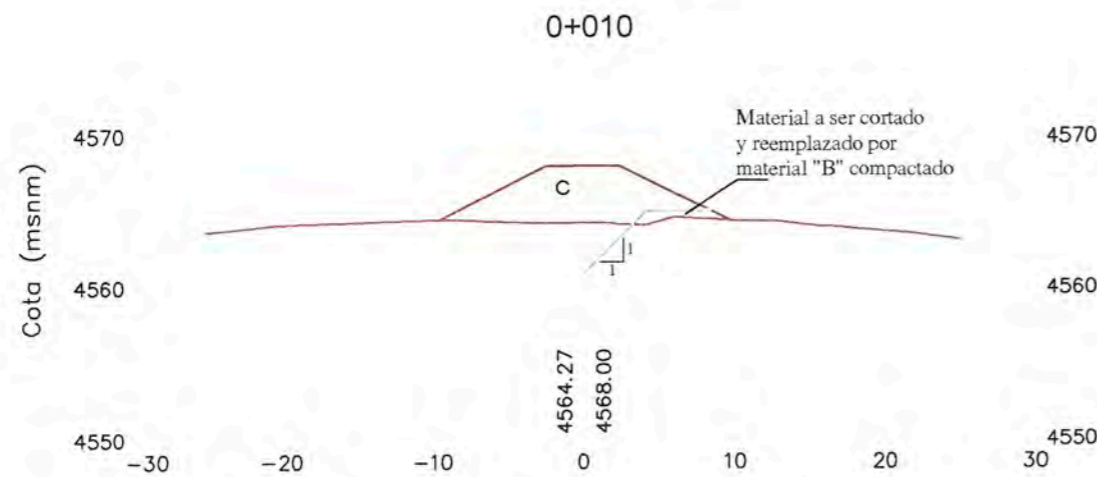
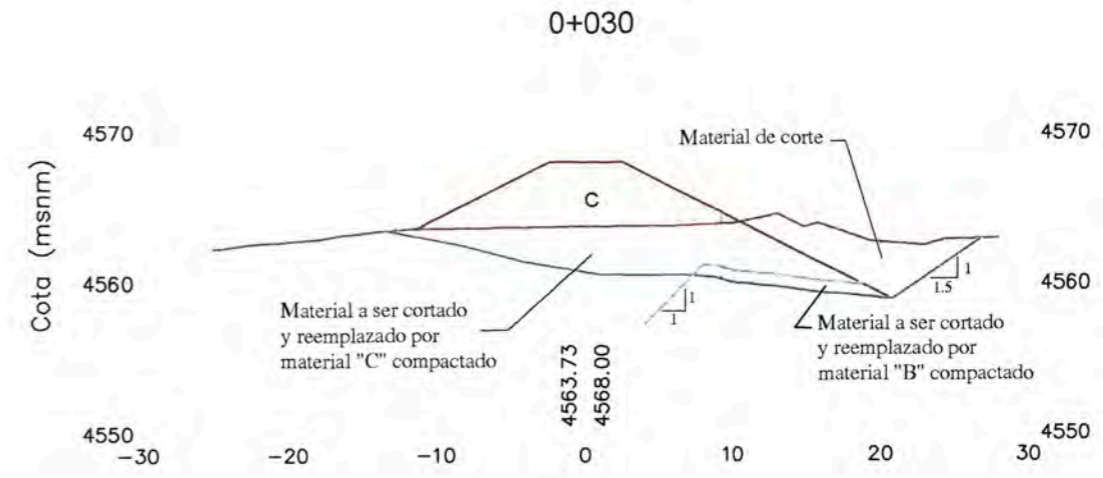
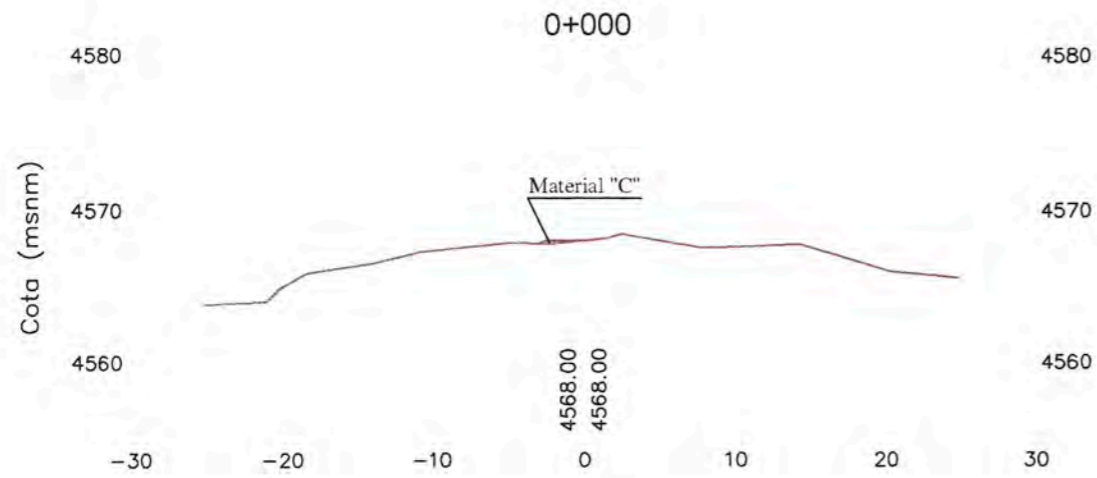
**CUADRO DE COORDENADAS
PRESA LATERAL Nº 1**

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	COTA
0+000	700,328.43	8'378,771.04	4,568.00
0+049.318	700,376.51	8'378,760.09	4,568.00

**CUADRO DE COORDENADAS
PRESA LATERAL Nº 2**

PROGRESIVA	ESTE	NORTE	COTA
0+000	700,433.19	8'378,778.84	4,568.00
0+025.247	700,445.66	8'378,800.79	4,568.00

TESIS:				
DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO:				
PRESAS LATERALES Nº 1 Y 2 - PLANTA				
UBICACIÓN:				
MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA:	FECHA:	TESISTA:	ASESOR:	PLANO Nº:
1:400	Oct. 2007	Juan Franco Z.	Dr. Zenón Aquilar B.	22

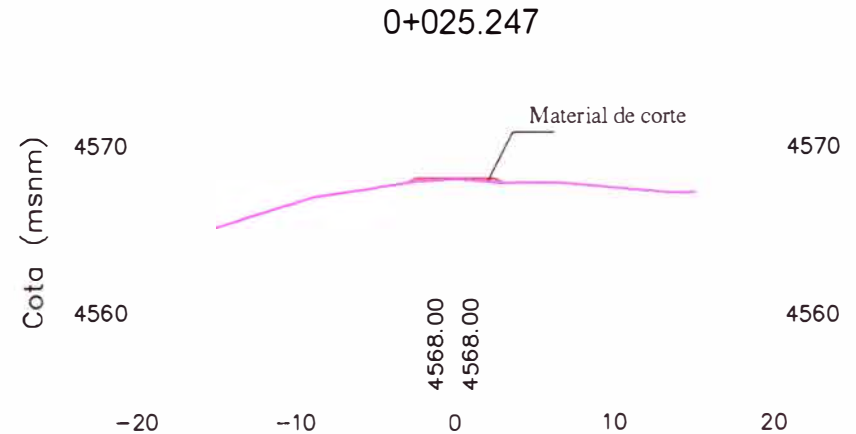
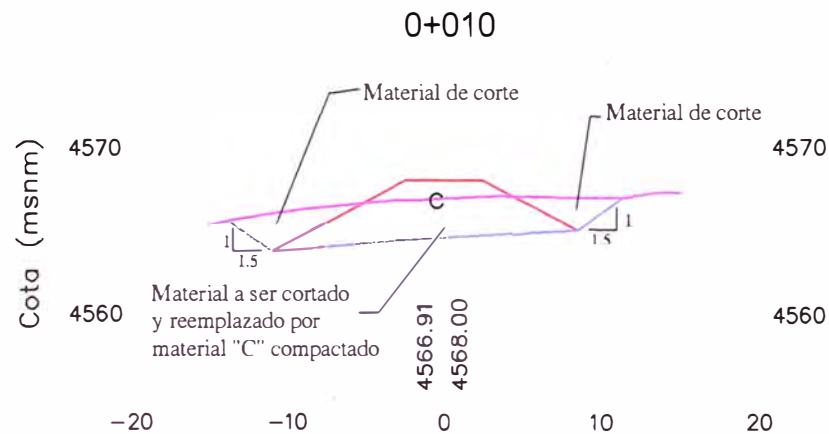
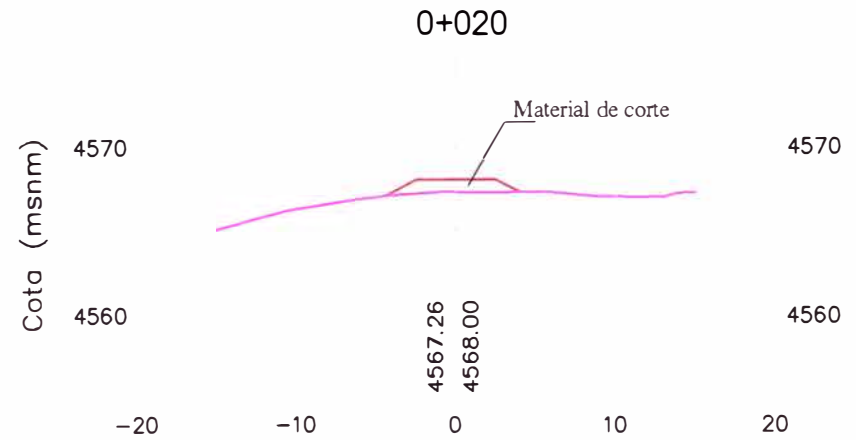
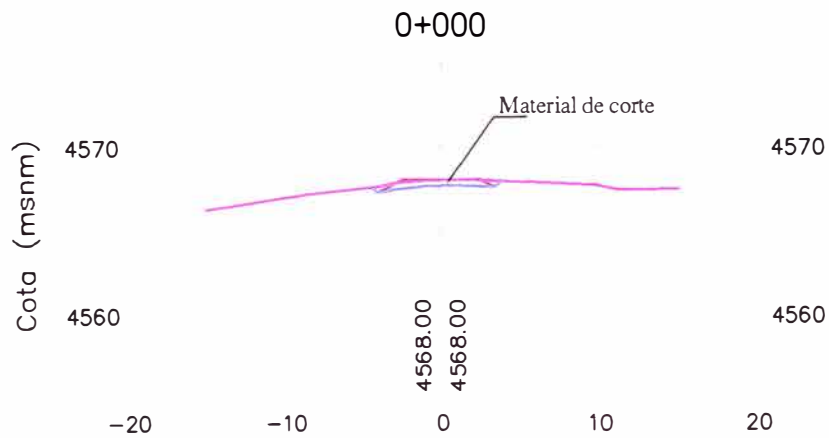


- RELLENO GENERAL MATERIAL "C"
- RELLENO DE DREN MATERIAL "B"

ZONA	ESTRUCTURA
B	DREN
C	RELLENO GENERAL

LEYENDA	
	RECRECIMIENTO PROYECTADO
	NIVEL CIMENTACIÓN PROPUESTO
	NIVEL TERRENO
	EJE PRESA LATERAL

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA LATERAL N° 1 - SECCIONES TRANSVERSALES: PROGRESIVAS: 0+000 A 0+049.318				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: 1:500	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 23



RELLENO GENERAL MATERIAL "C"

ZONA	ESTRUCTURA
C	RELLENO GENERAL

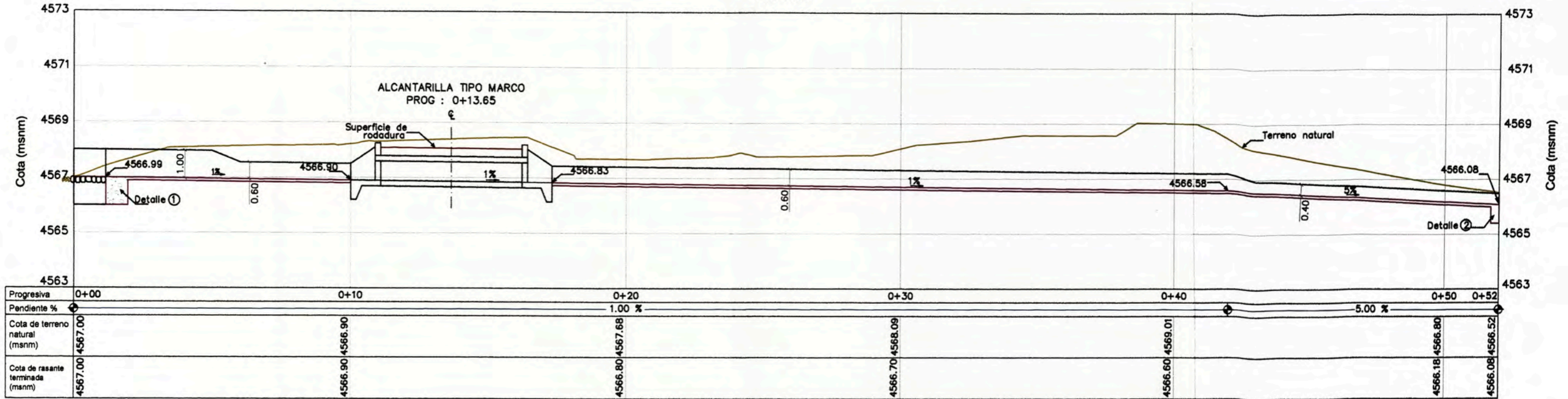
LEYENDA

- RECRECIMIENTO PROYECTADO
- NIVEL CIMENTACIÓN PROPUESTO
- NIVEL TERRENO
- EJE PRESA LATERAL

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PRESA LATERAL Nº 2 - SECCIONES TRANSVERSALES: PROGRESIVAS: 0+000 A 0+025.247				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA:	FECHA:	TESISTA:	ASESOR:	PLANO Nº:
1:500	Oct. 2007	Juan Franco Z.	Dr. Zenón Aguilar B.	24

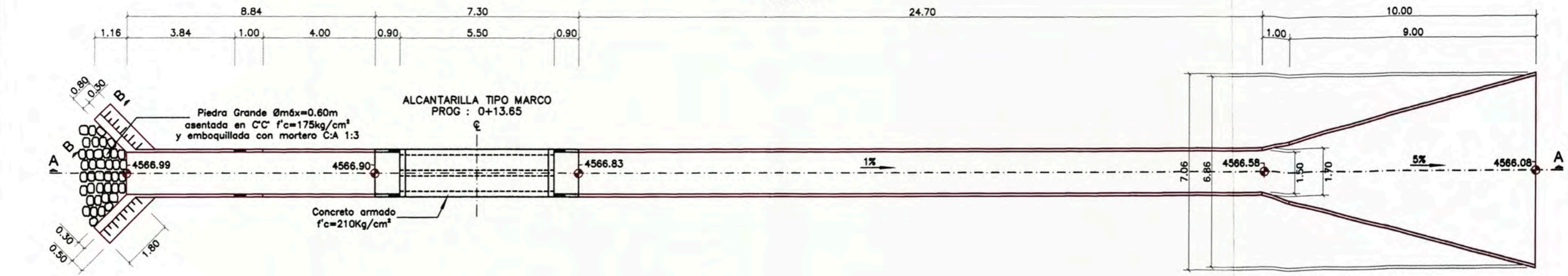
CANAL VERTEDERO DE EMERGENCIA PERFIL LONGITUDINAL CORTE A-A

Esc 1:150

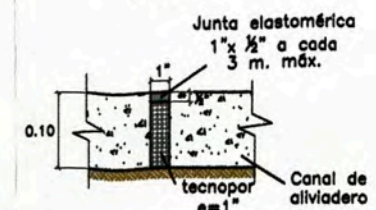


CANAL VERTEDERO DE EMERGENCIA PLANTA

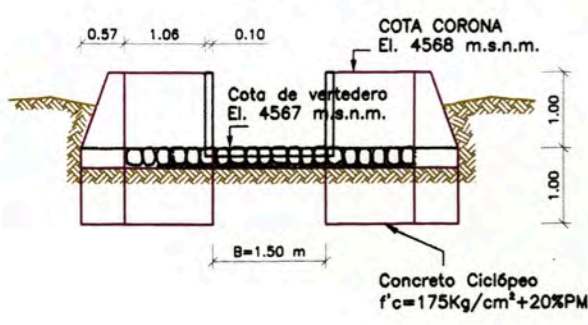
Esc 1:150



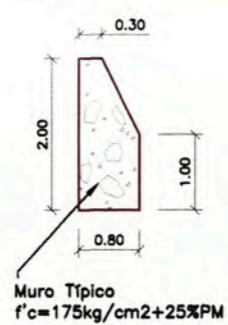
DETALLE DE JUNTA ESC 1:10



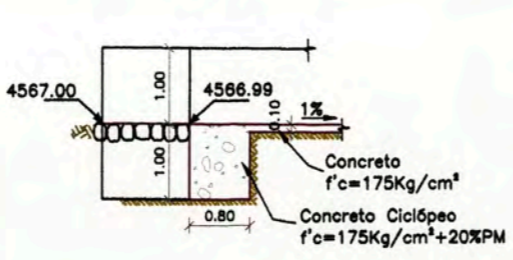
ELEVACIÓN ESC 1:100



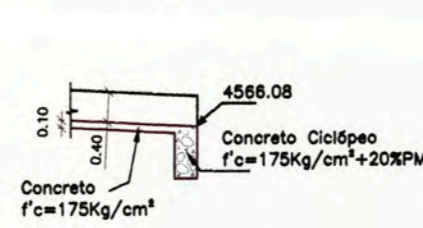
CORTE B-B ESC 1:100



DETALLE 1 ESC 1:100



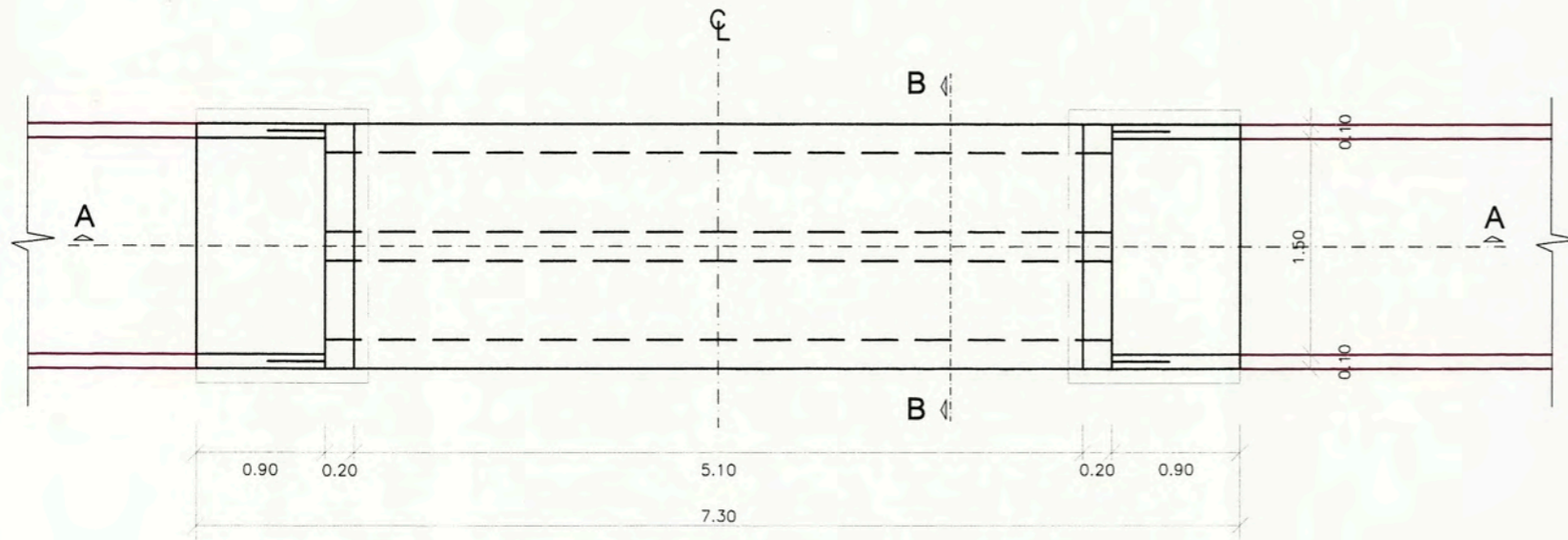
DETALLE 2 ESC 1:100



TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: CANAL VERTEDERO DE EMERGENCIA - PLANTA Y DETALLES				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAEAS - APURÍMAC				
ESCALA:	FECHA:	TESISTA:	ASESOR:	PLANO N°:
Indicada	Oct. 2007	Juan Franco Z.	Dr. Zenón Aguilar B.	25

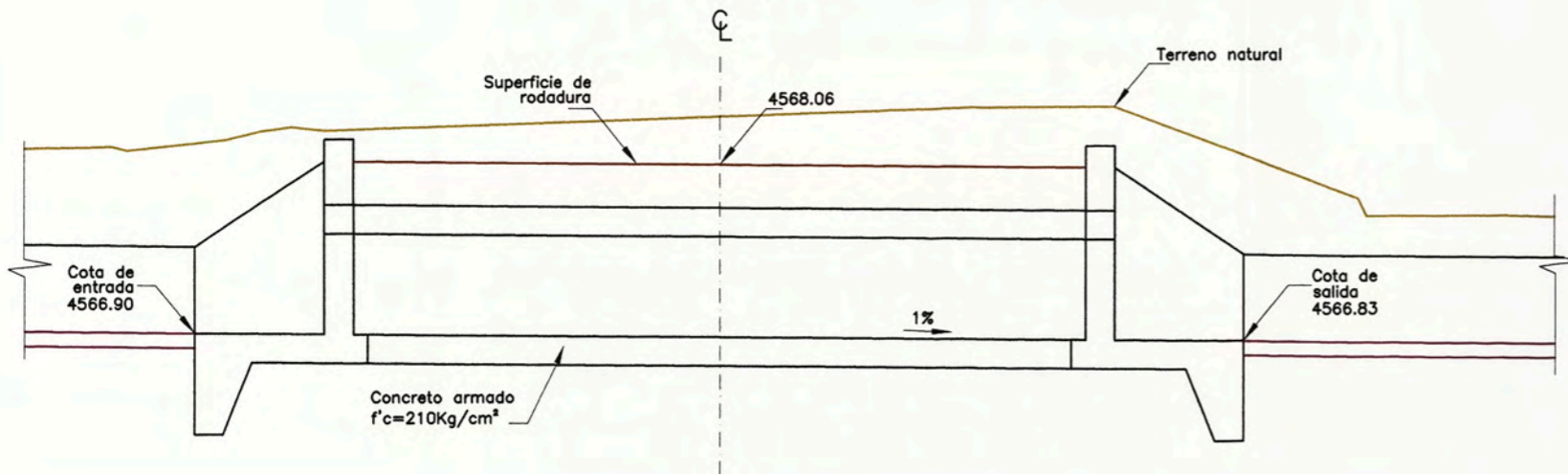
ALCANTARILLA PLANTA

Esc 1:50



ALCANTARILLA CORTE A-A

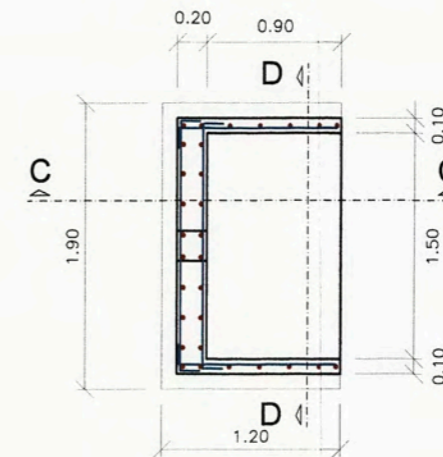
Esc 1:50



CABEZAL DE ENTRADA Y SALIDA

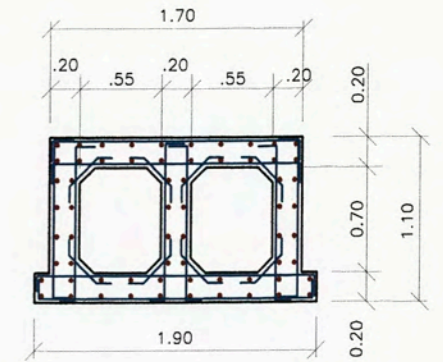
PLANTA

Esc 1:50



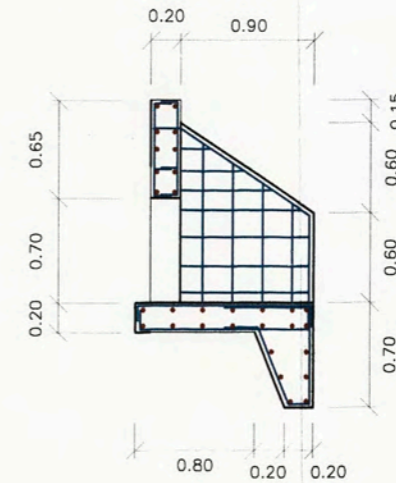
CORTE B-B

Esc 1:50



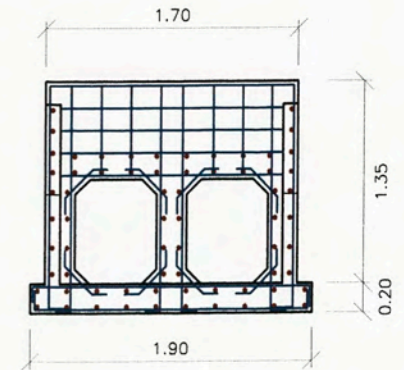
CORTE C-C

Esc 1:50



CORTE D-D

Esc 1:50



CARACTERÍSTICAS DE LA ALCANTARILLA

Tipo	Marco (02 orificios)
Pendiente	1.00 %
Longitud	5.50 m.
Cota de entrada	4,566.90 msnm
Cota de salida	4,566.83 msnm
Concreto	f'c=210 kg/cm ²
Acero G-60	∅ 1/2" fy=4,200 kg/cm ²
Esp. Armadura	∅ 0.20 m (Típico)

TESIS:

DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR

PLANO:

ALCANTARILLA TIPO MARCO - ESTRUCTURAS

UBICACIÓN:

MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAE - APURÍMAC

ESCALA:

1:50

FECHA:

Oct. 2007

TESISTA:

Juan Franco Z.

ASESOR:

Dr. Zenón Aguilar B.

PLANO N°:

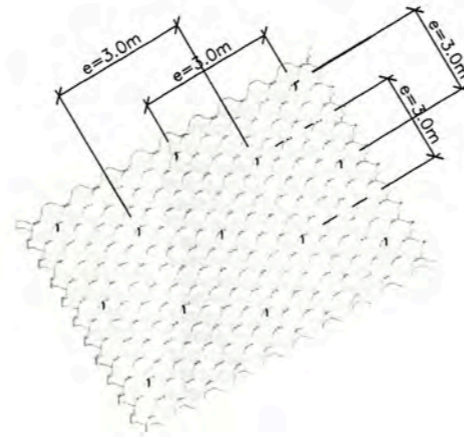
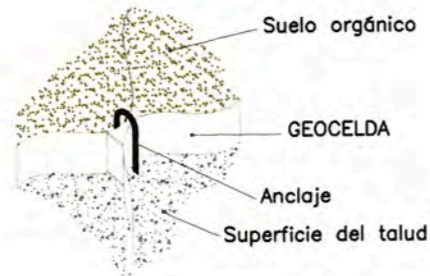
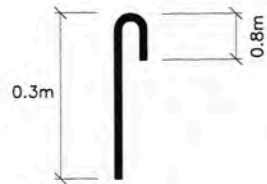
26

DETALLE DE GEOCELDA

ESC: S/E

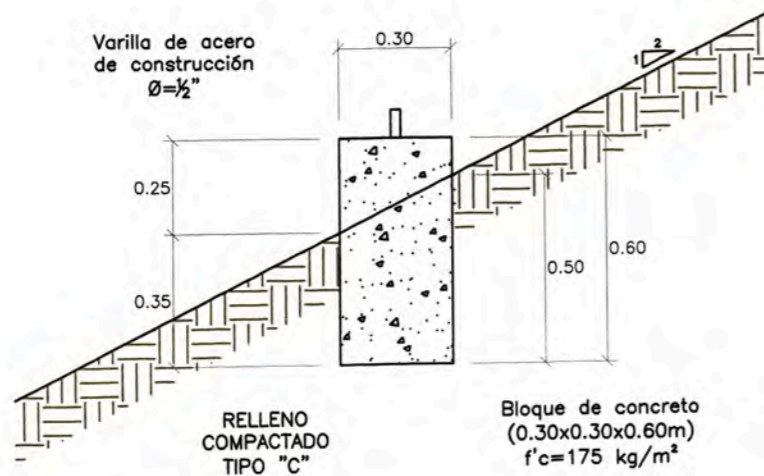
DETALLE DE INSTALACIÓN DEL ANCLAJE

Anclaje:
Varilla de fierro $\phi=1/2"$
Longitud = 0.30 m.



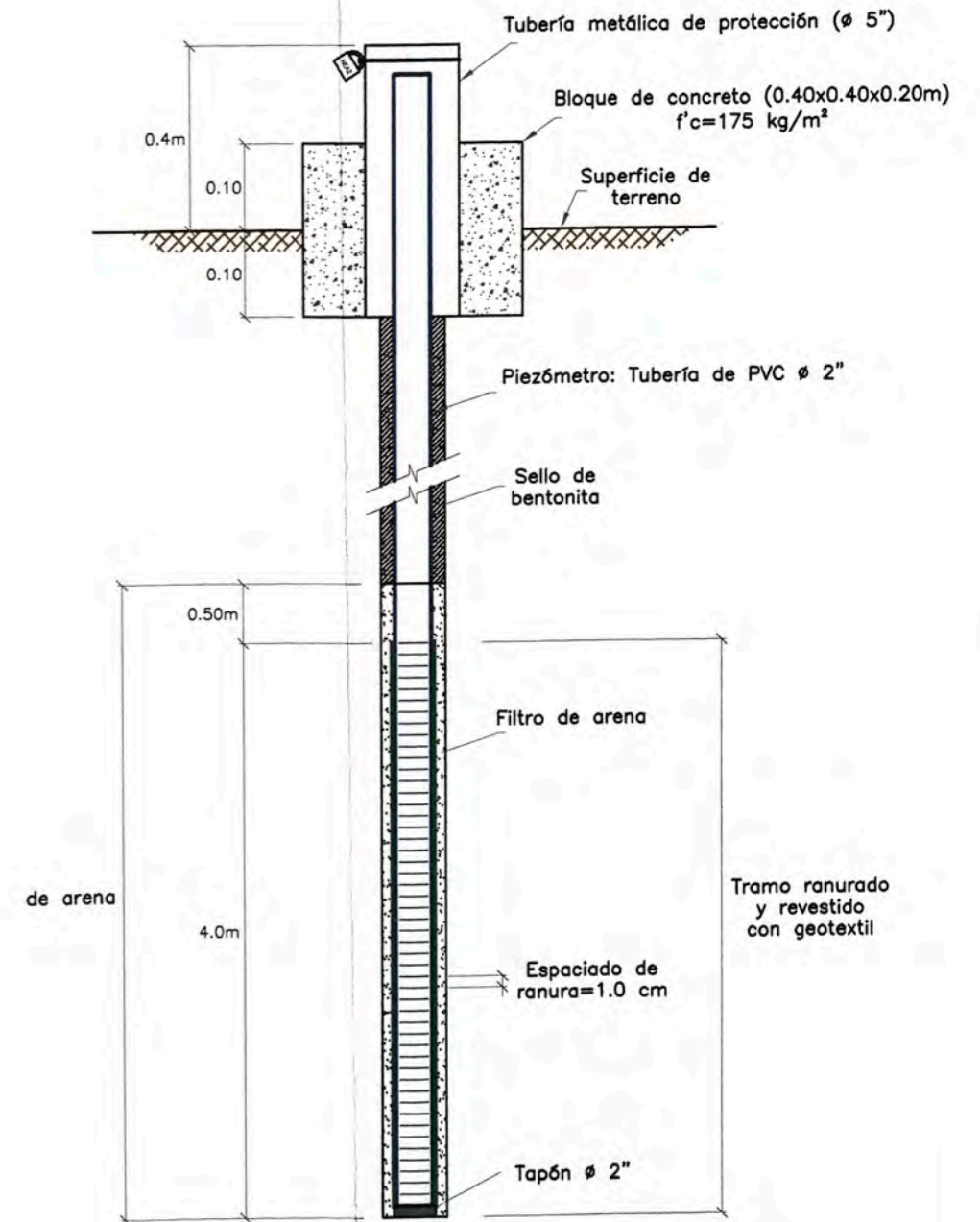
HITO DE MONITOREO

ESC: 1 : 20



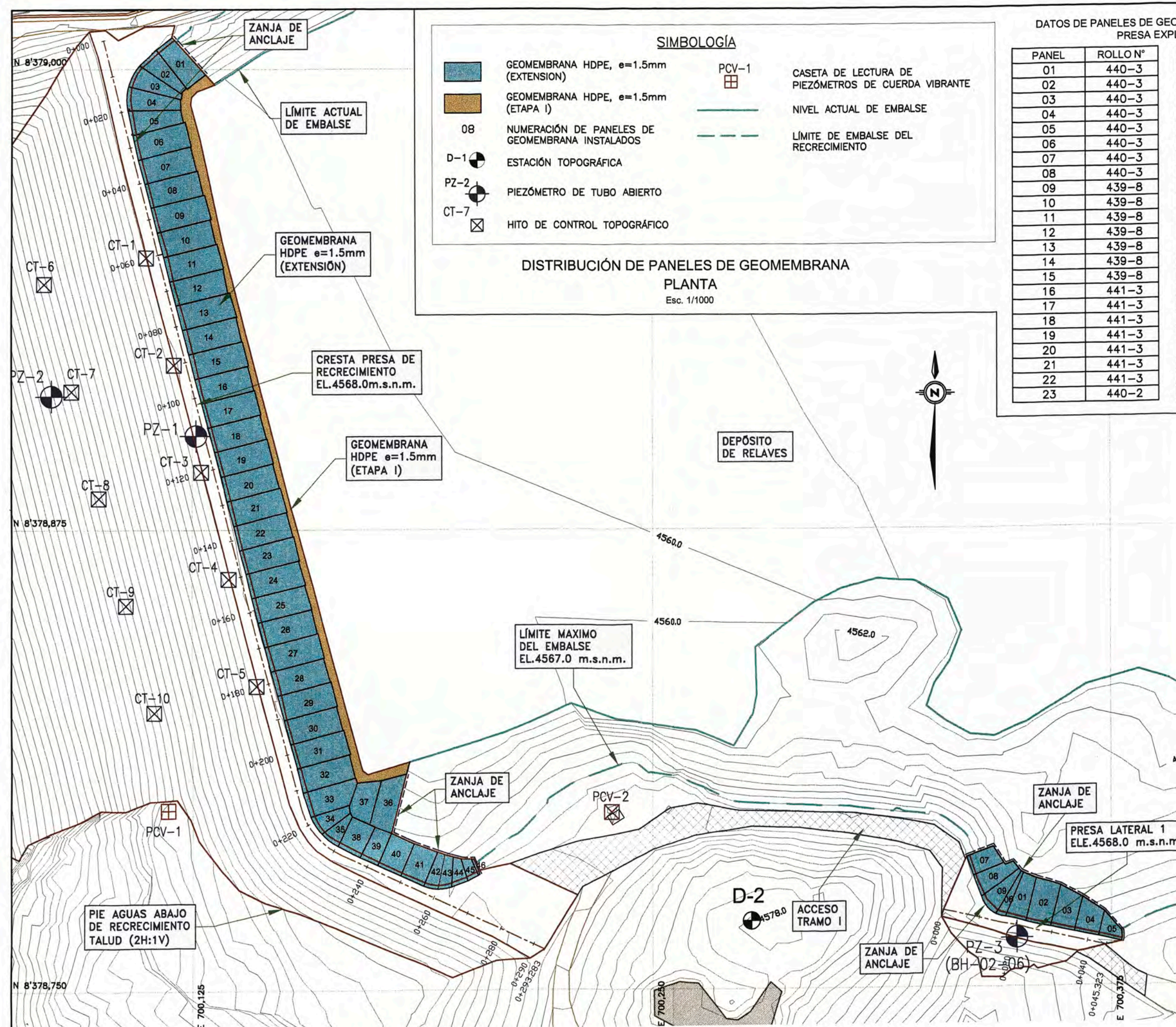
INSTALACIÓN DE PIEZÓMETRO DE TUBO ABIERTO

ESC: S/E



Nota: El diámetro mínimo de perforación deberá ser HQ (73.5 mm).

TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR				
PLANO: PIEZÓMETROS DE TUBO ABIERTO Y DETALLES				
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC				
ESCALA: Indicada	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 27



SIMBOLOGÍA

GEOMEMBRANA HDPE, e=1.5mm (EXTENSION)	PCV-1	CASETA DE LECTURA DE PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE
GEOMEMBRANA HDPE, e=1.5mm (ETAPA I)	NIVEL ACTUAL DE EMBALSE	LÍMITE DE EMBALSE DEL RECRECIMIENTO
08 NUMERACIÓN DE PANELES DE GEOMEMBRANA INSTALADOS	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA	
D-1	PIEZÓMETRO DE TUBO ABIERTO	
PZ-2	PIEZÓMETRO DE TUBO ABIERTO	
CT-7	HITO DE CONTROL TOPOGRÁFICO	

DISTRIBUCIÓN DE PANELES DE GEOMEMBRANA
PLANTA
Esc. 1/1000

DATOS DE PANELES DE GEOMEMBRANA INSTALADOS PRESA EXPLORADOR

PANEL	ROLLO N°
01	440-3
02	440-3
03	440-3
04	440-3
05	440-3
06	440-3
07	440-3
08	440-3
09	439-8
10	439-8
11	439-8
12	439-8
13	439-8
14	439-8
15	439-8
16	441-3
17	441-3
18	441-3
19	441-3
20	441-3
21	441-3
22	441-3
23	440-2

DATOS DE PANELES DE GEOMEMBRANA INSTALADOS PRESA LATERAL N° 1

PANEL	ROLLO N°
01	439-8
02	440-2
03	441-2
04	441-2
05	440-3
06	439-8
07	441-2
08	439-3
09	443-3

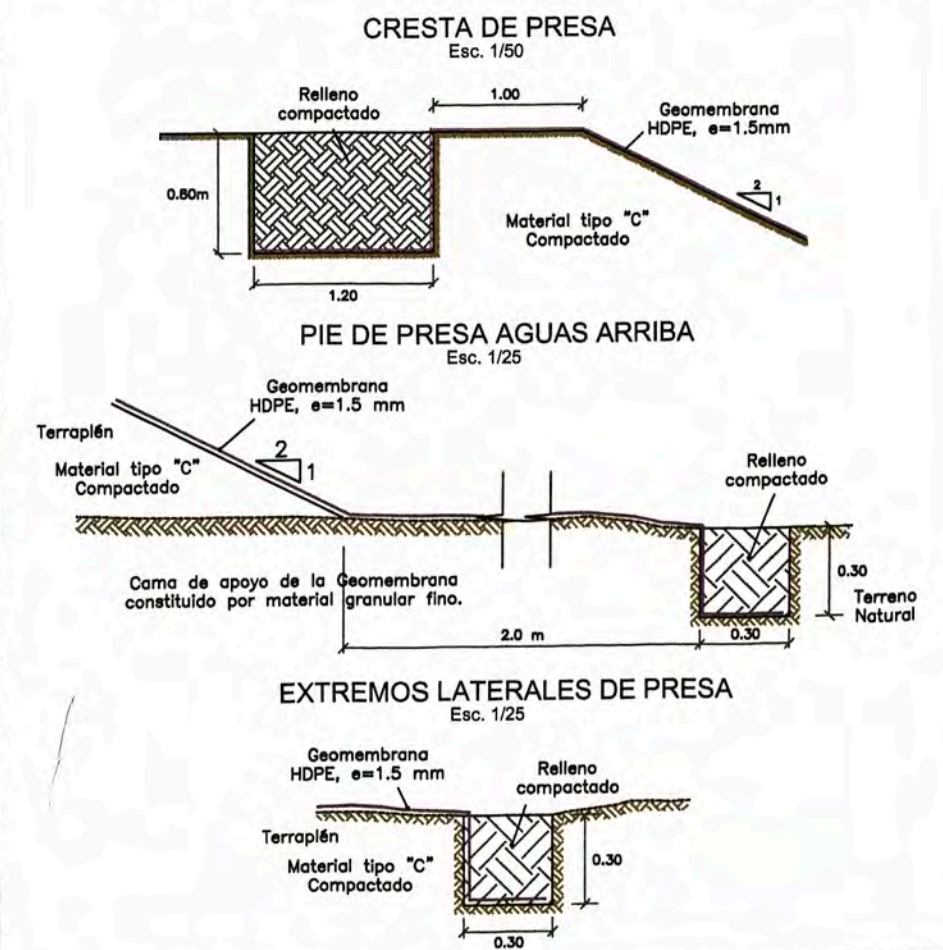
Notas:

- En total se utilizaron 6 rollos de geomembrana aproximadamente.
- La empresa TDM S.A. realizó la instalación de geomembranas y pruebas de control de calidad de las soldaduras, supervisados por SVS.
- Se instalaron 5,552 m² de geomembrana.

NÚMERO DE ENSAYOS "DESTRUCTIVOS" Y "NO DESTRUCTIVOS" REALIZADOS EN LA CAPA DE GEOMEMBRANA

Lugar	Ensayos No Destructivos de Soldaduras		Ensayos Destructivos de Soldaduras			
	Presión de Aire	Caja de Vacío	Ensayo de Calibración		Ensayo de Control de Calidad	
			Sold. por Termofusión	Sold. por Extrusión	Sold. por Termofusión	Sold. por Extrusión
Presa Explorador	114	95	9	4	8	-
Presas Lateral N° 1	8	1	3	-	1	-

DETALLE DE ZANJA DE ANCLAJE DE GEOMEMBRANA



TESIS: DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD DEL RECRECIMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES EXPLORADOR					
PLANO: INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANAS - PLANTA					
UBICACIÓN: MINA SELENE - COTARUSE - AYMARAES - APURÍMAC					
ESCALA: Indicada	FECHA: Oct. 2007	TESISTA: Juan Franco Z.	ASESOR: Dr. Zenón Aguilar B.	PLANO N°: 28	